

Sedimentologija gornje krede centralnog dela vardarske zone; Sedimentology upper cretaceous central part of Vardar zone

Violeta M. Gajić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Sedimentologija gornje krede centralnog dela vardarske zone; Sedimentology upper cretaceous central part of Vardar zone | Violeta M. Gajić | | 2014-09-04 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0004010>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

Violeta M. Gajić

**SEDIMENTOLOGIJA GORNJE KREDE
CENTRALNOG DELA VARDARSKE ZONE**

doktorska disertacija

Beograd, 2014.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY

Violeta M. Gajić

**SEDIMENTOLOGY UPPER CRETACEOUS
CENTRAL PART OF VARDAR ZONE**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2014.

Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije

Mentor:

dr Nebojša Vasić, redovni profesor, naučna oblast: Geonauke, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

Članovi komisije:

1. dr Nebojša Vasić, redovni profesor, naučna oblast: Geo-nauke, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
2. dr Dragan Milovanović, redovni profesor, naučna oblast: Geo-nauke, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet
3. dr Milica Kašanin-Grubin, viši naučni saradnik, naučna oblast: Geo-nauke, Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Centar za hemiju

Datum odbrane: _____

Zahvalnost

Zahvaljujem se svom mentoru, profesoru dr Nebojši Vasiću na korisnim savetima i diskusijama tokom izrade doktorske disertacije. Posebno na pomoći i vremenu pri terenskim istraživanjima.

Profesoru dr Draganu Milovanoviću, zahvaljujem na konstantnoj podršci tokom izrade disertacije i korisnim sugestijama koje su podigle kvalitet ovoga rada. Takođe, zahvaljujem se dr Milici Kašanin-Grubin, na brzom i pažljivom iščitavanju teze i konkretnim primedbama.

Mileni Dunčić zahvaljujem na detaljnoj analizi brojnih preparata i određivanju asocijacije mikrofosila u njima. U radu su prikazani i rezultati paleontoloških analiza mr Gorana Bogićevića, dr Rajke Radojičić, dr Darivojke Ljubović Obradović i dr Dragomana Rabrenovića, te im se ovom prilikom zahvaljujem na pomoći.

Za izradu grafičkih priloga zahvaljujem mr Vladislavu Gajiću, kao i za veliku pomoć u svakom trenutku izrade doktorske disertacije.

Na izradi mikroskopskih preparata zahvaljujem se Slavici Simićević.

Svim kolegama Departmana za mineralogiju, kristalografiju, petrologiju i geohemiju hvala na interesovanju za moj rad i stalnoj podršci.

Na kraju bih se zahvalila mojoj porodici na ljubavi i razumevanju, koji su mi olakšali završetak doktorske disertacije.

Sedimentologija gornje krede centralnog dela Vardarske zone

REZIME

Područje istraživanja obuhvaćeno doktorskom disertacijom nalazi se u centralnim delovima Vardarske zone. Karakteriše se složenom geološkom građom koju grade mezozojske tvorevine trijaskе, jurske i kredne starosti, kao i kvartarni sedimenti. U trijasi je istraživano područje pokrivalo more, sve do granice sa Šumadijom. Tokom jure složenim geotektonskim procesima stvaraju se ofiolitske stene rasprostranjene u južnim i delom u centralnim delovima istraživanog područja. U donjoj kredi se pokretima dinarske faze izdiglo kopno, koje je egzistiralo skoro u celoj donjoj kredi područja istraživanja.

U alb-cenomanu pojedini delovi istraživanog područja se spuštaju i zahvata ih morska transgresija. Dalja kompresija, tokom gornje krede, dovodi do tektonskih deformacija u ovom području i otvaranja basena u kojima se odvijala karbonatna i karbonatno-terigena sedimentacija.

Predmet istraživanja ove doktorske disertacije predstavljaju sedimentne stene taložene tokom cele gornje krede i njihova evolucije kroz vreme i prostor centralnog dela Vardarske zone. Rezultati dobijeni ispitivanjima petroloških, biostratigrafskih i genetskih karakteristika sedimentnih stena omogućila su raščlanjavanje gornje krede. Izdvojene su četiri litostratigrafske jedinice: 1. jedinica bazalnih gruboklastita, 2. jedinica šelfnih klastično-karbonatnih stena, 3. jedinica krečnjaka i laporaca sa rožnacima kontinentalne padine i 4. jedinica klastično-karbonatnih turbidita.

Gornjokredne jedinice po svojim karakteristikama ukazuju na kontinuitet u sedimentaciji, bez naglih promena u režimu taloženja. Na plitkovodni karakter

basena najviše upućuje postepeni prelaz priobalskih, plitkovodnih (šelf) i basenskih karbonatnih ili karbonatno-klastičnih stena (kontinentalna padina).

Prvu izdvojenu jedinicu bazalnih stena čine najstarije sedimentne stene gornje krede (alb-cenoman). Postoje dva tipa razvića bazalnih gruboklastita. Prvi tip se može definisati kao konglomerati i konglomeratični krečnjaci izgrađeni od valutaka ofiolitskih stena, dok se konglomerati i konglomeratični krečnjaci drugog tipa razvića karakterišu fragmentima koji vode poreklo od karbonatnih stena.

Nakon brze sedimentacije, usledila je mirnija faza koja je dovela do pojave konglomerata sitnijeg zrna i konglomeratičnih krečnjaka sa proslojcima laporaca i glinaca. Diferenciranjem morskog dna se pored dubljih morskih delova, obrazuju i podvodni grebeni na kojima se razvijaju sprudne i subsprudne stene. Takvim tvorevinama odgovaraju analizirani crveni krečnjaci u Drenovcu.

Tokom cenomana se kontinuirano na bazalne stene talože stene koje pripadaju litostratigrafskoj jedinici šelfnih sitnozrnih karbonatno-klastičnih stena. Izgrađena je od alevrolita, kalcitskih alevrolita, glinovitih alevrolita, peskovitih alevrolita i peskovito-glinovitih alevrolita. Oni čine postepene prelaze ka kalcitskim peščarima, kalkarenitima i kalkruditima, koji predstavljaju završnu fazu plitkovodnih facija i najvećim delom su erodovani. U sitnozrnim sedimentima Ješića i na Rajcu razvijena je brežuljkasta kosa slojevitost koja u višim delovima prelazi u planarnu kosu slojevitost malih uglova. Ove teksture nastaju kada je taloženje povezano sa olujama, a tokom mirnih vremenskih perioda sa plimatskim strujama.

Na osnovu litoloških, biostratigrafskih i genetskih osobina dve najstarije gornjokredne izdvojene jedinice, one se moraju posmatrati kao celina. U vreme

njihovog formiranja fizičko-hemijski uslovi sredine bili su promenljivi, što se odražava kroz redosled taloženja materijala.

U gornjem turonu, usled dalje trangresije produbljanja basena bilo je još izraženije. Sedimentacija se obavljala u basenu sa smanjenom energijom vode i pojavom pelaških organizama: radiolarija i foraminifera (*Globotruncana*), a od makrofaune amonita i inoceramusa. Stvarale su se pelaške sedimentne stene, predstavljene laporcima, laporovitim krečnjacima, glinovitim krečnjacima i krečnjacima, svi sa konkrecionim rožnacima. Jedinica krečnjaka i laporaca sa rožnacima zauzima najveći prostor na ispitivanom terenu centralnog dela Vardarske zone. Sedimentacija se odvijala na kontinentalnoj padini bez prekida do kraja mastrihta.

Karbonatne stene mikritskog do biomikritskog sastava predstavljaju autohtone stene ove jedinice. U vreme visokog nivoa mora (trangresije) koja je dovođila do jaku eroziju obale, u basen se povremeno turbiditnim tokovima donosila velika količina materijala. Nastajale su turbiditne stene (grubljeg i finijeg zrna) koje su se smenjivale i mešale sa autohtone karbonatnim stenama basena. Prisustvo turbidita (kalkrudita i kalkarenita) sa karakterističnim teksturama iz Boumine sekvence potvrđuje povremeni prinos plitkovodnog materijala turbiditnim tokovima niz kontinentalnu padinu. Kao neodvojivi deo jedinice pojavljuju se konkrecioni rožnaci, koji nastaju obaranjem silicije iz rastvora i metasomatskim zamenjivanjem karbonata u ljušturama fosila. Proces nastanka konkrecionih rožnaca objašnjava se niskim vrednostima pH i nepovoljnim uslovima za opstajanje silicije u rastvorenom obliku.

Gornjokredni basen u centralnom delu Vardarske zone, tokom senona, širio se ka Šumadiji, dok je u njegovim zapadnim i jugozapadnim delovima došlo do izdizanja kopna. Tektonsko izdizanje planinskih masiva omogućilo je jače fizičko i hemijsko raspadanje stena i taloženje debelih naslaga turbidita na kraju kampana i u mastrihtu. Iz turbiditnih tokova pretežno klastičnog detritusa,

nastalih iz više izvora sa šelfa i margine padine, taložile su se stene u obliku spojenih lepeza koje su formirale široku zonu u obliku zastornih turbidita (*apron turbidite*). Oni čine najmlađu izdvojenu litostratigrafsku jedinicu u gornjokrednim sedimentnim stenama područja istraživanja. Najveće rasprostranjenje imaju pločasti sivi srednjozrni peščari bogati liskunima, alevroliti i ređe konglomerati, dok su u manjoj meri su zastupljeni laporci i krečnjaci. Kampan-mastrihtski turbiditi na području istraživanja deo su ljiškog i šumadijskog fliša.

Ključne reči: Vardarska zona, gornja kreda, transgresija, litostratigrafske jedinice, sedimentologija, turbiditi

Naučna oblast: Geo-nauke

Uža naučna oblast: Petrologija

UDK: 55:551.21/.24.03/.35/.762/.763

552:552.54

(497.11) (043.3)

Sedimentology Upper Cretaceous central part of Vardar Zone

ABSTRACT

The research area covered by doctoral thesis is situated in the central part of the Vardar zone. It is characterized by a complex geological structure built by Mesozoic (Triassic, Jurassic and Cretaceous) and Quaternary sediments. During Triassic age investigated area was covered by sea to the Šumadija area border east. During the Jurassic complex geotectonic processes created ophiolitic rocks, widespread in the southern and partly in the central parts of the study area. In the Lower Cretaceous, tectonic movements of Dinar phase uplift the mainland, and these conditions existed almost throughout the whole Lower Cretaceous.

In the Alb-Cenomanian, some parts of the study area were lowered and they became under the influence of sea transgression. Further compression during the Upper Cretaceous lead to tectonic deformation in this area causing basin opening, and sedimentation of carbonate and carbonate-terigenous began.

Subject of this dissertation are sedimentary rocks deposited during the whole Upper Cretaceous and their evolution through time in the central part of the Vardar zone. Results obtained from petrologic investigation, biostratigraphic and genetic characteristics of sedimentary rocks allowed division of the Upper Cretaceous. Four lithostratigraphic units are separated: 1. Unit of basal coarsegrain clastites, 2. Unit of clastic-carbonate rocks from shelf, 3. Unit of limestone and marl with cherts of the continental slope, and 4. Unit of clastic-carbonate turbidites.

Upper Cretaceous units by their characteristics indicate continuity in sedimentation, with no abrupt changes in the regime of deposition. Gradual

transition of coastal, shallow-water (shelf) and basin carbonate or carbonate-clastic rocks (continental slope) indicates shallow character of the basin. The first determined unit was formed from basal sedimentary rocks of Alb-Cenomanian age with two distinct types of basal coarse-grain clastic rocks.

The first type can be defined as conglomerate and conglomeratic limestones made of ophiolite pebbles, while conglomerates and conglomeratic limestone of second type are characterized by fragments originating from carbonate rocks. After fast sedimentation, a calmer phase followed, which led to the occurrences of conglomerates with smaller grains and conglomeratic limestones with layers of marl and shale. By differentiation of the sea bottom, close to the deeper parts of the sea, (submarine cliffs) reef and subreef rocks were formed. Such formations correspond to analyzed red limestones in Drenovac quarry.

During the Cenomanian age the lithostratigraphic unit of shelf with fine-grained carbonate-clastic rocks was deposited continuously on basal rocks. It consists of siltstones, calcites siltstones, clayey siltstones, sandy siltstones and sandy-clayey siltstones. They make a gradual transition to calcite sandstones, calcarenite and calcrudites, which represents the final phase of shallow-water facies and they are mostly eroded. In fine-grained sediments on Ješić and Rajac locality, hummocky cross bedding, which in upper parts are exceeding in planar cross bedding with small angles are developed. This type of texture occurs when the deposition is associated with storms or during the quiet periods with high tide currents.

On the basis of lithological, biostratigraphic and genetic characteristics of the two oldest Cretaceous units, they must be considered as a one unit. At the time of their forming, physical and chemical environmental conditions were variable, which reflects the order of deposition.

In the Upper Turonian, due to further transgression, deepening of the basin was even more evident. Sedimentation was with reduced water energy and appearance of pelagic organisms: radiolarians, foraminifera (*Globotruncana*) and macrofauna with ammonites and *Inoceramus*. Pelagic sedimentary rocks were created, represented by marls, marly limestones, clayey limestones and limestones, all with concretion cherts. Unit with limestones and marls with cherts occupies the largest area in the central part of the investigated area of the Vardar Zone. Sedimentation took place on the continental slope without interruption until the end of Maastrichtian age.

Carbonate rocks of micritic to biomicritic composition are autochthonous rocks of this unit. At the time of high sea level (transgression) which led to the occasional strong coastal erosion, turbiditic flows brought large amounts of material in the basin. Turbiditic rocks, made of coarser and finer grains, alternated and mixed with the autochthonous carbonate rocks from the basin. Presence of the turbidites (calcrudites and limestones) with characteristic textures from Bouma sequence confirms the occasional bringing of shallow material with turbiditic flows down the continental slope. Concretion cherts appear as an integral part of the unit, which were created by settling of silica from solution and metasomatic replacing of carbonates in the shells of fossils. The origin of concretion cherts is explained with low pH values and unfavorable conditions for the persistence silica in (solution) form.

Upper Cretaceous basin in the central part of the Vardar Zone, during the Senonian age was spreading to Šumadija region, while, in its western and southwestern parts, mainland uplifting occurred. Tectonic uplift of mountain massifs allowed stronger physical and chemical disintegration of rocks and deposition of thick layers of turbidites at the end of the Campanian and Maastrichtian age. From turbidite flows, predominantly with clastic detritus formed from several shelf and margin slope sources, rocks were deposited in the form of a merged fan, which further formed a wide zone of apron

turbidites. They represent the youngest defined lithostratigraphic units in the Upper Cretaceous sedimentary rocks in the investigated area. The largest distribution have flattened gray medium coarse sandstones, rich in mica, siltstones and rarely conglomerates, marls and limestones. Campanian-Maastrichtian turbidites in the research area are the part of the Ljig and Šumadija flysh.

Key words: Vardar Zone, Lithostratigraphic Units, Upper Cretaceous, transgression, sedimentology, turbidites

Scientific Field: Geoscience

Specific Scientific Field: Petrology

UDK: 55:551.21/.24.03/.35/.762/.763

552:552.54

(497.11) (043.3)

SADRŽAJ

UVOD	1
1. GEOGRAFSKI POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA	3
2. PREGLED RANIJIH ISTRAŽIVANJA	5
3. GEOTEKTONSKA I GEOLOŠKA GRAĐA	12
3.1. Trijas	14
3.2. Jura	15
3.3. Kreda	19
3.4. Neogen	22
3.5. Kvartar	23
4. METODE ISPITIVANJA	24
4.1. Terenska istraživanja	24
4.2. Laboratorijska ispitivanja	25
4.2.1. Optička ispitivanja	26
4.2.2. Rendgenska ispitivanja	28
4.2.3. Hemijska ispitivanja	28
4.2.4. Elektronska mikroskopija	29
4.3. Obrada podataka	30
5. LITOSTRATIGRAFSKE JEDINICE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA	31
6. JEDINICA BAZALNIH GRUBOKLASTITA	37
6.1. Bazalna jedinica kod Planinice	41
6.1.1. Grubozrni klastiti – krečnjački brečo-konglomerati	43
6.1.2. Srednjozrni i finoizrni klastiti	47
6.2. Bazalna jedinica kod Paležnice	49
7. JEDINICA ŠELFNIH KARBONATNO-KLASTIČNIH STENA	61
7.1. Ciklične sedimentne stene Ješića	63
7.1.1. Sitnozrne karbonatno-klastične stene	66
7.1.2. Srednjozrne klastično-karbonatne stene	70
7.1.3. Krupnozrne klastično-karbonatne stene	74
7.2. Karbonatno-klastične stene u podnožju Rajca	80
7.2.1. Kalcitski alevroliti	80
7.2.2. Kalcitski peščari	83
7.3. Crveni krečnjaci Drenovca	88
8. JEDINICA KREČNJAKA I LAPORACA SA ROŽNACIMA KONTINENTALNE PADINE	96
8.1. Karbonatne stene kontinentalne padine na Rajcu	99
8.1.1. Karbonatne stene turon-konijaka	100
8.1.2. Karbonatne stene na konijak-santona	110
8.1.3. Karbonatne stene santona	118
8.1.4. Sintetski stub karbonatnih stena gornjeg kampana	123

8.1.5. Karbonatne stene bušotine kod planinarskog doma na Rajcu	133
8.2. Karbonatne stene kontinentalne padine u Brežđu	141
8.2.1. Karbonatne stene santona	141
8.2.1.1. <i>Litostratigrafski stub karbonatnih stena santona</i>	142
8.2.1.2. <i>Petrologija karbonatnih stena santona</i>	151
8.2.1.3. <i>Biostratigrafija karbonatnih stena santona</i>	162
8.2.2. Karbonatne stene santon-kampana	164
8.2.3. Karbonatne stene kampana	169
8.2.3.1. <i>Litostratigrafski stub karbonatnih stena kampana</i>	169
8.2.3.2. <i>Petrologija karbonatnih stena kampana</i>	175
8.2.3.3. <i>Biostratigrafija karbonatnih stena kampana</i>	177
8.3. Karbonatne stene kontinentalne padine u Struganiku	180
8.3.1. Litostratigrafski stub struganičkih krečnjaka	180
8.3.1.1. <i>Mikritski krečnjaci</i>	182
8.3.1.2. <i>Alohemijski krečnjaci</i>	187
8.3.1.3. <i>Konkrecioni rožnaci</i>	191
8.3.1.4. <i>Smektitska glina u struganičkim krečnjacima</i>	194
8.3.1.5. <i>Bioturbacija u struganičkim krečnjacima</i>	195
8.3.3. Petrologija struganičkih krečnjaka	198
8.3.3.1. <i>Mikritski (ortohemijski) krečnjaci</i>	198
8.3.3.2. <i>Alohemijski krečnjaci</i>	201
8.3.3.3. <i>Konkrecioni rožnaci</i>	203
8.3.4. <i>Biostratigrafija struganičkih krečnjaka</i>	205
9. JEDINICA KARBONATNO-KLASTIČNIH TURBIDITA	210
9.1. Terigeno-karbonatni turbiditi kod Štavice	212
9.2. Karbonatno-terigeni turbiditi kod Građenika	222
10. SREDINE STVARANJA GORNJOKREDNIH SEDIMENTNIH STENA CENTRALNOG DELA VARDARSKE ZONE	230
11. ZAKLJUČAK	242
LITERATURA	249
BIOGRAFIJA	261
IZJAVE O AUTORSTVU	262

UVOD

Gornja kreda na teritoriji Srbije zauzima veliko rasprostranjenje i javlja se u većini tektonskih jedinica. Gornjokredna transgresija je jedna od najvećih transgresija u mezozoiku, tako da se tvorevine gornje krede nalaze skoro u svim oblastima Srbije. U toku gornje krede dogodile su se značajne paleogeografske promene. Prostrane oblasti koje su u donjoj kredi bile kopno, početkom gornje krede preplavljene su morem. Novi ciklus sedimentacije otpočeo je sa alb-cenomanskom transgresijom.

Šira okolina istraživanog područja pripada Vardarskoj zoni, blizu kontakta sa Jaderskim blokom (Karamata et al. 1994). Na ovom prostoru su osim gornjokrednih sedimenata, koji leže transgresivno preko jurskih ultramafita, prisutni i mlađi miocenski, kao i stariji trijaski sedimenti. Stene gornje krede stvarane su kontinuirano od alb-cenomana do mastrihta. U vremenskom razdoblju od oko 40 miliona godina, taložili su se svi članovi gornje krede, predstavljeni različitim sedimentnim stenama.

Predmet istraživanja ove doktorske disertacije su sedimentne stene taložene tokom cele gornje krede i njihova evolucije kroz vreme i prostor centralnog dela Vardarske zone. Rad na doktorskoj disertaciji pod nazivom „Sedimentologija gornje krede centralnog dela Vardarske zone“ na predlog dr Nebojše Vasića, redovnog profesora, započela sam u proleće 2008. godine. Deo područja istraživanja, oblast Struganik-Planinica, bio je istraživani u sklopu magistarske teze u kojoj je otvoreno niz značajnih pitanja, posebno u vezi sredine i uslova postanka gornjokrednih sedimentnih stena. Doktorska disertacija je postavljena i usmerena, sa ciljem rešavanja otvorenih pitanja.

Terenskim radom sagledan je odnos stena i sakupljen veliki broj uzoraka koji su analizirani laboratorijskim metodama, pri čemu su dobijeni značajni rezultati

koji su uz to proveravani ponovnim obilaskom terena. Rezultati istraživanja, uz korišćenje savremene literature – posebno one koja se odnosi na istražena područja u svetu slična našem, omogućila su tumačenja i odgovore u okviru disertacije.

Obzirom na bogatu i interesantnu asocijaciju mikrofosila (planktonskih i bentoskih foraminifera), koja je prisutna u svim gornjokrednim slojevima, ovde se nešto opširnije, po prvi put, prikazuju mikropaleontološke odlike gornje krede. Foraminifere su često jedini fosilni ostaci nekadašnjeg bogatog morskog života na ovim prostorima, posebno na većim morskim dubinama. Najvrijednije su zbog izuzetne brojnosti i odlične sačuvanosti fosilnih zajednica. Treba istaći da je usled novih biostratigrafskih podataka u korelaciji sa sedimentološkim, došlo do manjih pomeranja ranije postavljenih granica u okviru OGK 1:100 000, list Gornji Milanovac.

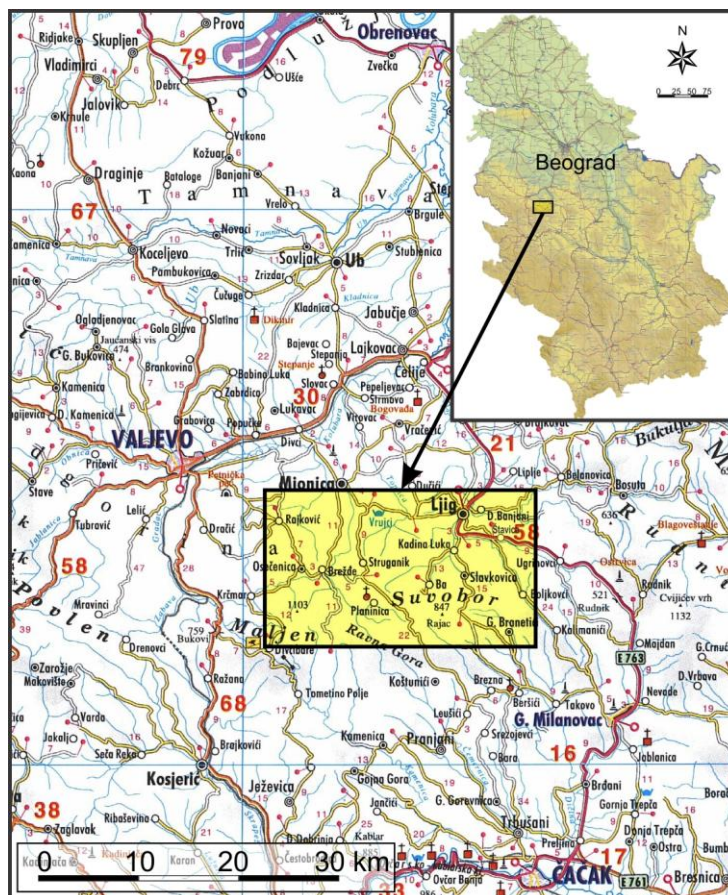
Detaljnim proučavanjem sedimentoloških i biostratigrafskih karakteristika, prikupljene su činjenice važne za rešavanje pitanja koja su u ranijim radovima postavljena. Istovremeno su se u toku proučavanja gornjokrednih sedimentnih stena ove oblasti, otvorila nova pitanja koja bi trebalo rešavati u vremenu koje je pred nama.

Osnovni cilj ovog rada bio je sprovesti što detaljnija istraživanja sedimentnih stena u centralnom delu Vardarske zone radi interpretacije uslova sedimentacije u gornjokrednom basenu. Izvršena su detaljna sedimentološka i biostratigrafska ispitivanja koja su omogućila da se precizno odredi starost sedimentnih stena. Na osnovu svih istraživanja ostvarena je mogućnost interpretacije izvornog područja hranjenja basena, način i smer transporta i rekonstrukcija modela basena.

1. GEOGRAFSKI POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Područje obuhvaćeno istraživanjem nalazi se u zapadnoj Srbiji, jugoistočno od Valjeva i jugozapadno od Gornjeg Milanovca (Slika 1.1). Ograničeno je Ljigom na severu, na zapadu se prostire do sela Osečenice, na istoku do sela Štavice, dok je na jugu planinski venac Suvobora i Maljena. Istočna granica predstavlja granicu zapadne Srbije i Šumadije.

Putna mreža ovog dela zapadne Srbije je dobro razvijena. Najznačajnija regionalna saobraćajnica je Ibarska magistrala. Ljig je od Beograda udaljen 80, a od Mionice 20 km.



Slika 1.1. Geografski položaj istraživanog područja.

Područje istraživanja je brdsko-planinski prostor sa umereno-kontinentalnom klimom. Nalazi se na teritoriji opština Ljig i Mionica koje pripadaju Kolubarskom okrugu. Sela ovih opština su šumadijskog ili starovlaškog tipa rasuta po obroncima Maljena i Suvobora.

Planinski venac Maljena i Suvobora prostire se pravcem Z-I. Deo planine Suvobor je Rajac, čija nadmorska visina oznosi od 600 do 848 m. Rajac i Suvobor sa Ravnom Gorom, prekriveni su listopadnim i četinskim šumama, koji čine njihov najveći deo. Pored šuma, ovo područje zapadne Srbije poznato je po svojim cvetnim livadama i pašnjacima.

Na ovom prostoru prisutni su i brojni površinski oblici kraškog reljefa. Najzastupljenije su vrtače koje su najčešće grupisane u nizove. Podzemni kraški oblici predstavljeni su jamama i pećinama od kojih su najznačajnije Rajačka pećina, Mokra pećina i Ribnička pećina.

Hidrografske odlike istraživanog područja kao posledica geološkog sastava i tektonskog sklopa, izražene su rekama, izvorima i potocima. Hidrografska mreža pripada slivu reke Kolubare. U ovom delu terena fluvijalna erozija i denudacija su intenzivno izražene, te vodotoci imaju bujičan karakter. Značajnu karakteristiku ovog dela zapadne Srbije čini i veliki broj termalnih izvora.

Osim očuvane prirode, istraživano područje karakteriše i bogata kulturno-istorijska prošlost i tradicija. Od zanimljivih turističkih odredišta ističu se lepa i živopisna mesta: Banja Vrujci, Banja Ljig, Ribnica, Mionica, Ključ, Brežđe, Slavkovića, Krčmar, Ba, Rajac, Struganik, Ravna Gora...

2. PREGLED RANIJIH ISTRAŽIVANJA

Ranija ispitivanja gornjokrednih sedimentnih stena na području istraživanja, uglavnom su parcijalna i odnose se na stratigrafsko-tektonske probleme. Stratigrafsko raščlanjavanje bilo je rezultat superpozicionih odnosa na terenu, kao i determinacije makrofosilne asocijacije pronađene u ovim stenama.

Prvi objavljeni podaci o gornjoj kredi područja istraživanja nalaze se u radovima Žujovića (1893). On je u krečnjacima okoline Struganika odredio *Inoceramus regularis* i *Inoceramus mytiloides*, koji su turonske i senonske starosti.

Nešto više podataka o sedimentnim stenama dao je Fraas (1911), koji na ovom području izdvaja dve grupe stena: *Grundgebirge*, gde ubraja serpentin, sericitske i filitične škriljce i trijaskе krečnjake, kao i *Hippuriten* i *Inoceramen-Kalke*, kojima opisuje kredne sedimentne stene.

Mikinčić (1935; 1936) daje detaljnije podatke o terenu između Ljiga i Gornjeg Milanovca, gde konstatuje da se: „pored eruptivnih stena (serpentina, riolita i dacita), javljaju i sedimenti gornje krede“. Po superpozicionom redu koji daje Mikinčić, u bazalnim delovima se nalaze konglomeratični i peskoviti krečnjaci, koji u višim delovima prelaze u laporovite krečnjake i liskunovite laporce, dok preko njih leže konkordantno, bankoviti peščari i slojeviti laporci.

Simić (1935) se ukratko osvrnuo na položaj gornjokrednih sedimentnih stena, dajući podatke o tektonskim odnosima istraživanog područja. Konstatovao je da gornja kreda leži svuda transgresivno preko starijih „ofitskih stena i dijabaz-rožne formacije“. Isti autor (1937; 1940) u ovoj oblasti izdvaja „serpentin, dijabaz-rožne tvorevine, krečnjake srednjeg i gornjeg trijasa i gornju kredu“. Sedimentne stene gornje krede na osnovu izgleda i rasporeda na terenu raščlanjava na: bazalne konglomerate i krečnjačke breče, zatim dobro uslojene

laporce i glince, masivne ili bankovite rumenkaste krečnjake, i na kraju pločaste krečnjake i laporce „struganičkog tipa“ sa rožnacima, koji čine bočan prelaz u flišne pešćare. Naglašava da tvorevine gornje krede Brežđa, Planinice, Struganika i Rajca treba odvojiti kao tip „dinarske krede“ za razliku od ljiškog fliša i šumadijske krede.

Izučavanje geološkog sastava i tektonike terena u okolini Osečenice, Brežđa i Struganika obavili su Marković & Anđelković (1953). Oni su detaljno stratigrafski raščlanili transgresivne tvorevine gornje krede determinisanjem pronađenih koralaa, ježeva, rudista, inoceramusa i amonita. Izdvojili su sledeće sedimentne članove gornje krede: alb-cenomanske (konglomerati i konglomeratični krečnjaci), cenomanske (laporci sa proslojcima krečnjaka i rumenkasti krečnjaci) i senonske (pločasti krečnjaci i laporci sa konkrecionim rožnacima). Flišne sedimentne stene predstavljene pešćarima, Marković i Anđelković smatraju najmlađim delom senona.

Na susednom terenu zapadne Srbije, između Kadine Luke i Rajca, Maksimović (1953) i Maksimović & Marković (1953) sakupili su bogatu asocijaciju fosila i tako raščlanili sedimentne stene gornje krede. U albu izdvajaju „faciju sivih peskovitih krečnjaka i faciju crvenih silifikovanih krečnjaka“. Cenomanske starosti su „facije konglomeratičnih peskovitih krečnjaka i pešćara, plavih laporaca i konglomeratičnih krečnjaka sa proslojcima laporaca i pešćara“. Na kraju, kao najmlađe gornjokredne facije (senonske) izdvojili su: laporovite pločaste krečnjaka i laporce, sprudne krečnjake i flišne klastične sedimentne stene. Na tektonsku građu terena, prema Maksimoviću uticali su: tangencijalni pokreti pre i posle senona, radijalna rasedanja i intrudovanje dacita Slavkovic.

Pašić (1955) na Ravnoj Gori paleontološki obrađuje crvenkaste silifikovane krečnjake i određuje ih kao santonske. U istom radu poredi ih sa krečnjacima Rajca. Crveni krečnjaci santonske starosti na Rajcu su u tektonskom odnosu sa serpentinitima, a naviše postepeno prelaze u laporovite sive krečnjake.

O gornjokrednim sedimentnim stenama razvijenim na istraživanom području centralnog dela Vardarske zone, pisao je u više navrata Anđelković (1955-1978), naročito sa aspekta paleogeografije i tektonike. Poređenjem cenomanskih sedimenata iz Ba, Planinice i Brežđa sa sličnim sedimentnim tvorevinama istočno od ovog područja, u Šumadiji, Anđelković (1955) izdvaja sledeće facije: „faciju konglomerata sa mrkim peščarima i laporcima, faciju plavih laporaca i faciju crvenih krečnjaka“. Jugozapadno od sela Štavica, ka Rajcu, izdvaja tri facije senonske starosti: „faciju laporaca, pločastih krečnjaka i sprudnih krečnjaka, faciju sivih škriljavih laporaca i laporovitih krečnjaka i faciju flišnih sedimenata“. Anđelković u istom radu, proučava i odnos flišnih sedimenata prema ostalim senonskim tvorevinama. On ističe da senonske sedimentne stene istraživanog područja zapadne Srbije prelaze horizontalno i vertikalno u flišne sedimente. Anđelković (1960) između šumadijske i zapadnosrbijanske geotektonske zone izdvaja ljiško-milanovačku dislokaciju, koja je imala važnu ulogu u razvoju ovog dela unutrašnjih Dinarida. Duž nje se za vreme mlađeg paleozoika, a naročito u toku mezozoika vršila stalna vertikalna kretanja. Isti autor (1978) navodi da u zapadnoj Srbiji (Struganik, Planinica), na više mesta preko starijih stena transgresivno leže bazalni konglomerati alb-cenomana, a prekrivaju ih peskoviti krečnjaci i sprudni krečnjaci sa orbitolinama i kaprinidama koji bočno prelaze u laporce i laporovite krečnjake sa amonitima.

Najpotpunije podatke o sedimentološkim i stratigrafskim karakteristikama ljiškog fliša, koji ima znatno rasprostranjenje i na istraživanom području zapadne Srbije, nalaze se u radovima Obradović (1957-1973). Ona je u ljiškom flišu zavisno od vrste sedimentnih stena koje prevlađuju, izdvojila dve litofacije: terigenu i terigeno-karbonatnu. Za flišni gornjokredni basen navodi da je bio reletivno dubok, a transport i sedimentacija vršeni su turbiditnim tokovima i tokovima pri dnu (konturnim tokovima). Kampan-mastrihtska starost ljiškog fliša određena je na osnovu nalaska makro i mikrofaune (Marković 1960) severno od Ljiga.

O problemima vertikalnog rasprostranjenja nekih vrsta inoceramusa Srbije u sedimentnim stenama gornje krede pisali su Petković & Marković (1958). Među uzorcima stena iz raznih lokalnosti, bilo je i inoceramusa iz Brežđa (zapadna Srbija). Ovi autori su uočili da se u oblastima Srbije, proučavani fosili javljaju u višim stratigrafskim delovima gornje krede, nego u klasičnim lokalnostima zapadne i severne Evrope.

Podaci o stratigrafiji gornje krede ovih područja zapadne Srbije nalaze se i u radovima Pašić & Pejović (1975). Po njima, u većem delu zapadne Srbije cenoman i turon okarakterisani su karbonatnim sedimentima plitkog mora sa terigenim sedimentima – peščarima i konglomeratima u bazalnom delu. Za to vreme na terenima Rajca, Brežđa, Struganika i Planinice odvijala se basenska sedimentacija sa deponovanjem laporaca i laporovitih krečnjaka sa pelaškom mikro i makrofaunom.

Filipović et al. (1971; 1978), u sklopu regionalnih geoloških istraživanja u podrinjskoj oblasti, izradili su Osnovnu geološku kartu (OGK) i Tumač za list Gornji Milanovac 1:100 000. U zapadnom delu lista istraživanjima su obuhvatili i šire područje Brežđa, Planinice i Rajca. Na ovim prostorima najveće prostranstvo zauzimaju senonski sedimenti. Predstavljani su slojevitim, bankovitim i pločastim laporovitim krečnjacima, bankovitim rudistnim krečnjačkim brečama i rožnacima u vidu kvrga ili proslojaka u karbonatnim stenama. Senonska starost ovih sedimenata određena je nalazima makro i mikrofaune. U slojevitim krečnjacima Struganika nađeni su inoceramusi karakteristični za mastriht – *Inoceramus balticus* i *Inoceramus cf. inconstans*.

Doprinos stratigrafskom raščlanjavanju sedimentnih stena u ovom području zapadne Srbije dala je i Mitrović-Petrović (1983). Ona je na planini Rajac utvrdila novo mesto cenomanskih crvenkastih laporovitih krečnjaka određivanjem fosilnih ježeva u njima (*Echinoconus rhotomagensis*, *E. bargesanus* i *E. orbicularis*).

Na osnovu litoloških osobina i određene makro i mikrofaune u okviru kompleksa gornje krede zapadno od ljiško-milanovačke dislokacije, Petrović & Jankičević (1986) izdvajaju dve serije. Starijoj odgovaraju tvorevine od cenomana do donjeg senona. Ljiški fliš je po njima najmlađi i pripada mastrihtu.

Dimitrijević & Dimitrijević (1987) daju sintetski prikaz turbidita Srbije. Opisuju osobine fliševa i flišoidnih stena u različitim basenima. Ljiški fliš (Obradović 1987) se razvija iz laporaca „prefliša“. Prefliš predstavljaju najstarije tvorevine sukcesije (turon-senon?).

Bazalne sedimentne stene gornje krede, gruboklastite i slojeve srednje i fino-zrnih klastita, kod sela Planinica u zapadnoj Srbiji ispitivali su Vasić et al. (2001) i Rabrenović et al. (2002). Rezultati ispitivanja pelita, ukazuju na značajno prisustvo visoko magnezijumskog smektita – saponita u ovim stenama. Na osnovu bogatog nalaska makrofaune u gruboklastitima, utvrđeno da se bazalna serija stvarala u toku srednjeg cenomana.

Gerzina (2002) je na širem prostoru sela Struganik, opisala četiri krupne jedinice ranga formacije u kredi: 1) konglomerati i krečnjaci, 2) konglomerati, krečnjaci, laporci i peščari, 3) krečnjaci i laporci i 4) ljiški fliš. Posebnu pažnju u okviru svog rada ovaj autor posvećuje genezi i položaju ofiolitskog melanža.

Vasić et al. (2005) prikazuju rezultate ispitivanja sloja gline i lamine piroklastičnog sastava u laporovitim krečnjacima Struganika. Glina je smektitskog sastava i nastala je transformacijom vulkanskog stakla. Pojavu vulkanskog stakla u karbonatnim stenama, ovi autori objašnjavaju taloženjem iz piroklastičnog oblaka koji je nad tadašnji gornjokredni okean donešen vetrovima.

Iz fondovskih materijala mogu se izdvojiti elaborati koji su potpisali Milićević (2006) i Kijanović (2007). Oni ukazuju na povoljna tehnička svojstva krečnjaka iz

kamenoloma „Drenovac“ i „Struganik“ i mogućnost njihove primene kao građevinskog kamena.

Na prostoru Struganik-Planinica javljaju se raznovrsni članovi gornje krede, predstavljeni različitim sedimentnim stenama čije je petrološke karakteristike opisala Gajić (2007). Ona izdvaja najstariji, bazalni deo gornje krede predstavljen grubozrnim, srednjozrnim i fino-zrnim klastitima koji diskordantno leže preko serpentinita. Superpoziciono preko bazalne serije srednjocenomanske starosti taložile su se ciklične sedimentne stene izgrađene od sitno do krupnozrnih karbonatno-klastičnih stena. Cenomanska starost ovih stena određena je na osnovu brojne mikrofaune. Najmlađi gornjokredni sedimenti su krečnjaci i laporci sa rožnacima iz Struganika. Oni su na osnovu bogate asocijacije foraminifera uvršćeni u donji i gornji kampan.

U radu Đerić et al. (2009) izdvojena je šira asocijacija radiolarija iz smektitске глине која је u asocijaciji sa struganičkim krečnjacima, a čija je stratigrafska pripadnost vezana za konijak. U struganičkim krečnjacima opisuju autohtone pelaške (mikritske) i turbiditne (alohemijske) varijetete krečnjaka.

Poslednji radovi o sedimentnim stenama područja istraživanja u zapadnoj Srbiji bave se teksturnim i tehničkim karakteristikama struganičkog krečnjaka (Matović 2009, Gajić & Vasić 2011 i Gajić et al. 2011). U struganičkim krečnjacima su prisutne raznovrsne teksture, kao i bogata fosilna asocijacija, čije je prisustvo pokazatelj sredine taloženja ovih stena. Ovi autori zaključuju da je sredina stvaranja struganičkih krečnjaka dubokomorska, a da je sedimentacioni prostor na kontinentalnoj padini niz koju su se povremeno kretali turbiditni tokovi. Glavni teksturni pokazatelji sredine sedimentacije bili su nalazak biogenih tekstura *Paleodictyon*, otisaka tragova predmeta, tragova tečenja, tragova utiskivanja, tragovi klizanja, kao i tekstura karakterističnih za Bouminu sekvencu. Takođe, ovi autori dovode u vezu povoljan kvalitet struganičkog krečnjaka kao ukrasnog kamena sa njegovim litološkim sastavom, sklopom i

fizičko-mehaničkim svojstvima. Ukazuju da je ograničavajući faktor primene njihova otpornost prema habanju.

Istraživano područje centralnog dela Vardarske zone i sedimentne stene gornjokredne starosti u pogledu geoloških ispitivanja, imaju posebnu istoriju. Ovi podaci, međutim, ne pružaju jasnu sliku o sedimentologiji gornje krede na ovim prostorima. Najpre su ga istraživali paleontolozi i regionalni geolozi, za potrebe izrade geoloških karata razmere 1:25 000 i 1:100 000 (Marković & Anđelković 1953, Marković 1953 i Filipović et al. 1971). Kasnije, posebna pažnja bila je posvećena tektonskim odnosima na ovom terenu (Anđelković 1960, Grubić 1966 i Gerzina 2002). Nesto više podataka o sredini stvaranja ovih stena (naročito struganičkih krečnjaka) nalazimo u radovima Gajić (2007), Đerić et al. (2009) i Gajić et al. (2011). Rezultati istraživanja u okviru ove doktorske disertacije, uz korišćenje savremene literature, posebno one koja se odnosi na područja u svetu slična razviću u centralnom delu Vardarske zone, omogućili su tumačenje sredine taloženja ispitivanih gornjokrednih sedimentnih stena.

3. GEOTEKTONSKA I GEOLOŠKA GRAĐA

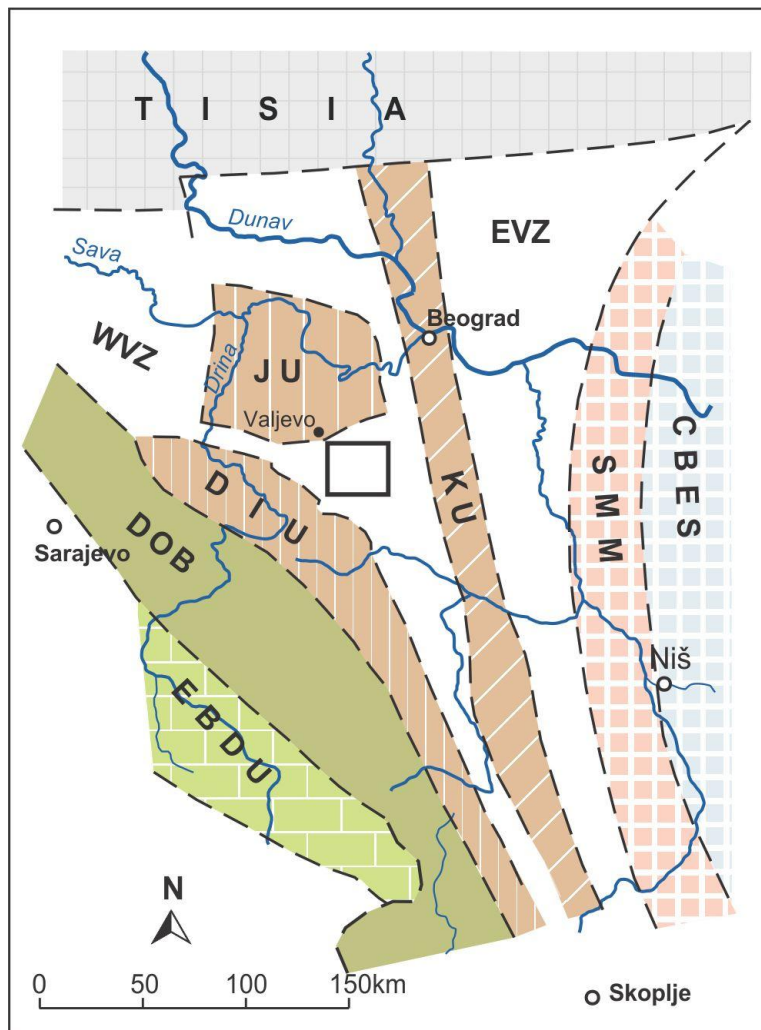
Istraživano područje čini deo severnog oboda Maljenskog ofiolitskog masiva, koji sa geološkog i tektonskog aspekta predstavlja veoma interesantnu oblast. Maljenski ofiolitski masiv pripada jednom od složenijih delova Vardarske zone.

Vardarsku zonu Grubić (1966) smatra krajnje severoistočnom i istočnom jedinicom u Dinaridima. Dimitrijević & Dimitrijević (1973; 1974) i Karamata et al. (1994; 1996) Vardarsku zonu u geotektonskom planu Srbije, izdvajaju kao posebnu jedinicu – teran (Slika 3.1). U ovom teranu su na osnovu razlika u geološkom razvoju izdvojene tri subzone: istočna, centralna i zapadna. U centralnoj zoni je istraživani teren doktorske disertacije.

Vardarski teran je predstavljao glavni okeanski prostor u Alpsko-Mediterranskoj oblasti, između Drinsko-ivanjičkog terana na zapadu i Kopaoničkog bloka na istoku. Postojao je oko 150 miliona godina, od gornjeg trijasa (norijski kat), do pred kraj senona (Karamata et al. 2000). Prema Schmid et al. (2008) područje istraživanja pripada gornjokrednoj *overstep* sekvenci taloženoj između Jaderskog bloka, Dinaridskih i zapadno Vardarskih ofiolita.

Problemima tektonske građe gornjokrednih naslaga na području istraživanja, bavili su se u svojim radovima mnogi autori, među kojima su Marković & Anđelković (1953), Maksimović (1953), Anđelković (1960; 1978), Filipović et al. (1978) i Gerzina (2002). Generalno, svi autori ističu da terene izgrađene od gornjokrednih sedimentnih stena, karakteriše „mirnija“ tektonika i preovlađuju radialni oblici pravca pružanja I-Z. Do najvećih odstupanja od tih pravaca i do pojave tangencijalnih tektonskih oblika, dolazi na kontaktima stena gornje krede sa ofiolitskim stenama Maljena i dacitima Slavkvice. Takođe, istaknuto je da su alb-cenomanske i cenomanske sedimentne stene znatno jače ubrane od

sedimentnih stena senonske starosti, koje su ubrane u blage bore ili su rasednute. Gerzina (2002) izdvaja dva strukturna sprata na području između Strganika i Divčibara. U okviru njih razlikuje četiri strukturno homogena bloka. Donji strukturni sprat čine trijaski krečnjaci, ofiolitski melanz i maljenski ofiolitski masiv, a gornji obuhvata sedimentne stene kredne starosti.



Slika 3.1. Glavne geotektonske jedinice Srbije sa položajem istraživanog područja (prema Karamata & Krstić 1996 i Karamata 2006). Legenda (po abecednom redu): CBES – Karpato-balkanidi istočne Srbije; DIU – Drinsko-ivanjička jedinica; DOB – Dinaridsko-ofiolitski pojas; EBDU – Istočna bosansko-durmitorska jedinica; EVZ – istočna Vardarska zona; JB – Jadarska jedinica; KB – Kopaonička jedinica; SMM – Srpsko-makedonska masa; WVZ – zapadna Vardarska zona.

Geološku građu šireg područja istraživanja grade mezozojske tvorevine trijaske, jurske i kredne starosti, kao i kvartarni sedimenti (Slika 3.2). Mezozojska era se odlikuje značajnim paleogeografskim promenama. U trijasu je istraživano područje pokrivalo more, sve do granice sa Šumadijom. Kolebanja dubine mora, kao i vulkanske aktivnosti koje su se dešavale tokom trijasa, uslovile su stvaranje različitih facija (Anđelković 1975) razvijenih na jugu i severozapadu istraživanog područja. Tokom jure složenim geotektonskim procesima stvaraju se ofiolitske stene rasprostranjene u južnim i delom, u centralnim delovima istraživanog područja. U donjoj kredi se pokretima dinarske faze izdiglo kopno, koje je egzistiralo skoro u celoj starijoj kredi područja istraživanja (Anđelković et al. 1989). Tek u albu pojedini delovi istraživanog područja se spuštaju i zahvata ih morska transgresija. Dalja kompresija, tokom gornje krede, dovodi do tektonskih deformacija u ovom području i otvaranja basena u kojima se odvijala karbonatna i karbonatno-terigena sedimentacija. Prva prava *overstep* sekvenca je senonski fliš. Na granici kreda-paleogen dolazi do regresije i izdizanja kopna na ovom području. Krajem srednjeg miocena odvijala se vulkanska aktivnost kojom su formirani daciti Slavkovice koji se nalaze u centralnim delovima područja istraživanja.

3.1. Trijas

U istraživanom području se kontinuirano preko perma talože trijaske sedimentne stene. Trijaske stene se nalaze po obodu ispitivanog područja, odnosno uz Jaderski ili Drinski paleozoik (Srećković-Batočanin 2001). Sa okolnim stenama su u tektonskom odnosu. Stratigrafski, izdvojeni su srednji i gornji trijas. Opšta karakteristika svih trijaskih stena su intenzivna prekrystalizacija, silifikacija i dolomitizacija.

U okviru srednjeg trijasa izdvojene su tvorevine anizijskog i ladinskog kata. Anizijskom katu (T_2^1) odgovaraju dolomiti i dolomitski krečnjaci, koji leže preko donjotrijaskih krečnjaka. Ladinski kat je predstavljen organogenim masivnim, ređe uslojenim krečnjacima (T_2^2), koji su rekristalisali i silifikovani. Srednjem trijasu pripadaju i porfiriti i odgovarajući piroklastiti ($\alpha\theta$), koji u južnom delu istraživanoj područja probijaju dolomite i dolomitske krečnjake. Oni su rezultat vulkanske aktivnosti koja se na ovim prostorima dešavala u starijem delu ladinskog kata (Anđelković 1975).

Gornjem trijasu (T_3) pripadaju sprudni masivni, ređe bankoviti krečnjaci bledosive i sive boje. Njihovu podinu čine tvorevine srednjeg trijasa, dok im se u povlati nalaze konglomeratično-glinovite stene. Fosilna asocijacija gornjeg trijasa je relativno siromašna, što je otežavalo njegovo raščlanjavanje na karnijski, norički i retski kat. U krečnjacima gornjotrijaske starosti na istraživanom području, nalazi se nekoliko manjih aktivnih kamenoloma. Gornjotrijaski krečnjaci su često prekristalisali i mermerisani. Na brdu Rujevac kod sela Ba, u tako mermerisanim krečnjacima pronađene su značajne rudne mineralizacije nikla i gvožđa (Maksimović & Maksimović 1952a; 1952b). Pojave ovih ruda vezuju se za alteraciju ultrabazičnih stena koje se nalaze u neposrednoj blizini.

3.2. Jura

Stene jurske starosti su najrasprostranjenije u južnom i jugozapadnom delu istraživanog područja. Preovlađuju ultrabazične i bazične stene Maljena i Suvobora, kao i tvorevine dijabaz-rožnačke formacije (Filipović et al. 1978)).

Vulkanogeno sedimentne stene (J_{2+3}) razvijene su u zapadnom delu istraživanog područja. Teorija o dijabaz-rožnačkoj formaciji kao ofiolitskom melanžu predložena je od strane Dimitrijević & Dimitrijevića (1974), koji su ovaj model razradili i primenili na ofiolitski pojas u Srbiji.

Ofiolitski melanž je izgrađen od blokova peščara, rožnaca i bazičnih magmatskih stena u alevrolitskoj osnovi. U sastav peščara ulazi kvarc, plagioklas i liskun, zatim odlomci kvarcita, rožnaca, niskometamorfnih škriljaca, spilita, kao i krečnjaka, vezanih glinovito-sericitskim matriksom, ređe karbonatnim cementom. Njihova stratigrafska pripadnost određena je na osnovu superpozicionih odnosa i nalaska karakteristične mikrofaune – *Protopenneroplis striata* (Filipović et al. 1978). Rožnaci su izgrađeni od kvarca i kalcedona. Često sadrže ostatke radiolarija. Glinoviti rožnaci sadrže i minerale glina, kao i retka zrna sericita i metaličnih minerala. Bazične magmatske stene su članovi ofiolitskog melanža ili čine manja samostalna žična tela u obodnim delovima ofiolitskog masiva.

Ofiolite Maljena i Suvobora sačinjavaju gotovo svi litološki članovi okeanske kore: harcburgiti, lertzoliti, feldspatski peridotiti, gabrovi i dijabazi (Karamata 1979). Generalno posmatrano, ove ultrabazične i bazične magmatske stene leže između ofiolitskog melanža i trijaskih tvorevina sa jedne strane i transgresivnih gornjokrednih sedimentnih stena u povlati.

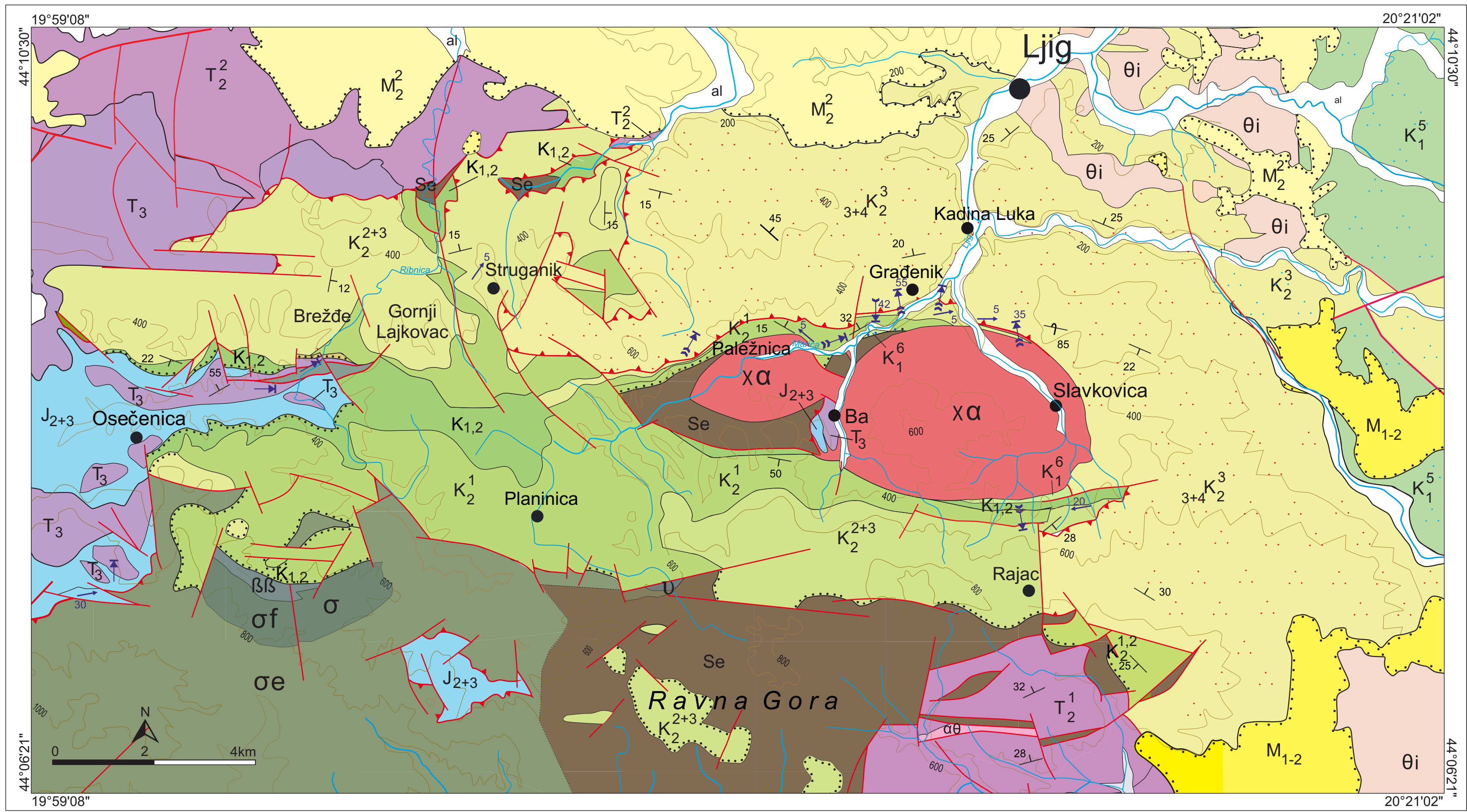
Tektonski peridotiti – harcburgiti (ø) ili tektoniti su tamnozeleno do crne boje i izgrađuju najveći deo Maljena. Izgrađeni su od olivina, ortopiroksena i spinela. Imaju zrnastu strukturu, a u deformisanim delovima – porfiroklastičnu. Ove stene su u različitom stepenu sekundarno izmenjene. Dominantan proces je serpentinizacija, koja može biti potpuna kada nastaju serpentiniti. Harcburgiti su u tektonskom kontaktu sa stenama ofiolitskog melanža i sa cenomanskim sedimentima.

Ultramafitski kumulati (lerzolit (o) i feldspatski peridotiti (of)) su konstatovani na severnom obodu Maljenskog ofiolitskog masiva. U tektonskom su kontaktu sa gabrovima. Od tektonita se razlikuju po kumulatnoj strukturi. Lerzolit su izgrađeni od olivina, ortopiroksena, klinopiroksena i spinela, a feldspatski peridotiti od olivina, monokliničnog piroksena, plagioklasa i hromita. Ultramafitski kumulati su, takođe, serpentinisani ali su ovi procesi kod njih slabije izraženi nego kod tektonskih harburgita.

Serpentiniti (Se) su izdvojeni kao posebna kartirana jedinica u delovima terena gde su olivini i pirokseni potpuno serpentinisani. Izgrađeni su od serpentina i akcesornog hromita, talka, sekundarnog amfibola i tankih žica azbesta. Istočni deo Maljenskog ofiolitskog masiva (Suvobor) je isključivo izgrađen od ovih stena.

Dijabazi ($\beta\beta$) grade sistem subparalelnih do paralelnih dajkova (*sheeted dykes* kompleks). Debljina dajkova varira od nekoliko centimetara (retko) do nekoliko desetina cm, najviše do metar. Često se u njima zapažaju zamrznuti rubovi koji ukazuju na stepen iskristalisanosti i brzinu hlađenja ovih stena tokom stvaranja kompleksa. Izgrađeni su od plagioklasa i monokliničnog piroksena. Strukture su ofitske. Zauzimaju male prostore na istraživanom području, na severnim obodima Maljenskog ofiolitskog masiva.

Gabrovi (v) su u istraživanom području prisutni kao žice u serpentinisanom peridotitu u severnim obodnim delovima Maljenskog ofiolitskog masiva. U tektonskom kontaktu su sa cenomanskim tvorevinama. Gabrovi su izgrađeni od bazičnog plagioklasa, olivina i monokliničnog piroksena, sa akcesornim Ti-magnetitom i sekundarnim serpentinom i amfibolom. Strukture su hipidiomorfno zrnaste, ređe ofitske.



Legenda

Kvartar

- al Aluvijum

Neogen

- M₂² Konglomerati, krečnjaci, gline, laporci i peskovi
- M_{1,2} Peščari, laporci sa proslojcima tufova
- θi Kvarcitatitski ignimbriti
- xα Kvarcitatiti i daciti

Kreda

- K₂₊₃²⁺³ Ljiški fliš: liskunoviti peščari, alevroliti i konglomerati (kampan i mastriht)
- K₂³ Fliš: glinoviti peščari, glinci, laporci i krečnjaci (senon)
- K₂²⁺³ Krečnjaci i laporci (turon-senon)
- K₂^{1,2} Krečnjaci i laporci (cenoman-turon)
- K₂¹ Konglomeratični krečnjaci, laporci i laporoviti peščari (cenoman)
- K_{1,2} Konglomerati i krečnjaci (alb-cenoman)
- K₁⁶ Konglomerati i konglomeratični krečnjaci (alb)
- K₁⁵ Fliš: Krupnozrni slabo vezani peščari, glinoviti peščari i peskoviti glinci (apt)

Jura

- U Gabrovi
- ββ Dijabazi
- Se Serpentinititi
- σ Lertzoliti
- σf Feldspatski peridotiti
- σe Harburgiti
- J₂₊₃ Ofiolitski melanz

Trijas

- T₃ Masivni krečnjaci
- T₂² Masivni, ređe stratifikovani krečnjaci (ladin)
- αθ Porfiriti, porfirski tufovi i breče
- T₂¹ Dolomiti i dolomitični krečnjaci (anizik)

SIMBOLI

- Stratigrafska granica
- - - Nesigurno utvrđena stratigrafska granica
- - - Diskordancija
- Tektonski kontakt (trouglovi ukazuju višu jedinicu)
- Rased
- ∠ Slojevitost
- + Prevrnuti sloj
- Osa nabora
- ∠ Folijacija
- Odnos tektonskog kontakta
- Indikator kretanja na tektonskoj površi (bez indikacije, početna tektonska događanja, kasna tektonska događanja)

Slika 3.2. Geološka karta centralnog dela Vardarske zone (prema Filipović et al. 1971 i Chiari et al. 2011).

3.3. Kreda¹

Sedimentne stene krede imaju najveće rasprostranjenje na istraživanom području centralnog dela Vardarske zone. Zauzimaju prostore od Osečenice na zapadu, preko Brežđa, Struganika, Planinice i Rajca, sve do Štavice u istočnom delu terena. Dominiraju karbonatne i laporovite stene stvarane u periodu od alba do mastrihta, dok se tokom najviših delova senona (kampan-mastriht) deponovao i ljiški fliš. Ove stene na jugu leže transgresivno preko trijaskih krečnjaka, ofiolitskog melanža i ofiolitskog pojasa Maljena i Suvobora, a povlatu im čine mlađe miocenske stene.

U razdoblju donje krede istraživano područje bilo je kopno. Tek za vreme alba i alb-cenomana morem bivaju preplavljeni manji prostori. Postepeno i ostale delove ovog područja zahvata gornjokredna transgresija.

Na karti geološke građe istraživanog područja, na krajnjem istoku zahvaćen je i deo Šumadije (Slika 3.2) gde je rasprostranjeni fliš apta (K_1^5). Predstavljen je krupnozrnim slabo vezanim peščarima i glinovitim peščarima koji se smenjuju sa peskovitim glincima.

Sedimenti i sedimentne stene donje krede u istraživanom području imaju malo rasprostranjenje i predstavljeni su samo albskim katom (K_1^6). Otkriveni su jugoistočno od sela Ba - u potoku Vrelo, kao i na severnim padinama Rajca (Maksimović 1953 i Filipović et al. 1978). Izgrađuju ih konglomerati i

¹ Prikaz litoloških i stratigrafskih članova gornjokredne starosti u ovom poglavlju, predstavlja uglavnom rezultat literaturnih podataka o ovim stenama (Slika 3.2). Najnovija ispitivanja stena vezana upravo za ovu doktorsku disertaciju omogućila su detaljnija raščlanjavanja, naročito ovde opisanih stena senonske starosti.

konglomeratični krečnjaci koji leže transgresivno preko serpentinita. Maksimović & Marković (1953) su u ovim stenama konstatovali bogatu i raznovrsnu faunu na osnovu koje su ove stene odredili kao albske. Među određenim fosilima su: *Nucula* cf. *bivirgata*, *Cucullaea fittoni*, *Arca carteroni*, *Arca nana*, *Arca carinata*, *Trigonia archiaciana*, *Trigonia aliformis* i dr.

Alb-cenomanske tvorevine (K_{1,2}) počinju konglomeratima i konglomeratičnim krečnjacima koji naviše prelaze u crvene krečnjake. Konglomerati su izgrađeni od valutaka gabra, serpentinita, rožnaca i trijaskih krečnjaka, a vezani su psamitskim materijalom identičnog sastava. Leže transgresivno i diskordantno preko trijaskih tvorevina, ofiolitskog melanža i ofiolita Maljena i Suvobora. U neposrednoj povlati konglomerata leže sivi konglomeratični krečnjaci sa *Puzosia planulata* (Filipović et al. 1978). Više delove alb-cenomana izgrađuju crveni i ružičasti krečnjaci bogati fosilnim ostacima ježeva, orbitolina i sitnih rudista.

Kontinuirano (konkordantno) preko neraščlanjenih stena alb-cenomana slede cenomanske tvorevine ili su one transgresivno taložene preko starijih trijaskih i jurskih tvorevina. Cenomanski sedimenti i sedimentne stene su na jugu i jugozapadu u tektonskom kontaktu sa ultramafitima Suvobora i Maljena. Cenomanske tvorevine (K₂¹) na istraživanom području grade pojas pravca pružanja I-Z, koji se završava na reci Manastirici. Takođe su prisutni i u dolinama Marice i Ribnice. Najstariji članovi su konglomerati, konglomeratično-peskoviti krečnjaci i peščari. Preko njih konkordantno leže sivi i plavičasti laporci sa obiljem biljnog detritusa, krečnjaci i laporoviti peščari. Najviši delovi cenomana izgrađeni su uglavnom od laporaca sa retkim slojevima krečnjaka. Cenomanska starost sedimentnih stena je paleontološki dokumentovana, na osnovu makrofaune: *Ostrea carinata*, *Caprinella triangularis*, *Puzosia planulata*, *Acanthoceras mantelli*, *Turrilites costatus* i dr. (Marković & Anđelković 1953) i mikrofaune: *Rotalipora appenninica*, *R. cushmani*, *Praeglobotruncana stephani*, *Globigerina infracretacea* i dr. (Filipović et al. 1978).

Krečnjaci i laporci turon-senona (K_2^{2+3}) zauzimaju najveće prostranstvo u području istraživanja. Grade široku zonu pravca pružanja zapad-istok.

Donji deo ove, pretežno karbonatne jedinice, pripada turonu. Čine ga masivni krečnjaci, slojeviti krečnjaci sa rožnacima, laporci, laporovito-peskoviti ili konglomeratični krečnjaci i laporoviti glinci. Turonska starost je dokumentovana mikrofaunom: *Praeglobotruncana helvetica*, *Rotalipora* sp., *Globotruncana lapparenti coronata* i dr. (Filipović et al. 1978). Sedimentne stene turonske starosti nisu razvijene u svim oblastima, ponegde senonski sedimenti leže transgresivno preko cenomana.

Viši deo ove jedinice, koji vremenski odgovara mlađem senonu, ima veće rasprostranjenje. Izgrađen je od masivnih krečnjaka sa presecima rudista i slojevitih, tankopločastih ili bankovitih laporaca, glinovitih krečnjaka i krečnjaka. Svi litotipovi imaju konkrecione roznace. Sadrže bogatu mikrofaunu, a od makro faune se ističu inoceramusi i hipuriti – *Inoceramus balticus*, *Inoceramus lamarcki* i *Hippurites nabresinensis* (Marković & Anđelković 1953 i Maksimović 1953).

Severoistočno i istočno od senonskih tvorevina, u široj okolini Berkovca i Gornjih Branetića, nalaze se sedimenti ljiškog fliša ($_{3+4}K_2^3$). U podini ljiškog fliša nalaze se do sada opisane gornjokredne sedimentne stene. U sastav ljiškog fliša ulaze uglavnom terigene stene: mikrokonglomerati, peščari, alevroliti i glinci (Obradović 1967). Laporci i peskoviti krečnjaci su retki. Glavno obeležje ovog fliša je brzo, naizmenično smenjivanje litočlanova. Kampan-mastrihtska starost ljiškog fliša određena je na osnovu makro i mikrofaune severno od Ljiga (Marković 1960).

3.4. Neogen

Neogen na području istraživanja obuhvata kvarclatitske i dacitske stene i njihove piroklastite, kao i sedimente i sedimentne stene Valjevsko-mioničkog basena. Daciti Slavkovice (λa) su subvulkanski očvršle efuzivne stene, čiji se nastanak vezuje za vulkansku aktivnost koja se odvijala krajem srednjeg miocena (Filipović et al. 1978). Daciti probijaju starije stene gornjokredne starosti i jurske serpentinite. Struktura ovih stena je holokristalasto-porfirska, sa istaknutim fenokristalima kvarca, plagioklasa i biotita koji leže u sitnozrnoj holokristalastoj osnovnoj masi.

Neogene tvorevine donjeg do srednjeg miocena nalaze se u istočnom delu ispitivanog terena. Predstavljene su slatkovodnim jezerskim i brakičnim sedimentima. Za vreme donji-srednji miocen (M_{1-2}) taložile su se jezerske naslage koje sadrže slatkovodnu makro i mikrofloru. Među njima preovlađuju sivo-beli slojeviti laporci sa proslojcima bituminoznih škriljaca ili tufova.

Za vreme sarmata (M_2^2) povremeno je dolazilo do prodora slatkih voda iz Panonskog basena. To je rezultiralo prisustvom brakične foraminiferske i mezohalinske ostrakodske faune u pretežno karbonatno-terigenim sedimentnim stenama. One izgrađuju severne delove istraživanog područja.

3.5. Kvartar

Aluvijalne kvartarne tvorevine (Q) predstavljaju savremene fluvijalne sedimente, konstatovane u slivovima Marice, Paležnice i Ribnice. Kvartarne tvorevine su promenljive debljine, raznovrsnog granulometrijskog i materijalnog sastava. Najvećim delom su predstavljeni heterogenim šljunkovima, a podređeno se javljaju peskovi i alevriti. Nalaze se kao rečne terase i aluvijum u užem smislu. Aluvijalni nanosi grade i sipare i padinske breče duž oštih odseka mezozojskih krečnjaka.

4. METODE ISPITIVANJA

Sedimentne stene analizirane su kroz terenska i kabinetsko-laboratorijska ispitivanja, kao i obradu dobijenih podataka. Terenskim ispitivanjima predhodila je priprema koja se sastojala u upoznavanju geografskog položaja ispitivanog terena, pregledu postojeće geološke dokumentacije, kao i upoznavanju sa geološkom građom terena i planiranju organizacije rada na terenu.

Sedimentne stene kredne starosti na istraživanom području centralnog dela Vardarske zone zauzimaju uzanu zonu pravca Z-I u zapadnoj Srbiji, između sela Osečenice na zapadu, Štavice i Gornjih Branetića na istoku i jugoistoku. Kredne tvorevine su litološki i facijalno raznovrsne. U ovoj disertaciji prikazane su njihove karakteristike prema redosledu njihovog taloženja.

Cilj ovih ispitivanja je bio detaljna obrada litostratigrafskih stubova gornje krede preko petrografske obrade uzoraka i izdvajanje mikrofacija, zatim određivanje porekla materijala i sedimentoloških karakteristika da bi se na kraju objasnila sredina taloženja i uslovi sedimentacije.

4.1. Terenska istraživanja

Rad na terenu je započeo rekognosciranjem i odabiranjem topografski i geološki najpogodnijih profila. Izboru odgovarajućih tačaka na kome su vršena terenska istraživanja doprineli su i rezultati dobijeni dosadašnjim istraživanjima (Marković & Anđelković 1953, Maksimović 1953, Filipović et al. 1978, Vasić et al. 2001 i Gajić 2007).

Sedimentne stene nastale tokom gornje krede na području centralnog dela Vardarske zone, za potrebe ovog rada, obuhvaćena su detaljnim ispitivanjima na nekoliko otkrivenih profila/tačaka (Slika 4.1). Na terenu su se tokom snimanja detaljnih litostratigrafskih stubova, izdvajale jedinice (paketi i sekvence), sagledavao sklop i prikupljali uzorci. Terenska istraživanja vršena u cilju boljeg upoznavanja karakteristika sedimentnih stena (mineraloških, strukturnih, teksturnih i paleontoloških), upotpunjena su fotografisanjem.

4.2. Laboratorijska ispitivanja

Uzorci prikupljeni terenskim radom ispitivani su različitim laboratorijskim metodama. Brojnim laboratorijskim ispitivanjima prethodila je adekvatna priprema uzoraka. Uzorci su drobljeni čekićem i u merzeru, pri čemu se pazilo da se uzorak ne kontaminira. Zatim je deo uzorka mase oko 10 g usitnjen u ahatnom avanu u prah. Na tako pripremljenom uzorku usledile su dalje mineraloške i hemijske analize.

Koja će laboratorijska metoda biti primenjena zavisilo je od cilja ispitivanja i osobine uzorka. Područje centralnog dela Vardarske zone u zapadnoj Srbiji karakterišu vezane, mešane klastično-karbonatne ili karbonatno-klastične sedimentne stene i krečnjaci, tako da su optičke analize bile najbrojnije. Optičkim ispitivanjima određen je i mikropaleontološki sastav karbonatnih stena. Na većini uzoraka sadržaj oksida Ca i Mg određen je hemijskom analizom. Hemijske analize sedimentnih stena, pored toga što su dale podatke o sastavu, korišćene su i za korelaciju sedimentnih stena. Finozrne stene (frakcije manje od 20 mikrona) ispitivane su instrumentalnom metodom – rendgenskom difrakcijom praha (Rö).

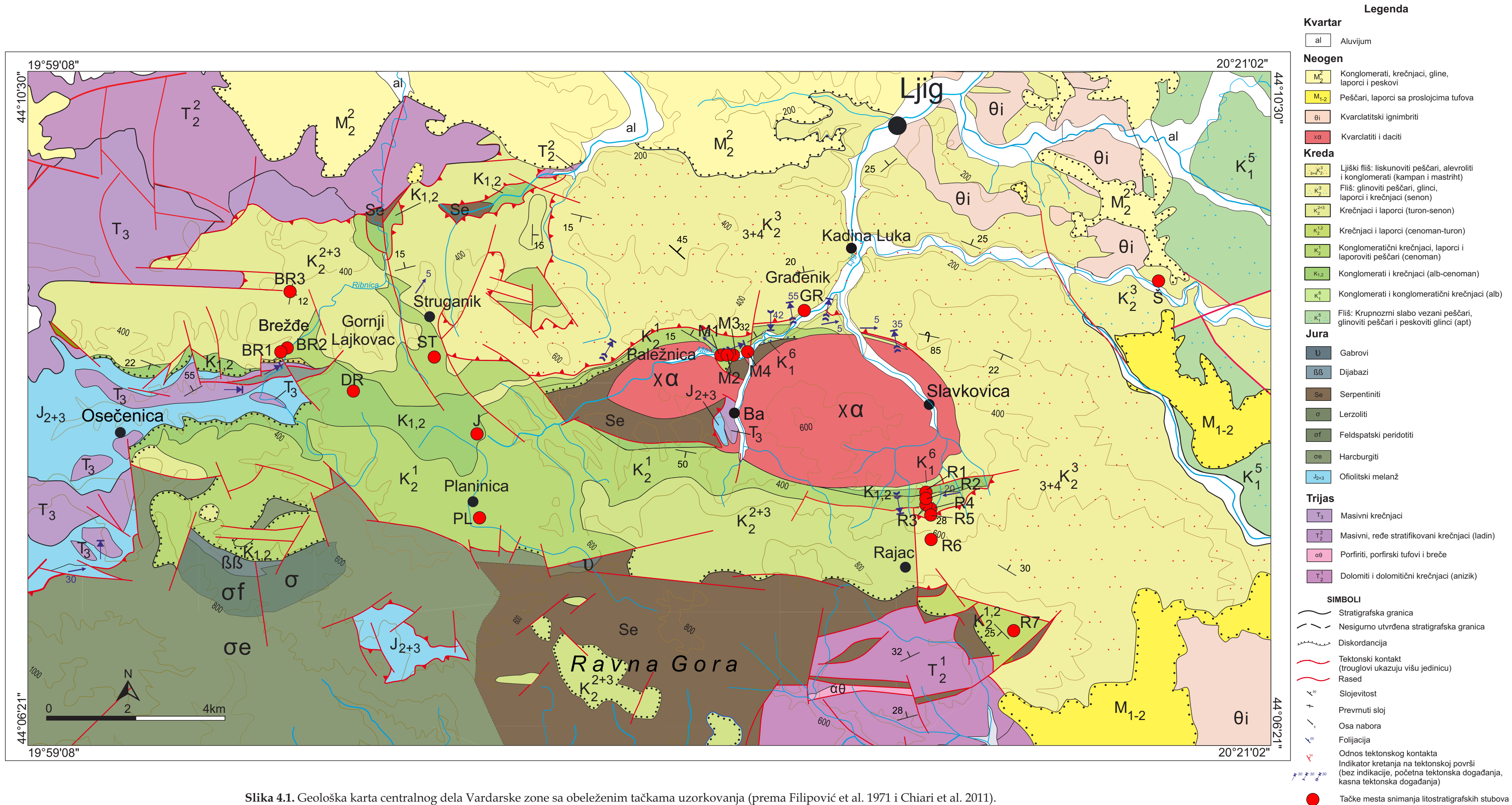
Sprašivanje uzoraka za hemijske analize, izrada providnih preparata, mikroskopiranje i fotografisanje uzoraka urađeno je u odgovarajućim Laboratorijama Departmana za mineralogiju, kristalografiju, petrologiju i geohemiju Rudarsko-geološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

4.2.1. Optička ispitivanja

Mineralni sastav sedimentnih stena određivan je ispitivanjem petrografskih preparata na polarizacionom mikroskopu. Korišćena je kompleksna konfiguracija nekoliko uređaja koji su među sobom softverski povezani. To su polarizacioni mikroskop za propuštenu svetlost marke Leica (tip DMLSP) na kome se nalazi digitalna kamera Leica (tip DC300).

Ispitivanja petrografskih preparata vezanih sedimentnih stena uključila su osim određivanja mineralnog sastava, određivanja struktura, orijentacije zrna, kao i neke od teksturnih karakteristika. Sve sedimentne stene prvo su definisane optički, što je usmeravalo dalji tok ispitivanja.

Mikropaleontološka ispitivanja, takođe su obavljena primenom metode tankih preseka (providni petrografski/mikropaleontološki preparati). Analize su obavljene pomoću polarizacionog mikroskopa marke Olympus (tip BH50). Mikropaleontološka analiza tankih preseka obuhvatala je: determinaciju foraminifera i drugog mikrofosilnog sadržaja, kao i analize krečnjačkog nanoplanktona.



Slika 4.1. Geološka karta centralnog dela Vardarske zone sa obeleženim tačkama uzorkovanja (prema Filipović et al. 1971 i Chiari et al. 2011).

4.2.2. Rendgenska ispitivanja

Rendgenska ispitivanja korišćena su za odredbu mineralnog sastava, u čemu su veoma pouzdana, naročito kada su u pitanju minerali glina. Odredba minerala vrši se na osnovu difrakcije rendgenskih zraka, pri čemu se dobijaju i značajni podaci o kristalografskim svojstvima ispitivanih minerala. Svaki mineral karakteriše se svojom kristalnom rešetkom, a samim tim i rendgenogramom.

Mineralni sastav glinovitih uzoraka određen je primenom rendgenske difrakcije praha pomoću Philipsovog difraktometra (PHILIPS PW 1710), sa $\text{CuK}\alpha$ zračenjem (antikatoda bakra talasne dužine 1.54178 \AA) i grafitnim monohromatorom. Radni napon i jačina struje za generisanje rendgenskih zraka iznosili su $U = 40 \text{ kV}$ i $I = 30 \text{ mA}$. Uzorci su ispitivani u opsegu od $5\text{-}50^\circ 2\theta$, pri čemu je veličina koraka 0.02° , a vremensko zadržavanje 0.5 s po koraku.

Za obradu i grafički prikaz difraktograma korišćen je programski paket Origin Pro 7.5. Dobijeni podaci položaja difrakcionih maksimuma 2θ ($^\circ$), vrednosti međupljosnih rastojanja d (\AA), kao i odgovarajući intenziteti I dati su grafički. Na osnovu dobijenih vrednosti I i d , upoređivanjem sa literaturnim podacima i standardima (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*), identifikovane su prisutne kristalne faze.

4.2.3. Hemijska ispitivanja

U okviru ovih ispitivanja određivan je sadržaj CaCO_3 , CaO i MgO u svim karbonatnim i mešanim karbonatno-terigenim stenama istraživanog područja. Sadržaj CaO i MgO određivan je kompleksometrijski. Kompleksometrija je hemijska metoda kojom se efikasno i pouzdano dobijaju vrednosti sadržaja CaO i MgO upotrebom 1M kompleksona EDTA, pri čemu je izdvajanje karbonatne faze vršeno sa razblaženim rasvorom HCl (hlorovodonične kiseline). Prema

ovako određenom sadržaju oksida Ca i Mg, preračunati su sadržaji CaCO_3 i MgCO_3 koji su omogućili definisanje stena.

Pored kompleksometrijskog određivanja karbonata, na nekim uzorcima primenjavana je i brza metoda za određivanje CaCO_3 – kalcimetrija. Kalcimeter se sastoji iz tri cilindrične cevi. Jedna je kraća i pokretna (nivelir cev), druga duža i graduisana, a treća, takođe duga, ali ne graduisana. Cevi su međusobno povezane gumenim crevom i čepom sa malom staklenom bocom u koju se stavlja određena količina uzorka i epruveta sa 10% razblaženog rastvora HCl. Pomoću očitane vrednosti sa graduisane cevi, na datoj temperaturi i pritisku, određuje se procentualni sadržaj CO_2 i CaCO_3 .

4.2.4. Elektronska mikroskopija

Veliku ulogu u sedimentološkim istraživanjima danas preuzeo je skenirajući elektronski mikroskop (SEM). Njime se uzorci mogu ispitati pod vrlo velikim povećanjima, pri čemu se mogu videti detalji dimenzija do $0.1 \mu\text{m}$. Za primenu ove metode ukazala se potreba zbog jasnijeg definisanja bogate i dobro očuvane radiolarijske asocijacije u laporovitim krečnjacima i krečnjacima okoline Brežđa. Prethodno izolovane radiolarije pomoću standardne CH_3COOH metode, determinisane su i snimane pomoću SCAN elektronskog mikroskopa tipa JEOL JSM-6610LV SEM. Rezultati dobijeni ovom metodom prikazani su u master radu Janka Sovilja (2012), mastera geologije, pod nazivom „Gornjokredne radiolarije okoline Struganika (Zapadna Srbija)“.

4.3. Obrada podataka

Nakon što su svi podaci o istraživanim sedimentnim stenama prikupljeni i dobijeni analitički rezultati, pristupilo se njihovom tumačenju. Podaci o sastavu sedimentnih stena i mikrofacijama kombinovani su sa terenskim podacima kod donošenja zaključaka o sredini i uslovima taloženja.

Raznovrsnost porekla, sastava, sredina i uslova u kojima se formiraju, kao i njihova zastupljenost doveli su do primene različitih klasifikacija ispitivanih sedimentnih stena na području istraživanja, kako pri terenskim tako i laboratorijskim determinacijama. Na njihov izbor najviše su uticale strukturno-teksturne karakteristike, kao količine i odnosi primarnih i sekundarnih sastojaka u karbonatnim, terigenim i mešovitim – karbonatno-terigenim stenama (Folk 1959; 1962, Dunham 1962, Dott 1964, Embry & Klovan 1972, Pettijohn et al. 1972, Konta 1973 i Flügel 1982; 2004).

Za obradu fotografija i izradu dijagrama i slika korišćeni su *Photoshop* i *Corel* programi.

5. LITOSTRATIGRAFSKE JEDINICE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Gornja kreda u centralnom delu Vardarske zone zauzima najveće prostranstvo. Gornjokredne sedimentne stene analizirane su u oblasti Brežđa, Struganika, Paležnice, Planinice, Rajca i Štavice. Najvećim delom leže transgresivno preko ofiolitskih stena i produkata njihovog raspadanja.

Osnovu za raščlanjavanje gornje krede istraživanog područja činile su petrološke, biostratigrafske i genetske karakteristike sedimentnih stena. Konstatovano je četiri većih litološki i biostratigrafski različitih članova, koji su nazvani jedinice. Izdvojene jedinice se delimično preklapaju sa, prema literaturi, poznatim facijama (Marković & Anđelković 1953, Maksimović 1953, Anđelković 1960; 1978, Obradović 1967; 1987 i Anđelković et al. 1989).

U donjoj kredi istraživano područje bilo je kopnena sredina. Početak sedimentacije najmlađih mezozojskih stena vezan je za alb-cenomansku transgresiju koja je zahvatila prostrane oblasti u Vardarskoj zoni. Ova transgresija počela je još u albu, dok je u donjem cenomanu stvoreno plitko more koje se, počev od donjeg cenomana pa nadalje, postepeno produbljuje. Cela oblast nije istovremeno zahvaćena transgresijom. Tokom alb-cenomana i dalje su postojali manji delovi kopna sa kojih se deponovao materijal u obližnja mora. Kako se povećavao obim basena menjale su se depozicione sredine i karakter sedimentacije, kao i organski svet koji ih naseljava.

Detaljna sedimentološka analiza u istraživanom području dala je dovoljno podataka o transgresivnom karakteru sedimentnih stena gornje krede, o njihovom kontinuitetu, litološkim karakteristikama zastupljenih mikrofacija i uslovima sedimentacije karbonatnih, karbonatno klastičnih i klastičnih stena.

Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja, u gornjoj kredi centralnog dela Vardarske zone mogu se izdvojiti četiri litostratigrafske jedinice:

1. jedinica bazalnih gruboklastita (alb-cenoman i cenoman),
2. jedinica šelfnih klastično-karbonatnih stena (cenoman i donji turon),
3. jedinica krečnjaka i laporaca sa rožnacima kontinentalne padine (od turona do mastrihta) i
4. jedinica klastično-karbonatnih turbidita (kampan-mastriht).

► Najniži i najstariji, bazalni sedimenti, izgrađeni su od terigeno-karbonatnog materijala, konglomerata, breča i konglomeratičnih krečnjaka. Brzina sedimentacije je varirala. Brzom sedimentacijom u početku, u priobalnim delovima taloženi su klastični sedimenti, breče i konglomerati krupnijeg sastava, izgrađeni od zaobljenih i uglastih komada serpentinita, peridotita, rožnaca i drugih ofiolitskih stena. Pojava konglomerata sitnijeg sastava i konglomeratičnih krečnjaka sa proslojcima laporaca i glinaca, često u naizmeničnom smenjivanju, ukazuje da je za vreme taloženja bilo oscilacija u sedimentacionom basenu. Na osnovu mikropaleontoloških determinacija bazalni sedimenti uvršćeni su u sredni do gornji alb, alb-cenoman ili cenoman.

Alb i alb-cenoman predstavljaju početak sedimentacije kada područje istraživanja zahvata transgresija. Na početku ciklusa more je plitko, litoralnog karaktera sa zonama pojačane energije vode. U ovoj depozicionoj sredini egzistovala je plitkovodna fauna i organizmi sa debelom ljušturom. Asocijacija faune i karakter sedimenata ukazuju da je „salinitet morske vode bio normalan, kao i temperatura mora“ (Mitrović-Petrović & Anđelković 1989).

► U cenomanu dolazi do produbljanja i širenja morskog basena i sedimentacije na plitkom šelfu. Cenomansko more predstavlja plitku morsku sredinu sa izdiferenciranim morskim dnom (litoralni i sublitoralni karakter). Zavisno od oscilacija relativne morske dubine, finozne klastično-karbonatne stene se talože kao regresivne sekvence sa prokrupnjavanjem zrna naviše (Rajac) ili transgresivne sekvence sa smanjenjem zrna naviše (Ješići). U pojedinim delovima nastaju povoljni uslovi za razvoj pelaške, mirne, nešto dublje basenske sedimentacije, kada se obrazuju i podvodni grebeni na kojima se razvija plitkovodna karbonatna sedimentacija sa orbitolinama, briozoama, koralima, ehinidima, školjkama, puževima i dr. (Drenovac).

Preko bazalnih stena alb-cenomanske i cenomanske starosti na području istraživanja stvaraju se finozne karbonato-klastične stene, alevroliti, kalkareniti, kalkruditi i kalcijски peščari cenomanske do donje turonske starosti. Sedimentne stene stvarane u donjem turonu kontinualno se nastavljaju na cenomanske stene. To su pretežno karbonato-klastični sedimenti, predstavljeni kalcijским peščarima otkrivenim na Rajcu. Ovaj paket verovatno predstavlja dublji odraz neke nove progradacije. Sredina nastanka je dublji deo subtajdala, šire, to bi odgovaralo delu šelfne mešovite, klastično-karbonatne sedimentacije. Ovim stenama se završava jedinica šelfnih finoznih karbonatno-klastičnih stena.

Sedimentaciju u cenomanu karakteriše pretežno rastresito dno plitkog do umereno dubokog mora sa čestim oscilacijama u dubini vode. Sem promene dubine, ostali faktori sredine su bili stalni kroz ceo ciklus („visoka temperatura i normalan salinitet“, Mitrović-Petrović & Anđelković 1989).

► Krajem turona morska transgresija zahvata nove prostore i sedimentacija se odvija na većim dubinama. Na kontinentalnoj padini počinje taloženje naslaga koje čine treću litostratigrafsku jedinicu. Prema dominantnim litočlanovima koji je izgrađuju ona je dobila naziv „jedinica krečnjaka i laporaca sa rožnacima kontinentalne padine“.

Najviši slojevi turonskih sedimenata jasno se razlikuju od starijih po pojavi raznovrsnih oblika planktonskih mikrofosila. Sedimentacioni ciklus se širi i sedimentacija se sa šelfa prenosila dublje u basen. Idući naviše dolazi do daljeg postepenog produbljanja basena i do smirivanja sedimentacionih procesa koji se obavljaju u zoni sa znatno smanjenom energijom vode i do pojave pelaških organizama: radiolarija i foraminifera (*Globotrunkana*).

Produbljanjem basena u konijaku i santonu, uspostavlja se veza između istraživanog prostora sa severnim delovima Srbije (Panonski basen), kao i onima u Šumadiji i istočnoj Srbiji. U tim delovima naše zemlje u toku krede odvijala se takođe karbonatna umereno-dubokovodna do dubokovodna sedimentacija na kontinentalnoj padini. Uslovi sedimentacije u navedenim oblastima, izjednačavaju se za vreme najmlađe krede – mastrihta uz dominirajuće taloženje fliša.

Tokom kampana, u dubljim delovima gornjokrednog mora istraživanog područja centralnog dela Vardarske zone, stvarali su se laporci, laporoviti krečnjaci i krečnjaci sa rožnacima (Rajac, Brežđe i Struganik). Obično su slojeviti, tankopločasti ili bankoviti. Karakteriše ih bogat i raznovrsni sadržaj fosila u muljevitoj ili kristalastoj osnovi stene (*mudstone* i *grainstone* mikrofacije), kao i prisustvo tekstura vezanih za plitkovodnu, ali i umereno-dubokovodnu sedimentaciju. Mehanizam postanka ovih stena, prema svim registrovanim internim i eksternim teksturama ukazuje da se sedimentacioni ciklus odvijao na kontinentalnoj padini niz koju je povremeno stizao plitkovodni materijal

turbiditnim tokovima. Takva sedimentacija vršila se kroz ceo kampan i nastavila se u mastrihtu.

Karakteristično je prisustvo tufita i tufoznih laporaca koji se pojavljuju u okolini Brežđa, kao i sloja smektitske gline nastale devitrifikacijom vulkanskog stakla u laporcima Struganika, što ukazuje na vulkansku aktivnost. Vulkanoklastični materijal se na ovim prostorima taložio iz piroklastičnih oblaka transportovanih vetrom, najverovatnije sa velike udaljenosti.

U dubljim delovima basena, gde nisu stizali turbiditni tokovi i gde vladaju mirni sedimentacioni uslovi dolazi do znatnog taloženja sedimentnih stena bogatih asocijacijom pelaških organizama - radiolarija i foraminifera. Od makrofaune u tim stenama su pronađeni amoniti i inoceramusi. Pelaški mikrofosili, kao i amoniti ukazuju na dublju i mirniju vodu. Prema Mitrović-Petrović & Anđelković (1989) „temperatura je bila niža, dok je salinitet bio normalan“. Laporci i krečnjaci sa rožnacima postepeno prelaze u ljiški fliš.

► Krajem kampana i u mastrihtu dolazi do izdizanja kopna na jugu i jugozapadu istraživanog područja, kao i do spajanje sa susednim basenskim prostorom koji je egzistovao na području današnje Šumadije. Tako nastali basenski prostor je sa vrlo strmim stranama kontinentalne padine što pospešuje mehanizam turbiditskog transporta i nastanak litostratigrafske jedinice klastično-karbonatnih turbidita/ljiškog fliša. Najveće rasprostranjenje flišni sedimenti dostigli su za vreme kampanskog, mastrihtskog i danskog kata (Obradović 1987).

Kampan-mastrihtski turbiditi na području istraživanja poznati su pod nazivom ljiški fliš. Sedimentne stene ovog fliša rasprostranjeni su u severnim i severoistočnim delovima istraživanog područja, počevši od Ljiga - na severu, pa se šire prema jugu i istoku ka Struganiku, Rajcu, Gornjem Branetiću i Štavići. Najveće rasprostranjenje među turbiditima imaju pločasti sivi liskunoviti i

srednjozrni peščari, zatim alevroliti i ređe konglomerati. U manjoj meri su zastupljeni laporci i krečnjaci. Debljina klastično-karbonatnih turbidita, čiji su delovi otkriveni na području istraživanja je oko 800 m (Obradović 1987).

Sastav fliša na istraživanom profilu kod Štavice, na granici sa Šumadijom je karbonatnog karaktera. U ovom delu je najverovatnije došlo do spajanja dva basena u kojima se odvijala flišna sedimentacija (ljiški i šumadijski fliš). Drugi snimljeni profil ljiškog fliša na brdu Građenik kod sela Ba je mešovitog karbonatno-klastičnog karaktera.

6. JEDINICA BAZALNIH GRUBOKLASTITA

Najstarije sedimentne stene gornje krede na prostoru centralnog dela Vardarske zone otkrivene su na malom broju lokalnosti. Prema literaturnim podacima i istraživanjima vezanim za ovu disertaciju postoje dve vrste bazalnih gruboklastita, odnosno dva razvića. Prvo razviće se može definisati kao konglomerati i konglomeratični krečnjaci izgrađeni od valutaka, pre svega bazičnih magmatskih stena (dijabaza, spilita, gabrova i serpentinita). Konglomerati i konglomeratični krečnjaci drugog razvića karakterišu se fragmentima koji vode poreklo od karbonatnih stena. Konglomerati koji označavaju transgresiju, i jedan deo konglomeratičnih krečnjaka, tj. najniži delovi ove jedinice pripadaju albu, dok su konglomerati i konglomeratični krečnjaci drugog razvića, alb-cenomanske starosti.

Iznad ovih stena leže naizmenično poredani krečnjaci i laporci, tamnoplavi laporci, zatim sprudni crveni i rumenkasti krečnjaci. Oni pripadaju jedinici šelfnih klastično-karbonatnih stena cenomanske starosti. Alb cenomanske i cenomanske tvorevine ne mogu se oštro razgraničiti, pošto predstavljaju kontinualno razviće. Oni transgresivno leže preko trijaskih tvorevina i ofiolitskog melanža.

Jedinicu bazalnih gruboklastita (klasični konglomerati) gornje krede izučavali su Marković & Anđelković (1953), Maksimović (1953), Anđelković (1978) i Filipović et al. (1978). Ovi autori su ove gruboklastite opisivali pod imenom „konglomerati golt-cenomana“ i „konglomeratično-detritični krečnjaci alba“. Isti autori naglašavaju da preko njih leže laporci cenomana i krečnjaci turona.

Sedimenti ove jedinice otkriveni su na malom delu istraživanog područja, između Kadine Luke i Rajca. Iz konglomerata i konglomeratičnih krečnjaka

otkrivenih blizu ušća reke Marice u Ljig određena je bogata fauna školjaka, gastropoda i koralna srednjeg i gornjeg alba (Filipović et al. 1978). Raznovrsna i bogata fauna koju su izdvojili Maksimović & Marković (1953), na dva mesta na istraživanom području, takođe upućuje na srednji i gornji alb. Profili albskih konglomerata i konglomeratičnih krečnjaka su, severno i južno od dacitskog masiva, kod potoka Vrelo (ušće reke Paležnice) i na Kojića brdu (put od Slavkovicе ka Rajcu). Najzastupljeniji valutci u ovim konglomeratima su odlomci serpentinita i raznobojnih rožnaca.

Područje istraživanja je u donjoj kredi bilo kopno. Proces sedimentacije započinje slabom albskom transgresijom. Albskom transgresijom bili su zahvaćeni mali delovi istraživanog područja gde su stvarani bazalni gruboklastiti. Ovi gruboklastiti su sadrže fragmente koji potiču od razaranja stena ofiolitskog melanža i ofiolita Maljena i Suvobora. Oni se bočno ili vertikalno smenjuju sa konglomeratičnim krečnjacima izgrađenim od valutaka istog sastava. Ponegde i sa peskovitim i laporovitim krečnjacima (severne padine Rajca – Kojića brdo) u kojima je konstatovana albska fauna: *Trigonia archiaciana*, *Inoceramus salomoni*, *Inoceramus concentricus*, *Desmoceras latidorsatum* i dr. (Maksimović 1953 i Filipović et al. 1978). Za gornji, proksimalni deo ove jedinice, vezuju se konglomerati albske starosti, dok je donji, distalni deo izgrađen od konglomeratičnih, peskovitih i laporovitih krečnjaka alb-cenomana.

Proces sedimentacije koji je u području istraživanja započeo pre završetka albskog kata (srednji i gornji alb), preneo se i u donji cenoman. Jači tektonski pokreti na prelazu donje u gornju kredu, uslovljavaju intenzivniju transgresiju i sedimentaciju. Tada se taloži viši deo ove jedinice u kome dominira drugo razviće gruboklastita iz ove jedinice. Plitko more počinje da se širi i u alb-cenomanu plavi zapadnije delove istraživanog područja. Produblјavanje se nastavlja i u donjem cenomanu.

Konglomeratični krečnjaci koji odgovaraju prvom razviću bazalne jedinice otkriveni su u selu Planinica (Slika 6.1). Na putu preko puta zgrade Mesne zajednice Planinica nalaze se konglomeratični krečnjaci sa valuticama serpentinita, rožnaca i dijabaza. Definisani su kao kalkruditi do krupnozrni kalkareniti. Ove pojave nisu detaljnije ispitivane.



Slika 6.1. Izdanak konglomeratičnih krečnjaka u Planinici. **Gore levo:** konglomeratični krečnjak sa valuticama rožnaca i serpentinita.

Sastav izvorišnog materijala, udaljenost od obale i izgled reljefa, utiče na sastav i debljinu bazalne jedinice. Na osnovu prisutnih fosila niži deo bazalne jedinice određen je kao albski, dok se viši slojevi smatraju za alb-cenomanske. Na početku taloženja sedimenti su „grublji“, a što su mlađi finijeg su zrna. Sve stene ove jedinice generalno pokazuju opadanje krupnoće zrna naviše i raznolikost izvorišnog materijala što je uticaj sve dubljeg i otvorenijeg mora.

Iako nije na mnogo mesta otkriven, izvesno je da je bazalni deo istraživanog područja facijalno različit. Konstatovane litofacije u bazalnom delu su mešovita karbonatno-klastična i karbonatna. Lateralno i vertikalno one se smenjuju. Prisutni su i fino-zrni klastiti – glinci i peskoviti laporci (Filipović et al. 1978) koji su, najverovatnije, odraz dublje sedimentacije. Naglašenije lateralne i vertikalne promene u prvim fazama sedimentacije ukazuju na izdiferenciranost sedimentacionog prostora u najstarijem delu gornje krede.

Populacija faune alb-cenomana, najverovatnije je naseljavala plitko transgresivno morsko dno litorala, pre nego sublitorala. Na osnovu fosilnog sastava i morfoloških odlika faune smatra se da je „sredina bila stenohalinska, salinitet normalan, temperatura vode visoka, a dno peskovito i rastresito“ (Pašić 1962).

Sedimentacioni ciklus nastao alb-cenomanskom transgresijom koja je plavila veliki deo istraživanog terena, izgrađen je od gruboklastita i konglomeratičnih krečnjaka čije su karakteristike prikazane kroz snimljene profile u Planinici (u zaseoku Ćirkovići) i Paležnici (uz reku Maricu).

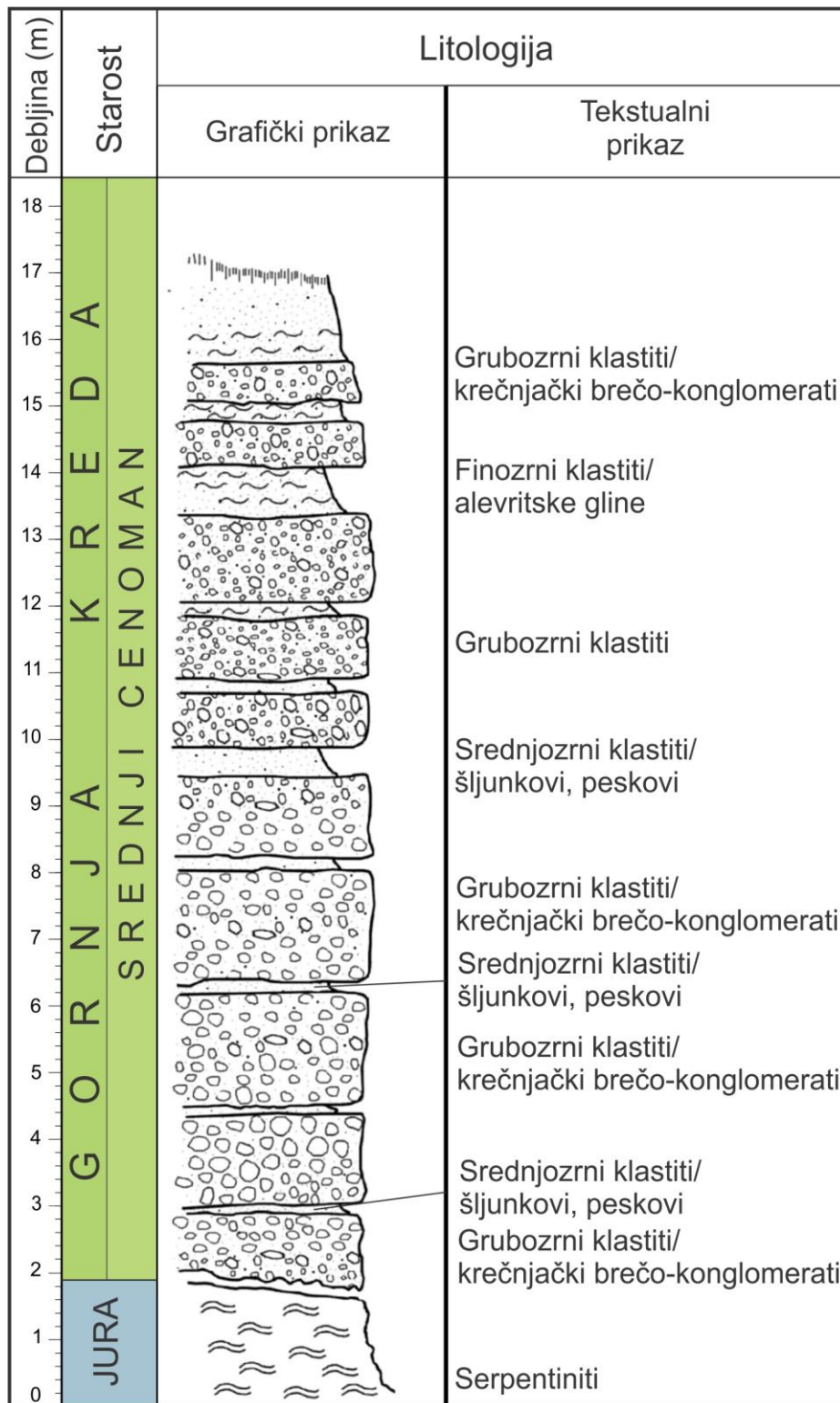
6.1. Bazalna jedinica kod Planinice

Bazalna jedinica drugog tipa razvića otkrivena je na na širem prostoru Planinice. Grade je grubozrni, srednjozrni i finoizrni klastiti koji diskordantno leže preko serpentinita. Rabrenović et al. (2002) i Gajić (2007) su petrološki i paleontološki obradili bazalnu seriju kod Planinice i ukazali na njenu srednjocenomansku starost.

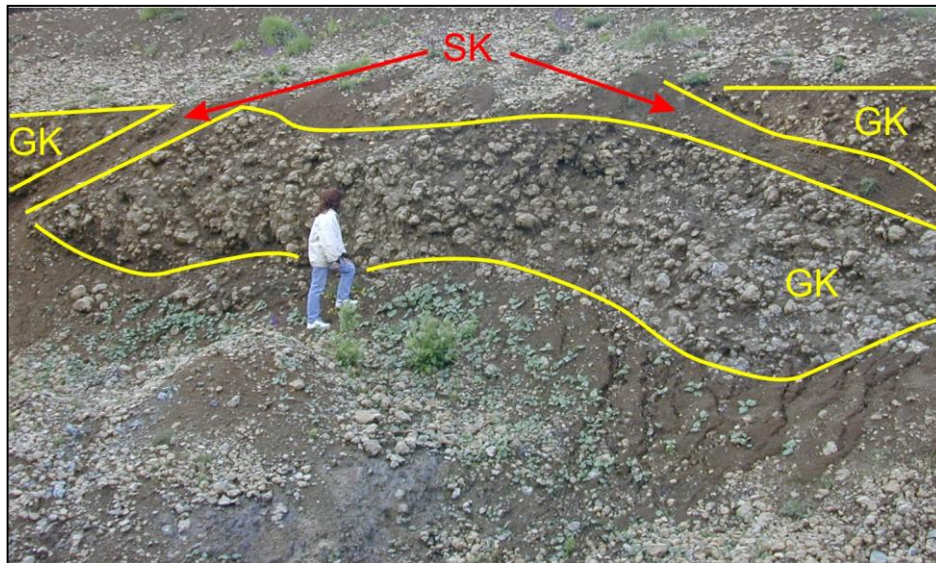
Kod sela Planinice, na profilu pored novog puta što vodi od Struganika preko Planinice do Ravne gore, iznad zaseoka Ćirovići, snimljen je litološki stub debljine 15 m (Slika 6.2) sa početnim koordinatama X 44°08'35", Y 20°08'48" i Z 608 m (Slika 4.1, tačka PL). Direktan kontakt na izučavanom profilu nije otkriven, ali bočno 50 m dalje, na putu ka Ravnoj Gori, vidljiv je odnos preko relativno uske kore raspadanja na serpentinitima (Slika 6.2).

Bazalna jedinica je izgrađena od tela gruboklastičnih sedimenata. Geometrija tela odgovara nepravilnim zdepastim sočivima (Slika 6.3). Dužina tela je veća od 15 m, a debljina 1.5 do 3 m. Između tela gruboklastita su slojevi i proslojci srednjozrnih (do 10-tog m u stubu) i finozrnih klastita (u gornjem delu stuba). Uočeno je da debljine tela gruboklastita opada, a debljina slojeva i proslojaka srednjozrnih i finozrnih klastita raste od nižih ka višim delovima stuba.

Sočivast izgled tela, kao i njihov raspored u prostoru implicira da je materijal unošen u sistem snažnim povremenim gravitacionim tokovima čiji mehanizam najverovatnije odgovara tečenju debrisa (*debris flow*). Ovi tokovi se sastoje od litološki vrlo heterogenog materijala. Takođe, trend opadanja veličine fragmenata u koji se u vertikalnoj distribuciji od starijih ka mlađim stenama, ukazuje na udaljavanje transgresivne granice.



Slika 6.2. Litostratigrafski stub bazalne jedinice kod Planinice (prema Vasić et al. 2001 i Rabrenović et al. 2002).

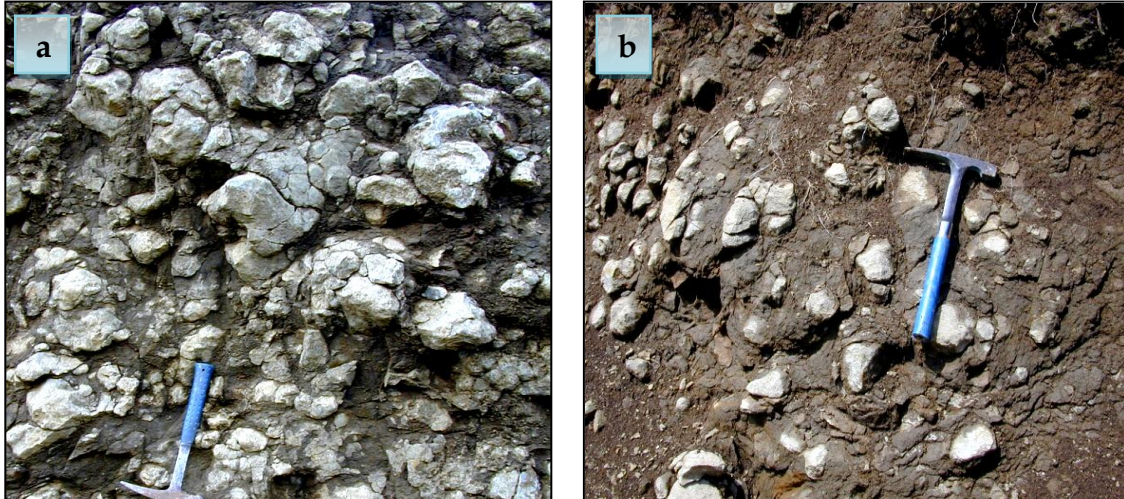


Slika 6.3. Geometrija tela gruboklastita (GK) u bazalnoj jedinici iznad zaseoka Čirovići. SK – prosljoci srednjozrnih klastita.

6.1.1. Grubozrni klastiti – krečnjački brečo-konglomerati

Gruboklastični sedimenti su izgrađeni od odlomaka krečnjaka „uvaljanih“ u srednjozrni peskoviti matriks. Po sastavu i strukturnim karakteristikama mogu se definisati kao „krečnjački brečo-konglomerati“. Dimenzije krečnjačkih odlomaka koji su najzastupljeniji sastojak ovih stena, variraju od 5 pa do 40 cm (Slika 6.4). Pored njih sporadično se mogu zapaziti dobro zaobljeni valutci serpentinita, ne veći od par cm. Procentualna zastupljenost fragmenata u sočivima gruboklastita veoma varira. Pri velikoj zastupljenosti fragmenata ostvaruju se kontakti među njima (Slika 6.4a), a matriks samo ispunjava međuprostore, što upućuje na gusto pakovanje (*visoki fitting*). Češći je slučaj da fragmenti „plivaju“ u matriksu (Slika 6.4b), imaju nizak *fitting*, odnosno odlikuju se slabom unutašnjom organizacijom (Füchtbauer & Richter 1983). Stepem zaobljenosti odlomaka krečnjaka je nizak imajući u vidu, pre svega, predisponiranost ove stene na fizičko i hemijsko raspadanje. Ta karakteristika kao i slaba sortiranost, upućuju na to da je ishodište materijala bilo relativno

blizu, odnosno da je transport bio kratak i pod dejstvom debritnih tokova (Thornton 1984).



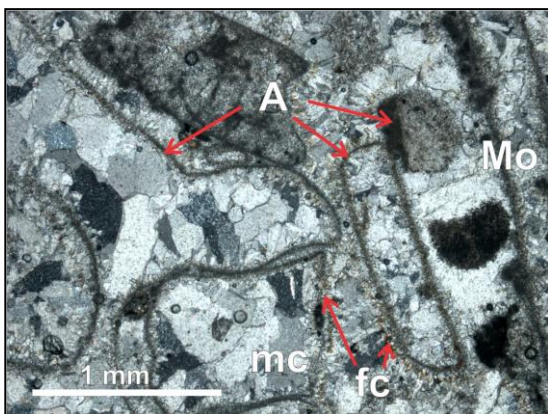
Slika 6.4. Unutrašnja organizacija fragmenata (pakovanje/*fitting*). **a.** Srednje do gusto pakovanje krečnjačkih fragmenata sa međusobnim kontaktima. **b.** Izolovani krečnjački fargmenti u peskovitom matriksu.

Petrološka ispitivanja krečnjačkih odlomaka ukazuju na istovrsnost, tj. u njima nisu zapažene mikrofacijalne razlike kroz ceo stub. U osnovi, ovi krečnjaci su izgrađeni od karbonatnog i klastičnog materijala. Sadržaj klastične komponente se kreće od 15 do 30 % i uglavnom je predstavljen peskovitom frakcijom (peskoviti krečnjaci). Sporadično se susreću zrna veća od 2 mm, a među njima preovlađuje prisustvo odlomaka serpentinita i serpentisanih peridotita (konglomeratični krečnjaci). Znatno manje su zastupljeni, odlomci gabra kao i monomineralni odlomci plagioklasa, piroksena i kvarca. Prisustvo hromita kao teškog minerala naglašava dominantno poreklo klastičnog materijala sa ultramafita. Ovi fragmenti krečnjaka odgovaraju mikrofacijama *rudstone*, *grainstone*, *packstone* i *wackestone* (Slike 6.5-6.8).

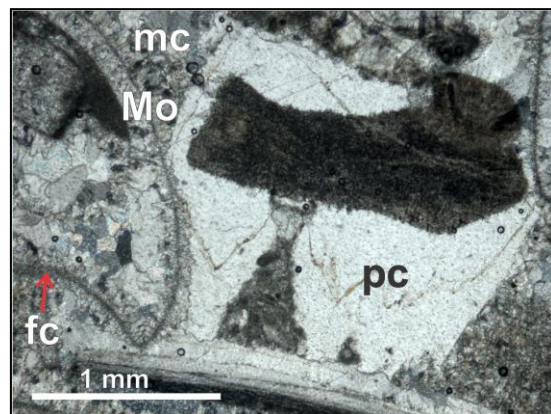
Karbonatni deo stene (krečnjačkih odlomaka), u mineraloškom smislu, je kalcitski. U sedimentološkom pogledu predstavljen je alohemim

(unutarbasenskim) sastojcima i ortohemom. Alohemi sastojci, iako narušenog izgleda usled dijagenetskih procesa, pre svega mikritizacije, rekristalizacije i silifikacije, dominantno su organogenog porekla. Njihov sadržaj je u granicama od 30 do 55 %. Orthohem je krupnokristalasti kalcit – sparit ili, podređeno mikrit. Raznovrsni tipovi cementa (fibrozni, mozaični i poikilitski) uočeni u krečnjačkim fragmentima upućuju na stvaranje u submarinskim uslovima. Većina krečnjačkih odlomaka odgovara biosparitima ili biosparruditima (Slike 6.5-6.7). Pored njih, konstatovani su i biomikritski varijeteti (Slika 6.8).

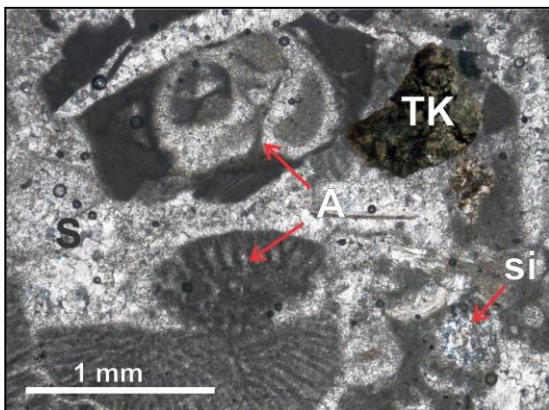
Paleontološkim ispitivanjima mikritskih varijeteta nađeni su samo fragmenti koralala i sitni planktonski foraminiferi (*Praeyclotruncana delrionsis* Plummer). Na osnovu njih nije se mogla odrediti preciznija starost krečnjačkih fragmenata. Rabrenović et al. (2002) smatraju da su odlomci krečnjaka stariji od matriksa, a verovatno su gornjoalbske starosti.



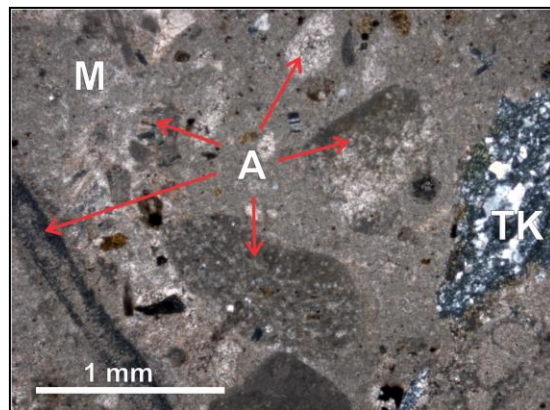
Slika 6.5. Biosparrudit (*rudstone*) izgrađen od bioklasta kao alohema (A) i sparitskog cementa mozaičnog tipa (mc) koji popunjava porni prostor. Konture bioklasta su markirane mikritskim omotačima (Mo), dok je njihov primarni aragonitski sastav zamenjen kristalastim kalcitom. fc – ranodijagenetski fibrozni cement na zidovima alohema. N+.



Slika 6.6. Krupnozrni biosparit-biosparrudit (*grainstone-rudstone*) izgrađen od krupnih bioklasta sa mikritskim omotačem (Mo) i sparitskog cementa mozaičnog tipa (mc). fc – fibrozni kalcitski cement koji je rastao na spoljnom i unutrašnjem zidu fragmenta fosila. pc – poikilitski kalcitski cement koji je uklopio nekoliko zrna alohema. N+.



Slika 6.7. Biosparit (*grainstone*) izgrađen od raznovrsnog biogenog alohema (A), sparitskog cementa (S) i zrna dijabaza, kao terigene komponente (TK). si - silifikacija alohema. N+.



Slika 6.8. Biomikrit (*wackestone*). U mikritskom matriksu (M) nalaze se, bez dodirivanja, biogeni alohem (A) i ekstraklasti (TK). N+.

U matriksu bankovitih grubozrnih klastita nađena je bogata asocijacija fosilnih organizama ili njihovih ostataka (amoniti, brahiopodi, ježevi (Slika 6.9), kao i zubi ajkula). Nalaskom brahiopodske vrste *Kingena concinna* Owen koja pripada zoni sa *A. rhotomagense*, starost istraživane bazalne jedinice je određena kao srednjocenomanska (Rabrenović et al. 2002).



Slika 6.9. Dobro očuvana ljuštura ježa u konglomeratičnom peščaru.

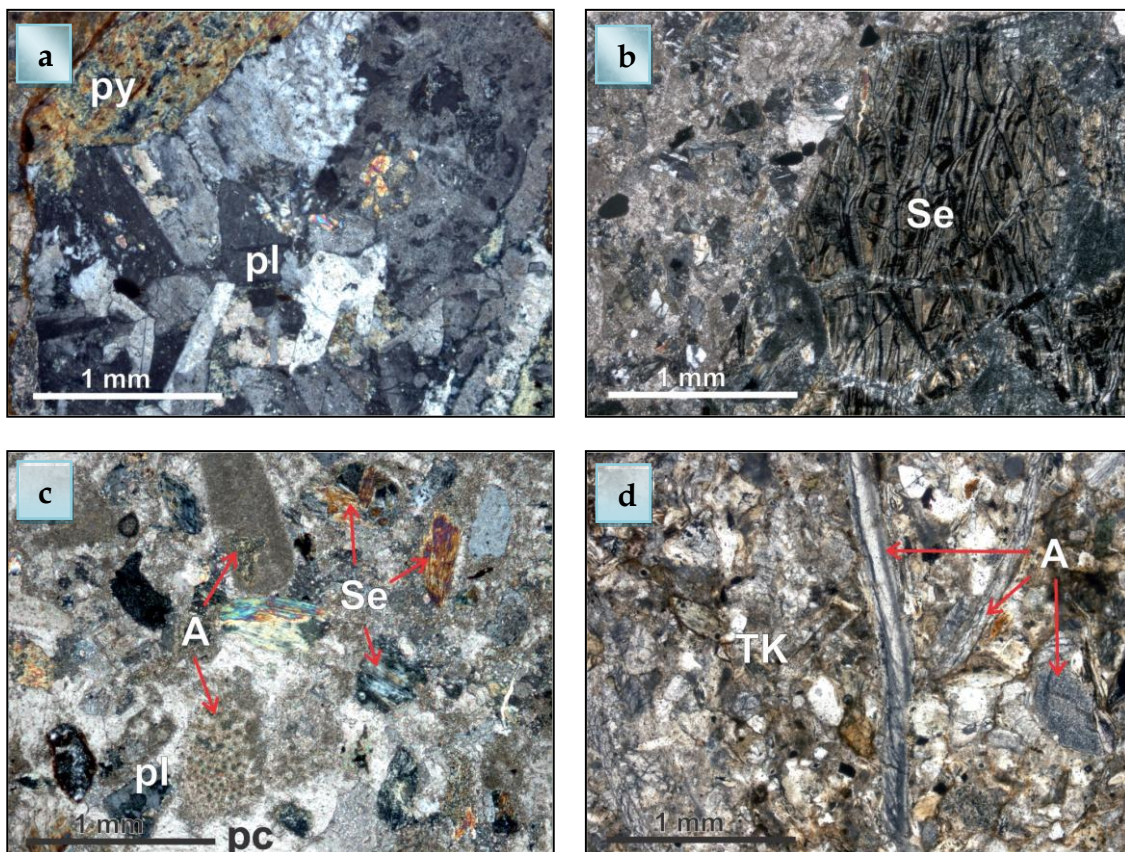
6.1.2. Srednjozrni i finoizrni klastiti

Srednjozrni i finoizrni klastiti se javljaju kao deo matriksa u gruboklastitima ili su nezavisna tela (slojevi/proslojci) između sočiva gruboklastita. Prema stepenu vezanosti mogu se definisati kao nevezani i slabo vezani sedimenti. Nizak stepen vezanosti može biti delom posledica savremenih površinskih procesa.

Zavisno od strukturnih karakteristika izdvojeni su šljunkoviti peskovi, peskovi, alevritski peskovi i alevritsko-peskovite gline (Rabrenović et al. 2002 i Gajić 2007). Prema sastavu, definisani su različitim sadržajima klastične i karbonatne komponente u njima. Sadržaj klastične komponente je od 60 do 90 %, a karbonatne (kalcita) od 10 do 40 %.

Sastav terigene komponente srednjozrnih klastita iz matriksa je u celom stubu isti. Izgrađena je od odlomaka serpentinita, serpentinisanih peridotita, saponitske gline, podređeno od odlomaka gabrova, plagioklasa, kvarca i piroksena. Valutci su u frakciji 2-4 mm i sa srednjim do visokim stepenom zaobljenosti. Ove stene imaju smeđu do crveno mrku boju zbog većeg prisustva Fe-oksida i hidroksida što odgovara dominaciji visokogvoždjevitih stena kao terigenih fragmenata (Slike 6.10a-d). Drugačiji je odnos kod klastične komponente iz uslojenih srednjozrnih i finozrnih klastita gde preovlađuju odlomci kvarca i feldspata nad odlomcima serpentinita.

Karbonatna komponenta (kalcit) je u ovim stenama prisutna kao vezivo ili kao sastavni deo alohemih sastojaka (Slike 6.10b-d). Najzastupljeniji alohemi su organogenog porekla u formi bioklasta ili, u manjoj meri, mikrofosila. Organogeni fragmenti vode poreklo od raznovrsnih marinskih mekušaca fragmentiranih u uslovima visoke energije.



Slika 6.10. Srednjozrni klastiti iz bazalne jedinice kod Planinice. **a.** Valutak gabra u srednjozrnim klastitima. pl - sekundarno izmenjen bazični plagioklas. py - izmenjeni (serpentinisani?) piroksen. N+. **b.** Srednjozrni klastit dominatno izgrađen od odlomaka serpentinita (Se) u karbonatnom cementu. N+. **c.** Srednjozrni klastit sa oko 40 % karbonata. Se - klasti serpentinita. pl - plagioklas. A - biogeni alohem. pc - poikilitiski kalcit. N+. **d.** Srednjozrni slabo sortirani klastit. TK - terigena komponenta u karbonatnom cementu. A - fragmenti ljuštura mekušaca. NII.

Vasić et al. (2001) su utvrdili da glinovita komponenta, konstatovana u svim srednjozrnim i finozrnim sedimentima, pripada grupi smektitskih glina i to visoko magnezijumskom smektitu - saponitu. Najveći sadržaj smektita konstatovan je u slojevima pri vrhu stuba. Prisustvo saponita, naročito kao odlomaka (krupnoće 0.1-0.3 mm) ukazuje da je na ultramafitima (serpentiniti i serpentinisani peridotiti) bila razvijena kora raspadanja, po svemu sudeći znatno debela. Ona je, kao i ostale stene sa margine basena, erodovana i transportovana u sedimentacioni basen.

6.2. Bazalna jedinica kod Paležnice

Bazalna jedinica gornje krede zapažena je u ataru sela Paležnica, kod Ljiga. Profili su najbolje otkriveni uz reku Maricu, sa početnim koordinatama datim u Tabeli 6.1. (Slika 4.1, tačke M1, M2, M3 i M4).

Tabela 6.1. Početne koordinate snimljenih profila i stubova uz reku Maricu.

Oznaka tačke	X	Y	Z
M1	44°10'45.1"	20°11'03.4"	232
M2	44°10'47"	20°11'23.2"	242
M3	44°10'45"	20°11'28"	240
M4	44°10'48.4"	20°11'43"	228

Bazalna jedinica je izgrađena od gruboklastita - konglomerata i konglomeratičnih krečnjaka. Konglomerati iz nižih delova ove jedinice, pokazuju nizak stepen zaobljenosti. U ovim gruboklastitima krečnjački fragmenti su dominantni. Oni pokazuju slabu sortiranost, kao i nisku otpornost na fizičko i hemijsko raspadanje. Pomenuta svojstva krečnjačkih fragmenata ukazuju da je izvorni materijal bio relativno blizu i da je transport bio kratak. Kako se materijal kretao ka distalnim delovima taložio se sve sitnozrniji detritus i rezultat toga je lateralna litofacijalna raznolikost ovih stena. Preovlađujući progradacijski način taloženja stena ove jedinice može se pratiti na profilima uz reku Maricu.

Najniži delovi bazalne jedinice otkriveni su u dolini Paležničke reke (Slika 4.1, tačka M1). Predstavljeni su sivim do sivo smeđim konglomeratima, jako čvrstim i silifikovanim (Slika 6.11). U sastav ovih konglomerata ulaze nezaobljeni odlomci serpentinita, rožnaca i kvarca. Preovlađuje karbonatni cement. Ovi

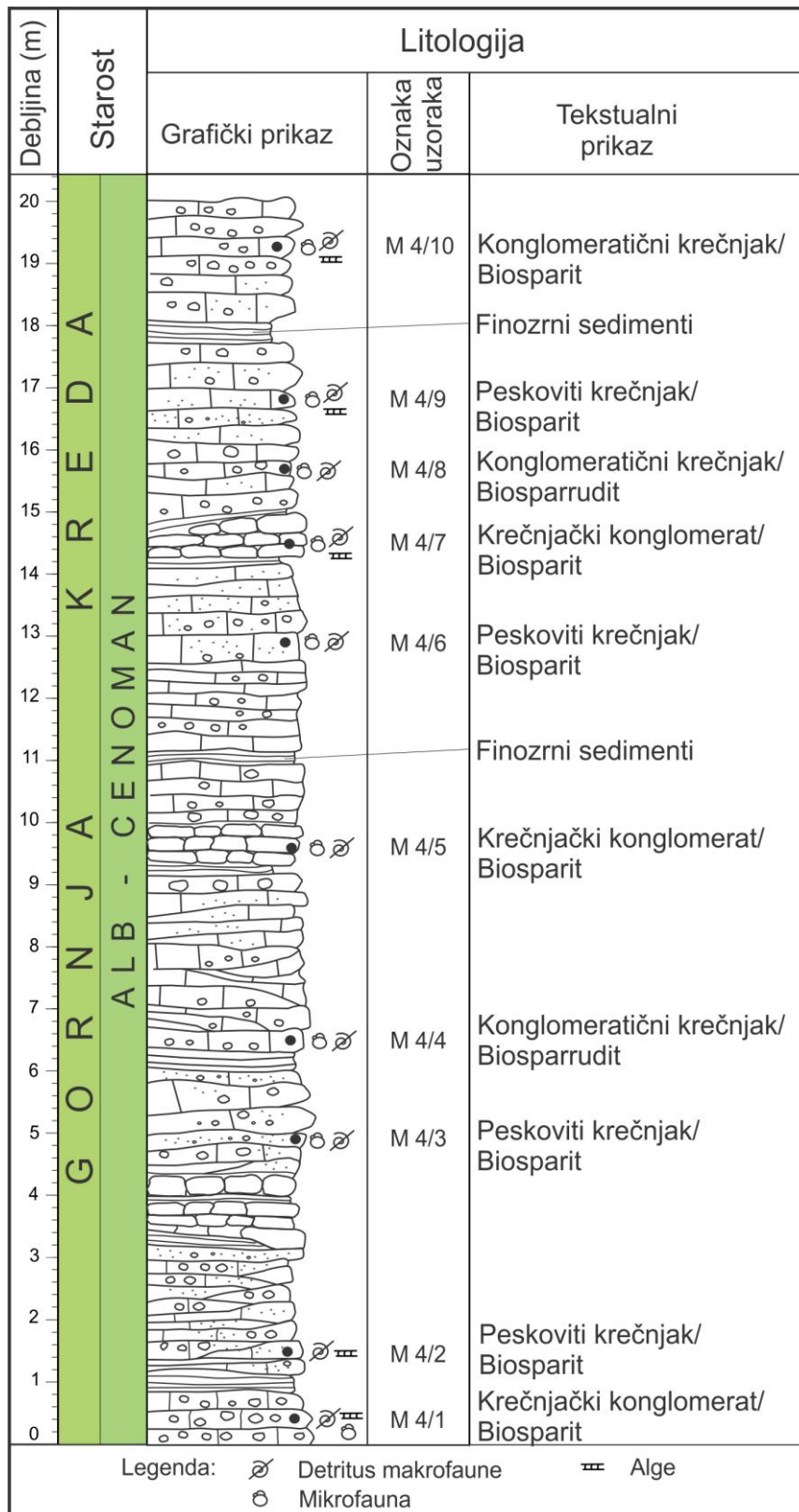
konglomerati postepeno prelaze u slojevite krečnjačke konglomerate smeđe boje (Slika 4.1, tačka M2). Gruboklastiti su stratifikovani u tanke i srednje debele slojeve (Slika 6.12). Izgrađeni su od odlomaka krečnjaka „uvaljanih“ u matriks koji je istog genetskog porekla kao i fragmenti. Viši delovi ove jedinice izgrađeni su od krečnjačkih konglomerata koji postepeno prelaze u konglomeratične i peskovite krečnjake (Slika 4.1, tačke M3 i M4). Na tački M4 (Slika 6.13) snimljen je litostratigrafski stub debljine 20 m.



Slika 6.11. Konglomerati bazalne jedinice kod Paležnice (korito reke Marice).

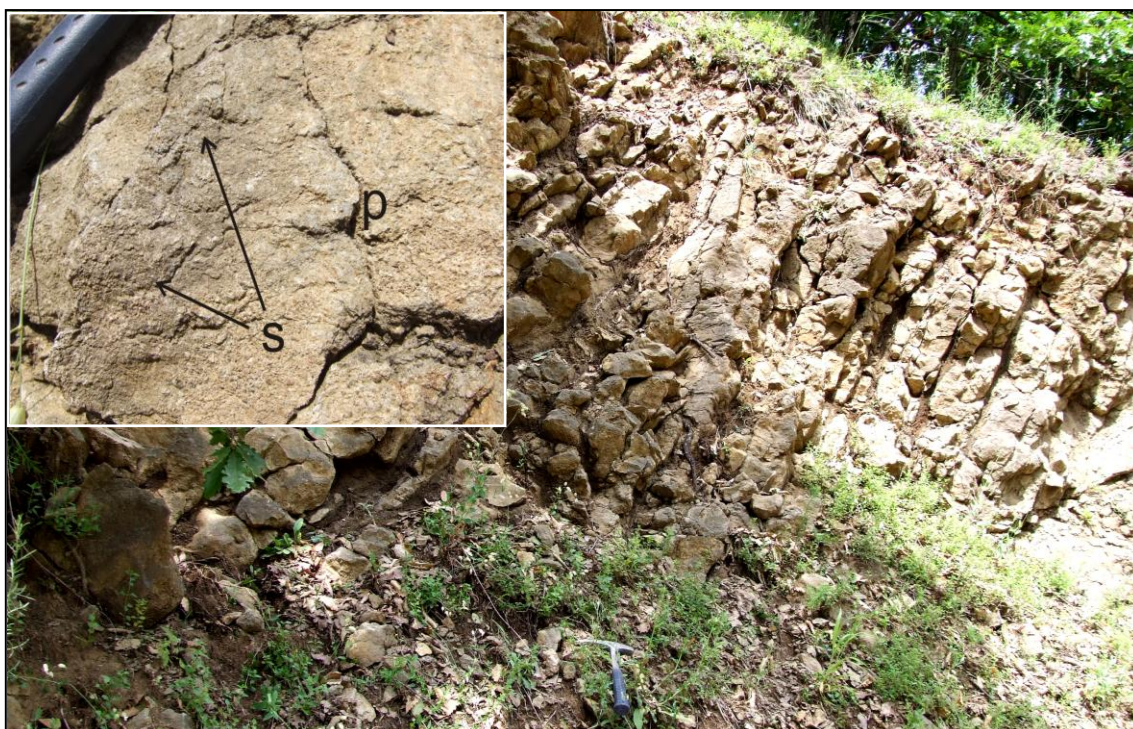


Slika 6.12. Uslojeni i blago povijeni krečnjački konglomerati bazalne jedinice kod Paležnice.



Slika 6.13. Litostratigrafski stub bazalne jedinice kod Paležnice.

Konglomerati i krečnjaci koji slede u ovoj jedinici su sive, sivo-smeđe do smeđe boje sa crvenkasto-žučkastom nijansom koja potiče od prisustva limonita (Slika 6.14). Karakteriše ih dobra uslojenost koja je često poremećena tektonskim i mehaničkim deformacijama. Deformacije su različitog intenziteta i manifestuju se kidanjem i blagim povijanjem slojeva. Hemijskom kompakcijom nastali su retki stiloliti kao sekundarni teksturni oblici u ovim stenama (Slika 6.14).



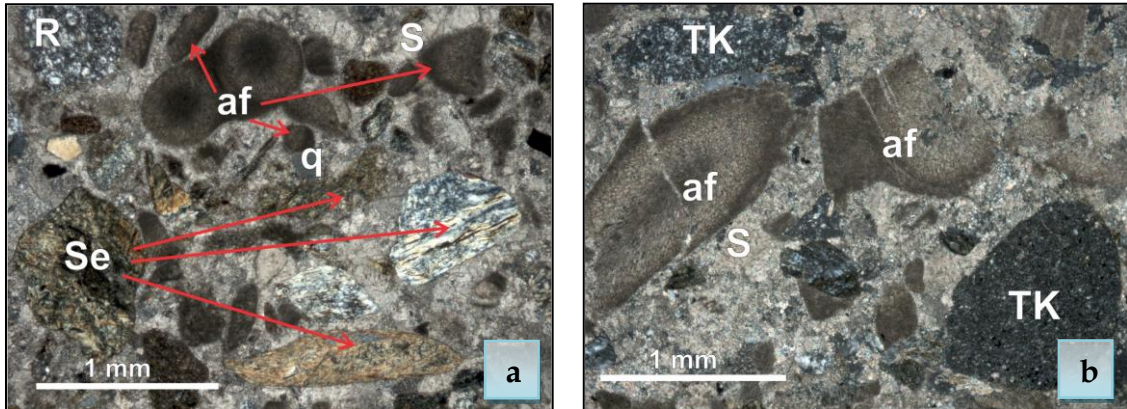
Slika 6.14. Uslojeni krečnjački konglomerati i krečnjaci u višim delovima bazalne jedinice kod Paležnice. **Gore levo:** krupnozrni kalkarenit ispresecan prslinama (p) i stilolitskim šavovima (s).

Po sastavu i strukturnim karakteristikama konglomerati iz otkrivenih profila mogu se definisati kao „krečnjački brečo-konglomerati“. Granica između breča i konglomerata kod ovog tipa gruboklastičnih stena nije oštra i jasna, već postoje postepeni prelazi, odnosno valutci određenog petrografskog sastava mogu biti zaobljeni, a drugi uglasti ili poluzaobljeni.

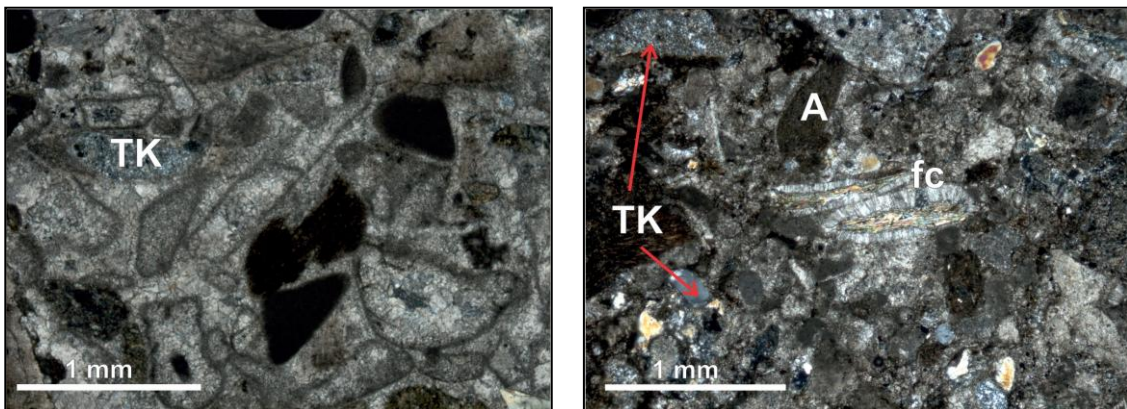
Dimenzije krečnjačkih odlomaka, koji su najzastupljeniji sastojak ovih stena, variraju od 5 pa do 30 cm. Pored njih, sporadično se mogu zapaziti dobro zaobljeni valutci serpentinita i rožnaca, ne veći od par cm. Procentualna zastupljenost fragmenata u slojevima gruboklastita veoma je velika. Međusobni odnos i raspored fragmenata u matriksu (pakovanje), odnosno, stepen dodira fragmenata (*fitting*, Fuchtbauer & Richter 1983) je vrlo visok.

Petrološki, uzorci fragmenata (gruboklastita i karbonatnih stena) sa ovih profila pripadaju konglomeratičnim krečnjacima i peskovitim krečnjacima. Po strukturnim karakteristikama i sastavu ove karbonatne stene svrstavaju se u kalkarenite i kalkrudite (Slike 6.15a i b). Srednjo i krupnozrni kalkareniti odgovaraju *grainstone* mikrofaciji (Slika 6.15a), dok su kalkruditski varijeteti određeni kao *rudstone* mikrofacija (Slika 6.15b).

Prema sadržaju ortoHEME i aloHEME komponente, ovi krečnjaci su biospariti do biosparruditi (Slike 6.15a i b). Dakle, osnova je od krupnokristalastog kalcita – sparita, u kome se nalazi organogeni alohem („skeletni pesak“), a cementacija nastupa kasnije. Intraklasti su, takođe, prisutni ali u sadržaju manjem od 5 % i uglavnom su mikritskog sastava. Sparitski cement u intergranularnim porama krečnjaka najčešće je mozaičnog tipa i ponekad se nalazi u komoricama fosila na mestu otopljenog primarnog aragonita (Slika 6.16). Čest kalcitski cement u ovim krečnjacima je i vlaknasti (fibrozni) cement. Fibrozni kalcitski cement je ranodijagenetski. Manifestuje se na površini zrna ili u šupljinama stene kao tanak sloj izgrađen od igličastih ili stubičastih kristala jednakih dimenzija (Slika 6.17). To je glavni tip cementa u *grainstone* mikrofacijama kao krečnjacima tipa „stena plaža“ (Tucker 2001). Osim ovih tipova cementa oko fragmenata korala iz ovih stena raste i sintaksijalni tip cementa (Slika 6.18). Sintaksijalni cement je karakterističan za ranodijagenetsku submarinsku sedimentaciju (Flügel 1982 i Tucker & Wright 1990), a vrlo je čest i u talozima na dnu morskih plićaka.



Slika 6.15. Kalkareniti i kalkruditi iz bazalne jedinice kod Paležnice. **a.** Biosparit (*grainstone*) izgrađen od algalnih fragmenata (af) i mozaičnog kalcitskog cementa (S). Terigena komponenta je pretežno sastavljena od odlomaka serpentinita (Se), odlomaka rožnaca (R) i kvarca (q). N+. **b.** Biosparit (*rudstone*) sa krupnim algalnim fragmentima (af) i relativno dobro zaobljenom terigenom komponentom (TK) u sparitskom cementu (s). N+.



Slika 6.16. Biosparit (*grainstone*). Mikritski omotači na zidu bioklasta iz kojih je primarni aragonit nakon rastvaranja zamenjen kalcitom u obliku mozaičnog kalcitskog cementa. Između zrna, takođe, mozaični sparit. TK – terigena komponenta. N+.

Slika 6.17. Biosparit (*grainstone*). Ranodijagenetski fibrozni cement (fc) oko zrna serpentinita i sitnokristalasti sparit u intergranularnim porama krečnjaka. TK – terigena komponenta. A – bigeni alohem. N+.

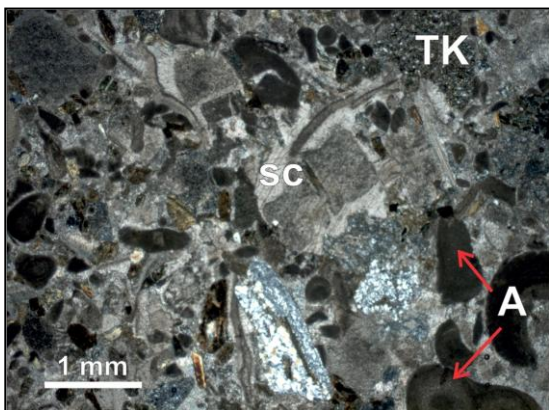
Konture bioklasta markirane su mikritskim omotačem koji nastaje mikritizacijom na površini bioklasta (Slika 6.16). Mikritski omotači su pretežno izgrađeni od Mg-kalcita sa primesama organske materije, koja sprečava njihovo rastvaranje. Ovaj proces vrši se pre cementacije i to u zaštićenim morskim plicacima, lagunama, iza sprudnim sredinama i u intertajdalu, gde je energija

vode mala (Grubić 1996). Mikritizacija se vrši od periferije ka centru zrna. Nekada je toliko jaka da ljušturice bioklasta prelaze u peloidne forme (Slika 6.19). Dijagenetski proces koji se obavljao u ovim stenama, osim cementacije i mikritizacije, je i silifikacija koja je neujednačenog intenziteta. Najčešća je na najnestabilnijim karbonatnim komponentama (Slika 6.21). Biljni detritus, donešen sa kopna, predstavljen je karbonificiranim fragmentima lutitskih do ruditskih dimenzija (Slika 6.22) u sadržaju najviše do 2 %.

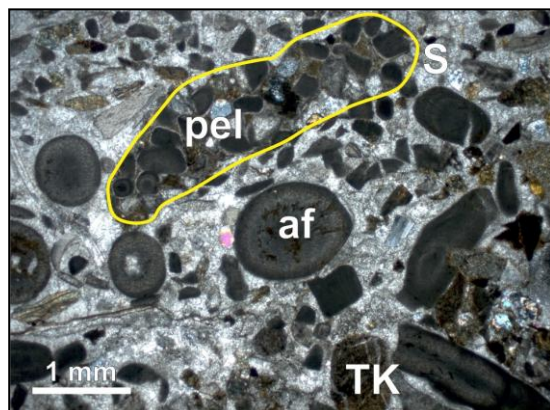
Nekarbonatni deo ovih krečnjaka je 10-45 %. Klastični (terigeni) deo stena je predstavljen asocijacijom odlomaka čije je poreklo sa ofiolitiskog melanža. Najzastupljeniji su odlomci serpentinita, serpentinisanih peridotita, niskometamorfni stena, gabra, rožnaca, radiolarita, kvarcita i sitnozrni klastita (peščari i alevroliti), kao i kvarca. Ekstraklasti su sa srednjim do dobrim stepenom zaobljenosti (Slike 6.15-6.22).

Fragmenti ostvaruju kontakt među sobom dok matriks ispunjava međuprostore. Finozrni sedimenti koji se javljaju kao sastavni deo matriksa u gruboklastitima grade i tanke proslojke (nezavisna tela) između slojeva gruboklastita (Slika 6.13).

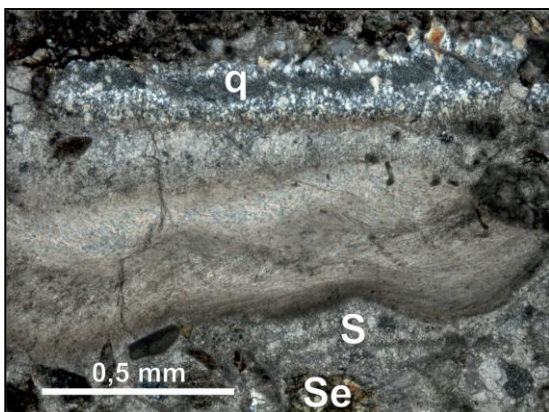
Mikropaleontološkim proučavanjima konstatovan je bogat fosilni sadržaj, kojeg čini obilje fragmenata različitih plitkomorskih fosila. Prema sadržaju organogenog alohema (od 30 do preko 50 %) krečnjake definišemo i kao bioklastične.



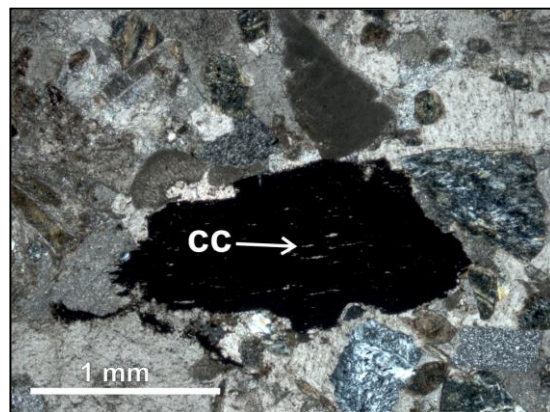
Slika 6.18. Biosparit (*grainstone*). Sintaksijalni cement (sc) oko fragmenata korala. TK – terigena peskovita (krupnozrna) komponenta. A – alohemijski materijal. N+.



Slika 6.19. Biosparit (*grainstone*). Kalkarenit sastavljen od algalnih fragmenata (af), peloida (pel) i terigene komponente (TK). S – sparitski cement. Žuta linija – nagomilanje peloida u vidu sočiva. N+.



Slika 6.21. Biosparrudit. Silifikacija šupljine i ljuštore fosila. q – sitni hipidiomorfni kristali kvarca i kalcedona. S – sparitski cement. Se – odlomak serpentinita. N+.

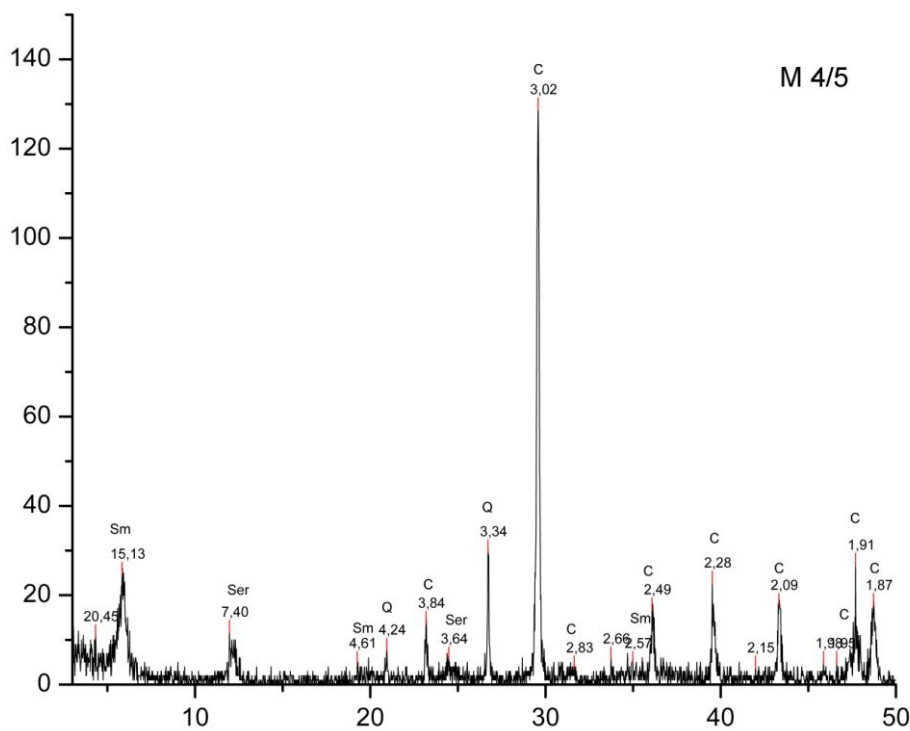
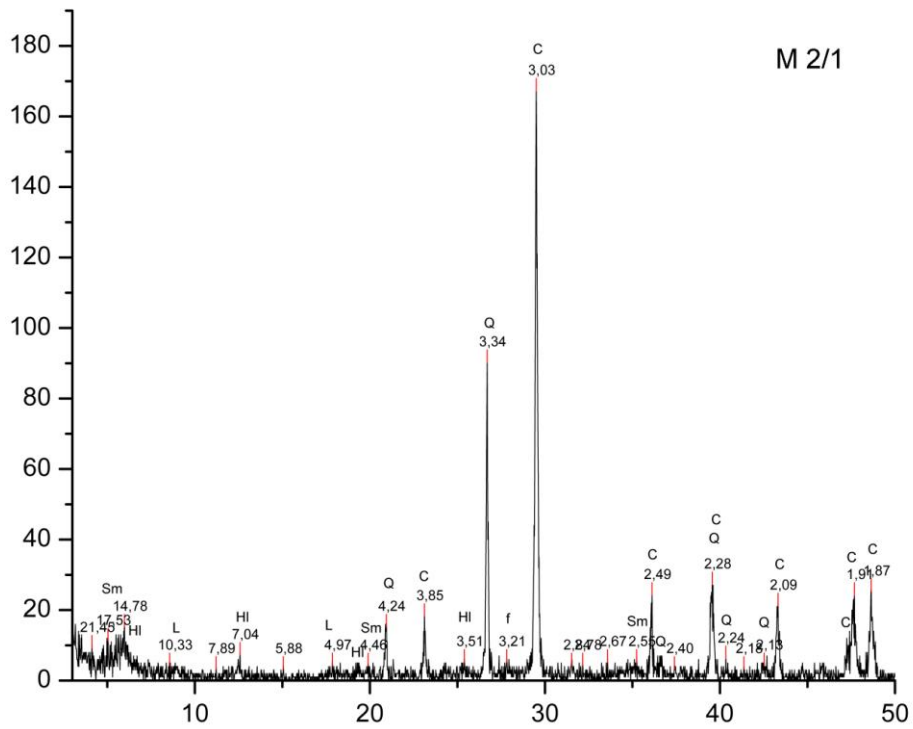


Slika 6.22. Biosparit (*grainstone*) sa karbonificiranim fragmentom flore. cc – kalcitska zapuna komorica. N+.

Sadržaj CaCO_3 – kalcita, je u granicama 55-91 % (Tabela 6.2). Sadržaji MgO su u granicama 0.34-6.79 %. Sadržaj MgO je kod većine ispitivanih uzoraka preko 3 %, što može biti protumačeno kao prisustvo izvesne količine dolomita pored kalcita. Instrumentalnim metodama dolomit nije konstatovan. Međutim, difrakcijom praha konstatovano je značajno prisustvo smektita visokog kristaliniteta (Slika 6.23) koji najverovatnije odgovara saponitu. Obzirom da je saponit visoko magnezijumski smektit koji je dokazan u bazalnoj jedinici kod Planinice (Vasić et al. 2005), pretpostavlja se da je on uzrok povišenog sadržaja MgO.

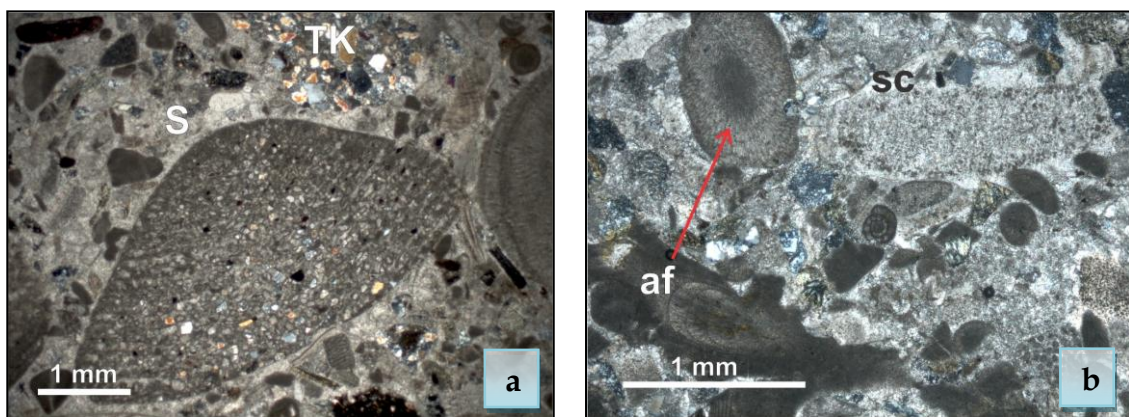
Tabela 6.2. Vrednosti CaO i MgO (određeni kompleksometrijski) i preračunatog CaCO_3 bazalnih stena Paležnice, date u %.

Oznaka uzorka	CaO	CaCO_3	MgO
M 1/1	43.42	77.43	5.09
M 1/2	41.54	74.07	3.39
M 1/3	45.31	80.80	3.73
M 1/4	32.10	57.24	6.79
M 2/1	30.68	54.71	6.45
M 3/1	41.54	74.07	2.37
M 4/1	46.73	83.33	0.34
M 4/2	41.54	74.07	1.02
M 4/3	45.31	80.80	2.04
M 4/4	45.31	80.80	2.04
M 4/5	32.10	57.24	0.68
M 4/6	48.14	85.84	0.34
M 4/7	47.20	84.17	2.04
M 4/8	50.98	90.91	0.68
M 4/9	45.31	80.80	3.39
M 4/10	45.31	80.80	3.39



Slika 6.23. Difraktogrami praha karbonatnih bazalnih stena Paležnice. Legenda: C - kalcit, Q - kvarc, Sm - smektit, L - liskun, Ser - sericit, f - feldspati i HI-hlorit.

Na osnovu mikropaleontoloških i biostratigrafskih proučavanja, determinisana mikrofosilna asocijacija je veoma česta u sedimentima gornjeg alba i cenomana (Slika 6.24). Biostratigrafski značaj za definisanje starosti imaju, pre svega, predstavnici vrste *Orbitolina concava* (Slika 6.24a). Determinisane krečnjačke alge *Corallinales* (Slika 6.24b) su, takođe karakteristične za alb-cenomanske asocijacije, kao i oblici bentoskih foraminifera *Marssonella turris* i *Trocholina* gr. *lenticularis*.

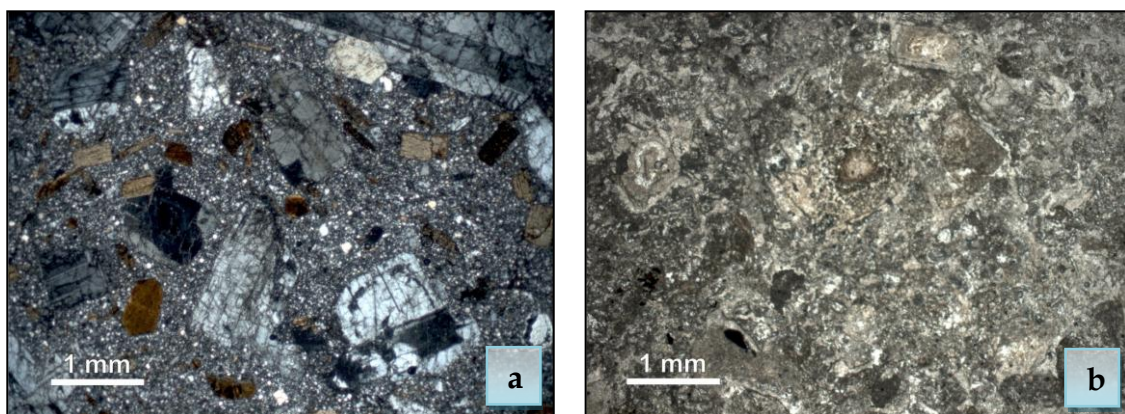


Slika 6.24. Karakteristična mikrofosilna asocijacija u bioklastičnim stenama bazalne jedinice kod Paležnice. **a.** Biosparit sa krupnom orbitolinom. TK – odlomak metapeščara. S – sparitski cement. N+. **b.** Biosparit sa krupnim fragmentima algi (af) i bentoskom foraminiferom u centru. sc – sintaksijalni cement oko koralja. N+.

Kako mikrofosilna asocijacija u proučavanim sedimentima nije *in situ*, ne bi trebalo zanemariti i mogućnost pojave pretaložavanja fosila u mlađe, turon-senonske sedimente. Asocijacija makro i mikrofaune ukazuje na sedimentacioni prostor koji je bio okrenut otvorenom okeanu. Sedimentacioni prostor je bio na gornjem delu padine, iza sprudova koji su bili razvijeni na granici sa šelfom. Šelf je bio relativno kratak jer je basen u vreme alba i alb-cenomana bio u ranoj fazi razvoja. Sa sprudova je stizao organski detritus, posebno algalna asocijacija i rudisti. Takođe, i ostale karakteristike ovih stena upućuju na sredinu koja odgovara delovima šelfa sa tendencijom udaljavanja od kopna i produbljanjem. Mešanje različitog materijala, evidentno u bazalnim stenama

istraživanog područja, ukazuje na jaka energetska stanja (talasanje i olujne faze) koje su materijal redeponovale na otvorenom šelfu. Dakle, sedimentacioni prostor ovog mladog, plitkog gornjokrednog basena imao je sedimentaciju prvenstveno karbonatnog materijala. Međutim, u taj sedimentacioni prostor je povremeno unosen klastičan materijal sa kopna (jurski ofioliti) tako da je krajnji rezultat nastanak karbonatnih i klastično-karbonatnih litofacija alb-cenomana.

U koritu reke Marice uočen je na nekoliko mesta proboj miocenskih dacita kroz gornjokredne sedimente. Na tim kontaktima uočavaju se termokontaktne promene, kako u sedimentnim stenama, tako i u vulkanskim (Slika 6.25).



Slika 6.25. Izgled dacita (a) i izmenjenog dacita (b) na kontaktu sa konglomeratima u koritu reke Marice. N+.

7. JEDINICA ŠELFNIH KARBONATNO-KLASTIČNIH STENA

Intenzivniji proces produbljanja gornjokrednog mora na području istraživanja započinje u donjem i srednjem cenomanu, što je uslovalo stvaranje sedimentnih stena mešovitog karaktera (karbonatno-klastičnog). Ovi sedimenti predstavljaju završnu fazu plitkovodnih facija i najvećim delom su erodovani. Otkriveni su kod zaseoka Ješići i na južnim padinama Rajca. U njima je fauna oskudna, ali dovoljna da se odredi stratigrafsko mesto slojeva koji je sadrže. Starost sedimentnih stena Ješića određena kao gornjocenomanska, dok na Rajcu jedinici šelfnih fino-zrnih karbonatno-klastičnih stena pripadaju sedimentne stene najmlađeg cenomana i donjeg turona. Na terenu se između ova dva stratigrafska člana ne može povući oštra granica. Superpoziciono sedimenti ove jedinice nalaze se iznad bazalne jedinice.

Sedimenti koji pripadaju jedinici šelfnih sitnozrnih karbonatno-klastičnih stena odlikuju se sličnim teksturnim karakteristikama i uslovima sedimentacije kao i stene bazalne jedinice. U vreme njihovog formiranja fizičko-hemijski uslovi sredine bili su promenljivi, što se odražava kroz redosled taloženja materijala. Jedinica je izgrađena dominantno od alevrolita, kalcitskih alevrolita, glinovitih alevrolita, peskovitih alevrolita i peskovito-glinovitih alevrolita. Oni čine postepene prelaze ka kalcitskim peščarima, kalkarenitima i kalkruditima, koji se mogu javiti i kao samostalni slojevi u okviru litofacije fino-sitnozrnih klastita.

Kalcitski peščari predstavljaju završni deo ove jedinice na Rajcu. Nastali su verovatno u najdubljim delovima ove facije i pripadaju prelaznoj zoni između tvorevina plitkovodnih i umereno dubokovodnih facija. Ekvivalenti su im krupnozrne klastično-karbonatne stene (kalkareniti i kalkruditi) kod zaseoka Ješići. Zapaža se još da su početku taloženja sedimenti „grublji“, a što su mlađi

to su finijeg zrna. Izuzetak čine crveni krečnjaci Drenovca koji su sprudnog karaktera. Oni su se stvarali mestimično na grebenima.

Direktan odnos stena ove jedinice sa bazalnim sedimentima nije jasan ali se pretpostavlja njihova genetska povezanost, dok je sa okolnim jurskim ili trijaskim stenama tektonski.

Izdvajanje glavnih sublitoralnih sistema nije moguće, jer se na tim dubinama nalaze različiti oblici dna, zatim, oni se brzo menjaju i razni procesi mogu da izgrade slične oblike, a isti procesi različite (Grubić et al. 1996). Danas je prihvaćena ideja o podeli šelfnih mora prema dominantnim procesima (Johnson & Baldwin 1986). To omogućava razlikovanje tri glavne grupe facija sedimenata taloženih: 1. pod dominacijom oluja, 2. pod plimatskom dominacijom i 3. pod mešavinom ili smenom uticaja oluja i plimatskih procesa (talasa).

Prikazane karakteristike jedinica šelfnih karbonatno-klastičnih stena u Ješićima i na Rajcu ukazuju na šelf koji je bio izložen snažnim talasima i olujama. U njemu se u periodu od cenomana do turona često menjala dubina mora. Pri tome su se tokom razdoblja spuštanja nivoa mora, odnosno regresije, taložili sedimenti sa tendencijom povećavanja krupnoće zrna naviše, dok su se tokom perioda relativnog podizanja nivoa mora, taložili sedimenti sa tendencijom smanjenja zrna naviše.

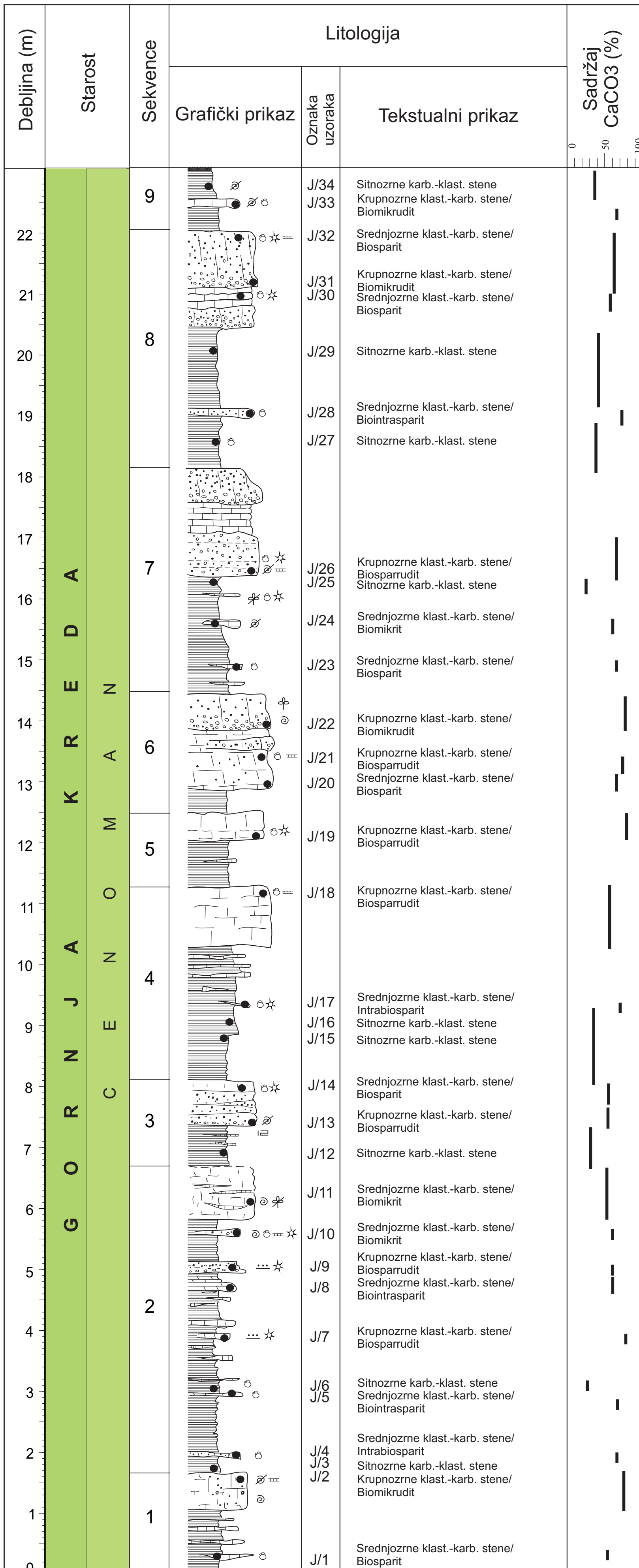
Sem promene dubine i intenzivnijih ili slabijih pokreta vode, ostali uslovi sredine bili su konstantni: „salinitet normalan, temperatura visoka i dno pretežno rastresito“ (Mitrović-Petrović & Anđelković 1989).

7.1. Ciklične sedimentne stene Ješića

U široj okolini zaseoka Ješići kod Planinice otkrivene su sedimentne stene koje su superpoziciono iznad stena bazalne jedinice (Slika 4.1, tačka J). Obzirom da je bazalna jedinica kod Planinice, određena kao srednjocenomanska (Rabrenović et al. 2002), najverovatnije da stene šire okoline Ješića odgovaraju gornjem cenomanu. U kontinuitetu je snimljen detaljan lokalni litološki stub sa početnim koordinatama X 44°08'10" Y 20°09'14.1" i Z 567 m, ukupne debljine 23 m (Slika 7.1).

Opšta karakteristika stuba ispitivanih sedimentnih stena je cikličnost. Elementarni deo cikličnosti su sekvence. Sekvence su izgrađene od litofacije, generalno sitnozrnih sedimenata i litofacije srednjo i krupnozrnih stena na vrhu (Slika 7.2). U snimljenom litološkom stubu (Slika 7.1) izdvojeno je 9 sekvenci. Debljine sekvenci su od 1 do 5 m. Međusobni odnos debljina litofacija u sekvencama je najčešće u korist litofacije sitnozrnih sedimenata.

Osnovu litofacije sitnozrnih sedimenata čine karbonatno-klastične stene pelitske strukture. Prema veličini dominirajuće frakcije, ove stene odgovaraju alevrolitima i laporcima, sa manje ili više karbonatne komponente. Sastavni deo litofacije su tanki, izolovani slojevi (Slika 7.3) srednjozrnih klastično-karbonatnih stena. Smese pelitskih i psamitskih sedimenata (mulja i peska) nazivaju se heterolitični sedimenti ili litofacije. Po pravilu, učestalost pojavljivanja ovih slojeva se povećava ka vrhovima ove litofacije. Debljine slojeva su 5 do 20 cm. Geometrija slojeva najčešće odgovara sočivima različitih dimenzija.



Legenda:

- Paralelna laminacija
- Gradacija
- Marinska makrofauna
- Detritus makrofaune
- Makroflora
- Biljni detritus
- Mikrofauna
- Radiolarije
- Alge

Slika 7.1. Litostratigrafski stub cikličnih sedimentnih stena Ješića.



Slika 7.2. Sekvenca u cikličnim sedimentima Ješića. A – sitnozrne karbonatno-klastične stene sa tankim slojevima ili sočivima srednjozrnih klastično-karbonatnih stena (B). C – paket srednje i krupnozrnih klastično-karbonatnih stena sa izdvojenim slojevima 1, 2 i 3 (tela su neodredljive geometrije).

Od teksturnih karakteristika u litofaciji sitnozrnih karbonatno-klastičnih stena zapažene su horizontalna i kosa laminacija kao i brežuljkasta kosa laminacija (*hummocky cross-stratification*). Brežuljkasta kosa laminacija je produkt olujnih faza (tempestiti), a karakterišu je ukršteni setovi talasaste laminacije konveksnog i konkavnog oblika (Grubić et al. 1996).

Litofacija srednjozrnih i krupnozrnih stena predstavljena je slojevima, bancima ili kompozitnim bancima klastično-karbonatnih stena. Debljine ove litofacije su u granicama 0.5 do 1.5 m. Radi se o telima složene građe kako vertikalno tako i

lateralno. Zbog prirode terena nije bilo moguće lateralno pratiti geometriju tela koja izgrađuju ovu litofaciju. Verovatno su tela sočivaste forme.



Slika 7.3. Sloj srednozrnog klastično-karbonatne stene (s) sa kosom laminacijom (žute linije) u sitnozrnim karbonatno-klastičnim stenama.

Od teksturnih karakteristika u njima je opažena gradacija što upućuje na prinos materijala tečenjem. Kosa slojevitost ukazuje na pretaložavanje srednjozrnog materijala plimnim strujama u morskim priobalnim delovima.

7.1.1. Sitnozrne karbonatno-klastične stene

Grupisanje ovih stena je izvršeno na osnovu mineraloško-hemijskog i strukturnog kriterijuma, obzirom da predstavljaju višekomponentne sisteme. Prema veličini zrna ili čestica klastičnog dela, koji je preovlađujući, ispitivane stene odgovaraju alevrolitima i laporcima (peskovito-glinoviti alevroliti, peskoviti alevroliti i laporci). Sadržaj karbonatnog dela stena, predstavljenog kalcitom (CaCO_3), je u granicama 25-42 % (Tabela 7.1). Obzirom da je sadržaj

kalcita kod dela ispitivanih stena veći od 33 %, one odgovaraju i laporcima ukoliko je odgovarajući sadržaj glinovite komponente (Pettijohn 1972).

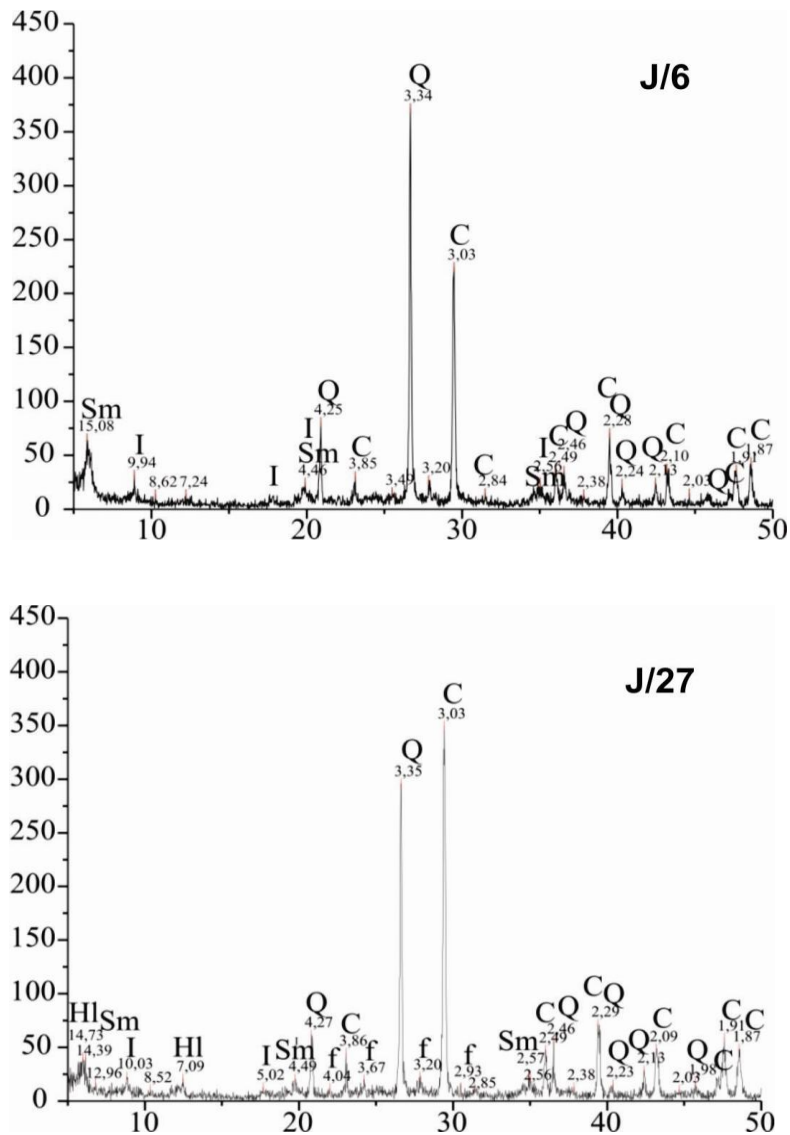
Tabela 7.1. Vrednosti CaO i MgO (određeni kompleksometrijski) i preračunatog CaCO₃ u sitnozrnim karbonatno-klastičnim stenama Ješića, date u %.

Oznaka uzorka	CaO	MgO	CaCO ₃
J/6	14.09	2.09	25.15
J/12	17.66	0.26	31.52
J/15	18.36	0.54	33.25
J/16	19.33	1.24	34.50
J/25	15.91	2.72	28.39
J/27	21.89	2.55	39.07
J/29	23.45	2.15	41.86
J/34	20.47	2.25	36.53

Sadržaj MgO je kod većine ispitivanih uzoraka preko 2% što može biti protumačeno kao prisustvo izvesne količine dolomita pored kalcita. Instrumentalnim metodama dolomit nije konstatovan. Difrakcijom praha konstatovano je značajno prisustvo smektita visokog kristaliniteta (Slika 7.4) koji najverovatnije odgovara saponitu. Obzirom da je saponit visoko magnezijumski smektit (dokazan u bazalnoj seriji, Vasić et al. 2001), najverovatnije da je on dao povišeni sadržaj MgO.

Mineralošku osnovu ovih stena gradi smeša sitnozrnog karbonata - kalcita, glinovitih minerala i organske materije (Slika 7.5). U takvoj osnovi se nalazi malo peskovite komponente i biogena alohema komponenta. Peskoviti deo stene je dominantno od kvarca, znatno manje su prisutni feldspati i muskovit. Finozrniji klastični deo stena izgrađen je od minerala glina (smektit, ilit), sericita

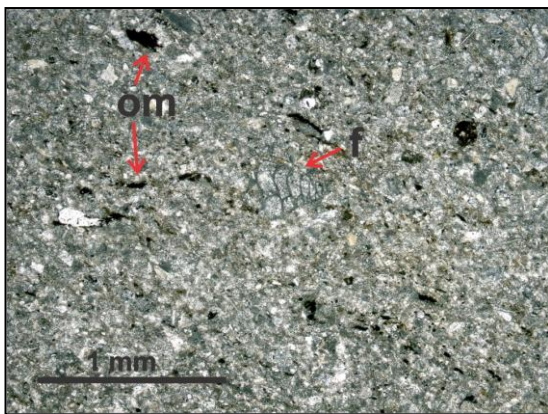
kvarca i feldspata. Organska materija se javlja kao dispergovana u masi stene ili kao ostaci flore (Slika 7.5).



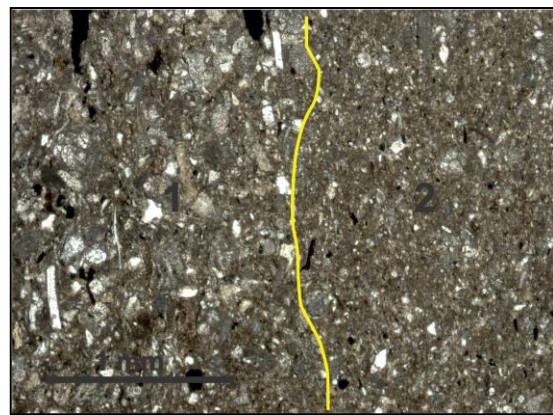
Slika 7.4. Difraktogrami praha sitnozrnih karbonatno-klastičnih stena iz cikličnih sedimenata Ješića. Legenda: Q - kvarc, C - kalcit, Sm - smektit, I - ilit, f - feldspati i Hl - hlorit.

Biogenu komponentu (alohem) čini detritus bodljokožaca, koralinaceja, briozoa, školjaka i gastropoda. Određena je i asocijacija marinskih mikroorganizama: *Rotalipora* sp. (cf. *R. Montsalvoensis*), globigerinele, *Hedbergella-Ticinella*, *Marssonella*, *Verneulinidae*, radiolarije, heterohelicidi, rotalidi i *Nezzazatinae*.

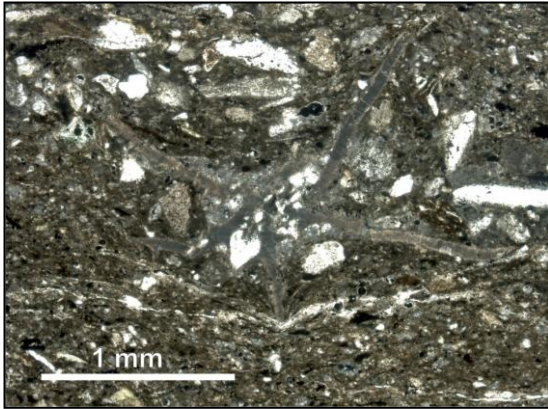
Pojavu laminacije kod ovih stena karakteriše smena lamina koje se međusobno razlikuju po krupnoći, sastavu i boji (Slika 7.6). Pojedine lamine se mogu definisati kao sitnozrno biomikritske (Slike 7.6 i 7.7) i one su sive do mrko-crne boje. Svetlije tonove imaju više peskovito-karbonatne lamine. Boju opredeljuje prisustvo organske materije, a potom i autigenih sulfida. Peskovite lamine, bez obzira na debljinu, pokazuju i blagu zatalasanost (Slika 7.8). Uz talasastu laminaciju ima elemenata koji ukazuju na flazer i sočivastu laminaciju. Ovo je posebno vidljivo na prelazima sitno-finozrni sedimenti. Obe teksture su česte u sedimentima plimnih ravnica, gde se finozrni sedimenti talože tokom perioda mirne vode (Tišljarić 2004).



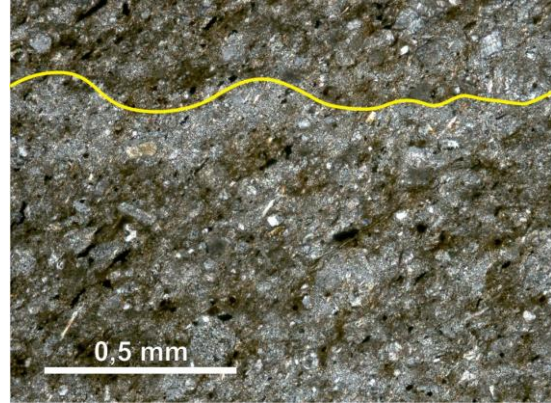
Slika 7.5. Laporac. f – ljušturica foraminifere, om – ugljenisani ostaci flore. NII.



Slika 7.6. Laminirani laporac. 1 – lamina sitnozrnog biomikrita i 2 – lamina karbonatno glinovitog alevrolita. NII.



Slika 7.7. Sitnozrna karbonatno-klastična stena sa peskovitom komponentom. U sredini fosilni ostatak (zvezdasta forma) koji je, zabadajući se, deformisao submikroskopsku laminaciju. NII.



Slika 7.8. Blago talasasta laminacija u karbonatno-klastičnoj steni (žuta linija). N+.

7.1.2. Srednjozrne klastično-karbonatne stene

Ove stene prema mineraloško-hemijskom kriterijumu spadaju u krečnjake obzirom da im je sadržaj CaCO_3 , odnosno kalcita, veći od 50 % (Tabela 7.2). Sadržaji su u granicama 51-73 %, a srednja vrednost je 63 %.

U litološkom stubu javljaju se kao samostalni slojevi u okviru litofacije sitnozrnih klastita, kao samostalni slojevi u litofaciji srednjozrnih i krupnozrnih klastično-karbonatnih stena i kao gornji delovi u slojevima ili bancima sa gradacijom (Slika 7.2 i 7.3). Prema veličini zrna ova grupa krečnjaka odgovara kalkarenitima (0.05-2 mm). Oni mogu biti sitnozrni, srednjozrni i krupnozrni. Najčešće su to srednjo do krupnozrni varijeteti.

Na osnovu ortohema i alohema definisani su sledeći varijeteti krečnjaka: biomikriti, biospariti, intrabiospariti i biointraspariti (Slike 7.9-7.14). Relativno je ujednačeno učešće biosparita i varijeteta sa intraklastima. Mikritski varijeteti su podređeni.

Tabela 7.2. Vrednosti CaO i MgO (određeni kompleksometrijski) i preračunatog CaCO₃ u srednjozrnim klastično-karbonatnim stenama Ješića, date u %.

Oznaka uzorka	CaO	MgO	CaCO ₃	Folk (1959)
J/1	31.36	1.42	55.97	biosparit
J/4	40.15	0.98	71.65	intrabiosparit
J/5	37.27	0.65	66.52	biointrasparit
J/8	35.15	0.65	62.73	biointrasparit
J/10	34.39	0.65	61.38	biomikrit
J/11	28.94	1.31	51.65	biomikrit
J/14	30.90	0.67	55.15	biosparit
J/17	39.36	1.33	70.25	intrabiosparit
J/20	38.66	1.39	69.00	biosparit
J/23	37.81	0.70	67.49	biosparit
J/24	33.03	1.74	58.95	biomikrit
J/28	40.51	1.23	72.30	biointrasparit
J/30	32.41	1.02	57.84	biosparit
J/32	34.96	1.53	62.40	biosparit

Ortohem je prevashodno sparitski kalцит. Prekristalizacija je u mnogome narušila cement tako da nije moguće preciznije definisati primarne vrste. U nekoliko uzoraka konstatovan je sintaksijalni cement oko fragmenta fosila. Taj tip cementa karakterističan je za subaersku, ali i za ranodijagenetsku submarinsku cementaciju (Flugel 2004) i njegovo prisustvo može ukazati na marginu šelfa. Sparitski varijeteti odgovaraju *grainstone*, a mikritski – *packstone* mikrofaciji.

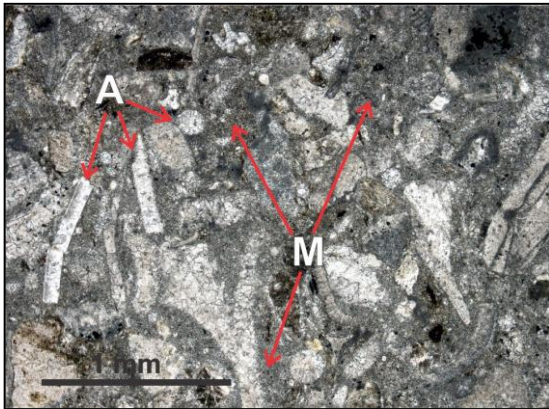
Biogeni alohem kod svih varijeteta je veoma raznovrstan, a predstavljen je detritusom ljuštura rudista, školjaka ježeva i algi. Algalni fragmenti vode poreklo do *Corallinacea*, *Codiaceae*, *Dasycladaceae*. Asocijacija fosilnih ljuštura mikroorganizama, pre svega foraminifera, predstavljena je tekstulariformnim i rotaliformnim vrstama. Konstatovani su: *Hedbergela-Ticinela*, *Praeglobotruncana* sp., *Rotalipora* spp., *Lenticulina*, *Marssonella*, *Verneulinidae*, *Marssonella trochus*

(d'Orbigny), *Nazzazatinae*, *Globigerine*, *Dicyclina*?. Značajno je prisutvo i orbitolinida (Slika 7.12). Generalno, foraminifere odgovaraju bentoskim i pelaškim formama. Pored navedenih fosila ili fosilnih ostataka konstatovano je i prisustvo izmenjenih (kalcitisanih) radiolarija kao i kalcisfera (*Stomiosphaera sphaerica* (Kaufmann), *Pithonella ovalis* (Kaufmann), *Pithonella* spp.). Određene vrste foraminifera i kalcisfera definišu cenomansku starost ispitivanih cikličnih sedimenata.

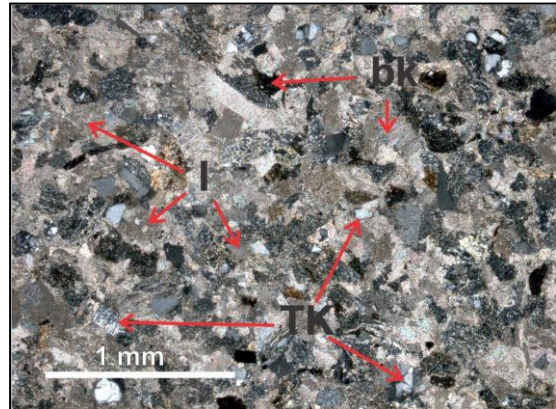
Biljni detritus, donešen sa kopna, je predstavljen karbonificiranim fragmentima lutitskih do ruditskih dimenzija (Slika 7.13). Sadržaji su do 3 %.

Unutarbasenski odlomci - intraklasti su zastupljeni ali u manjem obimu nego bioklasti. Povišeno prisustvo imaju kod sitnozrnijih varijeteta. Uglavnom su to intraklasti izgrađeni od mikritskog kalcita. Intrasparitski varijeteti imaju povišeniji sadržaj kalcita (prosečno 68 % CaCO_3) u odnosu na srednjo i krupnozrne biosparite (57-61 % CaCO_3). Sadržaji MgO su u granicama 0.65-1.74 %, a srednja vrednost 1.09 %. Uočava se da gornji deo stuba ima prosečno viši sadržaj ovog oksida.

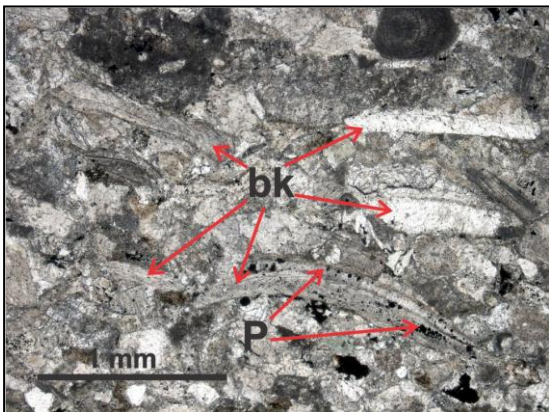
Klastični deo stena (ekstraklasti) je predstavljen asocijacijom odlomaka čije je poreklo sa ofiolitskog melanža. Najzastupljeniji su odlomci serpentinita, dijabaza, spilita, gabra, rožnaca, radiolarita, sitnozrnih klastita (peščari i alevroliti). Kvarc i feldspati su retki. Njihov sadržaj je viši u sitnozrnijim varijetetima krečnjaka. Odlomci stena imaju visok stepen zaobljenosti. Iako je konstatovano da pojedini slojevi krečnjaka imaju preovlađujuće jednu vrstu odlomaka (npr. serpentinita ili spilita) nije uočena vertikalna zakonomernost u stubu.



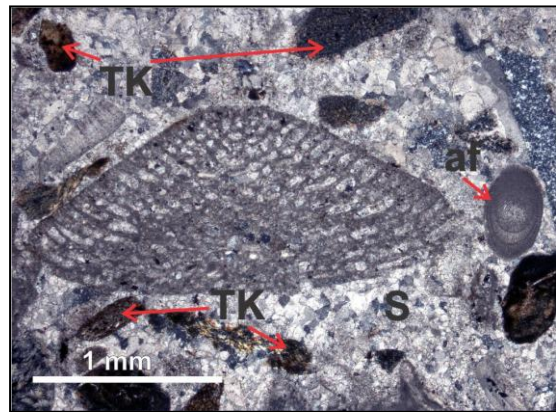
Slika 7.9. Biomikrit. A - alohem (dominantno prisustvo fragmenata ehinida). M - mikritski kalcit. NII.



Slika 7.10. Intrabiosparit. I - intraklasti. bk - fragmenti ljuštura mekušaca. TK - terigena (peskovita) komponenta. N+.



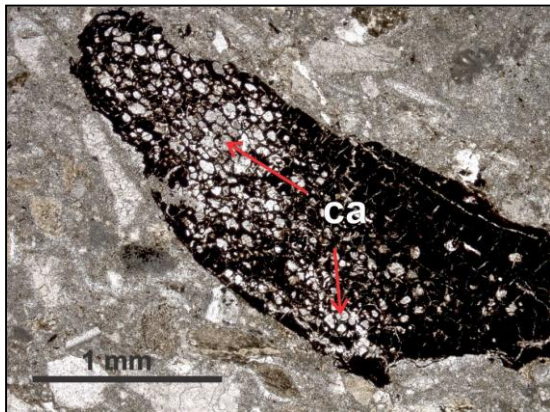
Slika 7.11. Biosparit sa orijentisanim bioklastima (bk). P - piritizacija na fragmentu ljuštura mekušca. NII.



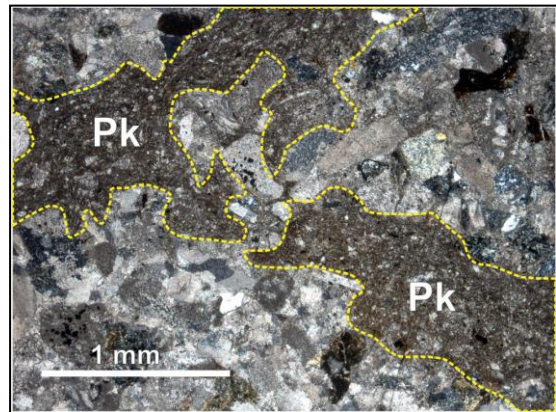
Slika 7.12. Biosparit sa orbitolinama. TK - terigena komponenta (zrna serpentinita). af - algalni fragmenti. S - sparitski kalcit. N+.

Alohemi sastojci, kao i ekstraklasti, unošeni su u basen povremeno, u nekoj formi tokova. Na to ukazuje i pojava krupnih, složenih intraklasta sa difuznim granicama kao i nepravilnih tela amalgamiziranih sa osnovnom stenom (Slika 7.14) koja sama po sebi predstavljaju posebnu mikrofaciju (finozrni biomikriti). Forme ovih klasta sa plastičnim deformacijama unutar njih, svrstavaju ih u plastiklaste. Praktično, tokovi su na svom putu otkidali komade podloge preko koje su tekli.

Asocijacija makro i mikrofaune ukazuje na sedimentacioni prostor koji je bio okrenut otvorenom okeanu. Krupni organski detritus je stizao sa sprudotvoraca razvijenih u litoralu na šta posebno ukazuje algalna asocijacija i rudisti. Sedimentacioni prostor je bio na gornjem delu padine, iza sprudova koji su bili razvijeni na granici sa šelfom. Treba imati u vidu da je basen u to vreme bio u ranoj fazi razvoja i da je šelf (litoral) bio relativno kratak.



Slika 7.13. Biomikrit sa karbonificiranim fragmentom flore. ca - kalcitska zapuna komorica. NII.



Slika 7.14. Sitnozrni biointrasparit sa plastiklastima (Pk). N+.

7.1.3. Krupnozrne klastično-karbonatne stene

Krupnozrne klastično-karbonatne stene su sastavni deo litofacije srednjozrnih i krupnozrnih stena u sekvencama cikličnih sedimentnih stena Ješića. Prema materijalnom sastavu odgovaraju krečnjacima sa sadržajem terigene komponente (ekstraklasti) 47-21 %. Prema strukturi i poreklu materijala odgovaraju kalkruditima, odnosno konglomeratičnim krečnjacima (Slika 7.15).



Slika 7.15. Kalkruditi sa orijentacijom ekstraklasta (isprekidane crvene linije). Ekstraklasti, kao i krupni fragmenti makrofaune su istaknuti obzirom da su otporniji na površinsko raspadanje.

Sadržaj kalcita (CaCO_3) je 53-79 %, prosečno 68 %. Sadržaj MgO je od 0.21 do 1.63 %, prosečno 0.95 % (Tabela 7.3). Prema vertikalnoj distribuciji oba oksida, jasno se razdvajaju donji i gornji deo stuba – granica je kraj četvrte sekvence. Povišeni sadržaj MgO (prosečno duplo veći) u gornjem delu stuba, posledica je višeg sadržaja kalcita ali i povišenog sadržaja algalnih fragmenata.

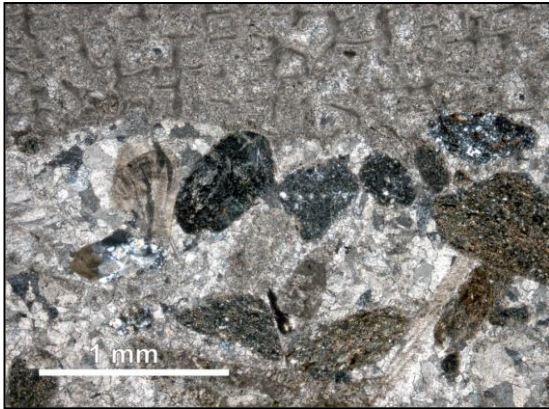
Prema vrsti veziva, koje može biti sparitski kalcit i mikrit, izdvojeni su biosparruditi (*rudstone*) i biomikruditi (*floatstone*) koji su znatno manje zastupljeni (Slike 7.16 i 7.17). Biogenu komponentu, pre svega, čini krupan detritus ljuštura marinskih mekušaca (školjke, rudisti, ježevi, puževi i sunđeri) pored kojih su prisutni fragmenti brioza i algi. Mikrofosili su asocijacija bentoskih i pelaških foraminifera: *Orbitolinae*, *Marssonella*, *Lituolida*, *Miliolidae*, *Lenticulina*, *Nezzazatinae*, *Rotalipora* i *Globigerinela*.

Tabela 7.3. Vrednosti CaO i MgO (određeni kompleksometrijski) i preračunatog CaCO₃ u krupnozrnim klastično-karbonatnim stenama Ješića, date u %.

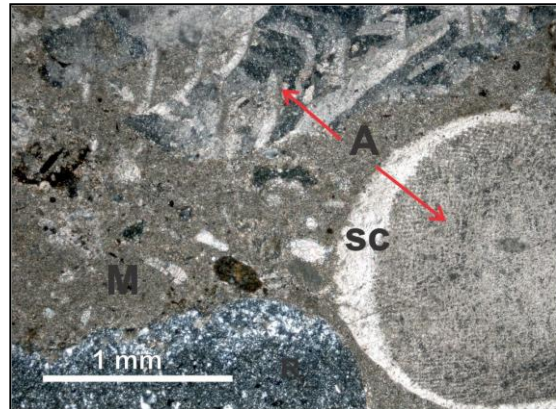
Oznaka uzorka	CaO	MgO	CaCO ₃
J/2	43.78	0.87	78.14
J/7	44.02	0.59	78.56
J/9	33.94	0.22	60.58
J/13	30.15	0.21	53.81
J/18	32.54	0.89	58.08
J/19	42.90	1.07	76.57
J/21	40.51	1.15	72.30
J/22	43.03	1.11	76.69
J/26	36.66	1.20	65.43
J/31	34.68	1.53	61.90
J/33	37.81	1.63	67.48

Algalni fragmenti su od *Corallinacea* i *Codiaceae* (Slika 7.18). Učešće algalnih fragmenata u ukupnom alohemu relativno je malo. Uočljiva je razlika u njihovom sadržaju između donjeg i gornjeg dela stuba. Naime, u sekvencama 5, 6, 7 i 8 algalni fragmeni su znatno prisutniji nego u sekvencama ispod. Kod pojedinih krupnih organogenih fragmenata, prisutna je silifikacija u vidu radialno zrakastog kalcedona (Slika 7.19).

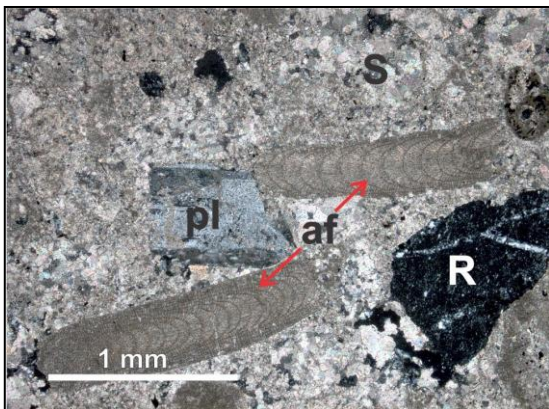
Intraklasti su prisutni ali u sadržaju manjem od 5 %. Najčešće su složeni, ruditskih dimenzija i mogu se definisati kao mikritske i biomikritske mikrofacije sa mikrofosilima kao alohemom (Slika 7.20). Ovo je važno istaći obzirom da ove mikrofacije nisu konstatovane u stubu. Verovatno su sinhrono i postoje na širem sedimentacionom prostoru.



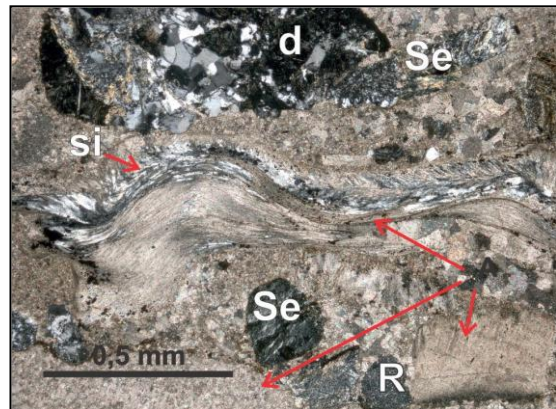
Slika 7.16. Biosparrudit sa sitnom terigenom komponentom. N+.



Slika 7.17. Biomikrudit. A - biogeni alohem. sc - sintaksijalni rast kalcita. R - valutak rožnaca. M - mikritski matriks. N+.

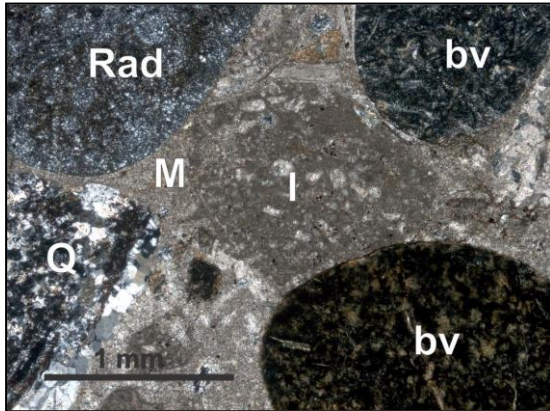


Slika 7.18. Biosparrudit sa algalnim fragmentima (af). R - rožnac sa kvarcnim žicama. pl - bazični plagioklas sa kalcitizacijom. N+.



Slika 7.19. Biosparrudit. A - fragmenti ljuštura marinskih mekušaca. si - silifikacija ljušture. Serp - fragmenti serpentinita, R - rožnac i d - dijabaz sa kvarcnom žicom. N+.

Terigena komponenta je najvećim delom od bazičnih stena (dijabaz, split, podređeno gabro), ultramafita (serpentinisani peridotiti i serpentiniti) i sedimentih stena (rožnaci, radiolariti, sitnozrnih peščari, alevroliti). Bazične magmatske i sedimentne stene, od kojih je najvećim delom terigena komponenta, pripadaju ofiolitskom melanžu. Pored ovih sastojaka prisutni su i fragmenti kvarcita, kvarca i feldspata. Stepenn zaobljenosti fragmenta je visok što znači da su imali, vremenski, dugotrajan transport na šta posebno ukazuju dobro zaobljeni valutci dijabaza (Slike 7.20 i 7.21).



Slika 7.20. Biomikrudit. I - složeni intraklast (biomikrit), bv - bazični vulkaniti, Rad - radiolarit, Q - kvarcit iz kvarcne žice. M - mikritski matriks. N+.



Slika 7.21. Biosparrudit sa dobro zaobljenim valutkom dijabaza. N+.

Osnovu litofacije sitnozrnih sedimenata čine klastično-karbonatne stene pelitske strukture koja ima karakteristike Hc-litofacije iz Heterolitičke facije (Reading 1978). Hc-litofacija je definisana kao preovlađujuće muljevita. Javlja se u siliciklastičnim sistemima koji nastaju na šelfovima i epeiričkim basenima tamo gde je prinos nekarbonatnog materijala dovoljno obiman ili na širinama u kojima nema karbonatne sedimentacije.

U sitnozrnim sedimentima Ješića konstatovana je brežuljkasta kosa laminacija (*hummocky cross bedding*) koja nastaje isključivo između normalne i olujne talasne baze. Srednjo i krupnozrni sedimenti Ješića izgrađeni su od alohema i ekstraklasta koji su najverovatnije u basen unešeni u nekoj formi tokova. Stepennost zaobljenosti fragmenta je visok što znači da su imali, vremenski dugotrajan transport. Sekvence cikličnih sedimentnih stena Ješića imaju trend sa smanjivanjem granulometrije na gore što ukazuje na transgresivni šelf. Obilje biljnih ostataka, korala, sunđerica, foraminifera i školjaka, najbolji su indikatori sublitoralnih sedimenata. Određene vrste foraminifera i kalcisfera definišu cenomansku starost ispitivanih cikličnih sedimentnih stena Ješića.

Asocijacija makro i mikro fosila ukazuje na sedimentacioni prostor koji je bio okrenut otvorenom okeanu. Krupni organski detritus je stizao sa sprudova razvijenih u litoralu na šta posebno ukazuje algalna asocijacija i rudisti. Sedimentacioni prostor je bio na šelfu, sve do gornjeg dela padine ili tzv. gornjeg padinskog zastora (*upper slope-aprons*), iza sprudova koji su bili razvijeni na granici padine i šelfa. Treba imati u vidu da je basen u to vreme bio u ranoj fazi razvoja i da je šelf (litoral) bio relativno kratak.

7.2. Karbonatno-klastične stene u podnožju Rajca

7.2.1. Kalcitski alevroliti

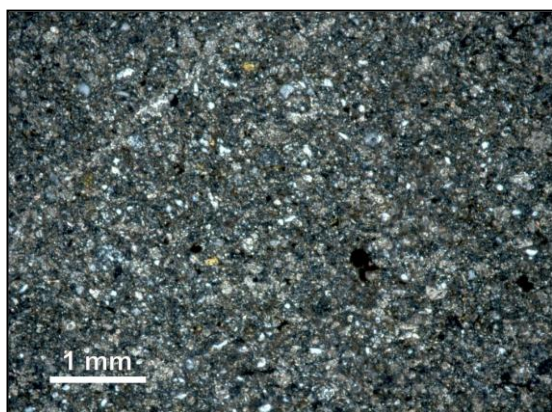
Na severnim padinama Rajca, idući od podnožja ka vrhu (Slika 4.1, tačka R1) otvoreni su profili uslojenih tankopločastih fino-zrnih klastične stena tamno sive boje, debljine oko 3 m. Pri površini se osipaju, dok su mestimično kompaktne (Slika 7.22). Početne koordinate snimljenog profila su X 44°09'02.7", Y 20°14'39" i Z 437.

Geometrija slojeva najčešće odgovara slojevima malih dimenzija. Izgled ovih stena, slično litofaciji sitnozrnih karbonatno-klastičnih stena Ješića, definišu kosa i horizontalna slojevitost. Debljine slojeva su od 2 do 15 cm. Kosa slojevitost prema obliku i osobinama odgovara planarnoj (tabularnoj) i brežuljkastoj kosoj slojevitosti (*hummocky cross-stratification* - HCS). Kosa slojevitost ukazuje na pretaložavanje klastičnog materijala plimnim strujama u morskim priobalnim delovima.

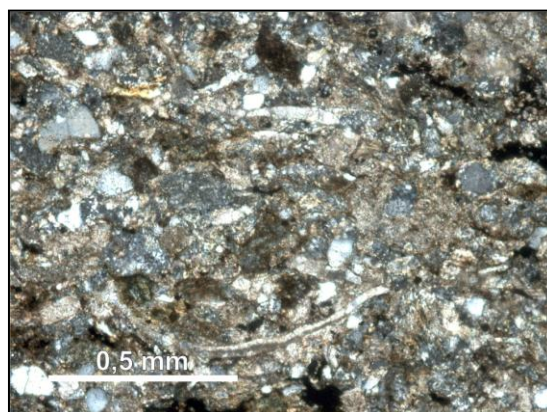


Slika 7.22. Finozrne karbonatno-klastične stene u podnožju Rajca.

Stene su fino do sitnozrne strukture. Prema veličini dominirajuće frakcije ove stene odgovaraju alevrolitima. U osnovi stene je mikrokristalasti kalcit – mikrit. U takvoj osnovi sa ostacima mikrofaune preovlađujući detritični sastojci su uglasta zrna kvarca, zrna feldspata, listići sericita i sitni odlomci serpentinita (Slike 7.23 i 7.24). Od sporednih sastojaka prisutni su fino dispergovana organska materija, minerali glina i oksidi gvožđa.



Slika 7.23. Homogeni alevrolit. Izgrađen od sitnih, uglastih zrna kvarca, listića sericita, sporadično feldspata i odlomaka serpentinita. N+.



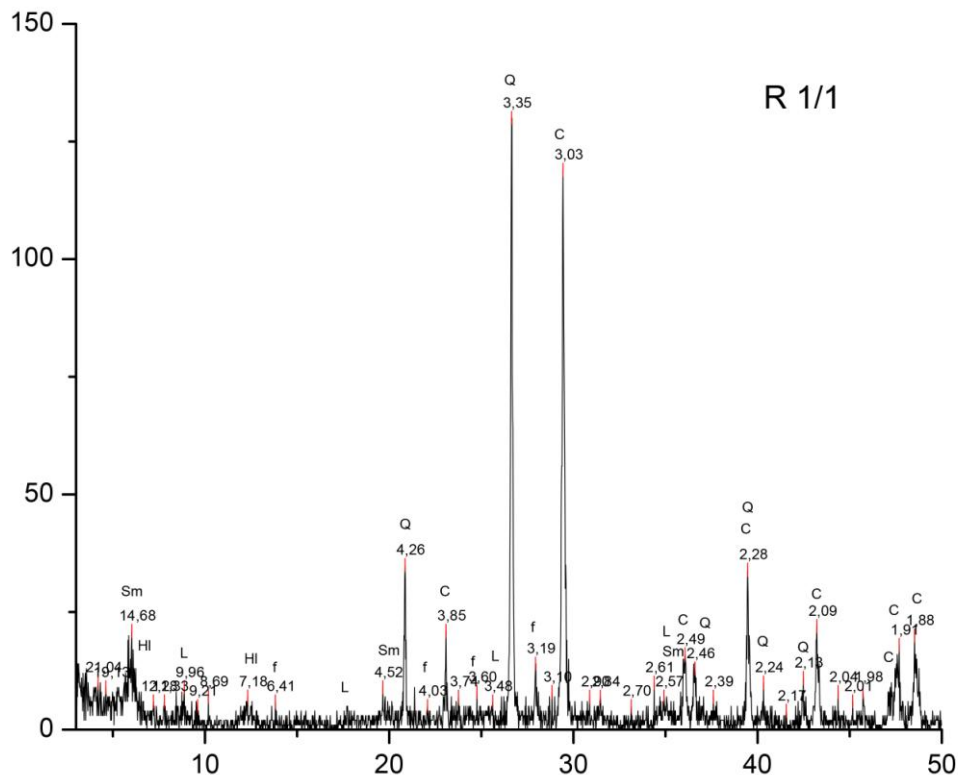
Slika 7.24. Kalcitski alevrolit. Izgrađen od kvarca, feldspata, glinovitih minerala, sericita i fosilnog detritusa. N+.

Alevroliti imaju značajnu količinu karbonata (24.53 % CaCO_3). Kalcit potiče delom od karbonatnog fosilnog detritusa, a delom je autigeni kalcitski cement – mikrosparit, pornog tipa (Slika 7.24). Na osnovu toga ovi alevroliti se mogu nazvati kalcitski alevroliti (Konta 1973). Sadržaj MgO iznosi 2.14 %. Povišen sadržaj MgO potiče od prisustva smektita visokog kristaliniteta čije je prisustvo dokazano rendgenskom difrakcijom praha (Slika 7.25).

Mikrofosilnu asocijaciju alevrolita čine: sitni, primitivni oblici planktonskih foraminifera (grupa *Hedbergella/Ticinella?*), bentoski foraminiferi (*Lenticulina* sp., rotaloidni/anomaloidni i tekstularidni oblici) i veoma retko detritus plitkomorskih fosila. U ovim sedimentnim stenama utvrđena je loše očuvana

asocijacija krečnjačkog nanoplanktona, predstavljena samo vrstom *Watznaueria barnesae* (Black).

Na osnovu određenog fosilnog i nanoplanktonskog sadržaja, nije bilo moguće precizno odrediti stratigrafsku pripadnost proučavanih sedimenata unutar gornje krede. S obzirom, da se nalaze ispod sedimenata čija je starost, na osnovu mikropaleontoloških podataka, određena kao turon, može se pretpostaviti da su proučavani sedimenti stariji od turona, odnosno da su gornjocenomanske starosti.



Slika 7.25. Difraktogram prahe kalcitskog alevrolita iz podnožja Rajca. Legenda: Q - kvarc, C - kalcit, Sm - smektit, I - ilit, f - feldspati i HI - hlorit.

Alevrolitske stene predstavljaju najniži deo jedinice šelfnih karbonatno-klastičnih stena na Rajcu. Sa njima su vezani prelaznim oblicima, uz smanjenje

detritične a povećavanje karbonatne komponente stene psamitske strukture. Prelazne zone su najčešće pokrivene ili su obeležene proslojavanjima i sočivastim zalaženjima jednih u drugih.

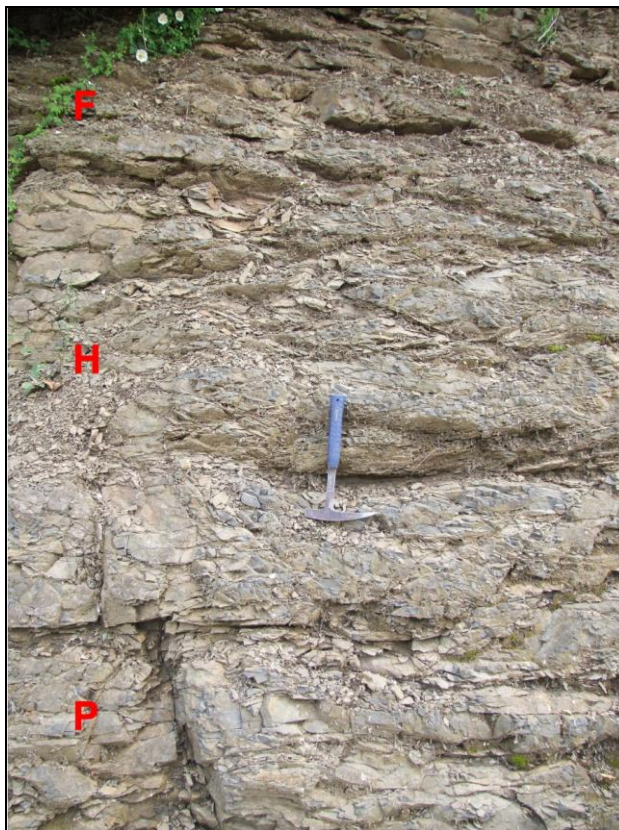
7.2.2. Kalcitski peščari

Serija sedimentnih stena psamitske strukture nalazi se 15-tak m, dalje uz put, od prethodno opisanih alevrolita (Slika 4.1, tačka R2). Početne koordinate snimljenog profila su X 44°09'01.7", Y 20°14'38.5" i Z 453 (Slika 7.26).



Slika 7.26. Profil kalcitskih peščara u podnožju Rajca.

Boja im je sivo-smeđa. Pokazuju kosu i horizontalnu slojevitost, a slojevi u poprečnom preseku imaju sočivasti izgled. Izgled ove litofacije najpribližnije odgovara horizontalno slojevitom (P), brežuljkastom (H – glavni deo sloja), i „flat“ laminiranom (F, horizontalna do blago slojevita laminacija) intervalu iz olujne (tempestitske) sekvence (Slika 7.27). Kompletna sekvenca (idealna) po pravilu ima 6 intervala (članova) – BPHFXM, kao posledica promene od jake jednosmerne struje (BP), preko oscilirajućeg toka (HFX) sve do taloženja iz suspenzije (M) (Dott & Bourgeois 1982, Slika 7.28).

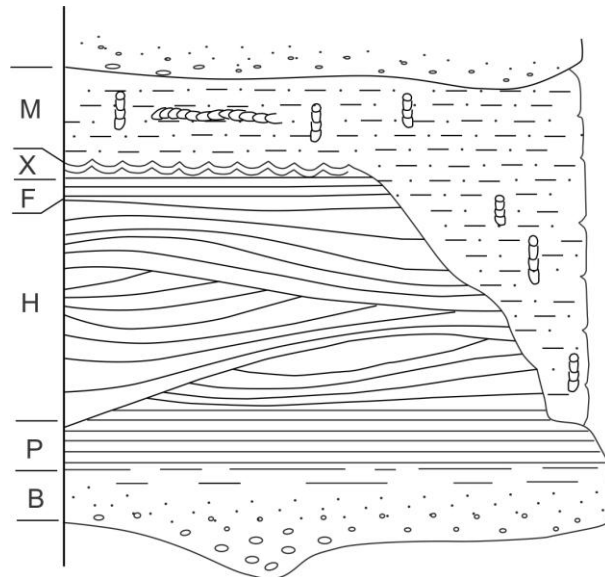


Slika 7.27. Olujni slojevi (tempestiti) u kalcitskim pešćarima u podnožju Rajca. P - paralelna (horizontalna) laminacija, H - brežuljkasta kosa slojevitost, koja postepeno prelazi u F - „flat“ laminaciju.

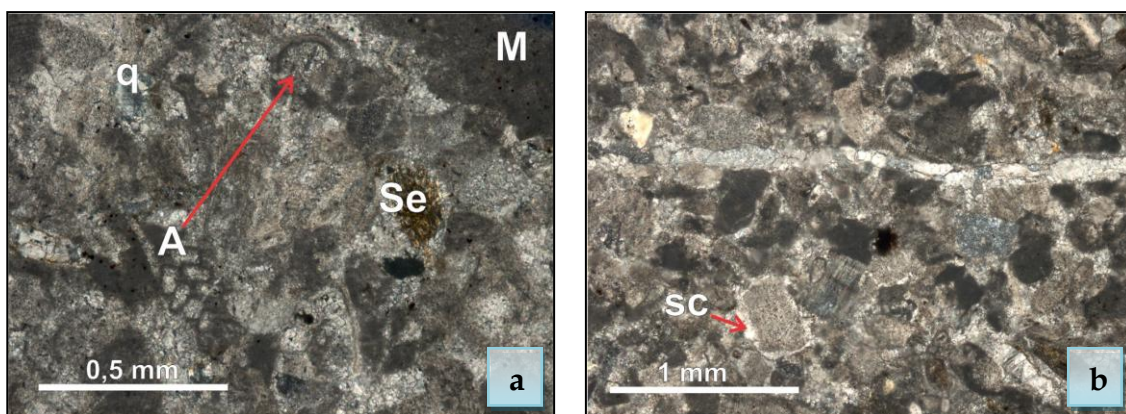
Stene su mešanog karaktera, odnosno izgrađene od klastične i karbonatne komponente. Prema mineraloško-hemijskom kriterijumu spadaju u klastite obzirom da im je sadržaj CaCO_3 , odnosno kalcita, manji od 50 % (40.41 % CaCO_3). Po veličini zrna pripadaju psamitskim varijetetima - sitno-srednjozrnim pešćarima, a po sastavu mešanim i to kalcitskim pešćarima, zbog velikog prisustva kalcita.

Klastična (detritična) zrna su ekstrabasenskog porekla, a karbonatnih zrna hemijsko-biohemijskog postanka, odnosno zrna unutarbasenskog porekla (Slike 7.29a i b). Sa porastom udela karbonatnih zrna unutarbasenskog porekla postepeno prelaze u peskovite krečnjake (kalkarenite). Peskoviti deo u steni

izgrađuju kvarc, feldspati i odlomci stena. Kvarc je najzastupljeniji i prema optičkim karakteristikama vodi poreklo sa metamorfita. Fragmenti serpentinita, kvarcita i dijabaza su ujednačene veličine zrna, oko 0.25 mm. Feldspati su najmanje zastupljeni.

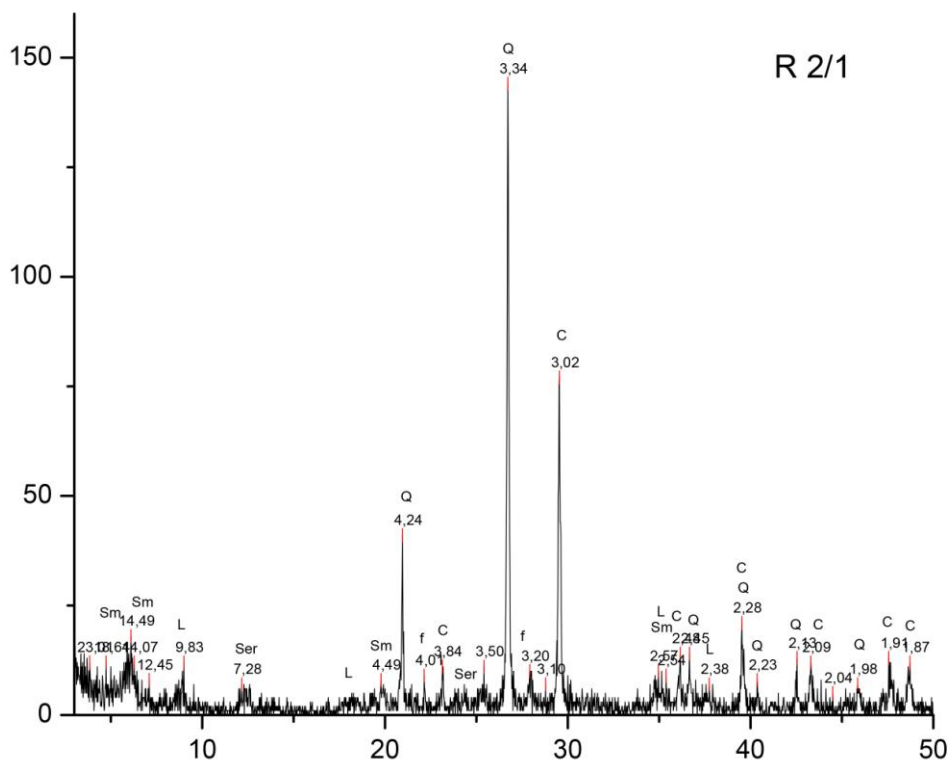


Slika 7.28. Idealna tempestitska sekvenca. P – paralelna (horizontalna) laminacija, H – brežuljkasta kosa slojevitost, koja postepeno prelazi u F – „flat“ laminaciju (prema Dott & Bourgeois 1982).



Slika 7.29. Kalcitski peščari u podnožju Rajca. **a.** Kalcitski peščar koji sadrži siliciklastični i unutarbasenski karbonatni i fosilni detritus. Se – odlomak serpentinita sa fibroznom cementom. q – kvarc. A – fosilni fragmenti. M – relikti mikrita. S – sparitski cement. N+. **b.** Kalcitski peščar sa raznovrsnim fosilnim detritusom. sc – sintaksijalni cement oko koralnog fragmenta. N+.

Kao unutarbasenski sastojci preovlađuje fosilni detritus nad intraklastima. Intraklasti su prostog mikritskog sastava, veličine ispod 0.2 mm (peloidi). Cementovani su kalcitskim cementom – sitnokristalastim sparitom koji je nastao rekristalizacijom karbonatnog mulja – mikrita. Ponegde su sačuvani relikti mikrita. Takođe, zapaženi su fibrozni i sintaksijalni tip cementa koji su nastali u ranodijagenetskoj fazi i označavaju prvi stadijum cementacije i litifikacije. Od sporednih sastojaka ističu se submikroskopska nagomilanja organske i glinovite materija. Osnovni minerali glinovite materije su smeša sericita, hlorita i smektita (Slika 7.30). Sadržaj MgO je 1.48 %.



Slika 7.30. Difraktogram praha kalcitskog peščara iz podnožja Rajca. Legenda: Q – kvarc, C – kalcit, Sm – smektit, I – ilit, f – feldspati i Hl – hlorit.

U mikrofosilnoj asocijaciji kalcitskih pešćara sa drugog snimljenog profila na Rajcu (Slika 4.1, tačka R2) preovlađuje detritus plitkomorskih fosila: bivalvija i dr. molusaka, briozoa, krečnjačkih algi *Corallinales* i tubularnih ostataka, koji odgovaraju serpulidima. Determinisani planktonski foraminiferi su: *Dicarinella* cf. *imbricata* (Mornod), *Marginotruncana pseudolinneiana* (Pessagno), *Whiteinella* cf. *praehelvetica* (Trujillo) i sitni, primitivni, globulasti oblici (*Hedbergella* sp.). Među bentoskim foraminiferima, veoma su česti oblici sa aglutiniranom ljušturicom: grupa *Marssonella turris* - *M. trochus* (d'Orbigny) i *Gaudryina* sp. Na osnovu određene asocijacije planktonskih foraminifera, pre svega predstavnika vrsta *Dicarinella* cf. *imbricata*, *Marginotruncana pseudolinneiana* i *Whiteinella* cf. *praehelvetica* stratigrafska pripadnost proučavanih stena je određena kao donji turon.

Na osnovu prirode i sekvence sedimentnih tekstura, naročito brežuljkasto-kosih slojeva, može se zaključiti da su se za vreme taloženja klastično-karbonatnih stena u podnožju Rajca javljale oluje koje su doprinele taloženju obalskih naslaga i naslaga šelfa, kao povremenom razbijanju naslaga. Oluje su bile različitog intenziteta. Verovatno najjače kad su se nataložili slojevi kalcitskog pešćara sa raznovrsnim organogenim detritusom debljine oko 6 metara (slika 7.26). Olujne naslage stena na Rajcu pokazuju sličnost u širem smislu sa cikličnim sedimentima Ješića.

Treba imati u vidu da je basen u to vreme bio u ranoj fazi razvoja i da je šelf (litoral, unutrašnji šelf) bio relativno kratak. Za takve karbonatne „plicake“, uz oscilaciju dubine mora, karakteristično je taloženje stena u obliku ciklusa prokrupnjavanja naviše (Einsele 2000). U donjem delu nalaze se fino-zrne alevrolitske stene taložene u mirnijoj sredini. Dok se u gornjem (*foreshore*) delu talože kalkareniti, kalkruditi i kalcitski pešćari sa brežuljkastom kosom slojevitošću koja u višim delovima prelazi u planarnu kosu slojevitost malih uglova.

7.3. Crveni krečnjaci Drenovca

U cenomanu, naročito u njegovim višim delovima postepeno dolazi do daljeg produbljanja basena i mirnije sedimentacije. Takođe, se vrši i diferenciranje morskog dna. Tako se pored dubljih morskih delova, obrazuju i podvodni grebeni na kojima se razvijaju sprudne i subsprudne stene. Takvim tvorevinama odgovaraju crveni krečnjaci Drenovca.

Crvenkasti, ružičasti ili sivi krečnjaci, mestimično grudvasti, otkriveni su u ataru sela Gornji Lajkovac u kamenolomu „Drenovac“ (Slika 4.1, tačka DR). Kamenolom „Drenovac“ nalazi se na istoimenom brdu koje je udaljeno 3 km istočno od mesta Kozomor. Pored samog kamenoloma prolazi dobar makadamski put, koji je nakon 3 km povezan sa putem Brežđe-Mionica.

Krečnjaci su stratifikovani u slojeve različite debljine ili grade deblje pakete (Slika 7.31). Početne koordinate snimljenog profila su: X 44°10'17.2", Y 20°05'11" i Z 510. Pojedini slojevi krečnjaka su sa makrofaunom, celom ili fragmentiranom (bioklastični krečnjaci). Krečnjaci su jako tektonizirani i prekrystalisali. Nekoliko paketa je grudvaste građe (konglomeratični krečnjaci). Boje su ružičaste, crvene, mrkocrvene, smeđe ili sive. Nehomogeno raspoređene po steni, odnosno slojevima. To ukazuje na sekundarne procese kako obojenja tako i obezbojavanja ili menjanja tonova osnovne boje. Matriks kod konglomeratičnih krečnjaka je sivo-ružičasti laporac. U površinskoj zoni su izlomljeni i izmešani sa glinovitim materijalom, crvenicom i humusom.

Primarne teksturne karakteristike ovih krečnjaka su po svemu sudeći bile vrlo raznovrsne. Međutim, dijagenetskim i tektonskim procesima one su narušene, tako da se makroskopski uočavaju samo njihovi relikti. Prekristalizacijom je podignut kristalinitet, pre svega mikritskih varijeteta. Od sekundarnih teksturnih oblika ističe se stilolitizacija.

Prema strukturnim karakteristikama, odnosno krupnoći fosilnih i terigenih fragmenta u ovim stenama, izdvajaju se kalkareniti i kalkruditi. Dominiraju valutci serpentinita i rožnaca. Krupni fragmenti fosila su potpuno prekrystalisali.



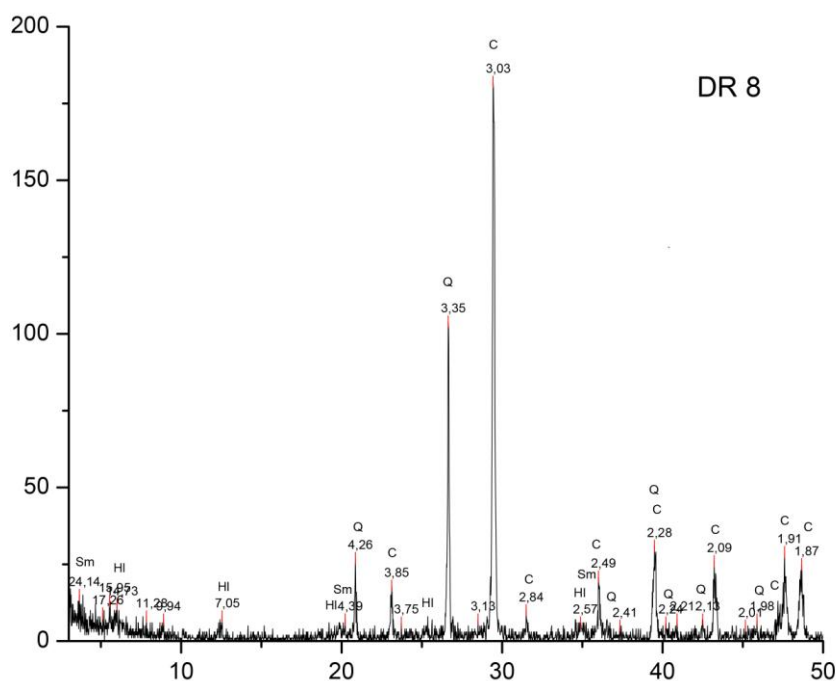
Slika 7.31. Otvorena etaža kamenoloma „Drenovac“ visine oko 10 m. 1-8 – paketi krečnjaka izdvojeni prema debljini slojeva. Crvena linija – rased. 9 – paket grudvastih krečnjaka „uvaljanih“ u sivi laporac. 10 – karstifikovani krečnjaci u površinskoj zoni.

Sadržaj CaCO_3 – kalcita je 82-94 % (Tabela 7.4). Prema sadržaju kalcita definisani su čisti krečnjaci sa sadržajem CaCO_3 većim od 90 % i glinoviti krečnjaci sa sadržajem kalcita od 82 do 90 % kalcita. U matriksu krečnjačkih konglomerata (uzorak DR 8) vrednost CaCO_3 je 55.93 % i on je definisan kao laporac. U nekim uzorcima sa povišenim sadržajem MgO (1.68 %) moguće je prisustvo i dolomita, ali instrumentalnim metodama nije konstatovan.

Difrakcijom praha (Slika 7.32) konstatovano je prisustvo smektita visokog kristaliniteta – saponita. Najverovatnije on daje povišen sadržaj MgO.

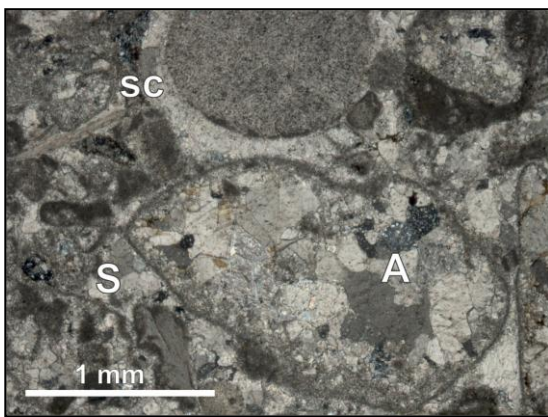
Tabela 7.4. Vrednosti CaO i MgO (određeni kompleksometrijski) i preračunatog CaCO₃ krečnjaka iz kamenoloma „Drenovac“, date u %.

Oznaka uzorka	CaO	CaCO ₃	MgO
DR 1	52.26	93.19	1.68
DR 2	51.43	91.71	0.34
DR 3	49.56	88.37	0.34
DR 4	47.69	85.04	0.34
DR 5	48.62	86.70	0.34
DR 6	45.82	81.70	1.34
DR 7	48.15	85.98	0
DR 8	31.32	55.93	1.68
DR 9	47.70	85.06	1.34
DR 3'	45.82	81.71	1.68
DR 4'	47.22	84.20	0.67

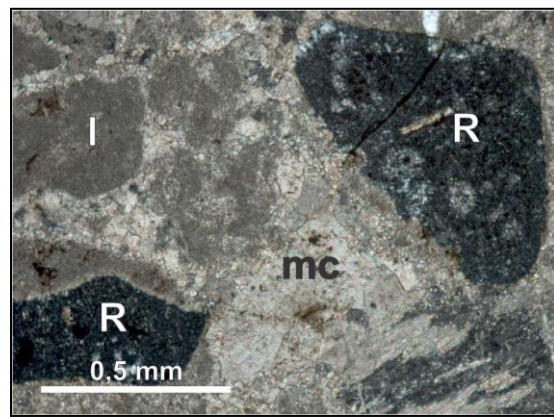


Slika 7.32. Difraktogram praha krečnjaka iz kamenoloma Drenovac. Legenda: Q – kvarc, C – kalcit, Sm – smektit, I – ilit, f – feldspati i HI – hlorit.

U sedimentološkom pogledu krečnjačke stene predstavljene su alohemim (unutarbasenskim) sastojcima i ortohemom. Alohemi sastojci, dominantno su organogenog porekla. Njihov sadržaj je 30 do 55 % u steni (Slika 7.33). Prisutni intraklasti su u malom sadržaju (Slika 7.34) i nisu uključeni u determinaciju. Ortohem je krupnokristalasti kalcit - sparit. Prema sadržaju alohema i ortohema određeni su biospariti i biosparruditi (Slike 7.33-7.37). Prema Dunham-ovoj klasifikaciji ovi krečnjaci odgovaraju *grainstone* i *rudstone* mikrofacijama.



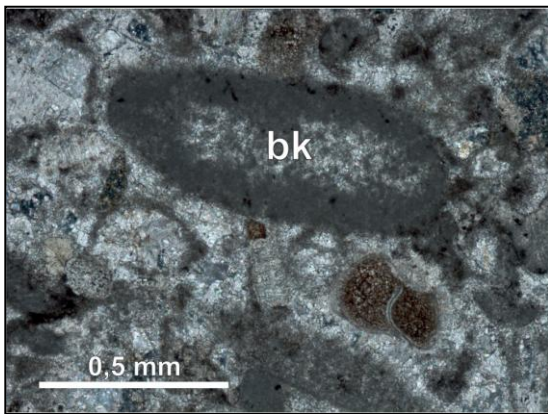
Slika 7.33. Biosparrudit (*rudstone*). Biogena alohema komponenta sa mikritskim omotačima potpuno je prekrystalisala (A). sc - sintaksijalni rast kalcita oko fragmenta korala. S - sparitski cement. N+.



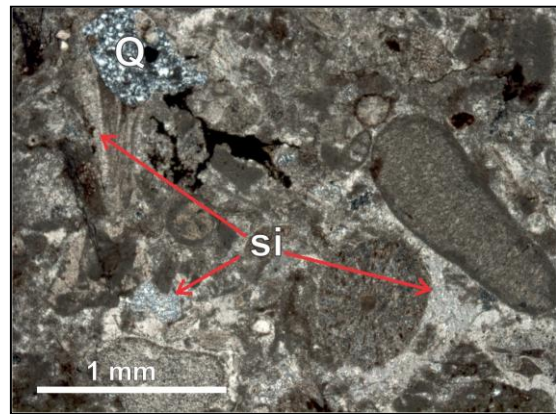
Slika 7.34. Biosparit (*grainstone*). I - intraklast. R - zrna rožnaca. mc - mozaični sparitski kalcit kao zapuna pornog prostora N+.

Prekristalizacija je jako podigla stepen kristaliniteta u ovim stenama. Kalcitski cement nastao na ovaj način je sa neravnim i nazubljenim ivicama. U nekoliko uzoraka konstatovan je sintaksijalni tip sparitskog cementa oko bioklasta (Slika 7.33). Njegovo prisustvo može ukazati na ranodijagenetsku submarinsku cementaciju (Flugel 2004), takođe je vrlo čest i kao ranodijagenetski cement u submarinskim karbonatima tipa *grainstone* (Tucker & Wright 1990).

Mikritizacija na površini bioklasta je još jedan ranodijagenetski proces prisutan u ovim stenama. Ona se manifestuje mikritskim omotačima koji su u nekim slučajevima i jako debeli (Slika 7.35). Tako zaobljeni bioklasti koji po površini imaju debele mikritski omotač zovu se kortoidi (Flugel 2004). Nastaju u zaštićenim morskim plicacima i u lagunama gde je niska energija vode. Tu su povoljni ekološki uslovi za intenzivan rast endolitnih algi, gljivica i bakterija koje buše podlogu (bioklasti, skeleti, ooliti ili neko drugo zrno) na kojoj žive. Kasnodijagenetski procesi (prekristalizacija i silifikacija) osim na vezivo, odrazili su se i na organski alohem u ovim krečnjacima (Slike 7.33 i 7.36).



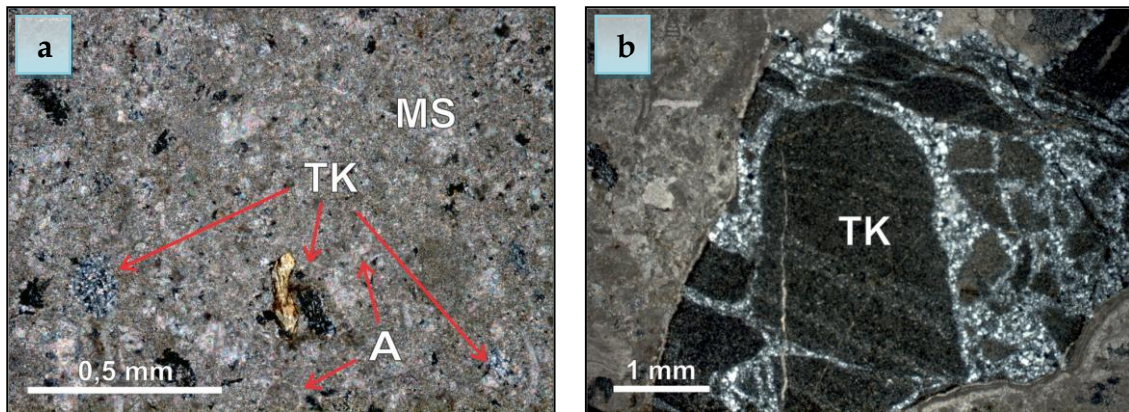
Slika 7.35. Biosparit (*grainstone*). Mikritizacija bioklasta (bk) - napreduje centripetalno, tj. od površine zrna prema unutrašnjosti. N+.



Slika 7.36. Biosparit (*grainstone*). si - silifikacija ortohele i dela alohele. Q - zrno kvarcita. N+.

Sadržaj klastične komponente (ekstraklasti) se kreće od 6 do 18 % (Slika 7.37). Uglavnom je predstavljen peskovitom frakcijom (Slika 7.37a), dok se sporadično susreću zrna veća od 2 mm (Slika 7.37b). Među njima preovlađuje prisustvo odlomaka kvarcita, rožnaca, glinaca i metamorfita niskog stepena metamorfizma. Znatno manje su zastupljeni, odlomci serpentinita kao i monomineralni odlomci kvarca i piroksena. U nekim uzorcima uočeno je prisustvo litoklasta jurske starosti, najverovatnije iz ofiolitskog melanža (Slike 7.34 i 7.37b). To su zrna silifikovanih glinaca, rožnaca i breča sa sitnim

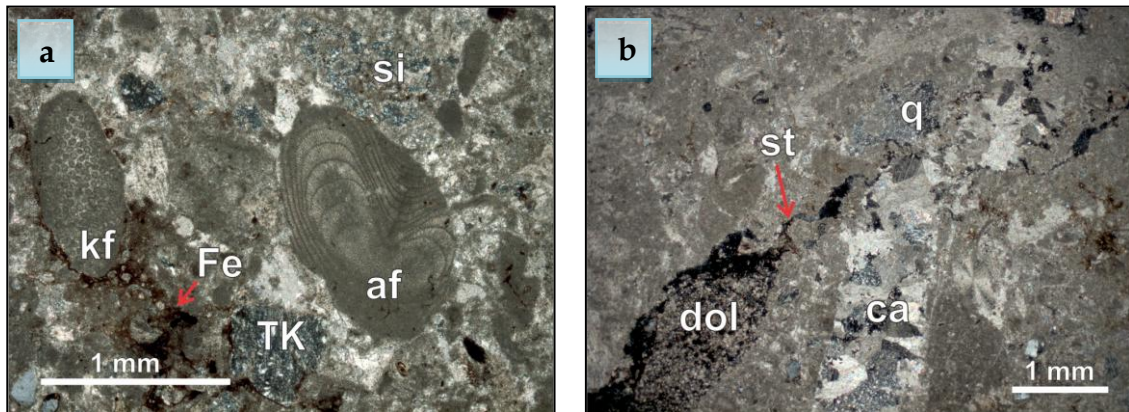
spikulama spongija ili, eventualno radiolarija. Odlomci svih stena imaju nizak do srednji stepen zaobljenosti. Zapaženo je i nekoliko sitnih zrna nepravilnih do zaobljenih formi koje prema optičkim karakteristikama verovatno odgovaraju glaukonitu.



Slika 7.37. Raznovrsna terigena komponenta u krečnjacima Drenovca. **a.** Biosparit (*grainstone*) sa raznovrsnom terigenom komponentom (TK) psamitske krupnoće zrna. A - organogeni alohem. MS - mikrosparitski cement. N+. **b.** Biosparrudit (*rudstone*). TK - zrno silifikovanog i brečiziranog glinca. N+.

Kao hemijski teksturni oblik prisutni su stiloliti (Slika 7.38), uglavnom obeleženi nagomilanjem hidroksidima i oksidima gvožđa (Slika 7.38a). U stilolitskim šavovima ili uz njih uočen je i sitnozrni dijagenetski dolomit, kao i sekundarni kvarc (Slika 7.38b).

Generalno, krečnjaci su jače tektonski polomljeni. U njima je često razvijen sistem pukotina i prslina čiji odnosi ukazuju na više generacija. Pukotine i deo prslina je zapunjen krupnokristalastim neokalcitom (Slika 7.39b) i ređe kvarcom. Deo prslina (verovatno najmlađe) je ostao nezapunjen i duž njih je oboren hidroksid gvožđa.



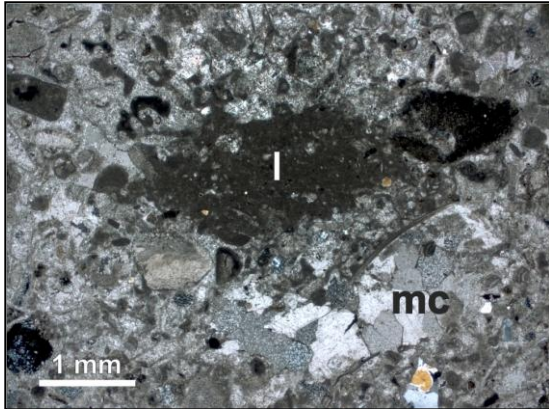
Slika 7.38. Stilolitizacija u krečnjacima Drenovca. **a.** Biosparit (*grainstone*). kf – fragment korala. af – algalni fragment. TK – terigena komponenta (zrno metapeščara). Fe – nagomilanje hidroksida gvožđa u stilolitskom šavu. si – silifikacija alohema. N+. **b.** Biosparit (*grainstone*) sa mikropukotinama i prslinama zapunjenim neokalcitom (ca). st – stilolitski šav markiran dijagenetskim dolomitom (dol) i sekundarnim kvarcem (q). N+.

Osim sekundarne poroznosti stvarane za vreme dijageneze, u ovim krečnjacima uočena je i primarna poroznost vezana za skloništa (*shelter porosity*) koja je nastala kada i sama stena (Choquette & Pray 1970). Poroznost vezana za skloništa karakteristična je za krečnjake koji sadrže krupne bioklaste ili ljuštore mekušaca. Ako su takve ljuštore okrenute konveksno, ispod njih se ne može taložiti sedimentni materijal, jer one čine sklonište koje liči na kišobran (Slika 7.39). Naknadno, kasnodijagenetskim procesima ove šupljine mogu biti zapunjene sekundarnim mineralima.

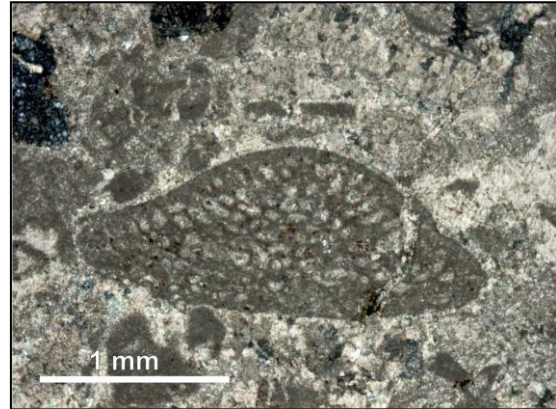
Krečnjaci su bogati organogenim detritusom mekušaca, ehinodermata, algi, korala, fragmentima rudistnih ljuštura, mikrofosila i dr. Značajnu bioklastičnu komponentu čine orbitolinide (Slika 7.40), odnosno fragmenti roda *Mesorbitolina* (*Marsonella turris* (d'Orbigny)) i druge pretežno aglutinentne ljušturice i *Coscinophragma* cf. *cribricosum* (Reuss). Sitni planktonski mikrofosili su retki i loše očuvani (*Heterohelix*, globigeriniformni foraminiferi i nekoliko kalcispongijskih zrna).

Prisustvo roda *Praeglobotruncana* (vrsta *P. delrioensis*) u uzorku iz najnižeg sloja kamenoloma, ukazuje da su ovi krečnjaci mlađi od najvišeg dela alba, odnosno

da su cenomanske starosti. Asocijacija faune ukazuje da se radi o sredini koja je bila pogodna za stanište mnogobrojnih bentoskih organizama, pre svega makrofaune. Takođe, ova sredina je bila otvorena i za organizme karakteristične za dubokovodnu sedimentaciju. Sredina stvaranja crvenih krečnjaka u Drenovcu sinhrona je stvaranju bazalnih gruboklastita.



Slika 7.39. Biosparit (*grainstone*). Poroznost vezana za skloništa nastala je ispod konveksno okrenute ljuštore školjke. Šupljina je tokom kasne dijagenoze ispunjena mozaičnim kalcitom (mc). I - složeni intraklast. N+.



Slika 7.40. Biosparrudit (*rudstone*) sa orbitolinom. N+.

Prema geohemijskim karakteristikama, sredina je bila oksidaciona na šta ukazuje žućkasta (?getit), crvena i ružičasta (?hematit) boja krečnjaka, odnosno često prisustvo oksida i hidroksida gvožđa.

Na osnovu rezultata laboratorijskih ispitivanja, a u saglasnosti sa tehničkim uslovima iz važećih standarda, krečnjak iz kamenoloma „Drenovac“ ima veliku primenu kao tehnički građevinski kamen. Najviše se upotrebljava za proizvodnju nefrakcionisane i frakcionisane kamene sitneži za izradu asfaltnih i betonskih mešavina (Milićević 2006).

8. JEDINICA KREČNJAKA I LAPORACA SA ROŽNACIMA KONTINENTALNE PADINE

Ova jedinica zauzima najveći prostor na ispitivanom terenu (Slika 3.1). Lokalnosti na kojima je jedinica ustanovljena nalaze se na Rajcu, okolini Brežđa i u Struganiku. Snimljeni litostratigrafski stubovi odnose se na veće stratigrafske celine u okviru jedinice. Osim toga, analizirane su i stene iz bušotine kod planinarskog doma na Rajcu, koji pripadaju ovoj jedinici.

Širi prostor sela Struganika i Brežđa, poznat je po većem broju malih kamenoloma iz kojih se eksploatiše građevinski i arhitektonski kamen poznat kao „struganički krečnjak“.

Tvorevine gornje krede (pločaste krečnjake i laporce) okoline Brežđa, Planinice, Struganika i Rajca, još je svojevremeno litološki i stratigrafski povezoao Simić (1940). Nazivao ih je zajedničkim imenom „gornjom kredom struganičkog tipa“.

Marković i Anđelković (1953) su izučavajući geološku građu Osečenice, Brežđa i Struganika, ove krečnjake odredili kao senonske, odnosno kao najmlađe tvorevine transgresivne gornje krede na istraživanom prostoru. Istočnije od ovih terena, na padinama Rajca, iste stene Maksimović (1953) je izdvojio kao „faciju laporovitih pločastih krečnjaka i laporaca“.

Prema mikrostrukturnim karakteristikama, stene ove jedinice predstavljaju nešto dublje naslage u odnosu na stene iz jedinice šelfnih fino-zrnih karbonat-klastita. Idući naviše, ka gornjem turonu, produbljavanja basena je bilo još izraženije. U takvim uslovima došlo je do smirivanja sedimentacionih procesa u basenu. Taloženje se obavljalo u zoni sa znatno smanjenom energijom vode gde su velike pojave pelaških organizama (radiolarija i foraminifera - *Globotruncana*)

i makrofaune (amonita i inoceramusa). Pelaški mikrofosili, kao i inoceramusi, ukazuju na dublju i mirniju vodu, nižu temperaturu i „normalan“ salinitet mora (Mitrović-Petrović & Anđelković 1989). U dubljim delovima gornjokrednog mora stvarale su se pelaške sedimentne stene, predstavljene laporcima, laporovitim krečnjacima, glinovitim krečnjacima i krečnjacima, svi sa konkrecionim rožnacima.

Laporoviti krečnjaci i krečnjaci mikritskog do biomikritskog sastava predstavljaju autohtone stene ove jedinice. U njima se nalazi bogata pelaška mikrofauna, kao i loše očuvane radiolarije i silicispongije. Dominacija spikula silicispongija nad ostacima radiolarija, zapažena u karbonatnim stenama, a posebno u glinovitim krečnjacima, ukazuje na umereno duboku sredinu (Vishnevskaya 1986). Odraz prisustva organogenih silicijskih ostataka su konkrecioni rožnaci.

Za pelaške karbonatne stene je karakteristično da se smenjuju i mešaju sa karbonatnim detritusom (grubljeg i finijeg zrna) donešenim iz plićih delova turbiditnim tokovima, pretežno distalnog karaktera. Mešanje je dvojako, u mikritski karbonatni mulj unešen je nešto krupnozrniji organski detritus ili je u turbiditne stene (kalkarenite i kalkrudite, ređe kalklutite) ubačen karbonatni mulj taložen na padini.

Prisustvo slojeva i banaka kalkarenita i kalkrudita sa karakterističnim teksturama iz Boumine sekvence potvrđuje povremeni prinos plitkovodnog materijala turbiditnim tokovima niz kontinentalnu padinu, odnosno kroz batijalnu zonu. O postojanju turbiditnih strujanja za vreme taloženja materijala, svedoče i druge raznovrsne teksturne pojave, o kojima će biti reći u narednim poglavljima.

Prema sastavu i sklopu sedimentnih stena ove jedinice, naročito njenih najviših delova, može se pretpostaviti da je tektonska aktivnost u vreme njihovog stvaranja bila prilično slaba.

Profili snimljeni na severoistočnim padinama Rajca najpotpunije ilustruju jedinicu krečnjaka i laporaca sa rožnacima na ispitivanom terenu. Njima po vremenu i načinu stvaranja odgovaraju krečnjaci i laporci sa rožnacima otkriveni i ispitivani u okolini Brežđa i Struganika.

Rožnaci su neodvojivi deo jedinice. Nastaju obaranjem silicije iz rastvora i metasomatskim zamenjivanjem karbonata u ljušturama fosila. Proces nastanka može se objasniti niskim vrednostima pH i nepovoljnim uslovima za opstajanje silicije u rastvorenom obliku.

U Brežđu su otkriveni vulkanoklastiti – tufovi koji leže između belih tankopločastih laporaca i laporovitih krečnjaka santonske starosti. Tufovi su zelene boje, dobro uslojeni. Slične stene nisu zapažene u drugim delovima ispitivanog terena.

U laporcima donjeg kampana u Strganiku pronađena je asocijacija sedimenata koja po načinu pojavljivanja i sastavu odgovara, primarno piroklastičnom sedimentu. Asocijaciju grade lamina kristaloklastičnog tufa i sloj smektitske gline debljine 10 cm (Vasić et al. 2005). Piroklastičan materijal je u vodenu sredinu, najverovatnije, donešen oblakom formiranim nakon eksplozivne vulkanske erupcije. Gravitacionom diferencijacijom iz oblaka istaloženi su kristaloklasti i vulkansko staklo. Dijagenetskim procesima vulkansko staklo je transformisano u smektitsku glinu.

8.1. Karbonatne stene kontinentalne padine na Rajcu

Iznad karbonatno-klastičnih sedimentnih stena donjo turonske starosti otkrivenih u podnožju severoistočnih padina Rajca (put Slavkovica-Rajac), slede mlađe karbonatne stene gornje krede. U njima se na osnovu procentualnog sadržaja kalcita mogu izdvojiti dve glavne litofacije: krečnjačka i laporovita, sa čestim mešanjem, tj. prelaznim stenama.

U svim analiziranim stenama je utvrđena bogata asocijacija fosila. Na osnovu fosilnih vrsta razlikuju se dve vrste karbonata. Prvi, koji predstavljaju autohtone stene ove jedinice imaju dominantnu zastupljenost kalcisfera. U njima su prisutni i drugi oblici planktonskih mikrofosila (planktonski foraminiferi i radiolarije). Drugi, u kojima prevlađuju fragmenti/detritus plitkomorskih fosila, predstavljaju karbonatne turbiditne naslage. U pojedinim nivoima su raznovrsni planktonski i bentoski foraminiferi izmešani sa plitkomorkom asocijaciom fosila. Na osnovu determinisanih zonskih i biostratigrafski značajnih fosilnih vrsta proučavani krečnjaci i laporci sa rožnacima Rajca stvarani su u periodu od konijaka do gornjeg kampana. Predstavljene su stratigrafskim redom.

Rožnaci su, na Rajcu, kao i na drugim lokalnostima gde je utvrđena jedinica krečnjaka i laporaca sa rožnacima, takođe prisutni. U odnosu na krečnjake i laporce u Struganiku i Brežđu, ovde su retki ili potpuno izostaju (tačke R6 (bušotina kod planinarskog doma) i R7 (napušteni kamenolom na vrhu Rajca)). Razvijeni su kao konkreciona tela, najčešće u vidu nepravilnih nodula i kvrgi.

Petrografskim analizama karbonatnih stena ove jedinice, utvrđene su velike varijacije u strukturnim karakteristikama organogeno-detritičnih sastojaka, što uslovljava čestu pojavu gradacije. U ovim stenama postoje svi prelazi biomikrita, sa manje ili više bogatom asocijaciom pelaških mikroorganizama,

preko finih biosparita sa identičnom mikrofaunističkom asocijacijom, do grubih intrabiosparrudita heterogenog sastava i biomikrudita sa mnogobrojnim fragmentima plitkomorskih makrofosila ruditskih dimenzija.

8.1.1. Karbonatne stene turon-konijaka

Na prvom profilu gde su otkrivene karbonatne stene iz jedinice krečnjaka i laporaca sa rožnacima na Rajcu (Slika 4.1, tačka R3) snimljen je litostratigrafski stub debljine 17 m (Slike 8.1 i 8.2). Početne koordinate snimljenog stuba su X 44°08'59.8" Y 20°14'14.1" i Z 467 m (Slika 8.2). Superpoziciono se nalazi iznad tačke R2 (Slika 4.1) gde je stratigrafska pripadnost stena utvrđena kao donjo turonska.

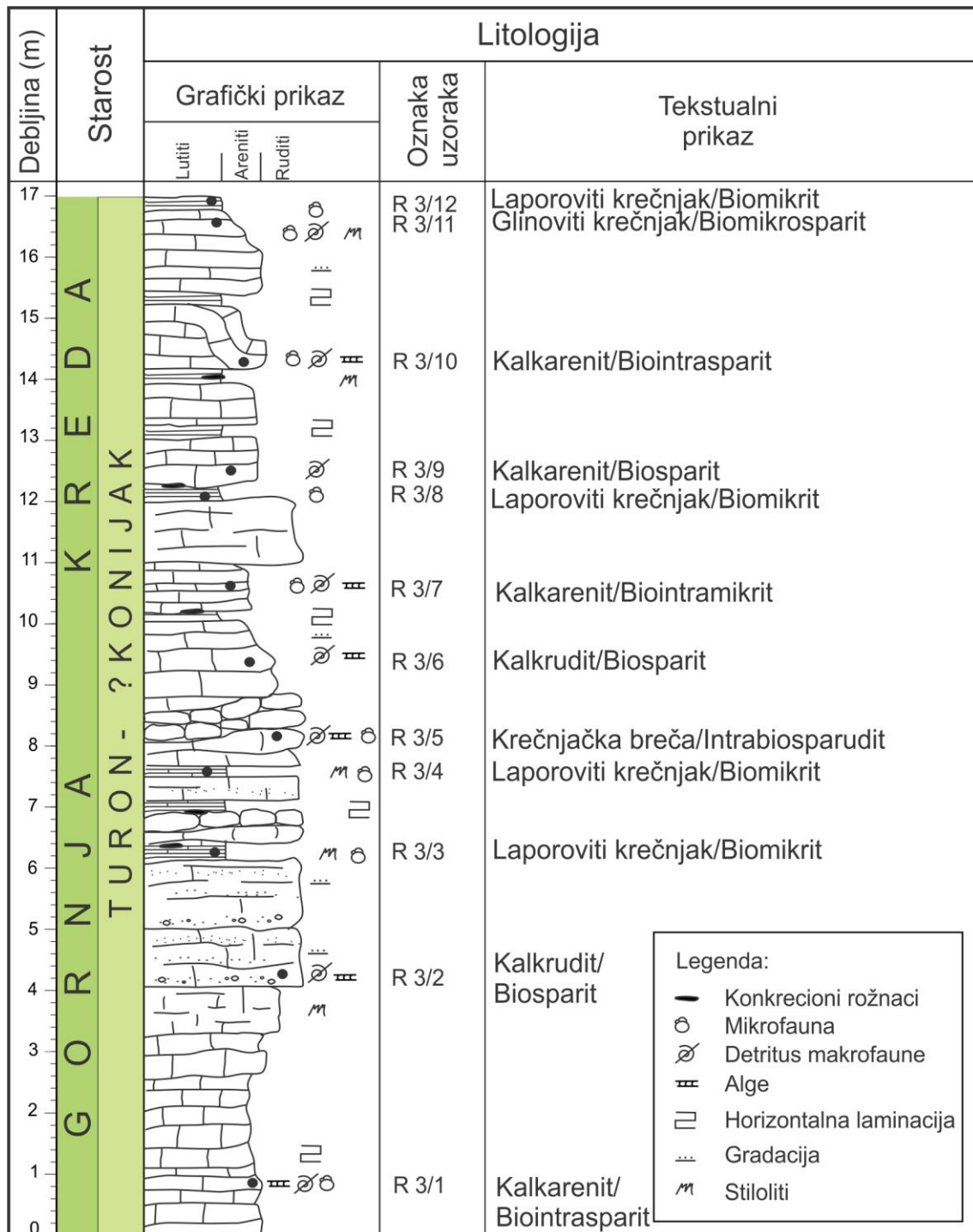
Opšta karakteristika ovih karbonatnih stena je da su jako tektonski ubrane, polomljene i često rasednute (Slika 8.1). Tektonskom aktivnošću su formirani pukotinski sistemi duž kojih se najčešće obavljala silifikacija. Lokalno se primećuju i deformacije slojeva podvodnim kliženjem i raskidanjem. One su najjasnije u završnim partijama snimljenog stuba (Slika 8.2). Stene na ovom profilu karakterišu se tonovima sive, sivo-žučkaste ili ružičaste boje.

Osnovne stene su slojeviti ili pločasti krečnjaci kalkarenitskog izgleda, čija se debljina slojeva kreće od 10 do 25 cm. Oni se smenjuju sa masivnim ili debeloslojevitim kalkruditima debljine oko 1 m koji, mestimično, prelaze u brečaste krečnjake. Najviši deo stuba čine bankoviti krečnjaci čija je debljina erozijom/tektonikom redukovana. Svi krečnjaci su sa proslojcima tankoslojevitih sivih laminiranih fino-zrnijih stena (Slika 8.2), u kojima se mestimično pojavljuju konkrecioni rožnaci crne boje.



Slika 8.1. Karbonatne stene turon-konijaka na Rajcu.

Na osnovu strukturnih i teksturnih karakteristika karbonatnih stena na ovom profilu, generalno se razlikuju krupnozrni (kalkareniti i kalkruditi) i finoizrni (laporoviti) varijeteti. Na snimljenom stubu jasno se uočava ritmično ponavljanje ova dva varijeteta (Slika 8.2). To su ritmovi sa dva člana, koji počinju stenama grubozrnijeg sastava, a završavaju se finozrnijim krečnjacima. U nižim slojevima nedostaju finozrne stene. Kako se ide naviše u stubu, zastupljenost finozrnih laminiranih stena je sve izražajna. Promenljivost u debljini slojeva krečnjaka povezana je sa njihovim strukturnim karakteristikama. Debljina slojeva je veća je kod krupnozrnijih vrsta i manja kod sitnozrnijih, odnosno najmanja kod finozrnih – laporovitih stena. Brečasti krečnjaci/krečnjačke breče, koji se nalaze između 7-mog i 9-tog m u stubu, su nastale komadanjem i pretaložavanjem slabo očuvanih slojeva kalkrudita i kalkarenita sa neznatnim transportom fragmenata unutar basena.



Slika 8.2. Litostratigrafski stub karbonatnih stena turon-konijaka na Rajcu.

U svim litotipovima u stubu zapaža se gradacija. Nastaje periodičnim kretanjem u basenu i velikim prinosom materijala. Naročito naglašenu gradaciju imaju debeloslojeviti krečnjaci, koji u bazi imaju grubozrne kalkrudite, a na vrhu srednjozrne ili finoizrne kalkarenite. Paket slojevitih krečnjaka sa početka stuba (Slika 8.2) karakterišu se umnoženom gradacijom (Slika 8.3). Interval gradacije u jednom sloju ponavlja se dva puta (sjedinjavanje *grainstone* i *rudstone* mikrofacija) bez oštre granice (amalgamacija, Dimitrijević i Dimitrijević 1989). Pojava laminacije vezana je za finozrne stene i prelazni tipove krečnjaka koji nagoveštavaju izvesno produbljanje.



Slika 8.3. Učestali slojevi kalkarenita sa umnoženom gradacijom.

Primarne teksturne karakteristike ovih krečnjaka bile su vrlo raznovrsne. Međutim, dijagenetski procesi, kao i kasniji tektonski procesi, veoma su narušili te teksture tako da se makroskopski samo uočavaju njihovi relikti. Učestali dijagenetski procesi su bili silifikacija i prekrizalizacija. Izraženijom silifikacijom su formirani retki konkrecioni rožnaci, dok je prekrizalizacijom podignut kristalinitet karbonatnih stena. Takođe, stene su često deformisane stilolitskim šavovima.

Prema sadržaju CaCO_3 koji je u granicama 72-95 %, ove stene odgovaraju, čistim krečnjacima i laporovitim krečnjacima/laporcima (Tabela 8.1). Sadržaj CaCO_3 (kalcita) kod krupnozrnih varijeteta krečnjaka iznosi od 89 do 95 %, dok finozrnije stene imaju niži sadržaj CaCO_3 (72-81 %). Laporoviti krečnjaci imaju i niži sadržaj MgO, od 0.34 do 0.68 % (Tabela 8.1). Nešto viši sadržaj MgO (1.02-1.42 %) u krečnjacima je posledica povišenog sadržaja algalnih fragmenata i generalno, višeg sadržaja kalcita.

Tabela 8.1. Vrednosti CaO i MgO (određeni kompleksometrijski) i preračunatog CaCO_3 u karbonatnim stenama turon-konijaka na Rajcu, date u %.

Oznaka uzorka	CaO	CaCO_3	MgO	Naziv stene
R 3/1	52.26	93.19	1.02	Kalkarenit
R 3/2	50.98	90.91	1.36	Kalkrudit
R 3/3	41.98	74.87	0.68	Laporoviti krečnjak
R 3/4	40.11	71.54	0.68	Laporoviti krečnjak
R 3/5	50.14	89.43	1.42	Krečnjačka breča
R 3/6	52.24	93.17	1.36	Kalkrudit
R 3/7	52.71	94.01	1.02	Kalkarenit
R 3/8	42.44	75.70	0.68	Laporoviti krečnjak
R 3/9	53.17	94.84	1.08	Kalkarenit
R 3/10	52.02	92.79	1.31	Kalkarenit
R 3/11	45.24	80.70	0.42	Glinoviti krečnjak
R 3/12	43.84	78.20	0.34	Laporoviti krečnjak

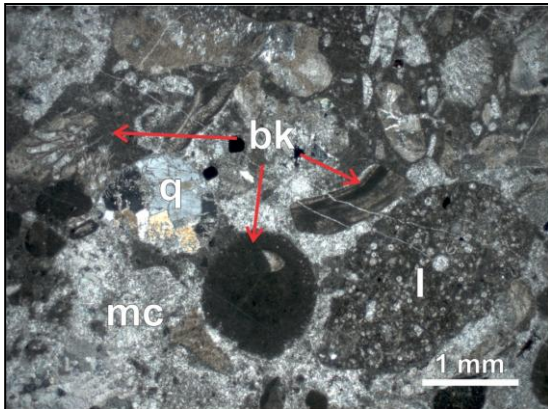
Krupnozrni krečnjaci variraju od grubozrnih kalkrudita (brečasti krečnjaci) do sitnozrnih kalkarenita. Strukturni izgled tektonski izmenjenih krečnjaka svrstava ih u alohemijske i bioklastične krečnjake sa sparitskim cementom koji pripadaju *grainstone* i *rudstone* mikrofaciji (Slike 8.4-8.7). Prema vrsti alohema i ortohema ovi krečnjaci su definisani kao biointrasparruditi, intrasparruditi, biointraspariti i biospariti (Slike 8.4-8.7).

Alohem čine bioklasti predstavljeni detritusom plitkomorskih fosila i složeni intraklasti sa biomikritskom strukturom. Plitkomorski fosili su predstavljeni detritusom ili fragmentima: brioza, bivalvija, rudista i dr. molusaka, ehinida i krečnjačkih algi – *Corallinales* i *Dasycladales*. Intraklasti su nastali erozionim dejstvom toka, odnosno otkidani su od karbonatnog mulja neposredno nakon njihovog taloženja. Forme su im nepravilne, elipsoidne i diskoidalne sa plastičnim deformacije, tako da odgovaraju plastiklastima (do 2 mm) ili intraformacijskim fragmentima (muljevitim valuticama/*mud pebbles*), kada su krupniji od 2 mm. Oni po sastavu odgovaraju laporcima sa kojima se krečnjaci smenjuju u stubu. Kada je sadržaj alohema koji je krupniji od 2 mm, veći od 10 %, varijeteti krečnjaka dobijaju ruditski karakter. Krečnjaci koji su pretežno izgrađeni od plastiklasta krupnijih od 2 mm, pripadaju brečastim krečnjacima (Slika 8.5).

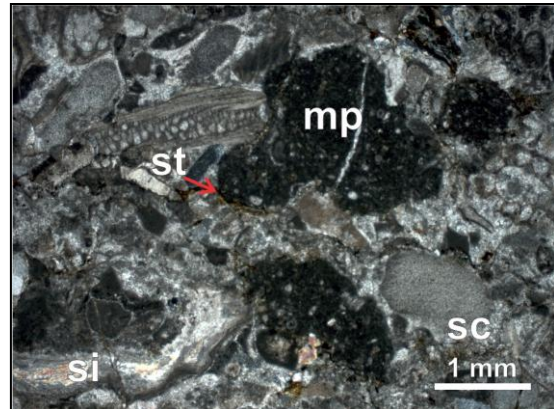
Kalcitski cement u ovim krečnjacima je sparit. Ne retko, oko fragmenata skeleta fosila raste sintaksijalni cement (Slika 8.5), dok oko odlomaka stena raste fibrozni kalcitski cement (Slika 8.6). Ovi ranodijagenetski tipovi cementa karakteristični su za submarinske *grainstone* tipove stena (Tucker & Wright 1990). Od kasnodijagenetskih procesa, silifikacija je selektivno zahvatala deo ortohema i alohema (Slika 8.5).

Klastična komponenta, prema mikroskopskim opservacijama, vodi poreklo sa ofiolita. Predstavljena je krupnozrno alevrolitskom i sitnozrno peskovitom frakcijom. Najzastupljeniji su odlomci serpentinita, zaobljeni odlomci rožnaca,

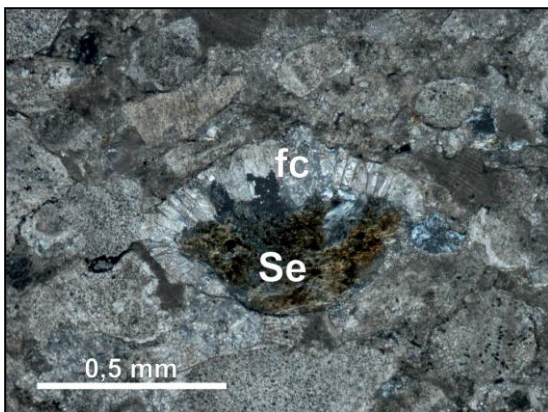
kvarcita, metapeščara i metaglinaca i retko, uglasta zrna kvarca. Organska materija i minerali glina koncentrisani su uglavnom u stilolitima (Slika 8.5). Takođe, u ovim krečnjacima je značajno i prisustvo oksida gvožđa koji je blago pigmentirao osnovu stene crvenkastom nijansom. Ukupni sadržaj nekarbonatnog dela u krupnozrnim varijetima je najviše 10 %.



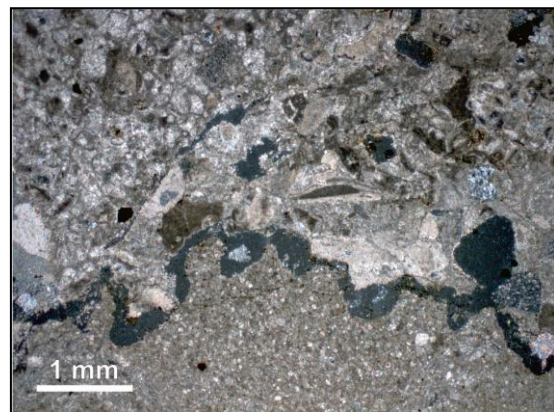
Slika 8.4. Biointrasparit (kalkarenit, *grainstone*) sa dobro zaobljenim intraklastom (I) i raznovrsnim bioklastičnim alohemom (bk). mc - mozaični sparitski cement. q - sekundarni kvarc koji je zapunio šupljinu. N+.



Slika 8.5. Intrabiosparrudit (brečasti krečnjak, *rudstone*) sa krupnim plastiklastima (*mud pebbles* - mp) i raznovrsnim biogenim fosilnim fragmentima. si - silifikacija ljušture. st - stilolitski šav. sc - sintaksijalni rast kalcita oko fragmenata krinoida. N+.



Slika 8.6. Biosparit (kalkarenit, *grainstone*) sa ranodijagenetskim vlaknastim (fc) cementom koji je rastao oko zrna serpentinita (Se). N+.



Slika 8.7. Biointrasparit (*grainstone*) u kome razvijen stilolitski šav na kontaktu sa plastiklastom. N+.

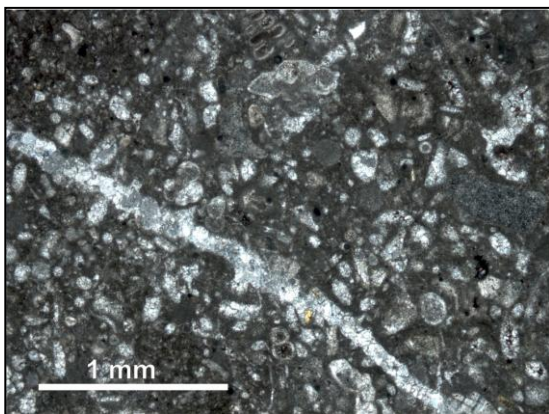
Zbog gustog pakovanja na kontaktima alohemih zrna došlo je do rastvaranja i formiranja mikrostilolitskih šavova (Slika 8.7). Duž stilolitskih šavova razvijene su i pukotine. Mehanički diskontinuiteti su delom zapunjeni (sekundarnim kalcitom, kvarcom ili Fe-hidroksidima) ili su nezapunjene (zjapeće). U šupljinama nastalim orijentacijom ljuštura mekušaca (okrenutih konveksno) zapažena je „kišobran poroznost“ (*shelter porosity*), naknadno zapunjena sekundarnim sasojcima u steni (Slika 8.4).

Finozrne karbonatne stene - laporoviti krečnjaci mogu se definisati kao *packstone* ili *wackestone* mikorfacije (Slike 8.8-8.11). Prema sadržaju ortoHEME i aloHEME komponente, ovi krečnjaci su biomikriti. Dakle, osnova je od karbonatnog mulja - mikrita, u kome se nalazi organogeni alohem. U pojedinim uzorcima laporaca konstatovane su raznovrsne planktonske i bentoske foraminifere, dok u drugima dominantnu zastupljenost imaju kalcisfere, kao i drugi oblici planktonskih mikrofosila (foraminiferi i radiolarije). Prema sadržaju organogenog aloHEMA (od 30 do preko 50 %) i finozrni varijeteti definišu se kao bioklastični i aloHEMIJSKI krečnjaci. Alohem je uglavnom homogeno raspoređen u mikritskoj osnovi, mada postoje i nagomilanja u vidu lamina koje su blago talasaste (Slika 8.9).

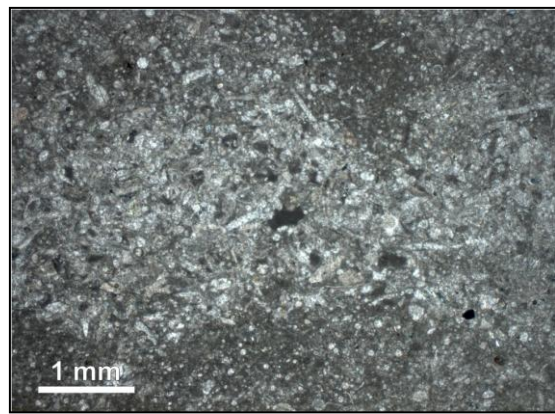
Planktonski foraminiferi su predstavljeni različitim morfogrupama. Među dikarinelidima i marginotruncanidima, kao specijalizovanim kompleksnim i intermedijarnim morfogrupama, određeni su: *Dicarinella* cf. *canaliculata* (Reuss), *D.* cf. *hagni* (Scheibnerova), *D. imbricata*, *D.* cf. *primitiva* (Dalbiez), *Dicarinella* sp., *Marginotruncana coronata* (Bolli), *M. pseudolinneiana*, grupa *M. schneegansi* (Sigal)-*M. sigali* (Reichel) i grupa *Praeglobotruncana-Dicarinella*. Primitivni, jednostavni i intermedijarni oblici planktonskih foraminifera su veoma raznovrsni: *Globigerinelloides* sp., *Globotruncanella* sp., *Hedbergella* sp., *Heterohelix* sp. i oblici koji najverovatnije odgovaraju predstavnicima *Whiteinella* sp. Od ostalih planktonskih mikrofosila su veoma zastupljene kalcisfere, a prisutne su i radiolarije.

Bentoski foraminiferi su predstavljeni oblicima sa aglutiniranom i krečnjačkom ljušturicom: *Marssonella trochus*, *Haplophragmoides?* sp., tekstularidni oblici, *Lenticulina* sp., predstavnici familije *Miliolidae* i sitni anomaloidni oblici.

Nekarbonatni deo u mikritskoj osnovi su minerali glina, organska materija i podređeno sitnozrno peskovita komponenta. Peskovitu frakciju čine odlomci serpentinita (Slika 8.10), metaglinci i malo kvarca. Sadržaj peskovite komponente je manji od 5 %. Minerali glina i organska materija su fino dispergovani u mikritskoj masi stene. Sadržaj organske materije laporcima daje tamno sivu nijansu. Kao autigeni sastojci prisutna su sitna zrna dijagenetskog pirita. Krupnokristalasti sekundarni kalcit popunjava pukotinske prostore i šupljine vezane za fosilne ostatke. U pojedinim pukotinama su prisutni hidroksidi i oksidi gvožđa. Isti minerali se često nalaze i kao zapuna u mikrotilolitskim šavovima koji su relativno česti u ovim stenama (Slika 8.11).

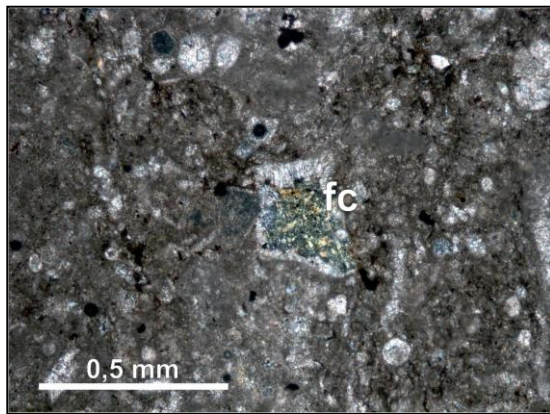


Slika 8.8. Biomikrit (*packstone*) sa raznovrsnim planktonskim foraminiferima sa staklastom mikrostrukturom ljušturica i pukotinom zapunjenom srednjokristalastim kalcitom. N+.

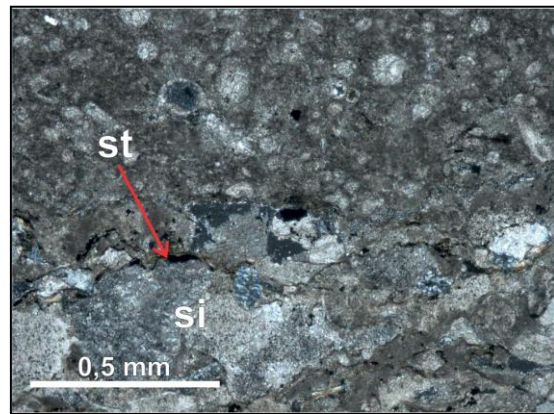


Slika 8.9. Biomikrit (*packstone*). Svetliji deo je nagomilanje mikrofosila u vidu blago zatalasale lamine. N+.

Na ovom profilu konkrecioni rožnaci su vezani za slojeve laporovitih krečnjaka. Formirani su procesom silifikacije, tokom kojeg su sitnokristalasti silicijskim minerali zamenili mikritsku osnovu. Konkrecije rožnaca predstavljaju nepravilne kvрге dimenzija od nekoliko cm. Granice između laporovitih krečnjaka i konkrecionih rožnaca najčešće su oštre. U mikroskopskom nivou zapaža se prodiranje silicijske u karbonatnu masu (Slika 8.11). Konkrecije rožnaca mineraloški predstavljaju mešavinu kriptokristalastog do finokristalastog kalcedona i sitnokristalastog kalcita. Ponegde su sačuvane silicijske ljušturre radiolarija sa kalcedonskom zapunom komora (Slika 8.11).



Slika 8.10. Biomikrit (*wackestone*). Fibrozni rasto kalcita (fc) oko odlomka serpentinita. N+.



Slika 8.11. Biomikrit (*wackestone*) sa očuvanim silicijskim ljušturama radiolarija. st - stilolitski šav. si - skoro potpuno zamenjeni kalcit kvarcnim mineralima. N+.

Na osnovu relativno bogate asocijacije planktonskih foraminifera, pre svega zonskih vrsta dikarinelidske i marginotruncanidske grupe (*Dicarinella primitiva*, grupa *M. Schneegansi-M. sigali*), kao i biostratigrafski značajnih vrsta - *D. hagni*, *D. imbricata*, *Dicarinella canaliculata* i *Marginotruncana coronata*, stratigrafska pripadnost proučavanih sedimenata je određena kao srednji-gornji turon do donji konijak (turon-?konijak).

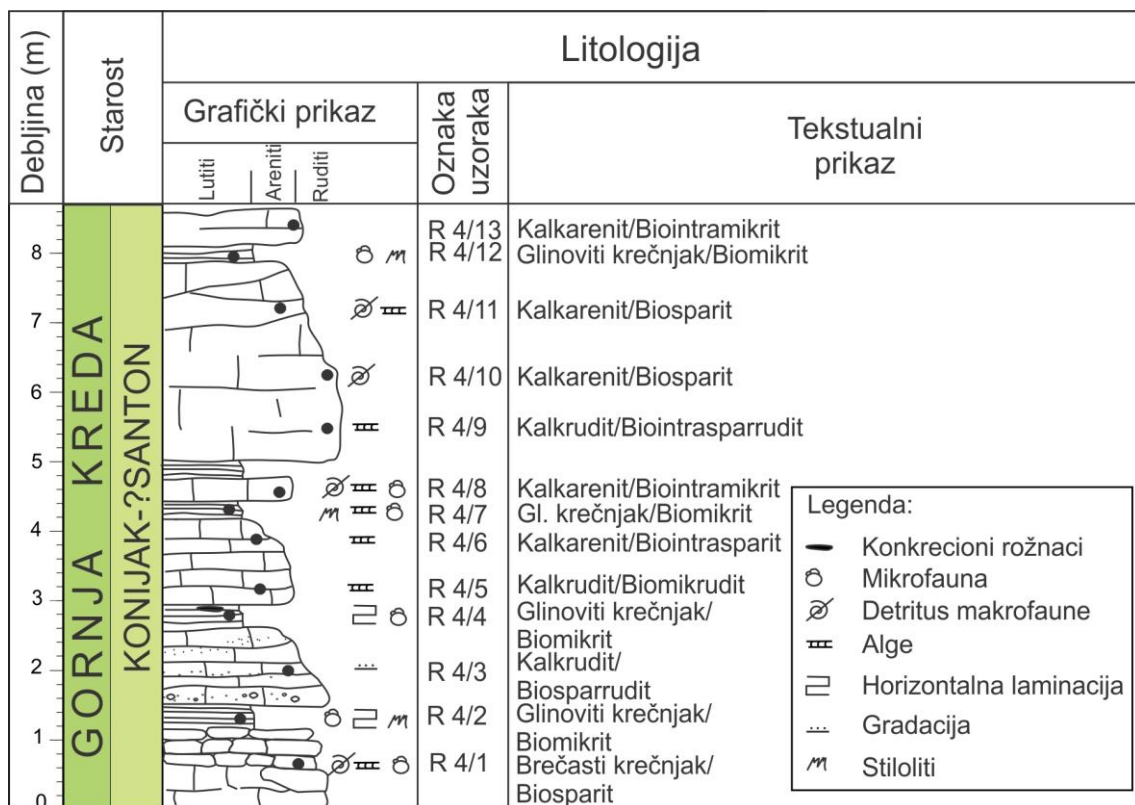
8.1.2. Karbonatne stene konijak-santona

Na putu koji od Slavkovice vodi ka Rajcu otkriven je još jedan profil karbonatnih stena (Slika 4.1, tačka R4), koji, takođe pripada jedinici krečnjaka i laporaca sa rožnacima kontinentalne padine. Snimljen je stub sa koordinatama 44°08'59", 20°14'43.4" i 469 m, ukupne debljine oko 10 m (Slike 8.12 i 8.13). Između tačaka R3 i R4 (Slika 4.1), nalazi se velika rasedna zona. Preko tektonski ubranih karbonatnih stena koje biostratigrafski pripadaju opsegu srednji turon-donji konijak leže karbonatne stene istih petroloških karakteristika. Međutim, njihovim mikropaleontološkim proučavanjima konstatovana je bogata mikrofosilna asocijacija koja odgovara konijak-santonskoj starosti.

Prema eksternoj slojevitosti mogu biti od tanko do debelo slojeviti i bankoviti. Slojevi su debljina od 0.1 do 1 m, a u najvišem delu stuba je kompozitni banak debljine oko 3 m (Slika 8.13). Slično stenama otkrivenih na prethodno opisanom profilu i ovde se laminacija susreće kod fino-zrnih varijeteta krečnjaka. U bazalnom delu stuba krečnjaci pokazuju brečastu teksturu kao posledicu dijagenetskih deformacionih procesa. Oni su crvenkasto-smeđe boje, dok je manji deo obojen sivo. Unutar krečnjaka postoje razlike koje su opredeljene granulometrijom fragmenata. Definisani su sledeći varijeteti: kalkruditi, kalkareniti i glinoviti krečnjaci (kalklutiti). Mikrofacijalno to su *rudstone*, *grainstone*, *packstone* i u manjoj meri, *wackestone* krečnjaci. U stubu se izdvajaju 5 dvočlana paketa/sekvenci sa opadanjem veličine zrna naviše – ritmičnog tipa (Slika 8.13).



Slika 8.12. Profil karbonatnih stena konijak-santona na Rajcu.



Slika 8.13. Litostratigrafski stub karbonatnih stena konijak-santona na Rajcu.

Bogat fosilni sadržaj stene sa ovog profila određuje kao bioklastične, odnosno organogene krečnjake. Za njih je, kao i za sve stene jedinice kontinentalne padine, karakteristično mešanje i smenjivanje turbiditnog materijala sa pelaškim (autohtonim), sa dominacijom turbidita. Na osnovu karaktera fosila izdvajaju se dve vrste organogenih krečnjaka. Prve, karakteriše daleko veća zastupljenost fragmenata i detritusa plitkomorskih fosila (kalkruditi i kalkareniti). Oni se, u pojedinim nivoima, javljaju u asocijaciji sa planktonskim i različitim bentoskim foraminiferima (faze mešanja). Drugi tip krečnjaka karakteriše uglavnom veća zastupljenost mikroplanktona tipa kalcisfera i dr. planktonskih oblika mikrofosila, kao što su kalcifikovane radiolarije i sitni planktonski foraminiferi (glinoviti krečnjaci).

Sporadično pojavljivanje deformacionih tektonskih tekstura u ovim krečnjacima upućuje na blizinu rasedne zone. U tim delovima, naročito je učestalo raskidanje slojeva. Od sekundarnih tekturnih oblika imaju stilolite i konkrecione rožnace.

Sadržaj CaCO_3 - kalcita, je u granicama 72-97 % (Tabela 8.2). Prema sadržaju kalcita definisani su čisti krečnjaci sa sadržajem CaCO_3 većim od 90 % (kalkareniti i kalkruditi). Nešto niži sadržaj CaCO_3 (72-89 %) imaju laporoviti i glinoviti krečnjaci.

Krečnjaci sa ovog profila su izgrađeni od raznovrsnog organogenog alohema, u sadržaju 40-70 %. Plitkomorski fosili su predstavljeni detritusom ili krupnim fragmentima raznovrsnih organizama: različitih krečnjačkih algi (*Corallinales*), molusaka, brioza, serpulida i ehinida.

Tabela 8.2. Vrednosti CaO i MgO (određeni kompleksometrijski) i preračunatog CaCO₃ u karbonatnim stenama konijak-santona na Rajcu, date u %.

Oznaka uzorka	CaO	CaCO ₃	MgO	Naziv stene
R 4/1	40.10	71.54	0.68	Brečasti krečnjaci
R 4/2	44.98	80.25	0.68	Glinoviti krečnjak
R 4/3	53.16	94.84	1.02	Krečnjak – kalkrudit
R 4/4	48.03	85.69	0.54	Glinoviti krečnjak
R 4/5	54.55	97.33	1.39	Krečnjak – kalkarenit
R 4/6	52.37	93.45	1.02	Krečnjak – kalkrudit
R 4/7	49.89	89.02	0.68	Glinoviti krečnjak
R 4/8	51.85	92.52	1.36	Krečnjak – kalkarenit
R 4/9	51.67	92.20	0.81	Krečnjak – kalkrudit
R 4/10	52.21	93.18	0.81	Krečnjak – kalkarenit
R 4/11	52.60	93.88	1.02	Krečnjak – kalkarenit
R 4/12	46.04	82.16	0.65	Glinoviti krečnjak
R 4/13	51.69	92.25	1.15	Krečnjak – kalkarenit

Asocijaciju kompleksnih oblika planktonskih foraminifera čine: *Dicarinella* cf. *imbricata*, *Dicarinella* sp., *Marginotruncana coronata*, *M. marginata* (Reuss), *M. cf. paraconcajata* Porthault, *M. pseudolinneiana*, *M. cf. renzi* (Gandolfi), *M. sinuosa* Porthault, *Globotruncana lapparenti* (Brotzen), grupa *Marginotruncana pseudolinneiana-Globotruncana linneiana* (d'Orbigny) i predstavnici grupe *Marginotruncana-Contusotruncana*. Primitivni i intermedijarni oblici planktonskih foraminifera su takođe, veoma raznovrsni i pripadaju rodovima: *Archeoglobigerina*, *Globigerinelloides*, *Hedbergella* i oblici koji najverovatnije odgovaraju rodovima *Muricohedbergella?* i *Whiteinella?*

Za definisanje starosti proučavanih sedimenata, biostratigrafski značaj imali su predstavnici kompleksnih i intermedijarnih oblika planktonskih foraminifera. U asocijaciji daleko veću zastupljenost imaju predstavnici marginotruncanida, u

odnosu na dikarinelide ili oblike koji su izdvojeni kao grupa marginotrunkanida – globotrunkanida.

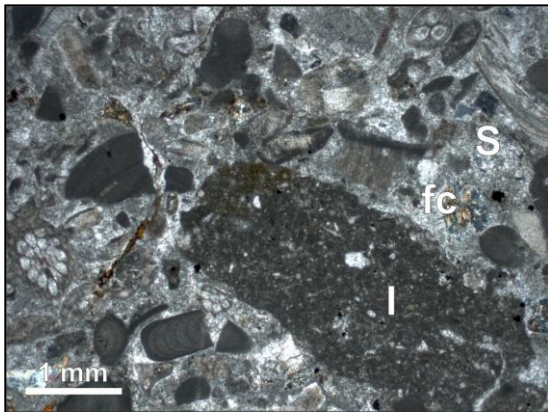
Među bentoskim foraminiferima, brojniji su predstavnici sa aglutiniranom ljušturicom, a pripadaju vrstama *Marssonella trochus*, *Moncharmontia apenninica* (De Castro) i tekstularidnim oblicima. Bentoski foraminiferi sa krečnjačkom ljušturicom su retki, pripadaju rodovima *Gavelinella*, *Lenticulina* i predstavnicima familije Miliolidae.

Sporadično se kao alohema komponenta pojavljuju retki intraklasti različitih dimenzija (0.05-2 mm, retko i veći). Zaobljenih su formi, a po unutarnoj građi odgovaraju biomikritima (Slike 8.14 i 8.15). Vezivo je sparitski cement ili mikritski matriks. Zavisno od vrste alohema i vrste veziva, definisani su biospariti, biointraspariti, biomikriti i biointramikriti (Slike 8.14-8.19). Generalno, ovi krečnjaci imaju slabu sortiranost alohemih sastojaka. Ukoliko su alohemi sastojci krupniji od 2 mm, krečnjaci dobijaju ruditski karakter (Slika 8.14).

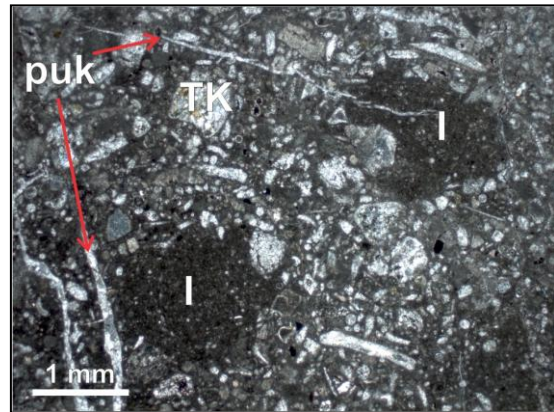
Cementacije je tekla postepeno. Fibrozni cement je prilično čest u ovim stenama. Izlučen je na površinama zrna ili u šupljinama (Slika 8.14) i označava prvi stadijum cementacije i litifikacije kalkarenitskih i kalkruditskih varijeteta. Rastom kalcita oko fragmenata krinoida i koralata (Slika 8.16) nastao je i sintaksijalni cement. Ovaj tip cementa je karakterističan za ranodijagenetsku submarinsku cementaciju (Flugel 2004). Nakon cementacije ranodijagenetskim vrstama cementa, u preostalim porama izlučen je mozaični tip cementa – sparit (Slika 8.14).

Mikritski varijeteti u osnovi imaju mikritski mulj – mikrit, koji mestimično pokazuje rekristalizaciju u mikrosparit. Mikritski varijeteti krečnjaka imaju viši sadržaj terigene komponente (10-18 %) koju čine minerali glina i organska materija. Obe komponente su fino dispergovane u mikritskoj osnovi stene. Često

su prisutni i minerali gvožđa čije prisustvo steni daje crvenu boju. Takođe, konstatovana je i sitnozrna peskovita frakcija: odlomci serpentinita i kvarcita. U sparitskim varijetetima, asocijacija terigenih sastojaka je ista, ali manje procentualno zastupljena (čisti krečnjaci).



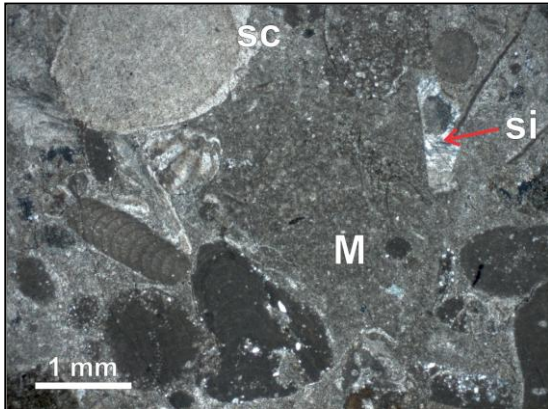
Slika 8.14. Biointrasparrudit (*rudstone*) izgrađen od raznovrsnog organskog alohema i složenog intraklasta (I). S - sparitski cement. fc - fibrozni cement oko zrna serpentinita. N+.



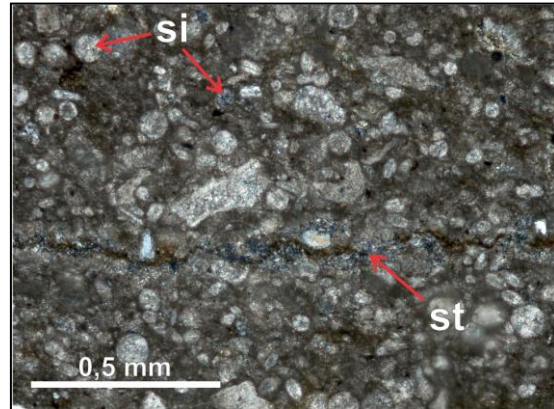
Slika 8.15. Biointramikrit (*packstone*). U mikritskom matriksu nalaze se raznovrsni preseki foraminifera i zaobljeni intraklasti (I). TK - sitnozrna terigena komponenta. puk - pukotine i prsline zapunjene sekundarnim kalcitom. N+.

Mikrostilolitizacija je česta u ovim stenama (Slike 8.17 i 8.18). U stilolitskim šavovima koncentrišu se nekarbonatni minerali (oksidi i hidroksidi gvožđa) i organska materija. Duž pojedinih stilolitskih diskontinuiteta došlo je do formiranja sitnih zrna autigenog kvarca. Izvesnim stepenom tektonizacije u ovim krečnjacima, stvorene su tanke pukotine koje su zapunjene sitnokristalastim kvarcom. Stilolitizacija je nastupila nakon tektonizacije, na šta ukazuje protezanje stilolita i preko pukotina (Slika 8.18).

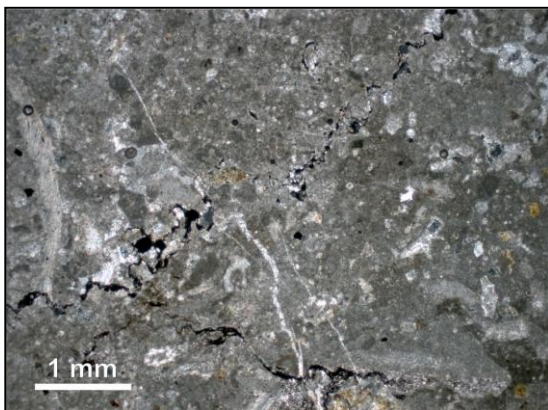
Mikritski varijeteti pokazuju mikroskopsku laminaciju. Lamine se razlikuju po boji i granulometriji organogenog detritusa (Slika 8.19). Tamnije lamine imaju veći sadržaj minerala gline i organske materije, kao i sitniju mikrofaunu. Ovakva laminacija odražava postepenu fluktaciju u prinosu materijala.



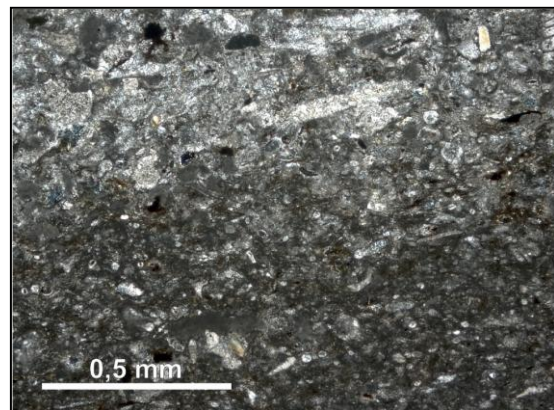
Slika 8.16. Biomikrit (*packstone*) izgrađen od raznovrsnog organskog alohema i mikrita kao veziva (M). sc – sintaksijalni cement oko zrna krinoida. si – silifikacija alohema. N+.



Slika 8.17. Biomikrit (*packstone*) sa bogatom asocijacijom planktonskih foraminifera. st – stilolitski šav markiran oksidima i hidroksidima gvožđa uz koji su formirana sitna zrna autigenog kvarca. si – sačuvane silicijske ljuštore. N+.



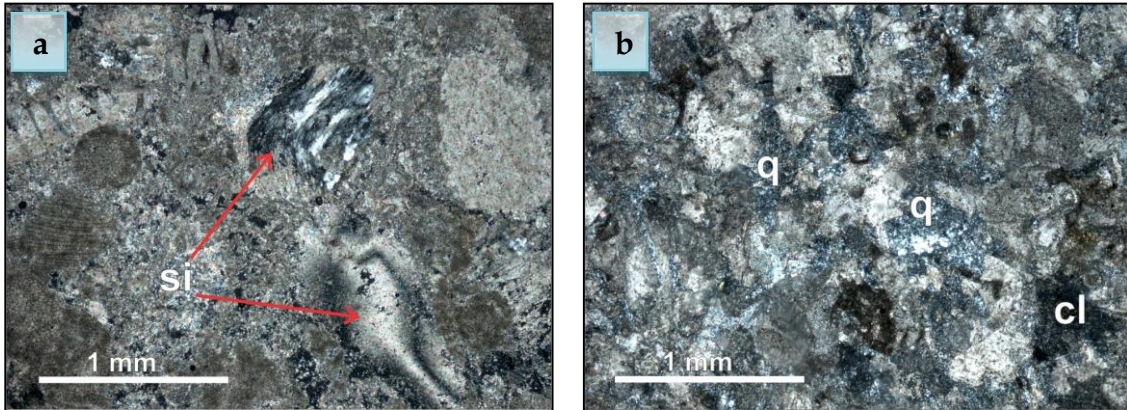
Slika 8.18. Stilolitizacija u biomikritu: stilolitski šavovi sa različitom visinom amplituda. N+.



Slika 8.19. Laminirani biomikrit (*wackestone*) N+.

Ovde, mada ređe nego u stenama iz prethodno opisanog profila, nalaze se centimetarske kvрге konkreacionih rožnaca unutar glinovitih krečnjaka (Slika 8.13). Granice između rožnaca i krečnjaka nisu oštre, jer karbonat nije u potpunosti zamenjen silicijom. Mikroskopski se jasno zapažaju prelazi od silifikovanih, preko jako silifikovanih mikrita u rožnace (Slike 8.20a i b). Boja stene je siva do tamno siva. Glavni minerali su kalcedon, mikrokristalasti kvarc i opal, koji čine osnovu stene u kojoj se nalaze retka zrna kalcita, kao i

rekristalisane radiolarije. U pojedinim uzorcima sačuvane su silicijske ljuštore sa kalcedonskom zapunom komorica (Slika 8.20b). Konstatovana su i mala gnezda autigene silicije – kalcedona.



Slika 8.20. Silifikacija u konijak-santonskim organogenim stenama na Rajcu. **a.** Silifikovani biosparit. si - silifikacija ortohema i dela alohema. N+. **b.** Silifikovani kalkarenit izgrađen od autigenog kvarca (q) i kalcedona (cl) i ostataka primarnog krečnjaka. N+.

Opisani rožnaci nastali su zamenom kalcita amorfnom silicijom, na šta ukazuju postupni prelazi karbonata u rožnace. Silicija potiče od skeleta radiolarija. Silifikacija je zapažena i duž pukotinskih sistema i stilolitskih šavova. Potpuna silifikacija je dala nepravilna tela konkrecionih rožnaca (kvrge), a nepotpuna dala silifikovane krečnjake.

Analizom bogate asocijacije planktonskih foraminifera, u kojoj su dominantne marginotrunkanidske vrste, kao i biostratigrafski značajne bentoske foraminifere (vrsta *Moncharmontia apenninica*), utvrđena je starost karbonatnih stena u rasponu od konijaka do santona.

Bioklastični plitkomorski detritus je produkt pretaložavanja priobalnih grebensko-prigrebenskih i sprudnih gornjokrednih tvorevina, a glinoviti karbonatni detritus i planktonska fauna su basenski autohtoni ili pelaški talozi. Retki terigeni materijal potiče od raspadanja ofiolita sa nešto udaljenijeg kopna.

Nagib padine, preopterećenost naslaga i verovatno tektonika, usloveli su stvaranje karbonatnih stena na Rajcu (Slika 4.1, tačke R3 i R4) u opsegu odsrednjeg turona do santona. Ovim procesima dolazi do mešanja kalkarenita i kalkrudita kao turbiditnih naslaga sa fino-zrnim materijalom koji predstavlja autohtone (pelaške) naslage. Karbonatni mulj basena je podloga preko koje su akumulirani sedimenti počinjali da klize (Colacicchi & Baldanza 1986), dovodeći do pojave deformacije slojevitosti i nekad izostajanje pojedinih slojeva. Dok je cementacija kalkarenita i kalkrudita obavljena relativno brzo, dotle je karbonatni mulj ostao nevezan kroz duži period, što je uslovalo smenjivanje krečnjaka različite krupnoće.

8.1.3. Karbonatne stene santona

U napuštenom kamenolomu u višim delovima Rajca, na njegovim južnim padinama otkrivene su karbonatne stene crvenkaste do crvenkasto-smeđe boje, dok je manji deo sivo obojen (Slika 8.21). Početne koordinate snimljenog profila su X 44°07'25.8", Y 20°16'02.6" i Z 715 m, ukupne debljine oko 10 m (Slika 4.1, tačka R7).

Prema sedimentološkim karakteristikama, izdvajaju se krečnjaci sa različitim debljinama slojeva. Uglavnom se radi o tankim do srednje debelim ili debelim slojevima karbonatnih stena bioklastičnog karaktera. Deblje slojeve karakteriše šupljikava tekstura (Slika 8.22) i krupne valutice terigene komponente. Na gornjim površinama slojevitosti zapažaju se tragovi kretanja organizama (Slika 8.23). U donjem delu stuba nalaze se tanki proslojci fino-zrnijih kračnjaka koji se ističu jako crvenom nijansom. Mestimično su jako laminirani.

Prema dimenzijama detritičnog materijala bioklastični krečnjaci se definišu kao kalkarenitski do ruditski varijeteti vezani sparitskim cementom (*grainstone* i

rudstone mikrofacije). U mineraloškom smislu to su krečnjaci izgrađeni od karbonatnog i klastičnog materijala.



Slika 8.21. Crvene karbonatne stene santona na vrhu Rajca.



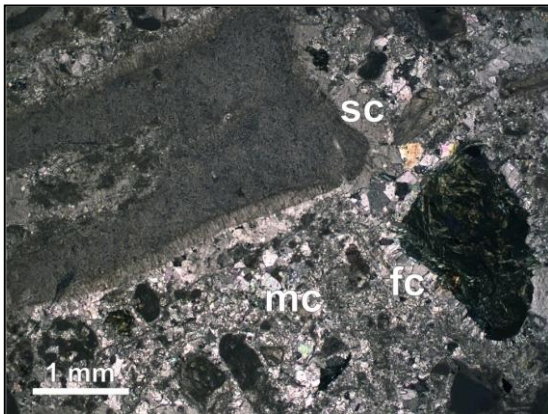
Slika 8.22. Šupljikava tekstura crvenkastih slojevitih krečnjaka na Rajcu.



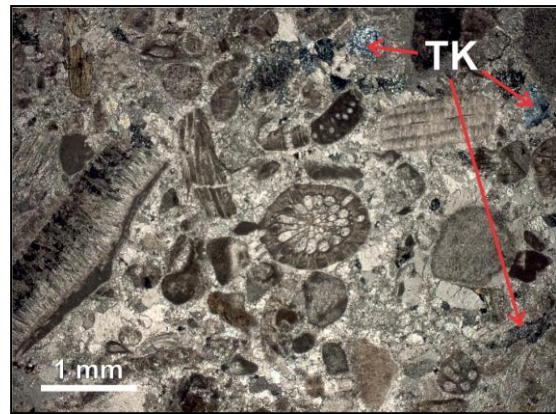
Slika 8.23. Tragovi kretanja organizama na gornjim površima slojevitosti crvenkastih krečnjaka Rajca.

Sadržaj karbonata u crvenkastim krečnjacima na vrhu Rajca je 85 do 94 %. U sedimentološkom pogledu predstavljeni su ortohemom i alohemim (unutarbasenskim) sastojcima. Definisani su kao biospariti ili biosparruditi (Slike 8.24 i 8.25). Ortohem je sitnokristalasti do srednjo kristalasti kalцит - sparit. Prvo su cementovani fibroznim (vlaknastim) i sintaksijalnim cementom, a potom kalcitskim cementom mozaičnog tipa (Slika 8.24). Vezivo je pigmentirano mineralima gvožđa.

Alohemi sastojci su organogenog porekla (Slika 8.25). Pretežno se radi o finom organogeni detritusu - mekušaca, ehinodermata (radiole i drugi skeletni elementi), briozoa, koralinacea i drugih organizama. Veoma su retki bentoski i planktonski foraminiferi. Sadržaj organogenog alohema je u granicama od 30 do 60 %.



Slika 8.24. Biosparrudit (*rudstone*). Oko odlomka serpentinita rastao je fibrozni cement (fc), dok je oko fragmenta fosila rastao sintaksijalni cement (sc). mc - mozaični kalcitski cement u međuprostorima. N+.



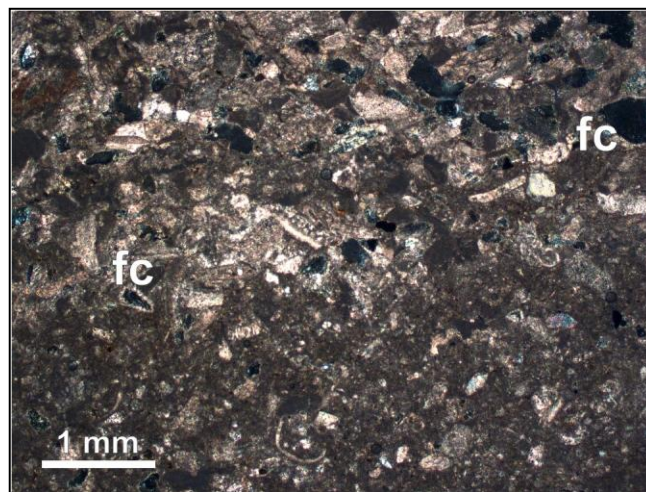
Slika 8.25. Biosparit (*grainstone*) sa raznovrsnim organogenim detritusom. TK - sitnozrna terigena komponenta. N+.

Sadržaj klastične komponente je od 6 do 15 %. Predstavljen je peskovitom frakcijom (Slika 8.24), dok su zrna veća od 2 mm retka. Preovlađuju odlomci serpentinita i serpentisanih peridotita, znatno manje su zastupljeni odlomci

rožnaca, dijabaza i monomineraln zrna kvarca. Prisustvo hromita kao teškog minerala naglašava dominantno poreklo klastičnog materijala sa ultramafita.

U ovim krečnjacima prisutna je međuzrnasta poroznost i retki stiloliti. U stilolitskim šavovima nalaze se minerali gvožđa, koji se nalaze i kao pojedinačna zrna u steni.

Sadržaj CaCO_3 u finozrniji stenama je 68-72 % - laporoviti krečnjaci. Strukturno odgovaraju *mudstone* i *wackestone* mikrofacijama. Ortohem je mikrit koji je izmešan sa glinovitim mineralima i jako pigmentiran oksidima gvožđa (Slika 8.26). U osnovi stene prisutna je i alevritska frakcija, u vidu sitnog zrna uglastog kvarca, odlomakaserpentinita i liski sericita.



Slika 8.26. Laporac, biomikrit (*wackestone*) sa retkim planktonskim foraminiferama i finozrnim terigenom komponentom. U šupljinicama je izlučen fibrozni cement (fc). N+.

Alohema komponenta je predstavljena planktonskim i bentoskim vrstama mikroorganizama i sitnim detritusom plitkomorskih fosila. Prisutni retki planktonski foraminiferi su: *Globotruncana linneiana* (d'Orbigny), *Globotruncana* sp. i drugi globigeriniformni oblici, kao i kalcisfere - *Pithonella ovalis*

(Kaufmann). Konstantovani retki bentoski foraminiferi su: *Marsonella turris* (d'Orbigny), "*Coscinophragma*" i ?*Lenticulina*. Alohem je uglavnom homogeno raspoređen u osnovi stene, mada može graditi i nepravilna nagomilanja. U analiziranim uzorcima krečnjaka sa ovog lokaliteta nisu konstatovani zonski planktonski foraminiferi. Međutim, na osnovu vrste *Globotruncana linneiana*, zaključuje se da su ove stene santonske starosti.

Krečnjake u najvišim delovima Rajca opisali su u ranijim radovima Simić (1940), Maksimović (1953), Pašić (1955), Anđelković (1960; 1978) i Filipović et al. (1978). Maksimović (1953) ove stene smatra „najnižom delovima krečnjaka Rajca, koji su u tektonskom odnosu sa serpentinitima Maljena“. Međutim, on ne isključuje mogućnost da ove stene, mogu biti nataloženi i direktno preko serpentinita na margini basena. Ubraja ih u „faciju sprudnih krečnjaka senona“, koja se, prema njemu, nalazi iznad „facije laporovitih pločastih krečnjaka i laporaca“ na Rajcu i okolini. Na osnovu hipuritske faune (*Hippurites (Orbignya) nabresinensis* Futt) iz ovih krečnjaka, njihova starost je određena kao santonska. Na Ravnoj Gori „identične tvorevine gornje krede“, kao ove na Rajcu opisala je Pašić 1955. godine. I na Ravnoj gori su crveni krečnjaci u tektonskom odnosu sa serpentinitima, a leže ispod laporovitih krečnjaka. Na osnovu paleontoloških nalazaka (*Hippurites (Vaccinites) gosaviensis* Douvillé), crveni krečnjaci Ravne gore, takođe pripadaju santonu. Anđelković (1960) proučavajući paleogeografiju i tektoniku zapadne Srbije, crvene krečnjake sa vrha Rajca svrstava u „sprudnu podformaciju“ koja zajedno sa „krečnjačko-laporovitom podformacijom“ čini „krečnjačku formaciju“ gornje krede. Nešto kasnije, 1978. godine pišući o gornjoj kredi unutrašnjih Dinarida, Anđelković crvene krečnjake na Rajcu pominje u okviru „facije sprudnih i subsprudnih sedimenata“, koji su superpoziciono iznad „facije terigenih stena“, a ispod „facije inoceramsko-foraminiferskih laporaca“. Na listu Gornji Milanovac, O GK 1:100.000 (Filipović et al. 1971) rumeni krečnjaci na južnim padinama Rajca

obeleženi su kao organogeno-detritični krečnjaci i laporci cenoman-turona, otkriveni u neposrednoj blizini serpentinisanih peridotita.

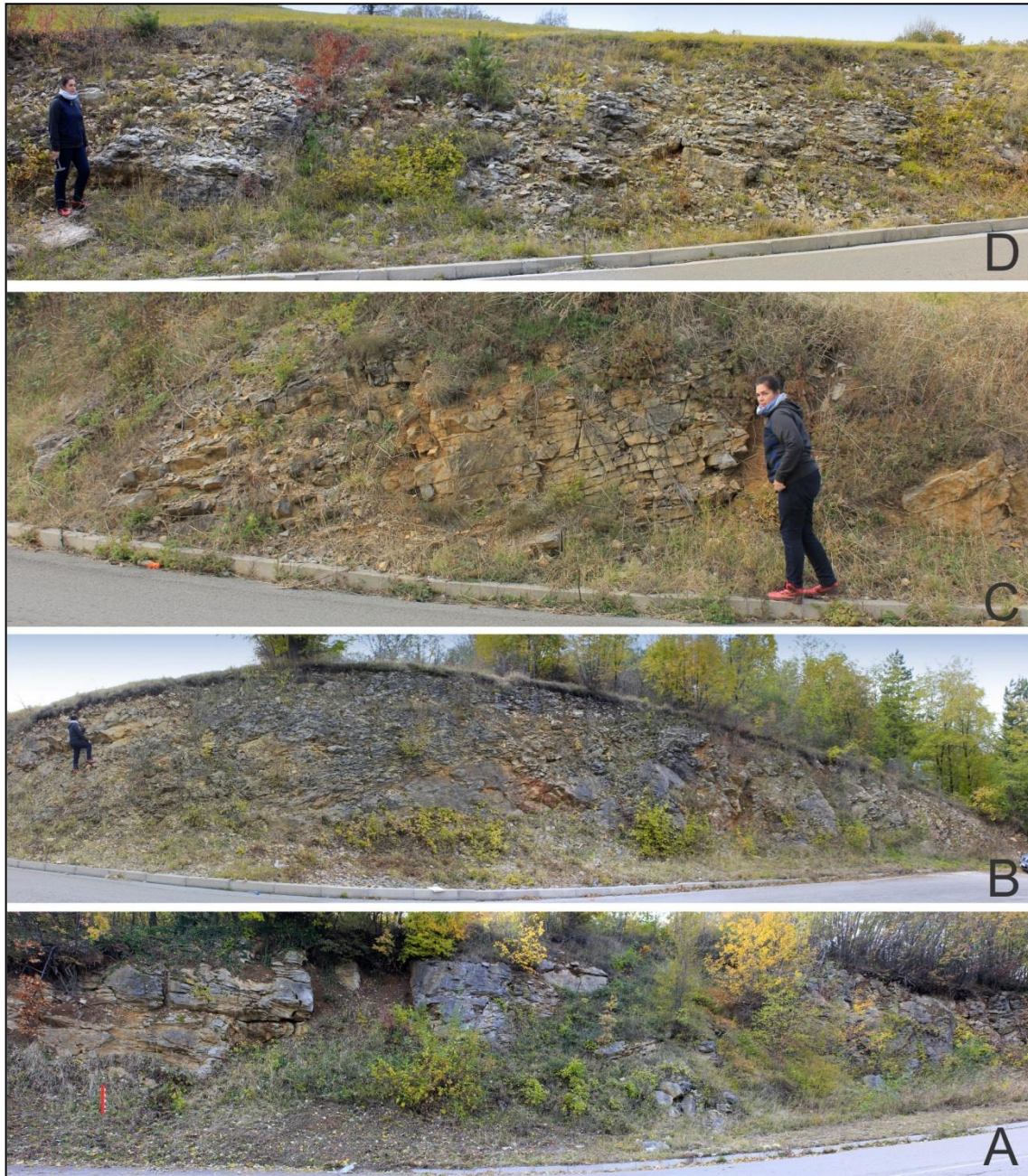
Ovi krečnjaci obrazovani su u drugačijim uslovima sedimentacije, u delovima basena mirnijim i udaljenijim od obale. Postoji mogućnost da su nataloženi u obodnim delovima basena direktno preko serpentinita. Taj odnos nije uočen, na terenu svuda je tektonski

8.1.4. Sintetski stub karbonatnih stena gornjeg kampana

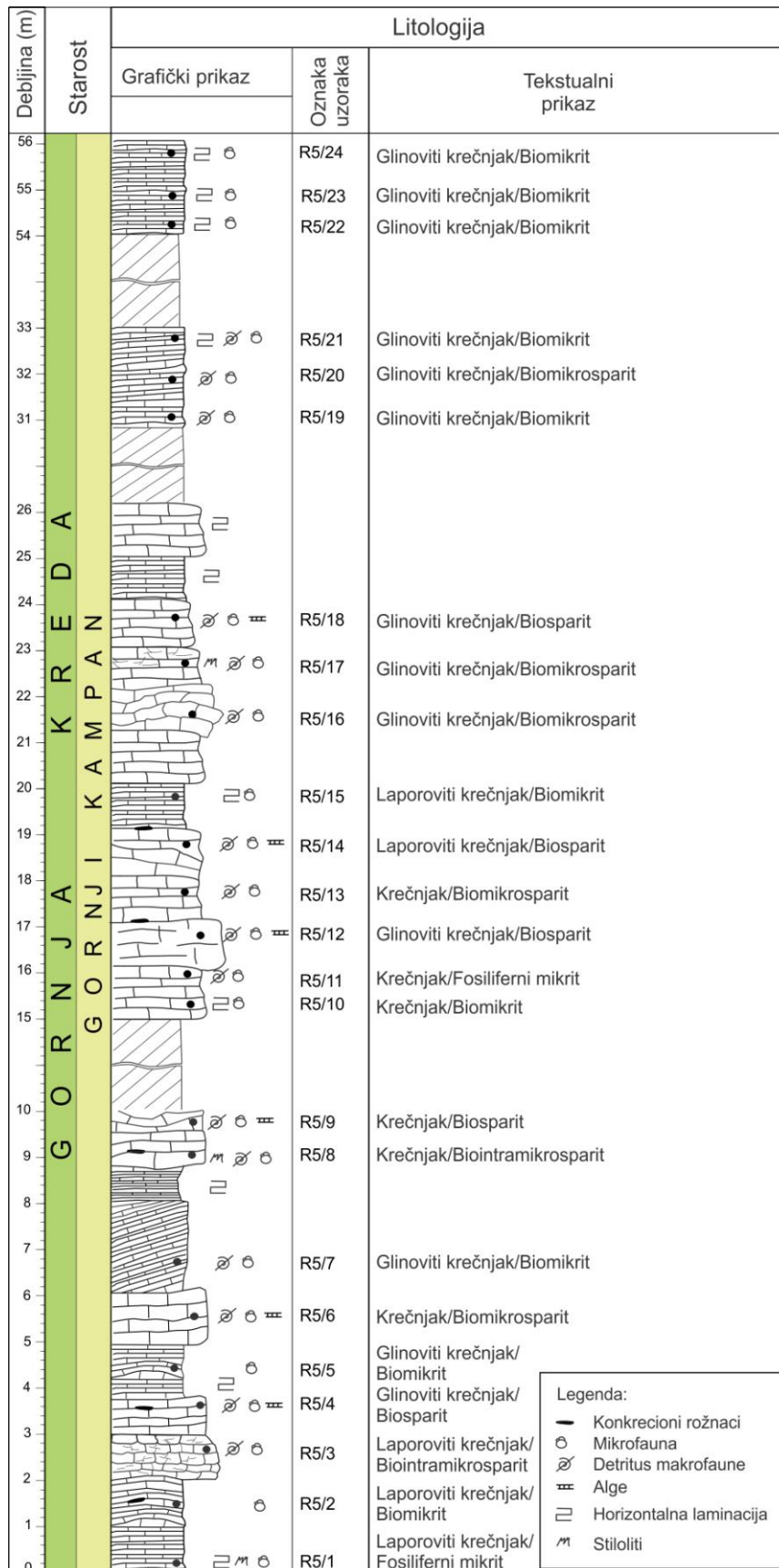
Sa povećanjem dubine oblasti sedimentacije i smanjenjem pokretljivosti vodene sredine taložili su se sve sitnozrnije sedimentne stene na kontinentalnoj padini. U najvišim delovima Rajca (Slika 4.1, tačka R5) stvarani su laporci, glinoviti krečnjaci i krečnjaci struganičkog tipa. Litostratigrafski stub najviših delova Rajca je debljine 72 m zajedno sa pokrivenim naslagama između profila (Slika 8.27). Ovaj stub predstavlja sintetski stub sa četiri kontinuirana profila (Slika 8.28). Krečnjaci su sivo-ružičaste boje, a na nekim mestima su obojeni plavičasto sivo ili tamno sivo. Boja je uslovljena količinom dispergovanog hematita, odnosno Fe-hidroksida u steni, a kod sivih i tamnih varijeteta sadržajem oksida mangana.

Osnovni teksturni oblik pojavljivanja svih litotipova krečnjaka je slojevitost. Debljina slojeva je različita, od nekoliko cm (tanko slojeviti) do 80 cm (debelo slojeviti). Površine slojevitosti su oštre, blago talasaste ili talasaste. Na gornjim površinama slojevitosti zapažaju se tragovi kretanja organizama. Intenzivnom postsedimentnom tektonikom u nekim delovima terena, krečnjačke stene su izrazito ubrane, ispucale i lomljene u centimentarske komadiće. U najvišim delovima stuba kao posledica intenzivnog drobljenja nastale su krečnjačke breče. *Fitting* (pakovanje sastojaka) je u brečama vrlo visok, klasti su najčešće odvojeni tektonskim pukotinama i prslinama jer nisu značajnije kretani (Slika

8.28). Interni teksturni oblici zapaženi u slojevima su horizontalna i talasasta laminacija. Pošto je čitavo područje Rajca intenzivno ubrano i tektonizovano, slojevi opisanih krečnjaka isklinjavaju i imaju izgled sočivastih tela.



Slika 8.27. Profili karbonatnih stena gornjeg kampana u višim delovima Rajca sa početnim koordinatama: A – X 44°14'86.65", Y 20°24'71.28" i Z 507 m, crvena linija je visoka 1 m. B – X 44°14'81.12", Y 20°24'72.07" i Z 522 m. C – X 44°14'81.12", Y 20°24'72.07" i Z 538 m. D – X 44°14'61.15", Y 20°24'45.02" i Z 562 m.



Slika 8.28. Sintetski litostratigrafski stub karbonatnih stena gornjeg kampana u višim delovima Rajca.

Krečnjaci su osnovne karbonatne stene u stubu, obzirom da je skoro isključivi petrogeni mineral u ovim stenama kalcit. Zavisno od prisustva glinovite komponente krečnjaci mogu biti glinoviti i laporoviti (Tabela 8.3). Ukoliko je sadržaj CaCO_3 , tj. kalcita manji od 65 %, a adekvatno povećan sadržaj minerala glina, onda je reč o laporcima. Oni predstavljaju najtanje slojeve u stubu, a mogu se sresti i kao prosljoci uz krečnjake.

Tabela 8.3. Vrednosti CaO i MgO (određeni kompleksometrijski) i preračunatog CaCO_3 u karbonatnim stenama gornjeg kampana na Rajcu, date u %.

Oznaka uzorka	CaO	CaCO_3	MgO
R 5/1	40.10	71.54	0.68
R 5/2	39.38	70.25	0.68
R 5/3	41.95	74.84	1.00
R 5/4	48.03	85.69	0.34
R 5/5	48.95	87.33	nije rađen
R 5/6	52.37	93.45	0.34
R 5/7	49.89	89.02	nije rađen
R 5/8	51.85	92.52	0.34
R 5/9	51.67	92.20	0.81
R 5/10	52.21	93.18	nije rađen
R 5/11	52.60	93.88	nije rađen
R5/12	46.04	82.16	1.00
R5/13	51.69	92.25	0.68
R5/14	44.04	78.59	0.34
R5/15	39.40	70.31	nije rađen
R5/16	46.27	82.57	nije rađen
R5/17	50.15	89.49	0.34
R5/18	48.80	87.08	0.68
R5/19	46.94	83.77	0.34
R5/20	45.55	81.29	0.34
R5/21	48.96	87.38	0.68
R5/22	48.29	86.18	1.00
R5/23	45.13	80.55	nije rađen
R5/24	46.45	82.90	nije rađen

Stene su jako ispucale, a pukotine su zjapeće ili su zapunjene belim kristalastim kalcitom. Redovno su prisutni i stiloliti. Po slojnim površinama često se nalaze Mn-dendriti.

U stubu se smenjuju dva litotipa krečnjaka karakteristični za opisivanu jedinicu krečnjaka i laporaca sa rožnacima kontinentalne padine – dubokovodni (alohemomikritski) i turbiditni (alohemosparitski) krečnjaci. Alohemomikritski homogeni krečnjaci predstavljaju autohtone stene dublje karbonatne sedimentacije i preovlađuje u stubu. Drugi litočlan su alohemosparitski krečnjaci čije je poreklo materijala vezano za plitku morsku sredinu. Oni imaju homogenu do brečastu strukturu. Plitkovodni materijal je u dubokovodni sistem povremeno prinesen turbiditnim tokovima niz kontinentalnu padinu. Dijagenetskim procesom silifikacije nastali su konkrecioni rožnaci kao treći litočlan.

Mikropaleontološkim proučavanjima karbonatnih stena sa ovih profila konstatovana je veoma bogata mikrofosilna asocijacija. Dominantan značaj imaju planktonski foraminiferi – globotruncanidi. Takođe, često su zastupljeni i različiti bentoski foraminiferi i detritus plitkomorskih i dubokomorskih fosila, koji su daleko ređi ovde nego u krečnjacima iz ranije opisanih profila i stubova na Rajcu.

Autohtoni (alohemomikritski) krečnjaci odgovaraju *wackestone* mikrofacijama. Osnova stene izgrađena je od karbonatnog mulja – mikrita (Slike 8.29-8.32). AloHEMA komponenta je predstavljena raznovrsnim organskim detritusom. Preovlađuju planktonski foraminiferi i drugi planktonski oblici mikrofosila (mikroplankton tipa kalcisfera, kalcificirane radiolarije). Utvrđeni su biomikriti i fosiliferni mikriti na osnovu sadržaja biogene komponente.

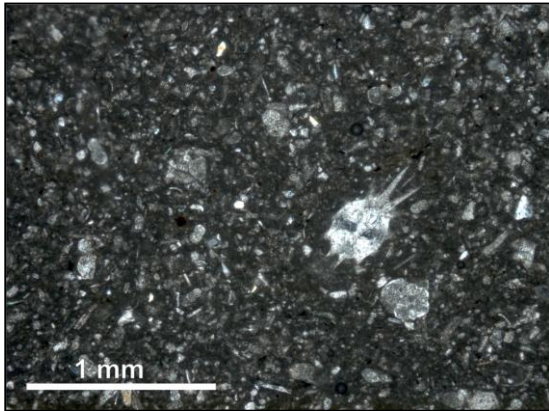
Planktonski foraminiferi su predstavljeni različitim vrstama: *Contusotruncana fornicata* (Plummer), *C. cf. fornicata*, *C. patelliformis* (Gandolfi), *C. patelliformis-C.*

plicata (White), *C. plummerae* (Gandolfi), *Gansserina* sp., *Globotruncana arca* (Cushman), *G. Arca-G. orientalis* (El Naggar), *G. cf. aegyptiaca* (Nakkady), *G. bulloides* (Vogler), *G. cf. falsostuarti* (Sigal), *G. hilli* (Pessagno), *G. (?) insignis* (Gandolfi), *G. lapparenti*, *G. linneiana* (d'Orbigny), *G. orientalis* (El Naggar), *G. ventricosa* (White), *G. cf. ventricosa*, *G. cf. rosetta* (Carsey), *Globotruncana* sp., *Globotruncanita* s.l. *elevata* (Brotzen), *Gl. stuarti* (de Lapparent), *Gl. cf. stuarti*, *Gl. stuartiformis* (Dalbiez), kao i oblici izdvojeni u grupu *Globotruncanita-Radotruncana* i *Marginotruncana?-Globotruncanita*. Veliku zastupljenost imaju i sitni, primitivni i intermedijarni oblici planktonskih foraminifera, među kojima su izdvojeni *Hedbergella* sp., *Heterohelix* sp., *Archaeoglobigerina* sp., *Globigerinelloides* sp., *Globotruncanella* sp.

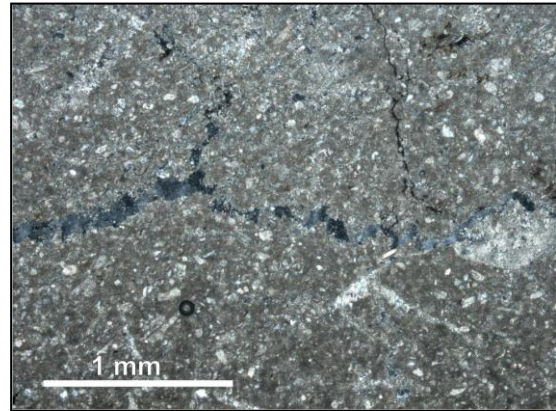
Nekarbonatni deo u ovim krečnjacima je u najvećem procentu predstavljen mineralima gline (glinoviti krečnjaci i laporci). U manjem sadržaju nalaze se odlomci kvarca, kvarcita, serpentinita i liske sericita. Njihova veličina je u okvirima alevritske frakcije. Minerali gvožđa i organska materija su prisutni kao sitna nagomilanja nehomogeno raspoređena u steni ili su izmešani sa mikritom i pigmentiraju stenu (Slike 8.31 i 8.32).

Procesi rekristalizacije i silifikacije su prisutni i posebno izraženi na fosilima. Biomikriti su ispresecani pukotinama koje su zapunjene kristalastim kalcitom. Takođe, zapažaju se i mikrotiloliti sa šavovima markiranim mineralima gvožđa, organskom materijom i retkim zrnima kvarca (Slika 8.30).

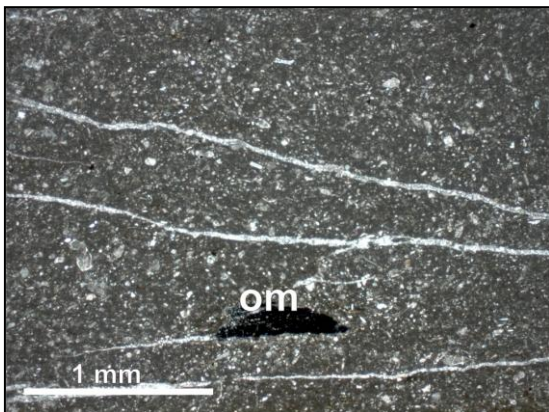
Ovi krečnjaci pokazuju horizontalnu laminaciju. Mikrolamine se razlikuju po količini fosilnog detritusa, a delom i po granulometriji (Slika 8.32).



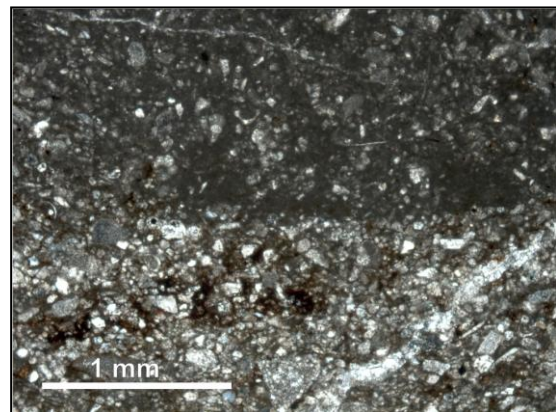
Slika 8.29. Biomikrit (*packstone*). Pelaški laporac sa bogatom faunom planktonskih foraminifera. N+.



Slika 8.30. Biomikrit (*wackestone*). Glinoviti krečnjak sa nepravilnim stilolitskim šavovima koji presecaju stenu. N+.



Slika 8.31. Biomikrit (*wackestone*). Krečnjak sa prslinama zapunjenim sekundarnim kalcitom. om - sočivasto nagomilanje organske materije. N+.



Slika 8.32. Laminirani biomikrit. Gornja lamina ima karakter pelaškog mikrita, dok donja odgovara alohemijskim krečnjacima. N+.

Turbiditni krečnjaci u stubu po svojim karakteristikama, pre svega strukturnim, odgovaraju *grainstone* i *packstone* mikrofacijama – biosparitima i biomikrosparitima i biointramikrosparitima (Slike 8.33-8.36). Ortohemu komponentu čini sitnokristalasti sparit i mikrosparit. Mikrosparit je nastao potpunom prekrizacijom karbonatnog mulja – mikrita. Alohemi deo stene čine organogeni ostaci i intraklasti. Dimenzija su od sitno do krupno kalkarenitskih (0.125-2 mm). Retki su alohemi sastojci krupniji od 2 mm – ruditskih dimenzija. Intraklasti su složenog tipa i mogu se smatrati fragmentima već delimično

konsolidovanih krečnjaka biomikritskog sastava (Slika 8.34). Osim planktonskih mikroorganizama koji su deo složenih intraklasta, ostatak bogatog fosilnog sadržaja čini i bentoski, plitkomorski i dubokomorski detritus.

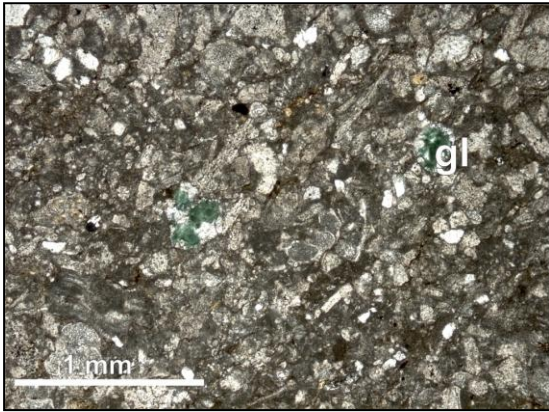
Bentoski foraminiferi su predstavljeni različitim oblicima: *Bolivinooides* sp., *Gavelinella voltziana* (d'Orbigny), *Gaudryina pyramidata* (Cushman), *Minouxia* sp., *Nodosaria* sp., *Reussella* sp., *Stensioeina* sp., *Tritaxia* sp., sitni rotaloidni i tekstularidni oblici i makroforaminiferi – *Goupillaudina* sp., *Pararotalia* sp. i dr. Rotaliidae, *Sulcoperculina?* sp. i fragmentarni preseki predstavnika subfamilije *Siderolitinae* i *Orbitoidinae*. Plitkomorske fosile čine fragmenti i detritus bivalvija i dr. molusaka, briozoa, ehinida i različitih krečnjačkih algi. Dok su dubokomorski fosili predstavljeni fragmentima unutrašnjeg sloja ljuštare *Inoceramus* sp. (izolovane prizme).

Klastična komponenta koju čine uglasta zrna kvarca, serpentinita, muskovita i ređe glaukonita, je sitnozrna do srednjozrna peskovita komponenta. Glaukonit je prisutan u zrnima veličine do 0.2 mm, koja su svetlozelene boje. Vrlo često ispunjava komorice sitnih mikroorganizama (Slika 8.33). Ove odlike pokazuju da je glaukonit u ovim krečnjacima autigenog porekla. Stvaran je u plitkovodnim područjima, u zonama bogatijim kiseonikom, pa je turbiditnim strujama, sa ostalim plitkovodnim materijalom, unešen u basen.

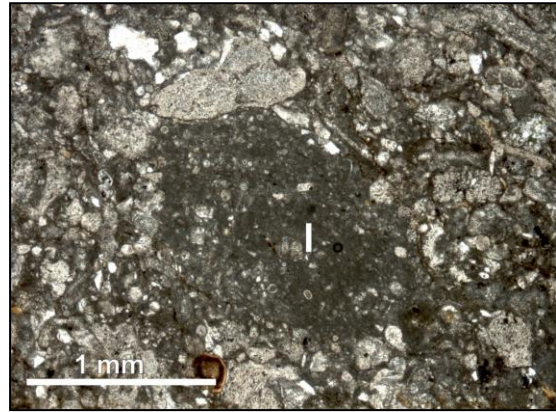
Preostali klastični deo je predstavljen mineralima glina, oksidima gvožđa i organskom materijom koji se naročito mogu zapaziti kao zapune u stilolitskim šavovima. Takođe, gvožđeviti minerala se često koncentrišu vidu nepravilnih nagomilanja u steni (Slika 8.35).

Osim prekrystalizacije u ovim krečnjacima je zapažena silifikacija, kako alohema, tako i dela ortohema (Slika 8.36). Konkrecije rožnaca su manje, kuglaste do nepravilne kvрге. Retko su prisutne i obično koncentrisane duž površi slojevitosti. Sadrže dosta dokaza o dijagenetskom procesu zamene. Često

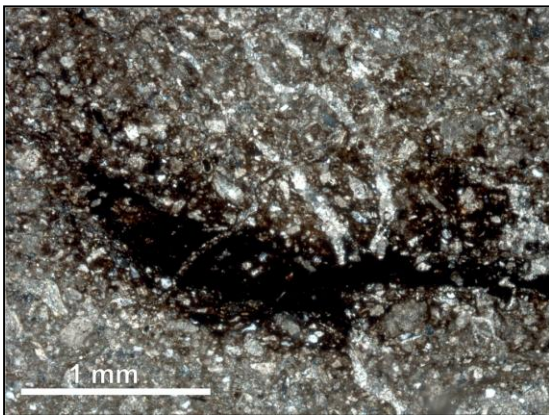
se uočava kako se karbonat zamenjuje silicijom (kvarc), dok kalcedon ispunjava pukotinske prostore (Slika 8.36).



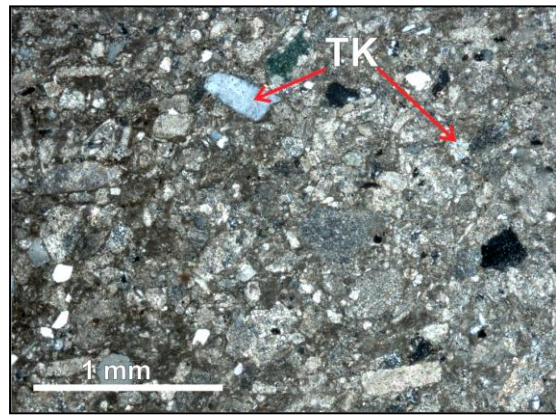
Slika 8.33. Biomikrosparit (*grainstone*) izgrađen od mešavine plitkomorskog i planktonskog detritusa i mikrosparitskog cementa. gl - glaukonit kao terigena komponenta. NII.



Slika 8.34. Biointramikrosparit (*grainstone*) izgrađen od mešavine plitkomorskog i planktonskog detritusa i mikrosparitskog cementa. I - intraklast složenog (biomikritskog) tipa. NII.



Slika 8.35. Biomikrosparit (*packstone*) sa nepravilnim nagomilanjima minerala gvožđa. N+.



Slika 8.36. Biosparit (*grainstone*) sa silifikacijom ortohehema i dela alohehema. TK - terigena komponenta. N+.

Na osnovu determinisanih zonskih i biostratigrafski značajnih globotruncanidskih vrsta, pre svega vrsta *Globotruncana ventricosa*, *G. cf. aegyptiaca*, *G. (?) insignis*, *G. cf. falsostuarti*, *Gobotruncanita s.l. elevata*, *Gl. stuarti* i *Contusotruncana patelliformis* - *Contusotruncana plicata*. Stratigrafska pripadnost proučavanih krečnjaka i laporaca sa sva četiri profila određena je kao gornji kampan.

Utvrđeni varijeteti krečnjaka u višim delovima Rajca, ukazuju da je litostratigrafski stub gornjeg kampana dominantno izgrađen od fino do sitnozrnih karbonatnih stena mikritskog tipa. Tip slojevitosti, sitnozrnost materijala, tragovi kretanja organizama, proslojavanje, pokazuje da su ovi krečnjaci i laporci stvarani u mirnim delovima basena - dublji delovi kontinentalne padine. Šelf je bio otvoren prema okeanu što je rezultiralo prinosom radiolarija od kojih vodi poreklo silicija.

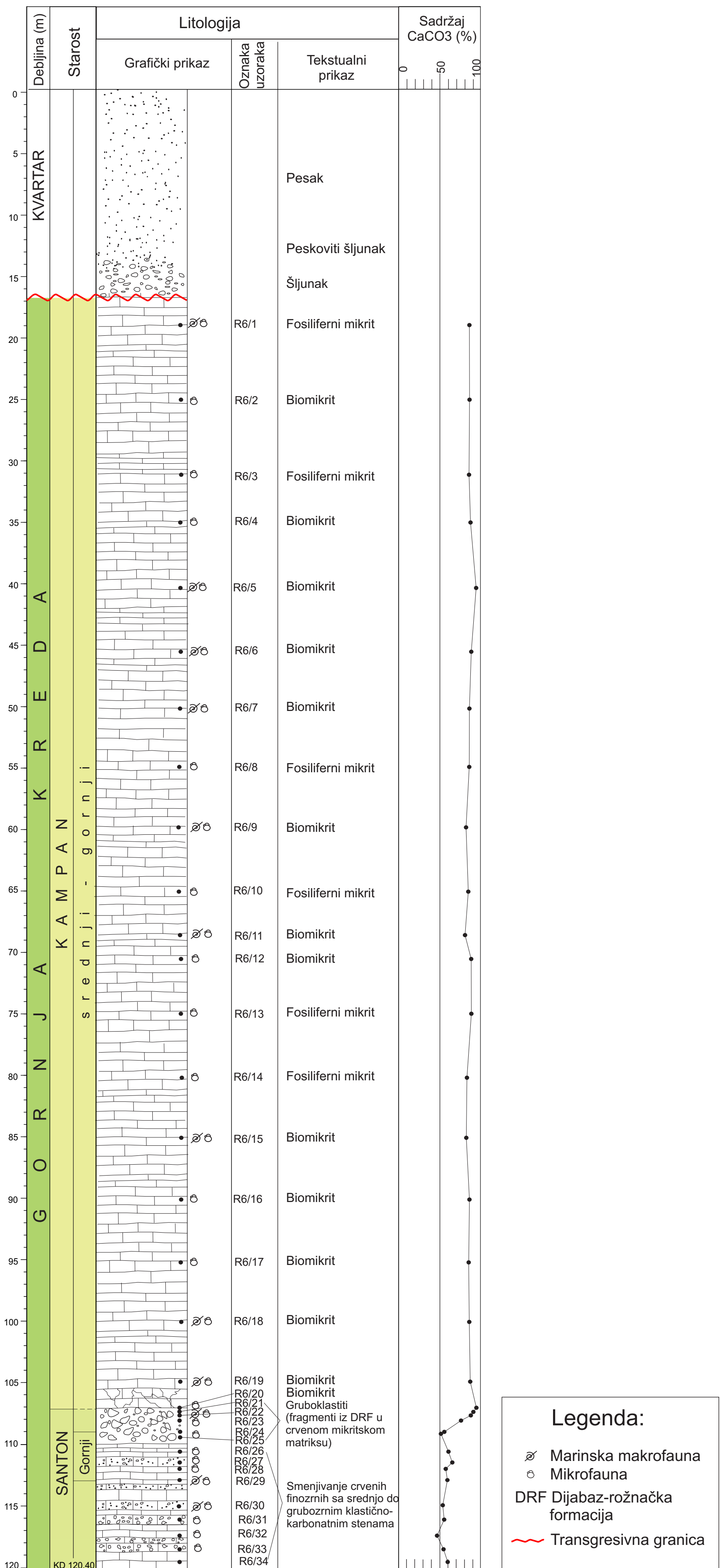
Cela jedinica krečnjaka i laporaca sa rožnacima kontinentalne padine koja je otkrivena na Rajcu (put Slavkovica-Rajac, Slika 4.1, tačke R3-R5) ukazuje na opadanje veličine zrna naviše i na produbljivanje basena. Sve to je posledica separacije detritusa tokom njegovog kretanja niz kontinentalnu padinu, koja se obično nalazi na dubini od nekoliko desetina do stotinak metara. Unošenje materijala u basen je najverovatnije prvobitno bilo u vidu tečenja debrisa. Ono se u donjem delu padine razvilo u turbiditni tok iz kojeg su se taložili sitnozrni ili srednjozrni turbiditi (tačke R3 i R4). Na kraju u najdubljim nivoima, u donjim delovima kontinentalne padine ili u basenskim ravninama nastaju finozrne mikritske stene, kakve su opisane gornjokampanske stene na Rajcu. U njima dominira pelaška mikrofossilna asocijacija, dok je najsitniji klastični i organogeni detritus donešen sa kopna.

8.1.5. Karbonatne stene bušotine kod planinarskom doma na Rajcu

Istražna bušotina na Rajcu rađena u svrhu hidrogeoloških istraživanja, kod planinarskog doma (Slika 4.1, tačka R6 - X 44°08'30.3" Y 20°14'43.3" i Z 644 m) omogućila je da se detaljnije sagleda građa gornjokredne jedinice na Rajcu. Izrađen je detaljan litostratigrafski stub debljine 120 m (Slika 8.37).

Mikropaleontološkim analizama obuhvaćeni su uzorci stena iz svih 120 m bušotine. Gornji deo bušotine nije paleontološki analiziran (zemljište i nevezani klastiti). Paleontološka istraživanja su pokazala da sedimentne stene iz bušotine stratigrafski pripadaju mlađem delu gornje krede, od santona do kampana.

Između jedinice krečnjaka i laporaca sa rožnacima kontinentalne padine, nalazi se paket od oko 10 m (u bazi stuba, između 105-og i 120-og m) tamnosivih i tamnocrvenih grubozrnih i srednjozrnih klastita koji se naizmenično smenjuju sa finozrnim tankoslojevitim stenama (Slike 8.38-8.41). Klastiti su definisani kao krečnjački brečo-konglomerati i kalcitski peščari/peskoviti krečnjaci sa jakom tektonizacijom i stilolitizacijom, dok finozrne karbonatne stene pripadaju laporcima. Najveći biostratigrafski značaj u ovim stenama imale su pelaške foraminifere iz grupe globotrunkana. Prisutni su retki bentoski foraminiferi sa aglutiniranom ljušturicom: *Marssonella* sp. i dr, kao i detritus plitkomorskih fosila: krečnjačkih algi, molusaka, briozoa i spikula.



Slika 8.37. Litostratigrafski stub bušotine na Rajcu, kod planinarskog doma.

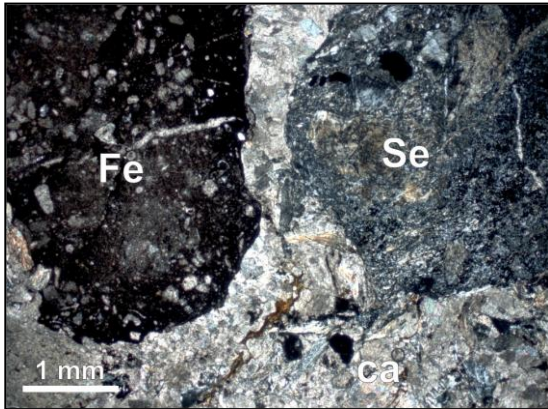
Ukupni sadržaj karbonatne komponente u stenama prvog paketa je u granicama 48-60 %. Materijal ima jake sekundarne promene i transformacije (kalcitizacija, serpentinizacija, silifikacija). Zbog dominacije odlomaka serpentinita ispitivani klastiti su definisani kao serpentinski brečo-konglomerati i litareniti (Slike 8.38 i 8.39).

Klastična šljunkovita i peskovita komponenta vode poreklo sa ofiolita. To su odlomci serpentinita, peridotita i serpentinisanih peridotita (Slike 8.38-8.40). Po veličini dominira sitnozrna konglomeratična i peskovita frakcija sa niskim do dobrim stepenom zaobljenosti (mikrokonglomerati). U pojedinim uzorcima naglašena je mrko-crvena boja (Slika 8.38). Ta boja potiče od gvožđevite kore raspadanja na ofiolitskom materijalu, nastale pri procesima površinskog raspadanja kome su bili izloženi.

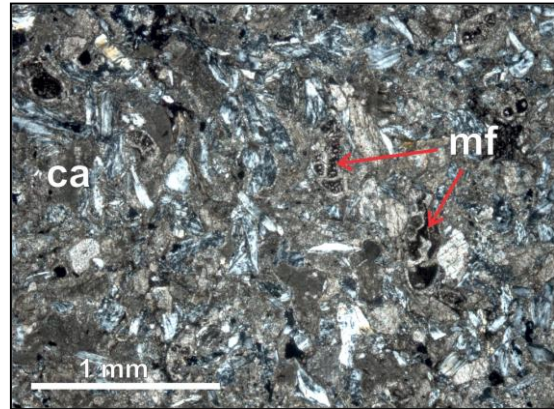
Klastični materijal se vrlo često u paketu smenjuje sa karbonatnim materijalom kontinentalne padine, tako da sadrži i unutarbasenske karbonatne odlomke (Slika 8.39). Oni odgovaraju alohemomikritskim mikrofacijama – biomikritima. Kao unutarbasenski sastojci prisutni su, u manjoj meri, i fragmenti fosila.

Kalcit je u klastitima prisutan kao cement. Uglavnom je visokog kristaliniteta što ukazuje na dijagensko poreklo. Primećeni su fibrozni tip koji je rastao oko fragmenata stena i mozaičan koji je zapunjavao međuprostor (Slike 8.38-8.40). Konstantovan je i sekundarni kalcit kao transformacija po mineralima.

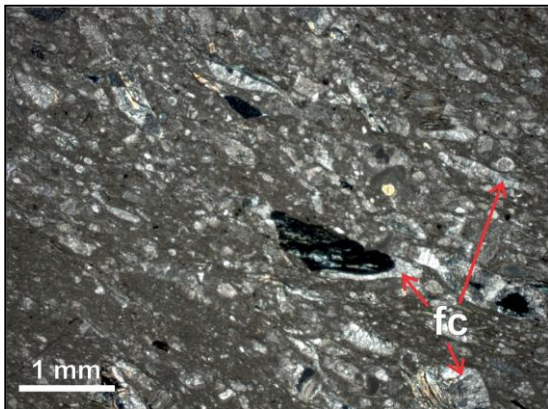
Prema terenskoj opservaciji laporci pripadaju *mudstone*, *wackestone* i *packstone* mikrofacijama. Karbonatnu komponentu čini karbonatni mulj – mikrit u osnovi stene i organogeni alohem (Slike 8.40 i 8.41). Klastičnu komponentu izgrađuju minerali gline i gvožđeviti minerali izmešani sa mikritom u osnovi stene. Takođe, prisutni su i odlomci serpentinita sitnoarenitskih dimenzija. Finozrni klastiti se karakterišu horizontalnom i/ili kosom laminacijom markiranom orijentisanim sastojcima (mikrofosili i sitna terigena komponenta).



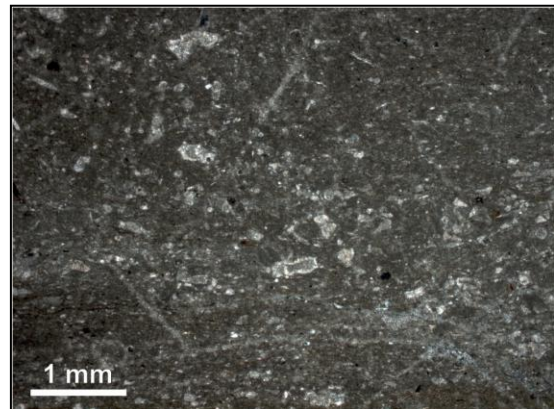
Slika 8.38. Serpentinški brečo-konglomerat. Se – odlomak serpentinisanog peridotita. Fe – fragment sa kore raspadanja. ca – kristalasti kalcitski cement. N+.



Slika 8.39. Peskoviti krečnjak/litarenit izgrađen od fragmentiranog serpentinškog materijala u mikrokrystalastom kalcitskom cementu (ca). mf – ljušturice foraminifera. N+.



Slika 8.40. Peskoviti laporac (*packstone*) sa orijentacijom zrna serpentinita i ljušturica mikrofosila. N+.



Slika 8.41. Laporac (biomikrit, *wackestone*) sa mikrofosilnom asocijacijom pelaških foraminifera. N+.

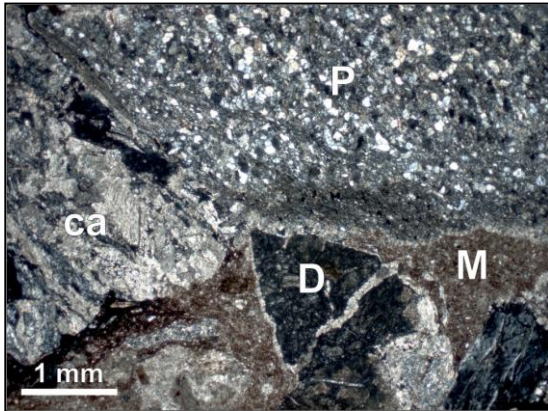
Uočene su vertikalne litofacijalne razlike unutar prvog paketa u bušotini i opadanje krupnoće naviše. Slojevi unutar paketa grade sekvence različitih debljina. Mogu biti tanke nekoliko cm do nekoliko dm ili m. Najdeblji su slojevi gruboklastita. Najviši delove paketa završavaju se smenom srednjozrnih karbonato-klastičnih stena sa jako fino-zrnim laporcima.

Na osnovu mikrofosilne asocijacije u mikritskim krečnjacima i delom u matriksu grubo i srednjozrnih klastita, najniži delovi stuba, prvih 6 m, određeni

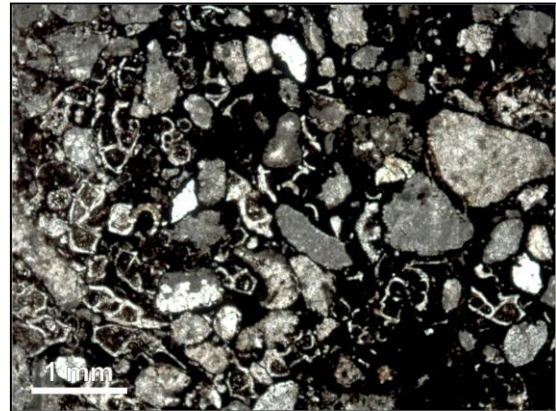
su kao santon-srednji santon. U ovim stenama se nalazi se sledeća mikrofosilna asocijacija planktonskih foraminifera: *Contusotruncana fornicata* (Plummer), *Dicarinella* cf. *concauata* (Brotzen), *Dicarinella* sp., *Globotruncana* cf. *hilli* (Pessagno), *Globotruncana linneiana* (d'Orbigny), *Globotruncana* sp., *Marginotruncana coronata* (Bolli), *M.* cf. *coronata*, *M. marginata* (Reuss), *Marginotruncana pseudolinneiana* (Pessagno), grupa *Marginotruncana pseudolinneiana-Globotruncana linneiana*, *Marginotruncana sigali* (Reichel), *Marginotruncana* sp. i sitni, primitivni oblici planktonskih foraminifera (*Hedbergella* sp., *Globigerinelloides* sp., *Heterohelix* sp. i dr.).

Narednih 2.5 m u stubu čini paket sastavljen od uglastih do srednje zaobljenih fragmenata koji vode poreklo iz ofiolitskog melanža - peščara, dijabaza i rožnaca (Slika 8.42). Karakteristika ovog paketa gruboklastita je crveni matriks u kome su izmešani fragmenti gvožđevitih kora raspadanja i karbonatni mulj (Slika 8.43). U njemu se nalaze i nepravilna nagomilanja fosilnih ostataka. Prema petrološkoj građi definisani su kao krečnjački brečo-konglomerati. Mešanje materijala je haotično, što ukazuje da je energija sistema bila velika. U višim delovima paketa zapažena je silifikacija, posebno u fino-zrnom matriksu gruboklastita (Slika 8.44). Delovi matriksa, kao i pojedini fragmenti, intenzivno su prekrystalisali u kalcit (Slika 8.42).

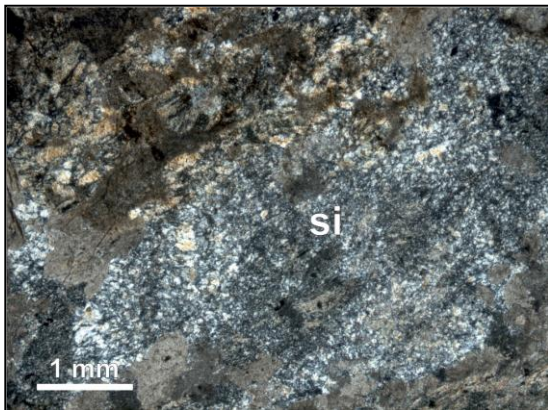
Paket se završava crvenim fino-zrnim stenama sličnog sastava kao i laporovite stene iz prvog paketa izdvojenog u stubu. Odgovaraju *wakestone* i *packstone* mikrofacijama (Slika 8.45). U kojima je teško definisati unutrašnju teksturnu građu.



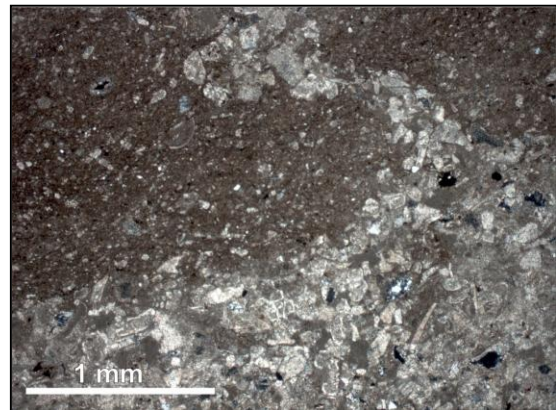
Slika 8.42. Krečnjački brečo-konglomerat izgrađen od fragmenata peščara (P) i dijabaza (D) u mikritskom matriksu (M). ca – rast krupnokristalastog kalcita u pornim prostorima. N+.



Slika 8.43. Matriks gruboklastita sa nagomilanjima mikrofosila, među kojima dominiraju globotrunkane. N+.



Slika 8.44. Silifikacija gruboklastita. si – sitnokristalasti silicijski minerali nastali silifikacijom karbonatnog matriksa. N+.



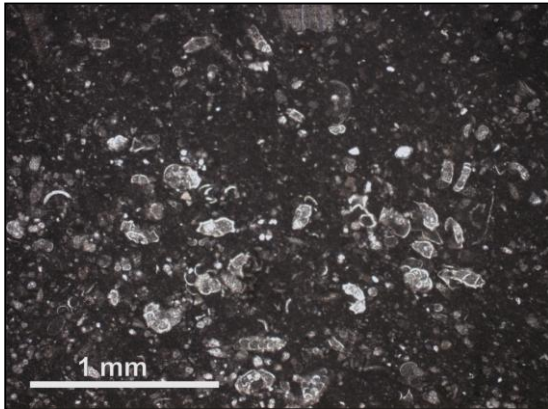
Slika 8.45. Mešanje dve mikrofacije mikritskih krečnjaka. N+.

Mikrofasilna asocijacija iz uzoraka najviših delova prvog paketa u stubu i iz drugog paketa određena je kao gornji santon-donji kampan. Izdvojeni su sledeći planktonski foraminiferi: *Globotruncana* sp., *Globotruncana lapparenti* (Brotzen), *Globotruncanita* cf. *elevata* (Brotzen), *Globotruncana linneiana* (d'Orbigny), *Contusotruncana* sp., *Contusotruncana fornicata* (Plummer), *Marginotruncana coronata*, *Marginotruncana pseudolinneiana* (Pessagno), *Marginotruncana* sp. i sitni, primitivni oblici planktonskih foraminifera (*Hedbergella* sp., *Globigerinelloides* sp., *Heterohelix* sp. i dr.).

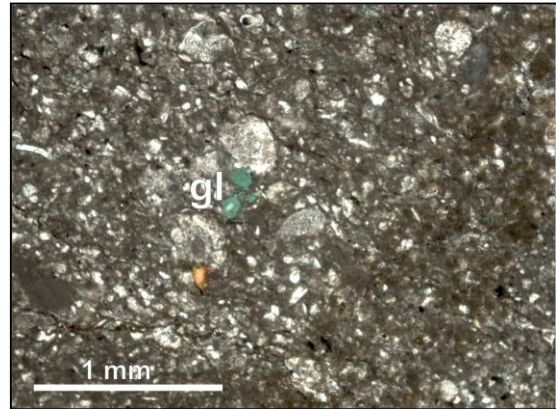
Od 105-og m pa do kraja stuba taložene su finozne karbonatne stene sa visokim procentom karbonata (80-93 %). Prema sadržaju kalcita ove stene su definisane kao krečnjaci i glinoviti krečnjaci. U najnižim nivoima su beličasto sive boje, dok su navise sivi. Strukturne karakteristike – fini organogeni detritus u mikritskom matriksu, izdvajaju *wackestone* i *packstone* mikrofacije u ovim krečnjacima. Svi uzorci su alohemomikritski varijeteti – biomikriti i fosiliferni mikriti (Slike 8.46-8.49). Petrološki su identične tvorevine kao gornjokampanske stene sa lokaliteta na severnim padinama Rajca (Slika 4.1, tačka R5).

Kako u njima preovlađuju planktonski foraminiferi, retki su nivoi u kojima se oni mešaju sa bentoskim foraminiferima i plitkomorkom asocijaciom fosila (Slike 8.46 i 8.47). Terigena komponenta šini 7-20 % u ovim stenama. Predstavljena je mineralima gline i gvožđa koji su fino dispergovani sa mikritom ili zapunjavaju stilolitske i pukotinske sisteme (Slika 8.48). U nivoima gde je zapažen prinos fosilnog materijala iz plićih delova basena nalaze se i retka zrna kvarca i glaukonita (Slika 8.47). Glaukonit je primećen i kao zapuna u komoricama/kalupima fosilnih ljuštura.

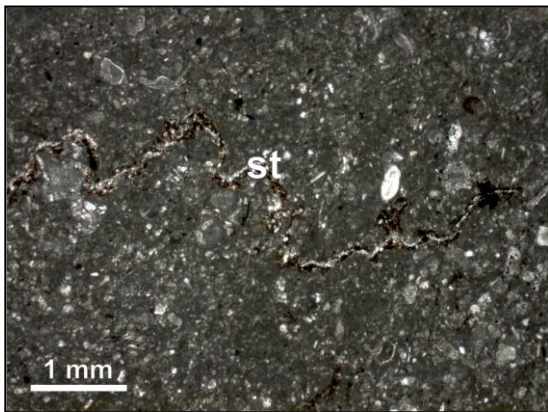
U svim uzorcima iz ovog velikog dela bušotine starost je određena na osnovu bogate mikrofosilne asocijacije planktonskih foraminifera kao srednji?-gornji kampan. Određene su sledeće vrste: *Contusotruncana fornicata* (Plummer), *C. patelliformis* (Gandolfi), *C. cf. patelliformis*, *Gansserina wiedenmayeri* (Gandolfi), *Globotruncanita angulata* (Tilev), *Globotruncana arca* (Cushman), *Globotruncana arca*-*G. orientalis* (El Nagggar), *G. bulloides* (Vogler), *G. cf. falsostuarti* (Sigal), *G. hilli*, *G. (?) insignis* (Gandolfi), *Globotruncana lapparenti*, *G. linneiana*, *G. cf. orientalis*, *G. rosseta* (Carsey), *Globotruncana ventricosa* (White), *G. cf. ventricosa*, *Globotruncana sp.*, *Globotruncanita s.l. elevata*, *Gl. stuarti* (de Lapparent), *Gl. cf. stuarti*, *Gl. stuartiformis* (Dalbiez), grupa *Globotruncanita?-Radotruncana?*, grupa *Ventilabrella-Planoglobulina* i sitni, primitivni oblici (*Globigerinelloides sp.*, *Hedbergella sp.*, *Heterohelix sp.*). Takođe, konstatovani su i fragmenti (izolovane prizme) unutrašnjeg sloja ljušture *Inoceramus sp.* (Slika 8.49).



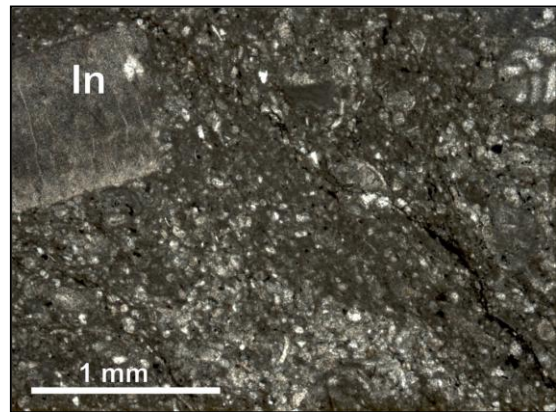
Slika 8.46. Biomikrit (*wackestone*) sa mikrofosilnom asocijacijom planktonskih foraminifera. N+.



Slika 8.47. Biomikrit (*packstone*) sa raznovrsnom asocijacijom planktonskih bentoskih i plitkomorskih fosila. gl - zrno glaukonita. NII.



Slika 8.48. Biomikrit (*wackestone*). st - stilolitski šav zapunjen sitnokristalastim kalcitom i mineralima gvožđa. N+.



Slika 8.49. Biomikrit (*wackestone*) sa ljušturom iniceramusa (In). N+

Na osnovu svega izloženog, najverovatnije da je ova bušotina nabušena na samoj margini basena. Materijal iz baze je najbliži izvorišnom materijalu. To su fragmenti ofiolita i ofiolitskog melanža intraformacijskog karaktera. Nastali su površinskim raspadanjem, erodovanjem i redeponovanjem muljnih tokova niz kontinentalnu padinu.

8.2. Karbonatne stene kontinentalne padine u Brežđu

Sedimentološka istraživanja za potrebe ovog doktorata u području Brežđa urađena su na tri otvorena profila, gde su snimljeni detaljni litostratigrafski stubovi (Slika 4.1, tačke BR1-3). U proučavanim sedimentnim stenama je konstatovana veoma bogata asocijacija mikrofosila, u kojoj su dominantni planktonski foraminiferi i oblici mikroplanktona tipa kalcisfera, zatim različiti bentoski foraminiferi i detritus/fragmenti raznovrsnih plitkomorskih fosila. Snimljeni lokalni stubovi prikazani su superpozicionim redom. Sagledavanje litoloških i stratigrafskih odnosa na terenu, kao i determinisanjem bogate asocijacije gornjokrednih fosila iz uzetih uzoraka stena ukazuje na to, da se u području Brežđa odvijala konstantna sedimentaciji od gornjeg konijaka do gornjeg kampana.

8.2.1. Karbonatne stene santona

Snimljeni stub zahvata santonske, dominantno karbonatne stene, otkrivene na profilu pored puta koji vodi od Gornjeg Lajkovca ka Brežđu sa početnim koordinatama X 44°10'46.3", Y 20°04'03.4" i Z 348 m (Slika 4.1, tačka BR1). Debljina mu je 86 m. Stub karakteriše smenjivanje različitih litofacija koje čine 11 paketa/sekvenci uslojenih karbonatnih i klastično-karbonatnih stena (Slika 8.50) detaljno rasčlanjenih u tekstu koji sledi.

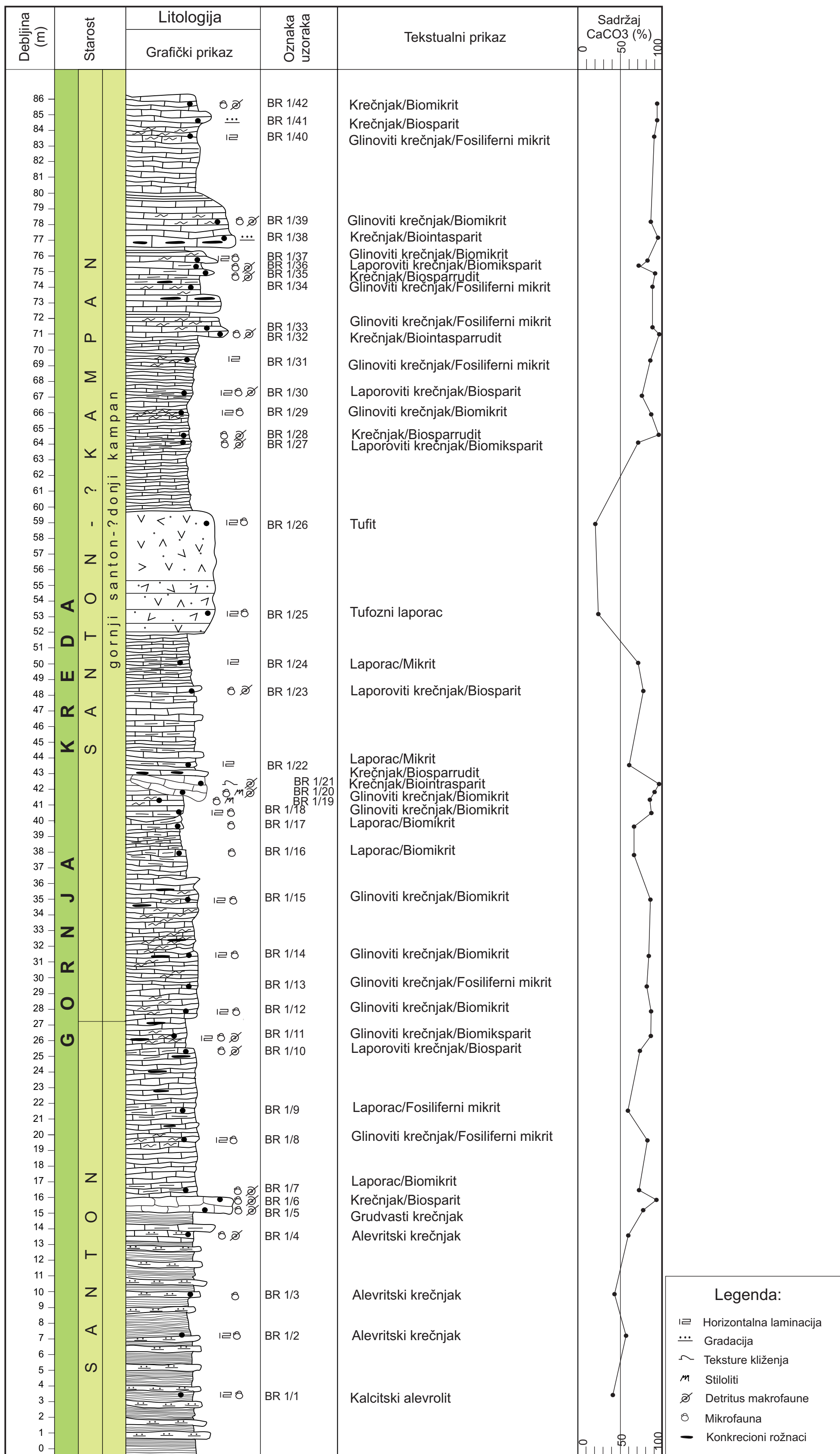
8.2.1.1. Litostratigrafski stub karbonatnih stena santona

Donji deo stuba (do 17-tog m) izgrađuju klastično-karbonatne stene u kojima najveću zastupljenost imaju planktonski foraminiferi ili kalcsifere (prisutan je i detritus plitkomorskih fosila). Dalje u stubu, ove stene se smenjuju sa raznovrsnim bioklastičnim krečnjacima, čija je karakteristika veoma bogat detritus plitkomorskih fosila, ali su, takođe, u njima česti i oblici makroforaminifera i planktonskih foraminifera. Najviše delove stuba izgrađuju krečnjaci i laporci sa rožnacima struganičkog tipa.

Najniže delove stuba (prvi paket), karakterišu tamno sivo-plave do smeđe fino-zrne karbonatno-klastične stene (Slika 8.51). Građe tanke (1-5 cm), do srednje (15-20 cm) debele slojeve. Debljina slojeva zavisi od sadržaja karbonatnog i klastičnog materijala. Utvrđeno je da deblji slojevi imaju viši sadržaj karbonata od tankih. Tanki slojevi se lako rasipaju i drobe. Debljina ovog paketa je oko 15 m.

Preko alevritskih krečnjaka u stubu nalazi se 1 m debeo sloj/banak sivo ružičastog krečnjaka bogatog krupnim organogenim detritusom, koji je izdvojen kao drugi paket u stubu. Krečnjaci su u nižim delovima sloja grudvaste, a u višim homogene građe (Slika 8.52). Grudve krečnjaka u nižim delovima ove sekvence su nepravilnog oblika, manja od 10 cm. Nastale su dejstvom dijagenetskih procesa kao što je mehanička kompakcija (Moore 1989). Do drobljenja je došlo najverovatnije smeštanjem karbonatnih naslaga u veće dubine. Gusto su upakovana u matriks koji ima crvenu boju (bogatiji oksidima gvožđa).

Ovaj paket bi mogao predstavljati dublji odraz blage progradacije. Sredina nastanka je dublji deo subtajdala (sublitorala) ka kontinentalnoj padini.



Slika 8.50. Litostratigrafski stub santonskih karbonatnih stena okoline Brežda.

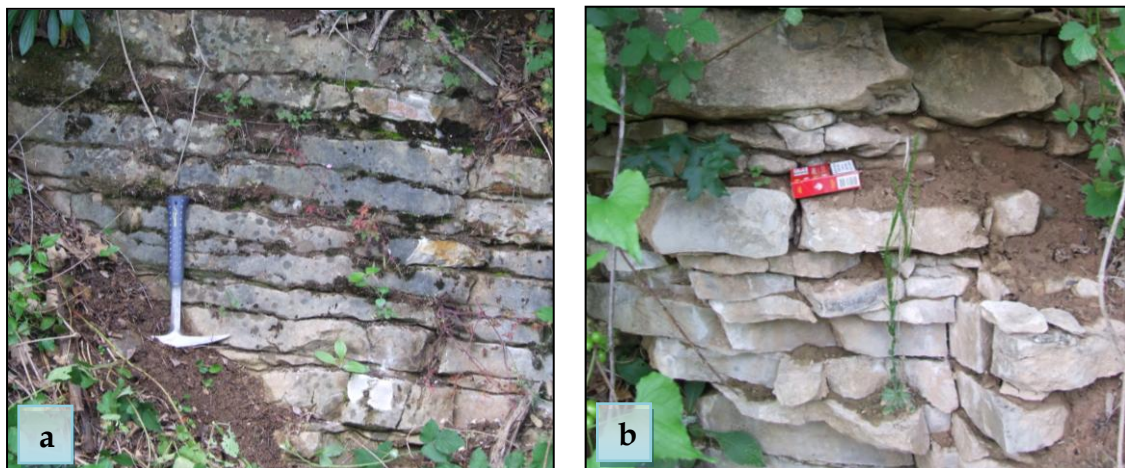


Slika 8.51. Tankoslojeviti do srednjo slojeviti kalcitski alevroliti i alevritski krečnjaci u bazalnom delu stuba.



Slika 8.52. Debelo slojeviti sivo-ružičasti krečnjaci. Donji deo grudvaste građe, a gornji homogene (masivne).

Sledeća tri paketa u stubu, čine tankoslojeviti krečnjaci i laporci sivo-smeđe do mrke boje (Slike 8.53 i 8.54). Debljine paketa su 3, 8 i 8 m. Slojevi su relativno ujednačene debljine, najčešće oko 8 cm. Primećuje se opadanje zrna naviše. Prema dimenzijama detritičnog materijala krečnjaci koji grade treći paket, mogu se definisati kao *packstone* ili *grainstone* mikrofacija (Slika 8.53a). Četvrti paket su krečnjaci sitnijeg zrna - *wackestone* i *mudstone* izgleda (Slika 8.53b). Mineraloška specifičnost ovog dela stuba je pojava konkrečnih rožnaca. Konkrecije rožnaca su kvgavih formi i svetlih tonova (svetlo sivi i ružičasti) u nižem delu, a tamnije (tamno sive) ka višim delovima stuba. Učestalost rožnaca raste na gore. Dimenzije kvrga su 5-20 cm.



Slika 8.53. Tankoslojeviti krečnjaci i laporci sa rožnacima okoline Brežđa. **a.** Laporoviti krečnjaci u 3. paketu. **b.** Smena alohemijskih i mikritskih varijeteta krečnjaka sa konkrecionim rožnacima u 4. paketu.

Dalje u stubu, nalaze se laporci i laporoviti krečnjaci isključivo mikritskog karaktera – *mudstone* mikrofacije (Slika 8.54). Njih karakteriše sočivast izgled slojeva i talasaste površi slojevitosti. Ovakav izgled slojeva je posledica formiranja konkrecionih rožnaca. Osim kvrga, u slojevima se nalaze i sočiva rožnaca koja, kada su pravilno grupisana u sloju, prerastaju u konkrecione proslojke (Slika 8.54). Pri vrhu su najvećim delom pokriveni jako erodovanim fino-zrnim stenama.

Finozrni tankoslojeviti do laminirani ružičasto-crveni laporci čine 3 metra deo šestog paketa u stubu. Ove stene su jako zdrobljene težinom povlatnih krečnjaka (Slike 8.55). Krečnjaci čine sedimentno telo – paket, nastalo klizanjem. U njegovom donjem delu su tankoslojeviti ružičasto sivi fino-zrni krečnjaci (*mudstone*) sa izraženim deformacionim teksturama. Deformacije slojeva nastale su klizanjem turbidnog toka niz kontinentalnu padinu i manifestuju se kidanjem, povijanjem i ubiranjem slojeva u smeru kretanja toka niz padinu (Slika 8.56).



Slika 8.54. Laporci i krečnjaci sa konkrecionim sočivima i proslojčima rožnaca u 5. paketu.



Slika 8.55. Ružičasti do crveni laporci. U donjem delu laminirani. U gornjem delu kontaktu sa tankoslojevitim laporcima 6. paketa.

Preko njih su konkordantno nataloženi debeloslojeviti (oko 1 m) krečnjaci kalkarenitskog izgleda sa stilolitima (Slika 8.56) i na kraju, opet *mudstone* krečnjaci sa rožnacima. Gornja granica deformisanih slojeva prema krovinskim slojevima je oštra što upućuje da je do podvodnog klizanja i razaranja slojeva došlo pre taloženja krovinskog sloja. Stilolitski šavovi u kalkarenitskim krečnjacima (*grainstone*) imaju veliko rasprostranjenje u sloju. Amplitude stilolita su mm veličina i blago su talasaste. U srednjem i gornjem delu ovako nastalog sedimentnog tela, deformacije slojeva su slabe ili izostaju, pri čemu prema podini i povlati ono isklinjava (sočivastog je oblika). Moguće da se radi o telu formiranom u kanalu turbiditne lepeze.



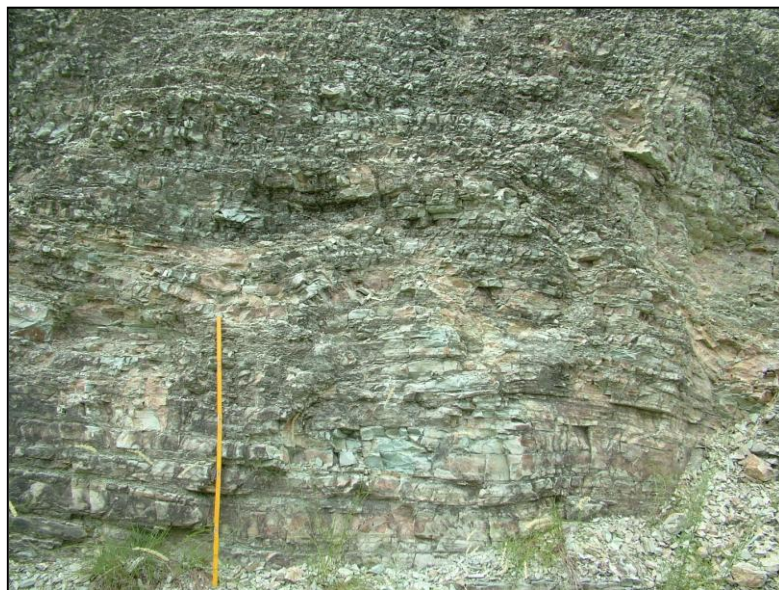
Slika 8.56. Paket karbonatnih stena nastao klizanjem. U najnižem delu je kidanje i povijanje slojeva (deformacione teksture – začetak *ball-and-pillow* struktura). Crvena strelica označava smer klizanja. **Gore levo:** stilolitizacija u kalkarenitskim varijetetima krečnjaka.

Dalje, u stubu, sledi 10-ak m deo paketa, 8. po redu, izgrađen od vrlo dobro uslojenih ružičasto-smeđih mikritskih krečnjaka i laporaca u donjem delu i zelenkasto smeđih laminiranih laporaca u višim delovima (Slika 8.57). Svi litotipovi koji čine paket karakterišu se ravnim, retko blago talasastim i ostrim površima slojevitosti. Makroskopski liče na karbonatne stene iz 5. paketa, ali u njima nisu konstantovani konkretni rožnaci.

Deveti paket u stubu (narednih 8 m) čine slojeviti zelene stene tufoznog karaktera. Rraniji istraživači su ih opisivali kao tufite (Filipović et al. 1978), odnosno tufove (Gerzina 2002). Stene su tankoslojevite do laminirane, retko su slojevi deblji, do 10 cm (Slika 8.58). Imaju zelenu, zelenkasto-smeđu i sivosmeđu boju. Pojedini delovi su limonitizirani, obezbojeni ili sa Mn-dendritima. U analiziranim uzorcima je dominantan materijal sedimentnog porekla u odnosu na vulkanski. Definisane su kao tufozne karbonatne stene ili tufiti.



Slika 8.57. Tanko uslojeni ružičasto-smeđi mikritski krečnjaci i laporci u 8. paketu.



Slika 8.58. Laminirani zeleni tufozni krečnjaci i laporci u 9. paketu. Dužina žute linije je 1 m.

Piroklastične stene su taložene u istoj sredini kao i krečnjaci, ali uz doprinos materijala vulkanskog porekla. Radi se o najfinijim vulkanskim fragmentima – pepelu. Vulkanskih fragmenata izbačenih iz vulkana tokom eksplozije magme nošeni su vetrom i istaložili su se u miran basen. U tufoznim stenama izražena je laminacija, sa smenom u krupnoći materijala, što je sve naglašeno i taloženjem piroklastičnog materijala, koji je u donjem delu više zastupljen. Pri vrhu paketa ovaj materijal je alterisan i raspadnut.

Preko tufoznih stena u stubu leže tanki slojevi sivo-zeleni krečnjaka i laporaca koji strukturno odgovaraju *grainstone* i *mudstone* mikrofacijama sa svim prelazima. U gornjem delu su laminirani i raspadnuti. Ovaj paket ima debljinu oko 8 m. Povlatu im čine krečnjaci i laporci sa rožnacima poslednjeg paketa snimljenog u stubu (Slika 8.59).

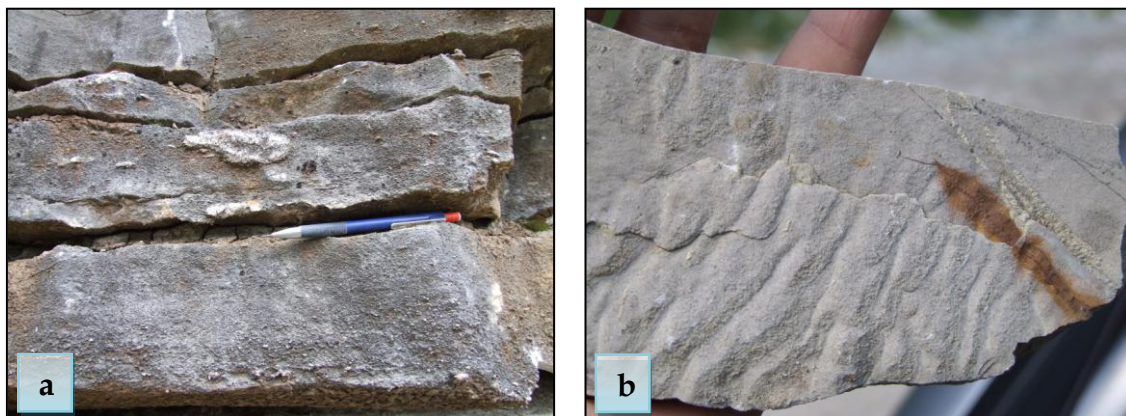


Slika 8.59. Kontakt 10. paketa i 11. paketa (poslednjeg) u snimljenom stubu santonskih karbonatnih stena jedinice kontinentalne padine.

Stene koje izgrađuju poslednji paket prostiru se od 68-og m do kraja snimljenog stuba (do 86 m). Smenjuju se tankoslojeviti do laminirani fino-zrni (*mudstone*) i tankoslojeviti do debeloslojeviti kalkarenitski krečnjaci (*packstone* i *grainstone*). Boja im je smeđe siva sa tamnijim i svetlijim nijansama. U svim varijetetima se nalaze konkreције rožnaca kvrgavih do sočivastih formi, koje mogu biti grupisane ili pojedinačne u sloju. Proslojci rožnaca su vrlo retki. Boja im varira od bele do sive.

U završnim delovima stuba u srednjeslojevitim kalkarenitskim krečnjacima uočene su teksturne karakteristike Boumine sekvence T_{a-c} - gradacija, horizontalna i talasasta laminacija (Slika 8.60a). Debljina sekvenci je oko 20 cm, što ukazuje na taloženje iz turbiditnih struja male gustine. Gradacioni interval čini 8 cm debeo sloj kalkarenita, sa smenom krupnoće zrna/klasta unutar intervala, od krupnozrnih do sitnozrnih varijeteta. Prelaz iz gradacionog intervala ka laminiranom je postepen. Laminirani interval debljine oko 5 cm čini sitnozrni kalkareniti. Interval talasaste laminacije sadrži talase nastale tečenjem, kod kojih je u većini slučajeva, visina talasa manja od 5 cm i uglavnom su razvučeni. Boumine sekvence primećene su unutar slojeva i do kraja stuba gde su erodovane i poremećene, najčešće konkrećionim rožnacima.

Na donjim površima slojevitosti ovih krečnjaka, razvijeni su tragovi talasanja (Slika 8.60b), kao i retki tragovi životne aktivnosti organizama. Na površima slojevitosti često se nalaze Mn-dendriti, a mestimično minerali mangana ispunjavaju i submilimetarske pukotine. Osim intenzivne silifikacije, koja je dala konkrećione roznace u ovim stenama, primećene su i sekundarni procesi limonitizacije kojima su stene zadobile žućkastu nijansu.



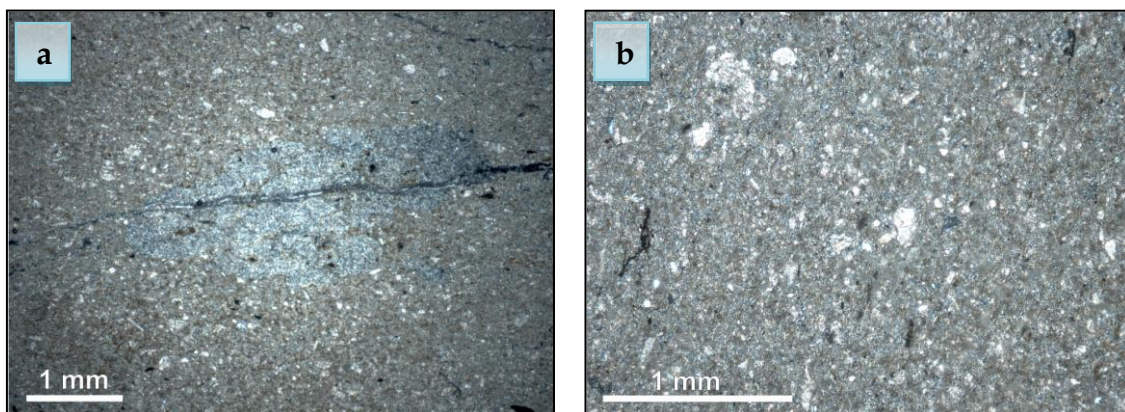
Slika 8.60. Teksturane karakteristike razvijene na kalkarenitskim krečnjacima iz najviših delova stuba. **a.** Boumina sekvenca sa razvijenim intervalima gradacije (Ta), paralelne laminacije (Tb) i talasaste laminacije (Tc). **b.** Tragovi talasanja na donjoj površini slojevitosti.

8.2.1.2. Petrologija karbonatnih stena santona

Prema petrološkom, odnosno mineralnom sastavu, stene koje izgrađuju bazu stuba su mešanog, skoro izjednačenog, klastično-karbonatnog karaktera (Slike 8.61a i b). One su definisane kao kalcitski alevroliti ili alevritski krečnjaci (Konta 1973).

Karbonatni deo je predstavljen mikro do kriptokristalastim kalcitom (mikritom) i biogenom alohemom komponentom. Ove stene imaju mikrokristalastu strukturu i pripadaju mikritima, odnosno *mudstone* mikrofaciji. Deo biogenog alohema koji je predstavljen planktonskim formama mikrofosila, podlegao je rekristalizaciji (Slika 8.61b). Sadržaj kalcita je 41-59 % (Tabela 8.4). Klastični deo je izgrađen od alevritskih čestica i glinovitih minerala. Generalno, alevritska frakcija je zastupljenija od glinovite i čine je kvarc i sericit (Slika 8.61a).

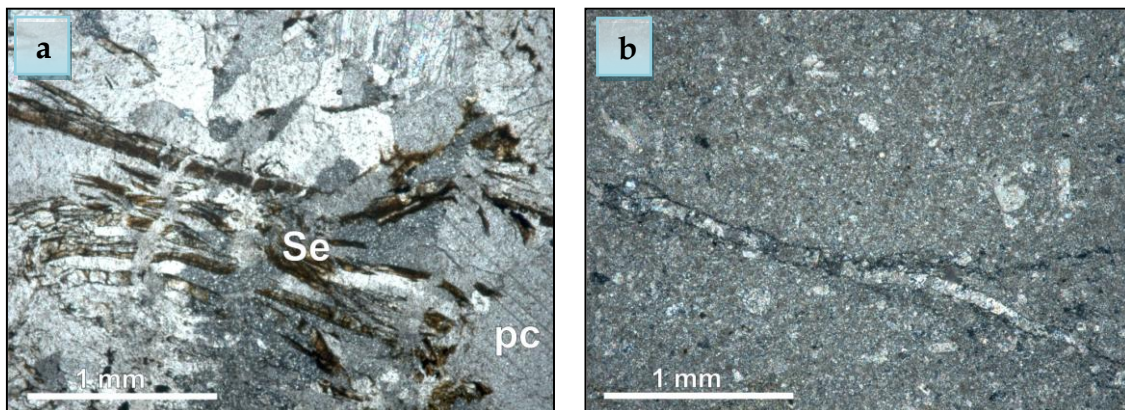
Od sporednih sastojaka u steni se nalazi karbonificirana organska materija i oksidi gvožđa kao sitna pojedinačna zrna ili nagomilanja u prslinama. Od teksturnih karakteristika ima slabo naglašenu laminaciju.



Slika 8.61. Finozrne klastično-karbonatne stene iz baze stuba. **a.** Kalcitski alevrolit sa sočivastim nagomilanjem alevritskih čestica (kvarca i sericita). N+. **b.** Alevritski krečnjak sa rekristalisanim biogenim alohemom. N+.

Iznad opisanih alevritsko karbonatnih stena leže krečnjačke stene grudvaste do homogene građe, koje čine drugi paket u stubu. Izgrađene su od krupnokristalastog kalcita. Kontakti između kristala kalcita su neravni i nazubljeni (Slika 8.62a). Pored kalcita prisutna je i krupnija klastična (peskovita) komponenta koju čine odlomci serpentinita i sitnija zrna uglastog kvarca koja su uklopljena u kristale kalcita. Poikilitski tip cementa (Tucker & Wright 1990) je posledica dijagenetskih procesa na većim dubinama.

Matriks u grudvastim varijetetima je istog genetskog sastava kao i stene u podini – alevritski krečnjaci (Slika 8.62b). U njima su primećeni stilolitski šavovi koji takođe, ukazuju na dijagenetske procese u ovim krečnjacima.



Slika 8.62. Grudvasti krečnjaci 2. paketa. **a.** Krupnokristalasti krečnjak sa poikilitskim cementom (pc) i razlistanim zrnom serpentinita (Se). N+. **b.** Alevritski krečnjak kao matriks grudvastim krečnjacima sa pukotinom formiranom duž stilolitskog šava i zapunjenom sitnokristalastim neokalcitom. N+.

Dalje u stubu, dominantna je karbonatna sedimentacija sa manje ili više klastične komponente (Tabela 8.4). Na osnovu mineraloško-hemijskog kriterijuma karbonatne stene su rasčlanjene na krečnjake, glinovite krečnjake i laporce. Čisti krečnjaci imaju sadržaj kalcita preko 90 %. Glinoviti krečnjaci imaju sadržaj CaCO_3 u granicama 80-90 %, dok su kao laporci definisane sve stene sa sadržajem CaCO_3 manjim od 80 %.

Generalno, od 3. paketa/sekvence u stubu zastupljena su dva litotipa karbonatnih stena. Prvi, znatno zastupljeniji tip su mikritski/alohemomikritski varijeteti koji predstavljaju autohtone stene vezane za dublje delove padine. Kalkarenitski/alohemosparitski varijeteti čine drugi tip i oni su iz plitke sredine doneseni turbiditnim tokovima u dublje delove basena. Svi litotipovi se karakterišu bogatim prisustvom alohema biogenog porekla – bioklastične karbonatne stene. Ovo razviće je veoma slično karbonatnim stenama iz lokalnosti Rajca i Struganika (struganičkim krečnjacima).

Tabela 8.4. Vrednosti CaO i MgO (određeni kompleksometrijski) i preračunatog CaCO₃ u santonskim karbonatnim stenama u Brežđu, date u %.

Oznaka uzorka	CaO	MgO	CaCO ₃
BR 1/1	23.50	1.34	41.36
BR 1/2	31.60	1.34	55.63
BR 1/3	24.44	1.23	43.02
BR 1/4	33.49	1.74	58.95
BR 1/5	43.57	1.00	76.70
BR 1/6	52.10	0.68	91.71
BR 1/7	40.70	0.34	71.64
BR 1/8	46.44	0.34	81.75
BR 1/9	33.52	0.34	59.00
BR 1/10	41.33	2.02	72.60
BR 1/11	48.36	1.00	85.13
BR 1/12	48.84	1.00	85.97
BR 1/13	45.49	0.68	80.07
BR 1/14	46.51	nije rađen	81.87
BR 1/15	47.59	0.68	83.77
BR 1/16	37.82	nije rađen	66.58
BR 1/17	37.59	nije rađen	66.18
BR 1/18	49.38	0.34	86.93
BR 1/19	47.46	nije rađen	83.55
BR 1/20	51.30	1.00	90.31
BR 1/21	55.06	1.00	96.93
BR 1/22	33.83	0.68	59.56
BR 1/23	44.31	0.34	78.02
BR 1/24	39.46	nije rađen	69.49
BR 1/25	13.33	1.15	23.49
BR 1/26	11.42	1.00	20.11
BR 1/27	39.93	1.03	70.31
BR 1/28	54.56	0.48	96.08
BR 1/29	49.23	0.73	86.70
BR 1/30	42.13	1.48	74.20
BR 1/31	48.28	1.53	85.04
BR 1/32	55.03	nije rađen	96.93
BR 1/33	49.49	nije rađen	87.18
BR 1/34	50.16	0.34	88.37
BR 1/35	52.09	1.15	91.78
BR 1/36	40.89	1.03	72.04
BR 1/37	46.37	nije rađen	81.70
BR 1/38	54.20	nije rađen	95.50
BR 1/39	47.12	0.71	83.02
BR 1/40	50.49	0.68	88.95
BR 1/41	52.24	nije rađen	92.04
BR 1/42	51.85	nije rađen	91.36

Osnova stene kod alohemomikritskih varijeteta je mikrokristalasti kalcit – mikrit, kao ortoHEMA komponenta. Alohem je isključivo biogena komponenta koju čini raznovrsna asocijacija mikrofosila. Zavisno od sadržaja organogenog aloHEMA krečnjaci, glinoviti krečnjaci i laporci su definisani kao mikriti, fosiliferni mikriti ili biomikriti (Slike 8.63-8.68). Organogeni alohem ima različit stepen očuvanosti. Biomikriti imaju sadržaj organogenog aloHEMA veći od 10 %. Teksturno odgovaraju *mudstone*, *wackestone* i *packstone* mikrofacijama. Krečnjaci iz nižih delova stuba bogati su radiolarijama koje su različitih dimenzija (0.05-0.25 mm), zapunjene kalcitom ili kalcedonom (Slika 8.63).

Organogeni alohem je ravnomerno raspoređen u steni. Ponegde su mikrofosilne ljušturice orijentisane paralelno, što steni daje izgled fine laminacije (Slika 8.64). Lamine mogu biti bogate mineralima glina, organskom materijom i dijagenetskim sulfidima gvožđa (Slika 8.65). Razlikuju se po boji, debljini i sastavu i daju steni „trakast izgled“.

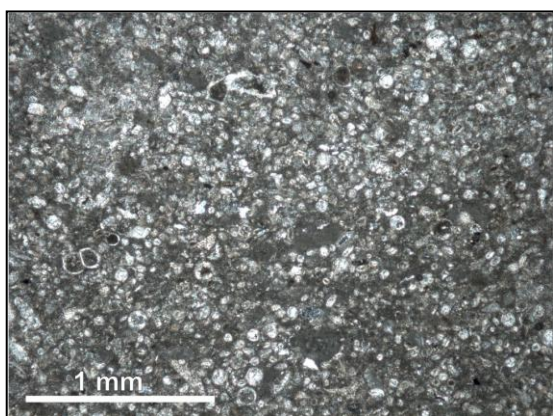
Na osnovu determinisane asocijacije planktonskih foraminifera i makroforaminifera, stratigrafska pripadnost karbonatnih stena iz nižih delova stuba je određena kao donji santon, dok srednji i viši delovi pripadaju gornjem santonu i donjem kampanu.

Kao nekarbonatni sastojci u mikritskim stenama su organska materija i minerali glina. Obe komponente su fino dispergovane u mikritskoj masi stene. Oksidi gvožđa su prisutni uglavnom kao pigment koji stene boji u tonove crvenkaste i žućkaste boje. Takođe, konstatovana je i sitnozrna peskovita, kao i alevritska komponenta koju čine uglasta zrna kvarca, liske sericita i sitni odlomci serpentinita.

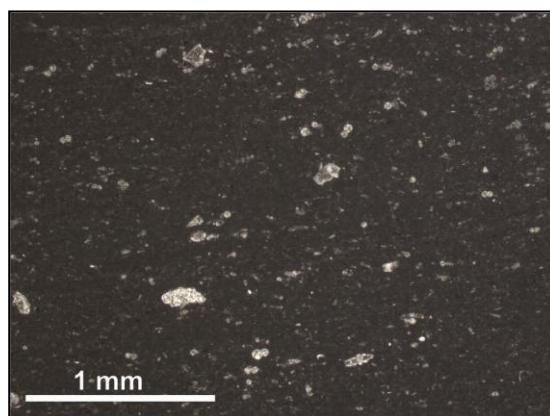
Od hemijskih teksturnih oblika prisutni su stiloliti (Slike 8.66 i 8.67). Stilolitski šavovi su markirani mrkocrvenom nekarbonatnom materijom (oksidi gvožđa, organska materija ili minerali glina). Prsline i pukotine otvorene duž pojedinih

stilolitskih šavova zapunjene su kristalastim kalcitom sekundarnog porekla (Slika 8.67).

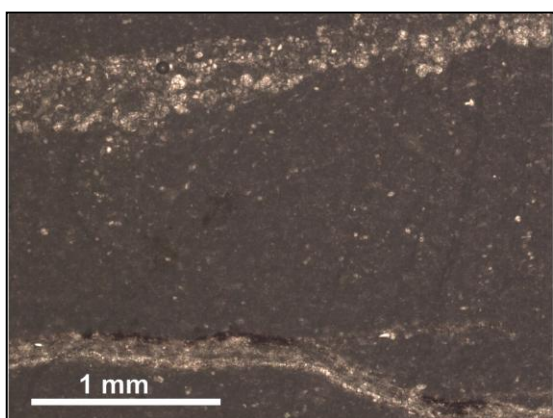
U ovim mikritskim stenama primećeni su dijagenetski procesi prekrystalizacije i silifikacije. Prekrystalizacija se ogleda uglavnom u promenama biogenog alohema, dok su promene mikrita u mikrosparit retke. Procesom silicijske metasomatoze zamenjena je karbonatna mikritska osnova sa sitnokristalastim kvarcom i kalcedonom. Tamo gde zamena nije potpuna stene mineraloški predstavljaju mešavinu silicijskih minerala i sitnokristalstog kalcita (Slika 8.68).



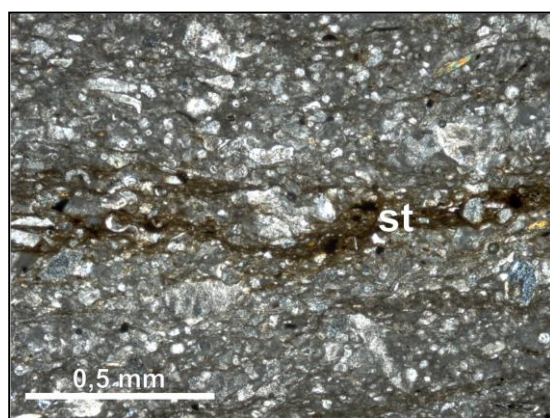
Slika 8.63. Krečnjak sa radiolarijama – biomikrit (*packstone*) sa sačuvanim silicijskim ljušturicama radiolarija. N+.



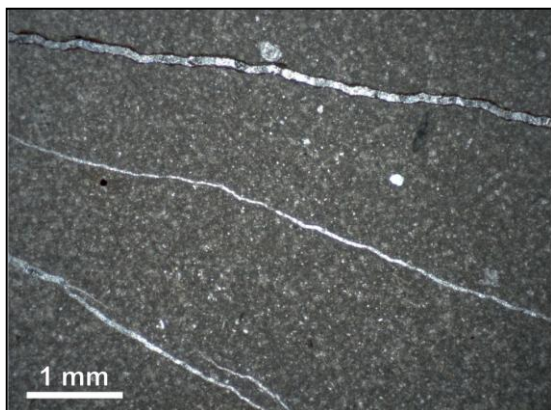
Slika 8.64. Krečnjak – fosiliferni mikrit (*wackestone*). Sitne ljušturice foraminifera su blago orijentisane paralelno laminaciji. N+.



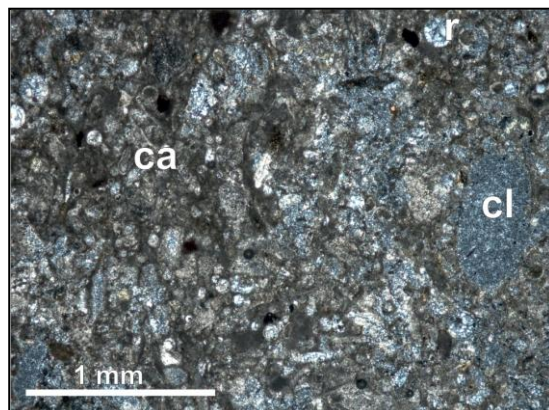
Slika 8.65. Glinoviti krečnjak – fosiliferni mikrit (*mudstone*). Smenjivanja lamina koje se razlikuju po debljini i sastavu. N+.



Slika 8.66. Biomikrit (*packstone*). st – stilolitski šav zapunjen organskom materijom i mineralima gvožđa. N+.



Slika 8.67. Paralelni setovi zaravnjenih stilolita u laporcu (folsiliferni mikrit, *mudstone*). N+.



Slika 8.68. Silifikovani biomikrit. ca – sitno kristalasti kalcit. cl – sitnokristalasti kalcedon nastao zamenom primarnog kalcita. r – sačuvana silicijska ljuštura radiolarije. N+.

U alohemosparitskim varijetetima glavni alohemi sastojci su intraklasti i bioklasti. Svi sastojci su gusto pakovani tako da imaju međusobne kontaktne. Vezivo je sitno do krupnokristalasti kalcit – sparit. Prema preovlađujućem alohemu definisani su kao biointraspariti, biospariti i biosparruditi (Slike 8.69-8.72), dok su, prema granulometriji alohema, određeni kao sitno do krupnozrni kalkareniti i ređe, kalkruditi. Makroskopski se mogu izdvojiti kao *grainstone* i *rudstone* mikrofacije.

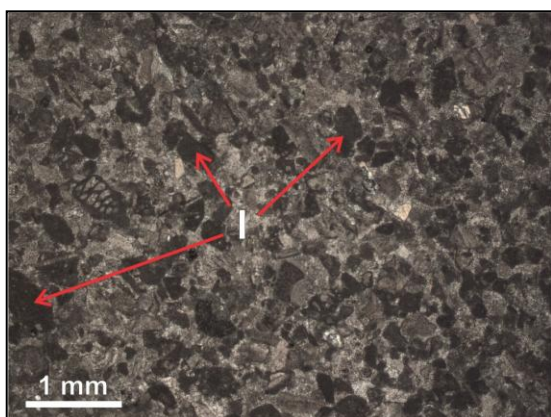
Na osnovu procentualnog sadržaj CaCO_3 (Tabela 8.4) svi pripadaju krečnjacima. Sadržaj CaCO_3 (kalcita) u ovim krečnjacima iznosi od 86 do 98 %, a srednja vrednost je 94.5 %.

Intraklasti su prostog ili složenog tipa. Bitno se ne razlikuju po strukturi od mikritskih varijeteta od kojih su i nastali. Prosti su uglavnom kod sitno i srednjozrnih kalkarenitiskih tipova (Slika 8.69), a složeni kod krupnozrno kalkarenitiskih ili ruditskih tipova krečnjaka (Slika 8.71). Intraklasti su dobro zaobljeni sa dimenzijama od 0.3 do 2 mm, retko krupniji.

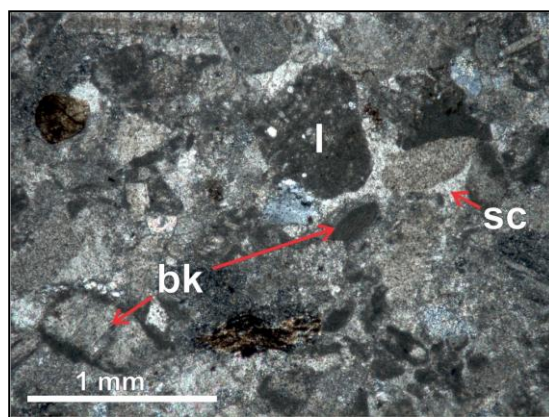
Fosili, odnosno biogeni deo alohema je predstavljen fragmentima ljuštura plitkovodnih organizama, ljušturicama bentoskih, kao i planktonskih mikroorganizama. Bioklasti su slabo sortirani po krupnoći (Slika 8.71). Fragmenti ljuštura mekušaca i algi često su ruditskih dimenzija, odnosno veći od 2 mm.

Terigena komponenta u alohemosparitskim stenama su uglasta zrna kvarca i odlomci serpentinita veličine sitni do srednjozrne peskovite frakcije. Na boju stene najviše utiče količina prisutnih minerala gvožđa i gline i organska materija. Ovi sastojci zapunjavaju i mikrotilolitske šavove koji ponekad presecaju ove stene.

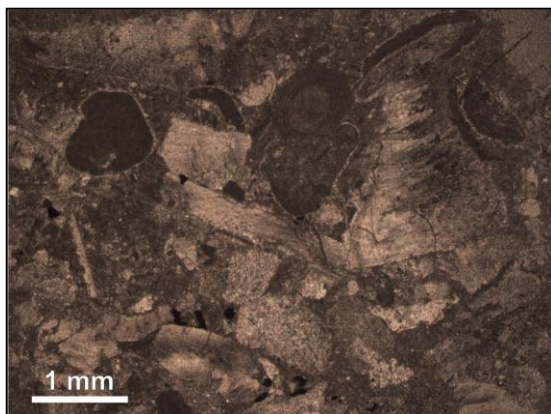
Dijagenetski procesi prekrystalizacije i silifikacije prisutni su i u alohemosparitskim tipovima krečnjaka, ali u manjem obimu nego kod alohemomikritskih krečnjaka (Slika 8.72). Često zapaženi kortoidi (mikritizacija oko bioklasta) u ovim stenama su indikatori plitke morske sredine sedimentacije (Slika 8.70). Oni su, zajedno sa ostalim plitkomorskim materijalom donešeni turbiditnim tokovima u dubokomorski basen.



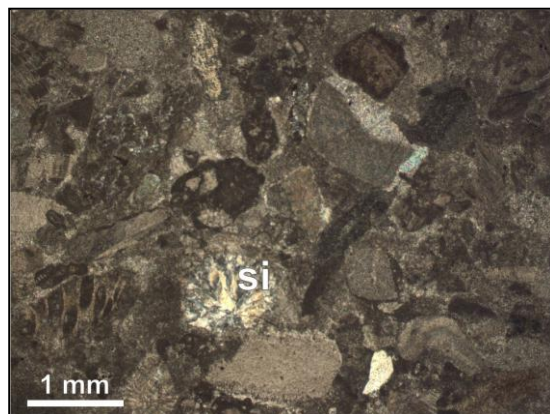
Slika 8.69. Biointrasparit (*grainstone*). Dobra sortiranošć alohemijskih sastojaka u sparitskom cementu. I – intraklasti mikritskog tipa. N+.



Slika 8.70. Biointrasparit (*grainstone*) sa raznovrsnim bioklastima (bk) i složenim intraklastima (I). sc – sintaksijalni cement. N+.



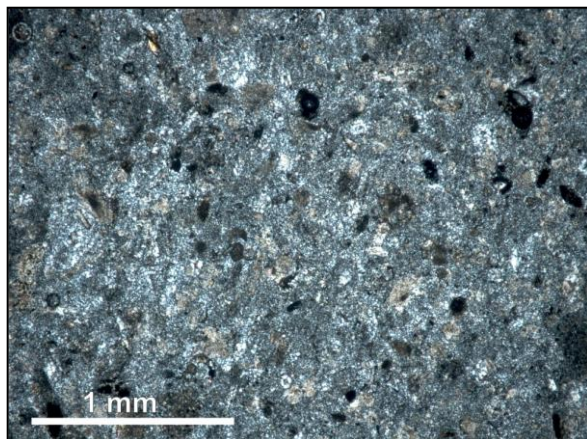
Slika 8.71. Biosparrudit (*rudstone*) sa raznovrsnim organogenim detritusom. N+.



Slika 8.72. Biosparit (*grainstone*). si – silifikacija dela alohema. N+.

Već je napred istaknuto da su procesi silifikacije u svim vrstama karbonatnih stena u stubu česti. Ponegde je silicijska metasomatoza zahvatili samo milimetarske zone i nisu formirani konkreциони rožnaci. Mestimično postoje prelazi iz silifikovanih, preko jako silifikovanih karbonatnih stena u rožnace. Glavni mineral rožnaca je kriptokristalasti do mikrokristalasti kalcedon. U toj osnovi se nalaze zrna kalcita i skeleti radiolarija različitog stepena očuvanosti (Slika 8.73). Veličine su od 0.08 do 0.2 mm, najčešće oko 0.1 mm. Najvećom delom su rekristalisale i ispunjene mikrokristalastim kalcitom, zrakastim kalcedonom ili nalazimo samo relikte kalcedona u središnjem delu loptice. Sporedni sastojak u osnovi čine listići serpentinita maksimalne veličine do 0.05 mm i metalični minerali.

Opisani rožnaci nastali su zamenom kalcita silicijskom kiselinom, na šta ukazuju gore opisani postepeni prelazi karbonata u rožnace. Silicijska kiselina potiče od skeleta radiolarija, a nije isključeno da je deo iz rastvora bogatih silicijom.

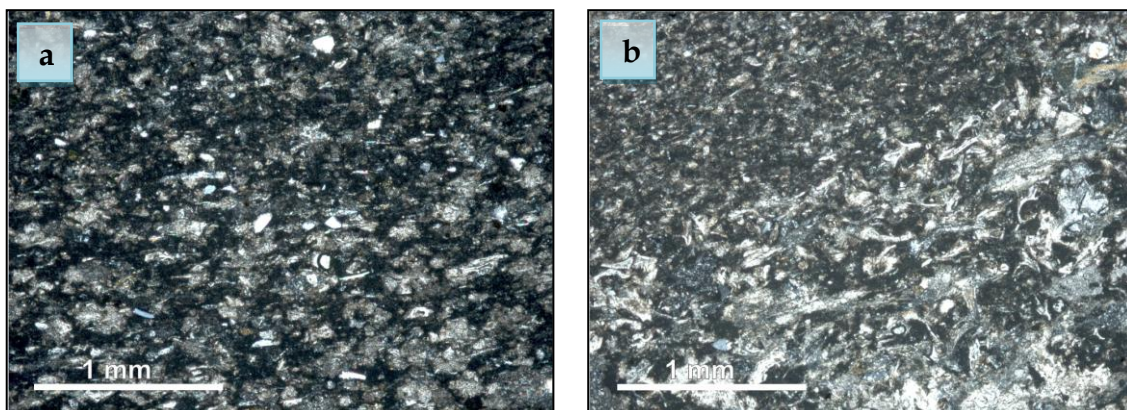


Slika 8.73. Rožnac nastao zamenom mikritskog krečnjaka. N+.

Stub santonskih karbonatnih stena u okolini Brežđa karakteriše i 8 m deo paket zelenih stena bogatih piroklastičnim materijalom. Piroklastični materijal se najverovatnije nakon dugog prenosa vazduhom taložio zajedno sa karbonatnim materijalom. Moguće je da deo silicije potrebne za silifikaciju karbonata, vodi poreklo i od rastvaranja manjih količina vrlo sitnog piroklastičnog materijala.

Na osnovu teksturnih i strukturnih karakteristika određene su kao tufiti ili tufozni laporci (Konta 1973). Struktura je mikrokristalasta ili pelitska. Cement je kristalasti kalcit izmešan sa vulkanskim pepelom (Slike 8.74a i b). U takvoj osnovi se nalaze do 0.03 mm dugački i planparalelno raspoređeni listići sericita. Ostali sastojci su detritična, poluuglasta zrna kvarca, veličine manje od 0.2 mm, koja su raspoređena u submilimetarske lamine, kao i vulkansko staklo (plovućac) i hlorit (Slika 8.74a). Oni sa manje hlorita u osnovi imaju slabije zelenu boju. Prisutna je i slabo očuvana mikrofauna koja je izgrađena od kalcita (Slika 8.74b). Ređe se nalaze plagioklas i akcesorni metalni minerali. Sekundarni su devitrifikovano vulkansko staklo i glinoviti minerali. Sastav detritusa ukazuje na produkte kiselijeg vulkanizma.

Tufozni laporci i tufiti su dobro do umereno dobro sortirani. Već je napred pomenuto da je karakteristično obeležje ovih mešanih piroklastično-karbonatnih stena horizontalna laminacija. Unutar pojedinih lamina uočava se i gradacija sastojaka. Orijentisani fragmenti upućuju na podvodno tečenje materijala koji je dao ove stene.



Slika 8.74. Piroklastično-karbonatne stene u okolini Brežđa. **a.** Tufit. N+. **b.** Tufozni laporac. N+.

Piroklastične naslage nastale padom iz vazduha mogu biti izuzetno važne za stratigrafsku korelaciju, budući da njihovo taloženje u geološkom smislu predstavlja trenutni događaj (Tucker 2001).

Na osnovu njihovog sastava i teksturno-strukturnih karakteristika, kao i geoloških odnosa na terenu, pretpostavlja se njihova genetska povezanost sa autohtonim karbonatnim stenama taloženim u santonu u okolini Brežđa.

8.2.1.3. Biostratigrafija karbonatnih stena santona

U veoma bogatoj asocijaciji planktonskih foraminifera u krečnjacima i laporcima ovog stuba biostratigrafski značaj imaju predstavnici tri morfološke grupe: 1. dikarinelide, kao predstavnici intermedijarnog morfotipa koji je bliži kompleksnoj morfogrupi, 2. marginotrunkanide i 3. globotrunkanide, kao tipični predstavnici kompleksne morfogrupe. Predstavnici dikarinelida su retko zastupljeni u odnosu na predstavnike marginotrunkanida i globotrunkanida i uglavnom su prisutni u nižim nivoima stuba.

Među dikarinelidima, određeni su: *Dicarinella concavata* (Brotzen) i *Dicarinella* sp. Među marginotrunkanidima, koje su zastupljene u uzorcima duž celog profila, determinisani su: *Marginotruncana coronata* (Bolli), *M. marginata* (Reuss), *M. cf. paraconcavata* Porthault, *M. pseudolinneiana* Pessagno, *M. sigali* (Reichel), *M. cf. sigali*, *M. cf. sinuosa* Porthault, *Marginotruncana* sp., *Marginotruncana pseudolinneiana* (Pessagno)-*Globotruncana linneiana* (d'Orbigny) i prelazni oblici *Marginotruncana-Contusotruncana*. Globotrunkanidi su više zastupljeni u gornjem delu profila, a predstavljeni su vrstama: *Contusotruncana cf. fornicata* (Plummer), *Contusotruncana* sp., *Globotruncana cf. bulloides* (Vogler), *G. linneiana* (d'Orbigny), *Globotruncanita elevata* (Brotzen), *Gl. cf. elevata* i *Globotruncanita* sp.

Veoma su česti i sitni, primitivni i intermedijarni oblici planktonskih foraminifera: *Hedbergella* sp., *Heterohelix* sp. i *Globigerinelloides* sp. U pojedinim nivoima krečnjake karakteriše mnoštvo raznovrsnih oblika mikroplanktona tipa kalcisfera (među kojima su određeni *Pithonella* sp. i *Calcisphaerula* sp.), a ređe su zastupljene i kalcificirane radiolarije.

U relativno bogatoj asocijaciji bentoskih foraminifera zastupljeni su oblici sa krečnjačkom i aglutiniranom ljušturicom. Među bentoskim foraminiferima, daleko veću zastupljenost imaju makroforaminiferski oblici, u odnosu na male bentoske oblike. Makroforaminiferi su prisutni u bioklastičnim krečnjacima

višeg dela profila. Determinisani su: *Goupillaudina* sp., *Pararotalia* sp. i dr. Rotaliidae, *Praesiderolites?* sp. i *Sulcoperculina* sp. Od malih bentoskih foraminifera sa krečnjačkom ljušturicom su određeni *Gavelinella* sp., *Lenticulina* sp. i oblici iz familije Miliolidae. Aglutinirani bentoski foraminiferi su predstavljeni vrstom *Marssonella trochus* (d'Orbigny) i tekstularidnim oblicima.

Plitkomorski fosili su predstavljeni: krupnim fragmentima ili detritusom bivalvija (rudistnih školjaka – radiolitida i dr.) i dr. molusaka, fragmentima briozoa, bodljama ehinida i fragmentima dr. ehinodermata, retko tubularnim ostacima serpulida i fragmentima/detritusom krečnjačkih algi *Corallinales*.

Niži delovi stuba (do 27-mog m) odgovaraju santonu, dok je za srednje i više nivoe bilo moguće tačnije odrediti starost kao gornji santon-?donji kampan. Za definisanje starosti, biostratigrafski značaj imale su dikarinelidske i marginotrunkanidske vrste (*Dicarinella concavata*, *Marginotruncana coronata*, *M. marginata*, *M. cf. paraconcavata*, *M. pseudolinneiana*, *M. sigali*, *M. cf. sinuosa*) koje iščezavaju krajem santona. Marginotrunkanide – predstavnici vrsta *M. coronata*, *M. marginata*, *M. Pseudolinneiana*, produžavaju se i u najniži kampan (Hampton et al. 2007), kao i globotrunkanidske vrste koje se pojavljuju u gornjem santonu (zonska vrsta *Globotruncanita elevata*). Od makroforaminifera, biostratigrafski značaj imaju santonski oblici *Praesiderolites* sp.

Asocijacija krečnjačkog nanoplanktona u ovim stenama je siromašna i loše očuvana. Predstavljena je samo vrstom *Watznaueria barnesae* (Black), na osnovu koje starost asocijacije nije moguće preciznije biostratigrafski definisati.

8.2.2. Karbonatne stene santon-kampana

U malom kamenolomu na putu Brežđe-Mionica, gde je snimljen drugi profil u okolini Brežđa (Slika 8.75) i litostratigrafski stub (Slika 8.76) sa početnim koordinatama X 44°11'30", Y 20°04'16.4" i Z 381 m (Slika 4.1, tačka BR2), otkriveni su krečnjaci čija je stratigrafska pripadnost određena kao gornji santon-donji kampan.

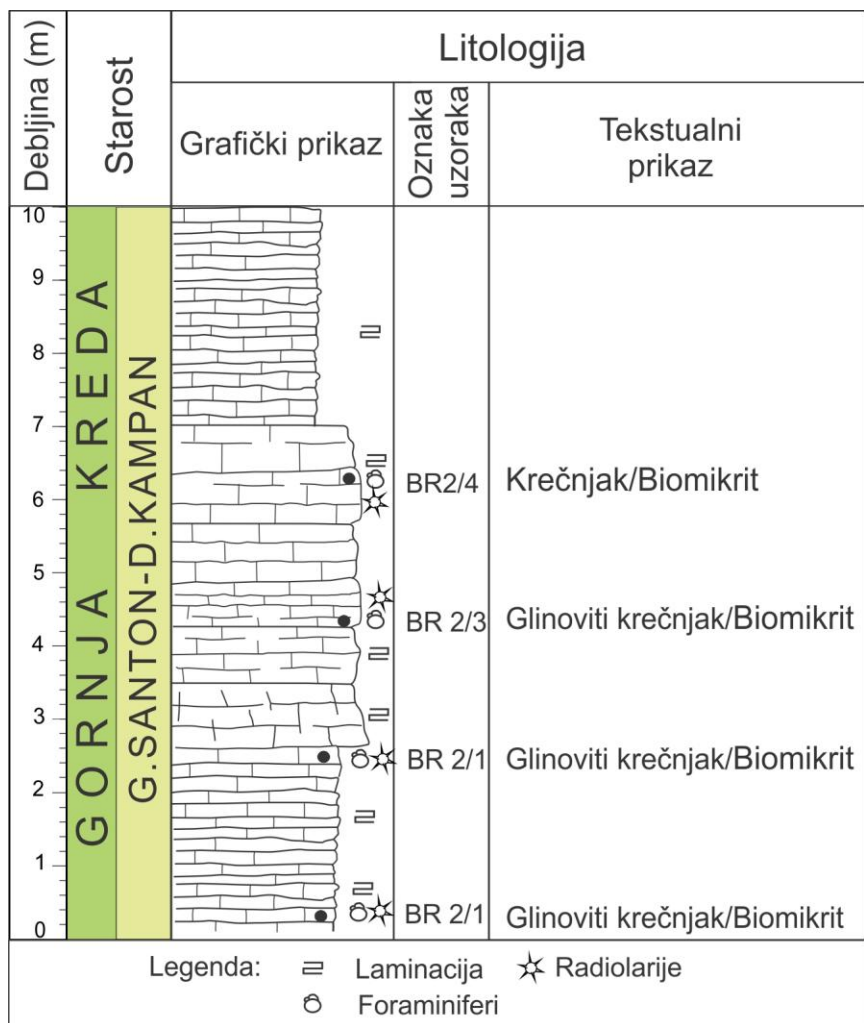
Starost proučavanih krečnjaka sa ovog profila, određena je i superpoziciono, s obzirom da se nalaze iznad prethodno opisanih santonskih karbonatnih stena okoline Brežđa, čija je starost određena na osnovu mikropaleontoloških podataka i sa kojima, u pojedinim nivoima, pokazuju veliku litofacijalnu sličnost.



Slika 8.75. Profil karbonatnih stena santon-kampana u Brežđu.

Slojeviti svetli sivo-smeđi krečnjaci koji grade drugi profil u okolini Brežđa imaju mikritski karakter, odnosno pripadaju *mudstone* mikrofaciji. Boja im zavisi od količine dispergovanog hematita, odnosno Fe-hidroksida u steni. Uslojeni su u ploče debljine od vrlo tankih (oko 2 cm) do srednje debelih (20-ak cm) (Slika 8.77), koje su ravne i uglavnom oštre. Slojevi su grupisani u pakete koji imaju internu specifikaciju – set slojeva paralelno orijentisanih kontinuirano taloženih istih ili sličnih debljina. Na njima nema vidljivih mehaničkih ili

biogenih tekstura, kao ni konkrecionih rožnaca. Po slojnim pločama nalaze se pojedinačna ili grupisana dendritična nagomilanja Mn minerala (Slika 8.77).



Slika 8.76. Litostratigrafski stub karbonatnih stena santon-kampana u Brežđu.



Slika 8.77. Slojeviti krečnjaci santon-kampana u Brezđu. 1, 2 i 3 – paketi sa različitim debljinama slojeva. **Gore levo:** Pojava manganskih minerala u vidu dendrita.

Ove stene prema mineraloško-hemijskom kriterijumu spadaju u glinovite krečnjake, obzirom da im je sadržaj CaCO_3 , odnosno kalcita, u granicama od 85 do 91 %, a srednja vrednost je 87.97 % (Tabela 8.5).

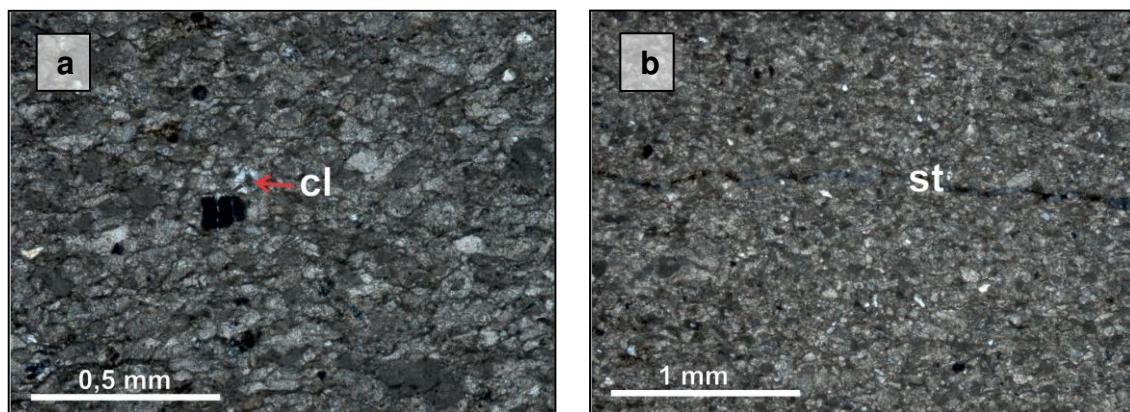
Tabela 8.5. Vrednosti CaO i MgO (određeni kompleksometrijski) i preračunatog CaCO_3 u krečnjacima santon-kampana u Brezđu, date u %.

Oznaka uzorka	CaO	MgO	CaCO_3
BR 2/1	51.57	0.68	91.29
BR 2/2	50.15	0.71	88.80
BR 2/3	49.21	1.00	87.14
BR 2/4	48.01	0.68	84.65

Mikroskopskom analizom takođe su definisani samo mikritski varijeteti krečnjaka: fosiliferni mikriti i biomikriti (Slike 8.78a i b). Strukturno odgovaraju *mudstone* i *wackestone* mikrofacijama. Mikritska osnova je u nekim delovima prekrystalisala u mikrosparit. Petrografski sastav je vrlo sličan prethodno opisanim santonskim mikritskim varijetetima krečnjaka (tačka BR1), sa tom razlikom da je u osnovi više silicijskih fosila.

Mikrofosilnu asocijaciju proučavanih krečnjaka karakteriše prisustvo mikroplanktona tipa kalcisfera i radiolarija, a retko su prisutni i foraminiferi (fragmentarni preseki marginotrunkanida i globotrunkanida, sitni primitivni planktonski oblici, kao i sitni rotaloidni bentoski oblici) i veoma sitan detritus plitkomorskih fosila. Skeleti radiolarija su različitog stepena očuvanosti. Najbrojnije i najbolje očuvane su u najnižim delovima ovog stuba. Najvećim delom su rekystalisale i ispunjene mikrokystalastim kalcitom, dok je manji deo ispunjen zrakastim kalcedonom (Slika 8.78a).

Terigena komponenta pelitsko-alevritskih dimenzija sastoji se minerala glina, poluzaobljenih zrna kvarca, retkih liski sericita i odlomaka serpentinita, kao i sulfida i oksida gvožđa. Žučkasto-crvenkasta nijansa u ovim krečnjacima potiče od Fe hidroksida koji se uglavnom nalazi na kontaktima između pojedinih kristala mikrosparitskog kalcita, kao i u mikronskim pukotinama ili stilolitskim šavovima. Takođe se, je u horizontalnim stilolitskim šavovima ponekad izlučena i silicija (Slika 8.78b). Mestimično se nalaze nepravilna nagomilanja sulfida gvožđa ili zapunjavaju komorice mikrofosilnog skeleta. Konstatovana laminacija u ovim krečnjacima je posledica orijentacije fosilnih ostatatka i ispresecanosti mikrotilolitskim šavovima.



Slika 8.78. Mikritski krečnjaci sa različitim stepenom očuvanosti skeleta radiolarija. **a.** Biomikrit (*packstone*) u kome su radiolarije ispunjene kalcedonom (cl). N+. **b.** Biomikrit (*wackestone*) u kome su sve radiolarije zamenjene kalcitom. st – stilolitski šav markiran silicijom N+.

Biostratigrafski podaci dobijeni na osnovu analize radiolarijskih asocijacija u mikritskim krečnjacima ukazali su da su krečnjaci ovog lokaliteta taloženi tokom donjeg kampana. Dominantne su bile 2 vrste: *Dictyomitra formosa* (Squinabol) i *Dictyomitra koslova* (Foreman), na osnovu kojih je i određena starost donji kampan (Sovilj 2012).

Kod ovih krečnjaka idući od baze stuba prema gore primećuje se postupno opadanje broja radiolarija, što ukazuje na smanjenje planktonske produkcije. Na osnovu strukturnih karakteristika krečnjaka i fosilnih ostataka, zaključuje se da su taloženi u dubokovodnoj sredini bez značajnijeg prinosa terigenog materijala.

8.2.3. Karbonatne stene kampana

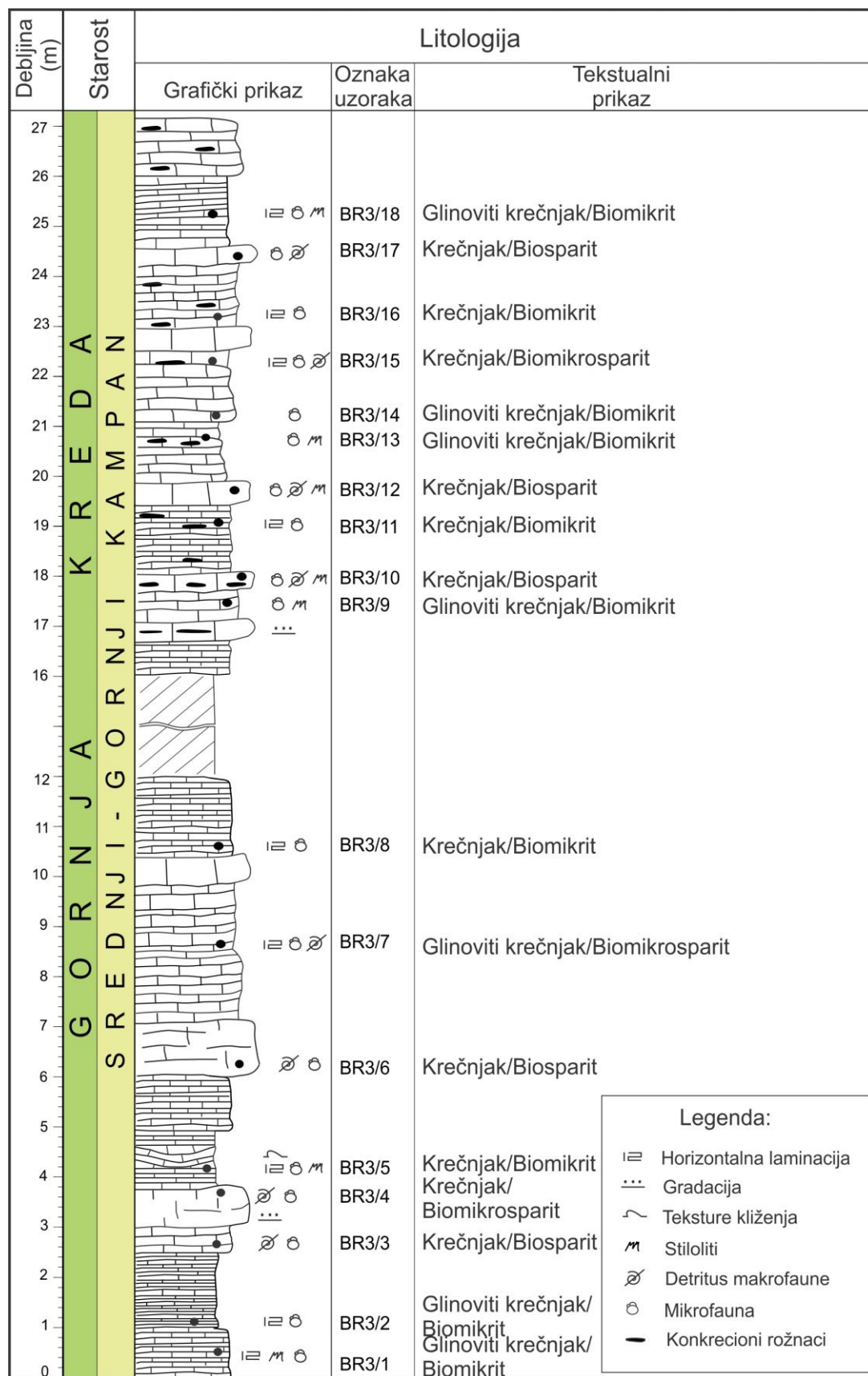
Slične krečnjake kao na prethodno opisanom kamenolomu nalazimo u višim delovima aktivnih kamenoloma u Brežđu. Snimljen je litološki stub sa početnim koordinatama 44°18'28", 20°07'00.4" i 395.8 m. Ukupna debljina snimljenih naslaga iznosi 26 m (Slika 8.79).

Treći snimljeni profil u okolini Brežđa, takođe, karakteriše naizmenično smenjivanje različitih varijeteta karbonatnih stena (Slika 8.80). Dominantni su alohemomikritski (pelaški) varijeteti, u kojima se nalaze raznovrsni planktonski foraminiferi ili preovlađuje mikroplankton tipa kalcisfera i sitni, primitivni planktonski oblici. Drugi su alohemosparitski varijeteti (kalkareniti), sa učešćem planktonskih i bentoskih foraminifera (pre svega makroforaminifera) i bogatim detritusom plitkomorskih fosila. Alohemomikritski varijeteti karbonatnih stena, taloženi su kao autohtoni sedimenti u basenu, dok su kalkareniti prinešeni u basen niz kontinentalnu padinu turbiditnim tokovima. Konkrecije rožnaca nalaze se u višim delovima stuba i to podjednako u oba varijeteta krečnjaka.

8.2.3.1. Litostratigrafski stub karbonatnih stena kampana

Alohemomikritski (pelaški) krečnjaci su najčešće tankoslojeviti, sa debljinom slojeva od 1 do 10 cm (Slika 8.80). Ređe grade slojeve sa debljinama od 10-15 cm. Prema debljini slojeva u stubu grupisani su u 16 paketa. Njihove debljine se kreću od 0.5 do skoro 2 m.

U stubu se nalazi 8 nivoa sa alohemosparitskim (kalkarenitskim) krečnjacima (Slika 8.79). Nivoje čine pojedinačni srednje debeli do debeli slojevi. Debljine su od 25 cm do 1 m (Slika 8.80). Zakonomernost njihovog pojavljivanja ne može se jasno definisati.



Slika 8.79. Litostratigrafski stub kampanskih karbonatnih stena u Brežđu.



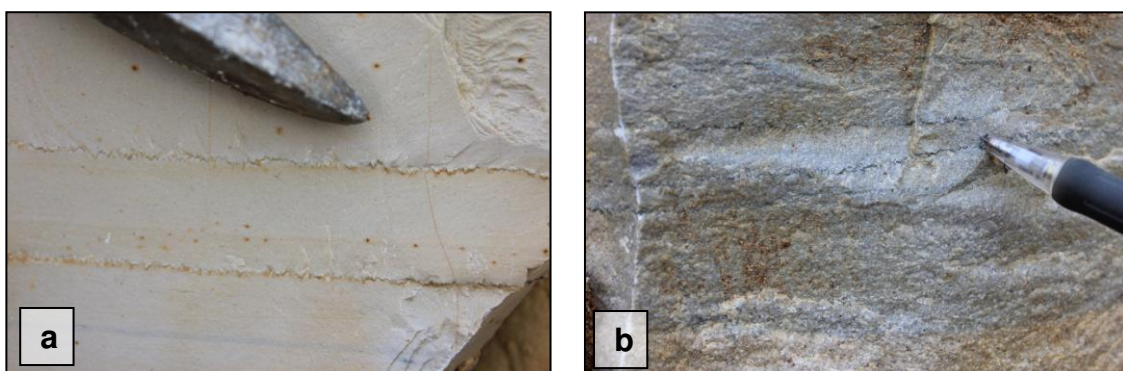
Slika 8.80. Slojevitost kampanskih karbonatnih stena u Brežđu. 1 - veoma tanki (1-1.5 cm) slojevi alohemomikritskih krečnjaka. 2 - sloj alohemosparitskog krečnjaka, debljine 40 cm.

Mikritski krečnjaci su finostrukturne strukture sa *mudstone* izgledom (Dunham 1962) i svetlo smeđom bojom sa sivkastom nijansom. Alohemosparitski krečnjaci su kalkarenitskog ili *grainstone* strukturnog izgleda. Osim po izgledu od mikritskih varijeteta se razlikuju i po tamnijoj nijansi sive boje. Pojedini deblji slojevi mikritskih krečnjaka imaju blago naglašenu horizontalnu laminaciju (Slika 8.81).



Slika 8.81. Horizontalna laminacija u mikritskim varijetetima krečnjaka.

Slojne površine su ravne, retko stilolitske. Stiloliti su uglavnom razvijeni paralelno sa površinama slojevitosti (Slika 8.82). Pružanje u slojevima može biti jako veliko, a karakterišu se malim amplitudama pikova (maksimalno do par mm) podjednako u oba varijeteta krečnjaka. Ovaj hemijski tekturni oblik prisutan je u svim varijetetima kroz ceo stub (8.82a i b).

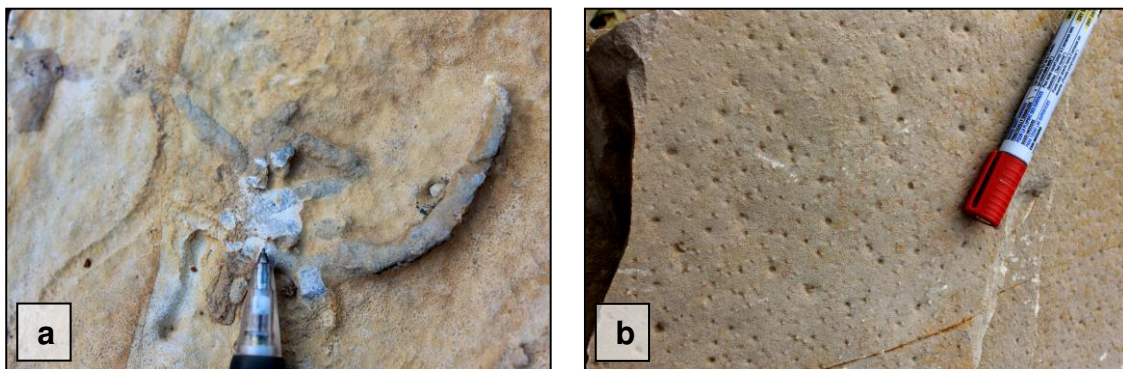


Slika 8.82. Paralelni stiloliti u alohemomikritskim (a) i alohemosparitskim (b) krečnjacima.

U mikritskim varijetetima se na površinama slojevitosti, naročito u višim delovima stuba, zapažaju tragovi talasanja (Slika 8.83). Takođe, nalaze se i nejasni teksturni oblici (otisci), najverovatnije nastali životnom aktivnošću organizama (Slike 8.84a i b).



Slika 8.83. Tragovi talasanja na gornjoj površini slojevitosti mikritskih kampanskih krečnjaka.



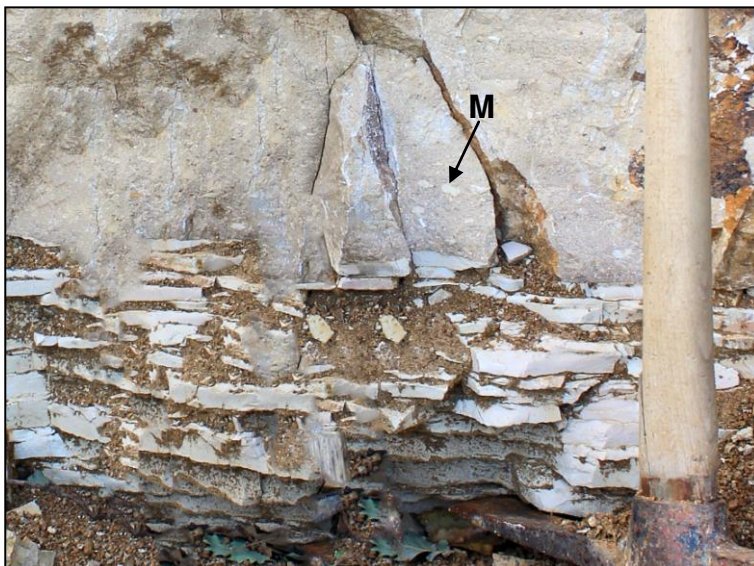
Slika 8.84. Biogeni teksturni otisci nejasnog porekla. **a.** Horizontalni tragovi kretanja i hranjenja? organizama. **b.** Horizontalni tragovi „bušaća“.

U stubu kampanskih krečnjaka je u alohemomikritskim varijetetima na jednom mestu (Slike 8.79 i 8.85) konstatovana je deformacija slojeva, a koja se manifestuju povijanjem slojeva. Moguće da su naslage nataložile ispunjavajući deo kanala nastao kretanjem turbidita niz padinu. Kanalska sedimentacija zapaža se u retkim slučajevima, pošto su kanali vrlo plitki i široki.



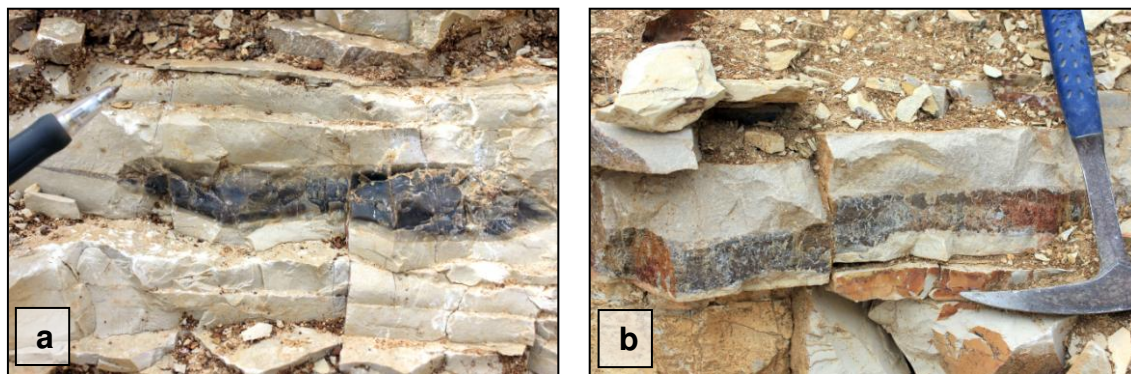
Slika 8.85. Ispunjavanje plitkog kanala na kontinentalnoj padini turbiditnim materijalom. „Kanalno telo“ je usečeno kroz više tankih podinskih slojeva.

Alohemosparitski krečnjaci, kao naslage formirane od materijala donešenog turbiditnim tokovima, nose teksture karakteristične upravo za ovu vrstu transporta. Često se u njima primećuju fragmenti mikritskih krečnjaka otkidani od podine tokom kretanja niz padinu (Slika 8.86).



Slika 8.86. Alohemosparitski krečnjak kalkarenitskog do kalkruditskog karaktera sa pojedinim intraformacijskim fragmentima mikritskih krečnjaka (M) nastalim erozionim dejstvom turbiditnog toka.

Konkrecije rožnaca zastupljene su u višim delovima stuba podjednako u oba varijeteta krečnjaka. Po svom obliku i veličini variraju. Pored retkih ovalnih sočivastih konkrecija, pojavljuju se nepravilna tela - kvрге i konkrecioni proslojci. Veličina konkrecionih rožnaca varira od nekoliko cm do nekoliko desetina cm. U većini slučajeva je granica između konkrecija i stene u kojoj se nalazi jasno izražena i oštra. Međutim, zapažene su i pojave sa postepenim prelazima gde je stepen silifikacije krečnjaka niži. Po boji se izdvajaju ružičaste, sive i tamno sive konkrecije, zavisno od primesa koje sadrže, a koje su nasleđene od karbonatnih stena koje su silifikovane.



Slika 8.87. Konkrecije rožnaca. a. Sočivasta konkrecija rožnaca u mikritskim krečnjacima. b. Konkrecioni proslojak rožnaca u alohemijskim krečnjacima.

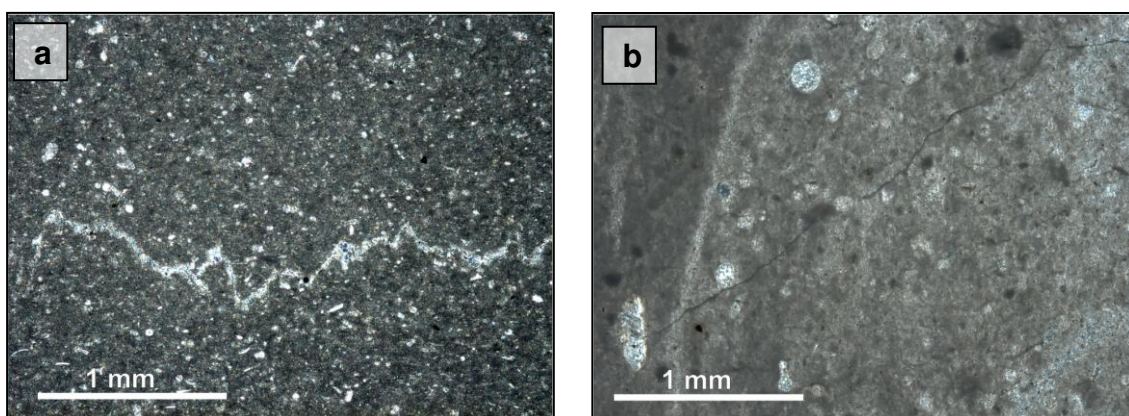
8.2.3.2. Petrologija karbonatnih stena kampana

Prema sadržaju CaCO_3 ove stene su definisane kao glinoviti krečnjaci i krečnjaci (Tabela 8.6) sa visokim prosečnim sadržajem kalcita (najviše 98.61 %).

Tabela 8.6. Vrednosti CaO i MgO (određeni kompleksometrijski) i preračunatog CaCO_3 u kampanskim karbonatnim stenama u Brežđu, date u %.

Oznaka uzorka	CaO	MgO	CaCO_3
BR 3/1	49.99	0.62	88.50
BR 3/2	49.51	0.10	87.65
BR 3/3	50.94	0.10	90.18
BR 3/4	51.48	nije rađen	91.14
BR 3/5	50.87	nije rađen	90.07
BR 3/6	53.32	0.10	94.40
BR 3/7	48.09	0.68	85.13
BR 3/8	42.78	0.71	93.44
BR 3/9	49.03	0.68	86.81
BR 3/10	54.74	0.10	96.93
BR 3/11	52.43	0.68	92.82
BR 3/12	55.70	0.39	98.61
BR 3/13	48.31	nije rađen	85.54
BR 3/14	48.31	nije rađen	85.54
BR 3/15	53.32	0.30	94.40
BR 3/16	52.07	nije rađen	92.20
BR 3/17	54.27	0.10	96.08
BR 3/18	50.09	0.30	88.68

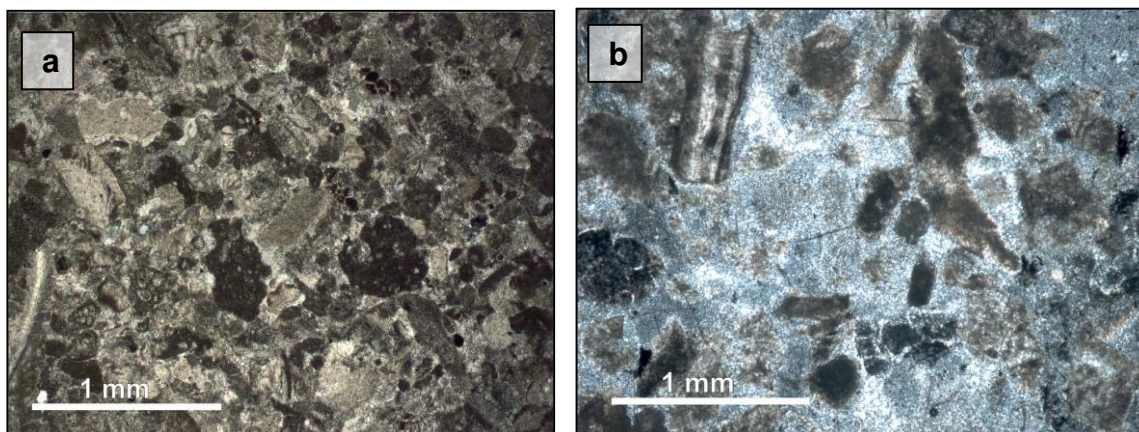
Krečnjaci koji predstavljaju autohtone (pelaške) stene basena su znatno zastupljeniji u stubu. Pored biomikrita (sa globotruncanama i radiolarijama), koji preovlađuju, pojavljaju se i fosiliferni mikriti i mikriti manje ili više silifikovani (Slike 8.88a i b). Ponekad su laminirani. Lamine su najčešće vidljive zahvaljujući koncentraciji mikrofosila. U nekim preparatima mikritska osnova je izmešana sa malom količinom glinovitih minerala i sitnim ljupticama sericita.



Slika 8.88. Mikritski krečnjaci. **a.** Biomikrit (*wackestone*) sa stilolitskim šavom po sredini slike. N+. **b.** Silifikovani fosiliferni mikrit (*mudstone*) sa sačuvanim silicijskim ljušturicama radiolarija. N+.

Materijal koji je dao kalkarenitske/alohemosparitske varijetete krečnjaka u stubu je iz plitke sredine donešen turbiditnim tokovima u dublje delove basena. Kao i drugi litotipovi krečnjaka u stubu, bogati su alohemom biogenog porekla. Karakteristično je nepravilno mešanje kalkarenitskog materijala sa fino-zrnim pelaškim materijalom basena. Kalkareniti sadrže intraklaste mikritskog ili biomikritskog sastava, kao i bioklaste organizama karakterističnih za plitkovodne sredine (Slika 8.89). Kalkarenitski varijeteti krečnjaka odgovaraju *grainstone* vrstama.

Generalno, i ovo razviće karbonatnih stena u okolini Brežđa, veoma je slično gornjokampanskim karbonatnim stenama iz viših delova Rajca i kampanskim stenama Struganika.



Slika 8.89. Kalkarenitski krečnjaci. **a.** Biosparit (*grainstone*) sa stilolitskim šavom po sredini slike. N+. **b.** Silifikovani biosparit sa sačuvanom strukturom organskih ostataka. N+.

8.2.3.3. Biostratigrafija karbonatnih stena kampana

U bogatoj asocijaciji planktonskih foraminifera zastupljeni su predstavnici globotruncanida i sitnih primitivnih oblika: *Contusotruncana fornicata*, *C. cf. fornicata*, *C. cf. patelliformis* (Gandolfi), *Contusotruncana sp.*, *Globotruncana cf. arca* (Cushman), *G. bulloides*, *G. hilli Pessagno*, *G. linneiana*, *G. orientalis* (El Naggar), *G. cf. ventricosa* (White), *Globotruncanita elevata*, *Gl. stuarti* (de Lapparent), prelazni oblici *Marginotruncana-Contusotruncana*, *Hedbergella sp.*, *Heterohelix sp.* i dr. Ostale planktonske oblike čine predstavnici mikrop planktona tipa kalcisfera (*Pithonella sp.* i *Calcisphaerula sp.*) i radiolarije.

Bentoski foraminiferi su predstavljeni različitim oblicima. Determinisani su makroforaminiferi i mali bentoski foraminiferi: *Goupillaudina sp.*, *Pararotalia sp.*, *Siderolites cf. vidali* (Douvillé), *Gavelinella sp.* i *Gyroidinoides sp.* Od bentoskih foraminifera sa aglutiniranom ljušturicom prisutni su predstavnici vrste *Marssonella trochus* i tekstularoidni oblici.

Plitkomorski fosili su predstavljeni detritusom različitih grupa organizama: bivalvija (rudista i dr.) i dr. molusaka, briozoa, ehinida, retko spikulama spongija.

Na osnovu determinisane asocijacije foraminifera, posebno globotruncanidskih zonskih i biostratigrafski značajnih vrsta (*Globotruncana* cf. *ventricosa*, *Globotruncana orientalis*, *Globotruncanita elevata*, *Globotruncanita stuarti*), kao i makroforaminifera *Siderolites* cf. *vidali*, stratigrafska pripadnost proučavanih krečnjaka je određena kao kampan, odnosno, srednji do gornji kampan.

Prema litostratigrafskoj korelaciji, proučavane karbonatne stene na profilima u okolini Brežđa, mogu se povezati za razvojem struganičkih krečnjaka i odgovaraju nižim nivoima stuba struganičkih krečnjaka, dok su sinhronne sa sintetskim stubom karbonatnih stena snimljenim u višim delovima Rajca.

U mikritskim krečnjacima često se na gornjim površinama slojevitosti nalaze *Inoceramusi* (Slika 8.90). Oni mogu biti sa dobro očuvanim ljušturama ili samo kao kalupi. Marković i Anđelković (1953) su na osnovu pronađenih primeraka *Inoceramus balticus* (Böhm) i *Inoceramus labiatus* (Schloth) u krečnjacima u okolini Brežđa (kod Osečenice i u dolini reke Ribnice) odredili njihovu senonsku stratigrafsku pripadnost.



Slika 8.90. Ljuštura *Inoceramusa* na gornjoj površini mikritskog krečnjaka.

Paleoekološka razmatranja determinisane asocijacije mikrofosila sa sva tri profila okoline Brežđa ukazala su na postojanje različitih depozicionih sredina krajem santona i početkom kampana. Smenjivanje nivoa u kojima preovlađuju kalcifere i jednostavni planktonski foraminiferi i nivoa sa dominantnom zastupljenošću kompleksnih oblika foraminifera ukazalo je na postojanje periodičnih promena u batimetriji. Marginotrunkanidi, globotrunkanidi i dikarinelidi pripadaju batipelagijalu, kao visoko specijalizovane, kompleksne i intermedijarne grupe planktonskih foraminifera. S druge strane, mikrop plankton tipa kalcisfera i sitni oblici planktonskih foraminifera - hedbergele, heteroheliksi, globigerineloidesi pripadaju epipelagijalu.

Predstavnici makroforaminifera su karakteristični za pliće zone na otvorenim šelfovima, dok prisustvo plitkomorskih fosila ukazuje na blizinu sprudnih sredina (oblici su transportovani u dublje depozicione sredine).

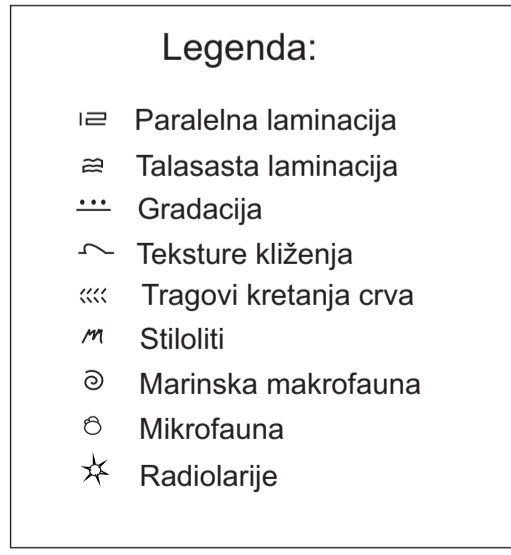
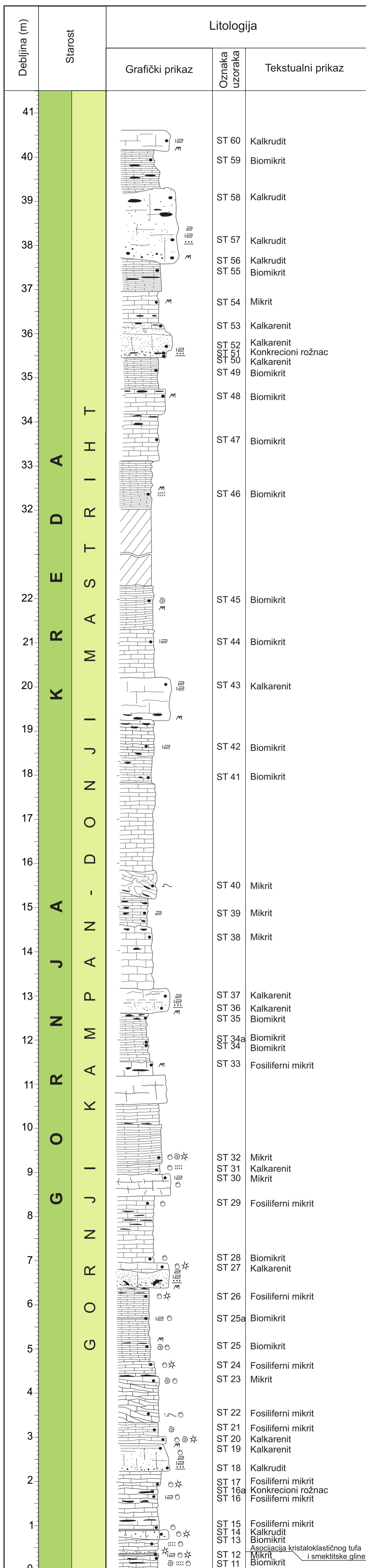
8.3. Karbonatne stene kontinentalne padine u Struganiku

Širi prostor sela Struganika poznat je po većem broju malih kamenoloma iz kojih se eksploatiše građevinski i arhitektonski kamen poznat kao struganički krečnjak. Senonsku starost ovih i srodnih krečnjaka zapadne Srbije odredili su Marković i Anđelković (1953) na osnovi vrsta: *Inoceramus balticus* i *Inoceramus lamarcki*. Istraživanjima tokom izrade Osnovne geološke karte SFRJ (OGK) Filipović i dr. (1978) senonsku starost krečnjaka i laporaca sa konkrecijama rožnaca Struganika i okoline, potvrđuju nalaskom mikrofaune – *Globotruncana stuarti* i *Globotruncana tricarinata*.

8.3.1. Litostratigrafski stub struganičkih krečnjaka

Na kamenolomima gde su vršena istraživanja snimljen je stub debljine 40 m (Slika 4.1, tačka ST), sa početnim koordinatama 74°28'61.5", 48°94'30.9" i 615 m. Stub je u kontinuitetu, ali zbog pokrivenosti nije detaljno obrađen između 22 i 32 m (Slika 8.91). Deo litostratigrafskog stuba koji pripada jedinici krečnjaka i laporaca sa rožnacima kontinentalne padine, bio je istraživan u sklopu magistarske teze. Tada je otvoreno niz veoma značajnih pitanja, posebno oko biostratigrafske pripadnosti viših delova ove jedinice i uslova postanka stena.

Osnovni litočlan u stubu su mikritski krečnjaci koji predstavljaju autohtone stene dubokovodne karbonatne sedimentacije. Drugi litočlan su alohemijski krečnjaci čije je poreklo materijala vezano za plitku morsku sredinu (Slika 8.92). Plitkovodni materijal je prinesen u dubokovodni sistem u formi turbiditnih tokova, dajući slojeve, banke ili, što je najređe, pakete od dva do tri sloja. Dijagenetskim procesom silifikacije nastali su konkrecioni rožnaci kao treći litočlan. Konkrecije rožnaca su značajno obeležje struganičkih krečnjaka kako u



Slika 8.91. Litostratigrafski stub struganičkih krečnjaka

teksturnom tako i u petrološkom smislu. Susreću se kroz ceo stub podjednako, i u mikritskim i u alohemosparitskim krečnjacima.

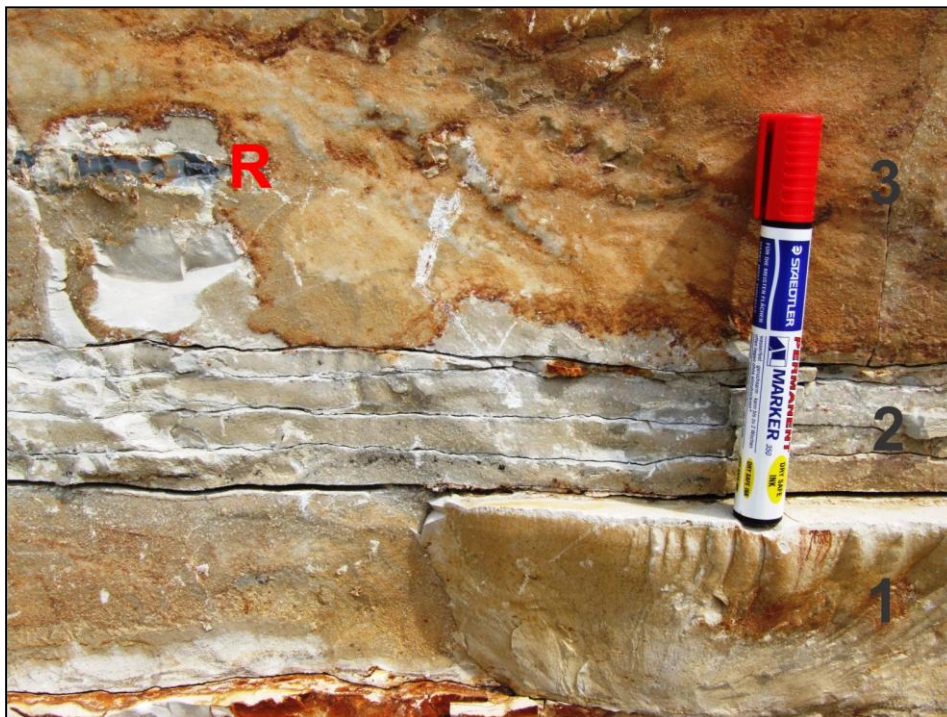


Slika 8.92. Lokalni litološki stub stuganičkih krečnjaka na otvorenoj etaži visine oko 15 m. A – slojevi alohemosparitskih krečnjaka. M – mikritski krečnjaci sa izdvojenim paketima prema debljini slojeva.

8.3.1.1. Mikritski krečnjaci

Mikritski krečnjaci su slojeviti sa debljinom slojeva od 1 do 30 cm (Slika 8.93). Grupisani su u pakete, izdvojene prema debljini slojeva. Oni mogu biti sa vrlo tankim, tankim ili srednje debelim slojevima (Slike 8.92 i 8.93). Najčešći su tanki slojevi, sa debljinama od 5 do 15 cm. U stubu ima preko 20 paketa, a njihove debljine se kreću od 0.5 do 2 m. U pojedinim paketima mogu se izdvojiti subpaketi. Pojedini paketi ističu se učestalijim prisustvom konkreacionih rožnaca.

Slojne površine su ravne ili stilolitske (Slike 8.94a i b). Stiloliti su paralelni površinama slojevitosti ili su duž njih razvijeni. Pružanje u slojevima im je veliko, a karakterišu se malim amplitudama pikova (maksimalno do par mm).



Slika 8.93. Slojevitost struganičkih mikritskih krečnjaka. 1 – sloj debljine 7 cm, 2 – veoma tanki slojevi (1-1.5 cm – na granici sa laminacijom) i 3 – sloj čija je debljina veća od 20 cm.



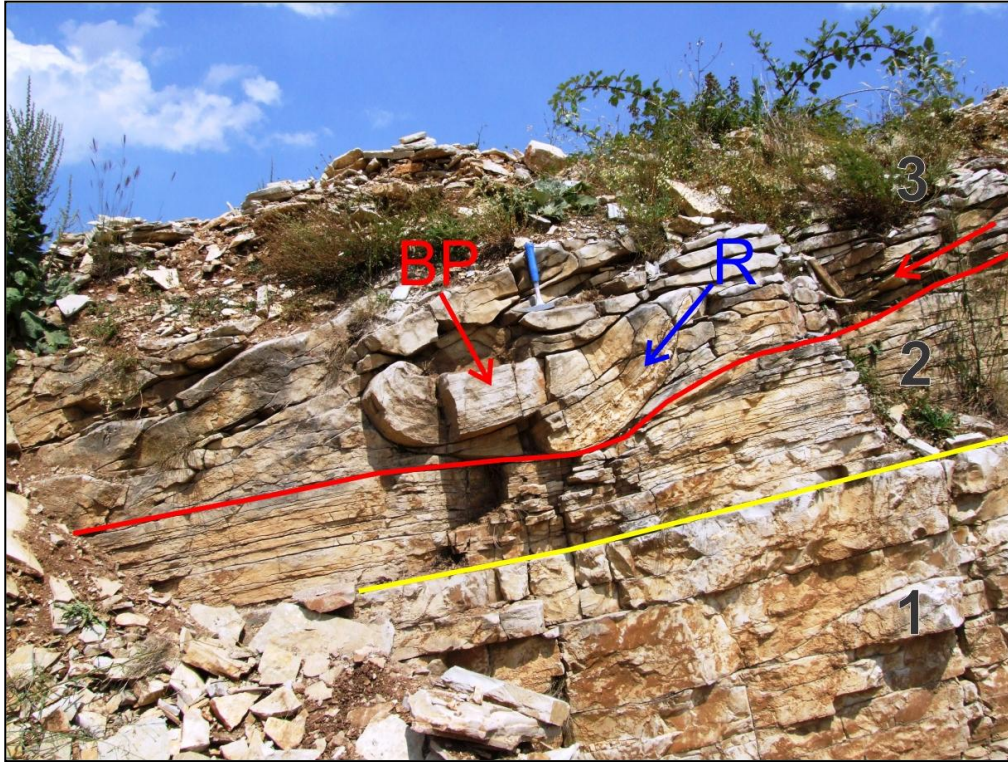
Slika 8.94. Površni slojevitosti struganičkih krečnjaka. **a.** Tankoslojeviti mikritski krečnjaci sa zaravnjenim slojnim površinama. **b.** Stiloliti u mikritskim krečnjacima. st – paralelni stilolitski šavovi. stp – zupčasta stilolitska površ sa nagomilanjem glinovitih minerala i oksida i hidroksida gvožđa.

U struganičkim mikritskim krečnjacima na površinama slojevitosti zapažena je i tekstura slivanja (Slika 8.95). To je predepozicioni teksturni oblik koji je najverovatnije nastao turbiditnim tokom male gustine koji je tekao preko još nevezanog sedimenta. Takođe, može predstavljati i malo, lokalno klizište, nastalo kretanjem usled prezasićenja vodom.



Slika 8.95. Tragovi slivanja na gornjoj površini mikritskog krečnjaka.

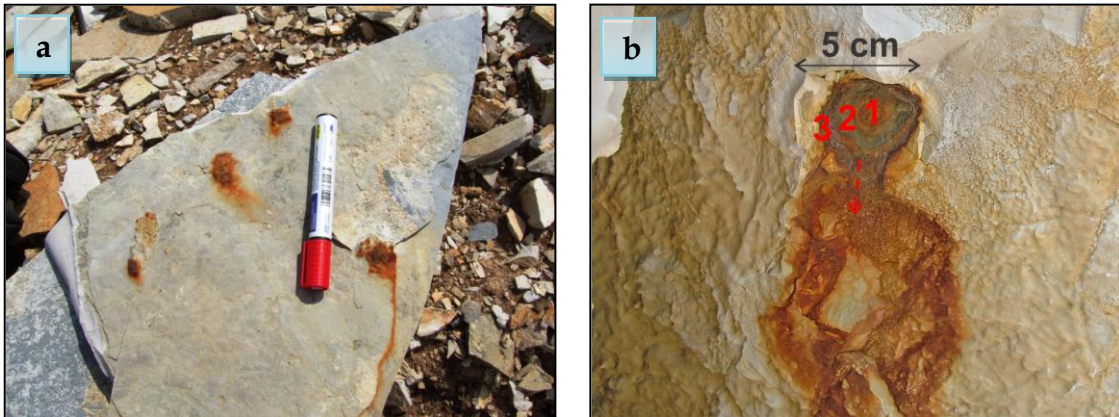
U mikritskim krečnjacima u stubu struganičkih krečnjaka, na dva mesta (Slika 8.91), konstatovane su deformacije slojeva nastale klizenjem. Deformacije su različitog intenziteta i manifestuju se kidanjem i povijanjem slojeva. Najizraženiji oblik je tekstura "*Ball and Pillow*" (Slika 8.96) koja je vezana kod klasičnih klizišta najčešće za čelo. Karakteristike paketa mikritskih krečnjaka u kome se nalazi klizište otvaraju mogućnost da je klizište bilo daleko većih razmera. Naime, moguće je da je klizao mnogo veći i deblji paket povlatnih sedimentata, a da su se deformacije razvile samo na najdonjim sedimentima (paket sa deformacijama).



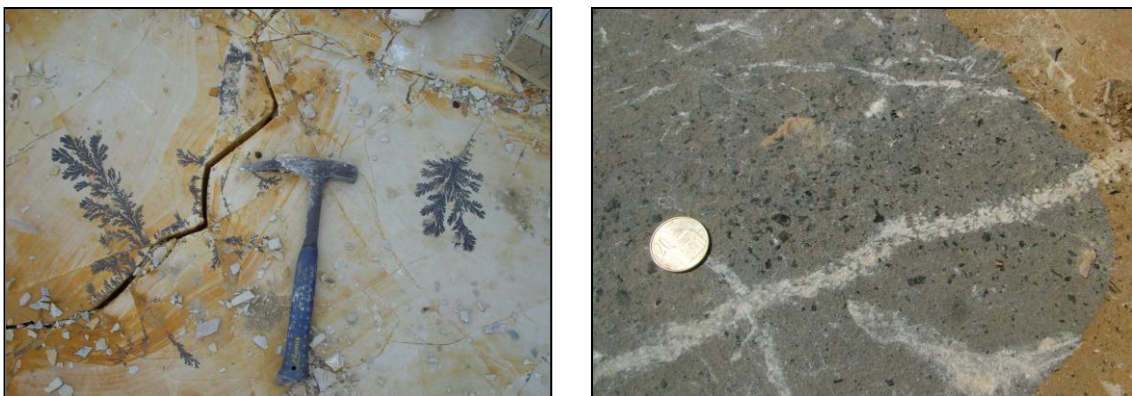
Slika 8.96. Klizište u mikritskim struganičkim krečnjacima. 1, 2 i 3 paketi mikritskih krečnjaka sa različitom debljinom slojeva. U paketu 3 klizište sa "Ball and Pillow" teksturom (BP). Unutar tekstuure BP nalaze se konkreциони rožnaci (R). Silifikacija je nastupila posle kliženja. Levo od BP došlo je do raskidanja slojeva. Crvena strelica desno – mogući pravac kliženja.

U mikritskim krečnjacima dijagenetskim hemijskim procesima osim stilolita i konkrečnih rožnaca nastaju i piritske konkrecije. Piritske konkrecije (Fe_2S) se pojavljuju sporadično i malih su dimenzija (maksimalno do 5 cm). Usled oksidacionih procesa pirit je dobrim delom zamenjen limonitom što im je dalo intezivnu boju rđe (Slika 8.97a). Piritske konkrecije su u osnovi izgrađene od kristalastog pirita (markasit?) što se može uočiti na presecima pojedinih konkrecija (Slika 8.97b) ili u petrografskim preparatima (Slika 8.110d). Pirit je autigeni mineral koji nastaje u redukcionim uslovima što je tipično za dubokovodne karbonate kakvi su mikritski struganički krečnjaci.

Jedno od značajnih obeležja struganičkih krečnjaka su manganski dendriti (Slika 8.98). Mn dendriti liče na skamenjene biljke ili mahovine koje su „izrasle“ na krečnjaku. Njihove boje variraju od tamno smeđe do crne. U obliku dendrita se obično javlja najvažniji nosilac mangana i najrasprostranjeniji manganski mineral - piroluzit. Ove pojave su vezane uglavnom uz pukotinske sisteme, gde se u još neočvrstloj fazi stene, stvaraju minerali iz rastvora koji sadrže mangan. Posebno se ističu Mn-dendriti koji mogu biti u kontinuitetu nekoliko desetina cm. Takođe, na pojedinim gornjim površinama slojevitosti struganičkih krečnjaka, nalaze se i nagomilanja karbonificiranih fragmenata flore (Slika 8.99).



Slika 8.97. Piritske konkrekcije u struganičkim krečnjacima. **a.** Male piritske konkrekcije na gornjoj površini slojevitosti mikritskog krečnjaka. **b.** Zonarna građa (1, 2 i 3) piritske konkrekcije kao posledica različitog intenziteta oksidacije. Zone 1 i 3 su intenzivno oksidisale. U zoni dva je dobrim delom sačuvan sitnokristalasti pirit. Strelica pokazuje pravac „curenja“ limonita.



Slika 8.98. Pojava manganskih minerala u vidu dendrita uz prsline mikritskih krečnjaka.

Slika 8.99. Nagomilanja karbonificiranih fragmenata flore.

Od internih teksturnih oblika pojedini slojevi mikritskih krečnjaka imaju slabo naglašenu horizontalnu i talasastu/kosu laminaciju (Slika 8.100). Uglavnom su to homogene stene voma finozrne strukture sa školjkastim prelomom (Slika 8.101). Boja im je sivo-plavičasta, sivo-zelenkasta ili svetlo smeđa.



Slika 8.100. Horizontalna i kosa laminacija u mikritskim krečnjacima.



Slika 8.101. Homogeni mikritski krečnjak sa školjkastim prelomom.

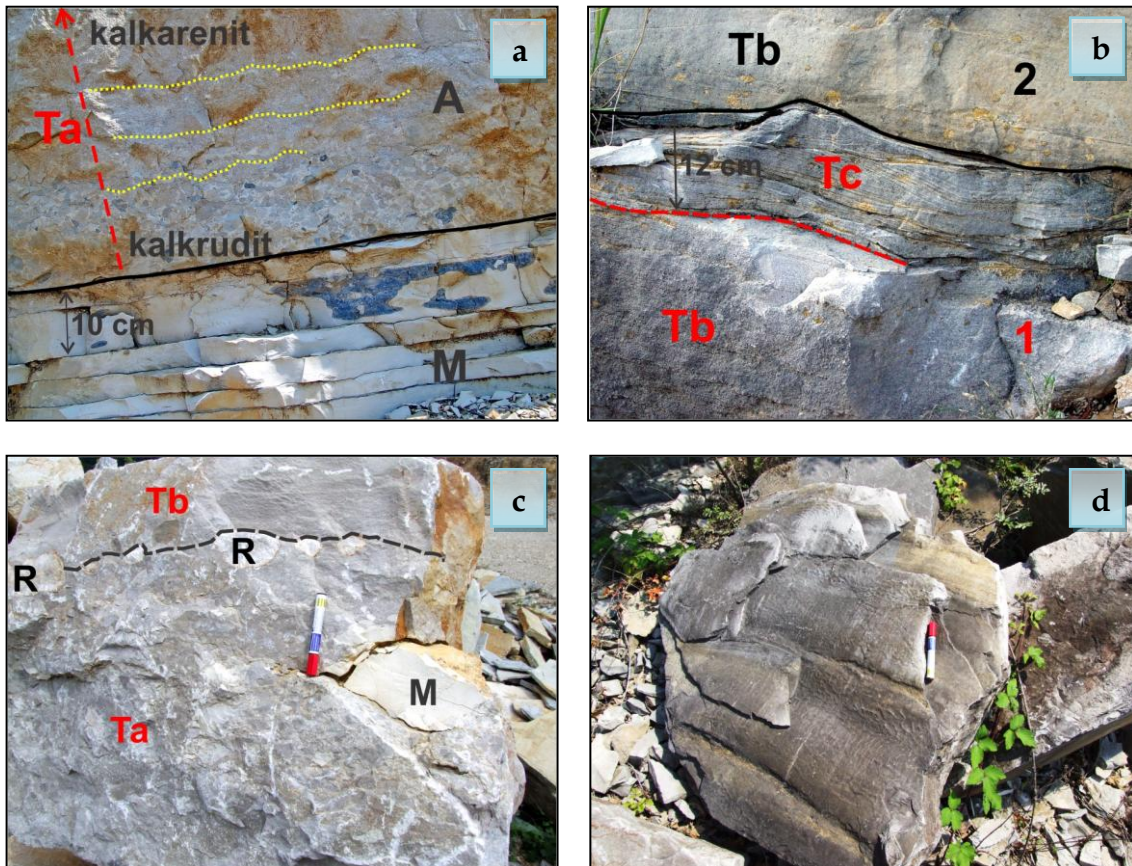
8.3.1.2. Alohemijski krečnjaci

U stubu se nalazi 10 nivoa sa alohemijskim krečnjacima (Slika 8.91). Nivoje čine pojedinačni slojevi i banci ili paketi od 2 do 3 sloja. Debljine su od 25 cm do 1.5 m (Slika 8.92). Slojevi ili banci ovih krečnjaka su najčešće samostalni. Znatno ređe su to paketi od dva sloja, odnosno dva turbiditna toka jedna iznad drugog. Zakonomernost njihovog pojavljivanja ne može se jasno definisati mada je nešto veća učestalost u donjem i u gornjem delu stuba. Alohemijski (alohemosparitski) krečnjaci su nastali na račun plitkovodnog materijala donešenog turbiditnim tokovima i kao takvi, nose teksture karakteristične upravo za ovu vrstu transporta (Gajić & Vasić 2011).



Slika 8.102. U gornjem delu stuba banak alohemijskog krečnjaka (A) najverovatnije sočivaste geometrije. U podini i povlati su slojeviti mikritski krečnjaci (M).

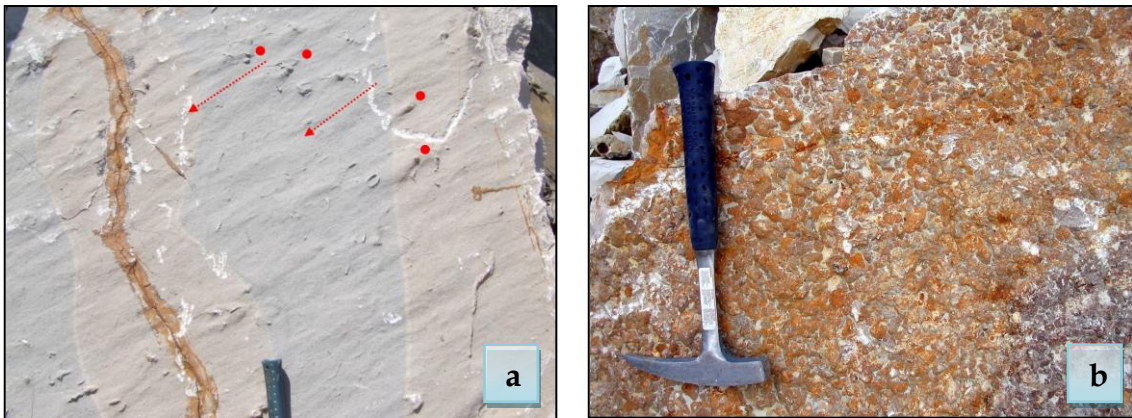
Prema strukturnim karakteristikama, odnosno krupnoći fragmenata ili alohemog materijala, smenjuju se od grubozrnih kalkrudita do sitnozrnih kalkarenita. Priroda transporta kojim je materijal prinešen u basen omogućila je razvoj internih tekstura koje grade Bouminu sekvencu (Slike 8.103a-d). To su gradaciona slojevitost (Slika 8.103a), horizontalna laminacija i talasasta laminacija (Slika 8.103b). U hijerarhiji Boumine sekvence to su članovi Ta - interval gradacije, Tb - donji interval horizontalne laminacije i Tc - interval talasaste laminacije. Posebno je naglašena gradacija koja ide u relacijama grubozrni kalkrudit - kalkarenit, krupnozrni kalkarenit - sitnozrni kalkarenit. Kalkruditi su vezani za proksimalne, a kalkareniti za središnje ili distalne delove turbiditnih lepeza. U pojedinim kalkruditima dobar deo fragmenata je nastao erozionim dejstvom toka, odnosno otkidan je od podinskih mikritskih krečnjaka (Slika 8.103c). Na gornjim površinama alohemijskih krečnjaka, ukoliko je u sloju razvijen interval Tc, nalaze se tragovi talasanja (Slika 8.103d).



Slika 8.103. Alohemijski krečnjaci sa teksturama iz Boumine sekvence. **a.** Alohemijski krečnjak (A) sa intervalom gradacije (Ta). U bazi sloja su kalkruditi koji navise prelaze u kalkarenite (isprekidana crvena strelica). Unutar sloja su razvijeni stiloliti (žute tačkaste linije) koji su redukovali debljinu i narušili autentičan kontinuitet gradacije. M – tankoslojeviti mikritski krečnjaci. **b.** Direktan kontakt dva alohemijaska krečnjaka (1 i 2). U 1 razvijeni interval paralelne laminacije (Tb) i interval talasaste laminacije (Tc), dok je u 2 vidljiv samo interval horizontalne laminacije (Tb). **c.** Banak alohemijaskog krečnjaka sa razvijenim Bouminim intervalima Ta i Tb. Interval Ta je kalkruditskog karaktera sa fragmentima mikritskog krečnjaka zahvaćenog turbiditnim tokom (M). Interval Tb je kalkarenitskog karaktera sa horizontalnom laminacijom. Na granici Ta i Tb razvijeni su konkreциони beli rožnaci (R). **d.** Gornja površina slojevitosti sa razvijenim tragovima talasanja u sitnozrnim kalkarenitima.

Takođe, i na donjim površinama slojevitosti razvijeni su predepozicioni mehanički teksturni oblici (Slika 8.104), gde su najčešći otisci tragovi predmeta (Slika 8.104a). Oni su konstatovani samo kod kalkarenitskih slojeva. Kod kalkruditskih slojeva na donjim površinama se ističu samo fragmenti (Slika 8.104b). Različiti predmeti (pre svega karbonatni fragmenti ili fragmenti fosila) nošeni tokovima preko finozrnih, karbonatnih muljeva na dnu basena,

ostavljaju za sobom različite tragove. Oblik tragova zavisi od oblika predmeta i karaktera njegovog kretanja. U struganičkim krečnjacima ovi mehanički teksturni oblici su vrlo diskretni po morfologiji i veličini tako da su teško odredljivi. Najpribližniji su tragovima zabadanja, zadiranja, kratkog vučenja i zaprečavanja. Teksture zaprečavanja imaju svojstvo direkciono-polarnih tekstura (Slika 8.104a).



Slika 8.104. Predepozicioni teksturni oblici na donjim površinama slojevitosti alohemijskih krečnjaka. **a.** Donja površina slojevitosti kalkarenita sa različitim tragovima predmeta i tečenja. Tačke – teksturni oblici zaprečavanja. Strelice pokazuju pravac i smer toka. **b.** Izgled donje površina slojevitosti kalkrudita.

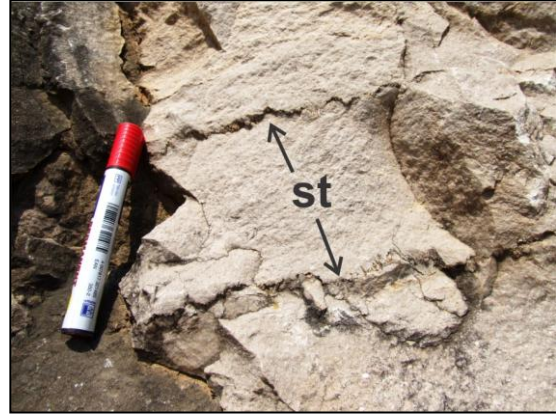
Pored predepozicionih i sindepozicionih teksturnih oblika u alohemijskim struganičkim krečnjacima indentifikovana je i tekstura mehaničkog utiskivanja kao postdepoziciona deformaciona tekstura. Mehanizam postanka ovih tekstura je vezan za deformacione procese slabijeg ili jačeg intenziteta. Tekstura mehaničkog utiskivanja je nastala na kontaktu fino-zrnog i srednjozrnog sedimenta koji su u hidroplastičnom stanju. U konkretnom slučaju to je na kontaktu mikritskog mulja i kalkarenitskog materijala, a posledica je obostranog utiskivanja usled litostatičkog pritiska gore nataloženih sedimenata (Slika 8.105).

Sekundarni hemijski teksturni oblik su stiloliti koji su paralelni površinama slojevitosti (Slika 8.106). Po morfologiji najpribližniji su primitivno talasastim i

stilolitima sa oštrim pikovima. Najučestaliji su u donjim delovima slojeva ili banaka gde je krupnozrniji materijal.



Slika 8.105. Tragovi utiskivanja na donjoj površini slojevitosti sitnozrnog alohemijaskog krečnjaka.



Slika 8.106. Paralelni stiloliti (S) u alohemijaskim krečnjacima.

8.3.1.3. Konkrecioni rožnaci

U odnosu na slojeve krečnjaka izdvajaju se dve vrste konkrecija: 1. konkrecije koje presecaju jedan ili više slojeva (Slika 8.107a) i 2. konkrecije koje se nalaze u sloju (Slika 8.107b).

Konkrecije koje presecaju, vertikalno ili pod nekim uglom, jedan ili više slojeva krečnjaka su najveća pojedinačna konkreciona tela. To su valjkasta tela sa dužinom koja može biti veća od 1 m, a sa debljinom ne većom od 50 cm. Ova konkreciona tela, najčešće nisu u potpunosti izgrađena od Si-minerala. Na upravnim presecima se ističe koncentrična građa (Slika 8.107c) koja je posledica različitog stepena silifikacije krečnjaka (delimična ili potpuna).

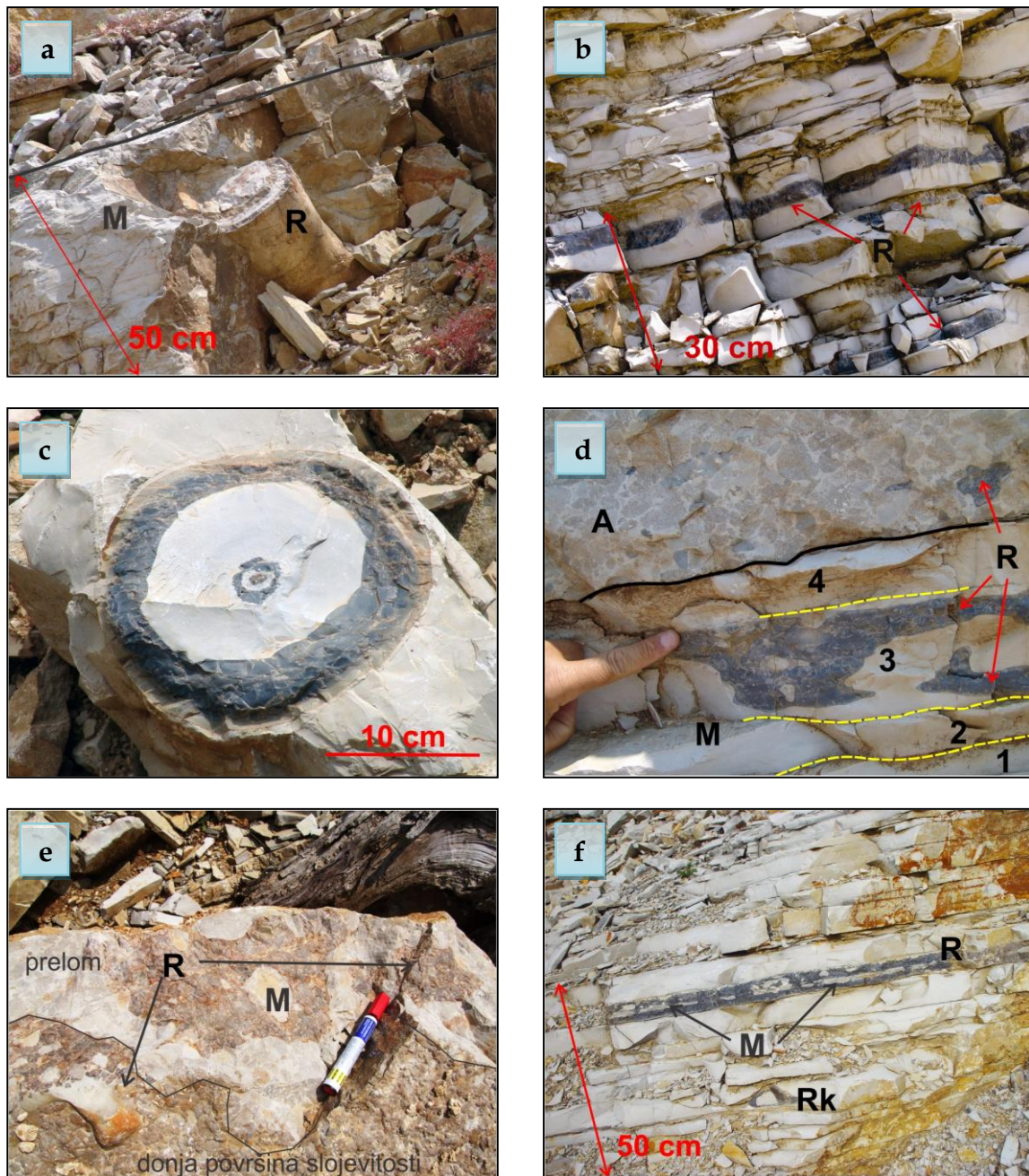
Prema veličini i morfologiji, konkrecije koje se nalaze u slojevima mogu biti kvrge (nodule), sočiva i konkrecioni proslojci. Podjednako su prisutni u mikritskim i alohemosparitskim krečnjacima. Kvrge i sočiva mogu biti pojedinačne ili grupisane.

Kvrge (nodule) su nepravilna tela (Slika 8.107d) različitih dimenzija što zavisi od debljine slojeva i intenziteta silifikacije. U mikritskim krečnjacima su kvрге obično manje od 10 cm, dok u alohemosparitskim mogu biti i preko 30 cm (Slika 8.107e). Raspored ovih rožnačkih konkrecija je uglavnom neravnomeran (haotičan) u slojevima.

Konkrecona sočiva rožnaca u slojevima mogu biti različito raspoređena (Slika 8.107d) ali su najčešće grupisana u jednom nivou (Slika 8.107b). U preseku, tela su najčešće decimetarskih dimenzija, retko su veća od 1 m. Debljina im je različita, a uslovljena je debljinom sloja stene nosioca i samom dimenzijom sočiva.

Konkreциони proslojci su tela koja imaju veliko kontinualno pružanje u slojevima (Slike 8.107f). Pojedini slojevi mogu imati i po dva konkrecona proslojka, a koji su obično uz donju i gornju površinu slojevitosti. Neki slojevi mikritskih krečnjaka mogu biti potpuno zamenjeni rožnacom. Granične površi konkreconih proslojaka su nepravilne. Mogu biti zupčaste i zaobljene. Zupčaste površi konkrecija su kod rožnaca u alohemosparitskim, a zaobljene kod mikritskih krečnjaka.

Stepen silifikacije se može posmatrati u odnosu na krečnjak koji se metasomatski menja i u odnosu na samu konkreciju. U odnosu na matičnu stenu tj. krečnjak radi se o stepenu konkreconosti. On je najmanji kada su konkrecije u formi kvрга. Najveći stepen je u slučaju potpune zamene sloja – konkreconi proslojci i slojevi. Unutar pojedinih konkrecija, pogotovu sočiva i konkreconih proslojaka, nalaze se izolovani delovi krečnjaka koji nisu izmenjeni ili su delimično izmenjeni (Slike 8.107c, 8.107e i 8.107f).



Slika 8.107. Konkrecioni rožnaci u struganičkim krečnjacima. **a.** Valjkasta konkrecija rožnaca (R) koja preseca slojeve mikritskih krečnjaka (M). **b.** Konkrecije rožnaca (R) koje se nalaze u tankim slojevima mikritskih krečnjaka. **c.** Poprečni presek valjkaste konkrecije. Tamnosivo su rožnački prstenovi. **d.** Kontakt tankoslojevitih (1, 2, 3 i 4) mikritskih krečnjaka (M) i sloja intrasparrudita-kalkrudit (A). U sloju 3 su nepravilna sočiva, a u kalkruditu kvрге tamnosivog rožnaca (R). **e.** Nepravilna kvрга ružičastog rožnaca (R) u kalkruditu. M - nesilifikovani deo krečnjaka u rožnacu. **f.** Konkrecioni proslojak rožnaca (R) u tankoslojevitim mikritskim krečnjacima. M - u središnjem delu konkrecionog proslojka nezamenjen mikritski krečnjak. Rk - kvрга rožnaca.

Specifičnost u struganičkim krečnjacima je pojava valjkastih rožnačkih konkrecija (Slike 8.107a i c). Istaknuto je da ova tela vertikalno ili pod malim uglom presecaju slojeve mikritskih krečnjaka. Na preseccima imaju koncentričnu građu koja je posledica smenjivanja silifikovanih i nesilifikovanih prstenova. Osmotrene dužine idu i preko 1 m, a debljine do 30 cm. U odnosu na uobičajene rožnačke konkrecije (kvrge, sočiva i konkrecione proslojke) koje se nalaze u slojevima, valjkaste konkrecije su svakako atipičnost. Ta činjenica otvara pitanje njihovog porekla.

U krednim sedimentima severo-zapadne Evrope (Severna Irska, Istočna obala Engleska, Južna Holandija, Nemačka) ovakve ili slične pojave su poznate pod nazivom *Paramoudras* (Frey 1975 i Bromley 1996). One su predstavljene cevastim (cilindričnim) formama kao tragovima životne aktivnosti (bioturbacija), koje su naknadno uvek silifikovane. Konstatovana su tela dužine i do 17 m (Frey 1975).

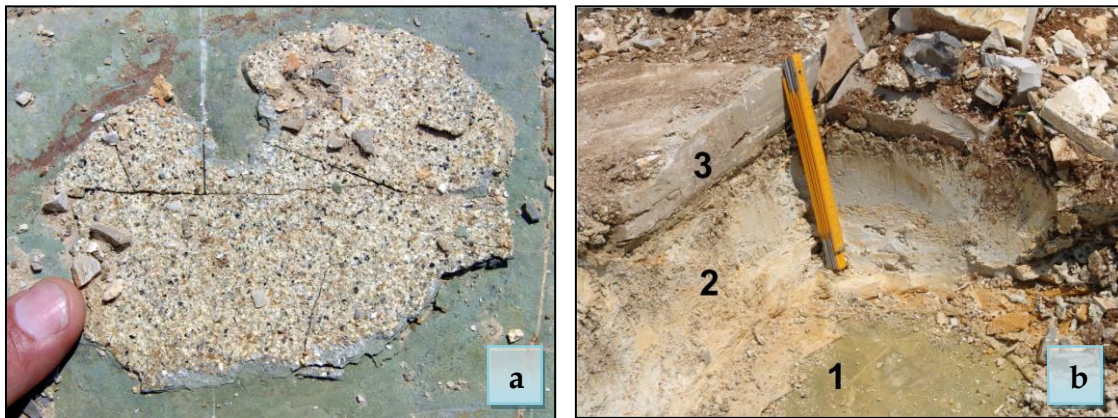
8.3.1.4. Smektitska glina u struganičkim krečnjacima

U okviru laporaca i glinovitih krečnjaka donjeg dela stuba (Slika 8.91) nalazi se asocijacija sedimenata koja po načinu pojavljivanja i sastavu odgovara, primarno piroklastičnom sedimentu. Asocijaciju čine (grade) lamina kristaloklastičnog tufa (Slika 8.108a) u bazi i sloj smektitske gline debljine 10 cm (Slika 8.108b). Lamina je debela 1-2 mm i izgrađena je od kristaloklasta kvarca (često bipiramidalan), sanidina, plagiokasa i biotita. Smektitska glina je visokog kristaliniteta, a po hemizmu odgovara Al-montmorionitu sa Ca i Mg kao međuslojnim katjonima (Vasić et al. 2005).

Piroklastičan materijal je u vodenu sredinu, najverovatnije, donešen oblakom formiranim nakon eksplozivne vulkanske erupcije. Gravitacionom diferencijacijom iz oblaka su prvo istaloženi kristaloklasti, kao najkrupniji,

dajući laminu. Sitnija zrna, dominantno odlomci vulkanskog stakla, su formirali povlatni sloj. Dijagenetskim procesima vulkansko staklo je transformisano u smektitsku glinu.

U glini su, pored fino-zrnog kalcita, prisutni sitni kristaloklasti, spikule silicispongija i radiolarije. Izdvojena je šira asocijacija radiolarija (Đerić et. al 2009), koje stratigrafski pripadaju senonu: *Pseudoaulophacus* sp., *Pseudoaulophacus* sp., *P. venadoensis* (Pessagno), *Alievium* sp., *A. Superbum* (Squinabol), *Dictyomitra koslovae* (Foreman), *Stichomitra* sp., *Dictyomitra formosa* (Squinabol), *Dictyomitra* sp. i *D. formosa* (Squinabol).



Slika 8.108. Smektitska glina u struganičkim krečnjacima. **a.** Lamina kristaloklastičnog tufa na gornjoj površini slojevitosti laporca. **b.** Sloj smektitske gline (2). 1 – gornja površina sojevitosti laporca na kojoj je razvijena lamina i 3 – sloj glinovitog krečnjaka.

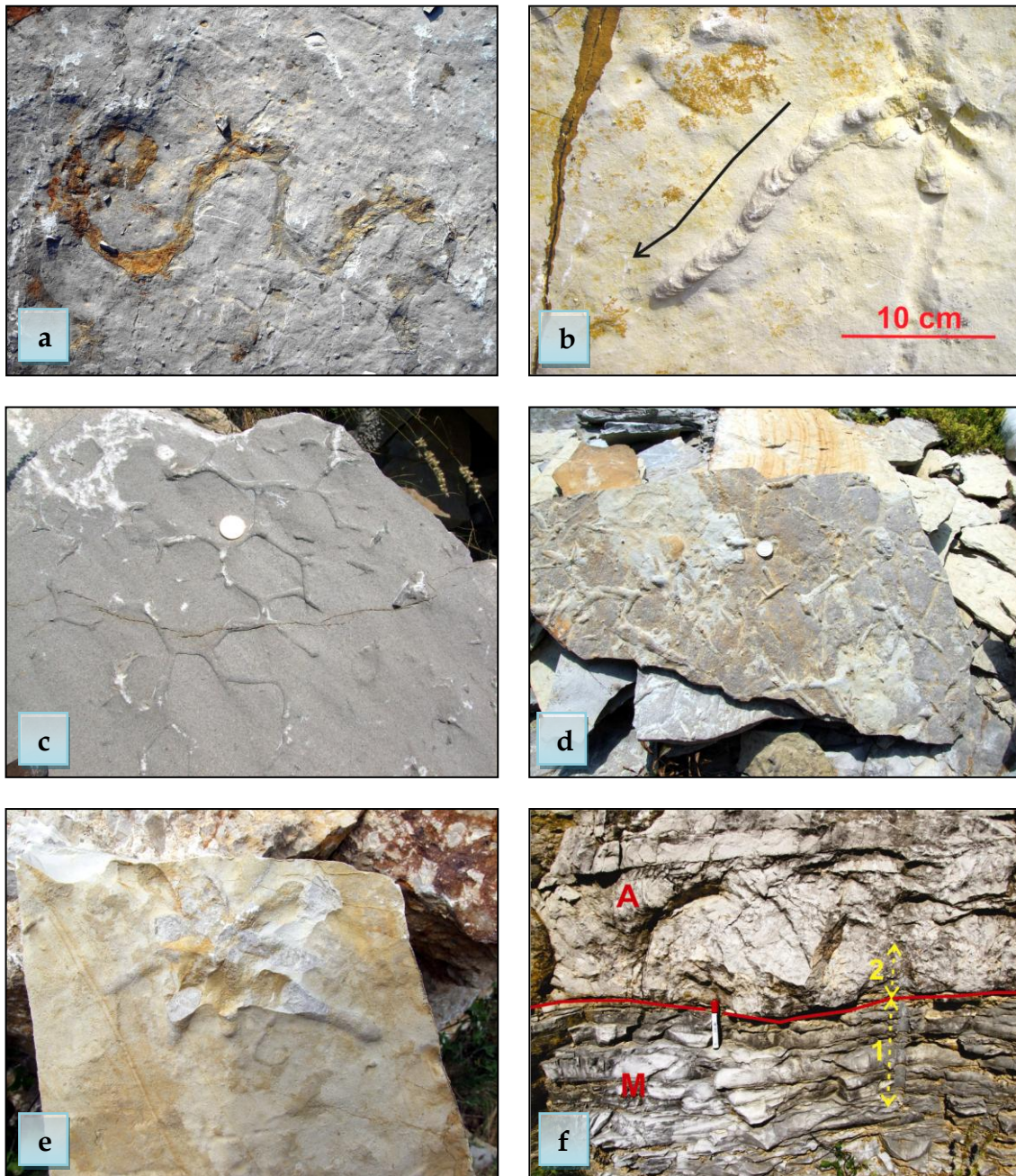
8.3.1.5. Bioturbacija u struganičkim krečnjacima

Na površinama slojevitosti struganičkih krečnjaka, kako mikritskih, tako i alohemijskih (turbiditnih) krečnjaka, nalaze se raznovrsni biogeni teksturni oblici (*trace fossils*). Ti oblici predstavljaju fosilno očuvane promene (tragove) u sedimentu nastale životnom aktivnošću organizama (bioturbacija), pri čemu sami organizmi paleontološki nisu definisani (ihnofosili). Bioturbacija, posmatrana zajedno sa fizičkim sedimentnim teksturama, može biti indikator

sredine taloženja i hidrodinamičkih uslova, zatim brzine sedimentacije, kao i geopetalnih karakteristika.

Određene ihnofacije vezuju se za odgovarajuće uslove prilikom taloženja. Primećuje se generalni prelaz od vertikalnih bioturbacija u plitkovodnim ka horizontalnim u dubokovodnim naslagama (Seilacher 1967; 2007 i Bromley 1996). Tragovi u struganičkim krečnjacima su uglavnom horizontalni. Odgovaraju *Nereites* ihnofaciji koja ukazuje na zone sa niskom energijom vode (kontinentalna padina i basen).

Prema učestalosti, ovi tragovi su uglavnom pojedinačni (Slike 8.109a-c) ređe mogu biti grupisani (Slika 8.109d). S obzirom da je količina bioturbacije pokazatelj brzine sedimentacije, u ovom slučaju radi se o umerenoj sedimentaciji. Bilo je dovoljno vremena za životnu aktivnost organizama, ali ne u tolikoj meri da bioturbacija uništi primarne teksture u krečnjacima (Reineck 1963). Biogeni tragovi mogu da imaju i geopetalna svojstva (Slika 8.109b). Najzastupljeniji su meandrirajući tragovi koji odgovaraju aktivnostima crvolikih organizama i to njihovom kretanju i hranjenju (Slike 8.109a i b). Druga grupa ihnofosila odgovara formama *Paleodictyon*. To je mreža heksagonalnih oblika „saćaste“ strukture (Slika 8.109c). Tragovi su različite veličine i debljine zidova, kao i stepena razvijenosti. Paleodikcioni se nalaze od kambrijuma pa do savremenih sedimenata, najčešće u flišnim tvorevinama. Pojave ovog ihnofosila vezuju se za dubokovodne marinske sedimente (Seilacher 2007). Ostali biogeni teksturni oblici koji su prisutni u struganičkim krečnjacima najpribližnije odgovaraju *Nereites* ihnofaciji (Slika 8.109d). Poneki tragovi liče na ihnofosile koji pripadaju *Zoophycos* ihnofaciji (Slika 8.109e). Nju karakteriše niska energija vode (kontinentalna padina, batijal), horizontalni tragovi ili plitki tuneli. Posebno je interesantan trag vertikalnog bušača što je atipično za ovu sredinu (Slika 8.109f). Vertikalni tragovi (*Cruziana* ihnofacija) vezuju se za zaštićene sredine, umerene do niske energije vode (subtajdal).



Slika 8.109. Bioturbacija u struganičkim krečnjacima. **a.** Trag kretanja crvolikog organizma na gornjoj površini mikritskih krečnjaka. Dužina slike 50 cm. **b.** Trag crvolikog organizma sa izbačenim muljem nakon hranjenja. Strelica pokazuje smer kretanja. **c.** *Paleodictyon* u struganičkim krečnjacima. **d.** Grupisani tragovi životne aktivnosti organizama na dnu (nejasno poreklo). **e.** Biogeni teksturni oblik nejasnog porekla. **f.** Vertikalni trag bušača? (isprekidana žuta linija). M - tanko slojeviti mikritski krečnjaci kao autentična sredina u kojoj je živio bušač (1). A - alohemijski krečnjak nastao prinosom plitkovodnog materijala turbiditnim tokom. U njemu se nalazi produžetak traga bušača (2). Ovakva situacija se može objasniti samo činjenicom da je sediment M prekriven, za života bušača, sedimentom A.

8.3.3. Petrologija struganičkih krečnjaka

Na početku poglavlja o struganičkim krečnjacima, istaknuto je da postoje dva osnovna litotipa krečnjaka u Struganiku – mikritski i alohemijski. Takođe, naglašeno je da su mikritski krečnjaci autohtoni sedimenti nastali u dubokovodnoj marinskoj sredini. U izvornoj terminologiji (Folk 1959) ovi krečnjaci se zbirno prikazuju kao ortoheimijski. Petrogeni materijal alohemijskih krečnjaka je plitkovodni, a u sistem je unesen turbiditnim tokovima.

8.3.3.1. Mikritski (ortoheimijski) krečnjaci

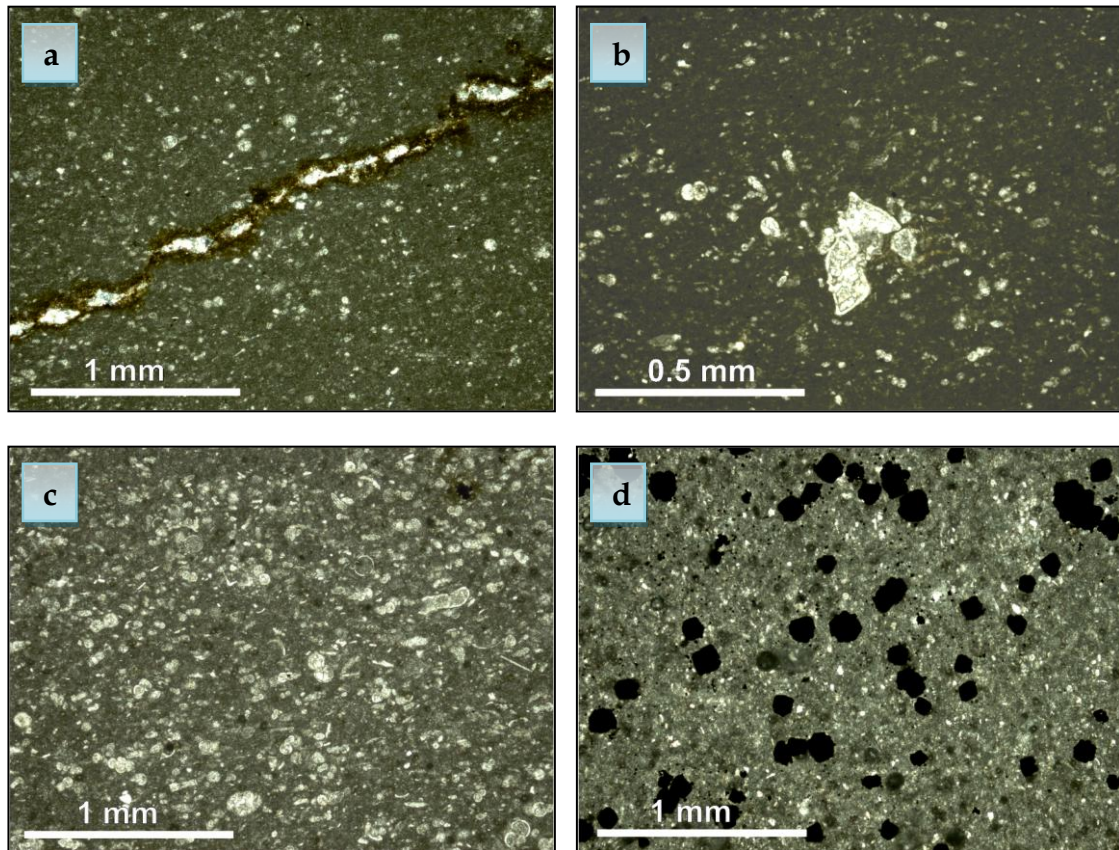
Osnovu mikritskih krečnjaka čini mikrokristalasti kalcit – mikrit. Nekarbonatni deo osnove su minerali glina, organska materija i podređeno alevritska komponenta. Ovi sastojci se najbolje vide u stilolitskim šavovima gde se nagomilavaju (Slika 8.110a). Prema sadržaju CaCO_3 (Tabela 8.7) odgovaraju krečnjacima, glinovitim krečnjacima i laporcima. Najniže sadržaje CaCO_3 imaju stene koje stratigrafski pripadaju donjem kampanu (laporci – 55-60 % i laporoviti i glinoviti krečnjaci – 70-85 %) što ih, pored mikropaleontoloških karakteristika, bitno odvajaju od stena gornjeg kampana. Nadalje, do kraja stuba, stene spadaju u krečnjake sa prosečnim sadržajem kalcita od 91.50 %, a opseg sadržaja je 86-97 %. Od 29 uzoraka samo su 4 sa vrednostima ispod 90 %.

Alohema (biogena) komponenta je predstavljena dobro očuvanim ljušturicama mikroorganizama. Dominantno su to pelaški foraminiferi (Globotruncanide) pored kojih su prisutne kalcisfere i izmenjene radiolarije. Zavisno od sadržaja biogene komponente mikritski krečnjaci su definisani kao mikriti i fosiliferni mikriti (manje od 10 % biogenog alohema – Slike 8.110a i b), i kao biomikriti (više od 10 % biogenog alohema – Slika 8.110c). Prema Dunham-ovoj klasifikaciji (1962) to su *mudstone* i *wackestone* mikrofacije.

Autigeni mineral u ovim krečnjacima je pirit koji može biti prisutan kao samostalna zrna ili kao nagomilanja koja daju piritske konkrecije (Slika 8.110d).

Tabela 8.7. Vrednosti CaO i MgO (određeni kompleksometrijski) i preračunatog CaCO₃ u mikritskim (ortohemijskim) krečnjacima Struganika, date u %.

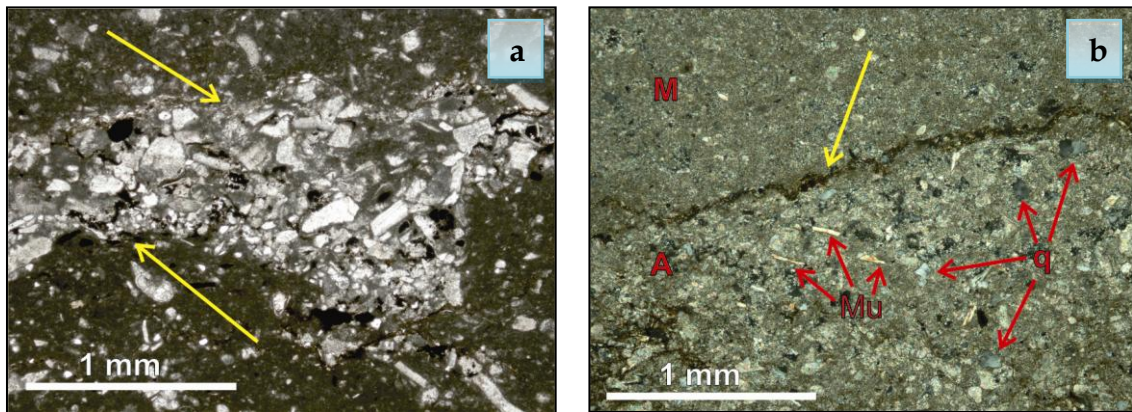
Oznaka uzorka	CaO	MgO	CaCO ₃	Starost	
ST-11	45.69	0.32	82.16	Donji kampan	
ST-12	31.67	0.32	57.13		
ST-13	31.55	0.32	56.91		
ST-15	39.06	0.42	70.50		
ST-16	32.30	0.42	58.43		
ST-17	40.19	0.16	72.05		
ST-21	52.02	0.16	93.18		Gornji kampan
ST-22	52.25	0.32	93.88		
ST-23	51.34	0.16	91.96		
ST-24	51.80	0.16	92.79		
ST-25	51.57	0.08	92.23		
ST-26	52.02	0.32	93.46		
ST-28	49.76	0.32	89.43		
ST-29	50.89	0.16	91.16		
ST-30	50.89	0.16	91.16		
ST-32	51.80	0.32	93.07		
ST-33	51.12	0.49	92.16		
ST-34	50.44	0.49	90.95	Gornji kampan-mastriht	
ST-34a	51.34	0.32	92.25		
ST-35	48.18	0.32	86.61		
ST-37	51.44	0.26	92.32		
ST-38	51.12	0.26	91.75		
ST-39	51.21	0.42	92.20		
ST-40	50.21	0.49	90.54		
ST-41	49.99	0.49	90.14		
ST-42	50.30	0.42	90.57		
ST-44	51.12	0.32	91.86		
ST-45	49.99	0.16	89.55		
ST-46	50.67	0.32	91.05		
ST-47	50.21	0.65	90.82		
ST-48	47.73	0.49	86.11		
ST-49	50.44	0.81	91.52		
ST-54	53.88	0.31	96.77		
ST-55	50.33	0.24	90.30		
ST-59	51.16	0.65	92.52		



Slika 8.110. Mikritski struganički krečnjaci. **a.** Fosiliferni mikrit sa prslinom zapunjenom kalcitom. Prslina se razvila duž tankog stilolita. N+. **b.** Fosiliferni mikrit sa globotruncanom u sredini. NII. **c.** Biomikrit. N+. **d.** Mikritski krečnjak sa autigenim piritom. NII.

Mikritski krečnjaci imaju lamine koje je teško uočiti makroskopski iako ponekad imaju debljinu skoro 1 cm. Mikroskopska ispitivanja su pokazala da lamine imaju potpuno drugačiji sastav od osnove stene (Slike 8.111a i b). Naime, lamine predstavljaju nagomilanja sitnozrnog alohemijskog materijala. Dominirajući alohem je biogenog porekla pored koga su u znatno manjoj meri prisutni sitni intraklasti. Biogeni alohem čine ljušturice mikroorganizama i fragmenti ljuštura viših, plitkovodnih organizama (mekušci). Lamine odgovaraju *packstone* i *grainstone* mikrofacijama, odnosno biomikritskim i biosparitskim varijetetima (Slika 8.111a). Najčešće se javljaju kao samostalne i zbog toga se njihova pojava ne može okarakterisati kao laminacija.

Opisane kakrateristike lamina upućuju na njihovo turbiditno poreklo, odnosno da su one najdistalniji deo turbiditnih tokova. Alohemij materijal koji ih gradi, najverovatnije je prinesen pridnenim laminarnim tokovima kao retka, tečno-čvrsta suspenzija. Argument u prilog ovoj tvrdnji je činjenica da pojedine lamine imaju povišeni sadržaj tertigene – peskovite komponente (Slika 8.111b).



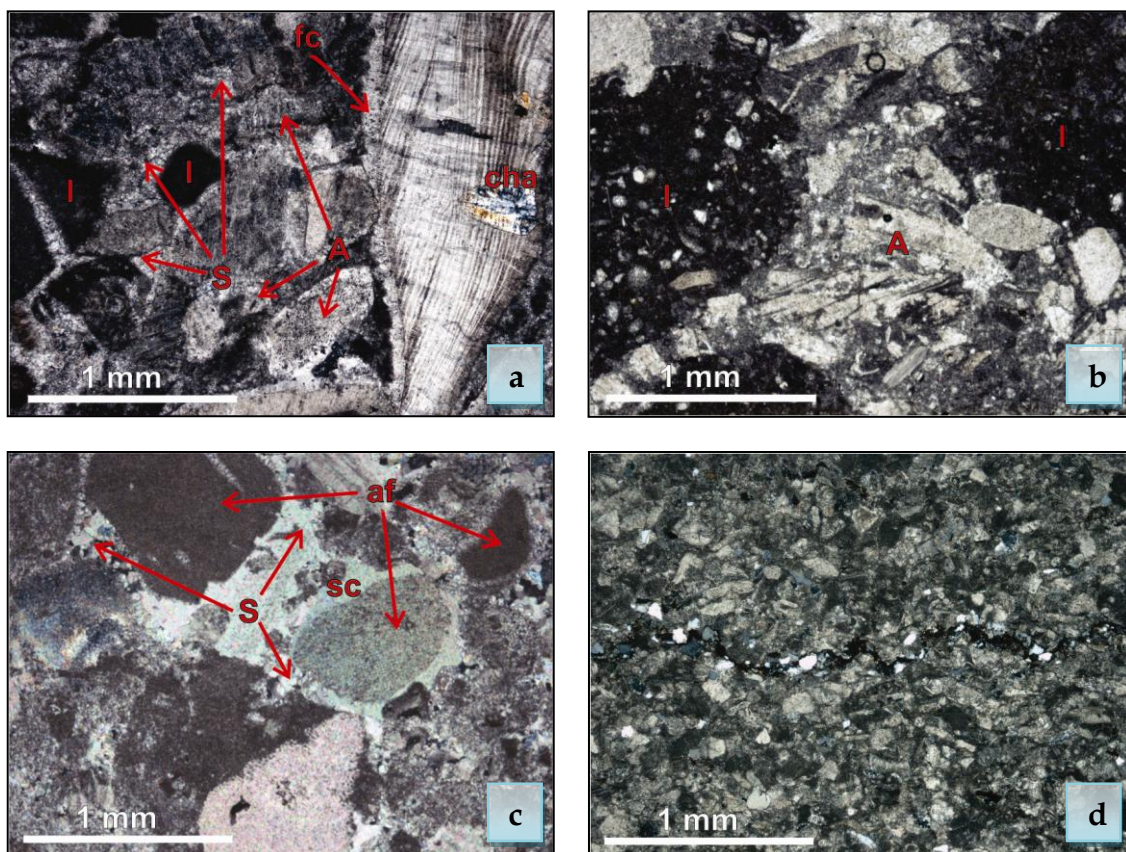
Slika 8.111. Mikrolamine u mikritskim struganičkim krečnjacima. **a.** Lamina alohemijskog karaktera u mikritu. Granične površi lamine su mikrostilolitske (strelice). NII. **b.** Mikrostilolitski kontakt mirkita (M) i lamine (A) sa raznovrsnim alohemom (žuta strelica). U lamini je povišen sadržaj peskovite komponente (5-7 %). q – zrna kvarca. Mu – liske muskovita. N+.

8.3.3.2. Alohemijski krečnjaci

Prema strukturnim karakteristikama, odnosno veličini fragmenata, alohemijski krečnjaci imaju dijapazon od grubozrnih kalkrudita do fino-zrnih kalkarenita. Pojedini banci, sa naglašenom gradacijom, u bazi imaju grubozrne kalkrudite, a na vrhu srednjozrne ili čak fino-zrne kalkarenite. Prema vrsti alohema i ortohema ovi krečnjaci su najčešće bio-intra-spar varijeteti (Slike 8.112a-d). Definisani su intrasparruditi, biosparruditi (Slika 8.112a), intrabiosparruditi, biospariti i intrabiospariti. Znatno su ređi mikritski varijeteti – intrabiomikruditi (Slika 8.112b) i intrabiomikriti.

Biogeni deo alohema je predstavljen fragmentima ljuštura plitkovodnih organizama (mekušci), ljušturicama bentoskih i planktonskih mikroorganizama

kao i fargmentima algi (Slika 8.112c). Intraklasti mogu biti prosti i složeni. Prosti su uglavnom kod srednjo i sitnozrnih kalkarenitskih tipova (Slika 8.112a), a složeni kod ruditskih ili krupnozrno-kalkarenitskih tipova alohemijских krečnjaka. Složeni intraklasti sami po sebi predstavljaju ortohemijske mikrofacije (mikrit, fosiliferni mikrit i biomikrit).



Slika 8.112. Alohemijски struganički krečnjaci. **a.** Biosparrudit. U krupnom fragmentu rudista mikrokonkrecije kalcedona (cha). I –intraklasti. A – sitniji biogeni alohem. S – sparikalcit. fc – prekristalisali fibrozni cement. N+. **b.** Intrabiomikrrudit. I – krupni složeni intraklasti (odgovaraju mikritima i fosilifernim mikritima). A – sitniji biogeni alohem. NII. **c.** Krupnozrni biosparit. af – algalni fragmenti. S – sparikalcit. sc – sintaksijalni cement razvijen oko algalnog fragmenta. N+. **d.** Sitnozrni intrabiosparit. Na sredini slike je stilolitski šav markiran nagomilanjem peskovite komponente. NII.

Sadržaj CaCO_3 (kalcita) u ovim krečnjacima je viši nego kod mikritskih varijeteta (Tabela 8.8) i iznosi od 86 do 98 %. Najveći broj uzoraka je u okvirima 91-96 %, a srednja vrednost je 94.5 %.

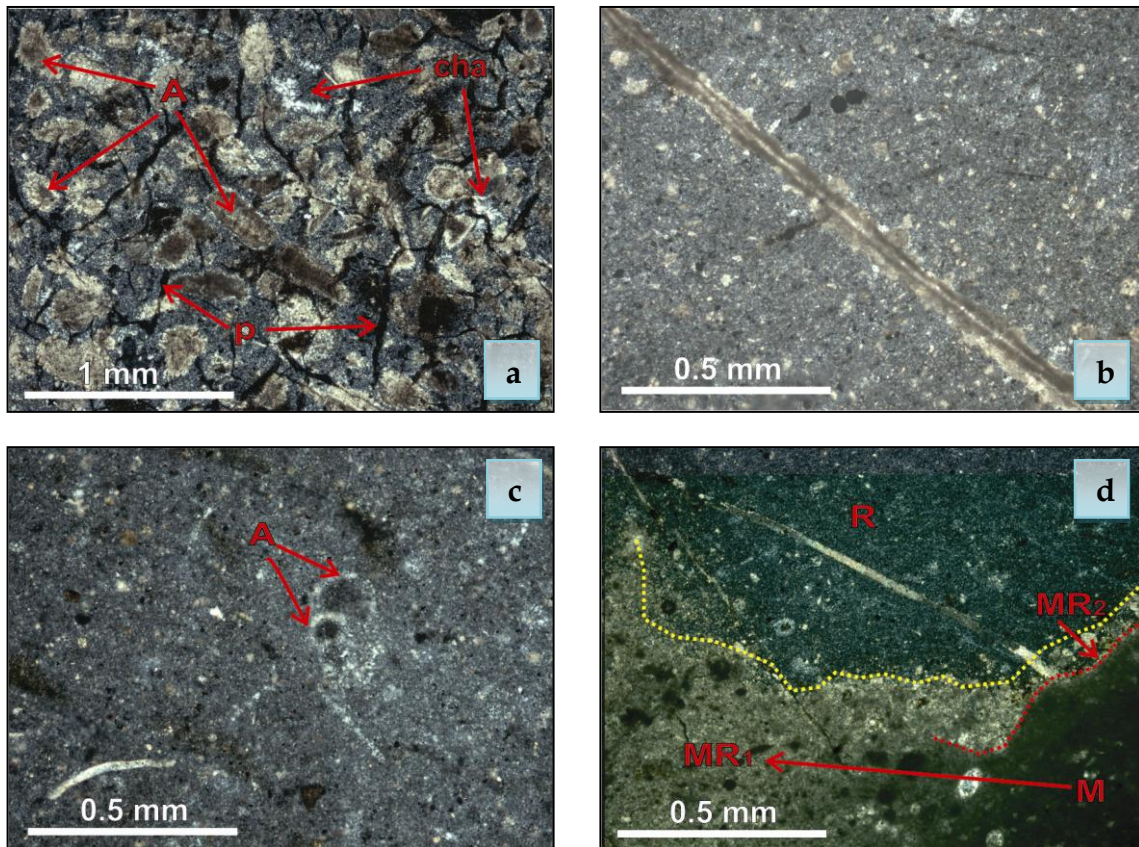
Tabela 8.8. Vrednosti CaO i MgO (određeni kompleksometrijski) i preračunatog CaCO₃ u alohemijskim krečnjacima Struganika, date u %.

Oznaka uzorka	CaO	MgO	CaCO ₃	Starost
ST-14	37.18	0.49	67.27	Donji kampan
ST-18	38.69	0.24	69.52	
ST-19	39.44	0.24	70.86	
ST-20	40.19	0.32	72.34	
ST-27	53.38	0.32	95.89	Gornji kampan
ST-31	52.48	0.32	94.29	Gornji kampan-mastriht
ST-36	53.24	0.26	95.54	
ST-43	50.67	0.49	91.36	
ST-50	53.38	0.49	96.20	
ST-52	51.84	0.49	93.45	
ST-53	54.78	0.49	98.70	
ST-56	47.76	0.81	86.73	
ST-57	54.33	0.32	97.59	
ST-58	52.74	0.81	95.63	
ST-60	52.52	0.65	94.95	

8.3.3.3. Konkrecioni rožnaci

Rožnaci su dijagenetske tvorevine nastale zamenom karbonatnih minerala (kalcit) autigenim Si - mineralima. Konkrecioni rožnaci se podjednako javljaju u mikritskim i alohemosparitskim struganičkim krečnjacima. U prvoj fazi zamene to je verovatno bio opal koji je kasnije prešao u sitnokristalasti kalcedon. Proces silifikacije je bio takav da su uglavnom sačuvane primarne strukture krečnjaka. To je posebno izraženo kod alohemijskih krečnjaka gde se jasno prepoznaju forme zamenjenog alohema (Slika 8.113). Proces silifikacije može biti delimičan i potpun. Rožnaci uvek sadrže 5-20 % kalcita. Delom je to reliktni (nezamenjeni deo) mikrit, a delom je su to novonastala kristalasta zrna u masi stene. Radi se o sitnokristalastom dijagenetskom kalcitu koji se javlja kao samostalna zrna. Deo kalcita prisutan je i kao zapuna tankih pukotina i mikroprslina (Slike 8.113b i c).

Na kontaktima rožnačkih tela i krečnjaka uvek postoji tanja ili deblja prelazna zona koja se karakteriše nepotpunom silifikacijom (Slika 8.113d), odnosno predstavlja mešavinu mikritskog kalcita i mikrokristalastog kalcedona.



Slika 8.113. Konkrecioni rožnaci. **a.** Rožnac nastao zamenom alohemosparitskog krečnjaka. Svojtvo veziva ima mikrokristalasti kalcedon koji popunjava porni prostor (cha). A – alohemi sastojci (intraklasti i biogena komponenta) uglavnom nesilifikovani. p – prslina sa mrkom zapunom (Fe i Mn oksidi i hidroksidi). N+. **b.** Rožnac izgrađen od mikrokristalastog kalcedona u kome se nalaze samostalna zrna kalcita. Prslina koja presca rožnac je zapunjena neokalcitom. N+. **c.** Rožnac nastao zamenom mikritskog krečnjaka. Osnova je mikrokristalasti kalcedon u kome se nalazi silifikovani alohem (A). N+. **d.** Kontakt mikritskog krečnjaka (M) i rožnaca (R) sa prelaznim zonama. Strelica pokazuje porast stepena silifikacije. MR₁ – mešavina mikrita i mikrokristalastog kalcedona. MR₂ – tanka prelazna zona sa krupnokristalastim kalcitom. N+.

8.3.4. Biostratigrafija struganičkih krečnjaka

Paleontološka istraživanja mikrofaune pokazala su da struganički krečnjaci stratigrafski pripadaju kampanu. U ranijim istraživanjima (Gajić 2007) mikropaleontološkim analizama obuhvaćeni su uzorci stena iz prvih 10 m stuba. Na osnovu navedene asocijacije prva tri metra snimljenog stuba odgovaraju donjem, a preostalih sedam metara gornjem kampanu.

U daljim fazama istraživanja krede ovog područja mikropaleontološkim i biostratigrafskim proučavanjima obuhvaćeni su i uzorci iz srednjeg i gornjeg dela stuba struganičkih krečnjaka koji pripadaju gornjem kampanu.

U veoma bogatoj mikrofosilnoj asocijaciji mikritskih krečnjaka dominantan značaj imaju planktonski foraminiferi i drugi planktonski oblici mikrofosila. Bentoski foraminiferi su predstavljeni samo pojedinačnim dubokovodnim oblicima malih bentoskih foraminifera sa kalcitskom ljušturicom. Relativno često je zastupljen detritus dubokomorskih fosila, a retko fragmenti ili detritus plitkomorskih fosila.

Planktonski foraminiferi su predstavljeni različitim vrstama globotruncanida, kao oblicima kompleksnog morfotipa: *Contusotruncana fornicata* (Plummer), *C. cf. fornicata*, *C. cf. patelliformis* (Gandolfi), *Contusotruncana sp.*, *Globotruncana arca* (Cushman), *G. bulloides* Vogler, *G. cf. falsostuarti* (Sigal), *G. hilli* (Pessagno), *G. (?) insignis* (Gandolfi), *G. lapparenti* (Brotzen), *G. linneiana* (d'Orbigny), *G. orientalis* (El Naggar), *G. cf. orientalis*, *G. ventricosa* (White), *G. mariei* (Banner & Blow), *G. rosetta* (Carsey), *G. cf. rosetta*, *Globotruncanita elevata* (Brotzen), *Gl. stuarti* (de Lapparent), *Gl. stuartiformis* (Dalbiez), *Gl. cf. stuartiformis*, intermedijarni oblici *Archaeoglobigerina-Gansserina*, *Marginotruncana-Contusotruncana*, *Globotruncanita-Radotruncana* i *Radotruncana subspinosa* (Pessagno)-*Radotruncana calcarata* (Cushman).

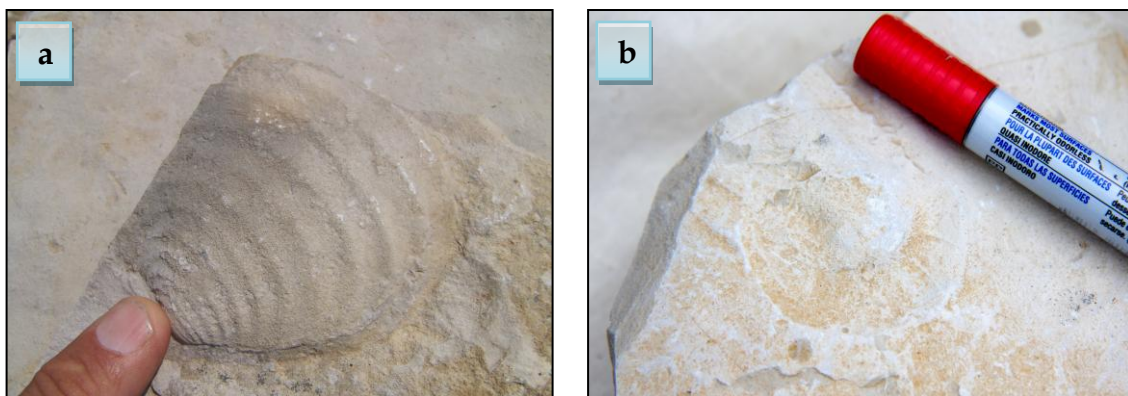
Osim globotruncanidskih vrsta, veliku zastupljenost imaju sitni, primitivni oblici (predstavljani sitnim trohospiralnim oblicima *Hedbergella* sp. i biserijalnim heterohelicidima *Heterohelix* sp.) i intermedijarni oblici, među kojima su izdvojeni multiserijalni oblici heterohelicida (*Pseudoguembelina* cf. *costulata* (Cushman) i *Ventilabrella* sp.) i različite planispiralne i trohospiralne forme (*Archaeoglobigerina?* sp., *Globigerinelloides* sp. i *Rugoglobigerina-Globotruncanella*).

Alohemijske krečnjake karakteriše, takođe, veoma bogata asocijacija mikrofosila, koja je po sadržaju slična prethodno opisanoj asocijaciji. Osnovna razlika je prisustvo pojedinih oblika bentoskih foraminifera. Osim malih bentoskih foraminifera u krečnjacima su zastupljeni i biostratigrafski značajni makroforaminiferi. Takođe, alohemijske krečnjake, u odnosu na biomikritske, karakteriše daleko veći sadržaj fragmenata plitkomorskih fosila. U pojedinim nivoima skoro podjednako su zastupljeni predstavnici svih determinisanih grupa mikrofosila (planktonski i bentoski foraminiferi, mikroplankton, plitkomorski i dubokomorski fosili), dok u drugim nivoima daleko veću zastupljenost imaju fragmenti i detritus plitkomorskih fosila.

Bentoski foraminiferi su predstavljani različitim oblicima sa kalcitskom i aglutiniranom ljušturicom. Među krečnjačkim bentoskim foraminiferima su determinisani makroforaminiferi i mali bentoski foraminiferi: *Goupillaudina* sp., *Pararotalia* sp. i dr. *Rotaliidae*, *Siderolites charentensis* (Neumann), *S.* cf. *charentensis*, *S. vidali* (Douville), *Gavelinella* sp., *Stensioeina* sp. i *Lenticulina* sp. Bentoski foraminiferi sa aglutiniranom ljušturicom su pojedinačno prisutni i čine ih predstavnici vrste *Marssonella* cf. *trochus* (Orbigny). Planktonski foraminiferi su predstavljani sledećim globotruncanidskim vrstama: *Contusotruncana fornicata*, *C.* cf. *patelliformis*, *Globotruncana* cf. *arca*, *G. bulloides*, *G. lapparenti*, *G. linneiana*, *G. orientalis*, *Globotruncanita stuarti*, *Gl. stuartiformis* i *Rugotruncana* sp. U pojedinim nivoima veliku zastupljenost imaju i sitni, primitivni i intermedijarni oblici (*Hedbergella*, *Heterohelix* i *Globigerinelloides*). Mikroplankton je predstavljen mnoštvom kalcisfera (*Pithonella* sp. i dr.).

Veoma bogat fosilni sadržaj čine i plitkomorski fosili: fragmenti i detritus bivalvija (među kojima dominiraju fragmenti rudistnih školjaka – radiolitida i hipuritida) i dr. molusaka, fragmenti briozoa, bodlje ehinida, detritus serpulida i fragmenti različitih algi *Corallinaceae*.

Na gornjim površinama slojevitosti mikritskih krečnjaka vrlo često se nalaze inoceramusi (Slika 8.114). Mogu biti sa dobro očuvanim ljušturama ili samo kao kalupi. Inoceramusi kao lamelibranhiati (mekušci) imali su veliki značaj za raščlanjavanje gornjokrednih sedimentnih stena Struganika i okoline u ranijim radovima (Marković & Anđelković 1953 i Maksimović & Marković 1953). U struganičkim krečnjacima pronalaze se i amoniti. Utvrđene su dve vrste: *Gaudriceras kayei* (Forbes) i *Pachydiscus (Pachydiscus) gollevillensis* (d Orbnigny) koje je odredio prof. dr Dragoman Rabrenović. Stratigrafska pozicija ove dve vrste je kampan-mastriht, sa tendencijom da više pripada mastrihtu.



Slika 8.114. Inoceramusi i amoniti u mikritskim krečnjacima. a – sačuvane ljušture i b – kalupi.

Za definisanje donjo i gornjokampanske starosti proučavanih struganičkih krečnjaka, biostratigrafski značaj imaju pojedine determinisane zonske i biostratigrafski značajne vrste planktonskih foraminifera (*Globotruncanita elevata*, *Globotruncana ventricosa*, *Pseudoguembelina costulata*, *Radotruncana subspinosa* - *Radotruncana calcarata*) i makroforaminifera (*Siderolites vidali*, *S. charentensis*).

Među predstavnicima planktonskih foraminifera, karakter zonskih vrsta imaju globotruncanidske vrste *Globotruncanita elevata* i *Globotruncana ventricosa* i heterohelicidska vrsta *Pseudoguembelina costulata*. Vrsta *Gl. elevata* je zonska vrsta za donji kampan, *G. ventricosa* odgovara srednjem do gornjem kampanu, a *Ps. costulata* donjem do gornjem kampanu (Premoli Silva & Verga 2004 i Robaszynski & Caron 1995). Iako imaju karakter zonskih vrsta, njihovo stratigrafsko rasprostranjenje je šire - vrsta *Gl. elevata* iščezava tokom gornjeg kampana, a ostale tokom gornjeg mastrihta. Biostratigrafski značaj za gornji kampan imaju i prelazni oblici *Radotruncana subspinosa*-*Radotruncana calcarata* (Sari 2009). Gornjokampanske asocijacije karakterišu i vrste *Globotruncana falsostuarti* i *Globotruncanita stuarti*, iako se njihovo stratigrafsko rasprostranjenje produžava do kraja mastrihta.

Poseban biostratigrafski značaj imaju makroforaminiferske vrste *Siderolites vidali* i *S. charentensis*. Vrsta *S. vidali* je, prema mnogim istraživačima, tipična kampanska vrsta, značajna za srednji-gornji kampan, odnosno, samo za gornji kampan. Prema pojedinim autorima, obe vrste imaju stratigrafsko rasprostranjenje gornji kampan-donji mastriht (Neumann 1997).

Paleoekološka razmatranja determinisanih asocijacija foraminifera ukazuju na dubokovodniji karakter proučavanih sedimenata. Naime, u asocijaciji planktonskih foraminifera veću zastupljenost imaju oblici koji pripadaju batipelagijalu. To su globotruncanidski i heterohelicidski oblici koji odgovaraju kompleksnoj ili intermedijarnoj morfološkoj grupi - predstavnici rodova

Contusotruncana, *Globotruncana*, *Globotruncanita*, *Radotruncana*, *Archaeoglobigerina-Gansserina*, *Pseudoguembelina* i *Ventilabrella*. Sitni, primitivni oblici jednostavnog i intermedijarnog morfotipa pripadaju epipelagijalu (predstavljani su hedbergelama, heteroheliksima, globigerineloidesima i dr.).

Među determinisanim oblicima bentoskih foraminifera, s jedne strane su zastupljeni oblici koji imaju dubokovodni karakter (mali bentoski foraminiferi), a s druge strane oblici koji ukazuju na nešto pliće sredine na otvorenim šelfovima (predstavnici makroforaminifera).

Kada se govori o fosilnom sadržaju alohemijskih krečnjaka, koji je predstavljen fragmentima različitih molusaka, briozoa, algi i dr. fosila, dubokovodnijim oblicima pripada školjka *Inoceramus*, dok ostali oblici imaju izrazito plitkovodni karakter i ukazuju na postojanje sprudnih sredina. Prisustvo ovakvih krečnjaka, u kojima preovlađuju plitkomorski fosili, ukazuje na transportovanje materijala iz plitkovodnih u dublje depozicione sredine.

► Petrofizička svojstva struganičkih krečnjaka omogućavaju njegovu primenu pre svega kao građevinskog materijala. Primenjuje se i kao tehnički i arhitektonski kamen. Eksploatacija i prerada struganičkih krečnjaka je u manjim kamenolomima i pogonima u okolini sela Struganik. Proizvode se prirodno lomljene i različito sečene ploče, zatim kamene kocke, ivičnjaci i stubovi. Otpadni materijal od svih ovih obrada se dalje drobi i koristi kao drobljeni agregat. Na taj način je skoro potpuna iskorišćenost ovih krečnjaka.

9. JEDINICA KARBONATNO-KLASTIČNIH TURBIDITA

Najmlađi član gornje krede područja istraživanja izgrađuju sedimentne stene nastale procesima taloženja iz turbiditnih struja ili mutnih tokova na podmorskoj padini. Laporovito-krečnjačke stene sa rožnacima kontinentalne padine bočno prelaze u čiste turbidite.

Osmatrani profili na kojima su snimljeni litostratigrafski stubovi turbidita imaju različite litološke karakteristike. U Štavici dominantno prisustvo imaju karbonatno-klastične sedimentne stene, dok u Građeniku preovlađuju klastične sedimentne stene sa varijabilnim sadržajem karbonata (Tabela 9.2).

Generalno, po veličini zrna, za sve ispitivane turbidite može se reći da odgovaraju kalkarenitima i kalklutitima, veoma retko i kalkruditima (Štavica). Takav granulometrijski sastav turbidita ukazuje na turbiditne struje male gustine. Celokupni prostor koji zauzima materijal istaložen iz turbiditne struje naziva se turbiditna lepeza, po obliku tela koji nastaje (Piper 1978 i Stow 1986).

Ovde razmatrani profili odgovaraju sedimentološkoj definiciji fliša. To su uslojene, debele, marinske dubokovodne tvorevine izgrađene pretežno od turbidita (Obradović 1987). O pojavi fliša u oblasti Rajca i okoline i Struganika pisali su još Maksimović (1953) i Marković & Anđelković (1953). Fliš gornje krede, na ispitivanom terenu, stratigrafski odgovara kampan-mastrihtu (Marković 1960 i Obradović 1967).

Kampan-mastrihtski fliš ovog dela Srbije poznat je pod nazivom ljiški fliš. Sedimenti ovog fliša rasprostranjeni su na severoistoku istraživanog područja, počevši od Ljiga šire prema Struganiku, Rajcu i Štavici. Ljiški fliš poznat je po svojoj jasno izraženoj ritmičnosti, koja se ogleda u smenjivanju

mikrokonglomerata, peščara, alevrolita, glinaca, laporaca i laporovitih krečnjaka sa dvostrukim ili trostrukim sekvencama (Obradović 1962; 1967). Isti autor izdvaja terigeni i terigeno-karbonatni fliš.

Ljiški fliš, kampan mastrihtske starosti najverovatnije predstavlja gornji deo severnošumadijskog fliša (Anđelković 1967). Severnošumadijski fliš zahvata pojas Arandjelovac-Ostružnica i stvaran je od turona do mastrihta (Obradović 1987). U unutrašnjim Dinaridima za vreme gornje krede postojalo je više basena u kojima su se stvarali sedimenti fliša. Oni su često taloženi tokom ili neposredno pre glavnog orogenog stadijuma deformacija. Najveće rasprostranjenje flišni sedimenti dostigli su za vreme kampanskog, mastrihtskog i danskog kata.

Na osnovu mikropaleontoloških i biostratigrafskih proučavanja vezanih za područje istraživanja, nije bilo moguće preciznije definisanje starosti u okviru kampan-mastrihta. Proučavani sedimenti lokalnosti „Štavica“ pokazuju podudarnost u litološkim i paleontološkim karakteristikama sa karbonatno-klastičnim stenama lokalnosti „Građenik“. Sličnost u paleontološkim karakteristikama se ogleda u prisutnim vrstama planktonskih i malih bentoskih foraminifera. Sortiranost mikrofosila je, takođe, zapažena u stenama obe lokalnosti. Osnovna razlika je u odsustvu biostratigrafski značajne makroforaminiferske vrste *Siderolites calcitrapoides* u krečnjacima lokalnosti „Štavica“. Ona je determinisana u proučavanim peskovitim krečnjacima lokalnosti „Građenik“ i na osnovu nje je preciznije određena starost ovih stena (mastrihtska starost).

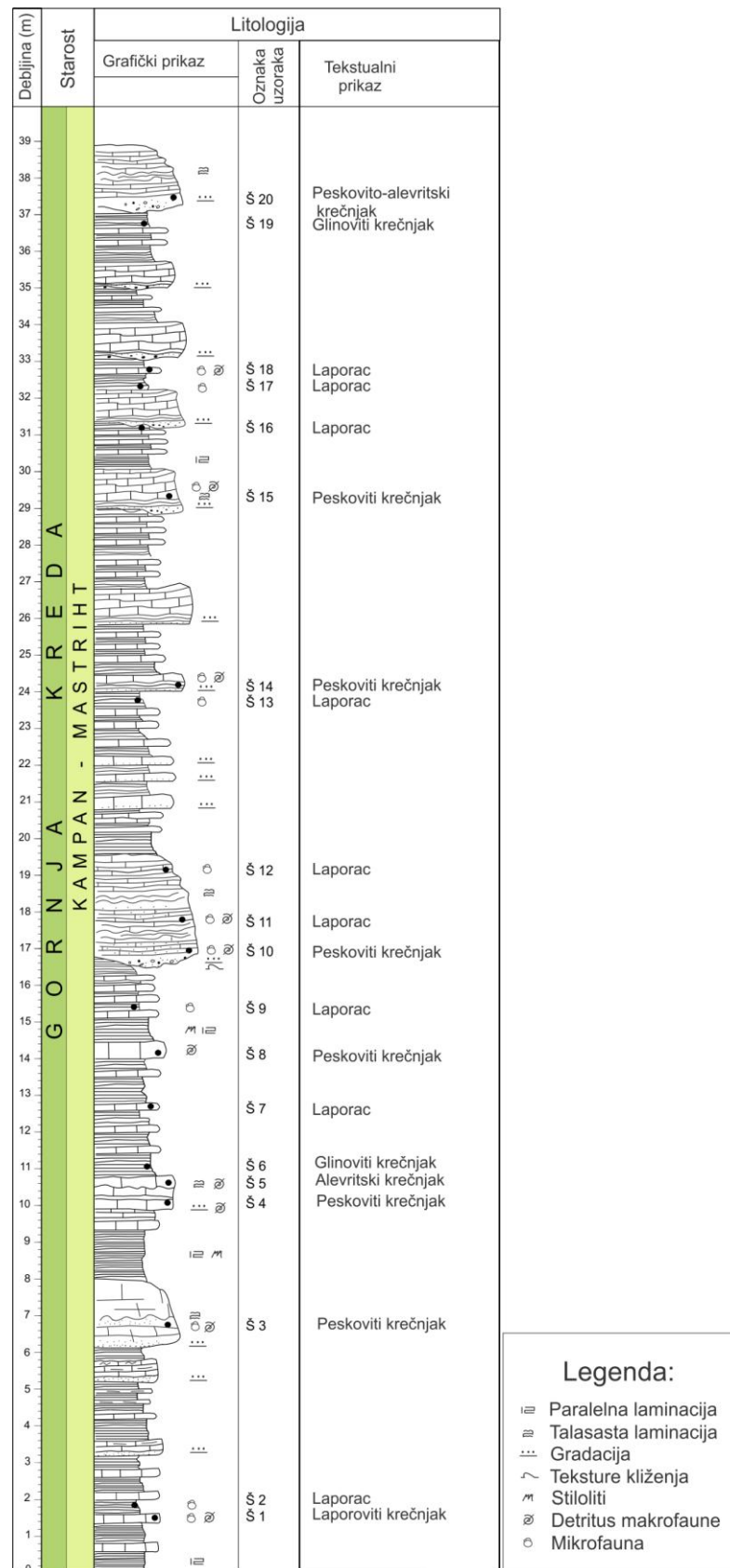
9.1. Terigeno-karbonatni turbiditi kod Štavice

Jedan od dva uzorkovana profila ljiškog fliša nalazi se na putu Ljig-Gornji Milanovac, kod sela Štavica, na istoku istraživanog područja (Slika 4.1, tačka Š). Snimljeni stub ima početne koordinate 44°11'37.2", 20°18'27.1" i 212 m i ukupnu debljinu od 36 m (Slika 9.1).

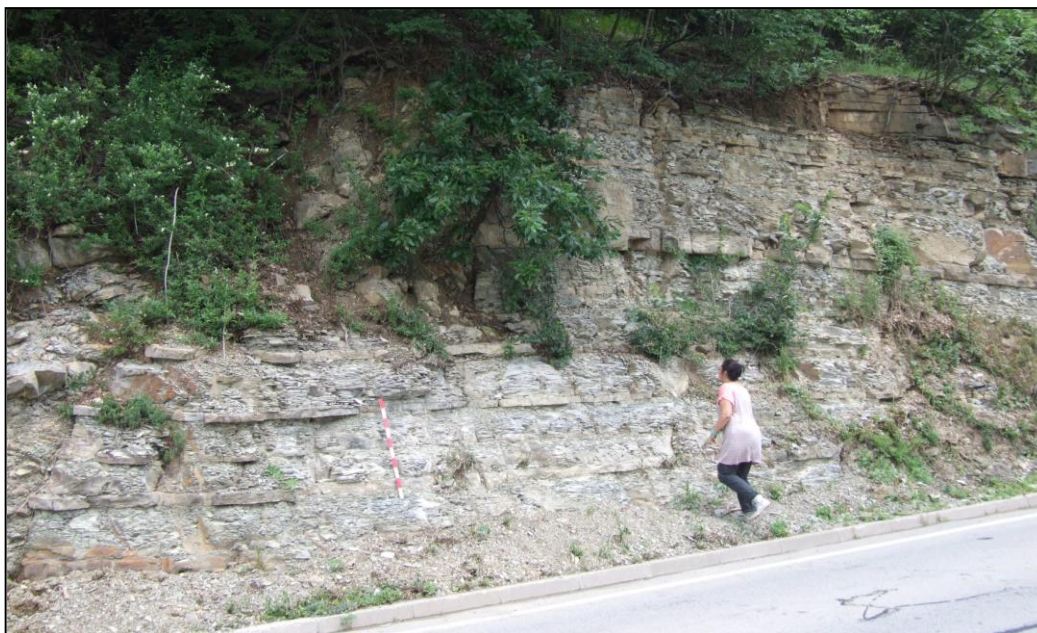
Otkriveni profil terigeno-karbonatnih turbiditnih stena predstavlja najviše horizonte gornjokrednih tvorevina na istraživanom području i sadrži karakterističnu ritmičnu smenu slojeva različitih granulometrijskih sastava. Najčešće su dvočlane sekvence, i odgovaraju smeni od krupnozrnih kalkarenita, retko kalkrudita do fino-zrnih kalklutita (Slika 9.2). Od litoloških članova zastupljeni su tamno sivi do smeđe-sivi krečnjaci i sivo-smeđi laporci, sa različitim sadržajem terigene komponente. Stene pripadaju karbonatnom, odnosno terigeno-karbonatnom flišu (Anđelković 1960 i Obradović 1967).

Teksturane karakteristike ispitivanih karbonatnih turbidita, svrstavaju ih u alodapske krečnjake (*allodapic limestone*, Obradović & Nikolić 1975). To su karbonatni turbiditi koji se talože kao posledica akumulacije karbonatnog detritusa koji je u basen donešen turbiditnim strujama iz prigrebenskog područja ili sa oboda basena (Meischner 1964). Alodopski krečnjaci se talože iz turbiditnih struja istim mehanizmom kao i klastični sedimenti.

Krečnjaci po veličini fragmenata odgovaraju kalkarenitima i *grainstone* do *packstone* mikrofacijama. Retki kalkruditi su istog sastava kao i kalkareniti, osim što se razlikuju po veličini fragmenata, tj. pripadaju *rudstone* mikrofaciji. Laporci su definisani kao kalklutiti, zavisno od količine zrna i karbonatnog mulja, pripadaju *mudstone* i *wackestone* mikrofacijama.



Slika 9.1. Litostratigrafski stub terigeno-karbonatnih turbidita kod Štaviće.

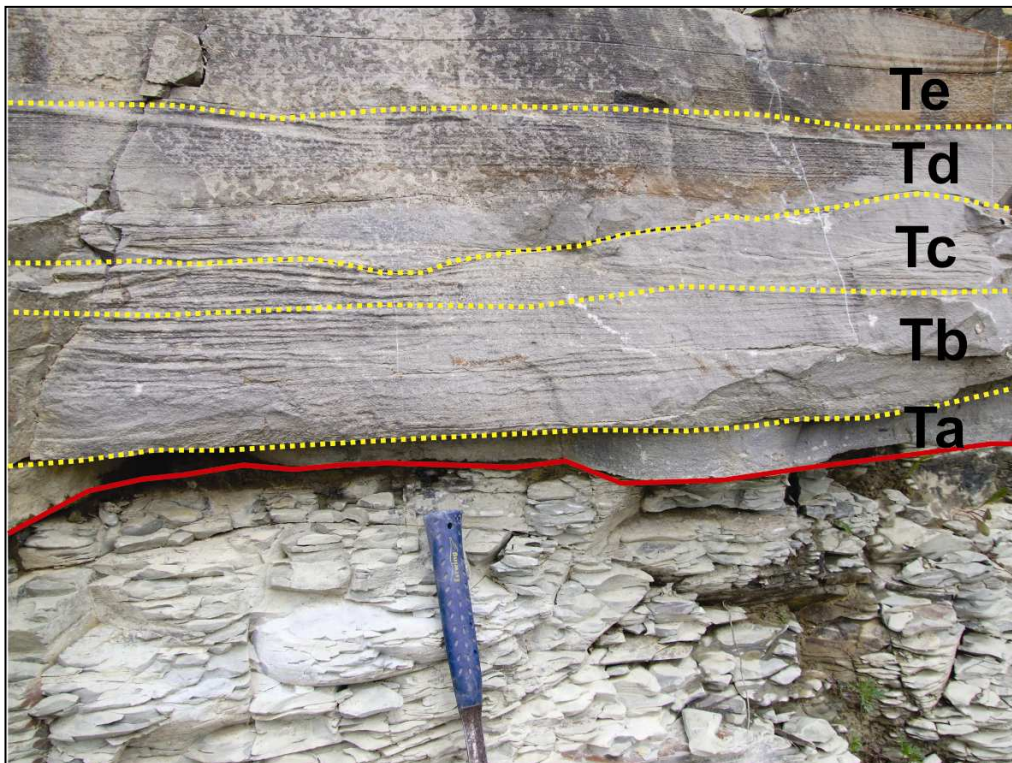


Slika 9.2. Ritmično smenjivanje krečnjaka i laporaca u terigeno-karbonatnim turbiditima kod Štavice.

Sve stene su stratifikovane u slojeve različite debljine sa paralelnim i ravnim, ponekad i talasastim površima slojevitosti. Primećena eroziona površina/granica talasastog oblika na kalkarenitima u vezi je sa gradacijom (Obradović 1967). Debljina slojeva kalkarenita je dosta promenljiva i kreće se od nekoliko cm do 3 m (Slika 9.1.). Veća je kod krupnozrnijih kalkarenita i manja kod sitnozrnijih, odnosno fino-zrnijih stena. Najčešći su slojevi debljine 10-tak cm. Primećena je i pojava amalganiziranih slojeva krečnjaka koji daju naslage debele oko 1-1.5 m.

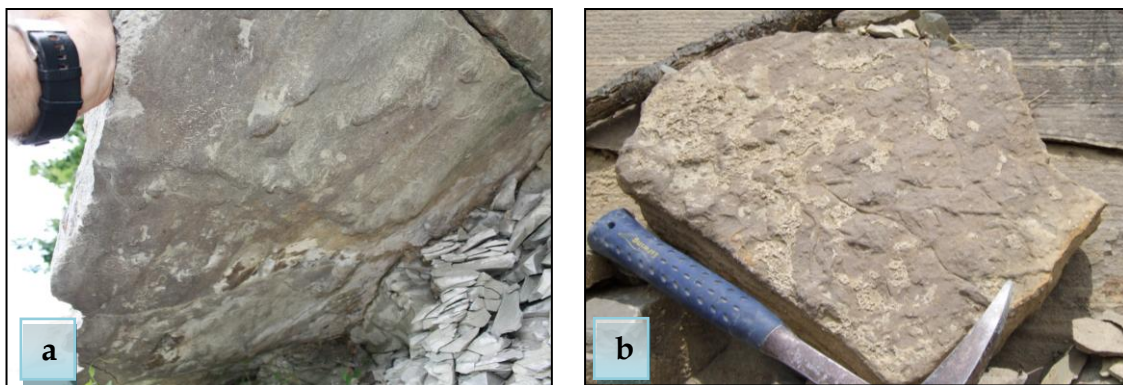
Retki debeli slojevi ili banci koji su razvijeni predstavljaju klasične turbiditne naslage. Njihova karakteristika je određeni raspored intervala iz Boumine sekvence (Slika 9.3). U bazalnom delu je izražena gradacija fragmenata (Ta), koja naviše prelazi u horizontalno laminirane slojeve (Tb), zatim sledi interval sa talasastom/kosom laminacijom (Tc), pa gornji interval horizontalne laminacije (Td). Interval Te – pelaški interval čini završetak Boumine sekvence,

u ovom slučaju talože se finoizrni laporci. Najčešće se, međutim, dešava da su razvijene samo dva (Ta-b ili Td-e) ili tri intervala (Ta-b-c). Njihov nastanak zavisi od veličine čestica i brzine taloženja. Ovi turbiditi ukazuju na kretanje turbiditnim (mutnim) strujama male gustine koje transportuju čestice veličine do srednjozrnog i (kalkarenita) finozrnog (kalklutita) materijala. Karbonatni turbiditi sa karakteristikama gore opisanih Bouminih sekvenci nastaju na padinama gde se turbiditni tok kreće podmorskim kanalima. Iz takvih turbiditnih struja nastaje sedimentno telo oblika podmorske lepeze (Einsele 2000). Generalni izgled snimljenog litološkog stuba je povećanje debljine slojeva i veličine zrna naviše (Slika 9.1). Takav izgled Mutti & Ricci (1972) interpretiraju kao progradaciju podmorske lepeze u celini.



Slika 9.3. Kalkarenit sa kompletnom Bouminom turbiditnom sekvencom sa intervalima od Ta do Te. U podini je laminirani laporac.

Donje površi slojevitosti kalkarenita su uvek jasno izražene (Slika 9.5). Na njima su mehanički teksturni oblici česta pojava. Konstantovani su: tragovi vučenja predmeta, tragovi tečenja i slivanja (Slika 9.4a). Od teksturnih oblika nastalih biogenim putem javljaju se na površinama slojevitosti tragovi kretanja organizama, najverovatnije crva (Slika 9.4b).



Slika 9.4. Mehanički teksturni oblici razvijeni na donjim površinama slojevitosti karbonatnih turbidita. **a.** Otisci tragova slivanja. **b.** Grupisani tragovi životne aktivnosti organizama (ihnofosili/nejasnog porekla).

Laporci se javljaju u tankim i laminiranim slojevima ili ređe u debljim slojevima bez izražene teksture. Oni sa više alevritske komponente javljaju se u slojevima debljine i do 20 cm. Često izražena horizontalna laminacija ponekad prelazi u kosu sa malim uglom pada lamina ili talasastu (Slika 9.5).



Slika 9.5. Laminirani laporci. Crvena strelica pokazuje postepeni prelaz horizontalne u talasastu laminaciju.

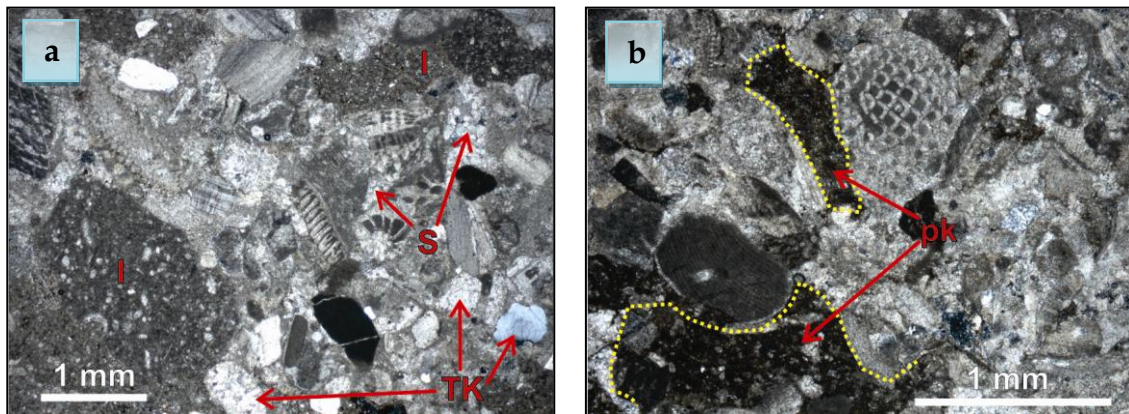
Snimljeni stub karbonatnog fliša odlikuje se visokim sadržajem klastične komponente u većini karbonatnih stena (Tabela 9.1). Smenjivanje različitih varijeteta karbonatnih stena se primećuje, ali nije uvek jasno izraženo. Iako su laporci definisani kao mešavine gline i kalcita, u njima se redovno nalazi i klastični materijal alevritskih do sitno peskovitih dimenzija. Zavisno od zastupljenosti klastične komponente (11.41-47.92 %), definisani su peskoviti krečnjaci, alevritsko-peskoviti krečnjaci, alevritski laporci i laporci (Konta 1973). Jako fino-zrni laporci koji sadrže manje klastične komponente, kao laporci bogati kalcitom (65-80 % CaCO_3) postepeno prelaze u glinovite krečnjake (80-90 % CaCO_3).

Tabela 9.1. Vrednosti CaO i MgO (određeni kompleksometrijski) i preračunatog CaCO_3 u karbonatnim turbiditima Štavice, date u %.

Oznaka uzorka	CaO	MgO	CaCO_3
Š-1	42.48	2.04	75.75
Š-2	27.38	2.04	48.82
Š-3	42.95	2.04	76.59
Š-4	44.60	1.87	79.53
Š-5	49.68	1.36	88.59
Š-6	49.09	2.04	87.54
Š-7	34.93	2.71	62.29
Š-8	41.06	2.37	73.22
Š-9	25.49	2.37	45.45
Š-10	49.56	1.36	88.37
Š-11	46.73	1.36	83.33
Š-12	35.40	0.47	63.12
Š-13	35.01	0.47	62.42
Š-14	49.22	0.47	87.75
Š-15	49.56	1.02	88.37
Š-16	31.15	0.68	55.55
Š-17	34.46	0.68	61.45
Š-18	37.85	0.68	67.50
Š-19	44.84	1.70	79.96
Š-20	23.60	1.70	42.08

Ispitivani kalkareniti odgovaraju biointrasparitima, ređe biosparitima (Slika 9.6). Fragmentirani i slabo očuvani fosili zajedno sa intraklastima i terigenim sastojcima vezani su spari-kalcitskim cementom. Intraklasti su složenog tipa,

izgrađeni od mikrita i fosilnog detritusa (Slika 9.6a). Nastali su erodovanjem kalklutita kretanjem turbiditnih tokova. Poneki pokazuju tragove plastičnih deformacija nastalih dok su još bili mekani i plastični (plastiklasti, Slika 9.6b). Od terigenih sastojaka konstantovana su zrna kvarca, listići sericita, zrna plagioklasa, odlomci kvarcita, rožnaca i serpentinita. Takođe su prisutni minerali gvožđa, kao i retka glaukonitska zrna.



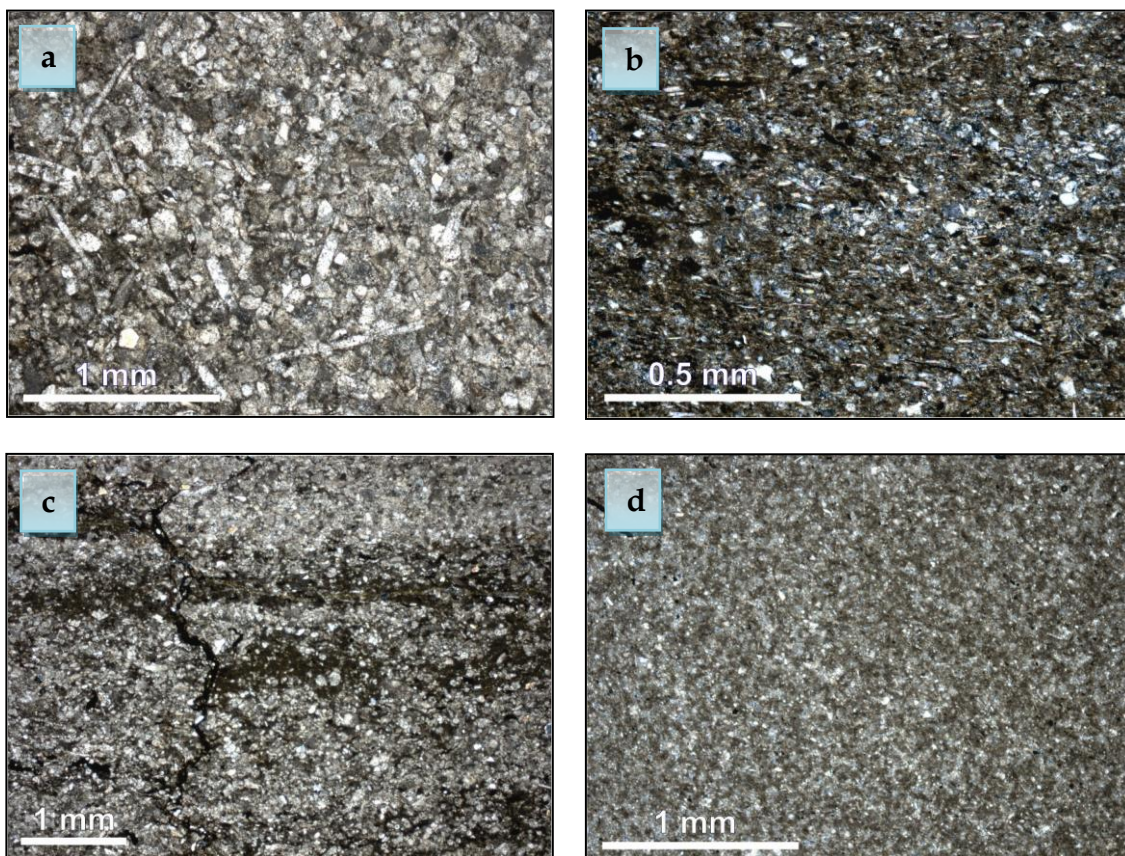
Slika 9.6. Kalkareniti (*grainstone*). **a.** Biointrasparit koji je izgrađen od raznovrsnog biogenog detritusa, slabo zaobljenih intraklasta (I), terigenih zrna (TK) i sparita koji popunjava porne prostore. N+. **b.** Biosparit. pk – plastiklasti. N+.

Laporci su izgrađeni od kalcita, minerala gline i klastičnog materijala alevritskih i peskovitih dimenzija (Slika 9.7). Struktura im je kriptokristalasta ili mikrokristalasta/pelitska. U mikritskoj osnovi nalazi se organogeni alohem. Sadržaj organogenog alohema je najčešće između 1 i 10 %, retko može da dostigne i do 50 % (Slika 9.7a). Na osnovu količine alohema kod laporaca su definisani mikriti, fosiliferni mikriti i biomikriti. Mikritski varijeteti pored mikrofosila sadrže i značajan procenat terigene komponente (20-48 %). Osim minerala glina koje čine osnovu stene izmešanu sa karbonatnim muljem, terigenu komponentu predstavljaju i liske sericita, uglasta zrna kvarca i plagioklasa i retka izdužena zrna serpentinita alevritske do sitno peskovite krupnoće (Slika 9.7b). Pored njih često se primećuje i pirit. On se pojavljuje u

vidu sitnih individualnih kristala, u vidu nepravilnih nagomilanja ili kao zapuna komorica mikrofosila. U površinskim uslovima podlegao je oksidaciji. Mestimično se u ovim stenama zapaža i organska materija.

Laminaciju u ovim stenama obeležavaju smene organske materije i minerala glina (Slika 9.7c). Takođe, deformacioni pokreti doveli su do rekristalizacije glinovitih minerala u sitnozrni sericit i do usmerenosti listastih sastojaka u prostoru (Slika 9.7b). Pojedini pelitski sedimenti ne pokazuju sedimentne teksture, već su homogeni (masivni, Slika 9.7d). To je najverovatnije posledica taloženja iz turbiditnih tokova koji su bili jako viskozni (bogat materijalom). Često se u fino-zrnim stenama javljaju mikrostiloliti i mnogobrojne mikropukotine (Slika 9.8c). Stiloliti i pukotine su najčešće zapunjeni mineralima gvožđa i organskom materijom.

U svim proučavanim karbonatnim stenama sa lokalnosti Štavica konstatovana je veoma bogata asocijacija mikrofosila, u kojoj su dominantni planktonski foraminiferi. Zastupljeni su i različiti oblici bentoskih foraminifera, mikroplankton tipa kalcisfera i detritus plitkomorskih fosila. Osnovna karakteristika proučavanih biointramikrosparita je bogat sadržaj mikrofosila – mnoštvo planktonskih foraminiferskih oblika, česti bentoski oblici foraminifera i bogat detritus plitkomorskih fosila. Među planktonskim foraminiferima veću zastupljenost imaju oblici sitnih dimenzija, dok predstavnici izrazito dubokovodnih aglutiniranih bentoskih foraminifera imaju veličine karakteristične za ove predstavnike (0.05-0.5 mm). U uzorcima alevritskih laporaca uglavnom su zastupljeni sitni, primitivni planktonski i mali bentoski foraminiferi.



Slika 9.7. Kalklutiti. **a.** Laporac – biomikrit. N+. **b.** Peskovito-alevritski laporac u kome su ljušpasti i listasti sericiti paralelno orijentisani. N+. **c.** Laminirani laporac u kome se smenjuju lamine bogate kvarcom sitno peskovitih dimenzija (u mikritskom cementu) i lamine bogate organskom materijom. NII. **d.** Homogeni alevrolit. N+.

Asocijaciju planktonskih foraminifera karakteriše mnoštvo kompleksnih, intermedijarnih i primitivnih morfotipova. Među globotruncanidima (kompleksni morfotip) su determinisani: *Contusotruncana fornicata*, *Globotruncana arca*, *G. cf. bulloides*, *G. hilli*, *G. lapparenti*, *G. linneiana*, *G. mariei*, *G. orientalis*, *G. rosetta*, *Globotruncanita cf. stuarti* i prelazni oblici *Marginotruncana-Contusotruncana*. Sitne, primitivne oblike planktonskih foraminifera čine *Hedbergella* sp. i *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg), a intermedijarne oblike *Globigerinelloides* sp., *Globotruncanella* sp. i *Rugoglobigerina* sp.

Bentoski foraminiferi su predstavljeni oblicima sa aglutiniranom ljušturicom (*Dorothia* sp., *Gaudryina pyramidata*, *Marssonella trochus*, *Minouxia* sp. i

tekstularidni oblici) i oblicima sa krečnjačkom ljušturicom, među kojima se izdvajaju mali bentoski foraminiferi (*Bolivinooides* sp., *Gavelinella voltziana*, *Gavelinella* sp., *Lenticulina* sp. i predstavnici familija Lagenidae i Nodosariidae) i makroforaminiferi (*Goupillaudina* sp., fragmentarni preseki orbitoidida, *Pararotalia* sp. i dr. oblici iz familije Rotaliidae).

Veoma bogat detritus plitkomorskih fosila potiče uglavnom od molusaka (rudisti i dr.), a zastupljene su još bodlje ehinida, detritus briozoa i krečnjačkih algi Corallinales.

Na osnovu determinisane asocijacije planktonskih i bentoskih foraminifera, određena starost proučavanih sedimenata iz lokalnosti Štavica je kampan-mastriht. Biostratigrafski značaj za kampan-mastriht imaju globotruncanidske vrste *Globotruncana mariei*, *G. rosetta*, *G. orientalis* i *Globotruncanita stuarti*. Od bentoskih vrsta, biostratigrafski značaj za kampan-mastriht ima vrsta *Gavelinella voltziana*, a značaj predstavljaju i fragmentarni ostaci orbitoidida.

U uzorcima sa lokaliteta Štavica utvrđena je i siromašna i vrlo loše očuvana asocijacija krečnjačkog nanoplanktona predstavljena vrstama *Watznaueria barnesae* (Black), *Arkhangelskiella cymbiformis* (Vekshina), *Cribrosphaerella ehrenbergii* (Arkhangelsky). Analiza nanoplanktona može ukazati na širi biostratigrafski raspon od kampana do mastrihta. Na uzorcima iz stena ljiškog fliša Di Staso & Giardino (2002) odredili su starost krečnjačkog nanoplanktona i cisti dinoflagilata u rasponu od konijaka do rupeliana (oligocen).

Kampan-mastrihtski karbonatno-klastični sedimenti lokalnosti Štavica pripadaju dubokovodnim depozicionim sredinama, jer sadrže bogate asocijacije dubokovodnih planktonskih i bentoskih foraminifera u kojima su zastupljeni oblici sa krečnjačkom, ali i aglutiniranom ljušturicom flišnog ili okeanskog tipa. Jasno su izraženi produkti turbiditnih tokova koji su donosili materijal u basen. Maksimumi prinosa materijala su bili vezani za periode jače tektonske aktivnosti.

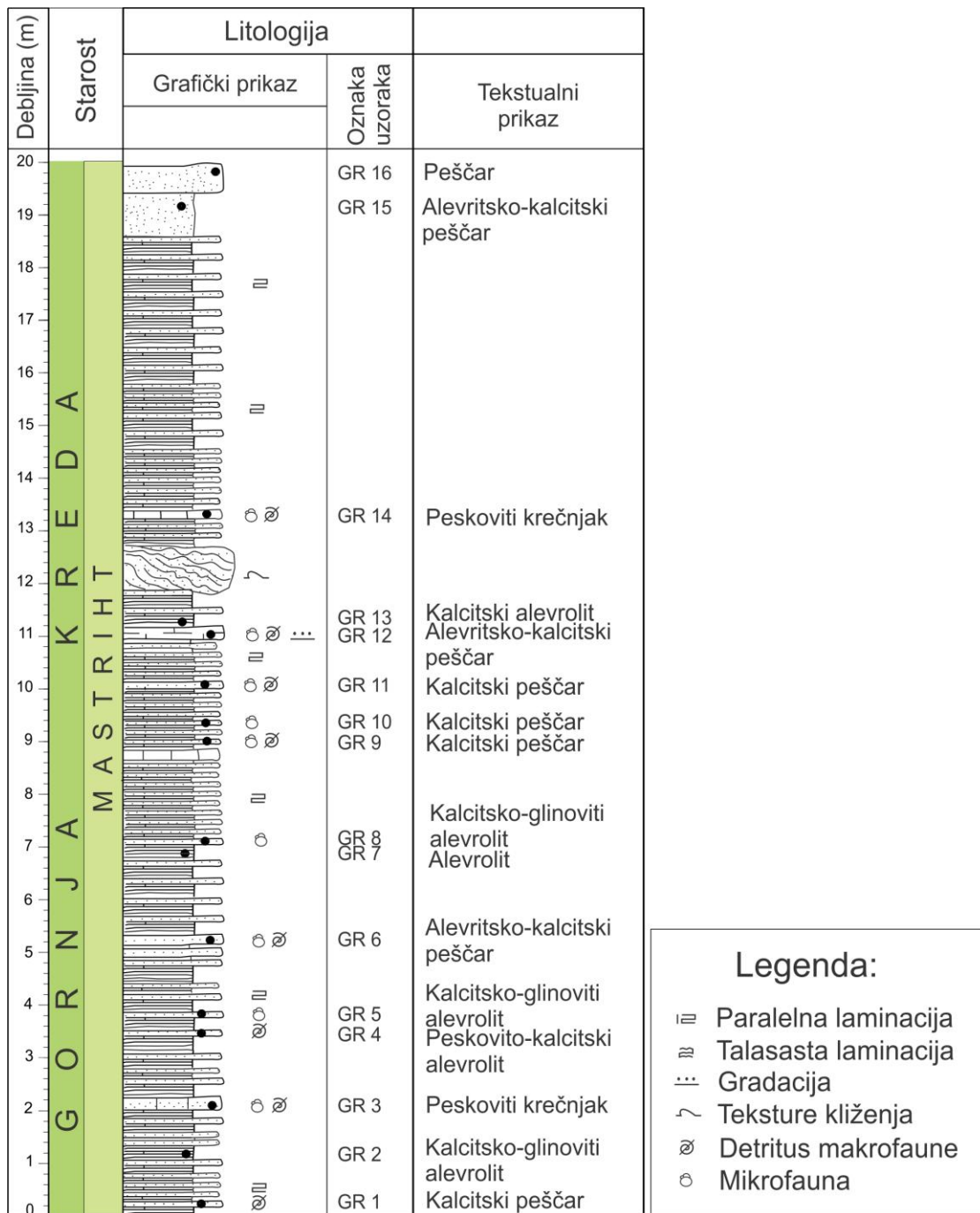
9.2. Karbonatno-terigeni turbiditi kod Građenika

Na brdu Građenik u Kadinoj Luci, snimljen je litostratigrafski stub na otvorenom profilu karbonatno-terigenih turbidita sa koordinatama 44°11'15.8", 20°12'42.7" i 197 m, ukupne debljine 20 m (Slika 9.8). Karakteriše ga ritmično smenjivanje kratkih sekvenci srednjo-sitnozrnih i fino-zrnih stena, mešanog karbonatno-klastičnog karaktera (Slika 9.9). Stene su sivo-smeđe boje sa ružičastom nijansom do tamnije sive. Izgled sekvenci odgovara turbiditnim sekvencama nastalim variranjem procesa taloženja koji su se dešavali unutar samog basena (autociklične sekvence). Postanak cikličnih vertikalnih izmena stena sa različitim litološkim i mikrofacijalnim karakteristikama bilo je moguće u uslovima postojanja prostorno morfološki razuđenog basena. Granulometrijski sastav turbidita ukazuje na turbiditne struje male gustine. Dok, njihove litološke i tekstirne karakteristike odgovaraju turbiditima taloženim u distalnom području turbiditne lepeze (Piper 1978 i Stow 1986).

Glavni litološki članovi na ovom profilu su peščari, laporci, alevroliti i njihovi varijeteti. Posmatrajući promenu materijala u stubu, zapaža se da je prvi član (peščari) stalan, dok se drugi i ukoliko je prisutan – treći, menjaju. Slojevi po debljini variraju od listastih (mm veličina) do pločastih (5-20 cm). Donje granice slojevitosti su oštre i često neravne. Na njima su primećeni razni nepravilni oblici tekstura utiskivanja.

Obeležavajuća teksturna osobenost snimljenog karbonatno-klastičnog fliša je horizontalna slojevitost/laminacija. Lamine se razlikuju po granulometriji, sastavu, debljini i ređe, boji. Ponekad mogu biti blago talasaste. Krupnozrniji klastiti su generalno, sitno do srednjozrni peščari sa laminama koje se razlikuju po granulometriji i sastavu. Finozrni klastiti u pojedinim delovima stubova imaju elemente šejlova, odnosno pokazuju izrazitu listastost. Lamine/slojevi

pretežno sastavljene od klastičnog materijala dimenzija sitnog do srednjeg peska i povišenog sadržaja karbonata, obično su svetlije boje od fino-zrnijih (pelitskih) lamina. Unutar pojedinih lamina krupnijeg zrna uočena je i slaba gradacija.



Slika 9.8. Litostratigrafski stub karbonatno-terigenih turbidita kod Građenika.



Slika 9.9. Ritmično smenjivanje srednjo-sitnozrnih i fino-zrnih karbonatno-klastičnih turbidita.

Posmatrajući promenu materijala u litološkom stubu uočava se opadanje granulometrije naviše. U središnjem delu stuba pojavljuju se postdepozicione teksture nastale podvodnim klizanjem još neočvrstog ili slabo očvrstog sedimenta pri jakim vodenim strujama koje teku iznad takvih sedimenata (Slika 9.8). U vrhu stuba je izdvojen peščar žućkasto-sive boje sa sjajnim liskunskim površinama i veoma niskim sadržajem CaCO_3 (2.78 %, Tabela 9.2).

Peščari su najčešće sitnozrni i srednjozrni (Slika 9.10a). Ukoliko sadrže sitnozrnije frakcije (alevritska i glinovita) definisani su kao glinovito-alevritski peščari psamitsko-pelitske strukture (Slika 9.10b). Peščari redovno reaguju na HCl što ukazuje na prisutvo kalcita. Najčešće su to mešane karbonatno-klastične stene (kalcitski peščari, Slika 9.10c). Postepenim povećanjem karbonatne komponente (preko 50 %, Tabela 9.2) ovi peščari prelaze u peskovite krečnjake koji su definisani kao biospariti (Slika 9.10d). Oni po

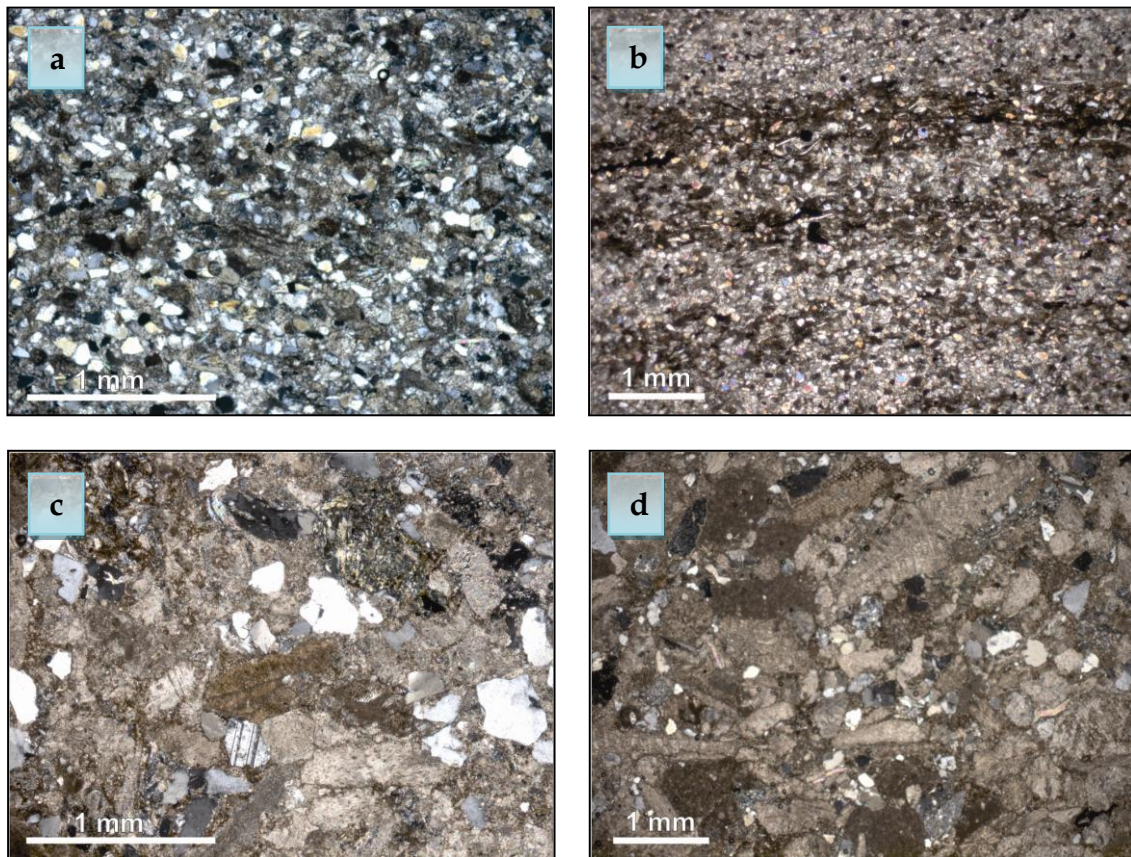
granulometriji organogenog detritusa spadaju u srednjo do krupnozrne kalkarenite, odnosno pripadaju *grainstone* mikrofaciji.

Tabela 9.2. Vrednosti CaO i MgO (određeni kompleksometrijski) i preračunatog CaCO₃ u karbonatno-terigenim stenama Građenika, date u %.

Oznaka uzorka	CaO	MgO	CaCO ₃
GR-1	27.19	1.63	48.69
GR-2	10.52	2.36	18.84
GR-3	29.43	0.91	52.71
GR-4	16.01	4.91	28.68
GR-5	9.69	3.63	17.36
GR-6	17.28	2.54	30.96
GR-7	5.43	4.00	9.74
GR-8	10.15	3.82	18.21
GR-9	20.06	1.99	35.99
GR-10	14.23	1.09	25.53
GR-11	23.13	1.80	41.50
GR-12	26.20	3.62	47.00
GR-13	8.02	3.99	14.39
GR-14	28.02	1.08	50.28
GR-15	11.09	0.18	19.90
GR-16	1.55	0.19	2.78

Dominirajući petrogeni sastojak je kvarc. Njegov sadržaj je oko 80 %. Zrna su subuglasta i uglasta i vrlo često talasasto pomračuju što ukazuje na metamorfno poreklo. Feldspati predstavljeni plagioklasima imaju sadržaj koji je 12-15 %. Preostali deo (3-5 %) su sitni odlomci stena. Odlomci stena su takođe, dominatno sa metamorfita. To su najčešće kvarciti i serpentiniti, retko sitni fragmenti rožnaca. Od sporednih sastojaka ističu se liske muskovita/sericita, biotita i hlorita. Sulfidi su prisutni kao sitna zrna homogeno raspoređena u steni. Stepent sortiranosti ide od srednje do dobre (Slika 9.10a). Na osnovu sadržaja petrogenih sastojaka peščari su definisani kao subarkoze (Slike 9.10a-c).

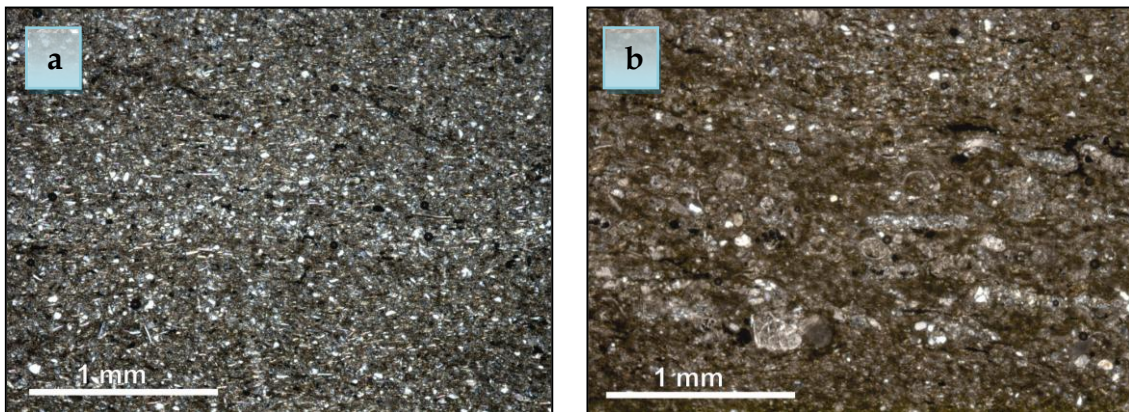
Kalcit je najčešće u svojstvu cementa, posebno kod čistih peščarskih varijeteta gde nisu prisutne glinovita i alevritska frakcija. Deo kalcita je vezan za alohem. Kod pojedinih peščara sadržaj aloheme komponente (fragmentirana makrofauna i retki mikrofosili, kao i retki intraklasti) može biti značajno povećan. Tada se pešari, kao što je već napomenuto, definišu kao kalcitski ili prelaze u peskovite krečnjake. Kod peskovitih krečnjaka je organogeni debris istovetan kao i kod klastita.



Slika 9.10. Sitno do srednjozrne karbonatno-klastične stene Građenika. **a.** Sitnozrni, dobro sortiran peščar – subarkoza sa kalcitskim cementom. N+. **b.** Laminirani alevritsko-glinoviti peščar. N+. **c.** Srednjozrni, slabo sortiran kalcitski peščar. N+. **d.** Peskoviti krečnjak – biosparit sa raznovrsnim organogenim alohemom i sitnozrnim peskovitom komponentom. N+.

Finozrni klastiti su najčešće mešane stene tipa glinovito-kalcitski alevroliti i laporci (Slika 9.11). Preovlađujući detritični sastojak alevrolita su zrna kvarca, zatim liske sericita, odlomaka serpentinita i sitna zrna feldspata (plagioklasa).

Karbonatna komponenta u ovim stenama je karbonatni mulj - mikrit i/ili sitnozrni organogeni ostaci. Ukoliko se poveća karbonatna komponenta preko 30 %, alevroliti prelaze u laporce (Tabela 9.2). Laporci definisani kao biomikriti karakterišu se mikritsko-glinovitom osnovom u kojoj se nalazi malo peskovite i alevritske frakcije i organogeni alohem. Alohem deo stene je od ljušturica marinskih mikroorganizama - foraminifere, kalcisfere, kalcitane radiolarije i spikule silicispongija. Finozrni peliti imaju najčešće veoma izraženu laminaciju. Osim u litološkom i granulometrijskom sastavu, horizontalna laminacija može biti uzrokovana i jasno vidljiva i prisustvom paralelno orijentisanih sericita (Slika 9.11a) ili sitnih organskih ostataka (Slika 9.11b).



Slika 9.11. Finozrne karbonatno-klastične stene Građenika. **a.** Laminirani glinovito-kalcitski alevrolit. Lamine markirane paralelno orijentisanim sericitima. N+. **b.** Laminirani laporac. Lamine markirane paralelno orijentisanim ostacima mikrofosila. N+.

Mikropaleontološkim proučavanjima uzoraka karbonatno-klastičnih stena iz lokalnosti Građenik konstatovana je bogata mikrofosilna asocijacija, koju čine različiti oblici planktonskih i bentoskih foraminifera i različitih plitkomorskih fosila. U proučavanim uzorcima peskovitih krečnjaka/vapnovitih peščara determinisani mikrofosilni oblici su relativno često do često zastupljeni, dok su u uzorcima laminiranih glinovito-alevrolitsko-laporovitih sedimenata oni

daleko slabije zastupljeni, a predstavljeni su uglavnom sitnijim oblicima planktonskih i malih bentoskih foraminifera.

U mikrofosilnoj asocijaciji planktonskih foraminifera određeno je nekoliko globotruncanidskih i heterohelicijskih vrsta, koje pripadaju oblicima kompleksnog i intermedijarnog morfotipa: *Globotruncana* cf. *arca* (Cushman), *G.* cf. *bulloides* Vogler, *G. linneiana* (d'Orbigny), *Globotruncana* sp., *Contusotruncana fornicata* (Plummer) i *Pseudoguembelina* sp. Osim kompleksnih i intermedijarnih globotruncanidskih i heterohelicijskih vrsta, zastupljenost imaju i izuzetno sitni, primitivni oblici, koji pripadaju predstavnicima rodova *Hedbergella* i *Heterohelix*.

Bentoski foraminiferi predstavljeni su različitim oblicima sa krečnjačkom i aglutiniranom ljušturom. Među krečnjačkim bentoskim foraminiferima su determinisani makroforaminiferi i mali bentoski foraminiferi: *Lepidorbitoides* sp., *Orbitoides* sp., oblici iz grupe Rotaliidae, *Siderolites calcitrapoides* Lamarck, *Gavelinella voltziana* (D'Orbigny), *Lenticulina* sp., *Reussella szajnochae* (Grzybowski) i oblici iz grupe Lagenidae. Bentoski foraminiferi sa aglutiniranom ljušturicom su predstavljeni vrstom *Gaudryina pyramidata* (Cushman) i tekstularidnim oblicima.

Plitkomorske fosile čine različite grupe organizama. To su fragmenti bivalvija (rudistnih i dr. školjaka), bodlje ehinida i fragmenti dr. ehinodermata, fragmenti briozoa, serpulida i detritus krečnjačkih algi *Corallinaceae* i *Dasycladaceae*.

Determinisana mikrofosilna asocijacija ukazuje na gornjosenonsku, odnosno, mastrihtsku starost proučavanih sedimenata iz Građenika. Poseban biostratigrafski značaj za definisanje starosti imaju predstavnici bentoskih foraminiferskih vrsta. To su, pre svega, makroforaminiferi *Siderolites calcitrapoides*, *Orbitoides* sp. i *Lepidorbitoides* sp., koji su karakteristični za mastriht. Među predstavnicima malih bentoskih foraminifera, biostratigrafski

ili zonski značaj u gornjem kampanu i mastrihtu, prema pojedinim autorima, ima vrsta *Reussella szajnochae*.

Sa aspekta paleoekoloških razmatranja determinisane mikrofosilne asocijacije, može se zaključiti da proučavani sedimenti imaju dubokovodni karakter. Osim predstavnika planktonskih foraminifera kompleksnog i intermedijarnog morfortipa, i mali bentoski foraminiferi odgovaraju batijalnoj ili čak i dubljoj zoni. To se posebno odnosi na aglutinirane bentoske oblike (kao što su predstavnici roda *Gaudryina*), koji su često karakteristični za flišne i dr. okeanske sredine. U asocijaciji sa dubokovodnim oblicima javljaju se i transportovani plitkovodni oblici – makroforaminiferi (često su sačuvani kao detritus) i fragmenti dr. plitkomorskih fosila.

Analizom krečnjačkog nanoplanktona iz karbonatno-klastičnih turbidita iz Građenika utvrđena je relativno siromašna asocijacija, predstavljena malim brojem vrsta i lošom očuvanošću. Utvrđene su vrste: *Watznaueria barnesae* (Black), *Broinsonia parca constricta* (Hattner), *Arkhangelskiella cymbiformis* (Vekshina), *Quadrum gothicum* (Deflandre), *Micula decussata* (Vekshina) i *Cribrosphaerella ehrenbergii* (Arkhangelsky). U asocijaciji dominiraju predstavnici vrste *Watznaueria barnesae*, što predstavlja pojavu uobičajenu za većinu krednih asocijacija malih do srednjih geografskih širina. Dubina vode najverovatnije nije bitan faktor ograničenja rasprostranjenja ove vrste, pošto je dokazana njena pojava u velikom broju kako u sedimentima šelfa tako i u sedimentima otvorenog okeana (Bergen & Sikora 1999).

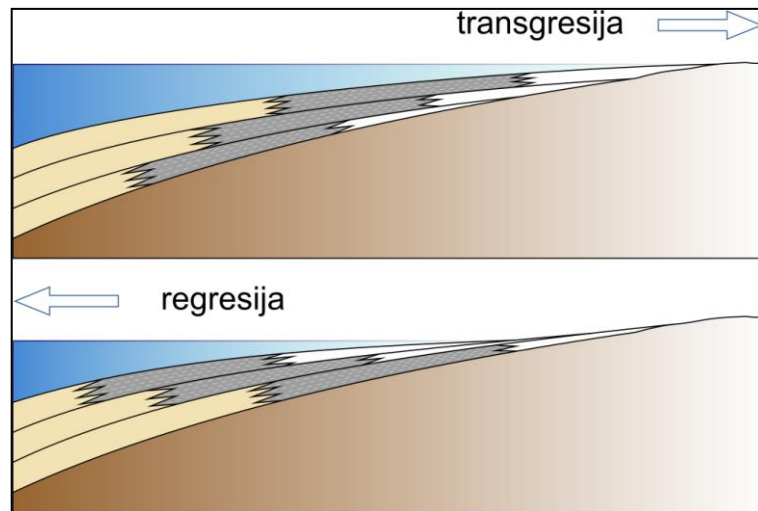
Starost utvrđene asocijacije krečnjačkog nanoplanktona nije precizno utvrđena, usled nedostatka zonskih vrsta. Moguće je dati širi biostratigrafski raspon, koji obuhvata interval donji kampan-mastriht.

10. SREDINE STVARANJA GORNJOKREDNIH SEDIMENTNIH STENA CENTRALNOG DELA VARDARSKE ZONE

Istraživano područje centralnog dela Vardarske zone koje je u donjoj kredi bilo kopno, početkom gornje krede ili nešto ranije (alb-cenoman), zahvaćeno je transgresijom. Obrazuje se morski basen preko ofiolitskog pojasa Maljena i Suvobora i ofiolitskog melanža Jaderskog bloka transgresijom koja je kretana sa istoka iz prostora Šumadije. Pre otvaranja basena područje centralnog dela Vardarske zone je bilo kopno na kome su se odvijali erozioni procesi. Ovo je važno istaći obzirom da je najveća količina materijala iz ofiolita stizala u basen. Basen je najverovatnije bio plitko do umereno dubokovodnog karaktera, sa sniženim salinitetom (brahihalinske karakteristike) zbog pritanja slatke vode sa kopna (Mitrović-Petrović & Anđelković 1989). Obuhvatao je one delove mora koji leže između priobalnih, prelaznih sredina (šelf) sa odgovarajućim procesima i onog dela u kome preovlađuju okeanski procesi (kontinentalna padina), odnosno dubokovodni deo basena, najviše do 300 (400) m.

Cela oblast nije istovremeno zahvaćena transgresijom. Transgresivni megaciklus ili megasekvenca započinje gornjoalbskom/alb-cenomanskom transgresijom, a završava se pri kraju krede, početkom paleogena. Transgresivna sekvenca se odlikuje, odozdo naviše, rasporedom slojeva ili paketa slojeva koji pokazuju uticaj sve dubljeg i otvorenijeg mora. Za transgresivni ciklus karakteristično je postepeno prekrivanje stena (retrogradacija). Starije litostratigrafske jedinice bivaju prekrivane mlađim usled širenja basena i porasta nivoa mora (Slika 10.1), tako da svaka naredna jedinica ima bočno sve veće rasprostranjenje na blago nagnutoj padini (Johnson & Baldwin 1996 i Tišljar 2004). Sa druge strane, pri povremenim promenama nivoa mora, odnosno njegovog povlačenja (regresiji) smanjuje se sedimentacioni prostor. Zbog toga stene nastale u plićim područjima (starije

jedinice) ostaju nepokrivene mlađim (Slika 10.1). Ovakav razvoj transgresije omogućio je formiranje mnogobrojnih horizontalnih facija kako duž obalske linije, tako i od obale ka otvorenom delu šelfa, što se nesumljivo najbolje vidi u vertikalnom smenjivanju facija u različitim litostratigrafskim jedinicama istraživanog područja.



Slika 10.1. Šematski prikaz taloženja na šelfu u zavisnosti od promene nivoa mora (prema Swift & Thorne 1991 i Johnson & Baldwin 1996).

Analizom litostratigrafskih stubova na istraživanom području, kao i odnosa među njima, ukazala se mogućnost izdvajanja 4 litostratigrafske jedinice koje predstavljaju određene petrološko-biostratigrafske i genetske celine. To su: jedinica bazalnih gruboklastita, jedinica šelfnih klastično-karbonatnih stena, jedinica krečnjaka i laporaca sa rožnacima kontinentalne padine i jedinica klastično-karbonatnih turbidita.

Relativno široki raspon litostratigrafskih celina uslovljen je izgledom sredine taloženja. Tektonski pokreti su imali ključnu ulogu u formiranju sredine taloženja sa razuđenim reljefom, kao i u globalnim i relativnim oscilacijama nivoa mora. Raščlanjene gornjokredne jedinice u centralnom delu Vardarske zone po svojim karakteristikama ukazuju na kontinuitet u sedimentaciji, bez

naglih promena u režimu taloženja. Periodi različite tektonske aktivnosti dovele su do izdizanja pojedinih delova basena, kao i do erozije, a samim tim stvarale su se razlike u sedimentaciji gornjokrednih sedimentnih stena u istraživanom području.

Prva izdvojena jedinica bazalnih stena odražava albsku i alb-cenomansku transgresiju na području istraživanja. Izdvojena je na malom delu istraživanog područja, između Kadine Luke i Rajca. Transgresivan karakter alb-cenomana utvrđen je u široj okolini sela Planinica, gde bazalni sedimenti leže transgresivno preko jurskih ultramafita/ofiolita.

Basen koji je otvaran tonjenjem, erozionim i tektonskim pokretima u vreme alba i alb-cenomana bio je u ranoj fazi razvoja. Na početku ciklusa more je bilo plitko, šelf relativno kratak litoralnog karaktera, sa zonama pojačane energije vode. Sa sprudova je stizao organski detritus, posebno algalna asocijacija i rudisti. Takođe, ostale karakteristike ovih stena (opadanje veličine fragmenata i zrna od starijih ka mlađim sedimentima), upućuju na sredinu koja odgovara delovima šelfa sa tendencijom udaljavanja od kopna i produbljavanjem. Mešanje različitog materijala, evidentno u bazalnim stenama istraživanog područja, ukazuje na jaka energetska stanja (talasanje, olujne faze) koje su materijal redeponovale na otvorenom šelfu. Dakle, sedimentacioni prostor ovog mladog, plitkog gornjokrednog basena imao je sedimentaciju prvenstveno karbonatnog materijala. Međutim, u taj sedimentacioni prostor je povremeno unošen klastičan materijal sa kopna (reke, delte i aluvijalne lepeze), tako da je krajnji rezultat nastanak karbonatnih i klastično-karbonatnih litofacija alb-cenomana (Slika 10.2).

Najniži i najstariji, bazalni sedimenti, izgrađeni su od terigeno-karbonatnog materijala – kongomerata, breča i konglomeratičnih krečnjaka. Brzina sedimentacije je dosta varirala. Proizvodi brze sedimentacije, koja se vršila u početku u priobalskim delovima, su klastični sedimenti, breče i konglomerati

krupnijeg sastava, sastavljeni od zaobljenih i uglastih odlomaka serpentinita, peridotita, rožnaca i drugih ofiolitskih stena. Pojava konglomerata sitnijeg sastava i konglomeratičnih krečnjaka sa proslojcima laporaca i glinaca, često u naizmeničnom smenjivanju, dokazuje da je za vreme taloženja bilo znatnih oscilacija u sedimentacionom basenu.

U ovoj depozicionoj sredini egzistovala je plitkovodna fauna i organizmi sa debelom ljušturom. Na osnovu paleontoloških determinacija bazalni sedimenti uvršćeni su u srednji do gornji alb, alb-cenoman ili cenoman. Kako se povećavao obim basena menjale su se depozicione sredine i karakter sedimentacije, kao i organski svet koji ih naseljava.

U mlađem cenomanu postepeno dolazi do daljeg spuštanja dna, produbljavanja basena i mirnije sedimentacije. Istovremeno se vrši i diferenciranje dna basena, tako da se pored dubljih regiona obrazuju se i podvodni grebeni (Slika 10.2) na kojima se razvija sprudna i subsprudna sedimentacija (otkriveni kod Drenovca). Sem promene dubine i intenzivnijih ili slabijih pokreta vode, ostali faktori sredine su bili konstantni kroz ceo period alb-cenomana i cenomana. Sedimentacija se odvijala u plitkoj sredini koja je imala visoku energiju, ali je postojala ravnoteža prinešenog i odnešenog materijala.

Sedimenti koji pripadaju drugoj izdvojenoj jedinici – jedinici šelfnih sitnozrnih karbonatno-klastičnih stena odlikuju se sličnim teksturnim karakteristikama i uslovima sedimentacije kao i stene iz prve jedinice. Otkriveni su kod zaseoka Ješići i na južnim padinama Rajca. Stvarani su na šelfu, gde su postojala strujanja vodenih masa uz postojane uslove taloženja. Najverovatnije je glavni transport sedimenata povezan sa olujama, a tokom mirnih vremenskih perioda materijal se modifikovao plimatskim strujama. U ovakvim sistemima mogu nastajati grebeni, barijere, barijerna ostrva, dine, peščani talasi, slojevi mulja i tempestiti (Johnson & Baldwin 1996). Konstatovana brežuljkasta kosa

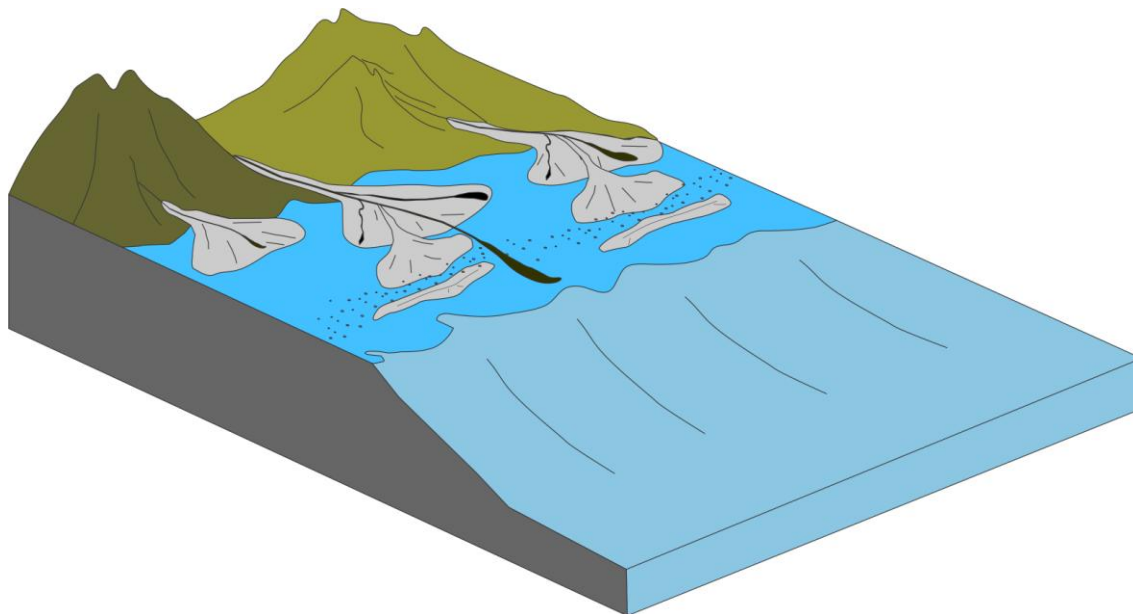
laminacija (*hummocky cross bedding*) u sitnozrnim sedimentima Ješića i na Rajcu nastaje isključivo između normalne i olujne talasne baze.

U vreme njihovog formiranja fizičko-hemijski uslovi sredine bili su promenljivi, što se odražava kroz redosled taloženja materijala/sekvence sa povećavanjem krupnoće zrna naviše. Jedinica je izgrađena od alevrolita, kalcitskih alevrolita, glinovitih alevrolita, peskovitih alevrolita i peskovito-glinovitih alevrolita. Oni čine postepene prelaze ka kalcitskim peščarima, kalkarenitima i kalkruditima, koji se mogu javiti i kao samostalni slojevi u okviru litofacije fino-sitnozrnih klastita. Predstavljaju završnu fazu plitkovodnih facija i najvećim delom su erodovani. Pojave stena krupnijeg zrna ukazuju na sredinu snažnije energije, a to je svakako zona delovanja talasa, odnosno intertajdal. Prelazak iz dublje (subtajdal) u pliću (intertajdal) sredinu, može se objasniti ili regresivnom fazom u razvoju sredine ili progradacijom (Johnson & Baldwin 1996 i Einsele 2000).

Paleogeografske prilike na području istraživanja, bile su približne za vreme alb-cenomana i cenomana. Moguće je pretpostaviti da se sedimentacija odvijala na sličan način. Imajući u vidu sve litološke, biostratigrafske i genetske osobine dve najstarije gornjokredne izdvojene jedinice, one se moraju posmatrati kao celina. Imaju strukturnu organizaciju koja je veoma slična deltnom modelu (Slika 10.2).

U prilog snažnog aluvijalnog uticaja je klastična frakcija donesena sa margine basena. Granulometrijski, uglavnom je srednjo i sitnozrna. Po sastavu, dominantno je sa jurskih ofiolita i ofiolitskog melanža. Aluvijalni tokovi nisu bili veliki, a najpribližniji su kraćim rekama, verovatno ne dužim od stotinak km. Bliže basenu, kopno je bilo od karbonatnih sprudova, sa kojih su fragmenti krečnjaka unošeni u aluvijalne doline i mešali se sa rečnim deponatima. Izmešani aluvijalni deponati su konstatno unušeni na šelf formirajući male delte. Na širem prostoru to je verovatno bio sistem malih delti. U fazama

velikih poplava klastičan materijal je raznošen na znatno širem prostoru gde se mešao sa autohtonom karbonatnom sedimentacijom.



Slika 10.2. Pretpostavljeni model sedimentacionog basena u centralnom delu Vardarske zone u alb-cenomanu i cenomanu (prema Johnson & Baldwin 1996). Sedimentacija bazalnih stena i karbonatno-klastičnih stena na šelfu.

Krajem turona dolazi do daljih spuštanja područja istraživanja, tako da morska transgresija zahvata nove prostore i dubine. Asocijacija makro i mikrofaune ukazuje na sedimentacioni prostor koji je bio okrenut otvorenom okeanu. Padine ili padinski zastori (*slope aprons*) čine područja između šelfa i dna basena. Nagibi padina su najverovatnije, promenljivi, od vrlo blagih (do 10°) do vrlo strmih (do 60°). Po modelu najbolje istražene recentne padine Bahama, Mullins (1983) razlikuju tri njena dela: margina, gornji i donji deo. Na margini padine dolazi do erozije šelfnih naslaga i do redepozicije istih, kao i prenosa materijala u vidu podmorskih lepeza na gornji i donji deo padine (dublje delove basena).

Sedimentacija se u vreme turona obavljala na margini i gornjem delu padine, iza sprudova koji su bili razvijeni na granici sa šelfom. Na celoj kontinentalnoj padini počinje taloženje naslaga koje čine treću izdvojenu litostratigrafsku jedinicu – jedinicu krečnjaka i laporaca sa rožnacima kontinentalne padine.

Sedimentacioni ciklus se od turona ka mastrihtu širi. Sedimentacija se sa šelfa prenosi dublje u basen gde dolazi do smirivanja sedimentacionih procesa. Najviši slojevi turonskih sedimenata otkriveni na Rajcu, razlikuju od starijih turonskih po pojavi raznovrsnih oblika planktonskih mikrofosila. Postepenim produblavanjem basena sedimentacija se vrši u zoni sa smanjenom energijom vode što dovodi do pojave pelaških organizama: radiolarija i foraminifera (*Globotrunkana*).

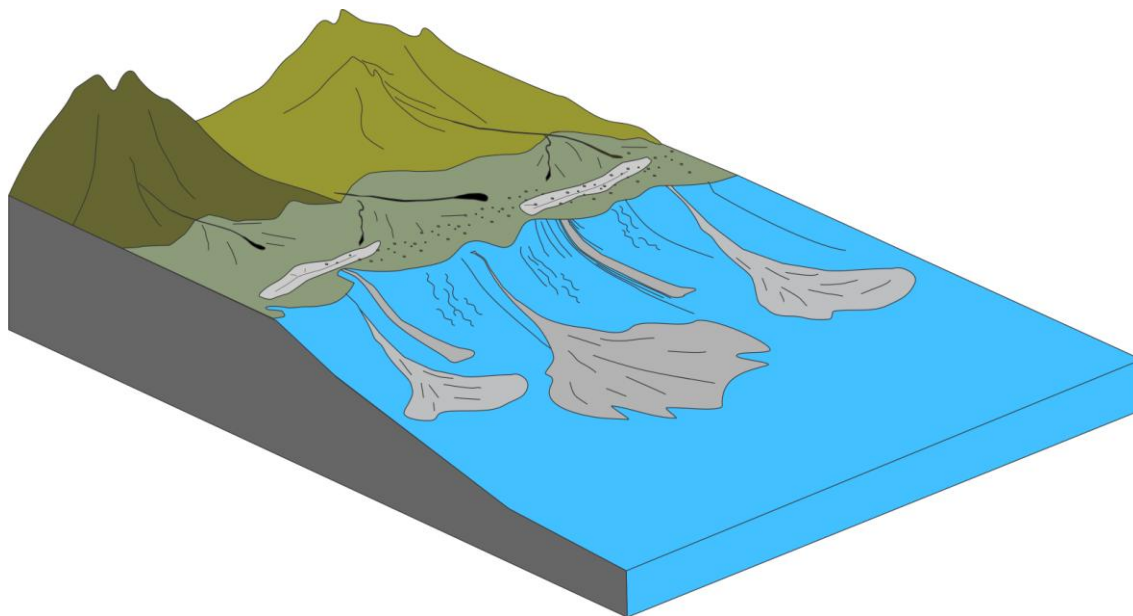
U centralnom delu Vardarske zone, stene stvarane na kontinentalnoj padini proučavane su u okolini Rajca, Brežđa i Struganika. Po jasnom razviću gornjeg dela ove jedinice u Struganiku, cela jedinica može se nazvati „struganičkom“. U početnoj fazi taloženja izdvojena litostratigrafska jedinica predstavlja prelaz između plitkovodnih jedinica i onih nastalih na kontinentalnoj padini (gornji i donji deo). Usled tonjenja dna, plitkovodni režim sedimentacije zamenjen je dubokovodnim. Stvaraju se debele naslage autohtonih (pelaških) slojevitih krečnjaka i laporaca sa konkrecijama rožnaca. Sedimentacija se odvijala bez prekida do kraja gornje krede.

Santonski klastični sedimenti iz najnižih delova bušotine kod planinarskog doma na Rajcu, imaju nešto drugačije litofacijalne karakteristike od ostalih stena iz treće litostratigrafske jedinice. Zbog dominacije odlomaka serpentinita oni su definisani kao serpentinski brečo-konglomerati i litareniti. Karakteriše ih mrko-crvena boja koja potiče od gvožđevite kore raspadanja na ofiolitskom materijalu. Ona je nastala pri procesima površinskog raspadanja i erozije kojima su ofiolitske stene bile izložene. Ovde se može pretpostaviti da su ove stene taložene na samoj margini basena. Materijal iz baze je najbliži izvorišnom

materijalu. To su fragmenti ofiolita i ofiolitskog melanža intraformacijskog ra. Nastali su površinskim raspadanjem, erodovanjem i redeponovanjem muljnih tokova niz kontinentalnu padinu.

Za autohtone (pelaške) karbonatne stene karakteristično je da se smenjuju i mešaju sa karbonatnim detritusom (grubljeg i finijeg zrna) koji sadrži ostatke fosila karakteristične za marginu šelfa. Prisustvo ovih ostataka indicira postojanje karakterističnih karbonatnih tela na margini šelfa odakle je materijal prinešen niz padinu. Na kontinentalnoj padini je postojalo više distribucijskih kanala kojima se kretao turbiditni materijal od svog izvora. Iz takvih tokova na padinama se formiraju submarinske lepeze (Slika 10.3). Klastični deo stena je predstavljen asocijacijom odlomaka čije je poreklo sa jurskog ofiolitskog melanža. Trijaski fragmenti, prisutni u bazalnoj jedinici kod Planinice, ovde potpuno izostaju. Sav ostali plitkovodni detritus donešen je turbiditnim tokovima iz obodnih delova šelfa. Na povremeni prinos plitkovodnog materijala turbiditnim tokovima niz kontinentalnu padinu, odnosno kroz batijalnu zonu svedoče veoma raznovrsni mehanički, hemijski i biogeni teksturni oblici na sedimentnim stenama.

Mešanje materijala je dvojako, u mikritski karbonatni mulj unešen je nešto krupnozrniji organski detritus ili pak u kalkarenite ili kalklutite (ređe) je ubačen karbonatni mulj, koji daje nepravilne forme mešanja (plastiklaste). Nagib padine, preopterećenost naslaga i tektonski pokreti, uslovili su kretanje nevezanog mulja i nepravilno mešanje sa kalkarenitima. Cementacija kalkarenita obavljena je relativno brzo, dok je karbonatni mulj ostao nevezan kroz dugi period vremena. Karbonatni mulj je predstavljao odličnu podlogu preko koje su akumulirani sedimenti počeli da klize (Colacicchi & Baldanza 1986). Takvo kretanje dovelo je do pojave deformacionih tekstura, formiranja breči i nekad izostajanje pojedinih sekvenci. Izvesna erozija nevezanih ili poluvezanih karbonata, kao i njihovo premeštanje, može biti uslovljeno i prisustvom konturnih tokova.



Slika 10.3. Pretpostavljeni model sedimentacionog basena u centralnom delu Vardarske zone u opsegu od turona do mastrihta (prema Reding & Richards 1994 i Stow et al. 1996). Sedimentacija autohtonih i turbiditnih stena kontinentalne padine.

Autohtone karbonatne stene nalaze se na padini između kanala i kanjona (Slika 10.3). U tim delovima basena vladaju mirni sedimentacioni uslovi i dolazi do znatnog taloženja pelaških organizama – radiolarija i foraminifera, a od makrofaune pronađeni su amoniti i inoceramusi. Najveća količina turbiditnog materijala na padini je u vreme visokog nivoa mora (trangresije) koja izaziva i jaku eroziju obale. U samom podnožju padine, gde je taloženje brzo, preovlađuju debeli do bankoviti slojevi sa razvijenim Ta-d Bouminim intervalima. U donjim delovima padine u tanko slojevitim turbiditima razvijeni su Tb-c ili Tb-d intervali iz Boumine sekvence.

Po svome celokupnom razviću, stene treće litostratigrafske jedinice, u mnogome ukazuju na marinsku povezanost sa sličnim tvorevinama ostalih delova Srbije, a opet se svojim položajem i specijalnim razvićem izvesnih

članova donekle ih i izdvajaju od njih. Približno izjednačavanje uslova sedimentacije u starijem delu gornjeg senona evidentno je na širem prostoru istraživanog područja.

Rožnaci su neodvojivi deo jedinice. Nalaze se kao proslojci, sočiva ili kvрге podjednako u autohtonim i turbiditnim stenama kontinentalne padine. Nastaju obaranjem silicije iz rastvora i metasomatsko zamenjivanje karbonata u ljušturama fosila. Proces nastanka može se objasniti niskim vrednostima pH, odnosno nepovoljnim uslovima za opstajanje silicije u rastvorenom obliku. Ostaci radiolarija i silicispongija u ispitivanim rožnacima ukazuju da su stene nastale na dubini preko 200 m, a delimična zamena silicijskih skeleta karbonatom (kalcitom), da je sredina bila alkalna, verovatno oko pH 8. Silifikacija može biti delimična do potpuna. Ovakava asocijacija stena i fosilnih ostataka tipična je za sedimentacioni prostor vezan za dubokovodnu morsku sredinu. Izrazita dominacija spikula silicispongija nad ostacima radiolarija, zapažena u karbonatnim stenama, a posebno u glini iz Struganika (Đerić et al. 2009), ukazuje na umereno duboku sredinu (Vishnevskaya 1986). Prisutnost pirita ukazuje na povremene uslove redukcione sredine.

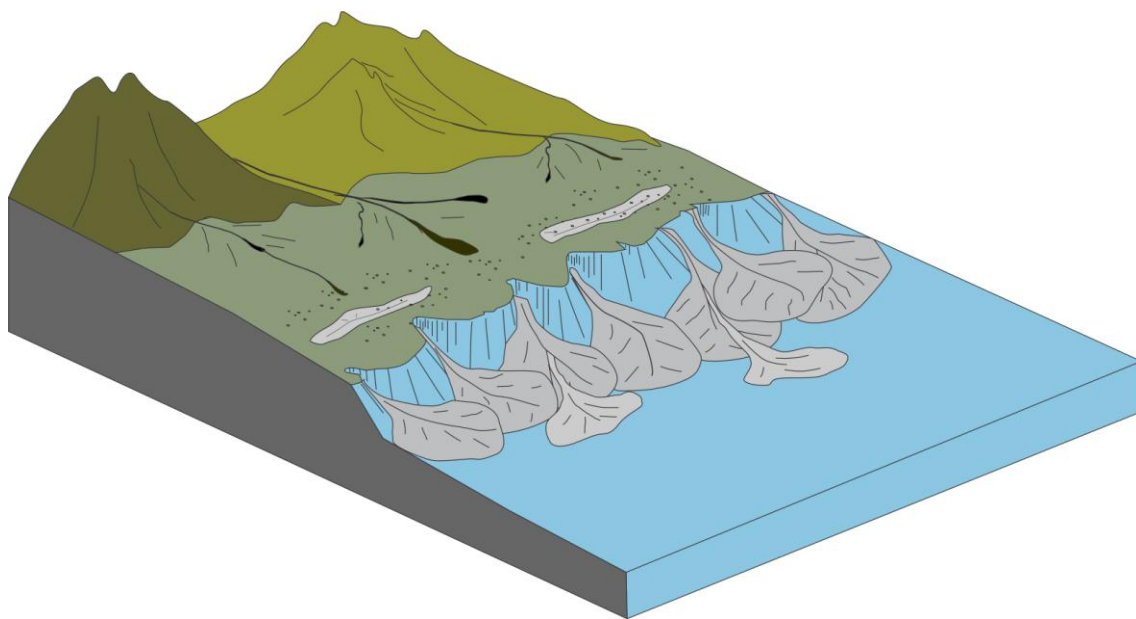
Prisustvo tufita i tufoznih laporaca koji se pojavljuju u okolini Brežđa, kao i sloj smektitske gline nastale devitrifikacijom vulkanskog stakla u laporcima Struganika, ukazuju na vulkansku aktivnost. U Brežđu vulkanoklastiti leže između belih tankopločastih laporaca i laporovitih krečnjaka santonske starosti. Oni su zelene boje i dobro uslojeni. Takođe, u laporcima donjeg kampana u Struganiku pronađena je asocijacija sedimenata koja po načinu pojavljivanja i sastavu odgovara, primarno piroklastičnom sedimentu. Asocijaciju grade lamina kristaloklastičnog tufa i sloj smektitske gline debljine 10 cm. Slične stene nisu zapažene u drugim delovima ispitivanog terena. Vulkanoklastični materijal je u ove prostore najverovatnije taložen iz piroklastičnih oblaka transportovanih vetrom sa velikih udaljenosti.

Poslednja izdvojena jedinica u gornjoj kredi istraživanog područja je jedinica klastično-karbonatnih turbidita (ljiški i šumadijski fliš). Oni redovno pokazuju ritmično smenjivanje debljih i tanjih sekvenci sastavljenih od kalkarenita i kalklutita. Stratigrafski pripadaju kampan-mastrihtu (Štavica) i mastrihtu (Građenik).

Basen se tokom mlađeg senona prostorno širio prema istoku i ka Šumadiji na istoku (dalja subsidencija), dok je u njegovim zapadnim i jugozapadnim delovima došlo do izdizanja. Tektonsko izdizanje planinskih masiva omogućilo je jače fizičko i hemijsko raspadanje stena i taloženje debelih naslaga turbidita. Kampan-mastrihtski turbiditi odraz su tektonskih pokreta na širem prostoru gde nastaju nove kopnene sredine. Taloženi su laporci i alevroliti sa prelazima u kalcitske pešcare i subarkoze, što upućuje na postojanje bližih kopnenih i plitkovodnih područja.

Turbiditni materijal stiže sa različitih izvorišta, tako da se turbiditna tela razvijaju paralelno sa pružanjem padine. Sastav fliša na istraživanom profilu kod Štavice, na granici sa Šumadijom je karbonatnog karaktera. U ovom delu je najverovatnije došlo do spajanja dva basena u kojima se odvijala flišna sedimentacija (ljiški fliš i šumadijski fliš). Drugi snimljeni profil ljiškog fliša brdu Građenik kod sela Ba je mešovitog karbonatno-klastičnog karaktera. U krupnozrnijim sedimentima prevladava klastični detritus, a u finozrnijim karbonatni i biogeni detritus.

Većina turbiditnih sistema vezana je za sredine submarinskih lepeza (Mutti & Ricci 1972). Savremeni model koji bi poslužio za interpretaciju odgovara modelu višestrukih lepeza različite građe (Stow et al 1996). Iz turbiditnih tokova nastalih iz više izvora pretežno klastičnog detritusa koji potiče sa šelfa i margine padine talože se turbiditi u obliku spojenih lepeza (Slika 10.4). Formira se široka zona turbidita u obliku zastornih turbidita (*apron turbidite*).



Slika 10.4. Pretpostavljeni model sedimentacionog basena u centralnom delu Vardarske zone u kampan-mastrihtu (prema Stow et al. 1996). Sedimentacija klastično-karbonatnih turbidita.

Prema idealizovanom modelu rasporeda facijalnih pojaseva karbonata, sredina taloženja stena iz centralnog dela Vardarske zone obuhvatala bi prva četiri pojasa Wisonovog modela (Wilson 1975 i Flugel 2004). Oni pripadaju padini i basenu sa tvorevinama dubljih sedimentacionih sredina (pelaških i turbiditnih).

Krajem mastrihta u sedimentacionom basenu najverovatnije dolazi do opadanja nivoa mora i oplićavanja, koje je bilo najznačajnije početkom paleogena. Za sada nema konkretnih dokaza da se sedimentacija turbiditnih stena iz mastrihta nastavila u paleogen. Na osnovu analiza uzoraka stena ljiškog fliša (Di Staso & Giardino 2002) određena je starost krečnjačkog nanoplanktona i cisti dinoflagilata u rasponu od konijaka do rupeliana (oligocen).

11. ZAKLJUČAK

U paleogeografskom pogledu u toku gornje krede centralnog dela Vardarske zone, ali i šire, izvršile su se značajne promene. Prostrane oblasti koje su u donjoj kredi bile kopno, početkom gornje krede preplavljene su prostranim morem. Na plitko do umereno dubokovodni karakter morskog prostora sedimentacije najviše upućuju postepeni prelazi priobalskih, plitkovodnih (šelfnih) i karbonatnih ili karbonatno-klastičnih stena kontinentalne padine i basena. Transgresija je izvršena na morfološki složen paleoreljef izgrađen od trijaskih karbonata i jurskih ofiolita Maljena i Suvobora.

Sedimentne stene kredne starosti na istraživanom području centralnog dela Vardarske zone zauzimaju uzanu zonu pravca Z-I u zapadnoj Srbiji, između sela Osečenice na zapadu, Štavice i Gornjih Branetića na istoku i jugoistoku. Analizirane su kroz terenska i kabinetsko-laboratorijska ispitivanja. Dobijeni rezultati petroloških, biostratigrafskih i genetskih karakteristika proučavanih stena, ukazali su da se postojeća saznanja o rasprostranjenju gornje krede u centralnom delu Vardarske zone moraju revidirati.

I pored tektonske i erozije redukcije, bilo je moguće sagledati taloženja stena u sedimentacionom basenu u kontinuitetu od alb-cenomana do mastrihta. Izdvojene su četiri litostratigrafske jedinice: 1. *jedinica bazalnih gruboklastita*, 2. *jedinica šelfnih klastično-karbonatnih stena*, 3. *jedinica krečnjaka i laporaca sa rožnacima kontinentalne padine* i 4. *jedinica klastično-karbonatnih turbidita*. Na plitko do umereno dubokovodni karakter basena najviše upućuje postepeni prelaz priobalskih, plitkovodnih (šelf) i basenskih karbonatnih ili karbonatno-klastičnih stena (kontinentalna padina).

Prvu izdvojenu *jedinicu bazalnih stena* čine najstarije sedimentne stene gornje krede (alb-cenoman). Postoje dva tipa razvića bazalnih gruboklastita. Prvi tip se može definisati kao konglomerati i konglomeratični krečnjaci izgrađeni od valutaka ofiolitskih stena, dok se konglomerati i konglomeratični krečnjaci drugog tipa razvića karakterišu fragmentima koji vode poreklo od karbonatnih stena. Lateralne i vertikalne promene u prvim fazama sedimentacije ukazuju na izdiferenciranost sedimentacionog prostora u najstarijem delu gornje krede. Nakon brze sedimentacije, usledila je mirnija faza koja je dovela do pojave konglomerata sitnijeg zrna i konglomeratičnih krečnjaka sa proslojcima laporaca i glinaca. U srednjozrnim i finozrnim sedimentima bazalne jedinice utvrđena je glinovita komponenta koja pripada grupi smektitskih glina i to visoko magnezijumskom smektitu – saponitu. Prisustvo saponita, naročito kao odlomaka (krupnoće 0.1-0.3 mm) ukazuje da je na ultramafitima (serpentiniti i serpentinisani peridotiti) bila razvijena kora raspadanja. Ona je, kao i ostale stene sa margine basena, erodovana i transportovana u sedimentacioni basen.

Tokom cenomana se kontinuirano na bazalne stene talože stene koje pripadaju litostratigrafskoj *jedinici šelfnih sitnozrnih karbonatno-klastičnih stena*. Izgrađena je od alevrolita, kalcitskih alevrolita, glinovitih alevrolita, peskovitih alevrolita i peskovito-glinovitih alevrolita. Oni čine postepene prelaze ka kalcitskim pešćarima, kalkarenitima i kalkruditima, koji predstavljaju završnu fazu plitkovodnih facija i najvećim delom su erodovani. U sitnozrnim sedimentnim stenama Ješića i na Rajcu razvijena je brežuljkasta kosa slojevitost koja u višim delovima prelazi u planarnu kosu slojevitost malih uglova. Ove teksture nastaju kada je taloženje povezano sa olujama, a tokom mirnih vremenskih perioda sa plimatskim strujama. Diferenciranjem morskog dna se pored dubljih morskih delova, obrazuju i podvodni grebeni na kojima se razvijaju sprudne i subsprudne stene. Takvim tvorevinama odgovaraju analizirani crveni krečnjaci u Drenovcu.

Na osnovu litoloških, biostratigrafskih i genetskih osobina dve najstarije izdvojene gornjokredne jedinice moraju se posmatrati kao celina. U vreme njihovog formiranja fizičko-hemijski uslovi sredine bili su promenljivi, što se odražava kroz redosled taloženja materijala. Sedimentacioni basen u alb-cenomanu i cenomanu (rana faza razvoja) imao je karakter plitkog mora sa sedimentacijom prvenstveno karbonatnog materijala. U taj sedimentacioni prostor je povremeno unosen klastičan materijal sa kopna (reke, delte i aluvijalne lepeze) tako da je krajnji rezultat nastanak karbonatnih i klastično-karbonatnih litofacija.

Na osnovu mikropaleontoloških i biostratigrafskih proučavanja, starost ovih stena je određena kao alb-cenoman i cenoman. U matriksu bankovitih grubozrnih klastita nađena je bogata asocijacija fosilnih organizama ili njihovih ostataka (školjke, rudisti, ježevi, puževi, sunđeri, kao i zubi ajkula). Biostratigrafski značaj za definisanje starosti imaju, pre svega, predstavnici brahiopodske vrste *Kingena concinna* Owen, vrste *Orbitolina concava*, krečnjačke alge *Corallinales*, kao i oblici bentoskih foraminifera *Marssonella turris* i *Trocholina* gr. *lenticularis*. Generalno, foraminifere odgovaraju bentoskim i pelaškim formama. Pored navedenih fosila ili fosilnih ostataka konstatovano je i prisustvo izmenjenih (kalcitanih) radiolarija kao i kalcisfera (*Stomiosphaera sphaerica* (Kaufmann), *Pithonella ovalis* (Kaufmann), *Pithonella* spp.). Asocijacija makro i mikrofaune ukazuje na sedimentacioni prostor koji je bio okrenut otvorenom okeanu.

U gornjem turonu, usled dalje transgresije, produbljavanja basena bilo je još izraženije. U takvim uslovima došlo je do smirivanja sedimentacionih procesa u basenu. Sedimentacija se odvijala u zoni sa znatno smanjenom energijom na kontinentalnoj padini bez prekida do kraja mastrihta. Stvarale su se karbonatne stene, predstavljene laporcima, laporovitim krečnjacima, glinovitim krečnjacima i krečnjacima.

Jedinica krečnjaka i laporaca sa rožnacima zauzima najveći prostor na ispitivanom terenu centralnog dela Vardarske zone. Osnovni litočlan predstavljaju mikritske karbonatne stene taložene u delovima basena (padine) u kojima vladaju mirni sedimentacioni uslovi. Drugi litočlan su alohemijske karbonatne stene čije je poreklo vezano za plitku morsku sredinu. Plitkovodni materijal je prinesen u dubokovodni sistem turbiditnim tokovima preko padine, dajući slojeve, banke ili pakete od dva do tri sloja. Karakteristične teksture iz Boumine sekvence potvrđuju prirodu transporta kojim je materijal prinešen u basen. Najčešće su gradaciona slojevitost, horizontalna laminacija i talasasta laminacija.

Dijagenetskim procesom silifikacije nastali su konkrecioni rožnaci kao treći litočlan jedinice. Ostaci radiolarija i silicispongija u rožnacima i delimična zamena silicijskih skeleta karbonatom (kalcitom), ukazuju da su stene nastale na dubini preko 200 m i da je sredina bila alkalna (vrednosti pH oko 8). Ovakava asocijacija stena i fosilnih ostataka tipična je za sedimentacioni prostor vezan za dubokovodnu morsku sredinu, dok izrazita dominacija spikula silicispongija nad ostacima radiolarija, ukazuje na umereno duboku sredinu.

Petrografskim analizama karbonatnih stena ove jedinice, utvrđene su velike varijacije u strukturnim karakteristikama organogeno-detritičnih sastojaka, što uslovljava i čestu pojavu gradacije. U ovim stenama postoje svi prelazi biomikrita, sa manje ili više bogatom asocijacijom pelaških mikroorganizama, preko finih biosparita sa identičnom mikrofaunističkom asocijacijom (autohtone stene), do grubih intrabiosparrudita heterogenog sastava i biomikrudita sa mnogobrojnim fragmentima plitkomorskih makrofosila ruditskih dimenzija (turbiditne stene).

Na osnovu determinisanih zonskih i biostratigrafski značajnih fosilnih vrsta proučavani krečnjaci i laporci sa rožnacima stvarani su u peridu od srednjeg (gornjeg) turona do gornjeg kampana ili mastrihta. Tada dolazi do znatnog

taloženja pelaških organizama - radiolarija i foraminifera, a od makrofaune konstatovani su amoniti i inoceramusi.

Za definisanje starosti proučavanih stena, biostratigrafski značaj imali su predstavnici kompleksnih i intermedijarnih oblika planktonskih foraminifera. U asocijaciji daleko veću zastupljenost imaju predstavnici marginotrunkanida, u odnosu na dikarinelide ili oblike koji su izdvojeni kao grupa marginotrunkanida - globotrunkanida. Bentoski foraminiferi su predstavljeni samo pojedinačnim dubokovodnim oblicima sa kalcitskom ljušturicom. Relativno često je zastupljen detritus dubokomorskih fosila, a retko fragmenti ili detritus plitkomorskih fosila.

Prema sastavu i sklopu sedimentnih stena ove jedinice, naročito njenih najviših delova, može se pretpostaviti da je tektonska aktivnost u vreme njihovog stvaranja bila prilično slaba.

Karbonatne stene jedinice krečnjaka i laporaca kontinentalne padine imaju i ekonomski značaj. Širi prostor sela Struganika i Brežđa, poznat je po većem broju malih kamenoloma iz kojih se eksploatiše građevinski i arhitektonski kamen poznat kao „struganički krečnjak“.

Laporovito-krečnjačke stene sa rožnacima kontinentalne padine bočno prelaze u čiste turbidite (ljiški i šumadijski fliš). *Klastično-karbonatni turbiditi* čine poslednju izdvojenu jedinicu u gornjoj kredi istraživanog područja. Oni redovno pokazuju ritmično smenjivanje debljih i tanjih sekvenci sastavljenih od kalkarenita i kalklutita. Stratigrafski pripadaju kampan-mastrihtu (Štavica) i mastrihtu (Građenik).

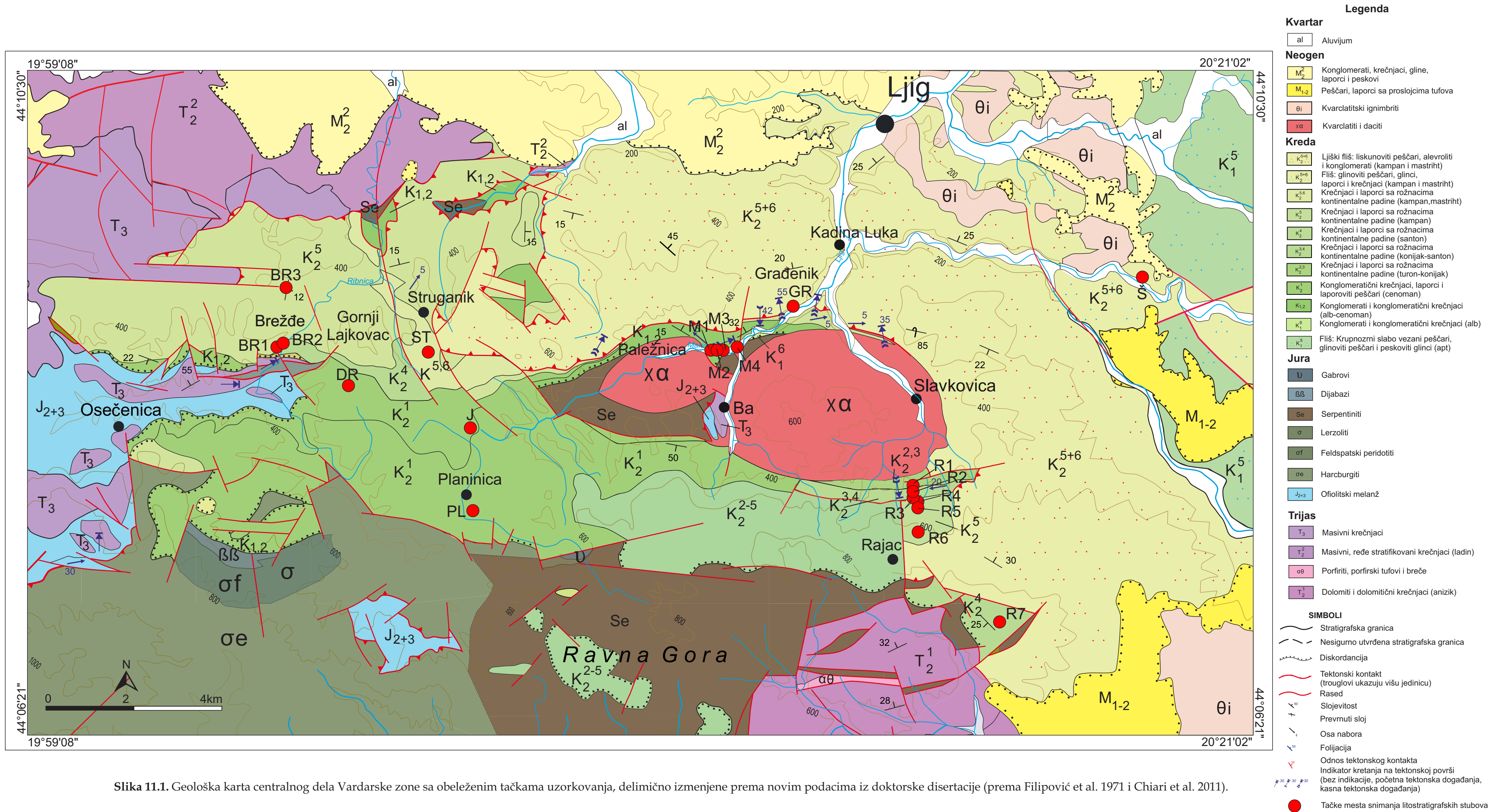
Kampan-mastrihtski turbiditi, odraz su tektonskih pokreta na širem prostoru gde nastaju nove kopnene sredine. Sedimentacioni basen se prostorno širio prema istoku i rasprostirao se do Gornjeg Milanovca. Tektonsko izdizanje je

omogućilo jače fizičko i hemijsko raspadanje stena i taloženje debelih naslaga turbidita. Iz turbiditnih tokova nastalih iz više izvora pretežno klastičnog detritusa, koji potiče sa šelfa i margine padine, talože se turbiditi u obliku spojenih lepeza i formira se široka zona turbidita u obliku zastornih turbidita (*apron turbidite*).

Sastav fliša na istraživanom profilu kod Štavice, na granici sa Šumadijom je karbonatnog karaktera. U ovom delu je najverovatnije došlo do spajanja dva basena u kojima se odvijala flišna sedimentacija (ljiški fliš i šumadijski fliš). Drugi snimljeni profil ljiškog fliša na brdu Građenik kod sela Ba je mešovito karbonatno-klastičnog karaktera. U krupnozrnijim sedimentima preovlađuje klastični detritus, a u finozrnijim karbonatni i biogeni detritus. Na istraživanim profilima su zapaženi prelazi pelaških mikrita i biomikrita u peskovite biomikrite i kalkarenite, što upućuje na postojanje bližih kopnenih i plitkovodnih područja.

Usled novih biostratigrafskih podataka u korelaciji sa sedimentološkim, u svim izdvojenim gornjokrednim jedinicama, revidirane su ranije određene stratigrafske granice u okviru OGK 1:100 000, list Gornji Milanovac. Korekcije su prikazane na Slici 11.1, uz korišćenje standardnih oznaka i simbola kartiranih jedinica (Đoković & Toljić 2009).

Celokupno razviće istraživanih sedimentnih stena slaže se sa sličnim gornjokrednim stenama Srbije. Transgresijom je najverovatnije uspostavljena veza između zapadne Srbije, Šumadije, Vojvodine i istočne Srbije. Za vreme mastrihta uslovi sedimentacije su u svim navedenim oblastima skoro izjednačeni, uz dominirajuće rasprostranjenje fliša. Ostatak gornjokrednog reljefa bio je i početkom paleogena kada u sedimentacionom basenu dolazi do opadanja nivoa mora i oplićavanja.



Slika 11.1. Geološka karta centralnog dela Vardarske zone sa obeleženim tačkama uzorkovanja, delimično izmenjene prema novim podacima iz doktorske disertacije (prema Filipović et al. 1971 i Chiari et al. 2011).

12. LITERATURA

Anđelković M. 1955: Prilog poznavanju geološkog sastava i tektonskog sklopa terena između Ljiga, Ugrinovca i G. Branetića (Šumadija). *Geološki anali Balkanskog poluostrva*, 23, 27-44.

Anđelković M. 1960: Paleogeografija i tektonika jednog dela unutrašnjih Dinarida. *Geološki anali Balkanskog poluostrva*, 27, 103-152.

Anđelković M. 1975: *Geologija Srbije, Stratigrafija – Mezozoik*. Univerzitet u Beogradu, 368 pp.

Anđelković M. 1978: *Stratigrafija Jugoslavije – Paleozoik i mezozoik*. Univerzitet u Beogradu, 1017 pp.

Anđelković M., Mitrović-Petrović J. & Jankićević J. 1989: *Paleogeografija Srbije – Kreda*. Univerzitet u Beogradu, 182 pp.

Bergen J.A. & Sikora P. 1999: Microfossil diachronism in southern Norwegian North Sea chalks: Valhall and Hod Field. *In* Jones R.W. & Simmons M.D. (Eds.) *Biostratigraphy in Production and Development Geology*. Spec. Publ. – Geol. Soc. London, 152, 85-111.

Bromley R. G. 1996: *Trace Fossils. Biology, Taphonomy and Applications*. London, Glasgow, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras: Chapman & Hall. 361 pp.

Colacicchi R. & Baldanza A. 1986: Carbonate turbidites in a Mesozoic pelagic basin: Scaglia Formation, Apennines, Comparison with siliciclastic depositional models. – *Sedim. Geol.*, 48, 81-105.

Chiari M., Djerić N., Garfagnoli F., Hrvatović H., Krstić M., Levi N., Malasoma A., Marroni M., Menna F., Nirta G., Pandolfi L., Principi G., Sacconi E., Stojadinović U. & Trivić B. 2011: The Geology of the Zlatibor-Maljen Area (Western Serbia): A Geotraverse Across the Ophiolites of the Dinaric-Hellenic Collisional Belt. *Ofioliti*, 36, 137-164.

Choquette P.W. & Pray L. C. 1970: Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. *Bulletin American Association Petroleum Geologists*, 54, 207-250.

Mullins H.T. 1983. Modern carbonate slopes and basins of the Bahamas. *In* Cook H.E. (Ed.) *Platform Margin and Deep-Water Carbonates*. Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Short Course Notes, 12.

Dimitrijević M. D. & Dimitrijević M. N. 1973: Olistostrome Melange in the Yugoslavian Dinarides and Late Mesozoic Plate Tectonics. *J. Geology*, 81, 328-340.

Dimitrijević M. D. & Dimitrijević M. N. 1974: O genezi „Dijabaz-rožnačke formacije“. *Zavod za geološka istraživanja Crne Gore. Geološki glasnik*, 7, 333-349.

Dimitrijević M. N. & Dimitrijević M. D. 1987: The Paraflysch of the Central Vardar Subzone. *In* Dimitrijević M. D. & Dimitrijević M. N. (Eds.) *Turbiditic basins of Serbia*. Serbian Academy of Sciences and Arts. Monograph 61, 79-100.

Dimitrijević M. N. & Dimitrijević M. D. 1989: Depozicioni sistem klastita. *Jugoslovenski komitet svetskih kongresa za naftu: Institut za geološka istraživanja*, 407 pp.

Di Staso A. & Giardino, S. 2002: Calcareous nannoplankton and dinoflagellate cyst integrated biostratigraphy in the Ljig area (Central Vardar Zone, Internal Dinarides). *Memorie della Societa Geologica Italiana*, 57, 165-172.

Dott R. H. Jr & Bourgeois J. 1982: Hummocky stratification: significance of its variable bedding sequences. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 93, 663-680.

Dunham, R.J. 1962: Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *In* Ham W.E (Ed.) *Classification of carbonate rocks, A Symposium American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 1, 108-121.

Đerić N., Gerzina N., Gajić V., & Vasić N. 2009. Early Senonian radiolarian microfauna and biostratigraphy from the Western Vardar Zone (Western Serbia). *Geologica Carpathica*, 60 (1), 35-41.

Doković I. & Toljić M. 2009: *Praktikum iz geološkog kartiranja*. Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 192 pp.

Einsele, G. 2000. *Sedimentary Basins. Evolution, Facies, and Sediment Budget*, 2nd ed. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong: Springer-Verlag, 792 pp.

Embry A.F. III & Klovan J.E. 1972: Absolute water depth limits of Late Devonian paleoecological zones. *Geologische Rundschau*, 61, 672-686.

Filipović I., Pavlović Z., Marković B., Rodin V., Marković O., Gagić N., Antin B. & Milićević M. 1971.: *Osnovna geološka karta SFRJ – list Gornji Milanovac (1:100 000)*. Savezni Geološki zavod, Beograd.

Filipović I., Marković B., Pavlović Z., Rodin V. & Marković O. 1978.: *Tumač za list Gornji Milanovac L 34-137 (OGK SFRJ 1:100 000)*. Savezni Geološki zavod, 71 pp.

Flügel E. 1982: *Microfacies Analysis of Limestones*. Springer-Verlag, Berlin, 633 pp.

Flügel E. 2004: *Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 976 pp.

Folk R.L. 1959: Practical petrographic classification of limestones. *Bulletin American Association Petroleum Geologists*, 43, 1-38.

Folk R.L. 1962: Spectral subdivision of limestone types. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 1, 62-84.

Fraas E. 1911: Geologische Beobachtungen aus dem Gebiete von Valjevo. *Geološki anali Balkanskog poluostrva*, 6/2, 548-555.

Frey R.W. 1975: *The Study of Trace Fossils*. Springer-Verlag, New York, 562 pp.

Füchtbauer H. & Richter D. 1983: Relations between submarine fissures, internal breccias and mass flows during Triassic and earlier rifting periods. *Geologische Rundschau*, 72(1), 53-66.

Gajić V. 2007: *Petrologija sedimentnih stena gornje krede na području Planinica-Struganik (zapadna Srbija)*. Magistarski rad, Rudarsko-geološki fakultet Univerzitet u Beogradu, 108 pp.

Gajić V. & Vasić N. 2011. Structures of the struganik limestones. 1th International Conference: "Harmony of nature and spirituality in stone". Kragujevac, Serbia, 63-74.

Gajić V., Matović V., Vasić N. & Srećković-Batočanin D. 2011: Petrophysical and mechanical properties of the Struganik limestone (central part of the Vardar Zone, Western Serbia). *Geološki anali Balkanskog poluostrva*, 72, 87-100.

Gerzina N. 2002: Geološka građa Vardarske zone između Struganika i Divčibara. Magistarski rad, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 93 pp.

Grubić A. 1966: Tektonske karakteristike Vardarske zone. Savez geoloških društava SFRJ, Referati 6. savetovanja, 1, 475-483.

Grubić A., Obradović J. & Vasić N. 1996: Sedimentologija. Univerzitet u Beogradu, Univerzitetski udžbenici 53, 436 pp.

Hampton M.J., Bailey H.W., Gallagher L.T., Mortimore, R.N. & Wood C.J. 2007: The biostratigraphy of Seaford Head, Sussex, southern England. An international reference section for the basal boundaries for the Santonian and Campanian Stages in chalk facies. *Cretaceous Research* 28, 46-60.

Johnson H.D. & Baldwin C.T. 1986: Shallow siliciclastic seas. In Reading H.G. (Ed.) *Sedimentary Environments and Facies*. Blackwell Sci.Pub., Oxford-London-Edinburg-Boston-Palo Alto-Melbourne, 229-282.

Johnson H.D. & Baldwin C.T. 1996: Shallow clastic seas. In: Reading H.G. (Ed.) *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Blackwell Sci.Pub., Oxford-London-Edinburg-Boston-Palo Alto-Melbourne, 232-280.

Karamata S. 1979: Prelazni nivo između tektonita i magmatita-kumulata u ofiolitskim kompleksima Jugoslavije. *Glas SANU*, 313, Odeljenje prirodno-matematičkih nauka, 45, 79-88.

Karamata S., Knežević V., Memović E. & Popević A. 1994: The Evolution of the Northern Part of the Vardar Zone in Mesozoic. *Bull. Geol. Soc. Greece*, XXX/2, 479-486.

Karamata S. & Krstić B. 1996: Terranes of Serbia and neighboring areas. In Knežević-Dorđević V. & Krstić B. (Eds.) *Terranes of Serbia*. Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, 25-40.

Karamata S., Olujić J., Protić Lj., Milovanović D., Vujnović L., Popević A., Memović E., Radovanović Z. & Resimić-Šarić K. 2000: The western belt of the Vardar Zone – the remnant of a marginal sea. In Karamata S. & Janković S. (Eds.) *Proceedings of the International Symposium on „Geology and Metallogeny of the Dinarides and the Vardar Zone“*. Academy of Science and Arts of the Republic of Srpska, Collect. Monogr., Dep. Nat., Math., Tech. Sci. I, Banja Luka/Serbian Sarajevo, 131-135.

Karamata S. 2006: The geological development of the Balkan Peninsula related to the approach, collision and compression of Gondwana and Eurasian units. In Robertson A.H.F. & Mountrakis D (Eds.) *Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region*. Geological Society London, Special Publications, 260, 155–178.

Kijanović V. 2007: Elaborat o rezervama krečnjaka kao TGK i AGK u ležištu „Struganik“ kod Mionice. Fond stručne dokumentacije Geološkog instituta Srbije, 86 pp.

Konta J. 1973: Kvantitativní systém reziduálních hornin, sedimentů a vulkanoklastických usazenin (Quantitative system of residual rocks, sediments and volcanoclastic deposits). Universita Karlova, Praha, 375 pp.

Maksimović B. & Maksimović Z. 1952a: Tektonski odnosi na Rujevcu kod sela Ba (zapadna Srbija) u vezi sa pojavama hidrosilikata nikla. Zbornik radova SAN, 22, Geološki institut, 3, 15-25.

Maksimović Z. 1952b: Prethodni rezultati proučavanja pojava niklovih ruda u selu Ba kod Ljiga u zapadnoj Srbiji. Zbornik radova SAN, 23, Geološki institut, 4, 21-52.

Maksimović B. 1953: Geološki sastav i tektonski sklop terena između Kadine Luke i Rajca – zapadna Srbija. Zbornik radova SAN, 33, Geološki institut, 5, 151-182.

Maksimović B. & Marković B. 1953: Nov prilog za poznavanje golta i cenomana Srbije – fauna golta i cenomana iz oblasti Kadine Luke i Rajca (zapadna Srbija). Zbornik radova SAN, 33, Geološki institut, 5, 183-210.

Marković O. & Anđelković M. 1953: Geološki sastav i tektonika šire okoline sela Osečenice, Brežđa i Struganika (zapadna Srbija). Zbornik radova SAN, 33, Geološki institut, 5, 111-150.

Marković O. 1960: Razviće krednih tvorevina u bližoj okolini Ljiga (Šumadija) sa naročitim obzirom na starost fliša. Geološki vesnik, Zavod za geološka i geofizička istraživanja, 18, 65-83.

Matović V. 2009. Petrološka i tehnička svojstva mezozojskih karbonatnih stena Srbija. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološki fakultet Univerzitet u Beogradu, 368 pp.

Meischner D. 1964: Allodapische Kalke, Turbidite in Riff-nahen sedimentations-Becken. In Bouma A. H & Brouwer A. (Eds) *Turbidites*. Developments in Sedimentology, 3, Elsevier: Amsterdam, 156-191.

Mikinčić V. 1935: Izveštaj o terenskom radu na sekciji Valjevo. Izveštaj o radu Geološkog instituta Kraljevine Jugoslavije za 1934. god., 28-29.

Mikinčić V. 1936: Izveštaj o terenskom radu na sekciji Valjevo. Izveštaj o radu Geološkog instituta Kraljevine Jugoslavije za 1935. god., 43-45.

Milićević V. 2006: Izveštaj o tehničkim svojstvima krečnjaka iz kamenoloma „Drenovac“, sa ocenom mogućnosti upotrebe za proizvodnju drobljenog agregata za izradu asfaltnih i betonskih mešavina. Institut za puteve, Beograd,

Mitrović-Petrović J. 1983: Novo mesto nalaska cenomanskih sedimenata na planini Rajac. Geološki anali Balkanskog poluostrva, 47, 203-211.

Mutti E. & Ricci Lucchi F. 1972: Turbidites of the northern Apennines: Introduction to facies analysis (English translation by T.H. Nilson, 1978): International Geology Review, 20, 125-166.

Neumann M. 1997: Le genre *Siderolites* (Foraminifère). Révision des différentes espèces. 1re partie: Analyse bibliographique, méthodologie, description des espèces du Campanien. Revue de Micropaléontologie, 40(3), 227-271.

Obradović-Nedeljković J. 1957: Petrografska ispitivanja flišnih sedimenata i peščara iz oblasti Ljig-Gornji Milanovac. Zbornik radova Geološkog instituta „Jovan Žujović“, 9, 251-268.

Obradović J. 1962: Petrološke karakteristike krednog fliša Šumadije. Geološki anali Balkanskog poluostrva, 29, 143-151.

Obradović J. 1967: Sedimentno-petrološka studija flišnih sedimenata Šumadije. Geološki anali Balkanskog poluostrva, 33, 333-414.

Obradović J. 1973: O mehanizmima transporta i sedimentacije pri formiranju krednog fliša Šumadije. Glasnik prirodnjačkog muzeja, 28, 75-92.

Obradović J. & Nikolić D. 1975: Karbonatne stene krednog fliša Šumadije. 2. godišnji znanstveni skup, Radovi znanstvenog savjeta za naftu JAZU, 5, 194-202.

- Obradović J. 1987: The Ljig Flysch. In Dimitrijević M. D. & Dimitrijević M. N. (Eds.) *Turbiditic basins of Serbia*. Serbian Academy of Sciences and Arts. Monograph 61, 145-150.
- Pašić M. 1955: Prilog poznavanju gornje krede na Ravnoj Gori (zapadna Srbija). Zbornik radova Geološkog instituta „Jovan Žujović“, 8, 89-95.
- Pašić M. 1962: Orbitoline gornje krede Dinarida (zapadna Srbija). Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja, 20, 153-200.
- Pašić M. & Pejović D. 1975: Mezozoik – Zapadna Srbija. Univerzitet u Beogradu, 314-327.
- Pettijohn F.J., Potter P.E. and Siever R. 1972: Sand and sandstone. Springer-Verlag, New York-Heidelberg-Berlin, 618 pp.
- Petković K. & Marković O. 1958: Pojava i problem vertikalnog rasprostranjenja nekih inoceramskih vrsta u sedimentima gornje krede na Balkanskom poluostrvu. Glas SAN, 231, Odeljenje prirodno-matematičkih nauka, 14, 37-45.
- Petrović M. & Jankičević J. 1986: Prilog stratigrafiji gornje krede okoline Ljiga. Geološki anali Balkanskog poluostrva, 50, 97-104.
- Piper D. J. W. 1978: Turbidites, muds and silts on deep-sea fans and abyssal plains. In Stanley D.J. & Kelling G. (Eds.) *Sedimentation in Submarine Canyons, Fans and Trenches*. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, 163-175.
- Premoli Silva, I. & Verga, D. 2004. Practical manual of Cretaceous planktic foraminifera In Verga D. & Rettori R. (Eds.) *International School on planktic foraminifera, 3rd Course: Cretaceous*. Universities of Perugia and Milan, Tipografia Pontefelcino, Perugia (Italy), 283 pp.

Rabrenović D., Vasić N., Mitrović-Petrović J., Radulović V., Radulović B. & Srećković-Batoćanin D. 2002: The Middle Cenomanian Basal Series of Planinica, Western Serbia. *Geološki anali Balkanskog poluostrva*, 64, 13-43.

Reineck H.A 1963: Sedimentgefüge im Bereich der südlichen Nordsee. *Abh. Senckenb. Naturforsch. Ges.*, 505, 1-138.

Reading H.G. & Richards M. 1994: Turbidite systems in deep-water basin margins classified by grain size and feeder system. *Bulletin American Association Petroleum Geologists*, 78, 792-822.

Robaszynski F. & Caron M. 1995: Cretaceous planktic foraminifera: comments on the Europe-Mediterranean zonation. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 166, 681-692.

Sarı, B. 2009. Planktic foraminiferal biostratigraphy of the Coniacian-Maastrichtian sequences of the Bey Dağları Autochthon, western Taurides, Turkey: Thin section zonation. *Cretaceous Research* 30, 1103-1132.

Schmid S. M., Bernoulli D., Fügenschuch B., Matenco L., Schefer S., Schuster R., Tischler M. & Ustaszewski K. 2008: The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss J. Geosci.*, 101, 139-183.

Seilacher A. 1967: Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology*, 5, 413-428.

Seilacher A. 2007. *Trace Fossil Analysis*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 226 pp.

Simić V. 1935: Prilog tektonici zapadne Srbije. Podrinske planine. *Vesnik Geološkog instituta Kraljevine Jugoslavije*, 4/1, 211-221.

Simić V. 1937: Izveštaj o terenskom radu na listu Valjevo. Izveštaj o radu Geološkog instituta Kraljevine Jugoslavije za 1936. god., 29-35.

Simić V. 1940: Izveštaj o geološkom snimanju na listu „Valjevo“ 1:50.000. Godišnjak Geološkog instituta Kraljevine Jugoslavije za 1939. god., 80-91, Beograd.

Sovilj J. 2012. Gornjokredne radiolarije okoline Struganika (Zapadna Srbija). Master rad, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Srećković-Batočanin D. 2001: Doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu,.

Stow D. A. V., Reading H. G. & Collinson J. D. 1996: Deep seas. In: Reading H.G. (Ed.) *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Blackwell Sci.Pub., Oxford-London-Edinburg-Boston-Palo Alto-Melbourne, 395-454.

Swift D. J. P. & 1991: Sedimentation on continental margins, I: a general model for shelf sedimentation. In Swift D. J. P., Oertel G. F., Tillman R. W. & Thorne J. A. (Eds.) *Shelf sand and sandstone bodies*. International Association of Sedimentologists Special Publication, 14, 3-31.

Thornton S. E. 1984: Basin model for hemipelagic sedimentation in tectonically active continental margin: Santa Barbara Basin, California continental borderland. In Stow D.A.V. & Piper D.J.W. (Ed) *Fine-Grained Sediments: Deep-Water Processes and Facies*. Spec. Publ. Geol. Soc. London, 15, 377-394.

Tišljar J. 2004: Sedimentologija klastičnih i silicijskih taložina. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 426 pp.

Tucker M.E. & Wright V.P. 1990: Carbonate sedimentology. Blackwell Sci.Pub., Oxford. 482 pp.

Tucker M.E. 2001: Sedimentary petrology. Blackwell Sci.Pub., Oxford, 262 pp.

Vasić N., Kostić M., Đurić S. i Rabrenović D. 2001: Visoko magnezijumske smektitske gline u bazalnoj seriji alb-cenomana Planinice (zapadna Srbija). Mineralogija. Godišnjak JAM, 3, 78-84.

Vasić N., Gajić V., Rabrenović D., Milovanović D., Đerić N. i Kostić M. 2005: Pyroclastic rock in the Upper Cretaceous carbonaceous sediments from Struganik. XIV Congress of Geologists of Serbia and Montenegro. Novi Sad, October 18-20, 2005., 113-114.

Vishnevskaya, V.S., 1986. Middle and late Cretaceous radiolarian zonation or the Bering region, U.S. S.R. Mar. Micropal., II, 139- 149.

Wilson J. L. 1975: Carbonate Facies in Geologic History. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 471 pp.

Žujović J. 1893: Geologija Srbije. I deo, Beograd.

Biografija autora

Violeta Gajić, rođena je 21. 08. 1972. god. u Majdanpeku, gde je završila osnovnu školu. Srednju Geološku i hidrometeorološku školu „Milutin Milanković“ završila je 1991. god. i iste školske godine upisala je studije na Rudarsko-geološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Poslediplomske studije na naučnom području Petrologija i geochemija, smer Sedimentologija upisuje 1999. godine. Decembra 2007. godine odbranila je magistarsku tezu pod nazivom „Petrologija sedimentnih stena gornje krede na području Planinica-Struganik (zapadna Srbija)“. Time je stekla akademski naziv magistra tehničkih nauka u oblasti geologije – sedimentologija.

Nakon diplomiranja i upisanih poslediplomskih studija, Violeta Gajić je volonterski angažovana za održavanje vežbanja na Katedri za petrologiju i geochemiju. Od maja 2000. god., preko programa „Obdareni za naučno istraživački rad“ Republičkog zavoda za tržište rada, radila je kao istraživač pripravnik u Laboratoriji za sedimentologiju. Od februara 2002. god. zaposlena je na Rudarsko-geološkom fakultetu kao asistent-pripravnik i reizabrana u isto zvanje početkom 2008. godine. Novembra 2013. godine izabrana je u zvanje asistent.

Ukupno ima objavljenih 11 radova u domaćim i stranim časovima. Od toga je jedan na SCI listi. Bila je učesnik na domaćim i međunarodnim skupovima i projektima. Trenutno je učesnik projekta Ministarstva nauke i obrazovanja (br. 176019) „Petrogeneza i mineralni resursi Karpato-Balkanida i njihov značaj u zaštiti životne sredine“.

Na Nastavno-naučnom veću Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu održanom 19.12.2008. godine usvojen je izveštaj Komisije za davanje mišljenja o naučnoj zasnovanosti teme „Sedimentologija gornje krede centralnog dela Vardarske zone“.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Виолета Гајић

број индекса _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

„Седиментологија горње креде централног дела
Фарддарске зоне“

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, _____

Гајић

Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске
верзије докторског рада**

Име и презиме аутора Виолета Гајић
Број индекса _____
Студијски програм Геологија
Наслов рада Седиментологија горње креде централног дела Вардарске
золе.
Ментор др Небојша Васић, редовни професор
Потписани/а Виолета Гајић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду.

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

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, _____

Гајић.

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

„Седиментологија горње креде централног дела
Вардарске зоне“

која је моје ауторско дело.

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

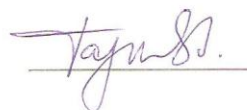
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, _____



1. Ауторство - Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Виолета Гајић

број индекса _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

„Седиментологија горње креде централног дела
Фарддарске зоне“

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, _____

Гајић

Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске
верзије докторског рада**

Име и презиме аутора Виолета Гајић
Број индекса _____
Студијски програм Геологија
Наслов рада Седиментологија горње креде централног дела Вардарске
зоге.
Ментор др Небојша Васић, редовни професор

Потписани/а Виолета Гајић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду.

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

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, _____

Гајић.

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

„Седименталогичја горње креде централног дела
Вардарске зоне“

која је моје ауторско дело.

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

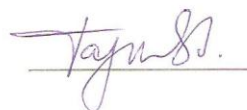
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, _____



1. Ауторство - Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.