

## Badenijski rodolit na Kozjanskem

### Badenian rhodolith in Kozjansko (E Slovenia)

*Bogoljub Aničič & Bojan Ogorelec*

Geološki zavod Ljubljana

Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko

Dimičeva 14, 1109 Ljubljana, Slovenija

#### Kratka vsebina

Rhodolitne plasti so bazalna transgresijska tvorba več sto metrov debelega badenijskega zaporedja in so posebnost Kozjanskega. Posamezni rodoidi imajo večidel sferično obliko in merijo v premeru do 15 cm. Grade jih litotamnijske koralinacejske alge s skorjasto in vejasto strukturo in pogosto preraščajo briozoje. Jedra rodoidov so večkrat tudi prodniki paleozojskih klastitov (kremen, filiti), triasnih karbonatov in oligocenskega tufa. Ponekod prehaja rodolit v rodolitni konglomerat. Posamezni manjši rodoidi se javljajo tudi v litotamnijskem apnencu (biokalkarenitu). Rodoliti so nastajali v priobrežnih delih terciarnega bazena Kozjanskega, v okolju z visoko energijo.

#### Abstract

Rhodolith beds are the basal transgressive unit of the several hundred metres thick Badenian succession, and are a peculiarity of the Kozjansko area. Rhodoids are mainly spherical having up to 15 cm in diameter. They are built of *Lithothamnium* corallinean algae with crusty and branching texture, frequently intergrown with bryozoans. The rhodoid nuclei commonly consist of pebbles of Palaeozoic clastic rocks (quartz, phyllites), Triassic carbonates and Oligocene tuffs. The rhodolith occasionally passes into a rhodolithic conglomerate. Sparsely rhodoids of somewhat smaller dimensions also occur in lithothamnium limestone (biocalcarenite). Rhodolith was formed in nearshore, well agitated areas of the Tertiary Kozjansko basin.

#### Uvod

Srednjemiocenski, badenijski apnenci, v geološki literaturi znani kot litotamnijski apnenci, dajejo pokrajini na Kozjanskem poseben pečat. Ker so mehansko odpornejši od laporjev, peščenjakov in meljevcev, grade večji del grebenov in hrbtov, ki se vlečejo od Savinjo in Sotlo v smeri vzhod-zahod. Litološko in paleontološko so zanimivi zaradi bogate fosilne flore in favne, med katero prevladujejo rdeče koralinacejske alge in briozoji.

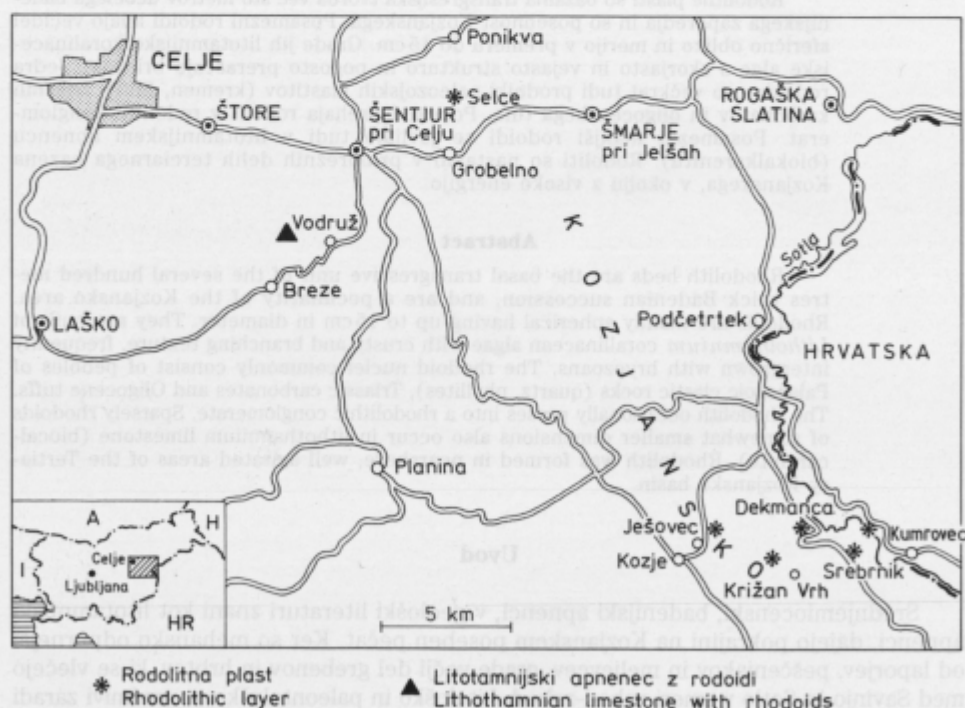
V pestro razviti skladovnici badenijskih plasti lahko na Kozjanskem ločimo več razvojev. Najpogostnejši je debeloplastnat do masiven aljno-briozojski litotamnijski

apnenec z različno zrnastostjo in deležem organskih skeletov. Apnenec pogosto vsebuje večjo ali manjšo količino detritičnih zrn, predvsem kremenca, tako da lahko prehaja od drobnozrnatega biokalkarenita v debelozrnat biokalcirud («organodetrital algal facies»). Sedimentološka in litološka posebnost badenijskih plasti pa so lokalni pojavi rodolita, ki je tudi predmet te razprave.

Najlepše primere rodolita smo našli v okviru nadrobni raziskav za geološko karto 1:50000 pri zaselku Selce v bližini Grobelnega, v vasi Ješovec pri Kozjem, posamezne skupine rodolitov pa tudi na več mestih na Križan Vrhu, ob cesti Križan Vrh-Trebeži-Lastnič, pri Dekmanci, na več krajih pri vasi Srebrnik, ob Sotli in drugod. Lokacije teh pojavov so podane na sliki 1.

Rodolit se pojavlja kot nekaj metrov debela bazalna plast bedenijskega zaporedja, nad katero so odloženi laporji, peščeni laporji ali laporni apnenci v debelini več deset metrov. Navadno se rodolitna plast lateralno izklinja in prehaja v litotamnijski biokalkarenit in biokalcirudit s kremenovimi prodniki (drobnozrnat apnenčevo-kremenov konglomerat z litotamnijami). Na nekaterih krajih (npr. pri Vodružu, južno od Šentjurja pri Celju) pa leže badenijski litotamnijski peščenjaki s številnimi kopučami rodoidov transgresijsko na zgornjetriasnih apnencih in dolomitih (Tab. 8).

Pojave litotamnijskih gomoljev in konglomeratov na Kozjanskem omenjajo že Dreger (1907, 1920), kasneje pa Buser (1978, 1979) ter Aničič in Juriša (1985a, b) v okviru geoloških kart 1:100000 in tolmačev listov Celje in Rogatec. Novejše poda-



Sl. 1. Pojavi badenijskih rodolitov na Kozjanskem

Fig. 1. Occurrence of Badenian rhodoliths in the Kozjansko area

tke o pojavu rodolitov v neposredni bližini Kozjanskega, pri Kumrovcu na Hrvaškem, najdemo pri Avaniću in sodelavcih (1988), ki jih opisujejo kot gomoljaste tvorbe v lapornatem apnencu zgornjebadenijske starosti. Litotamnijski gomolji so znani tudi iz Zasavskega terciarnega bazena (Munda, 1953; Kuščer, 1967; Placer, osebna komunikacija), kot svojevrstna sedimentološka posebnost miocenskega zaporedja pa nastopajo tudi v Dunajskem bazenu (Dullo, 1983), v poljskem delu Karpatov (Studenci, 1988), v Ukrajini (Maslov & Utrobin, 1958), v mediteranskem prostoru na Malti (Bosence & Pedley, 1982), v srednji Italiji (Schüttenhelm, 1976), v Franciji (Boullanger & Poignant, 1969; Orszag-Sperber et al., 1977), na Bližnjem vzhodu (Buchbinder, 1977) in drugod.

V slovenski geološki literaturi se za terciarni apnenčev peščenjak oziroma apnenec uporabljata v praksi dva izraza – *litotamnijski* apnenec in *litavski* apnenec. Prvi izraz, ki se v novejšem obdobju uporablja pogosteje, je za kamnino prevzet zaradi številnih in značilnih litotamnijskih alg, ki so v njem pogosto tako številne, da so kamnotvorne. Drugi izraz – *litavski* apnenec, ki je znan bolj v starejši literaturi, pa je prevzet po Litavskem gričevju (slovaško ime za Leitha Gebirge pri Dunaju). Tam izdanjajo badenijske plasti s podobnim razvojem kot v vzhodni Sloveniji.

### Splošno o rodolitih

Izraz rodolit (»rhodolith«) sta uvedla Bosellini in Ginsburg (1970) za »gomolje z razvejano zgradbo, ki jo sestavljajo predvsem rdeče koralinacejske alge«, čeprav se gomolji rdečih alg omenjajo že dve stoletji (Pallas, 1766, iz Bosence, 1983), intenzivnih raziskav pa so bili deležni že pred sto leti. Kasneje je bil izraz rodolit splošno prevzet za skupino gomoljev oziroma za kamnino (Bosence, 1983), za posamezne gomolje pa izraz rodoid (Peryt, 1983), podobno kot za koncentrične tvorbe, ki so nastale z aktivnostjo neskeletnih alg in cepljivk – onkoliti in onkoidi (Toomey, 1975). Bosellini in Ginsburg (1970) menita, da so rodoidi koralinacejski onkoidi. Kljub naštetemu se izraz rodoid v literaturi ne uporablja dosledno, saj avtorji pogosto označujejo kot rodolit tudi posamezne alge gomolje. V tej objavi prevzemamo izraz rodoid za posamezne koralinacejske gomolje, rodolit pa za kamnino, ki jo sestavljajo rodoidi.

Rodoidi so po svoji sestavi specifični in kažejo različno notranjo strukturo. V premeru merijo lahko od nekaj cm do 20 cm in so različnih oblik – od popolnoma kroglastih do elipsoidalnih ali popolnoma sploščenih, (diskoidalnih). Večina jih je v osnovi koncentričnih, s komplicirano conarno strukturo in zunanji razvejanimi ovoji. Rodoidi z jasno koncentrično in pasovito strukturo (»laminar rhodoliths«) so mnogo bolj poredki. Večkrat gre tudi za obraščanje (mumifikacijo) litičnih zrn ali večjih prodnikov. Med rdečimi algami, ki grade rodolite, v splošnem prevladujejo rodovi *Lithothamnium*, *Lithophyllum*, *Archeolithothamnium* in *Mesophyllum*.

Okolja, v katerih so uspevale rdeče litotamnijske alge v preteklosti, lahko primerjamo z recentnimi okolji, saj so številne oblike in rodovi koralinacejskih alg ostali nespremenjeni do danes. Vrste in zunanja oblika rodolitov so odvisni predvsem od temperature morja in globine njihovega nastanka.

Danes nastajajo rodoliti tako v tropskem okolju kot v hladnih morjih in v različnih globinah, celo do nekaj sto metrov (Bosence, 1983). Prevladujejo pa v toplih plitvih morjih do globine 80 metrov. Srečamo jih na vzhodnem in zahodnem šelfu Severnega Atlantika (Mac Intyre & Milliman, 1970), v Mehiškem zalivu do globine 250 m (Parker & Curry, 1956), v Severnem morju in na Norveškem (Bosence,

1976), ob zahodni afriški obali, v Indijskem oceanu (Montaggioni, 1979), ob zahodni obali Avstralije, posebno pogostni pa so v zahodnem Mediteranu (Jacquotte, 1962; Blanc, 1968; Caulet, 1972). Recentne rodolite in njihovo izotopsko sestavo iz Murterskega zaliva v Srednjem Jadranu opisuje Dolenc s sodelavci (1995).

Hitrost rasti rodoidov je lahko različna. Odvisna je predvsem od temperature morja in s tem vezane karbonatne produkcije. Adey in Mc Kibbin (1970) podajata hitrost rasti v zmernih okoljih med 0,1 in 0,5 mm/letno, medtem ko velja za tropska okolja tudi do stokrat hitrejša rast – do 22 in celo do 60 mm/letno (Adey & Vassar, 1974) za litotamnijske alge v Karibskem morju.

Rodoidi nastajajo v različnih okoljih. Najbolj pogostni so v priobalnih delih plitvega šelfa, predvsem v medplimskih kanalih ter med grebeni in peščenimi sipinami. Tam jim je zagotovljena dovolj velika energija, ki je potrebna za njihovo kotaljenje in s tem za koncentrično rast. Pogosto so rodoidi tako številni, da se med seboj dotikajo in je dno z njimi »tlakovano« (»rhodolithe pavement«, Bosence, 1983). Francoska izraza za tako akumulacijo rodoidov sta maërl in praline (Bosence & Pedley, 1982; Lemoine, 1991; Laborel, 1961). Manj pogostni so rodoidi na poglobljenih delih šelfnih ravnin in na predgrebenskih pobočjih (reef slopes), kamor se skotalijo z obrežja ali višjih delov šelfa. V takih primerih so bolj poredki in obdani z laporjem ali drobnim karbonatnim drobirjem ter prehajajo v organogeno-detritični facies.

### Rodolit na Kozjanskem

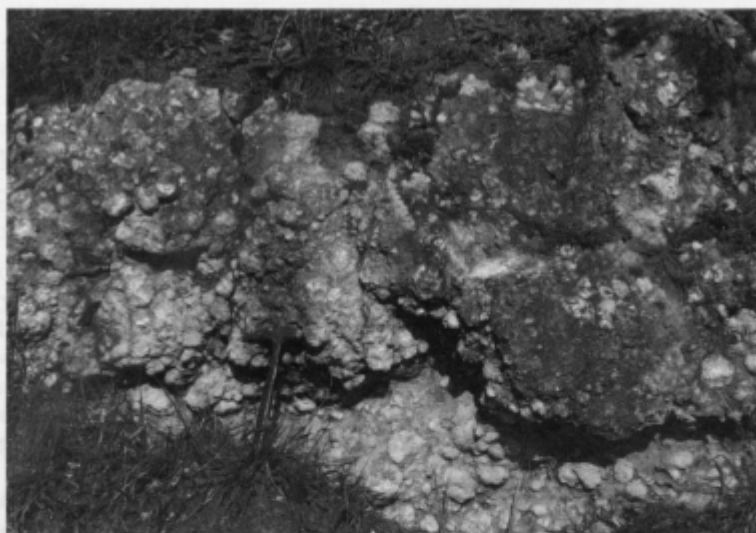
Najpogosteje izdanzajo badenijske rodolitne plasti na južnem Kozjanskem, med Kozjim in Sotlo (sl. 1), tu in tam pa se rodolit pojavlja tudi na njegovem skrajnem severnem delu. Tako je ena najlepših odkritih golic v manjšem opuščnem kamnolomu pri zaselku Selce med Šentjurjem pri Celju in Ponikvo (sl. 2), odkoder izvira tudi večji del raziskanih in dokumentiranih rodolitov.

Rodolitna plast je debela med 1,5 in 2,5 metra in leži diskordantno na egerijskih peskih in peščenjakih – npr. ob Sotli, v vasi Srebrnik, v Ješovcu pri Kozjem in pri Dekmanci, (sl. 1), znotraj badenijskih lapornih plasti (Selce pri Grobelnem) ali pa diskordantno na zgornjetriasnih karbonatnih kamninah (Križan Vrh, Vodruž južno od Šentjurja pri Celju). Zaradi nakopičenih rodoidov s kroglasto obliko imajo rodolitne plasti večkrat izgled konglomerata (sl. 2). Krovina rodolita je peščeni lapor ali lapor s foraminiferami, ki dokazujejo njegovo badenijsko, večidel srednjebadenijsko starost. Rijavčeva (nahajališči Dekmanca in Ješovec, v Rijavec & Aničić, 1979; Rijavec et al., 1979) in Mervičeva (1994 – nahajališča Križan Vrh, Ješovec in Srebrnik) sta iz laporja določili številne foraminifere, med njimi: *Uvigerina semiornata semiornata*, *U. venusta venusta*, *U. cf. pigmaea*, *U. semiornata urnula*, *U. aculeata aculeata*, *Orbulina bilobata*, *O. suturalis*, *Globigerina bulloides* in *Bulimina elongata*. Lapor nad rodolitnim konglomeratom v Selcah pri Grobelnem pa je na podlagi foraminifer (Mervič, 1994) zgornjebadenijske starosti: *Bolivina delatata*, *Bulimina costata*, *Uvigerina liesingensis*, *Elphidium crispum*, *E. flexuosum grilli* in *Cibicides lobatulus*.

Rodoidi so v kamnini tako številni, da se med seboj dotikajo. Zaradi mehansko neodporna lapornega in kalcitnega veziva so pogosto lepo izluženi, tako da jih nabiramo kot krogle v preperini pod konglomeratom in na njivi pod izdankom.

Rodoidi so različnih velikosti in merijo v premeru od nekaj cm do 15 cm, večidel pa med 5 in 10 cm. Po obliki so skoraj vsi kroglasti, bolj poredko elipsoidni, po no-





Sl. 2. Rodolitna plast v Selcah pri Grobelnem

Fig. 2. Rhodolitic layer in Selce near Grobelno

tranji strukturi pa ločimo dva tipa rodoidov – take, kjer koralinacejske alge koncentrično obraščajo zaobljene litične prodnike (Tab. 1, sl. 1 in 2), in »čiste« rodoidne, ki so zgrajeni samo iz razvejanih koralinacej (Tab. 2, sl. 2). Slednji po strukturi spominjajo na možgane.

Med koralinacejskimi algami, ki grade raziskane rodoidne, prepoznamo kot najpogostnejši rod *Lithothamnium* (Tab. 3, sl. 2; Tab. 5, sl. 3). Javlja se v obliki skorij s številnimi zelo drobnimi kamricami, ki ji dajejo mrežasto obliko (Tab. 6, sl. 3). Redkeje sta zastopana rodova *Melobesia* in *Archeolithothamnium*. Slednja gradi predvsem manjše algine kopuče znotraj biokalkarenita (Tab. 6, sl. 1 in 2). V nekaterih rodoliti opazujemo tudi lepe preseke konceptaklov, večjih koncentričnih celic, ki služijo koralinacejskim algam za shranjevanje sporangijev (Tab. 7, sl. 2 do 4).

Poleg alg so tako v rodolitu kot v litotamnijskem biokalkarenitu najpogostnejši organizmi briozoji. Njihovi skeleti z značilno strukturo (Tab. 5, sl. 1) merijo lahko do nekaj mm in izjemoma tudi do 2 cm. Včasih se pojavljajo kot bioklasti, kdaj pa kdaj pa se z litotamnijskimi algami preraščajo (Tab. 5, sl. 4). Večkrat so skeleti briozojev tako številni, da lahko pri kamnini govorimo kar o aljno-brizojskem faciesu. Očitno je biocenoza koralinacej in briozojev v miocenskih plasteh zelo pogostna in močno razširjena povsod tam, kjer so bile ugodne ekološke razmere za njihovo rast.

Drugi organizmi so v raziskanih rodoliti redkejši. Pri samem nastajanju rodoidov sicer niso sodelovali, so pa bili v njih nanesen. Tako dobimo školjčne lupine, serpulide, foraminifere (npr. miliolide, Tab. 6, sl. 1) in ploščice ter iglice morskih ježev, v plasteh litotamnijskega biokalkarenita pa so na nekaterih krajih prisotne še posamezne solitarne korale.

Prodinki iz jeder posameznih rodoidov, ki sestavljajo rodolit, merijo do 5 cm in so dobro do odlično zaobljeni. Večji najpogosteje pripadajo mikrokristalnemu kremenu (rožencu), predorninam, metamorfnim kamninam (filitom) in zrnatemu dolomitu, manjši pa so poleg naštetih kamnin še iz čistega kristalnega kremenca, tufov ter

posameznih peščenjakov in meljevcev. Ponekod so jedra rodoidov tudi večje školjčne lupine in nepravilne grude glavkonitnega peščenjaka (Tab. 4, sl. 3). Ta je bil med nastajanjem rodolita še plastičen. Posamezna kremenova in karbonatna detritična zrna so pogosto ujeta tudi med algne lamine (Tab. 3, sl. 2).

Rodolit je bil litificiran že kmalu po njegovem nastanku. Pore in medprostorji med algnimi laminami so zapolnjeni z drobnim sparitnim cementom. Ta se ponekod javlja v dveh generacijah – kot tanek obrobni cement generacije A, osrednje dele medprostorov pa zapolnjuje mozaični cement B z do 300  $\mu\text{m}$  velikimi zrni. Obrobni kalcit A kaže na cementacijo v freatičnem oziroma podplimskem okolju.

Kljub kalcitnemu vezivu pa rodoliti v večini primerov niso doživeli popolne cementacije. Precej jih kaže drobno poroznost intrazrnkega značaja (intraparticle porosity), ki lahko doseže nekaj do največ 5%. Del poroznosti je vezane tudi na izluževanje nestabilnega aragonita in visokomagnezijskega kalcita, kar se je dogajalo v zgodnji diagenezi in v kratkotrajnih fazah vadoznega sladkovodnega okolja. Na tega sklepano po posameznih večjih zrnih mozaičnega kalcita, ki zapolnjuje pore. Enaka diagenetska okolja opisuje iz litavskega apnenca (Leitha-Kalk) Dunajskega in Graškega bazena tudi Dulló (1983).

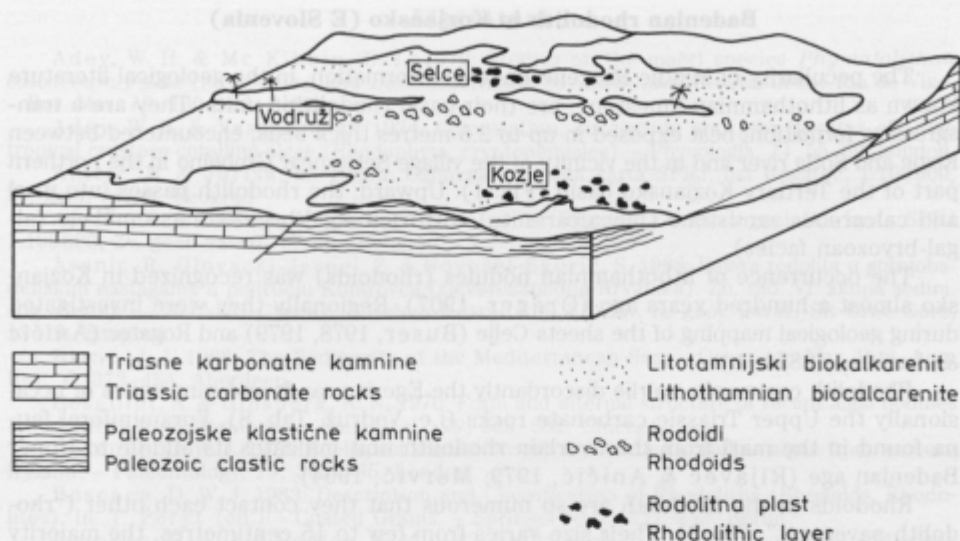
Vezivo med rodoliti je največkrat droben biokalkarenit ali lapornat biokalkarenit, zadnji v primerih, ko se ob preperevanju rodoliti luščijo iz skal kot manjše krogle. Rodoliti so bili večkrat podvrženi tudi bioeroziji in vrtanju litofagov (Tab. 3, sl. 1; Tab. 4, sl. 2 in 3). Izvrtine so v takih primerih zapolnjene z drobnim peščenjakom, tu in tam pa kažejo geopetalno takturo kot kombinacijo internega sedimenta in sparitnega kalcita (Tab. 4, sl. 3).

### Sedimentacijsko okolje

Pojav rodolita in biokalkarenita z večjimi algnimi kopučami je vezan na badenijsko regionalno transgresijo, ki je zajela Kozjansko in širše ozemlje vzhodne Slovenije (Buser, 1979; Aničič & Juriša, 1985b). Odločilno vlogo pri njihovem nastajanju, kot dveh različnih facij znotraj badenijskega litotamnijskega kompleksa, so odigrali paleorelief, energija valovanja in tokov ter kamnine, ki so tedaj izdajale v vzhodnem podaljšku Laške polisinklinale (Placer, osebna komunikacija) in Litijske antiklinale, katerima pripada Kozjansko. Poenostavljeno so ta okolja prikazana na sliki 3.

V predelih, kjer je morje preplavilo karbonatne kamnine, predvsem triasne apnenice in dolomite, ali pa oligocenske klastite, se je po badenijski transgresiji odložilo do nekaj sto metrov karbonatnega sedimenta, iz katerega je po litifikaciji nastala skladovnica litotamnijskega apnenca. Tega sestavljajo različni alginega biokalkarenita, biolitita in lapornega apnenca. Zrnavost sedimenta in delež laporne komponente je bil pogojen z energijo okolja. Na odprtih delih plitvega šelfnega morja so se odlagali bolj debelozrnati sedimenti, v vmesnih lagunah in na zatišnih delih šelfa pa se je usedal bolj drobnozrnat biokalkarenitni in laporni sediment z bogato foraminiferno favno, ki kaže na povezavo z odprtim morjem.

Kjer je bila energija valovanja in tokov posebno močna, pa sta lokalno nastajala bazalni rodolitni konglomerat s posameznimi rodoidi in biokalcirudit. Taki predeli so bili predvsem plitvi kanali med peščenimi sipinami in litotamnijskimi grebeni ter plitva obrežja. Če je bilo okolje popolno karbonatno, so nastajali rodoidi s 100-odstotno karbonatno sestavo (Tab. 2, sl. 2; Tab. 3, sl. 1; Tab. 4, sl. 1–3). Taki primeri rodolitov so tudi najpogostnejši v celotnem panonskem in mediteranskem prostoru.



Sl. 3. Poenostavljena rekonstrukcija paleogeografskega okolja s pojavi rodolitov

Fig. 3. Simplified paleogeographic reconstruction of environments of rhodolith occurrences

Posebnost Kozjanskega pa so tisti rodoliti, ki imajo v jedru prodnike starejših kamnin. Ti so tudi predmet te objave. Veliki in dobro zaobljeni prodniki namreč kažejo na relativno zelo kratek transport, ob obrežju pa so se ti lahko dobro zaoblili. Litološko pestri paleozojski klastiti in triasni karbonati v podlagi badenijske skladovnice plasti predstavljajo tudi izvorno območje za prodnike v rodolitu. Permokarbonske in gródenske klastite kot tudi triasne karbonatne kamnine nahajamo danes odkrite na severu na Konjiški gori, Boču in na obrobju Pletovarske antinklinale, na jugu pa na Bohorju, pri Sevnici in drugod v Litijski antiklinali. Točne starosti prodnikov v rodolitu z obstoječo raziskavo, zaradi pomanjkanja fosilov, nismo mogli ugotoviti. Po litoloških značilnostih pa sklepamo na paleozojsko starost kremenovih in filitnih prodnikov, triasno starost karbonatnih prodnikov ter ladinijsko in oligocensko starost tufov.

S pojemanjem energije ob koncu transgresijskega sunka so se razmere v okolju nekoliko umirile in pričela se je obsežna sedimentacija litotamnjskega biokalkarenita.

### Zahvala

Avtorja se zahvalujeta prof. dr. Jerneju Pavšiču in prof. dr. Stanku Buserju za kritičen pregled članka ter koristne nasvete, prof. dr. Stjepku Golubiću pa za sugestije in mikroskopski pregled nekaterih vzorcev koralinacej. Fotografije rodolitov so delo Marjana Grma in dr. Bogdana Jurkovška, zbruske kamnin pa je izdelal Andrej Stopar. V angleščino je besedilo prevedla dr. Polona Kralj. Vsem lepa hvala.

Ministrstvu za znanost in tehnologijo R Slovenije se zahvaljujemo za financiranje raziskav za geološko karto Slovenije 1:50000.

### Badenian rhodolith in Kozjansko (E Slovenia)

The peculiarity of Middle Miocene-Badenian Formation, in the geological literature known as lithothamnian limestone, are their basal rhodolithic units. They are a transgressive formation, best exposed in up to 2.5 metres thick beds, encountered between Kozje and Sotla river and in the vicinity of the village Selce near Grobelno in the northern part of the Tertiary Kozjansko basin (Fig. 1). Upward, the rhodolith passes into marl and calcareous sandstone (biocalcarenite) with rich algal-bryozoan assemblage (algal-bryozoan facies).

The occurrence of lithothamnian nodules (rhodoids) was recognized in Kozjansko almost a hundred years ago (Dreger, 1907). Regionally they were investigated during geological mapping of the sheets Celje (Buser, 1978, 1979) and Rogatec (Aničić & Juriša, 1985a, b).

Rhodolith commonly overlies discordantly the Egerian sands and sandstones or occasionally the Upper Triassic carbonate rocks (i.e. Vodruž, Tab. 8). Foraminiferal fauna found in the marl from the overlain rhodolith unit indicates its Middle to Upper Badenian age (Rijavec & Aničić, 1979; Mervič, 1994).

Rhodoids in the rhodolith are so numerous that they contact each other ("rhodolith pavement", Fig. 2). Their size varies from few to 15 centimetres, the majority averages about 10cm. The common form is spherical, rarely ellipsoidal (Tabs. 1-4). According to their internal texture two types can be distinguished; the first type, consisting solely of coralline algal layers and bryozoans and the second type, where the algae enclose lithic pebbles, composed of quartz and phyllites of the Palaeozoic age, Triassic dolomite and Oligocene tuff.

Among coralline algae which build rhodoids *Lithothamnium* (Tabs. 3, 5, 6) is the most common, whereas the genera *Melobesia* and *Archeolithothamnium* rarely occur. In some of the rhodoids conceptacles are abundant (Tab. 7).

The pore spaces between algal laminae are infilled with sparite cement. Two generations can occasionally be distinguished - as rim cement A and as drusy mosaic sparite B. Despite the cementation process the rhodoids are rather porous (up to 5% pore space). This porosity is commonly related to dissolution of the primary aragonite. Some of the rhodoids indicate bioerosion and Lithophagas borings (Tab. 3). The matrix infilling the primary intergranular porosity between rhodoids is fine-grained biocalcarenite or sandy marl.

The environment suitable for the rhodolith development was influenced by the paleorelief, the energy and the rock type exposed at the time of their formation. In the open parts of the shallow Tertiary sea of the Kozjansko basin, a variety of biocalcarenite and algal-bryozoan lithothamnian limestones were deposited, but in more restricted parts and lagoons marly limestone and marl predominated. Rhodoids developed in shallow channels between sandy bars and along the coast where the energy was high enough to enable their movement and bottom rolling. The pebbles in rhodoids indicate short transport from the coast where Palaeozoic and Triassic rocks were exposed. Sedimentary environments in which the Badenian rhodolith and lithothamnian limestone were deposited are shown in the Fig. 3.

## Literatura

- Adey, W. H. & Mc Kibbin, D. L. 1970: Studies on the maërl species *Phymatolithon calcareum* Pallas (nov. comb.) and *Lithothamnium corallinoides* Crouan in the Ria de Vigo. – Bot. Mar. 13, 100–106, Berlin.
- Adey, W. H. & Vassar, J. M. 1974: Colonisation, succession and growth rates of some tropical crustose coralline algae (Rhodophyta, cryptonemiales). – Phycologia, 14, 55–69, London.
- Aničić, B. & Juriša, M. 1985a: Osnovna geološka karta SFRJ, list Rogatec, 1:100000, Zv. geol. zavod, Beograd.
- Aničić, B. & Juriša, M. 1985b: Tolmač za list Rogatec, Osnovna geološka karta SFRJ 1.100000, Zv. geol. zavod, 77 pp., Beograd.
- Avanić, R., Glovacki-Jernej, Ž. & Novosel-Škorić, S. 1988: Pojava rodolita u gornjobadenskim naslagama u području Kumrova (sjeverozapadna Hrvatska). Zb. rad. VI. skupa sedim. Jug. Cetinje. – Geološki Glasnik, Posebno izdanje knj. VI. Zav. za geol. istraž. SR Crne Gore, 13–19, Titograd.
- Blanc, J. J. 1968: The Sediments of the Mediterranean Sea. – Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 6, 373–454, Aberdeen.
- Bosellini, A. & Ginsburg, R. N. 1970: Form and internal structure of recent algal nodules (rhodolites) from Bermuda. – Jour. Geol., 79, 669–682, Chicago.
- Bosence, D. W. J. 1976: Ecological studies on two unattached coralline algae from western Ireland. – Paleontology, 19, 365–395, London.
- Bosence, D. W. J. 1983: Description and Classification of Rhodoliths (Rhodoids, Rhodolites). In: T. Peryt (ed.) – Coated Grains. – Springer Verl., 217–242, Berlin.
- Bosence, D. W. J. & Pedley, H. M. 1982: Sedimentology and paleoecology of a Miocene coralline algal bioherm from the Maltese Islands. – Paleoclimatol. Paleoecol. Paleogeogr., 38, 9–43, Amsterdam.
- Boulanger, D. & Pognant, A. F. 1969: Sur les nodules agaires du Lutétien supérieur de Sainte-Marie-de-Gosse (Landes). – C. R. Som. Séanc. Soc. Géol. France, 4, 109–110, Paris.
- Buchbinder, B. 1977: The coralline algae from the Miocene Ziqlag Formation in Israel and their environmental significance. In: Flügel E. (ed.): Fossil Algae. – Springer Verl., 279–285, Berlin.
- Buser, S., 1978: Osnovna geološka karta SFRJ, list Celje, 1:100000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Buser, S., 1979: Tolmač lista Celje, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000. Zv. geol. zavod, 72 pp., Beograd.
- Calet, J. P. 1972: Recent biogenic calcareous sedimentation of the Algerian shelf. In: Stanley D. J. (ed.): The Mediterranean Sea. – Dowden Hutchinson & Ross, 261–278, Stroudsburg.
- Dolenec, T., Herlec, U. & Pezdič, J. 1995: Izotopska sestava kisika in ogljika v rdečih algah iz srednjega Jadrana. – Rud.-met. zb., 41/3–4, 193–202, Ljubljana.
- Dreger, J., 1907: Geologische Spezialkarte Rohitsch-Drachenburg. – Geol. R. A., Wien.
- Dreger, J., 1920: Erläuterungen zur geologischen Karte Rohitsch-Drachenburg. – Geol. S. A., 1–42, Wien.
- Dullo, W., C., 1983: Fossildiagenese im miozänen Leitha-Kalk der Paratethys von Österreich: Ein Beispiel für Faunenverschiebungen durch Diageneseunterschiede. – Facies, 8, 1–112, Erlangen.
- Jacquotte, P. 1962: Étude des fonds de maërl de la Méditerranée. – Recl. Trav. Stn. Mar. Endoume, 26, 141–235, Marseille.
- Kuščer, D. 1967: Zagorski terciar. – Geologija, 10, 5–58, Ljubljana.
- Laborel, J. 1961: La concretionnement algal «corralligène» et son importance géomorphologique en Méditerranée. – Recl. Trav. Stn. Mar. Endoume Bull., 37, 37–60, Marseille.
- Lemoine, P. 1991: Repartition et mode de vie du maërl (*Lithothamnium calcareum*) aux environs de Concarneau (Finistère). – Ann. Inst. Oceanogr. Monaco, 1, 1–28, Monaco.
- Mac Intyre, I. G. & Milliman, J. D. 1970: Physiographic features of the outer shelf and upper Atlantic continental margin, Southeastern United States. – Geol. Soc. Amer. Bull., 81, 2577–2598, Boulder.
- Maslov, V. P. & Utrobin, V. N. 1958: Raspostranenie tretichnykh bagryanykh vodorosley Ukrainskoy SSR svyazkikh s transgressiyami morya. – Izv. AN SSSR, ser. geol. 12, 73–93, 10 figs, Moskva.
- Mervič, H., 1994: Mikropaleontološke raziskave za leto 1993, Geološka karta 1:50000 – Terciarni bazeni. – Arhiv Geološkega zavoda, Ljubljana.



Montaggioni, L. F. 1979: Environmental significance of rhodoliths from the Mascarena reef province, western Indian Ocean. – *Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf – Aquitaine*, 3, 713–723, Pau.

Munda, M. 1953: Geološko kartiranje med Hrastnikom in Laškim. – *Geologija*, 1, 37–39, Ljubljana.

Orszag-Sperber, F., Poignant, A. F. & Poisson, A., 1977: Paleogeographic significance of rhodolites: some examples from the Miocene of France and Turkey. In: Flügel E. (ed.) – *Fossil Algae*, 284–294. – Springer Verl., Berlin.

Parker, R. H. & Curray, J. R. 1956: Fauna and bathymetry of banks on the continental shelf northwest Gulf of Mexico. – *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 40, 2428–2429, Tulsa.

Peryt, T. 1983: Classification of Coated Grains. In: Peryt T. (ed.) – *Coated Grains*, 3–6. – Springer Verl., Berlin.

Rijavec, L. & Aničić, B. 1979: Excursion A<sub>2</sub>, Section Trebče-Zagaj near Bistrica, Lower Miocene. – 16th Europ. Micropaleont. Colloq., 137–140, Ljubljana.

Rijavec, L., Aničić, B. & Škerlj, Ž. 1979: Excursion A<sub>1</sub>, Section Dekmanca-Bistrica on the Sotla River – Middle and Upper Miocene. – 16th Europ. Micropaleont. Colloq., 131–136, Ljubljana.

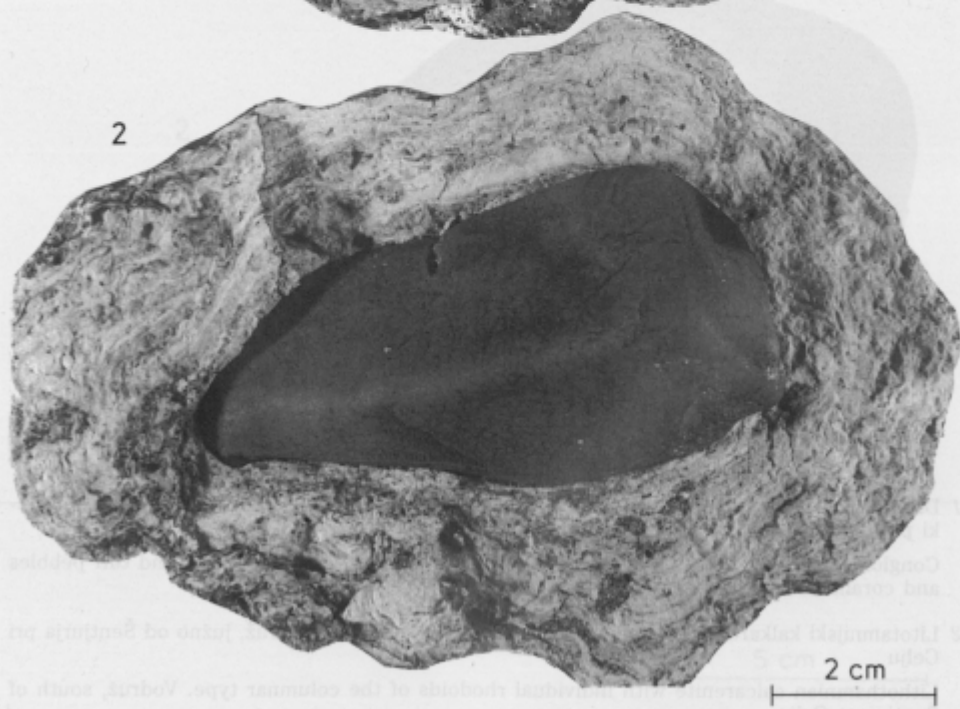
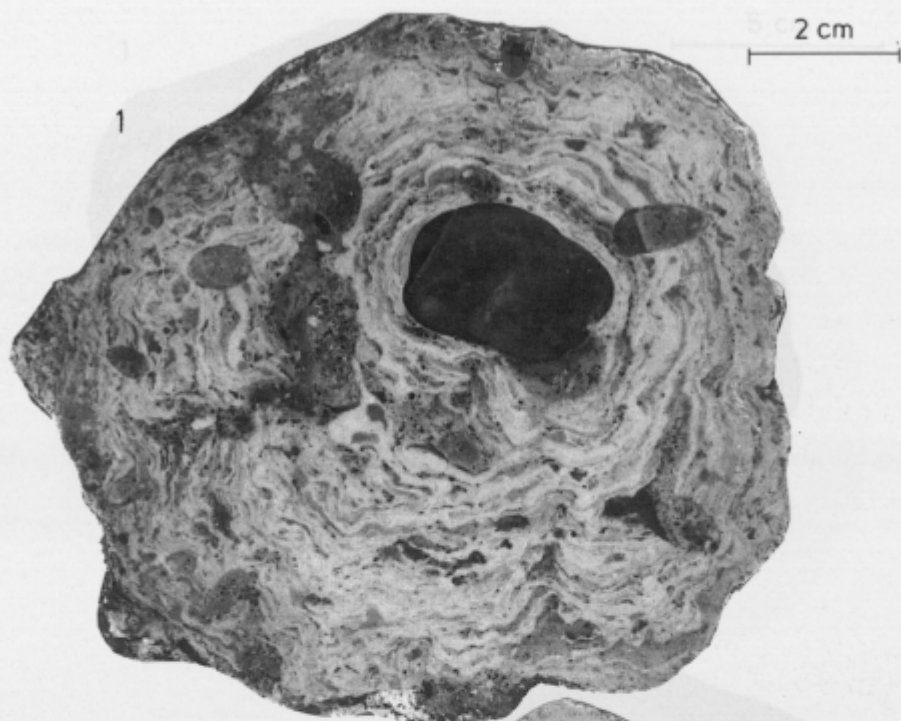
Schüttenhelm, R. T. E. 1976: History and modes of Miocene carbonate deposition in the interior of the Piedmont basin, NW Italy. – *Utrecht Micropaleont. Bull.*, 14, 1–208, Utrecht.

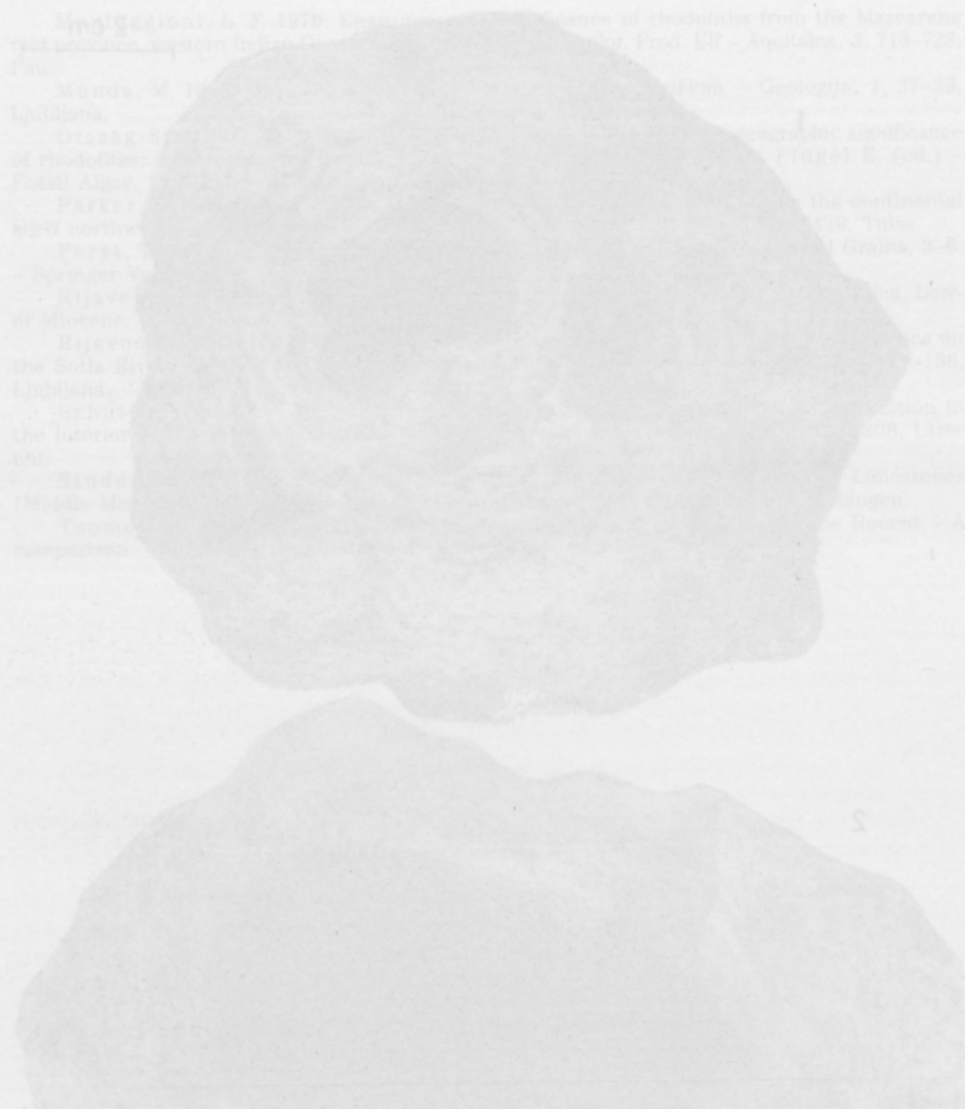
Studencki, W. 1988: Facies and Sedimentary Environment of the Pinczow Limestones (Middle Miocene, Holy Cross Mountains, Central Poland). – *Facies*, 18, 1–26, Erlangen.

Toomey, D. 1975: Rhodoliths from the Upper Palaeozoic of Kansas and the Recent – A comparison. – *Neues Jb. Geol. Palaeont. Monatsh.*, 4, 242–255, Stuttgart.

**Tabla 1 – Plate 1**

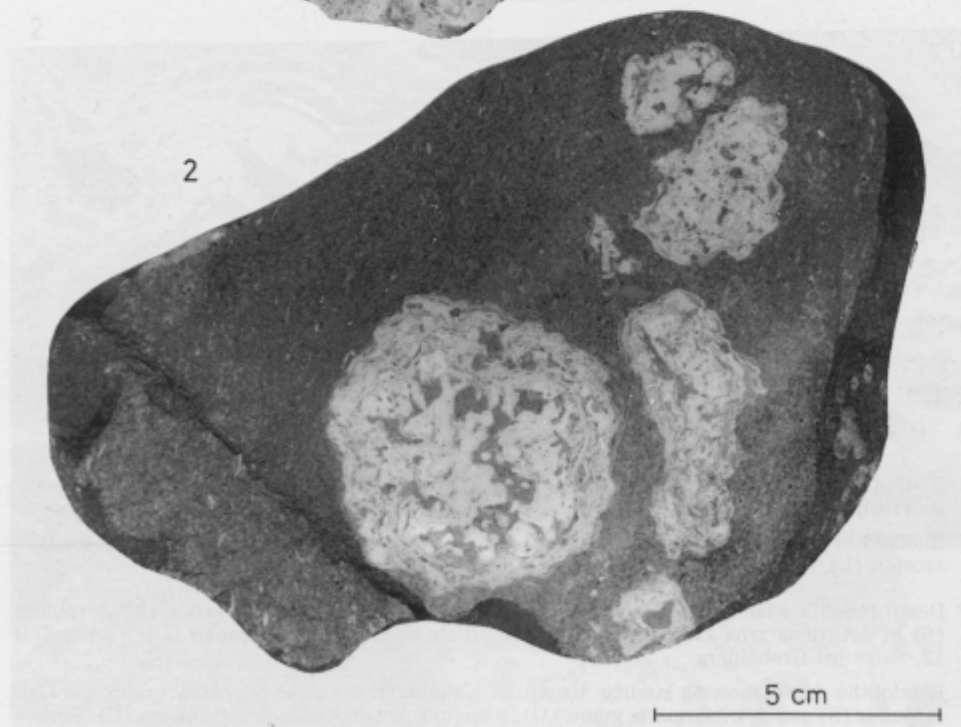
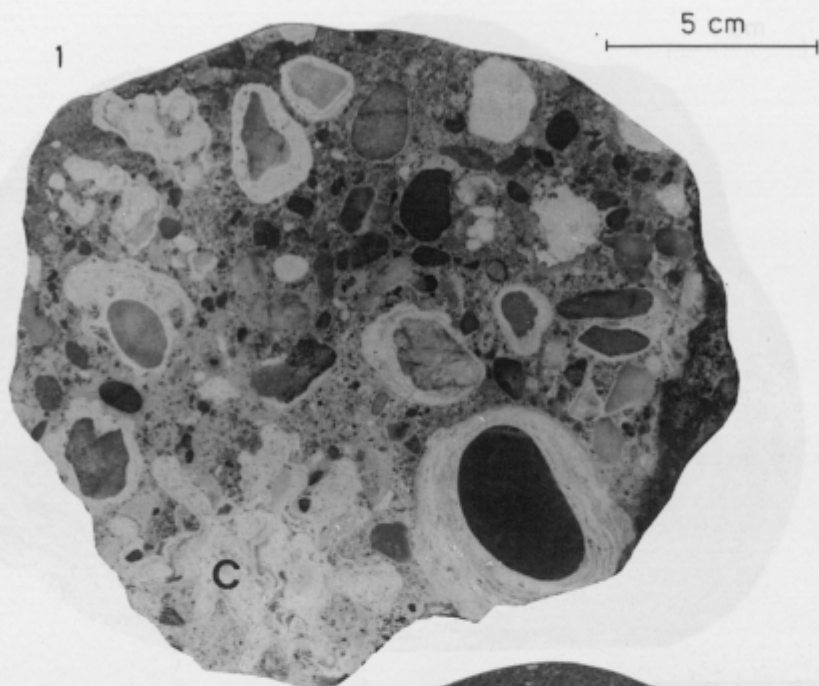
- 1 Rodoid s koncentrično zgradbo in kremenovim prodnikom. Vidni so sledovi bioerozije; izvrtnine zapolnjuje peščenjak. Selce pri Grobelnem  
Concentrical rhodoid with quartz pebble nuclei. Small caverns formed as the result of bioerosion are infilled with sandstone. Selce near Grobelno
- 2 Rodoid; obraščanje tufskega prodnika s koralinacejskimi algami. Selce pri Grobelnem. Naravna velikost  
Rhodoid; corallinacean-algal encrustation of tuff pebble. Selce near Grobelno. Natural size





**Tabla 2 - Plate 2**

- 1 Drobnozrnati konglomerat, ki ga sestavljajo rodoidi s kremenovimi jedri, kremenovi in tufski prodniki in čisti koralinacejski rodoidi (C). Dekmanca  
 Conglomeratic calcrudite composed of rhodoids with quartz nuclei, quartz and tuff pebbles and coralline rhodoliths (C). Dekmanca
- 2 Litotamnijski kalkarenit s posameznimi stebričastimi rodoidi. Vodruž, južno od Šentjurja pri Celju  
 Lithothamnian calcarenite with individual rhodoids of the columnar type. Vodruž, south of Šentjur at Celje





**Tabla 3 - Plate 3**

1 Rodoid s koncentrično laminirano strukturo. Jedro rodoida sestavljajo kopuče litotamnij. Bioerozija (L). Vzorec TcB 9, Selce pri Grobelnem, 1 × povečano

Rhodoid of concentric laminar structure. Lithothamnian nodulas as encrusting nuclei. Bioerosion (L). Sample TcB 9, Selce near Grobelno, enlarged 1 ×

2 Detajl rodolita z laminirano strukturo. Litotamnijske alge preraščajo briozoje (B), serpulide (S) in detritična zrna kremena (Q). V skeletih alg so številni konceptakli (C). Vzorec TcB 12, Selce pri Grobelnem

Rhodolithe detail showing laminar structure. Lithothamnian algae overgrow bryozoans (B), serpulids (S) and detrital quartz grains (Q). Numerous conceptacles in algal layers (C). Sample TcB 12, Selce near Grobelno

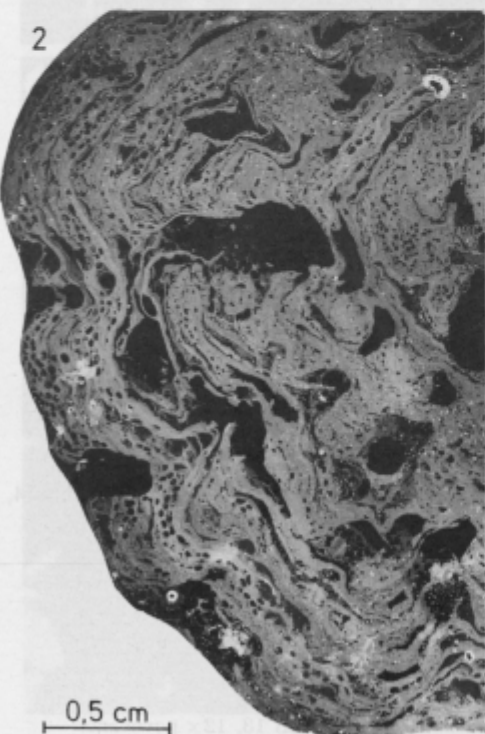
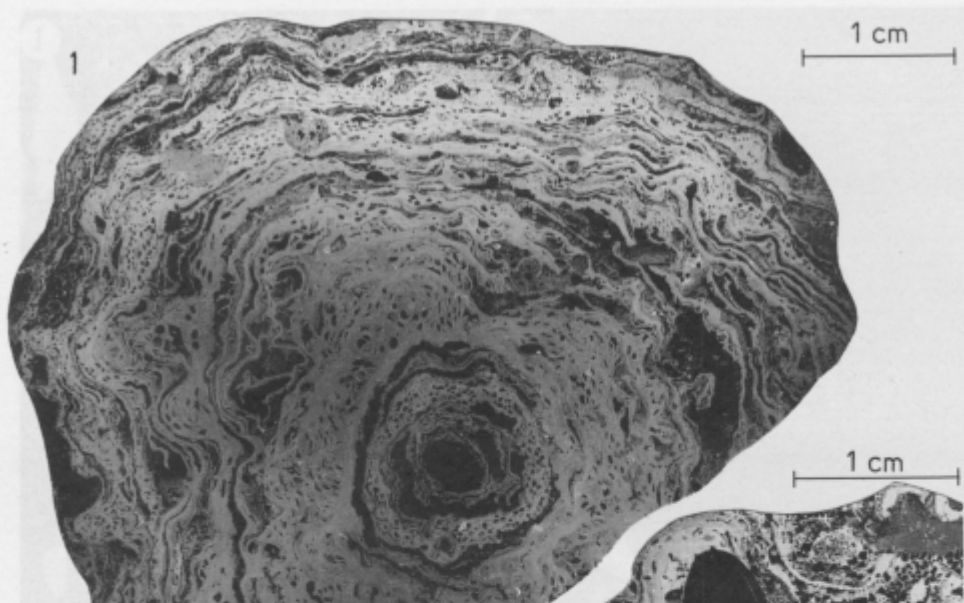






**Tabla 4 – Plate 4**

- 1 Litotamnijski rodoid s številnimi konceptakli. Jedro je hišica serpulida. Vzorec TcB 1, Selce pri Grobelnem, 1× povečano  
Lithothamnian rhodoid with numerous conceptacles. Serpulide as nucleus. Sample TcB 1, Selce near Grobelno, enlarged 1×
- 2 Bioerozijsko raztapljanje litotamnijskega rodoida. Vzorec TcB 6, Dekmanca. 3,5× povečano  
Bioerosion dissolution of lithothamnian rhodoid. Sample TcB 6, Dekmanca, enlarged 3,5×
- 3 Litotamnijske skorje obraščajo klast briozoja. Izvrtine litofagov (puščice) z geopetalno teksturo zapolnjuje peščenjak. Vzorec TcB 12, Selce pri Grobelnem, 1× povečano  
Lithothamnian encrustation of bryozoan clasts. Some lithophaga borings (arrows) are infilled with sandstone. Geopetal structure. Sample TcB 12, Selce near Grobelno, enlarged 1×



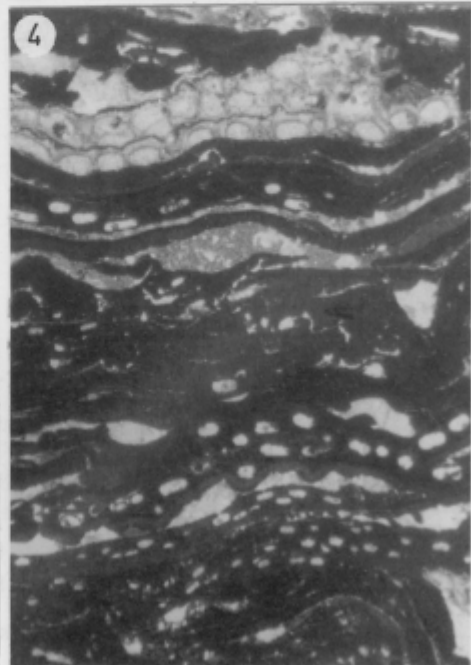
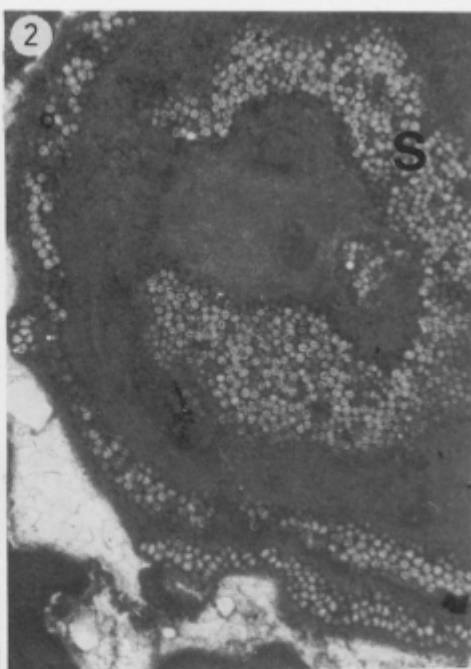
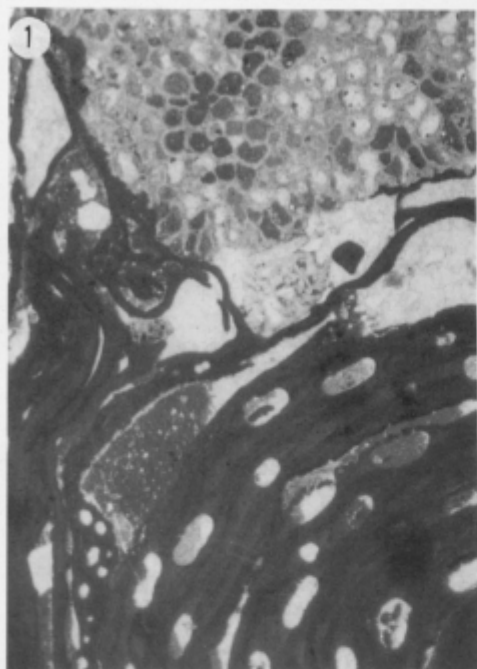


**Tabla 5 – Plate 5**

Vsi vzorci so iz rodoidov iz Selc pri Grobelnem

All samples are from rhodoids from Selce near Grobelno

- 1 Koralinacije s konceptakli obraščajo skelet brizojoja. Vzorec TcB 14, 12× povečano  
Corallinacean algae with conceptacles. Encrustation of bryozoan skeleton. Sample TcB 14, enlarged 12×
- 2 *Archaeolithothamnium* s sporangiji (S). Vzorec TcB 4, 30× povečano  
*Archaeolithothamnium* with rows of sporangia (S). Sample TcB 4, enlarged 30×
- 3 Litotamnijske lamine v rodoidu. Vzorec TcB 14, 30× povečano  
Lithothamnium laminae in the rhodoid. Sample TcB 14, enlarged 30×
- 4 Laminirana struktura koralinacijskih alg in brizojjev. Vzorec TcB 13, 12× povečano  
Corallinacean algal laminae encrusting bryozoa. Sample TcB 13, enlarged 12×







**Tabla 6 - Plate 6**

- 1, 2 Kopusce alge *Mesophyllum* s stolpičastimi peritaliji v biokalkarenitu. Vodruž pri Šentjurju. Vzorec TcB 7, 30× povečano

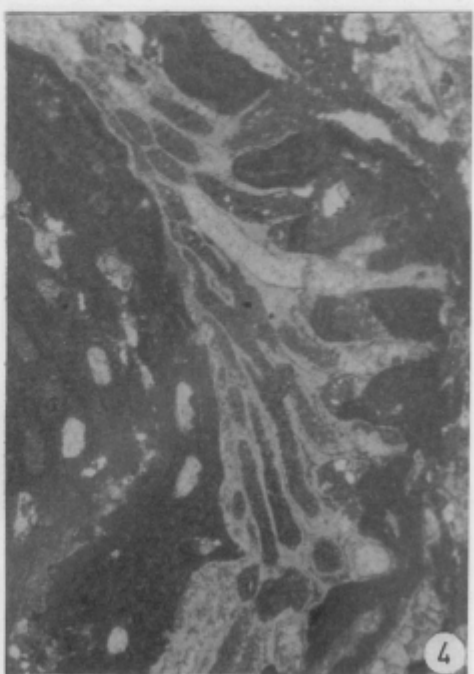
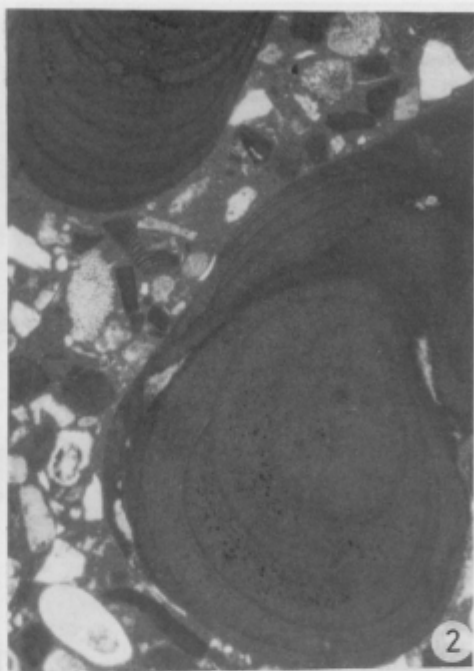
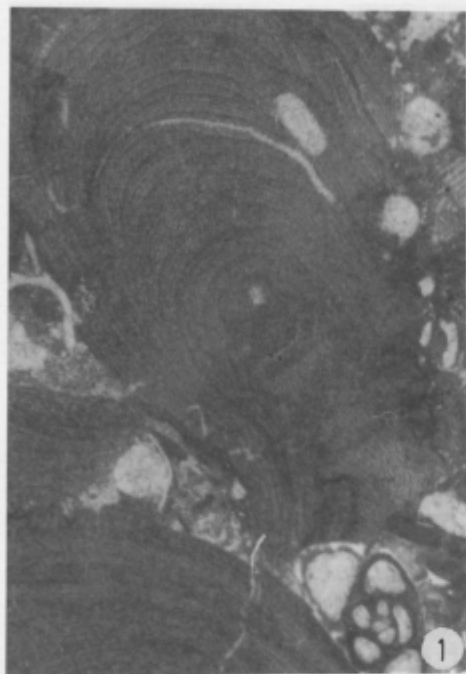
*Mesophyllum* nodules with columnar perithallia in the biocalcarenite. Vodruž near Šentjur. Sample TcB 7, enlarged 30×

- 3 *Lithothamnium*; detajl. Vzorec TcB 14, Selce pri Grobelnem, 175× povečano

*Lithothamnium*; detail. Sample TcB 14, Selce near Grobelno, enlarged 175×

- 4 Vzdolžni presek briozoja, ki ga obraščajo koralinaceje. Vzorec TcB 1, Selce pri Grobelnem, 30× povečano

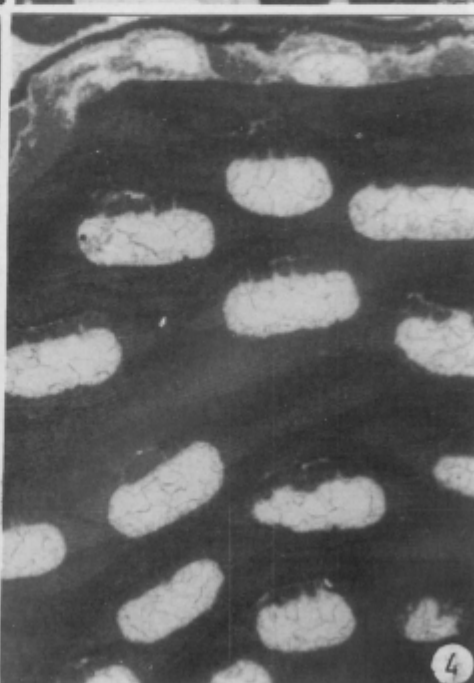
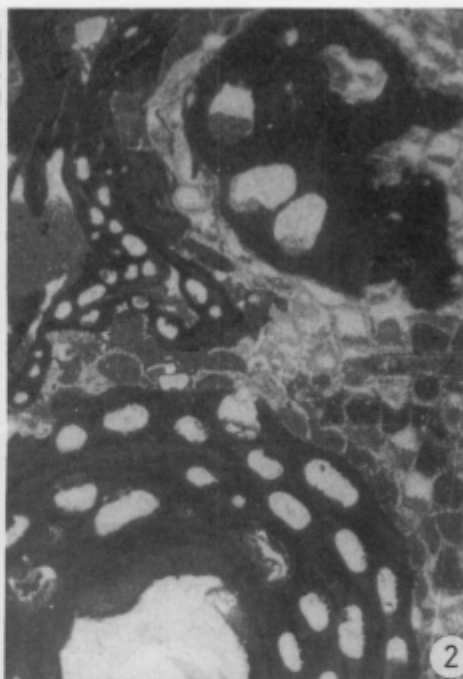
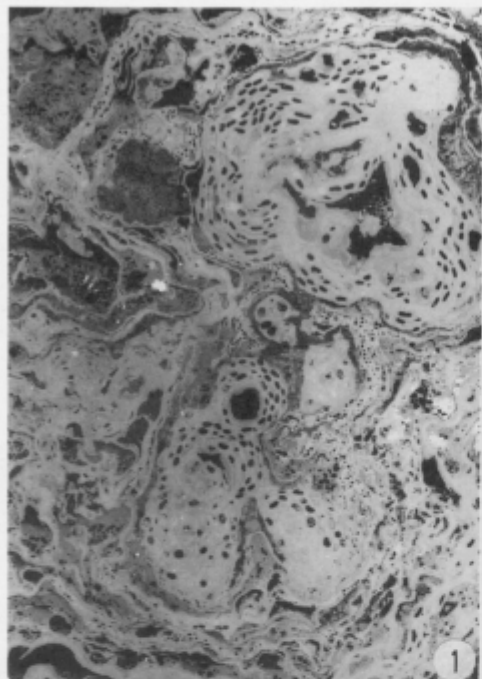
Longitudinal section of bryozoan encrusted by coralline algae. Sample TcB 1, Selce near Grobelno, enlarged 30×





**Tabla 7 – Plate 7**

- 1 Detajl gomoljastega rodoida, ki obrašča posamezne skelete briozojev. Vzorec TcB 14, Selce pri Grobelnem, 2× povečano  
Detail of nodular rhodoid encrusting skeletons of bryozoa. Sample TcB 14, Selce near Grobelno, enlarged 2×
- 2 Detajl sl. 1, 12× povečano  
Detail of Fig. 1, enlarged 12×
- 3, 4 Številni konceptakli v rodoidu z rodom *Lithophyllum*. Vzorec TcB 14, Selce pri Grobelnem, 30× povečano  
Numerous conceptacles in the *Lithophyllum* rhodoid. Sample TcB 14, Selce near Grobelno, enlarged 30×



rodolit na Kozjanskem, Badenijski rodolit na Kozjanskem



**Tabla 8 - Plate 8**

Transgresijski kontakt badenijskega litotamnijskega peščenjaka (biokalkarenita) s številnimi drobnimi rodoidi in z zgornjetriasnim apnencem. Bioerozija in fosilno zakrasevanje triasnega apnenca. Kontakt med triasnim apnencem in badenijskim biokalkarenitom je shematsko prikazan na skici nad tekstem. Vzorec TcB 7, Vodruž, južno od Šentjurja pri Celju, 12× povečano

Transgression contact of the Badenian basal rhodolithic lithothamnian sandstone and the Upper Triassic limestone. Bioerosion and paleocastification of Triassic limestone. Contact between Triassic limestone and Badenian calcarenite is shown on the sketch above. Sample TcB 7, Vodruž, south of Šentjur near Celje, enlarged 12×





skih prelelih, ki zavzemajo manjši del skvenceskega osemnja, inapo vodni tokovi značilnosti

