

Geol. vjesnik	30/2	363—382	8 tabli	Zagreb, 1978
---------------	------	---------	---------	--------------

552.54:551.763(161.14.45)

## Onkolitni i stromatolitni vapnenci u donjokrednim sedimentima Istre (Hrvatska, Jugoslavija)

Josip TIŠLJAR

*Zavod za mineralogiju, petrologiju i ekonomsku geologiju,  
Rud.-geol.-naftni fakultet, Pierottijeva 6, YU—41000 Zagreb*

Istražene su i opisane petrološke, genetske i depozicionalne karakteristike onkolitnih i stromatolitnih vapnenaca i njihov značaj za rekonstrukciju i interpretaciju uvjeta i sredina taloženja plitkomorskih karbonatnih sedimenta.

### UVOD

Među jurskim i krednim plitkomorskim karbonatnim stijinama Istre posebno značenje, kako po učestalosti tako i po važnosti za rekonstrukciju i interpretaciju okoliša i uvjeta taloženja, imaju onkolitni i stromatolitni vapnenci. Rezultati opsežnih petroloških i sedimentoloških istraživanja jurskih i krednih sedimenta zapadne i južne Istre, koja su vršena u vremenu od 1972—1976. godine, sintetizirani su u posebnom radu (Tišlj ar, u tisku). U ovom radu detaljnije se iznose samo rezultati istraživanja onkolitnih i stromatolitnih vapnenaca. Prostor u kome se te stijene javljaju pripada tzv. »zapadno-istarskoj antiklinali«, čija se jezgra nalazi u području između Rovinja i Poreča. Ova vrlo blaga antiklinala izgrađena je od karbonatnih stijena jurske i kredne starosti, a nastala je koncem senona u laramijskoj orogenetskoj fazi (P o l š a k, 1970).

Gornjojurski i donjokredni sedimenti predstavljeni su autohtonim karbonatnim stijinama taloženim na prostranom karbonatnom pragu na relacijama supralitoral—litoral—sublitoral—laguna—stražnji dio grebena (»supratidal« — »intertidal« — »subtidal« — »lagoon«—»back reef«; Tišlj ar, u tisku). Onkoliti i stromatoliti javljaju se samo u portlandu i donjoj kredi. U gornjoj kredi mjestimično se nalaze samo tanji slojevi stromatolita u malim, prostorno ograničenim područjima lagunarnog facijesa unutar rudistnih »coquina« vapnenaca.

### PETROLOSKE I DEPOZICIJSKE KARAKTERISTIKE GORNJOJURSKIH I DONJOKREDNIH SEDIMENATA

Sedimenti portlanda zastupljeni su kalcilutitima, intrasparitima i onkolitima, koji se ritmično izmjenjuju. Kalcilutiti s pukotinama isušivanja, sinerezis pukotinama, a katkada i s erodiranim gornjim slojnim

površinama nastali su pri relativno brzom akumulaciji mulja u lagunama i sublitoralnim (»subtidal«) područjima šelfnih plićaka. Njihovo taloženje prekinuto je oplicavanjem uz kratkotrajne emerzije i intenzivno isušivanje. Kod ponovnog preplavlivanja na kalcilutite su taloženi intraspariti i/ili onkoliti s obiljem vlaknatog ranodijagenetskog cementa A i mozaičnog kalcitnog cementa B, bez kalcilutitnog matriksa.

Sedimentacija u valendis-otrivu odvijala se je u lagunama, sublitoralnoj zoni šelfnih plićaka (»subtidal«), u litoralu (»intertidal«) i na supralitoralu (»supratidal«). U lagunama i sublitoralnoj zoni plićaka talože se, jednako kao i u portlandu, kalcilutiti, intraspariti i onkoliti. U litoralnom okolišu (»intertidal«) formiraju se uz sudjelovanje modro-zelenih algi LLH-stromatoliti s kojima se naizmjenice talože pelspariti i pelmikriti sa Favreina-peletima (fekalni peleti Crustacea). Zbog slabo izražene morfologije karbonatne platforme i blagog nagiba dna i obale na vrlo širokom supralitoralnom (»supratidal«) pojasu odvijala se je ranodijagenetska dolomitizacija još nevezanih karbonatnih taloga u kriptokristalaste, stromatolitne, peletne i intraklastične dolomite (Tišljarić, 1977). Ovi dolomiti odlikuju se mnogobrojnim »teksturama ptičjeg oka« (»Birds eye structure« — Shinn, 1968), tragovima utiskivanja i pukotinama isušivanja. Sadrže od 2,1 do 5,8 mol. %  $\text{CaCO}_3$  više nego što odgovara stehiometrijskom sastavu dolomita, a stupanj uređenja njihove rešetke varira od 0,5—0,81. Velike mase lagunarnih, sublitoralnih i litoralnih (»subtidal« i »intertidal«) vapnenaca intenzivno su kasnodijagenetski dolomitizirane i pretvorene u dolomitične vapnence ili makrokristalaste »protodolomite« sa 3,2—7,1 mol. %  $\text{CaCO}_3$  viška u rešetki i niskim stupnjem njenog uređenja (0,35—0,6).

Barem-aptski sedimenti predstavljeni su uglavnom vapnencima. Kasnodijagenetski dolomiti pojavljuju se samo vrlo rijetko i u malim količinama. Ovi vapnenci taloženi su u litoralnom, sublitoralnom, lagunarnom i zagrebenskom okolišu (»intertidal«, »subtidal«, »lagoon«, »back reef«), uz opetovano formiranje prostranih plimatskih zaravni (»tidal flat«). U lagunama i sublitoralnom okolišu talože se kalcilutiti u ritmičnoj izmjeni s onkolitima. U litoralnom okolišu, koji je u Istri tokom barem-apta zauzimao vidnu površinu, taloženi su LLH-stromatoliti, peletni i intraklastični vapnenci, a u području iza grebena (»back reef«) foraminiferski i algalni biokalkareniti.

U albu je došlo do stanovitog produblivanja i proširivanja bazena, vjerojatno kao posljedice velike transgresije u svjetskim morima (Rona, 1973), uz očigledno povećanje energije vode i dobru aeraciju, tako da se ovdje više ne talože stromatoliti i onkoliti, a i peletni vapnenci se javljaju vrlo rijetko. Dominantne stijene alba su kalcilutiti, kalciareniti, intraklastični i peloidno-intraklastični vapnenci, te kasnodijagenetski dolomiti. U razdobljima, odnosno područjima, s jačom energijom vode, normalnim salinitetom i dobrom aeracijom na plićacima se nastanjuju rudisti koji žive u zadrugama tako da se iz njihovih ljuštura stvaraju tanji slojevi biostromalnih i »coquina« vapnenaca. Svi albski dolomiti kasnodijagenetskog su postanka. To su »protodolomiti« s 4—8 mol. % Ca-viška u rešetki i s niskim stupnjem njene uređenosti (0,37—0,59).

Nastali su dolomitizacijom već očvrnutih kalcilita, intramikrita, intrasparita, rjeđe i kalciarenita, uz prisutnost pornih otopina s relativno niskim Mg/Ca molarnim odnosom (Tišljari, 1977).

### ONKOLITNI VAPNENCI

Onkolitni vapnenci (»oncolithe« — Logan & al., 1964) vrlo su važni petrografski članovi portlanda, valendis-otriva, barem-apta i najdonjeg dijela alba. U srednjem i gornjem albu, kao i u gornjoj kredi, oni nigdje nisu pronađeni. Kako se od kata do kata međusobno znatno razlikuju po načinu pojavljivanja, građi, strukturi i sastavu opisani su odvojeno.

#### Portland

U portlandu onkolitni vapnenci dolaze u velikim količinama. Uvijek se pojavljuju kao završni član ritmične sedimentacije kalcilit → intrasparit → onkolit, ili kalcilit → onkolit. Ovisno o tome da li se kao međučlan u ritmu javljaju intraspariti ili ne, kod onkolita možemo razlikovati dva strukturna tipa: onkoidno-intraklastične vapnence i onkolitne vapnence.

Onkoidno-intraklastični vapnenci predstavljaju prelazan tip stijena između intrasparita i onkolita u sekvenciji kalcilit → intrasparit → onkolit. Njihova granica prema kalcilitu u podini uvijek je oštra, ali u pravilu nepravilna (tab. I, sl. 1), a prema onkolitnim vapnencima u krovini postepena i na terenu nezamjetljiva. Boja im je kao i u onkolita obično nešto tamnija od boje kalcilita što je direktna posljedica sadržaja klorita i pirita. Makroskopski ove stijene pokazuju »arenitnu« ili »brečolik« strukturu. Najobilnije zastupljena komponenta u njihovoj građi su onkoidi (od grčke riječi »onkos« = gruda) i intraklasti, a česta i karakteristična zelena alga (*Dasycladaceae*), peloidi i pojedinačne stromatolitne lamine. Samo rijetko pojavljuju se ljušturice ostrakoda i porcelanaste foraminifere (*Miliolidae*, *Verneuillinae*). Stijene sa samo jednim tipom nabrojanih komponenata javljaju se rijetko. Na nekim lokalitetima (zasjek ceste Vrsar—Novigrad sjeveroistočno od Poreča, kamenolom »Mondolaco«, rt Muntrav južno od Rovinja) nalaze se pojedini slojevi izgrađeni samo od intraklasta.

Onkoidi (Flügel & Kirchmayer, 1962) su vrlo raznoliki po dimenzijama i obliku. Veličine im se kreću od 0,05 do 2,3 mm. Nastali su uglavnom obavijanjem i inkrustacijom jednog ili nekoliko intraklasta karbonatnim muljem (tab. I, sl. 3). Debljina jedne te iste takve ovojnice varira u granicama od 0,02 do 0,3 mm.

Peloidi, karbonatna zrnca kriptokristalaste strukture nepoznatog porijekla (McKee & Gutschick, 1969), odnosno »pelletoidi« (Milliman, 1974), imaju manje ili više ovalan oblik i uniformne dimenzije, tako da nalikuju na fekalne pelete. U većem broju obično su zastupljeni u stijenama koje sadrže više onkoida, kao i u stijenama koje uz cement sadrže i nešto kalcilitnog matriksa.

Intraklasti nepravilnog oblika i slabo ishabanih površina i zaobljenih uglova, kao posljedice kratkotrajnog transporta, imaju u istom izbrusku

raznolike dimenzije (0,05—2,9 mm). Interna struktura im je kriptokristalasta, potpuno identična strukturi kalcilutita čijim razaranjem su i nastali. Nešto rjeđi, ali katkada lokalno vrlo brojni, su intraklasti koji potječu od intrasparita i onkolita.

Onkoidno-intraklastični vapnenci su prije cementacije i litifikacije predstavljali vrlo porozan karbonatni detritus. Njihova cementacija odvijala se je djelomično već submarinski vlaknatim ranodijagenetskim cementom A, a zatim i mozaičnim kalcitnim cementom B (tab. I, sl. 2 i 3). Cement A (Füchtbauer, 1974) posebno je čest u stijenama koje sadrže više intraklasta. Pojavljuje se po rubovima šupljina i/ili po površinama karbonatnih partikula u vidu tankih, vlaknatih i igličastih kristalica kalcita, nejednolikih duljina, orijentiranih okomito na stijenu šupljina ili površinu partikula (tab. I, sl. 2). Uzdužna os iglica i vlaknaca podudara se s kristalografskom osi *c*, i predstavlja smjer najbržeg rasta kristala. Preostale šupljine nakon cementacije ovim ranodijagenetskim cementom ispunjava izometrično mozaični kalcitni cement B. Pritom se dimenzije kristala povećavaju od periferije prema centru šupljina, što se naročito lijepo može pratiti kod većih intergranularnih pora.

Kalcilutitni matriks u ovim se vapnencima pojavljuje vrlo rijetko, odnosno najčešće potpuno izostaje.

Onkolitni vapnenci najčešće se postupnim prelazom nastavljaju na onkoidno-intraklastične vapnence u već spomenutim ritmovima i istih su makroskopskih svojstava. Sastavljeni su od sferoidnih, ovalnih, diskoidalih ili potpuno nepravilnih onkoida koncentrično-lupinaste ili nepravilne unutrašnje građe. U istom izbrusku nalaze se onkoidi vrlo raznoliki po dimenzijama (0,05—20 mm) i obliku (tab. II, sl. 1). Manji onkoidi imaju jajolik, a veći diskoidalni, elipsoidalni i bubrežast oblik ili su to potpuno nepravilne grudaste nakupine. U poprečnom presjeku pojedini onkoidi pokazuju koncentrično-lupinastu građu s izmjenom kriptokristalastih i mikrokristalastih ovojnica oko jezgre. Jezgru sačinjavaju jedan ili više intraklasta, nekoliko manjih onkoida, a i gdjekoja ljušturica foriminifera ili ostrakoda. Broj ovojnica varira od 1—5 s ukupnom debljinom omotača između 0,02 i 0,8 mm. Debljina jedne te iste ovojnice najčešće nije konstantna. Onkoidi s više od dvije ovojnice dosta su rijetki, a u velikom broju onkoida, naročito onih s kriptokristalastom jezgrom ili jezgrom od više manjih onkoida, strukturni detalji uništeni su dijagenetskim promjenama, što je i razumljivo s obzirom da su onkoidi još dugo nakon svog formiranja bili mekani, kako to pokazuju brojni recentni primjeri (Ginsburg, 1960). U ovim onkolitima prevladavaju onkoidi tzv. »algal ball« tipa (Horovitz & Potter, 1971), tj. grudaste algalne nakupine bez izrazite lupinaste građe (tab. I, sl. 4). Znatno ih pripada SS-C tipu, »koncentrično ovijenim sferoidima«, rjeđe i SS-I tipu »jednostrano ovijenim sferoidima« (»concentrically stacked spheroids«, »invertedly stacked spheroids« — Logan & al., 1964).

Onkoidi drugog i trećeg tipa s više od dvije do tri ovojnice relativno su rijetki. Razlog tome svakako treba potražiti u činjenici što je najveći broj njih nastao obavljanjem intraklasta razmjerno velikih dimenzija (tab. I, sl. 3). U onkoidima »algal ball« tipa katkada nalazimo mnoštvo

slabo očuvanih, gusto isprepletenih vlakana modro-zelenih algi. SS-C onkoidi imaju koncentrične ovojnice nepravilno obavijene oko jezgre izgrađene od intraklasta, jedne ili više manjih onkoida.

Kod SS-I tipa ovojnice su na donjoj strani prekinute zbog dugotrajnog mirovanja u istom položaju i rasta modrozelenih algi samo na gornjoj strani intraklasta, vjerojatno zbog preslabe energije vode da kontinuirano pokreće ova veća zrna.

Pored onkolitnih tvorevina u ovim vapnencima modrozelenih algi mjestimično stvaraju i stromatolitne lamine debljina od nekoliko desetaka mikrona, koje poput korica presvlače ranije nastale onkoidne nakupine. Ta pojava vezana je za one dijelove sedimenta koji su povremeno periodično bili izloženi djelovanju plime i oseke, tj. u litoralnoj zoni gdje su se razvile livade modrozelenih algi. U sastav onkolitnih vapnenaca pored onkoida ulaze još i intraklasti koji nisu poslužili kao jezgra za algalna obavijanja. Oni su, međutim, znatno rjeđi. Osnovno obilježje im je široka varijabilnost oblika i dimenzija, te zajednička kalcilititna interna struktura. Pojedini intraklasti, kao i kalcilititi, imaju »mrvičastu« strukturu (»Krümelkalk« — Fabricius, 1966), a samo vrlo rijetko u njima se mogu naći fragmenti ljušturica ostrakoda i foraminifera, što ukazuje da su oni nastali razaranjem kalcilitita nakon njegovog prvog očvršćavanja.

Cementacija i litifikacija onkolitnih vapnenaca identična je onoj već opisanoj kod onkoidno-intraklastičnih vapnenaca. Cement A se u njima, međutim, nalazi nešto rjeđe ili nije tako lijepo razvijen. Dominantan je mikro do makrokristalasti mozaični cement B (tabla II, sl. 1). Kalcilitnog matriksa, općenito uzevši, nema, što je normalna posljedica slabog intenziteta akumulacije karbonatnog mulja. Upravo zbog slabog intenziteta sedimentacije mulja bio je omogućen rast i razvoj modrozelenih algi i submarinsko ranodijagenetsko izlučivanje cementa A,

U području sjeverno od Poreča ove stijene su slabo kasnodijagenetski dolomitizirane. Idiomorfni dolomitni romboedri dimenzija od 0,2—0,4 mm dolaze samo u onkoidima i intraklastima, dok ih u cementu nikada nema. Ovakva selektivna dolomitizacija uzrokovana je boljom difuzijom pornih otopina u poroznijim onkoidima i intraklastima nego u kristalastom kalcitnom cementu. Osim toga topivost manjih kristalića, od kakvih su izgrađeni onkoidi i intraklasti, mnogostruko je veća od topivosti većih kristala u cementu. Pretežni broj dolomitnih romboedara ponovno je kalcitiziran i pretvoren u mikrokristalaste kalcitne agregate pri čemu su forme romboedara ostale potpuno sačuvane (Tišljari, 1977). Prosječni sadržaj dolomita u stijenama iz tog područja kreće se oko 1—5%. U pojedinim slučajevima on se povisuje do cca 10%.

Uz izuzetak kasnodijagenetski dolomitiziranih stijena, onkolitni vapnenci su čiste kalcitne stijene s 1—3,5% netopivog ostatka. Netopivi ostatak izgrađuju slijedeći minerali: ilit, klorit, kaolinit, montmorilonit, te u manjim količinama kvarc, albit, pirit, getit, anatas i amfibol. Siva boja stijene, specijalno u području kamenoloma »Kirmenjaka«, potječe od klorita i pirita, tzv. »ikričastog pirita« (»Rogen pyrit« — Fabricius, 1961), koji se javlja u formi vrlo sitnih grudica dimenzija od oko 10—25

mikrona. Svaka takva grudica sastavljena je iz mnoštva sitnih piritnih kuglica promjera oko 2 mikrona. Postanak ovog pirita vezan je za izlučivanje sulfatnih bakterija; ima, dakle, biogeni karakter.

### Valendis-otriv

Onkolitni vapnenci naročito se često pojavljuju u najmlađim naslagama valendis-otriva, gdje su obično završni član ritma kalcilitit → intrasparit → onkolit. U podini im u pravilu leže intraspariti s onkoidno obavijenim intraklastima, tako da se na terenu od njih ne mogu odvojiti. Sastavljeni su od nepravilnih, bubrežastih ili grudastih onkoida s koncentrično-lupinastom građom, ili su, što je češće, bez nje (Tab. II, sl. 2 i 3). U ovom drugom slučaju to su tzv. »algalne lopte« (»algal balls« — Horowitz & Potter, 1971) ili algalni peleti (»algal pellets« — Bissell & Chilingar, 1967), tj. nakupine modrozelenih algi bez jasne organske strukture.

Dimenzije onkoida vrlo su neujednačene. U istom izbrusku pojavljuju se zajedno, vrlo sitni onkoidi dimenzija cca 0,2 mm kao i onkoidi u formi krupnih nepravilnih nakupina promjera preko 25 mm. Takvi krupni onkoidi uglavnom su nastali inkrustacijom više manjih onkoida, a često sadrže i fragmente ljušturica ostrakoda, foraminifera ili skelete zelenih algi. U pojedinim algalnim grudama nalaze se relativno dobro očuvani filamenti modrozelenih algi ispunjeni mikrokristalnim kalcitnim cementom (tab. II, sl. 3). Osim onkoida česti sastojci ovih vapnenaca su intraklasti sa ili bez onkoidnih ovojnica, *Favreina*-peleti, zelene alge i ljušturice ostrakoda.

Ovi vapnenci zahvaćeni su mjestimično kasnodijagenetskom dolomitizacijom. Međutim, u gornjem nivou, gdje su oni najčešći, dolomitizacija je uglavnom slaba i ograničena na pukotinske sisteme. Duž pukotina i prslina nalazimo u stijeni brojne dolomitne romboedre, čija količina postepeno opada sa udaljenošću od pukotinskih sistema. Pretežni dio ovih rombedara potpuno je kalcitiziran.

Onkolitni vapnenci valendis-otriva najčešće su cementirani krupnozrnastim mozaičnim kalcitnim cementom B (tab. II, sl. 2), dok se ranodijagenetski vlaknati cement A nalazi rjeđe, obično po stijenama većih šupljina. Samo u malom broju uzoraka prisutan je i kalcilititni matriks. Kada dolazi u većim količinama redovito ima tzv. »mrvičastu« strukturu ili pokazuje »teksturu ptičjeg oka« (»byrds eye structure« — Shin, 1968).

To su vrlo čiste kalcitne stijene izgrađene s više od 99%  $\text{CaCO}_3$ . Neopivi ostatak, čija količina ne prelazi 0,20%, prema rendgenskim istraživanjima, izgrađuju ilit, klorit, kvarc, i albit.

### Barem-apt

U barem-aptu onkolitni se vapnenci pojavljuju samo u najmlađim naslagama i to u istočnom i južnom dijelu terena gdje se ritmično izmjenjuju s kalcilititima. Onkoliti i kalcilititi na taj način tvore bankove

debljine 1,5—3 m, koji se u kamenolomima »Lakovići«, »Selina«, »Kanfanar« i »Bale« eksploatiraju kao vrlo kvalitetan arhitektonsko-građevni kamen.

Glatko piljeni zidovi u spomenutim kamenolomima izvanredno nam lijepo otvaraju oko 15—20 m kalcilititnih i onkolitnih naslaga. To je omogućilo detaljno istraživanje njihovih teksturnih karakteristika, kao i odvajanja pojedinih ritmova u sedimentaciji. U bazi kamenoloma dolaze oko 0,5—1 m debeli slojevi rekvijenskih »coquina« vapnenaca, koji obično postepeno prelaze u bankovite kalcilitite. Na kalcilititima slijedi onkolitni paket slojeva u kome, na prosječno svakih 5—20 cm po vertikali, dolaze 5—15 cm debeli slojevi izgrađeni isključivo od onkoida. Pri tome, ne samo unutar jednog ritma nego također unutar dva ili više ritmova, ne postoje mehanički diskontinuiteti ili bilo kakve slojne plohe, već su to do 10 m debeli kompaktni banci. Razlikuju se dva ritma:

1. Veliki ritam, čija debljina varira između 1,5—3 m, sastoji se iz jednog kalcilititnog sloja i jednog onkolitnog paketa slojeva (malog ritma). Kalcilititni sloj debljine oko 1—1,5 m obično sadrži vrlo malo pojedinačno razasutih onkoida, a onkolitni paket slojeva bogat je onkoidima i ima debljinu između 0,5 i 1 m.

2. Mali ritmovi, unutar onkoidnog paketa (Tab. III, sl. 1), uvjetovani su pravilnim smjenjivanjem 10—20 cm debelih slojeva kalcilitita bogatog onkoidima i 5—15 cm debelim slojevima izgrađenim samo od onkoida (tab. III, sl. 1).

Ovakva ritmička sedimentacija posljedica je periodične izmjene brze i spore sedimentacije karbonatnog mulja u laguni. Onkolitni slojevi predstavljaju period spore sedimentacije uz koju je bio omogućen rast i razvoj modrozelenih algi, a kalcilititni slojevi nastali su brzom sedimentacijom karbonatnog mulja u laguni.

Onkoidi, kako oni u kalcilititima tako i oni u onkolitima, uvijek su tamnije boje od okolnog kalcilitita u kog su uloženi, tako da se na glatko piljenim i poliranim površinama jasno ističu (tab. III, sl. 1 i 2). Ovu tamniju boju uzrokuje povišeni sadržaj organske materije, što je posljedica rasta, ugibanja i truljenja modrozelenih algi.

Količina onkoida u onkolitnom paketu slojeva, prema makroskopskoj procjeni na piljenim zidovima kamenoloma i poliranim pločama iz kamenoloma »Kanfanar«, »Selina«, »Lakovići« i »Bale«, varira od 40 do oko 80% (tab. III, sl. 2).

Onkoidi su kružnog, lećastog i nepravilnog grudastog oblika i relativno vrlo velikih dimenzija, najčešće između 5 i 80 mm. Dok su manji onkoidi pretežno jajoliki, veći su uglavnom lećasti, potpuno nepravilni, ili ameboidalni. Onkoidi, koji unutar onkolitnog paketa tvore onkolitni sloj, vrlo su često lepezasto razmješeni ili pak prerastaju jedni u druge tako da tvore onkolitno-stromatolitne kore. U njihovim centrima, obično već golim okom, kao inkrustirane jezgre zapažamo ljušturice gastropoda ili foraminifera, tj. oni tvore tzv. »Mumienkalk« — (Füchtbauer & Müller, 1970).

U mikroskopskom izbrusku izrađenom poprečno kroz onkoid zamjećuje se njegova nepravilno-lupinasta građa uzrokovana izmjenom poroznih i manje poroznih kalcilititnih ovojnica, ili potpuno nepravilna građa

kada su izgrađeni od više manjih onkoida, ljušturica foraminifera i fragmenata kućica gastropoda (tab. IV, sl. 1). Kako dimenzije pojedinih onkoida daleko nadmašuju površinu vidnog polja mikroskopa nije bilo moguće izraditi mikrofotografije koje bi u cjelosti prikazivale njihovu građu.

Mnogi onkoidi, kako oni s lupinastom građom, tako i oni bez nje, sadrže ljušturice foraminifera, fragmente ljuštura školjkaša i gastropoda, koje su zajedno s kalcilutitnim muljem bile uhvaćene na ljepljivu sluz modrozelenih algi i rastom tih algi uključene u »algalnu loptu«. Kako se to može zapaziti i makroskopski, većina onkoida kao jezgru sadrži fragmente gastropoda ili foraminifere koji su poslužili kao supstrat za rast modrozelenih algi i razvoj onkoida. Onkoidi sadrže od 99,1—99,5% kalcita. Mineralni sastav njihovog netopivog ostatka, prema rendgenskim istraživanjima, kao i njegova količina, u potpunosti je identičan sastavu i količini netopivog ostatka okolnog kalcilutita. Ovo jasno ukazuje da su se onkoidi za cijelo vrijeme razvoja nalazili u istoj sredini, tj. da su inkorporirali isti materijal kakav je i supstrat. U netopivim ostacima i onkoida i okolnog kalcilutita bitni sastojci su montmorilonit i illit, a kao akcesorije dolaze još anatas i amfibol. Ovi posljednji vjerojatno su eolskog porijekla.

Osim onkoida, onkolitni vapnenci sadrže alge, foraminifere, fragmente ehinodermi i intraklaste. Najkarakterističniji fosil onkolitnih vapnenaca je alga *Bacinella irregularis* Radoičić. Ovu nodularnu ili korastu algu Radoičić (1959) svrstava u »algae incertae sedis«, a Gušić (usmeno saopćenje) smatra da je to zelena alga. U pojedinim izbruscima ova alga zauzima njihovu cijelu površinu. Međutim, vanjske konture alge obično nisu jasne tako da nije moguće ustanoviti radi li se o jednom ili više skeleta. Skelet je sastavljen iz mnogo ćelijica različite veličine i oblika, ponekad povezanih u nepravilne nizove (tab. IV, sl. 2). Dimenzije pojedinih ćelijica variraju između 0,07 i 0,85 mm, a međućeljske stijenke nisu deblje od 0,02 mm. Sve ćelijice ispunjene su mikrokristalastim cementom B, a po međućeljskim stijenkama pojavljuje se katkada i fibrozni cement A. Međućeljske stijenke izgrađuje kriptokristalasti kalcit. Kod većine skeleta vanjski su rubovi markirani vrlo gustom kriptokristalastom masom, koja se od okolnog kalcilutita razlikuje povišenim sadržajem organske tvari (tab. IV, sl. 2). Ova masa može biti dvojakog porijekla:

- ili je to uhvaćeni i priljepljeni fini karbonatni mulj na površini alge;
- ili je ova gusta kriptokristalasta masa nastala mikritizacijom površinskog dijela skeleta uz sudjelovanje modrozelenih algi i njihovog bušenja supstrata.

Ukoliko se kriptokristalasta masa proširuje dublje u unutrašnjost skeleta, vrlo je teško razlikovati algu od onkoida. Dio onkoida vjerojatno je nastao upravo na jedan od gore opisanih načina, posebno na prvi način. Mnogobrojne i vrlo krupne primjerke vrste *Bacinella irregularis* (2—20 mm) nalazimo u pojedinim partijama onkolitnih vapnenaca kamenoloma »Lakovići« i »Selina«. Među foraminiferama najobilnije su orbitoline,



miliolide i Verneuilinidae. Vrlo često njihove ljušturice su jače ili slabije mikritizirane (tab. IV, sl. 1). Od ostalih fosilnih ostataka redovito se pojavljuju fragmenti, ali i cijele kućice, gastropoda u kojima je otopljeni primarni aragonit nadomješten mikrokristalastim kalcitnim cementom B, te dasikladaceje i pločice ehinodermi.

Mikrokristalasti kalcitni cement dolazi vrlo rijetko. Ograničen je samo na međustijenske prostore u bačinelama, centralna stabla zelenih algi i skeleta gastropoda. Međuprostore onkoida, fosila i intraklasta ispunjava kalcilutitna masa istih strukturnih karakteristika kao i kod kalcilutita. Dapače, čak i pojave syneresis pukotinica, geopetalnih struktura (stromataksis), i velikih intraklasta ukazuje na iste karakteristike sedimentacije i dijageneze ovih dvaju tipova vapnenaca.

Kao i ostali vapnenci barem-apta, i onkoliti su vrlo čiste kalcitne stijene. Prosječni sadržaj kalcita iznosi u njima 98,2 do 97,4%, a netopivi ostatak im ne prelazi vrijednost od 0,6%. Mineralni sastav tog ostatka je slijedeći: ilit, montmorilonit i klorit, a u manjim količinama hematit, hidrotinjac, amfibol(?) i lepidokrokrit. Karakteristično je da se kao bitni mineralni sastojak netopivih ostataka onkolita i kalcilutita, kao i lapora, u najmlađim naslagama barem-apta javlja montmorilonit, a u najstarijim naslagama ilit.

#### STROMATOLITNI VAPNENCI

Ovim terminom podrazumijevaju se u ovom radu, u smislu definicije Logana & al. (1964), isključivo samo laminirane stijene nastale ljepljenjem i hvatanjem karbonatnog mulja i fragmenata ljušturica na sluz livada modrozelenih algi, dakle tzv. »algalni stromatoliti«. Stromatoliti se unutar jurskih i krednih sedimentata Istre javljaju u valendis-otrivu i barem-aptu. U albu, cenomanu i konijaku oni se nalaze samo rijetko u malim prostorno ograničenim područjima.

U gornjem nivou valendis-otriva stromatolitni vapnenci igraju vrlo značajnu ulogu. U donjem nivou pojavljuje se rijetko, i to uglavnom u obliku pojedinačnih lamina u intraklastičnim i onkolitnim vapnencima. U gornjem nivou izmjenjuju se s peletnim vapnencima i kalcilutitima, tako da izgrađuju debele pakete slojeva duž cijelog gornjeg dijela periklinalnog pojasa ovog kata. Njihovi izdanci pronađeni su u obalnom području oko sela Pulari (jugoistočno od Rovinja), na brdašcu Valtida (sjeverno od ceste Rovinj—Bale), na južnim padinama Limskog kanala, te kod sela Kufci u usjeku ceste Poreč—Višnjan i sjeverno od Poreča na obali kod Materade. Naročito lijepi izdanci ovih stijena nađeni su na Valtidi i kod sela Kufci.

U barem-aptu stromatolitni vapnenci pojavljuju se u gornjem dijelu donjeg nivoa, a posebno su česti u srednjem nivou i to kontinuirano duž cijelog periklinalnog pojasa. Njihove izdanke možemo pratiti od rta Šilok sjeverno od Poreča, preko Červara, usjeka ceste Poreč—Novigrad oko 2 km južnije od sela Tar, Monperlona, Radovana, zapadno od Baderne, padina Limskog kanala, Brajkovića, Pilkovića, Sv. Nikole, Sv. Marka na cesti Rovinj—Bale, do obalnog područja na rtu Barbariga. Najljepše otvoreni izdanci stromatolita nalaze se u usjeku ceste Poreč—

Novigrad cca 2 km južnije od sela Tar na padinama Linskog kanala, te u lokalnim kamenolomima kod sela Brajkovići, Rovinjsko selo, Sv. Nikola i Sv. Marko.

U kamenolomu kod sela Brajkovići otvoreno je oko 20 metara srednjeg dijela naslaga barem-apta u kojima se naprosječno svakih 1—3 m javlja po jedan stromatolitni sloj debljine oko 10—60 cm. On se izmjenjuje s foraminiferskim i algalnim biokalkarenitom, kalcilitom, peletnim ili intraklastičnim vapnencima. Na stromatolit je, gotovo bez izuzetaka, istaložen tanki sloj peletnog vapnenca s odlično očuvanim tragovima strujanja (»current ripple mark« — Pettijohn & Potter, 1964).

Slični ciklusi dolaze i u najgornjim slojevima u kamenolomu kod Rovinjskog sela, kao i kamenolomu zapadno od sv. Marka. Nešto drugačiji su ciklusi u usjeku ceste Poreč—Tar. Ovdje je ciklus uvjetovan izmjenom algalnog biokalkarenita bogatog intraklastima, stromatolita i kalcilita koji sadrži zelene alge i pelete.

Na izdancima koji su duže vremena bili izloženi djelovanju atmosferičke vode, stromatoliti pokazuju fino laminiranu teksturu koja je posljedica izmjene blago valovitih lamina debljine od nekoliko desetinki mm do cca 1 cm, (tab. V, sl. 1). Zbog laminirane teksture i slabe otpornosti na trošenje, stromatoliti se obično raspadaju u tanke listiće i pločice ili se listaju poput šejlova. Gornja površina stromatolitnog sloja uvijek ima izraženu karakterističnu formu, tj. brojna međusobno odvojena poluloptasta ispupčenja i udubine (»laterally linked hemispheroids« — Logan & al., 1964). Vrlo često gornja slojna površina ima brečast, kvrgav ili grudast izgled (tab. V, sl. 2, tab. VII, sl. 1). Brečolika odnosno kvrgava i grudasta građa, kakvu prikazuje sl. 2, na tab. V, nastala je zbog pukotina sušenja i kovrčanja algalnih livada i na njima uhvaćenog mulja u suhim periodima, te njihove erozije kod ponovnog preplavlivanja u litoralnoj zoni (»intertidal«). Na svježem presjeku poprečno na slojevitost zapažaju se mnogobrojne valovite lamine koje se međusobno razlikuju po boji, porozitetu, strukturi i sastavu. Tamnije obojene lamine općenito su sitnozrnatiye, gušće i kompaktnije, a svijetlije lamine jače porozne, krupnijeg zrna, s obiljem krupnih kalcitnih kristala (tab. VI, sl. 1). Tamnije lamine predstavljaju nekadašnje livade modrozelenih algi, te su stoga bogatije organskom supstancijom, a svijetle lamine su porozni, krupnozrnasti kalcitom cementirani, karbonatni sediment koji je bio naplavljen na tu livadu. Na subhorizontalnom ili horizontalnom presjeku kroz stromatolitni sloj jasno se zamjećuje više ili manje nepravilna koncentrična građa pojedinih ispupčenja (»hemisferoida«), kao i dobro ujednačeni razmaci od ispupčenja do ispupčenja (tab. VI, sl. 2).

Sve ove navedene karakteristike nedvosmisleno ukazuju da ovi stromatoliti pripadaju LLH-C i LLH-S tipu (»close lateral linked hemispheroids« i »spaced lateral linked hemispheroids« — Logan & al., 1964), odnosno tzv. »*Collenia*«-tipu. Sve su to dakle, stromatoliti nastali taloženjem karbonatnog sedimenta na kontinuirane livade modrozelenih algi u zoni izmjene plime i oseke (»intertidal mud-flat environments«).

U mikroskopskom izbrusku, izrađenom okomito na stromatolitni sloj, razlikuju se lamine izrađene od karbonatnog mulja debljine od nekoliko mikrona do par mm, i lamine izgrađene od peleta, skeleta zelenih algi,

odlomaka molusaka i intraklasta koje su cementirane mikrokristalastim kalcitnim kalcitom B (tab. VII, sl. 2). Osim kriptokristalastog kalcitnog mulja (2—8 mikrona), pojedine kriptokristalaste lamine sadrže još i pojedinačne ljušturice zelenih algi, ostrakoda, foraminifera, pelete i intraklaste koji su bili uhvaćeni na ljepljivu sluz modrozelenih algi zajedno s karbonatnim muljem. U prolaznom svjetlu te lamine gotovo su neprozirne. Sadrže organsku materiju koja potječe od modrozelenih algi. Vertikalni razmaci od jedne do druge »algalne« lamine jako su promjenljivi. Najčešće variraju od 0,15 do 0,20 mm, a uvjetovani su debljinom proslojaka izgrađenih od dobro sortiranih peleta (donja polovina sl. 2 na tabli VII, i tab. VIII), fragmenata kućica gastropoda, skeleta zelenih algi, foraminifera, ostrakoda i intraklasta, te makrokristalastog kalcitnog cementa B. Mjestimično ove proslojke izgrađuje i kalcilit koji sadrži pelete, ostrakode ili zelene alge, te mikrokristalasti kalcitni cement. To su, dakle, sedimenti koji su bili naplavljeni na algalnu livadu iz lagune, a koji su poput debljeg ili tanjeg sedimentnog pokrivača prekrivali livadu i na taj način spriječili njen rast.

Velike količine makrokristalastog cementa B (tab. VII, sl. 1; tab. VIII, sl. 1—2) ukazuju na vrlo veliku poroznost, šupljikavost i kavernožnost ovog sedimenta, kao posljedice stezanja, kovrčanja i mreškanja livade u suhim periodima, kao i pucanja sedimenta istaloženog na livadi uslijed isušivanja. Velik broj pukotina, kasnije tokom dijagenoze ispunjenih cementom, nastao je i truljenjem stabljika i vlakana modrozelenih algi. Osim cementa B, po stijenkama većih šupljina redovito se pojavljuje i vlaknasti ranodijagenetski cement A, koji je vjerojatno nastao odmah nakon taloženja sedimenta i koji je primarno bio izgrađen od aragonitnih i Mg-kalcitnih iglica, kao što je to slučaj kod recentnih stromatolita (Gebelein, 1969).

U mikroskopskom izbrusku izrađenom paralelno laminama (tab. VIII, sl. 2), stromatolitna tekstura i struktura ne dolaze do izražaja, ali se u ovom presjeku jasno zapaža porozitet i građa koju je taj sediment imao prije cementacije. Gotovo više od 1/2 stijene, u okvaku presjeku, čini cement.

Pukotine isušivanja, kojima su ispresijecane stromatolitne lamine, nalazimo redovito u svakom izbrusku (tab. VIII, sl. 2). Tamo gdje je intenzitet isušivanja bio veći, uz abraziono djelovanje vode pri izmjeni plime i oseke, došlo je do razaranja stromatolita u intraklaste ili su se stromatolitne lamine raspale u kalcilitni mulj s »mrvičastom« strukturom, odnosno u tzv. »clotted micrite«. Ovo posljednje moglo se je odvijati samo prilikom razaranja vrlo rahlih i slabo kohezivnih muljeva tek istaloženih na livadu.

Već spomenuti proslojci izgrađeni od više ili manje intenzivno razdrobljenih skeleta zelenih algi i/ili fragmenata gastropoda, koje kao proslojci dolaze između pojedinih »alganih« lamina, predstavljaju dokaze dijagenetski vrlo interesantnih procesa. Od fragmenata gastropoda i skeleta algi preostale su samo konture markirane tankim kožicama mulja po površini, tzv. »micrit envelope« (B a t h u r s t, 1971), a sve ostalo, uključivši same skelete i međuprostore između njih, ispunjeno je mikrokristalastim ili makrokristalastim kalcitnim cementom, tako da stijena nalikuje na rekristalizirani vapnenac (tab. VIII, sl. 4). Ovdje se, među-

tim, ne radi o rekristalizaciji već o specijalnom vidu transformacije aragonita u kalcit. Proces je počeo otapanjem metastabilnog aragonita u meteorskoj vodi i nastavlja se zatim izlučivanjem stabilnog kalcita u na taj način nastalim šupljinama, kao i primarnim intergranularnim porama (Tišljarić, u tisku).

U obalnom području sjeverno od Poreča stromatoliti su mjestimično vrlo intenzivno dolomitizirani. Njihova kasnodijagenetska dolomitizacija obično je intenzivnija nego dolomitizacija okolnih kalcilutita i foraminiferskih biokalkarenita, tako da u njima u pojedinim zonama nalazimo leće, nepravilna tijela i uloške vrlo čistog makrokristalastog dolomita. Dimenzije dolomitnih romboedara od sloja do sloja variraju između 0,07 i 0,2 mm. U dijelovima stijene dugotrajno izloženim oborinskim vodama dolomitni romboedri su potpuno kalcitizirani. Kalcitizacija obično ne prodire dublje od 20 do 60 cm pod površinu. Tamo gdje je dolomitizacija bila intenzivnija, nakon kalcitizacije dolomitnih kristala došlo je i do rekristalizacije kriptot i mikrokristalastog kalcita nastalog pri procesima kalcitizacije, što je uvjetovalo postanak »rekristaliziranih« vapnenaca. Naročito intenzivno dolomitizirani su stromatoliti valendisotriiva u području sela Kufci i Velenići. Intenzitet njihove dolomitizacije varira u širokim granicama sa svim međusobnim prelazima od čistog vapnenca do čistog dolomita. U ovom posljednjem slučaju dolomitizacija je potpuno uništila primarnu stromatolitnu strukturu i teksturu ovih vapnenaca (Tišljarić, 1977).

Stromatoliti su katkada zahvaćeni i rekristalizacijom (primjerice u području Barbarige, Brajkovića i Červara). Pojedini dijelovi stromatolita na taj su način pretvoreni u mikrokristalasti vapnenac u kome, kao relikte, nalazimo još neprekristalizirane dijelove stromatolita (tab. VIII, sl. 4). Prekristalizacija jednakim intenzitetom zahvaća kriptokristalaste »algalne« lamine, skelete zelenih algi i kalcitni cement. Jednim dijelom ona je svakako posljedica dedolomitizacije, ali isto tako, odnosno u većoj mjeri i direktna posljedica dijagenetskih procesa koji su se odvijali uz prisutnost otopina, a da prekristalizaciji nije prethodila dolomitizacija, a zatim i dedolomitizacija.

Stromatoliti valendisotriiva, ukoliko nisu dolomitizirani, vrlo su čiste kalcitne stijene. U netopivom ostatku, koji je u pravilu manji od 0,65%, sadrže ilit, klorit i montmorilonit. Stromatoliti barem-apta, na temelju rezultata kemijskih analiza, sadrže preračunato na  $\text{CaCO}_3$  98,19% kalcita. Netopivi ostatak im u pravilu ne prelazi 0,8%. Njegov mineralni sastav je slijedeći: bitni mineral je ilit, a manje zastupljeni su montmorilonit, hidrotinjac, getit i hematit.

#### GENEZA I DEPOZICIJSKE KARAKTERISTIKE ONKOLITNIH VAPNENACA

Postanak onkoida vezan je uz razvoj i životnu djelatnost modrozelenih algi, koje obavijaju pojedine karbonatne partikule ili formiraju nepravilne algalne lopte. Na tanku ljepljivu sluz, kojom su presvučeni nekarbonatni filamentni ovih algi, lijepi se fini karbonatni mulj i na taj se način

konzervira organska struktura, iako modrozeleni alge nemaju karbonatni skelet. Osnovni preduvjeti neophodni za postanak onkoida su:

1. povoljne ekološke prilike koje omogućuju razvoj modrozelenih algi (plitko toplo more sa sporom i vrlo sitnozrnatstvom karbonatnom sedimentacijom);
2. postojanje anorganskih ili organskih zrna ili agregata koji služe kao jezgre, odnosno supstrati za rast algi, i
3. permanentna pokretljivost tih agregata ili zrna u vrlo plitkoj vodi bez jače energije izazvane uglavnom izmjenom plime i oseke.

Neprestana pokretljivost neophodna je radi koncentričnog obavijanja ovih zrna algalnim filmom, na koji se hvata i lijepi karbonatni mulj i pojedine krhotine skeleta, a spora sedimentacija da ne dođe do zatrpavanja, a time i sprečavanja rasta algi. Kod intenzivnijeg kotrljanja u pokretljivijoj vodi abrazija bi spriječila rast modrozelenih algi i formiranje onkoida. Prema istraživanjima Logan & al. (1964), najidealnija pokretljivost vode za razvoj onkoida je ona pri izmjeni plime i oseke u plitkim, od valova zaklonjenim dijelovima mora ili u lagunama. Prema tome, onkoliti su izvanredno precizni indikatori sredine taloženja. Ta sredina je plitko, zatvoreno more u kome voda neprestano, zbog plime i oseke, leluja amo-tamo bez znatnije djelatnosti valova (»subtidal environments«).

Varijacije oblika onkoida posljedice su varijacija brzina pokretanja i brzina rasta modrozelenih algi, te intenziteta karbonatne sedimentacije. Mala frekvencija pokretanja rezultira formiranjem onkoida SS-I tipa (»inverted stacked hemispheroid« — Logan & al., 1964), koji se danas opažaju u dubljim mirnijim dijelovima plitkih mora. Do pokretanja i prevrtanja onkoida dolazilo je ovdje samo povremeno kod olujnih valova na otvorenom moru. Zbog duljeg mirovanja u istom položaju alge rastu samo na gornjoj polovici karbonatnih partikula, pa ovojnice stoga imaju polukrušan oblik, a onkoidi oblik polukugli. Dugotrajnijim mirovanjem, uz postupno spuštanje dna bazena, onkoidi ovog tipa prelaze u stromatolite SS-V tipa (»vertically stacked spheroids«).

Kako se ovaj tip onkoida u našim vapnencima pojavljuje samo pri obavijanju većih intraklasta, možemo smatrati da su oni posljedica slabe energije vode, koja ove velike intraklaste nije mogla permanentno prevrtati.

Onkoidi SS-C tipa (»concentrically stacked spheroids« — Logan & al., 1964) indikator su više ili manje kontinuiranog prevrtanja, što je dovelo do formiranja više ili manje koncentričnih ovojnica. Debljina pojedinih ovojnica direktno je ovisna o intervalima prevrtanja, intenzitetu rasta algi i brzini hvatanja i količini uhvaćenog sedimenta. Onkoidi ovog tipa ograničeni su samo na sublitoralno (»subtidal«) područje s kontinuiranim, blagim strujanjima. S obzirom da najveći broj onkoida u istarskim vapnencima portlanda i donje krede pripada ovom i tzv. »algal ball« tipu, ovakvi su uvjeti vjerojatno prevladavali u tim sredinama. Onkoidi SS-R tipa (»randomly stacked spheroids« — Logan &

al., 1964), koji nisu pronađeni u istarskim vapnencima, nastaju u plitkom moru s učestalim prevrtanjem i periodima dugotrajnog mirovanja taloga.

Onkoidi »algal ball« tipa nastali su u plitkim zatvorenim dijelovima šelfnih plićaka i u lagunama hvatanjem i ljepljenjem karbonatnog mulja na busenčice modrozelenih algi. Kod velikog broja ovih onkoida interna struktura uništena je prekrystalizacijom ili drugim dijagenetskim procesima, ali one sadrže inkrustirane ljušturice foraminifera, skelete algi, ostrakode ili gastropode i slabo očuvane filamente modrozelenih algi. Ovakva građa onkoida očigledan je dokaz njihovog marinskog postanka i potpuno isključuje mogućnost njihovog postanka u vadoznoj zoni, tj. da ti onkoidi pripadaju tzv. vadoznim pizolitima (»vadose pisolite« — D u n h a m, 1969).

Za razliku od oolita, koji traže snažno pokretljivu, plitku, Ca-karbonatom prezasićenu marinsku sredinu, a koji su anorganskog porijekla i vrlo ujednačenih dimenzija i oblika, onkoliti traže mirniju, blago pokretanu vodu sa sporom sedimentacijom karbonatnog mulja i bujnim rastom modrozelenih algi. Zbog toga su onkoliti gotovo uvijek uslojeni sa kalcilutitima, a rijetko ili nikada zajedno sa oolitima.

#### GENEZA STROMATOLITA I NJIHOVO ZNAČENJE ZA INTERPRETACIJU SREDINA TALOŽENJA

Proučavajući recentne sedimente na zapadnoj obali otoka Andros (Bahama), Black (1933) je dao prva tumačenja o njihovom postanku uočivši vezu između livada modrozelenih algi i hvatanja kalcilutitnog materijala na njihovu ljepljivu sluz. On je pronašao da više od 15 rodova modrozelenih algi sudjeluje u hvatanju karbonatnog sedimenta, čije dimenzije čestica ovise o jačini struja plime i oseke kao i valova za vrijeme oluja. Kasnija istraživanja recentnih stromatolita (Logan, 1961; Logan & al., 1964; Ginsburg, 1960; Monty, 1965, 1967; Gebelein, 1969; Davies, 1970) u potpunosti su uspjela objasniti uvjete u kojima oni nastaju, kao i ulogu modrozelenih algi u tom procesu. Recentni stromatoliti izgrađeni su iz organskih i anorganskih lamina koje se međusobno izmjenjuju. Organske lamine predstavljaju brojne rodove modrozelenih algi, u pojedinim slučajevima i preko 20 različitih rodova. Monty (1967) je npr. ustanovio da svi rodovi nisu jednako česti i ne javljaju se uvijek u svim sredinama. Na otoku Andros, u supralitoralnoj (»supratidal«) i gornjim dijelovima litoralne (»intra-tidal«) zone dominiraju rodovi *Schizotrix* i *Scytonema*. U litoralnoj (»intertidal«) zoni prevladava rod *Rivularia*, a u donjem, dubljem dijelu litoralne (»intertidal«) zone, koji je dulje vremena preplavljen vodom, najčešći rod je *Schizotrix*. U supralitoralnoj (»supratidal«) zoni prevladavaju kopolaste kolonije roda *Lyngbya*. Osim modrozelenih algi, u sastav organskih lamina ulaze još i ciste bičaća, zelene alge i bakterije.

Anorganske lamine sastavljene su od karbonatnog mulja, peleta i fragmenata skeleta koji su se priljepili na sluz ili uhvatili među vlakanca modrozelenih algi. Karbonatni materijal anorganskih lamina u recentnim

stromatolitima Bahame izgrađuje kalcit s 5—10 molarnih postotaka  $MgCO_3$ , dakle Mg-kalcit (Monty, 1967). Količina na taj način uhvaćenog i vezanog sedimenta vrlo je promjenljiva i direktno ovisna o režimu koji vlada u laguni. Pri istraživanjima sublitoralnih i litoralnih stromatolita na Bermudima, Gebelein (1969) je zapazio da tamo gdje je sedimentacija slaba, stromatoliti sadrže mnogo manje uhvaćenog sedimenta, i obratno. Ako pak struje plime i oseke nose materijal krupnijeg zrna, npr. karbonatni pijesak i krupnije ljušturice, vlakna i sluz modrozelenih algi nisu u stanju ovakav materijal vezati i zadržati na livadi. Na taj način na stromatolitima se vrši prirodna separacija materijala. Ukoliko je sedimentacija u laguni intenzivna, a donos sedimenta na algalnu livadu velik, tako da dolazi do njenog potpunog prekrivanja, alge trunu i razvoj stromatolita je spriječen. Osim toga, pri jačim strujanjima i u području s višom energijom vode osjetljive, mekane i slabo vezane lamine na algalnoj livadi potpuno se ili djelomično abradiraju, naročito na mjestima gdje struje nose sediment krupnijeg zrna.

Iako kod stromatolita prevladava materijal koji je uhvaćen i kasnije vezan na algalnu livadu zbog ljepljenja na sluz i proraštavanja vlakancima, neki istraživači su otkrili da u karbonatnim laminama dolazi i karbonat direktno izlučen iz otopine. U stromatolitima Shark Baya zapadne Australije, Logan (1961) je pronašao aragonitne iglice koje su poput vlaknatog cementa A direktno izlučene u porama stromatolita. Dok Logan taj aragonit smatra pravim anorganskim precipitatom, Monty (1967) drži da je do izlučivanja takvog aragonita došlo posredstvom fotosintetskih procesa modrozelenih algi, tj. da je fotosintetsko odstranjivanje  $CO_2$  iz morske vode iniciralo izlučivanje  $CaCO_3$ . Aragonit se je ovdje u vidu finog mikrita izlučio u šupljinicama razdobljenih fragmenta skeleta, koji su uhvaćeni na algalnu livadu.

Iako modrozeleni alge nemaju karbonatni skelet koji bi direktno učestvovao u stvaranju sedimenta, one igraju izvanredno važnu ulogu pri postanku plitkovodnih marinskih sedimenata. Osim što su hvatači mulja i na taj način direktni sudionici stvaranja stromatolita i onkolita, modrozeleni alge su najvažniji agensi biološke razgradnje i bušenja karbonatnog supstrata u morskoj vodi, što je neposredno vezano uz procese mikritizacije (Tišljari, u tisku). Livade modrozelenih algi stabiliziraju podlogu i na taj način sprečavaju eroziju još nekonsolidiranih taloga i tako utječu na brzinu akumulacije i separacije karbonatnog sedimenta. Procesi njihovog metabolizma i procesi truljenja, u gusto izmiješanoj smjesi njihovih vlakana i uhvaćenog sedimenta, predstavljaju važne faktore pri diagenetskim procesima, a naročito pri cementaciji.

Dok fotosintetski procesi bitno utječu na promjenu kemizma vode, što prije ili kasnije vodi do izlučivanja Ca-karbonata, dotle procesi truljenja algi osiguravaju brojna mikropodručja za cementaciju i odvijanje diagenetskih izmjena. I na koncu, livade modrozelenih algi predstavljaju neiscrpan izvor hrane životinjama čije ljušturice i fekalije direktno sudjeluju u formiranju sedimenata.

Morfologija, teksture i strukture stromatolita ovise od mnogobrojnih faktora među kojima kao najznačajnije možemo izdvojiti: izmjenu plime i oseke i njihove amplitude, dubinu vode, brzinu strujanja, količinu, vrstu

i dimenzije sedimenta donešenog na livadu, tip i vrstu supstrata na kom raste livada, salinitet vode, periodične cikluse s ekstremno visokim plimama, izmjene godišnjih doba, vrstu i broj rodova algi u livadi itd. Upravo baš na morfologiji i internim teksturama bazirana je klasifikacija stromatolita. Logan & al. (1964) su ustanovili, a to je mišljenje općenito prihvaćeno i potvrđeno novim istraživanjima (Davies 1970; Bathurst, 1971; Milliman, 1974; Fuchtbauer, 1974), da su LLH-stromatoliti vezani za litoralna i supralitoralna područja zaštićenih laguna i zaljeva u pozadini otočnih ili grebenskih barijera, naročito za tzv. plimske zaravni (»intertidal mud flats«), gdje je djelatnost valova vrlo slaba. Na supralitoralnom području, algalne livade, a time i formiranje stromatolita, ovise od ekstremno visokih plima i vlaženja za vrijeme visokih valova.

SH-stromatoliti (Logan & al., 1964) ograničeni su na sublitoralna područja s aridnom klimom, koja su barijerama i pragovima zaštićena od razornog djelovanja valova, a fluktuacije nivoa mora pri izmjeni plime i oseke su vrlo visoke. Ovaj tip stromatolita poznat je još i pod imenom »*Cryptozoon*«-tip.

Svi stromatoliti istraživanog područja Istre pripadaju LLH-tipu, odnosno tzv. »*Collonia*«-tipu, dakle ograničeni su na litoralne i supralitoralne zone laguna i plicaka, tj. na područja koja su se nalazila u zoni izmjene plime i oseke, odnosno iznad linije srednjeg nivoa plime, a koja su morskom vodom bila vlažena i prekrivana sedimentima za vrijeme ekstremno visokih plima i/ili olujnih valova u otvorenim dijelovima mora.

Postanak LLH-stromatolita uvjetovan je velikom lateralnom ekspanzijom livada modrozelenih algi, koju je omogućio vrlo blagi nagib obale i relativno visoka amplituda plime i oseke. Do izmjene organskih lamina s laminama izgrađenim iz karbonatnog mulja, peleta ili fragmenata skeleta i ljušturica, došlo je zbog izmjena razdoblja s bujnim i polaganim rastom algi, te zbog periodičnih donošenja karbonatnog sedimenta na algalnu livadu. Ovakve periodične izmjene mogu biti izazvane izmjenama plime i oseke, izmjenama dana i noći, izmjenama godišnjih doba, promjenama saliniteta itd.

Prema Gebeleinu & Hoffmannu (1968), preplavlivanje algalnih livada u litoralnoj zoni za vrijeme plime i njihovo sušenje za vrijeme oseke dovode do ritmičnih izmjena organskih i anorganskih lamina. Tokom plime, dakle pri preplavlivanju, na livadu se taloži sediment koji iz lagune donosi plima, a za vrijeme oseke, kada sedimentacije nema, na mokrom tlu omogućen je bujan rast modrozelenih algi. Najveći vertikalni rast algi, prema istraživanjima Gebeleina (1969), odvija se tokom dana pod djelovanjem sunčanog svjetla. U noći rast je polaganiji i ide uglavnom u horizontalnom smjeru. Obično je tada u pitanju i drugi rod algi. Ovakvim horizontalnim rastom vlakancu uhvaćeni sediment potpuno se ugrađuje u livadu i na taj način u njoj učvršćuje. Isti autor je nadalje proračunao da pri takvom dnevnom priraštaju, ukoliko je kontinuiran, nakon dva-tri mjeseca nastaje sloj stromatolita debljine 2—3 cm. Sigurno je, međutim da dnevni, mjesečni i godišnji priraštaji nisu kontinuirani, već da ovise od promjena saliniteta, godiš-



njih doba, temperature, vremenskih prilika i sl. Monty (1965) je npr. ustanovio da sublitoralni stromatoliti Bahame nastaju samo u kasno ljeto, jer modrozelenne alge uglavnom rastu samo u to doba.

Livade drugih rodova modrozelenih algi, kao i livade koje rastu u drugim geografskim i klimatskim područjima, s drugačijim temperatura- ma, salinitetom i podlogom sigurno imaju i drugačiji priraštaj i intenzitet formiranja stromatolita.

LLH-stromatoliti s tipičnim bočno povezanim polukuglastim ispupčenjima (tab. V, sl. 2 i tab. VII, sl. 1) nastaju u litoralnom i supralitoralnom području pri kontinuiranom horizontalnom rasprostranjenju livade. Njihova ispupčenja uzrokovana su slijedećim faktorima:

- postojanjem neravnina na tlu na kom raste livada, kao što su pukotine isušivanja, morfologija tla uzrokovana različitim intenzitetom trošenja i erozije, taloženjem pojedinih većih valutica i fragmenata naplavljenih na livadu pri uzburkanom moru i sl.;
- nejednolikim intenzitetom erozije livade;
- pucanjem i kovrčanjem livade u sušnim razdobljima;
- različitom brzinom rasta algi na ispupčenjima i udubljenjima: dok je na ispupčenjima, koja su konstantno vlažna, rast alge vrlo intenzivan, dotle je njihov rast u depresijama u kojima se neprekidno zadržava voda usporen; ili do usporenog rasta u udubljenjima dolazi zbog debljih naslaga sedimenta istaloženog tokom plime;
- različitim dimenzijama zrna na livadu istaloženih sedimenata;
- nejednolikim omjerom donosa i odnosa materijala pri izmjeni plime i oseke;
- rastom različitih rodova algi na malim površinama, i
- vrstom i tipom supstrata (algalne livade ne mogu rasti na dobro sortiranim nevezanim pijescima i oolitima, koji su neprestano pokretani plimom i osekom).

U supralitoralnom i litoralnom području stromatoliti se relativno lako mogu fosilno sačuvati, jer njihova litifikacija nastupa vrlo brzo zbog dehidracije i brze cementacije izazvane isparavanjem morske vode u porama taloga, te slabe erozije i relativno polaganog prekrivanja novim sedimentima. Razumljivo je, da u fosilnim stromatolitima algalne lamine nisu očuvane. Pri truljenju one su sukcesivno zamjenjivane cementom, te je to ujedno, između ostalog, i razlog zašto stromatoliti sadrže tako velike količine cementa. Pojedina vlakanca mogu ipak biti očuvana u slučaju kad je na njihovim površinama bio uhvaćen tanki film karbonatnog mulja (»mud envelope« — Friedman, 1964), koji nakon truljenja vlakna i dalje markira njegove konture.

#### ZAKLJUČAK

U gornjojurskom i donjokrednom karbonatnom kompleksu Istre onkolitni i stromatolitni vapnenci zauzimaju važno mjesto, kako po količini u ukupnoj petrografskoj građi tako i po značenju pri rekonstrukciji sredina i uvjeta taloženja tog kompleksa. Njihova strukturna i teksturna

obilježja, način pojavljivanja i rasprostranjenost, kao i karakteristike i veza sa ostalim karbonatnim stijenama s kojima su interstratificirani, ukazuju nam da je prostrani karbonatni prag, koji je tokom mezozoika egzistirao u području današnje Istre, a i u cijelom pojasu Vanjskih Dinarida, u razdoblju portland—apt imao obilježje grebenskih plicaka i laguna. Zbog slabo izražene morfologije karbonatne platforme i njenog blagog nagiba, te relativno visokih amplituda plime i oseke, formirale su se prostrane plimatske zaravni (»tidal flats«), sublitoralni (»subtidal«) plicaci i lagune, u kojima se uz sudjelovanje modrozelenih algi, zelenih algi, foraminifera, gastropoda i krustaceja (koprolita) odvija opetovana sedimentacija onkolita, LLH-stromatolita, peletnih, intraklastičnih i kalculititnih vapnenaca, te ranodijagenetskih supralitoralnih (»supratidal«) dolomita (Tišljara, u tisku). Da su ovakve plimatske zaravni (»tidal flats«) i litoralne (»intertidal«) zone zauzimale velike površine, dokazuje nam kontinuitet stromatolita i onkolita duž cijele zapadnoistarske anti-klinale. Iako se, zbog povremene valovitosti i blagog nagiba slojeva na njenim krilima, pojedini horizonti stromatolita i onkolita pojavljuju na velikim prostranstvima, ipak nije bilo moguće ustanoviti kolike su površine zauzimale plimatske zaravni (»tidal flats«) i litoralna (»intertidal«) područja, odnosno kakve su širine i površine bile zahvaćene izmjenjenom i utjecajem plime i oseke. Jasnija slika dobila bi se sistematskim istražnim i strukturnim bušotinama.

Uzroke formiranja ovakvih izrazito plitkomorskih sredina na karbonatnom pragu tokom portlanda, valendis-otriva i barem-apta moramo potražiti, osim u intenzitetu pozitivnih i negativnih tektonskih pokreta, i u utjecaju velike regresije svjetskih mora, koja je, prema Roni (1973), i na ovom području svoj maksimum dosegla sredinom valendis-otriva.

S druge pak strane, velika transgresija svjetskih mora tokom alba uzrokovala je i u Istri stanovito produbljavanje i proširivanje bazena, tako da tipični litoralni (»tidal flat«, »intertidal«) i lagunarni talozi, tj. onkolitni, stromatolitni i peletni vapnenci, ovdje nedostaju, a dominiraju kalkareniti i intraspariti (Tišljara, u tisku).

Primljeno 22. 3. 1977.

#### LITERATURA

- Bathurst, R. G. C. (1971): *Carbonate sediments and their diagenesis*. — Develop. in Sedimentology, 12, 620 str, Elsevier, Amsterdam.
- Bissell, H. J. & Chilingar, G. V. (1967): Classification of sedimentary carbonate rocks. — *Develop. in Sedimentology*, 9A, 87—168, Elsevier, Amsterdam.
- Davies, G. R. (1970): Algal laminated sediments, Gladstone embayment, Shark Bay, Western Australia. — *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, 13, 169—205.
- Dunham, R. J. (1969): Vadose pisolite in the Captain Reef (Permian), New Mexico and Texas. — In: *Depositional Environments in Carbonate rocks*. S. E. P. M. Mem., 14, 182—191.
- Fabricius, F. H. (1961): Die Strukturen des »Rogenpyrits« als Beitrag zum Problem der »vererzten Bakterien«. — *Geol. Rdsch.*, 51, 647—657.

- Fabricius, F. H. (1966): *Beckensedimentation und Riffbildung an der Wende Trias/Jura in bayerischen und tiroler Kalkalpen*. — *Int. Sediment. Petrogr. Ser.*, Brill, Leiden, 143 str.
- Flügel, E. & Kirchmayer, M. (1962): Zur Terminologie der Ooide, Onkoide und Pseudoooide. — *N. Jb. Geol. Pal., Mh.*, 113—123.
- Friedman, G. M. (1964): Early diagenesis and lithification in carbonate sediments. — *J. Sediment. Petrol.*, 34, 777—813.
- Füchtbauer, H. (1974): *Sediments and Sedimentary rocks 1. — Sedimentary Petrology*. Part II, Schweizerbart. Verlagsb., Stuttgart, 463 str.
- Füchtbauer, H. & Müller, G. (1970): *Sedimente und Sedimentgesteine. — Sedimentpetrologie*, Teil II, Schweizerbart. Verlagsb., Stuttgart, 726 str.
- Füchtbauer, H. & Tišljari, J. (1975): Peritidal cycles in the lower Cretaceous of Istria (Yugoslavia). — *Sedimentary Geology*, 14, 219—233.
- Gebelein, C. D. (1969): Distribution, morphology and accretion rate of recent subtidal algal stromatolites, Bermuda. — *J. Sediment. Petrol.*, 39, 49—69.
- Gebelein, C. D. & Hoffmann, P. (1968): Intertidal stromatolites and associated facies from Lake Ingraham, Cape Sable, Florida. — *Ann. Meeting. Geol. Soc. Am.*, 109 str.
- Ginsburg, R. N. (1960): Ancient analogues of recent stromatolites. — *Rept. 21st Inter. Geol. Congr. Copenhagen, Part 22*, 26—35.
- Horowitz, A. S. & Potter, P. E. (1971): *Introductory Petrography of Fossils*. — 302 str., Springer-Verlag, Berlin—Heidelberg—New York.
- Logan, B. (1961): Cryptozoon and associate stromatolites from the Recent Shary Bay, Western Australia. — *J. Geol.*, 69, 517—533.
- Logan, B., Rezak, R. & Ginsburg, R. N. (1964): Classification and environmental significance of algal stromatolites. — *J. Geol.*, 72, 68—83.
- McKee, E. D. & Gutschick, R. C. (1969): History of Radwall limestone of northern Arizona. — *Geol. Soc. Am. Mem.*, 114, 726 str.
- Milliman, J. D. (1974): *Marine Carbonates*. — Springer-Verlag, Berlin—Heidelberg—New York, 375 str.
- Monty, C. (1965): Recent algal stromatolites in the windward lagoon, Andros Island, Bahamas. — *Ann. Soc. Geol. Belg., Bull.*, 80, 259—276.
- Monty, C. (1967): Distribution and structure of Recent stromatolitic algal mats, Eastern Andros Island, Bahamas. — *Ann. Soc. Geol. Belg., Bull.*, 90, 55—100.
- Pettijohn, F. J. & Potter, P. E. (1964): *Atlas and Glossary of primary sedimentary structures*. — Springer-Verlag, New York, 370 str.
- Polšak, A. (1970): *Tumač O GK SFRJ za list Pula 1:100.000*, Savezni geol. zavod, Beograd, 44 str.
- Radoičić, R. (1959): Nekoliko problematičnih mikrofosila iz dinarske krede. — *Ves. Zav. geol. istr. NR Srbije*, 17, 87—92.
- Rona, P. A. (1973): Relations between rates of sediment accumulation on continental shelves, sea-floor spreading and eustacy inferred from the Central North Atlantic. — *Geol. Soc. Am. Bull.*, 84, 2851—2872.
- Shinn, E. A. (1968): Practical significance of birdseye structures in carbonate rocks. — *J. Sediment. Petrol.*, 38, 215—223.
- Tišljari, J. (1976): Lagunarni, podplimatski, međuplimatski i nadplimatski karbonatni sedimenti valendis-otriva zapadne Istre. — *Ref. II Skupa sedimentologa SFRJ, Beograd*, 115—124.
- Tišljari, J. (1977): Ranodijagenetska i kasnodijagenetska dolomitizacija i dedolomitizacija u krednim karbonatnim sedimentima zapadne i južne Istre. — *Geol. vjesnik*, 29, 287—321, Zagreb.
- Tišljari, J. (u tisku): Tidal flat and shallow marine carbonate sediments in the Upper Jurassic and Cretaceous of Istria (Yugoslavia). — *Acta Geologica*.

## Oncolites and stromatolites in the Lower Cretaceous carbonate sediments of Istria (Croatia, Yugoslavia)

J. Tišljär

The oncolitic and stromatolitic limestones in the Upper Jurassic and Lower Cretaceous carbonate complex in Istria appear frequently in the whole sequence. They take an important role in the reconstruction of the sedimentary environment and depositional conditions. Their textural and structural features, manner and extension of appearance, as well as their connection with other stratified carbonate rocks, point out a vast carbonate platform existing in the course of Mesozoic in the region of nowadays Istria. Besides, the whole Outer Dinaric belt was under a shallow sea with a back reef and lagoonal realm in the Portlandian-Aptian time. Because of a very unexpressed morphology of the carbonate platform, and its gentle slope, in addition to relatively high amplitudes of high and low tides, vast tidal flats, subtidal shallows and lagoons were formed. By means of blue-green algae, foraminifers, gastropods, crustacean coprolites, etc., sedimentation of oncolites, LLH-stromatolites, fecal-pelletic, intraclastic and calcilitic limestones was occurring repeatedly (Tišljär, in press). The tidal flats and intertidal realms were spread on a vast area, judging accordingly to the extensive continuity of stromatolites and oncolites along the whole western Istriian anticline. In addition to the intensity of positive and negative tectonical movements, the cause of forming such a typical shallow marine environment on the carbonate platform (Bank) in the Portlandian, Valangian-Hauterivian and Barremian-Aptian periods, we may find in an influence of the worldwide regression, which, according to Rona (1973), reached its maximum in the Middle Hauterivian period. On the other hand, the great worldwide transgression in the course of Albian caused deepening and widening of the basin. Oncolitic, stromatolitic and fecal-pelletic limestones, considered to be tidal flat, intertidal and lagoonal deposits are absent, while calcarenites and intrasparites, in turn, dominate (Tišljär, in press).

*Manuscript received 22 March 1977.*

### TABLA — PLATE I

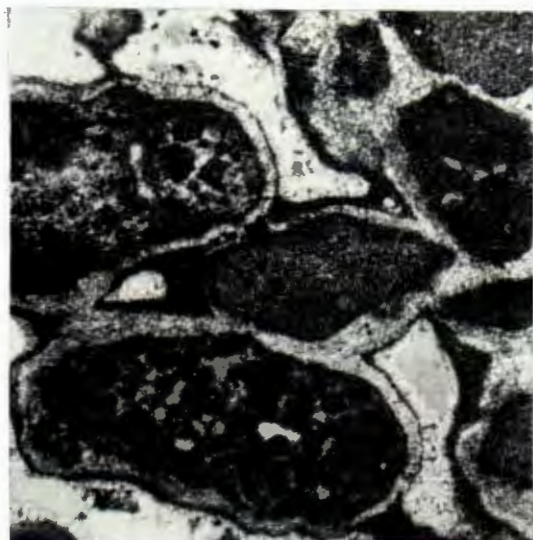
- 1 Kontakt calcilitita i onkolita. Neravna površina calcilititnog sloja, često sa pukotinama isušivanja, posljedica je prekida sedimentacije calcilitita zbog kratkotrajne emerzije; Portland. Nalazište: Kamenolom »Kirmenjak«, polirana ploča, 1/6.  
A contact of calcilitite and oncolite; rugged calcilititic surface, often with dessication cracks due to sedimentary interruption in the course of short lasting emersions; Portlandian. Location: Quarry »Kirmenjak«, 1/6.
- 2 Cement A i B u intergranularnim porama onkoidno-intraklastičnog vapnenca; Portland. Nalazište: zasjek ceste Poreč—Novigrad kod Poreča; nikoli +, 132x. Interstitial pores in oncoidic-intraclastic limestones filled out by cement A and B; Portlandian. Location: Roadcut near Poreč; Nicols +, 132x.
- 3 Onkoidno-intraklastični vapnenac. Intraklasti sa onkoidnim ovojnica i onkoidi cementirani cementom A i B; Portland. Nalazište: stari kamenolom kod Funtane; nikoli +, 33x.  
Oncoids and intraclasts (encrusted and engulfed by oncoid envelopes) in oncoidic-intraclastic limestones cemented by cement A and B; Portlandian. Location: Old quarry at the Funtana village; Nicols +, 33x.
- 4 Onkoid »algal ball« tipa; Portland. Nalazište: Kamenolom »Kirmenjak«; Nikoli +, 51x.  
Algal ball oncoids; Portlandian. Location: Quarry »Kirmenjak«; Nicols +, 51x.



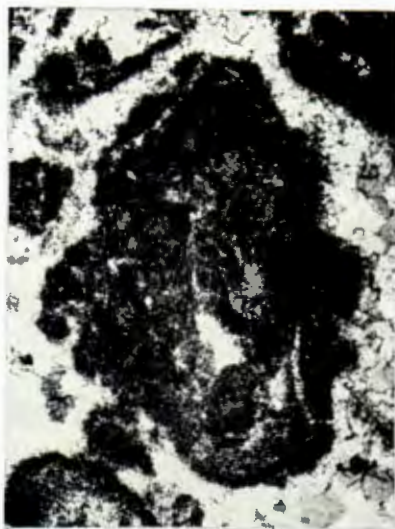
1



2



3



4

TABLA — PLATE II

1 Onkolit. Onkoidi »algal ball« tipa cementirani makrokristalastim kalcitnim cementom B i ranodijagenetskim fibroznim cementom A; Portland. Nalazište: Usjek ceste Poreč—Novigrad kod Poreča; Nikoli +, 33x.

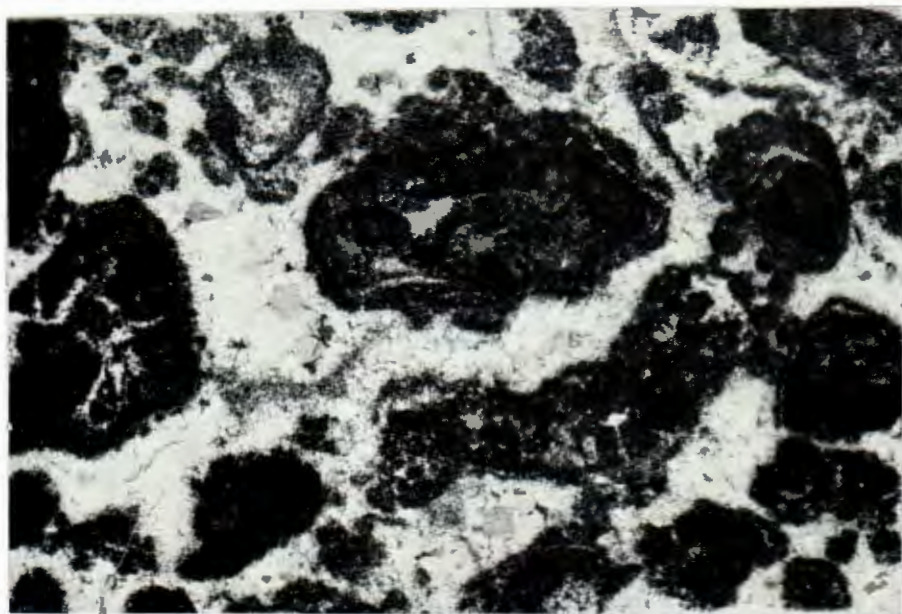
Oncolite. Algal ball oncoids cemented by macrocrystalline calcite cement B and fibrous early diagenetic cement A; Portlandian. Location: Roadcut near Poreč; Nicols +, 33x.

2 Onkolit izgrađen od onkoida »algal ball« tipa i intraklasta. Cement B a po rubovima partikula i vlaknati cement A; Valendis-Otriv. Nalazište: Limski kanal, kod sela Šošići; Nikoli +, 33x.

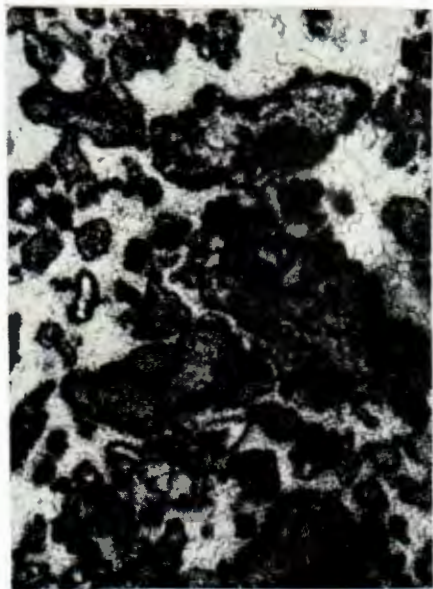
Oncolite with algal ball oncoids and intraclasts. Cement B and A. Valanginian-Hauterivian. Location: Lim channel near Šošići village; Nicols +, 33x.

3 »Algal ball« onkoid sa slabo očuvanim tragovima filamenata modrozelenih algi; Valendis-Otriv. Nalazište: Limski kanal kod sela Šošići; Nikoli +, 74x.

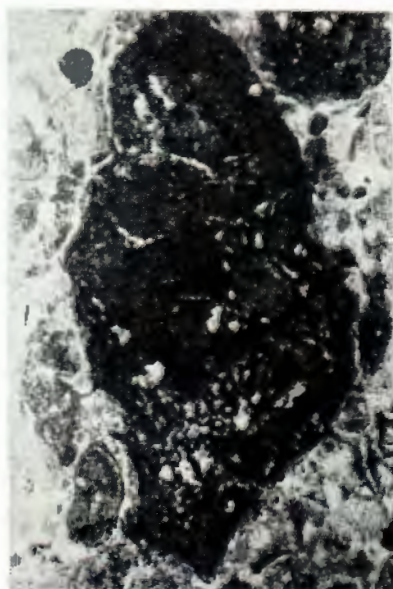
Algal ball with poorly preserved blue-green algal filaments; Valangian-Hauterivian. Location: Lim channel near Šošići village; Nicols +, 74x.



1



2



3

TABLA — PLATE III

- 1 Onkolitni ritam (mali ritam): mnoštvo onkoida u kalcilutimon matriksu (gornja polovica slike) u izmjeni s onkoidnim slojevima (donja polovica slike); Baram-Apt. Nalazište: kamenolom »Kanfanar«; 1/18.

Oncolitic rhythms (small rhythm), numerous oncoids in calcilutitic matrix (the top of picture) in alternation with oncolitic layers (the bottom of the picture). Barremian-Aptian. Location: Quarry »Kanfanar«, 1/18.

- 2 Nepravilno oblikovani onkoidi sa inkrustiranim gastropodima i fragmentima foraminifera uloženi u kalcilutitni matriks; Baram-Apt. Nalazište: Kamenolom »Kanfanar«, naravna veličina.

Oncolitic limestone. Irregularly shaped oncoids with incrustated gastropods and foraminiferas in calcilutici matrix; Barremian-Aptian. Location: Quarry »Kanfanar«, natural size.





1



2

TABLA — PLATE IV

- 1 Onkolitni vapnenac. Onkoidi izgrađeni iz više manjih onkoida i uhvaćenih foraminifera. Gore: mikritizirane foraminifere; Barem-Apt. Nalazište: Kamenolom »Selina«, bez analizatora, 12x.

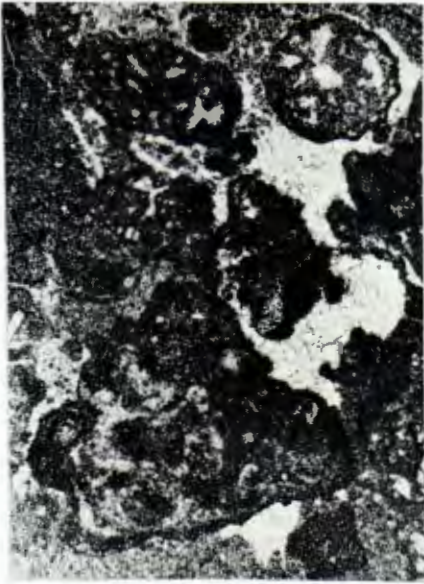
Oncolite. Oncoid built up of several smaller oncoids and incrustated foraminifers; Barremian-Aptian. Location: Quarry »Selina«, plane polarised light, 12x.

- 2 Dio zelene alge *Bacinella irregularis* Radoičić s kriptokristalastim obrubom priljepljenog karbonatnog mulja (tamno); Barem-Apt. Nalazište: Kamenolom »Lakovići«, bez analizatora, 12x.

Part of the green alga *Bacinella irregularis* Radoičić with cryptocrystalline envelop (dark); Barremian-Aptian. Location: Quarry »Lakovići«; plane polarised light, 12x.

- 3 Poprečni presjek kroz LLH-stromatolit. Izmjena kriptokristalastih lamina (tamno) i lamina izgrađenih od intraklasta i peleta bogatih mikrokristalastim cementom B; Valendis-Otriv. Nalazište: Valtida (istočno od Rovinja), bez analizatora, 12x.

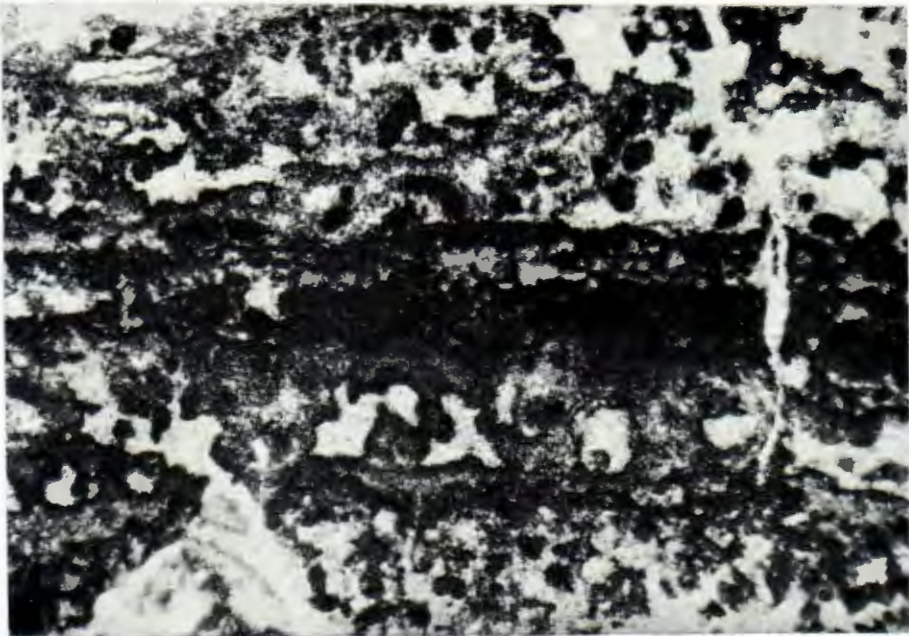
Perpendicular intersection of an LLH-stromatolit. Alternation of cryptocrystalline laminae (dark) and laminae composed of intraclasts, pellets, fossils and abundant microcrystalline cement; Valanginian-Hauterivian. Location: Valtida near Rovinj, plane polarised light, 12x.



1



2



3

TABLA — PLATE V

1 Izdanak LLH-stromatolita; Baram-Apt. Nalazište: usjek ceste Poreč—Novigrad, ca 2—3 km južnije od sela Tar, 1/5.

Outcrop of LLH-stromatolite; Barremian-Aptian. Location: Roadcut near Tar village (road Poreč—Novigrad), 1/5.

2 Gornja slojna površina LLH-stromatolita sa »kvgavim« i »brečolikim« bočno povezanim polukuglama (»laterally linked hemispheroids«); Baram-Apt. Nalazište: Obala na rtu Šilok, sjeverno od Poreča, 1/6.

Upper layer surface of LLH-stromatolite with »knotty« and »breccialike« laterally linked hemispheroids; Barremian-Aptian. Location: Sea-shore on the Cape Šilok northern from Poreč, 1/6.



1



2

TABLA — PLATE VI

- 1 Poprečni presjek kroz LLH-stromatolit. Izmjena blago povijenih kriptokristalastih (tamno) i mikrokristalastih lamina (svijetlo). Amplitude valova uvjetovane su oblicima i dimenzijama »hemisferoida«; Barem-Apt. Nalazište: kamenolom »Brajkovići«, 1/2.

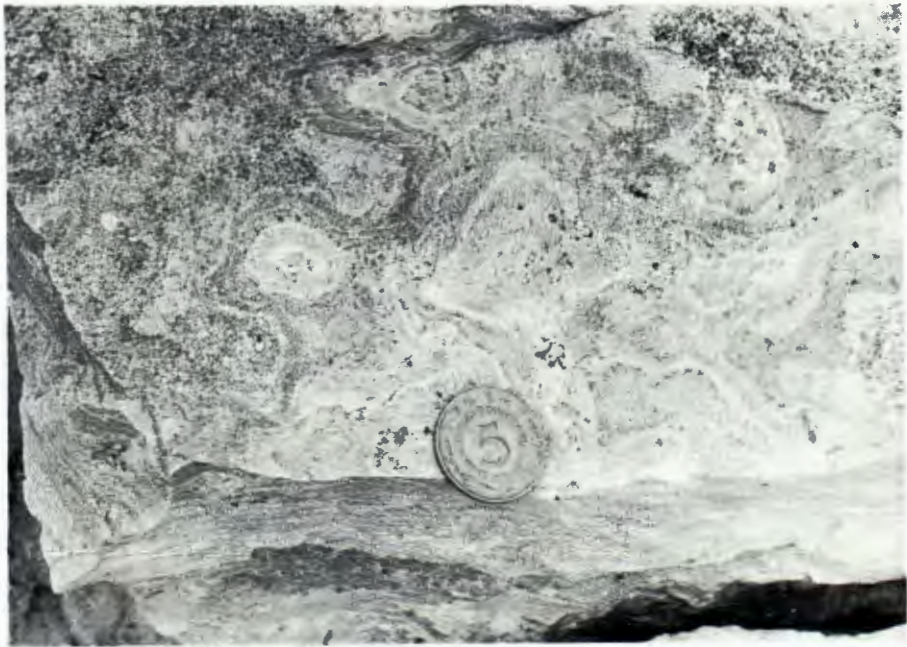
A perpendicular intersection of Stromatolites. Alternation of slightly bended cryptocrystalline laminae (dark) and macrocrystalline laminae (light). The wave amplitudes depend on shape, size and distribution of hemispheroids; Barremian-Aptian. Location: Quarry »Brajkovići«, 1/2.

- 2 Subhorizontalni presjek kroz LLH-stromatolit. Nepravilno-koncentrična građa pojedinih »hemisferoida«; Barem-Apt. Nalazište: kamenolom »Brajkovići«, 1/1,7.

Nearly horizontal intersection of an LLH-stromatolite. Irregularly concentric forms of some hemispheroids; Barremian-Aptian. Location: Quarry »Brajkovići«, 1/1,7.



1



2

TABLA — PLATE VII

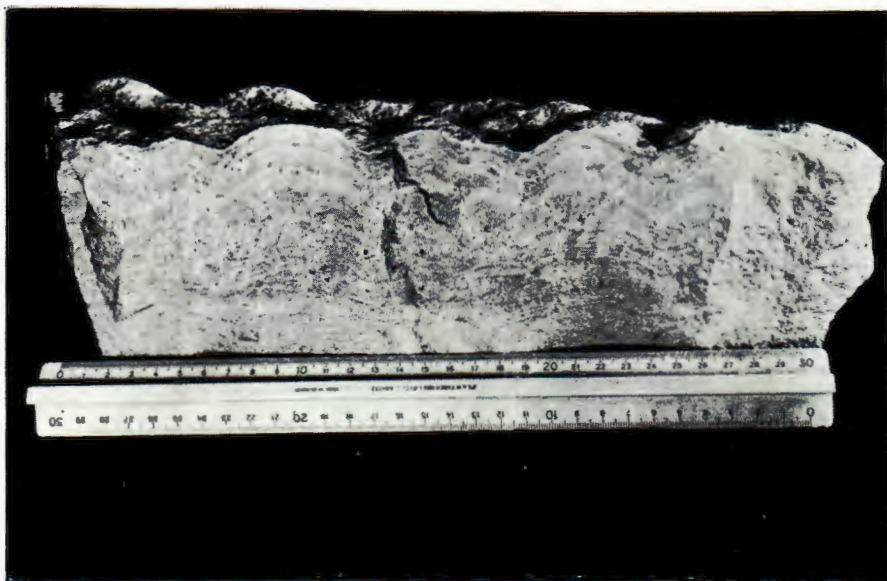
- 1 LLH-stromatolit s međusobno bočno povezanim poluloptastim ispuččenjima na gornjoj slojnoj površini; Baram-Apt. Nalazište: kamenolom »Brajkovići«, 1/2.

LLH-stromatolite with characteristic laterally linked hemispheroids on the upper layer surface; Barremian-Aptian. Location: Quarry »Brajkovići«, 1/2.

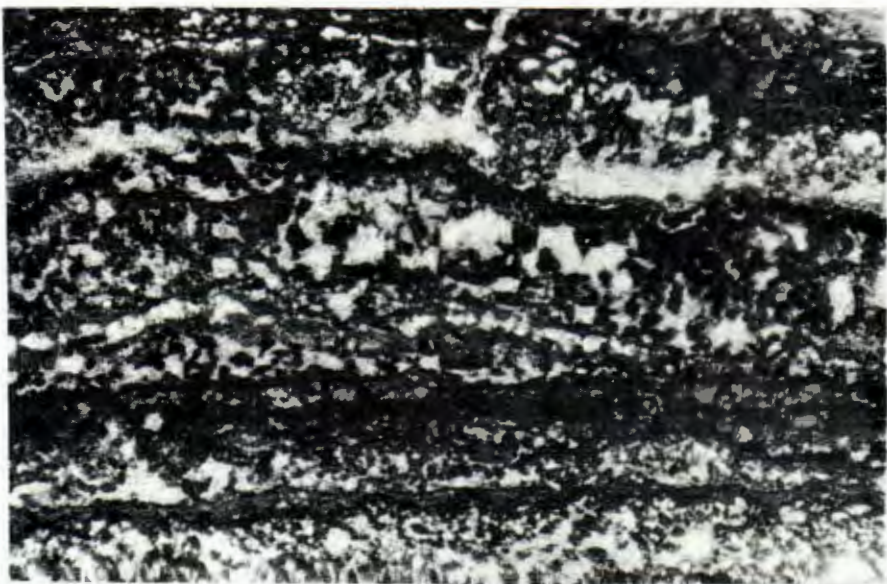
- 2 Poprečni presjek kroz LLH-stromatolit. Izmjena kriptokristalastih lamina (tamno) i proslojaka izgrađenih od intraklasta, peleta, skeleta zelenih algi i gastropoda i mnoštva mikrokristalastog kalcitnog cementa; Baram-Apt. Nalazište: zasjek ceste u Limskom kanalu kod sela Šošići, bez analizatora, 12x.

Perpendicular section of an LLH-stromatolite. The dark cryptocrystalline laminae formed by trapping and binding of carbonate muds on filaments and blue-green algal mucilage, and the light laminae and intercalations formed by deposition of pellets, intraclasts, green algal skeletons and gastropods on algal mats within intertidal environments; Barremian-Aptian. Location: Roadcut in the Lim channel near Šošići village, plane polarized light, 12x.





1



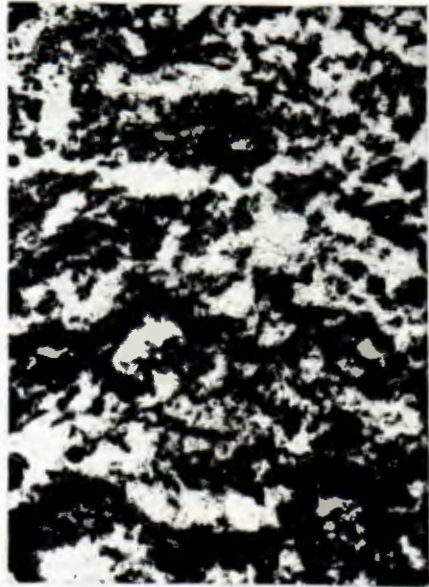
2

TABLA — PLATE VIII

- 1 Poprečni presjek kroz »hemisferoid« LLH-stromatolita; Barem-Apt. Nalazište: Zasjek ceste u Limskom kanalu kod sela Šošići, bez analizatora, 8x.  
Perpendicular section of hemispheroid LLH-stromatolite; Barremian-Apt. Location: Roadcut in the Lim fiord near Šošići village, plane polarized light, 8x.
- 2 Paralelni presjek kroz LLH-stromatolit; Barem-Apt. Nalazište: Kamenolom »Brajkovići«, bez analizatora, 33x.  
Parallel section of an LLH-stromatolite; Barremian-Aptian. Location: Quarry »Brajkovići«, plane polarized light, 33x.
- 3 Proslojak u stromatolitu bogat skeletima zelenih algi i fragmentima kućica gastropoda sa mikritnim ovojnicama; Barem-Apt. Nalazište: Zasjek ceste kod sela Brajkovići, bez analizatora, pov. 33x.  
Interlayer rich in green algal skeletons and gastropods fragments with micrite envelopes inside stromatolite; Barremian-Aptian. Location: Roadcut near Brajkovići village, plane polarized light, 33x.
- 4 Rekristalizacija stromatolita; Barem-Apt. Nalazište: Rt Barbariga južno od Rovinja, bez analizatora, 33x.  
Recrystallization of stromatolite; Barremian-Aptian: Location: Cape Barbariga southward from Rovinj, plane polarized light, 33x.



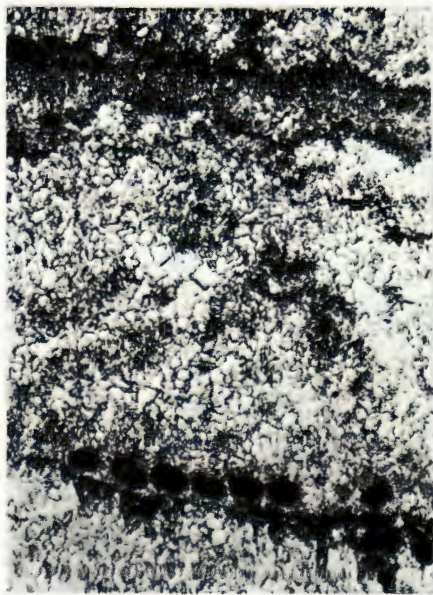
1



2



3



4