

PROMINA NASLAGE PLANINE PROMINE

S 1 tabelom u tekstu, te 1 prilogom

Na osnovu tekstura, struktura i sastava interpretirani su uvjeti u sedimentacionom bazenu, položaj, reljef i grada izvorne oblasti, te redosljed geoloških zbivanja.

UVOD

Južni dio planine Promine je locus typicus Promina naslaga. Izmjena četiriju konglomeratnih i triju vapnenačko-lapornih članova daje padinama Promine stepeničast izgled. Konglomerati kao otpornije stijene strše, tvoreći pakete koji katkada dosegnu debljinu i do 40 metara. Svi topografski izrazitiji oblici, pa i najviši vrh Čavnovka (1148 m), izgrađeni su od konglomerata.

Većina dosadašnjih radova o Promina naslagama orijentirana je na paleontološka istraživanja, a s tim u vezi na određivanje starosti i stratigrafsko raščlanjivanje. Međutim, u tim radovima nalazimo odredbe marinskih, brakičnih, slatkovodnih i kopnenih fosila, pa tako raspoložemo s podacima o sredinama koje su vladale u vrijeme taloženja (Schlehan, 1851; Hauer, 1852; Ettingshausen, 1855; Peters, 1855; Meyer, 1856; Visiani, 1858; Kerner, 1894; Dainelli, 1901; Oppenheim, 1902; Dietrich, 1944; Kühn, 1946; Pavlovac, 1959).

Prvu podjelu Promina naslaga dao je Kerner (1894). On je u području Promine opisao ovakav slijed:

7. gornji Promina konglomerati
6. treća zona lapornih stijena
5. gornja konglomeratna zona šarolikog petrografskog sastava
4. srednja zona lapornih stijena
3. konglomeratna zona
2. prvi laporni horizont
1. breče i konglomerati.

Isti autor nadalje, u svojim radovima (1901, str. 36 i 1934, str. 337-340) da je kraće paleogeografske prikaze paleogena Istre i Dalmacije. Promina naslage su po njemu nastale taloženjem materijala što su ga rijeke donosile na plitki i od otvorenog mora izolirani zaljev. U radu od 1934 (str. 337) nalazimo neke ideje o napredovanju transgresije prema kopnenoj unutrašnjosti, što je kasnije zapazio i Quitzow (1941a, b).

Što se tiče odnosa Promina naslaga prema starijim sedimentima, svi su autori utvrdili da one u sjevernoj Dalmaciji transgresivno leže na starijim kredno-paleogenskim boranim terenima, s izuzetkom područja bliže moru (okolina Benkovca), gdje su taložene kontinuirano na srednjococenskom flišu (Kerner, 1934, str. 337).

Transgresija je zahvatila područje planine Promine prema nekim autorima u gornjem lutetu (Stache, 1889; Kerner, 1894; Quitzow, 1941a; Šikić, 1963), a prema drugima u gornjem eocenu (Oppenheim, 1902; Kühn, 1934; Pavlovec, 1959). Transgresija se postepenim zauzimanjem kopnenog prostranstva širila prema sjeveru, pa zato sve mlađi članovi transgrediraju na podlogu krednih i paleogenih (miliolidnih i alveolinskih) vapnenaca.

U bazi su najčešće breče, no mogu se javiti i konglomerati, pa čak i finoizrnatni vapnenci. Na njima u sjevernom dijelu ispitivanog područja dolaze fosiliferne vapnenice, koji su na Kernerovoj karti (1896) izdvojeni kao »Oberer Nummulitenkalk«. Treba napomenuti, što je iznio i Quitzow (1941a), da je baza Promina naslaga idući prema sjeveru sve mlađa, pa tako i fosiliferne vapnenci nisu jedinstvenog stratigrafskog položaja, nego su to lateralni plitkovodni ekvivalenti različitih članova Promina naslaga.

Izuzevši upravo spomenuti bazalni dio, slijed se može podijeliti u sedam članova: četiri »konglomeratna« i između njih tri »vapnenačko-laporna« člana (to su nešto pojednostavljeni nazivi Kernerove (1894) litološke podjele (prilog 1). Dok su konglomeratni članovi monotone sastava (gotovo isključivo konglomerati), vapnenačko-laporni pokazuju daleko šarolikiji sastav. U njima se mogu razlikovati dva dijela; donji dio izgrađen pretežno od finoizrnatih stijena i gornji, koji u svom sastavu ima isti stijene, ali s interkalacijama litokalkarenita i konglomerata.

Svršetak sedimentacije u području Promine bio je prema Kühnu (1946), Pavlovcu (1959) i Šikiću (1963) u gornjem eocenu, Stacheu (1889) i Kerneru (1894) u oligocenu, Quitzowu (1941a) u donjem oligocenu, a Oppenheimu (1902) čak u srednjem oligocenu. Prema tome, uzevši u obzir sva mišljenja, minimalni raspon starosti ovih naslaga na planini Promini bio bi unutar gornjeg eocena, a maksimalni od gornjeg luteta do srednjeg oligocena.

OPIS SEDIMENATA

U Promina naslagama mogu se razlikovati ovi litološki članovi: konglomerati, breče, kalkareniti, finoizrnatni vapnenci, laporoviti i fosiliferne vapnenice, lapori, gline i ugljen. Treba međutim napomenuti da se spomenuti litološki članovi međusobno zamjenjuju u svim omjerima, pa su tako dosta česti konglomeratični kalkareniti, konglomeratični vapnenci, te raznolike kombinacije ostalih petrografskih članova.

a) Konglomerati i breče

Konglomerati su glavni sastojci konglomeratnih članova, no dolaze i u vapnenačko-lapornim članovima kao sporedni sastojci. Breče su vezane za bazalne naslage, te za prvi i drugi konglomeratni član.

Debljine slojeva konglomerata i breča su promjenljive i upravno proporcionalne veličini klastičnih sastojaka. U naslagama mladih konglo-

meratnih članova razvijena je kosa i urnakrsna slojevitost. Debljine koso slojevitih jedinica dosežu katkad i do jednog metra. U istim članovima razvijeni su i erozioni kanali raznih dimenzija (maksimalne širine cca 70 cm, a dubine čak do 50 cm). Urezani su u vapnencima, litokalkarenitima ili sitnozrnatim konglomeratima, a ispunjeni redovito konglomeratima.

Za uloške konglomerata u vapnenačko-lapornim članovima vezane su različite deformacije tekture, nastale pod utjecajem gravitacije i gravitacionog klizanja. To su orijentirani i neorijentirani tragovi utiski vanja na donjim slojnim plohama, zatim klizne bore (centimetarskih do decimetarskih dimenzija, a neke čak i do jednog metra), ili pak kaotične smjese valutica i lapornog ili vapnenačkog matriksa (Zupanić, 1968).

U sastavu konglomerata dominiraju valutice gornjokrednih vapnenaca s faunom globigerina, te valutice s bentoskim foraminiferama i fragmentima ljuštura rudista. Količina gornjokrednih materijala raste idući od starijih konglomeratnih članova prema mladima od $\frac{1}{4}$ do $\frac{3}{4}$ po učešću.

Na drugo mjesto po zastupljenosti dolaze valutice foraminiferskih vapnenaca eocena (alveolinskih, rjeđe numulitnih). Ove su valutice u prvom i drugom konglomeratnom članu uz gornjokredne materijale dominantni sastojci konglomerata. U višim članovima međutim, njihovo je pojavljivanje nejednoliko; mjestimično su veoma brojne, da bi na drugim mjestima gotovo nedostajale.

Ostali sastojci konglomerata dolaze u sporednim količinama. Neki od njih vezani su samo za određeni član, dok su drugi naprotiv, rašireni u svim članovima. Tako su na primjer valutice tamnih miliolidnih vapnenaca paleogena česte u prvom konglomeratnom članu, malo ih ima u drugom, a gotovo nedostaju u mladim konglomeratima.

Za razliku od njih, valutice pseudolitičnih vapnenaca koji bi strukturalno i asocijacijom mikrofaune (prema odredbi I. Gušića) odgovarale donjokrednim, a možda i malmskim vapnencima, dolaze uglavnom u gornjim konglomeratnim nivoima. Za mlađe konglomerate je karakteristična i pojava oštrobriđnih fragmenata rožnjaka, koji vjerojatno potječu od nodula i uložaka rožnjaka u krednim i jurskim vapnencima.

Valutice paleogenskih fliških kvarckalkarenita s pelagičkom globigerinskom faunom naprotiv, dolaze u svim članovima konglomerata. Lako su uočljive, jer kao otpornije strše iz vapnenačkih konglomerata. Redovito su male, promjera 2 do 40 mm, ali uvijek dobro zaobljene, crvene i smeđe boje.

Osobiti po svom sastavu su konglomerati prvog konglomeratnog člana u okolini kuća Kolundića sjeverno od Drniša. Osim već spomenutih sastojaka sadrže valutice slabo tinjčastih kvarcnih pješčenjaka crvene boje i iverje crvenkastih i zelenkastih glinenih škriljavaca. Uz njih su rađene i valutice zelenih stijena koje makroskopski izgledaju kao eruptiv, no toliko su rastrošene da im mikroskopski nije bilo moguće utvrditi ni struk-

туру ni sastav. Slični konglomerati nisu nađeni ni na jednom drugom mjestu. U njihovoj blizini u Petrovom polju javljaju se trijaski sedimenti vrlo slični materijalu valutica, pa se može pretpostaviti da te valutice potječu upravo od tih naslaga.

Pored valutica starijih stijena konglomerati sadrže i pretaložene vlastite materijale, kao fragmente ugljena, fosilifernih vapnenaca, te slabo laporovitih finožrnatih vapnenaca.

Treba napomenuti da jednom dijelu (cca 1/10) valutica vapnenaca koje ne sadrže fosile, ni se odlikuju karakterističnim strukturama i sastavom, nije bilo moguće odrediti porijeklo.

Opis konglomerata ne bi bio potpun kad se ne bi spomenulo nekoliko tankih uložaka konglomerata unutar prvog vapnenačko-lapornog člana sjeverno od Varoši. Ovi konglomerati pored rijetkih valutica krednih i paleogenskih foraminiferskih vapnenaca sadrže i slabo zaobljene valutice vapnenaca, koje bojom, strukturom i sastavom odgovaraju vezivnom materijalu. Te su valutice nastale fragmentacijom djelomično litificiranog ili isušenog laporovito-vapnenačkog mulja. Fragmentacija se zbilila na zaravnjenom i povremeno plavljenom području. Jednom isušeni i ispućani mulj kod ponovnog je plavljenja djelomično opet razmuljen. Fragmenti koji su ostali čvrsti, pomicali su, lako zaobljavani razmuljivanjem i nagomilani zajedno s muljem istog sastava nedaleko mjesta postanka.

Struktura: Međuovisnost veličine elemenata i porijekla materijala nije zapažena. Idući od starijih prema mladim konglomeratnim članovima, generalno gledajući opada promjer valutica (tabela 1).

Tabela 1 - Table 1

Konglomeratni član	Promjer valutica (mm) Size of gravels		Srednja vrijednost indeksa sortiranja (4-5 mjerenja u pojedinom članu)	Zaobljenost (po Pettijohnu, 1957)
	maksimalni maximal	srednji average		
4	100	5	1,44	0,4 -1,0
3	150	25	1,60	0,25-1,0
2	2000	60	2,0	0,0 -1,0
1	500	30	2,17	0,0 -0,6

Isto je tako zapaženo opadanje srednjeg promjera valutica u lateralnom slijedu, u smjeru juga i jugozapada. Ova je pojava osobito lijepo izražena u trećem i četvrtom konglomeratnom nivou.

Sortiranje materijala je izrazito slabo, naročito u donja dva konglomeratna člana, no poboljšava se prema gore. Iz tabele 1 vidi se, da su konglomerati prva dva člana slabo sortirani, dok su konglomerati trećeg i četvrtog člana osrednje sortirani klastiti. Iz iste se tabele vidi da i zaobljenost raste prema gore.

Kod oblika valutica zapažene su tek neznatne promjene idući od starijih u mlađe konglomeratne naslage. U starijima su one nepravilne, više manje ekvidimenzionalne, dok su plosnate valutice rjeđe. U mlađima je učešće plosnatih valutica nešto poraslo.

Mjerenjem dužih osi valutica dobijeni su statistički položaji za pojedine izdanke. Računom srednjeg statističkog smjera (14 mjerenja po 300 valutica) dobivena je vrijednost 334° , odnosno 154° .

Imbrikaciju nije bilo moguće mjeriti, jer su konglomerati većinom čvrsto vezani.

Gustoća pakiranja se mijenja od mjesta do mjesta, pa postoje prelazi od gusto pakiranih, gdje se valutice međusobno dodiruju, do onih gdje one slobodno plivaju u obilnom vezivnom materijalu, čineći tako prelaze u konglomeratične kalkarenite, lapore ili vapnence. Gusto pakirani konglomerati su dosta česti u vršnim naslagama.

Uzivo konglomerata je najčešće detritično (kalkarenitsko), rjeđe fino-zrnato vapnenačko ili laporno. Konglomerati s vapnenačkim ili lapornim cementom vezani su slabije. Ovakvu vrstu veziva imaju najčešće konglomerati iz vapnenačko-lapornih članova. Za njih su vezane deformacije teksture, u prvom redu kaotične smjese. Valutice takvih smjesa katkad imaju nepravilne koncentrične ovoje laporovito-vapnenačkog materijala, koje su poprimile kličući se i valjajući se u blatnoj lavini. Konglomerati s kalkarenitskim vezivom javljaju se uglavnom u konglomeratnim članovima. Količina veziva je, ovisno o gustoći pakiranja, vrlo promjenljiva (varira od bazalnog do kontaktnog), a pojedini vrlo gusto pakirani konglomerati uopće nemaju veziva.

Primarne depozicione strukture konglomerata dijagenetskim su procesima tek neznatno izmijenjene. Zapažena je rekristalizacija afanitnog kalcitnog cementa u srednje do krupnokristalinični kalcit. Kod gusto pakiranih konglomerata javlja se međusobno prodiranje valutica sa konveks-konkavnim ili pak stilolitskim šavovima, što je posljedica kompaksacije i selektivnog otapanja u vrijeme litifikacije.

Pseudobreče su jedna od manifestacija klizanja. Nastale su u onim sedimentima koji se klizanjem nisu mogli plastično deformirati, već su lomljeni. Fragmenti su pomicali i razbacani u matriksu ukoliko su deformacije bile većeg intenziteta, dok su kod slabijih deformacija zadržali pozicije nekadašnjih slojeva. Interesantno je, da se tu radi o slojevima

finozrnatih vapnenaca, dok su lapori, litokalkareniti i konglomerati tom prilikom izmiješani u kaotične mase. Finozrnati vapnenci zbog relativno lakše topljivosti sitnozrnatog kalcita brže podliježu litifikaciji od ostalih sedimenata, pa je zato i njihovo ponašanje različito (Zupanić, 1968).

b) Kalkareniti

Kalkareniti se javljaju kao deblji i tanji ulošci (od nekoliko milimetara do jednog metra) malog horizontalnog rasprostranjenja i u konglomeratnim i u vapnenačko-lapornim članovima. Lateralno i vertikalno, povećanjem veličine zrna, prelaze u konglomerate ili pak smanjenjem preko kalcisiltita u finozrnate vapnence. Povećanje veličine zrna praćeno je povećanjem debljine slojeva, a smanjenje veličine zrna, smanjenjem debljine slojeva.

Kalkareniti koji se javljaju unutar vapnenačko-lapornih članova pokazuju mjestimično vertikalno graduiranje. Sekvence su nepotpune, najčešće samo krupnozrnati dio. Nadalje, za kalkarenite je karakteristična paralelna laminacija, lećasto pojavljivanje, unakrsna slojevitost centimetarskog mjerila, valne brazde vrlo visokog indeksa (8 do 10), pukotine isušivanja (NW od Radeljaca) kao i najrazličitiji orijentirani i neorijentirani tragovi utiskivanja na donjim slojnim plohama (mm i cm mjerila). Česti su i tragovi životne aktivnosti crvolikih organizama, među kojima su najbrojniji oblici *Palaeophycus kochi* Ludwig i *Palaeochorda marina* Emmons.

Po svom sastavu kalkareniti pripadaju uglavnom litokalkarenitima, a samo manjim dijelom pjeskovitim (kvarcnim) litokalkarenitima i biokalkarenitima.

U njihovom prilično jedroličnom sastavu, koji ne pokazuje značajnije promjene ni prostorno ni vremenski, dominiraju čestice kriptokristaliničnog vapnenca bez fosila, porijeklom od vapnenaca nepoznate starosti. Broj ovakvih čestica raste sa smanjenjem veličine zrna, što je i razumljivo; što su sitniji fragmenti pokazuju sve manje osobina izvorne stijene.

Među česticama poznatog porijekla na prvo mjesto dolaze fragmenti gornjokrednih vapnenaca zastupljeni rudistnim vapnencima i mikritskim vapnencima s globigerinama. Na drugo mjesto po učestalosti dolaze čestice miliolidnih i alveolinskih eocenskih vapnenaca. Fosilni detritus je stalni, ali uglavnom akcesorni satojak većine kalkarenita. Pretaložen je iz starijih gornjokrednih i paleogenskih naslaga (fragmenti ljuštura rudista, alveolina i numulita). Kalkareniti, koji dolaze kao lateralni ekvivalenti fosilifernih vapnenaca u bazalnim naslagama, sadrže katkada i preko 50% biogenog detritusa porijeklom od organizama koji su u to vrijeme živjeli u priobalnom području (fragmenti koralja, crvenih algi, briozoa i ljuštura molusaka). Kao sporedni sastojci javljaju se još i fragmenti pseudoolitičnih vapnenaca, zatim čestice dolomita, rožnjaka, te zrna detritičnog i autigenog kvarca. Detritični kvarc se javlja kao uglata ili

subangularna do djelomično zaobljena zrna sa sitnim inkluzijama, a katkad, osobito kad dolazi u nakupinama pokazuje undulozno potamnjenje. Porijeklo subangularnih i djelomično zaobljenih, a to je gotovo većina, vezano je za starije sedimente. Jedan dio ovih zrna nagrižen je kalcitom.

Procentualni iznos CaCO_3 kreće se od 74,1 do 99,0%. Nekarbonatne primjese čine dakle tek neznatni dio sastava litokalkarenita.

Analizirajući netopljivi ostatak, čija procentualna zastupljenost varira od 0,9 do 25%, ustanovljeno je da na kvarc otpada prosječno 76,3%. Ostali dio netopljivog ostatka čine drugi prozirni i opaki minerali, te netopljive čestice veličine zrna silta i pelita.

Za razliku od kvarca, feldspati su zastupljeni u znatno manjoj količini. Javljaju se kao mutna, već gotovo potpuno kaolinizirana zrna. Sudeći po polisintetskim srslacima, zastupljeni su kiseli plagioklasi i mikroklin.

Tinjčasti minerali (klorit, muskovit i biotit) su veoma rijetki.

Isto bi se moglo reći i za ostale teške minerale, na koje otpada svega 0,6 do 4,3% od ukupne količine netopljivog ostatka. Interesantno je da su teški minerali, iako čine tek neznatni dio sastava kalkarenita, zastupljeni relativno velikim brojem mineralnih vrsta, među kojima na prvo mjesto po zastupljenosti dolaze opaki minerali (magnetit) s 40,7% od teških minerala. Među prozirnim dominiraju granati, procentualno zastupljeni s 12 do 41% od teških minerala. Javljaju se kao krhotine nepravilnog oblika, školjkastog loma, svjetlosmeđe i ružičaste boje, no najčešće su bezbojni. Dominantni su u svim veličinskim frakcijama.

Svi ostali minerali javljaju se u gotovo zanemarjućim količinama (18 do 43,3% od ukupne količine teških minerala). Hornblenda, disten, silimanit, andaluzit, staurolit, epidot dolaze kao angularna zrna, a kloritoid kao subangularna. O njihovom je porijeklu teško diskutirati zbog zanemarljive količine. Rezistentni minerali kao turmalin, cirkon, rutil javljaju se kao zaobljena do djelomično zaobljena zrna, a potječu iz starijih sedimentata. Šarolik sastav teške frakcije i relativno visoko učešće granata u njenom sastavu, pokazuje da je transport ovog detritusa morao biti relativno kratak, pa nije došlo do selektivnog sortiranja.

Struktura: Fragmenti vapnenačkih čestica ne pokazuju nikavu zavisnost zaobljenosti i oblika od porijekla materijala. Uočeno je međutim, da su krupnije čestice u pravilu bolje zaobljene od sitnijih. Vrijednosti za zaobljenost variraju im od 0 do 0,6, no glavnina se nalazi u području od 0,15 do 0,4.

Granulometrijske analize nisu pokazale značajnija variranja veličine zrna i indeksa sortiranja, ni prostorno ni vremenski. Srednja vrijednost koeficijenta sortiranja (8 mjerenja iz raznih nivoa) iznosi 1,44, a varira u granicama vrijednosti od 1,20 do 1,73. Litokalkareniti prema tome spadaju u red dobro do osrednje sortiranih materijala. Okupljanje čestica oko medijana jednom je na strani krupnije, a drugi puta sitnije frakcije.

Uzivo litokarkareni ta je kalcitno, pornog i kontaktnog karaktera. Bazalno vezivo je rjeđe, a posljedica je parcijalnog nagrivanja zrna, te rekristalizacije primarnog cementa. Njegova je struktura, ovisno o stupnju rekristalizacije, kriptokristalinična do krupnokristalinična. Kalcitni cement često raste radijalno trakasto na rubove zrna, dok centar intersticija ispunja zrnati kalcit. Čestice vapnenaca su mjestimično korodiranih rubova, a kontakti među zrnima mikrotilolitski.

c) Vapnenci

S obzirom na sastav i teksturne osobine, vapnenci se mogu podijeliti u tri skupine:

1. tanko do debelo uslojeni (2–50 cm) i neuslojeni finoizrnatni vapnenci i laporoviti vapnenci
2. laminirani, listićavi finoizrnatni vapnenci
3. fosiliferni vapnenci

Vapnenci prve skupine su vezani za vapnenačko-laporne članove, a samo izuzetno dolaze i u konglomeratnim članovima. Tamo, gdje se javljaju ispod debelih konglomeratnih bankova, u njima su razvijene kompacione bore (centimetarskog do decimetarskog mjerila), a kad su u izmjeni s konglomeratima, deformacijom su mogle nastati kaotične mase kao i pseudobreče. Tragovi crvolikih organizama isti su kao i kod kalkarenita. Loma su izrazito školjkastog i plitkoškoljkastog, a samo vrlo tanko uslojeni vapnenci pokazuju iverast lom.

Terigeni materijal primiješan je u raznim proporcijama. On tvori proslojke, uloške i leće, ili je dispergirani u vapnencu. Ukoliko njegova količina pređe 50% od ukupne količine stijene, vapnenci tada prelaze u klastite, i to ovisno o veličini čestica, konglomerate, kalkarenite ili lapore.

Neki vapnenci sadrže rijetke sitne globigerine i druge male foraminifere, te vrlo rijetke školjkaše i puževe, drugi vodeno bilje, a gotovo svi biljna vlakanca.

Sadržaj CaCO_3 varira od 70 do 100%. Netopljivi ostatak sastoji se pretežno od pelitskih i siltskih čestica.

Strukture su afanokristalinične do mikrokristalinične.

Vapnenci mjestimično sadrže i sitne nakupine pirita i limonita, te autigeni kvarc u formi sitnih idiomorfni kristala ili nepravilnih nakupina. Pirit i limonit obavijaju ili izgrađuju unutrašnjosti kućica foraminifera i drugih organizama, a javljaju se i kao sitne točkaste impregnacije u čitavoj stijeni.

Pirit je mogao nastati u toku dijageneze. U tom stadiju razvoja izmijenile su se prilike u nekim, vjerojatno manjim, dijelovima vanpenačkog mulja u odnosu na one koje su vladale za vrijeme sedimentacije. Trulenjem organizama oslobodili su se CO_2 i H_2S , a sredina je postala reduktivna. Na mjestima gdje je organske materije bilo najviše (na pr. unutrašnjost kakve foraminifere), istaložilo se željezo u formi netopljivog

željeznog sulfida, pirit. Pirit je na površini oksidacionim procesima uglavnom prešao u limonit. Porastom količine CO_2 stvoreni su uvjeti za taloženje autigenog kvarca. Isti procesi koji su uvjetovali postanak autigenog piritu i kvarca, doveli su i do otapanja kalcita i njegove migracije u područja s višim pH. Tamo nastupa obrnuta reakcija od one prije, to jest taloženje kalcita. Na taj su način u toku dijageneze u vapnencu afanokristalinične strukture nastala »polja« s krupnozrnatim kalcitom. Rekristalizacija je u vapnencima samo parcijalna i veoma slabog intenziteta.

Laminirani, listićavi finozrnatih vapnenci (druga skupina) dolaze u okolini sela Varoši i Kosora, a mogu se pratiti kao niz sporadičnih izdanaka na dužni od oko 2 km. Debljine su svega 1 do 3 metra. Za njih je karakteristična smeđa boja i cjepljivost u listiće i ploče, debljine manje od jednog milimetra do 5 centimetara. Osim rijetkih slabo sačuvanih listića bjelogoričnog drveća, u njima nisu zapaženi fosili, pa čak ni tragovi životne aktivnosti crvolikih organizama, koji su inače tako česti i karakteristični za ostale vapnence i kalkarenite Promina naslaga. Njihov jednoličan izgled u čitavom području gdje se javljaju, relativno visoki sadržaj CaCO_3 (98,8%) i nedostatak terigenog materijala, pokazuje da su sedimentirani u zatvorenoj i mirnoj lagunarnoj sredini. Strukture su kao i vapnenci prethodne skupine.

Fosiliferne vapnenci (treća skupina) dolaze uglavnom u bazi koja je različite starosti, te se s bazalnim naslagama poput plašta priljubljuju uz neravnine reljefa podloge. Lateralno prelaze u vapnence ili konglomerate različitih članova Promina naslaga. Sastoje se od skeleta marinskih priobalnih organizama: školjkaša, puževa, koralja samaca, briozoa, crveni algi, makroforaminifera, te rijetkih nautilida i lišća bjelogoričnog drveća. Neki vapnenci sadrže sve nabrojene fosile zajedno, drugi pak samo pojedine skupine, ali u svima su fosili veoma obilni, pa katkada čine i lumakele. Organizmi su akumulirani ili na mjestu života, o čemu govore školjkaši s dobro sačuvanim obim ljušturama, ili su pak bili obrađivani valovima i strujama, pri čemu su neki od njih, osobito briozoi i alge bili skriveni do raznog stupnja očuvanja. Vapnenci su mjestimično laporoviti, pa čak prelaze i u lapore. Sedimentirani su u neposrednoj blizini obale.

d) Lapor i gline

Lapor i gline su najmanje zastupljeni u Promina naslagama. I jedni i drugi se najčešće javljaju kao tanke prevlake na slojnim plohama fino-zrnatih vapnenaca ili krupnije zrnatih klastita. Nadalje, javljaju se kao podina i krovina ugljevitih glina i ugljena. Rijetko čine vezivo konglomerata ili kalkarenita. Tamo gdje se javljaju u znatnijim količinama, nalazimo i deformacione teksture.

Boje su kao i svi Promina vapnenci bijele, svijetlosmeđe i sive. Slabo su uslojeni i najčešće škrljavi. Sadrže 5–70% CaCO_3 .

O IZVORNOJ OBLASTI, SEDIMENTACIONOM BAZENU I TRANSPORTU

Idući od Drniša prema vrhu Promine, sve mlađi članovi Promina naslaga leže na podlozi od gornjokrednih i paleogenskih alveolinskih vapnenaca (Quitow, 1941a). Međutim uvjeti sedimentacije su kroz čitavo vrijeme taloženja tih naslaga odgovarali granici kopna i mora.

Idući prema gore u stupu, zapažaju se promjene sastava i strukture krupnozrnatih klastita. Konglomerati prvog i drugog člana odlikuju se jednoličnijim i nešto drugačijim sastavom od konglomerata trećeg i četvrtog člana. Sastoje se pretežno od valutica i fragmenata gornjokrednih, te paleogenskih foraminiferskih (miliolidnih i alveolinskih) vapnenaca, dok su valutice fliških kvarckalkarenita i pseudoolitičnih vapnenaca rijetke. Veoma su promjenljivih strukturnih odlika: relativno visokog indeksa sortiranja, slabe zaobljenosti i sl. (tabela 1). Valutice dominantnih sastojaka, gornjokrednih i paleogenskih foraminiferskih vapnenaca, dolaze u svim veličinskim frakcijama, a zaobljenost im nije ovisna ni o porijeklu, ni o veličini zrna. Navedene osobine pokazuju da je jedan dio materijala pretrpio kratkotrajan transport za vrijeme kojega se čestice nisu stigle zaobliti niti sortirati. Drugi dio je donešen iz udaljenijih predjela, pa je bolje zaobljen i sitniji. Materijal je dakle, za vrijeme taloženja prvog i drugog konglomeratnog člana stizao iz raznih udaljenosti, a izvorno je područje bilo izgrađeno gotovo isključivo od gornjokrednih i paleogenskih foraminiferskih vapnenaca.

Konglomerati trećeg i četvrtog člana su nešto šarolikijeg sastava, te osim gornjokrednih i paleogenskih foraminiferskih materijala koji su još uvijek dominantni, te fliških kvarckalkarenita, sadrže nešto više valutica pseudoolitičnih, vjerojatno donjokrednih, a možda i malmskih vapnenaca, zatim rožnjaka, dolomita i vlastitog pretaloženog materijala. Indeks sortiranja je niži, veličina valutica manja, a zaobljenost elemenata je znatno porasla u odnosu na prva dva konglomeratna člana (tabela 1). Ovakve osobine pokazuju da je materijal prevalio duži put, što znači da je izvorna oblast postala udaljenija od bazena sedimentacije, zahvaćajući u znatnijoj mjeri i starije stijene od gornje krede.

Kako je dakle, izvorna oblast bila sastavljena gotovo isključivo od karbonatnih sedimenata, razumljiva je i niska procentualna zastupljenost teških minerala u kalkarenitima Promina naslaga. Da bi izvorno područje bilo sposobno dati tako velike količine klastičnog materijala, moralo je imati izrazit reljef za čitavo vrijeme taloženja mlađih paleogenskih klastita. Ovakav je reljef održavan stalnim, što ne znači kontinuiranim izdizanjem izvorne oblasti. Porast količine klastičnog materijala idući prema gore u stupu, pokazuje da su ova izdizanja postajala sve jača; ovo je u skladu s mišljenjem Shuberta (1909), koji smatra da su pokreti počevši od srednjeg eocena prema oligocenu sve intenzivniji, da bi negdje u oligocenu postigli svoj maksimalni intenzitet.

Donos klastičnog materijala obavljale su rijeke, što je naglasio i K e r n e r (1901). Uspoređujući valutice konglomerata sjeverne Dalmacije sa stijenama kopnenog zaleđa K e r n e r, (1934, str. 340) zaključuje, da je transport vršen u smjeru prema današnjem Jadranu, jer da je veće učešće trijaskog i jurskog detritusa u sastavu konglomerata bliže kopnenoj unutrašnjosti, a učestalije pojavljivanje valutica eocenskih vapnenaca u sastavu konglomerata bliže moru. Tome se može pridodati novi podatak s Promine o valuticama pseudoolitičnih vapnenaca, koji bi asocijacijom mikrofosila (prema odredbi I. G u š i ć a), kao i strukturnim osobinama odgovarale donjokrednim, a moguće i malmskim vapnencima, kakve inače nalazimo u području Velibita, Like i Bosne.

Obilje detritusa donášale su rijeke zahvaljujući visokom reljefu izvorne oblasti i klimi koja se odlikovala izmjenom vlažnih i suhih perioda (K e r n e r, 1934, str. 339). One su, barem u određeno godišnje doba, a možda i čitave godine, imale dovoljno vode i dovoljan pad, da osim fino-zrnatog materijala nose i krupnije zrnati.

Praćenjem lateralnih promjena granulometrijskog sastava konglomerata trećeg i četvrtog člana uočeno je smanjenje veličine valutica i količine krupnoklastičnog materijala prema jugu i jugozapadu; debeli konglomeratni bankovi postaju sve tanji i prelaze u sitnozrnatiye konglomerate i litokalkarenite. Ovakve promjene pokazuju da je glavnina materijala donášana sa sjevera i sjeveroistoka. Kako je već spomenuto, mjerenjem dužih osi valutica konglomerata trećeg i četvrtog člana (14 mjerenja po 300 valutica) dobiveno je da je statistički pravac transporta bio 64° odnosno 244° . Kako postoji lateralno graduiranje prema jugozapadu i jugu, to u obzir dolazi samo drugi smjer transporta. Mjerenja erozionih kanala, iako samo dva, pokazuju slične smjerove: 40° odnosno 220° i 175° odnosno 355° .

Materijal što su ga rijeke donosile u bazen akumuliran je relativno brzo. Na nagnutom dnu nevezan ili samo djelomično litificiran materijal povremeno se klizao prema dubljoj vodi. Veći dio materijala pri tom bio je izmiješan u kaotične smjese valutica, lapornog i vapnenačkog mulja. Rjeđe su se stvarale klizne bore i druge deformacione teksture, kao »ball and pillow structures«, i orijentirani tragovi utiskivanja. Osi kliznih bora pokazuju da je padina bazena ispitivanog područja bila nagnuta generalno na SW (Z u p a n i ć, 1968).

Prilikom klizanja, prelaskom dijela materijala u suspenziju, stvorene su mutne struje iz kojih je svakako taložen dio vertikalno graduiranih slojeva. Pojava vertikalnog graduiranja u Promina naslagama je rijetka. Uz ostale podatke, to nam govori o tome, da su mutne struje imale neznatan utjecaj u transportu materijala.

REKONSTRUKCIJA ZBIVANJA

Velika debljina Promina naslaga (maksimalno do 1100 m) svjedoči o konstantnom spuštanju bazena sedimentacije. Posljedica toga je transgresivni položaj sve mladih naslaga, što je već ustanovio Q u i t z o w (1941a).

Spuštanje bazena bilo je kompenzirano sedimentima odgovarajuće debljine, pa su se tako kroz čitavo vrijeme taloženja Promina naslaga zadržavale manje više slične prilike. Kompenzacija se nije vršila kontinuirano, već ciklički. Cikličnost je posljedica specifične dinamike spuštanja i dizanja dna bazena, odnosno izvorne oblasti. Tektonske pokrete tokom sedimentacije spominju već S c h u b e r t (1909, str. 24, 25) i K ü h n (1934).

U Promina naslagama razvijena su tri ciklusa (prilog 1).

Prvi ciklus obuhvaća naslage prvog konglomeratnog člana, prvog vapnenačko-lapornog člana, zatim drugog konglomeratnog člana i dijela drugog vapnenačko-lapornog člana.

Najstarije naslage ciklusa (prvi konglomeratni član) razvijene su samo u južnom i jugozapadnom dijelu Promine (okolina Drniša i Kaluna). U bazi se javljaju breče i konglomerati, ponegdje s boksitom u podlozi (Kalun). Dalje slijede konglomerati i breče s ulošcima litokalkarenita i finoizrnatih vapnenaca, a zatim lapora, pjeskovitih i ugljevitih lapora i glina. Za taj dio prvog ciklusa (najmladi dio prvog konglomeratnog člana, okolina Varoši) vezane su klizne deformacione tekture, te po koji uložak vertikalno graduiranih kalkarenita. Sve do sada spomenute naslage sedimentirane su u morskoj, a eventualno dijelom i u brakičnoj vodi. Na njihov sastav imala je značajan utjecaj neposredna blizina obale, pa u njima prevladavaju valutice eocenskih miliolidnih i alveolinskih vapnenaca, te vapnenaca gornje krede. O blizini kopna čije sedimente ne nalazimo, svjedoče i fragmenti grana ili korijenja, te lišće bjelogoričnog drveća.

Idući prema mladim naslagama ciklusa (prvi vapnenačko-laporni član), karakter sedimenata se mijenja. Talože se vapnenci, laporoviti vapnenci i lapori, koji (kod Varoši i Kosora) prelaze u listićave vapnence sedimentirane u zatvorenoj plitkovodnoj (možda slatkovodnoj?) sredini – laguni. Na njima slijede više ili manje laporoviti vapnenci s vodenim biljem na slojnim plohama; bilje je samo izuzetno u položaju kojeg je i malo za života. Nadalje ti vapnenci sadrže i sitne pužve, a u svom donjem dijelu rijetke i uglavnom tanke (do 40 cm) interkalacije tamnosivih lapora, ugljevitih glina i ugljena (Varoš, Siverić). Voda u kojoj su taložene ove stijene bila je izvanredno plitka. Pojedini dijelovi sedimentacionog prostora bili su mjestimično isušivani, o čemu govore konglomerati s valuticama prerađenog vapnenačkog mulja (sjeverno od Varoši), dok su drugi dijelovi bili povremeno zablaceni. Moguće je da je većina sedimenata ovog člana bila taložena u slatkovodnoj sredini.

U gornjem dijelu ciklusa razlikuju se dva razvoja: sjeveroistočni (okolina Šiverića i Tepljuva) i jugozapadni (područje između Velušića i Andabake). Na sjeveroistoku je razvijen izvanredno heterogeni kompleks stijena (najdonji i donji dio drugog vapnenačko-lapornog člana), varijabilan i lateralno i vertikalno. U močvarama i zaostalim vodama sedimentirale su se gline i lapori, konglomeratične gline i konglomeratni lapori, te ugljen (Šiverić, Tepljuv). U naslagama koje prate ugljena ležišta nađeni su kopneni puževi roda *Helix* (Kühn, 1946) i ostaci zubiju i čeljusti kopnenog sisavca *Prominatherium dalmatinum* (Meyer, 1856). Nadalje, te naslage sadrže i slatkovodne (močvarne i voda tekućica) i brakične školjke i puževe: *Cyrena*, *Unio*, *Melanopsis*, *Melania*, *Cerithium*, *Planorbis*, *Limnaea* (Oppenheim, 1902; Kühn, 1946), za tim slatkovodno bilje, bilje močvarnih i podvodnih terena, te lišće i grane raslinja kamenitih i pjeskovitih tla (Ettingshausen, 1855). Bilo je i manjih tokova, o čemu svjedoči nekoliko erozionih kanala u laporima od kojih najveći ima širinu i dubinu cca jedan metar. Ispunjeni su konglomeratima koji sadrže i po koji fragment lapora, vjerojatno otkinutih s bokova kanala.

U jugozapadnom razvoju, koji je barem dijelom lateralni ekvivalent sjeveroistočnog razvoja, uvjeti sedimentacije mijenjali su se postepeno idući prema mlađim naslagama. Najprije se u vapnenačko-lapornim stijenama prvog vapnenačko-lapornog člana javljaju ulošci litokalkarenita i konglomerata malog horizontalnog rasprostranjenja. Prema gore ti su ulošci sve deblji i češći, dok konačno ne prevladavaju sami konglomerati i mjestimično breče (drugi konglomeratni član). Ovakav slijed razvoja posljedica je jačeg utjecaja rijeka koje su donosile velike količine klastičnog materijala iz izvorne oblasti visokog reljefa. Prenosna snaga rijeka morala je biti velika (to su dijelom morali biti bujični tokovi), transport kratak, jer konglomerati mjestimično sadrže blokove promjera do dva metra, a veći dio materijala je slabo zaobljen i sortiran. Zbog brzog nagomilavanja krupnoklastičnog materijala stvorene su u podinskim još nelitificiranim sedimentima brojne kompacione bore. U vršnom dijelu ciklusa ovdje na jugozapadu, ponovno slabi utjecaj rijeka. Krupnoklastični materijal se taloži samo duž manjih tokova, između kojih su stvorene močvare, zaostale vode, zablacena područja sa sedimentacijom lapora, laporovitih vapnenaca i glina (donji dio drugog vapnenačko-lapornog člana), te s interkalacijama ugljena na potezu između Velušića i Andabake.

Tako je prvi ciklus nakon marinskih uvjeta u početku, zatim slatkovodnih, lagunarnih i dijelom možda brakičnih, a eventualno i marinskih, završio sa uvjetima delte, dakle regresivno (to ne znači da uvjete delte treba isključiti za starije sedimente). Treba napomenuti da je delte već spominjao Kerner (1934, str. 339). Na sjeveroistoku bile su tada močvare povremeno s brakičnom vodom, zatim zaostale vode, manji rijetni rukavci, a mjestimično i povremeno čak i suho tlo. Istovremeno je jugo-

zapadno područje bilo bliže tokovima u delti s brzom sedimentacijom krupnozrnatih klastita. Velika količina klastita, kao i njihova krupnozrnatost, mogu se objasniti malom širinom prostora između visokih brda izvorne oblasti i mjesta sedimentacije. U vršnom dijelu ciklusa, slabljenjem utjecaja rijeka, sedimentacija se donekle izjednačuje s onom na sjeveroistoku.

Drugi ciklus obuhvaća veći dio drugog vapnenačko-lapornog člana, te treći konglomeratni član. More ponovno prodire na sjever, pa pretežno marinske naslage drugoga ciklusa leže na sedimentima gornjeg, regresivnog dijela prvog ciklusa, te na razvedenom reljefu izgrađenom od kredno-paleogenskih vapnenaca. Kopnena sedimentacija, o kojoj za taj vremenski interval nemamo podataka, pomaknuta je vjerojatno prema sjeveru.

U okolini Tepljuva, gdje pretežno marinske naslage drugog ciklusa leže na razvedenom reljefu kredno-paleogenskih naslaga, drugi ciklus započinje bazalnim brečama (ponegdje s boksitom u podlozi, sastavljenim isključivo od fragmenata podloge, a mjestimično s boksitnim vezivom). Slijede priobalni fosiliferni vapnenci, debeli jedan do desetak metara, sa školjkašima, puževima, koraljima, briozoima, crvenim algama, mjestimično makroforaminiferama, te rijetkim nautilidima. Na ovima leže marinski pretežno laporoviti vapnenci, finozrnati vapnenci i lapori mjestimično s rijetkim malim globigerinama i drugim sitnim foraminiferama.

U dijelovima bazena (također okolina Tepljuva), gdje pretežno marinske naslage drugog ciklusa leže na slatkovodnim (močvarnim i fluvijalnim) i dijelom brakičnim sedimentima prvoga ciklusa, sedimentacija započinje također brečama, ali ovdje one uz detritus gornjokrednih vapnenaca sadrže i fragmente sedimenata prvoga ciklusa (ugljena i ugljevitih lapora). Sedimenti regresivnog dijela prvog ciklusa bili su prema tome djelomično abradirani za vrijeme ili prije novog prodora mora na sjever. Po očuvanosti podine vidi se da su erozija, odnosno abrazija bile malog značenja. U spomenutim bazalnim brečama mogu se također naći briozoi, crvene alge i koralji pretaloženi iz obalnog područja. Nađ brečama leže i u ovom dijelu bazena laporoviti vapnenci, finozrnati vapnenci i lapori s rijetkim malim globigerinama i drugim sitnim foraminiferama.

Na jugozapadu (između Lišnjaka i Varoši) gdje prvi ciklus završava samim konglomeratima ili pak laporima i laporovitim vapnencima s ulošcima ugljena i ugljevitih glina, drugi ciklus započinje laporovitim vapnencima, finozrnatim vapnencima i laporima s nešto brakičnih i marinskih molusaka.

Dakle za vrijeme taloženja naslaga donjeg, transgresivnog dijela drugog ciklusa (gornji dio drugog vapnenačko-lapornog člana) ujednačuju se uvjeti sedimentacije u cijelom području Promine. Posvuda se talože laporoviti vapnenci, finozrnati vapnenci i lapori koji sadrže marinske sitne foraminifere, te mjestimično brakične i marinske školjke i puževe.

U višim, regresivnim dijelovima drugog ciklusa zapaža se konstantan porast količine i veličine zrna klastičnog materijala, koji se interkalira u vapnence. Ti klastiti pokazuju lateralno graduiranje prema jugu i jugozapadu, mjestimično vertikalno graduiranje, te raznovrsne deformacione teksture koje su posljedica klizanja, uvjetovanog brzom sedimentacijom na nagnutom dnu (kaotične mase, klizne bore, orijentirani tragovi utiskivanja). Klizne bore pokazuju smjer klizanja prema jugozapadu, kuda je bilo nagnuto dno bazena (Zupanič, 1968). Na sve jače oplićivanje ukazuju i pukotine isušivanja (NW od Radeljaca).

Ciklus završava konglomeratima (treći konglomeratni član), koji su akumulirani relativno brzo i taloženi po tipu kose slojevitosti na finozrnatim još hidroplastičnim stijenama. U njima su konglomerati zbog svoje težine stvorili kompacione bore. U konglomeratima su na nekoliko mjesta zapaženi erozioni kanali, unakrsna slojevitost, a u njihovim višim dijelovima nađene su valutice priobalnih fosilifernih vapnenaca.

Područje Promine bilo je u donjem dijelu drugog ciklusa pretežno marinska sredina, a zatim u gornjem deltaična, vjerojatno u neposrednoj blizini ušća rijeka (erozioni kanali, kosa i unakrsna slojevitost, pukotine isušivanja i brza sedimentacija konglomerata).

Treći ciklus obuhvaća treći vapnenačko-laporni i četvrti konglomeratni član. Započinje novim prodorom mora na sjever. Utjecaj kopna je smanjen, što se vidi po promjeni karaktera sedimentacije,

Na konglomeratima drugog ciklusa talože se vapnenačko-laporni sedimenti (treći vapnenačko-laporni član). Tamo gdje je more prekrilo kredno-paleogenski reljef i opet se uz morsku obalu talože fosiliferni vapnenci s foraminiferama, koraljima i mjestimično znatnijom količinom boksitnih boba. No za razliku od prethodnih ciklusa, u ovom se već na samom početku taloženja vapnenaca i lapora, javljaju ulošci konglomerata i kalkarenita, koji su najprije rijetki i tanki, a idući prema gore (u stupu) postaju sve češći dok konačno ne prevladaju konglomerati četvrtog i najdebljeg konglomeratnog člana, u kome su dosta česte interkalacije (od svega nekoliko milimetara do par metara) litokalkarenita i finozrnatih vapnenaca. Tanki ulošci vapnenaca u nižim dijelovima tog člana sadrže marinske fosile (makroforaminifere, te po koji školjkaš *Cardium*, *Lucina*) i pravo obilje lišća bjelogoričnog drveća. Konglomerati i litokalkareniti pokazuju unakrsne slojevitosti većih dimenzija (metarskih), a u litokalkarenitima i finozrnatim vapnencima, koji se kao interkalacije javljaju u konglomeratama, zapažene su erodirane asimetrične valne brazde visokog indeksa (8 do 10) i erozioni kanali od kojih najveći ima širinu ca 70 cm, a dubinu 50 cm. O oplićivanju svjedoče i pretaloženi kopneni sedimenti Promina naslaga (ugljen, leće ugljena), te valutice priobalnih fosilifernih vapnenaca. Ove osobine pokazuju da se sedimentacija gornjeg dijela trećeg ciklusa odvijala u delti i to povremeno u ambijentu riječnih tokova, a dijelom isključivo pod morem.

PREGLED REZULTATA

U Promina naslagama zastupljeni su ovi litološki članovi: konglomerati, kalkareniti, finoizrnatih vapnenici, laporoviti vapnenici, fosiliferne vapnenici, lapori, gline i ugljen, te raznolike smjese spomenutih članova.

Teksture su česte i raznovrsne, a po postanku singenetske i dijagenetske. To su unakrsna i kosa slojevitost, paralelna laminacija, valne brazde, pukotine isušivanja, tragovi životne aktivnosti crvolikih organizama, vertikalno građirani slojevi konglomerata i litokalkarenita, te raznolike deformacione teksture.

Izvorna oblast, koja je dala tako značajne količine klastičnog materijala, bila je izgrađena gotovo isključivo od karbonatnih sedimentata. Odlikovala se visokim reljefom, koji je za čitavo vrijeme taloženja Promina naslaga obnavljan izdizanjem. Izdizanje je s vremenom postajalo sve intenzivnije, sudeći po porastu količine krupnoklastičnog materijala u slijedu Promina naslaga. Izvorna se oblast prostirala sjeverno od bazena sedimentacije, zauzimajući dio Hrvatske i Bosne. Nije bila fiksnog položaja, već se povlačila prema sjeveru, što je rezultiralo povećavanjem strukturne zrelosti sedimentata idući prema gore u stupu.

Rijeke su iz kopnenog zaleđa donosile obilje detritičnog materijala, upravo zahvaljujući visokom reljefu izvorne oblasti, koja je morala biti relativno blizu.

Dno plitkovodnog bazena bilo je nagnuto prema jugozapadu, a u istom smjeru vršio se i transport. Akumulacija klastita bila je brza. Udio mutnih struja u transportu materijala unutar bazena bio je malen.

Velika debljina Promina naslaga (maksimalno 1100 m) svjedoči o konstantnom produbljavanju bazena sedimentacije. Posljedica toga je transgresivni položaj sve mlađih članova slijeda na sjever (Quitow, 1941a). Spuštanje dna bilo je kompenzirano sedimentima odgovarajuće debljine, pa su se kroz čitavo vrijeme taloženja Promina naslaga miješali, selili i izmjenjivali fluvijatilni, močvarni, lagunarni i marinski ambijenti. Veći dio sedimentacije obavio se u uvjetima delte. Specifična dinamika spuštanja i dizanja izvorne oblasti, odnosno bazena sedimentacije uslovljena je cikličnošću sedimentacije i rezultirala paraličkim kompleksom naslaga. U području Promine ustanovljena su tri ciklusa.

U donjim transgresivnim dijelovima ciklusa sedimentacija se vršila u plitkom moru, koje je ponegdje zbog blizine riječnih ušća bilo oslađeno. Za te dijelove ciklusa karakteristična je mirna sedimentacija laporovitih vapnenaca, finoizrnatih vapnenaca i lapora s rijetkim interkalacijama krupnozrnatih klastita, donešenih klizanjem ili mutnim strujama, iz dijelova bazena bližih obali. Izuzetak je prvi ciklus čiji je transgresivni dio sastavljen uglavnom od krupnozrnatih klastita.

U višim, regresivnim dijelovima ciklusa jača utjecaj rijeka, što se očituje u porastu količine klastičnog materijala i mješovitom facijesu. Sedimentacija je tipično deltaična, a odvijala se u ambijentima tokova delte, u močvarama katkad brakičnim, zaostalim vodama, lagunama i suhom tlu, a povremeno i dijelom pod morem, osobito u drugom i trećem ciklusu.

Iskreno zahvaljujem profesorima dr Miroslavu Tajderu, Donati Nedžla-Devidé i dr Vandí Kochansky-Devidé na savjetima. Nadalje, zahvaljujem se kolegama Ljubi Babiću na korisnim diskusijama, a Ivanu Gušiću za odredbe mikrofosila u valuticama.

Primljeno 14. 1. 1969.

Mineraloško-petrografski zavod
Prirodoslovno-matematički fakultet
Zagreb, Demetrova 1

LITERATURA

- Dainelli, G. (1901): Il Miocene inferiore del Monte Promina in Dalmazia. Pal. Ital. 7, 235-285, Pisa.
- Dietrich, W. O. (1944): Anthracotherium dalmatinum H. v. M. und die Altersfrage der Promina Schichten. N. Jb. Min. Geol. Pal., B, 17-22, Stuttgart.
- Ettingshausen, C. (1855): Die eocäne Flora des Monte Promina. Denkschr. Akad. Wiss. Math. naturw. Cl., 8, Wien.
- Hauer, F. (1852): Gebirgsarten und Petrefacten aus Dalmatien. Jahrb. Geol. Reichsanst. 3/1, Sitzungen, 192-194, Wien.
- Kerner, F. (1894): Über die geologischen Verhältnisse der Gegend von Darnis in Dalmatien. Verh. Geol. Reichsanst. 2, 75-81, Wien.
- Kerner, F. (1896): Geologische Spezialkarte Blatt Kistanje-Darnis, 1 : 75.000. Geol. Reichsanst., Wien.
- Kerner, F. (1901): Erläuterungen zur geologischen Karte Kistanje-Darnis. Geol. Reichsanst., Wien.
- Kerner, F. (1934): Paläogeographie mit besonderer Rücksicht auf die Fehlerquellen. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Kühn, O. (1934): Ein Eozänvorkommen auf Chalkidike. Zbl. Min. usw., B, 165-177, Stuttgart.
- Kühn, O. (1946): Das Alter der Prominaschichten und der innercozänen Gebirgsbildung. Jahrb. Geol. Bundesanst. 91/1, 2, 49-90, Wien.
- Meyer, H. (1856): Briefliche Mitteilungen an F. v. Hauer über Anthracotherium dalmatinum. Jahrb. Geol. Reichsanst. 4, Wien.
- Oppenheim, P. (1902): Über die Faunen des Monte Promina in Dalmatien und das Auftreten des Oligocän in Makedonien. Zbl. Min. etc., 266-281, Stuttgart.
- Pavlovec, R. (1959): Zgornjecočenska favna iz okolice Drniša. Rasprave Slov. Akad. (5), 4, 349-419, Ljubljana.
- Peters, K. (1855): Tertiäre Säugethiere von Monte Promina. Jahrb. Geol. Reichsanst., 6/1, Sitzungen, 184-185, Wien.
- Pettijohn, F. (1957): Sedimentary rocks. Harper & Brothers. New York.
- Quitow, H. W. (1941a): Das Alttertiär des Prominaberges und eine mittelcozäne Gebirgsbildung in Dalmatien. Ber. Reichst. Bodenforsch., 180-187, Wien.

- Q u i t z o w, H. W. (1941b): Stratigraphisch-tektonische Untersuchungen im norddalmatinischen Alttertiär. Jb. Reichsst. Bodenforsch., 62, 422-437, Wien.
- S c h u b e r t, R. (1909): Erläuterungen zur geologischen Karte Novigrad-Benkovac. Geol. Reichsanst., Wien.
- S c h l e h a n, G. u. F o e t t e r l e, F. (1851): Verzeichniss der an die k. k. geologische Reichsanstalt gelangten Einsendungen von Mineralien, Gebirgsarten, Petrefacten u. s. w. Jahrb. Geol. Reichsanst., 2/4, 137-140, Wien.
- S t a c h e, G. (1889): Die liburnische Stufe und deren Grenz-Horizonte. Abhandl. Geol. Reichsanst., 13/1, 2, 1-170, Wien.
- Š i k i ć, D. (1968): Eine vergleichende Darstellung der Entwicklung des jüngeren klastischen Paläogens in Istrien, dem Kroatischen Küstenland und Dalmatien. Geol. vjesnik, 15/2, 329-336, Zagreb.
- V i s i a n i, R. (1858): Piante fossili della Dalmazia. Mem. R. Ist. Veneto sci. lett. arti, 7, Venezia.
- Z u p a n i ć, J. (1968): Deformacione tekture prominskih naslaga Promine. Geol. vjesnik, 21, 235-240, Zagreb.

J. ZUPANIĆ

PROMINA FORMATION OF THE PROMINA MOUNTAIN

The southern part of the Promina mountain (N of Drniš, northern Dalmatia) represents locus typicus (type locality) of the Promina formation.

Before sedimentation of the Promina formation took place, Upper Cretaceous and Palaeogene limestones had been tectonised and a relief had been formed on these rocks. According to various authors the land was invaded by the sea in the Upper Lutetian or Upper Eocene; the youngest sediments were deposited within the interval Upper Eocene-Middle Oligocene.

The basal part of the Promina formation consists of calcirudites (ca 1 m thick) and/or skeletal limestones (1-10 m thick). They pass laterally into various successively deposited transgrading members.

Basal sediments are overlain by the main part of the Promina formation, divided by K e r n e r (1894) into seven members, as follows (with simplified denotations): first conglomerate member, first limestone-marl member, second conglomerate member, second limestone-marl member, third conglomerate member, third limestone-marl member and fourth conglomerate member. Conglomerate members are more resistant than others and steps have been formed (up to 40 m high) on mountain slopes.

1. Lithology

The lithologic composition of the Promina formation is heterogeneous: conglomerate, calcarenite, fine-grained limestone, skeletal limestone, marly limestone, mudston and coal are the main components, however often forming all types of transitional members with each other.

Conglomerate and breccia. Conglomerate is dominant constituent of the conglomerate members, but it also occurs sporadically in the limestone-marl members. Breccia is encountered in the basal complex, and occasionally in the first and the second conglomerate members.

The chief ingredient of the conglomerate are particles of the Upper Cretaceous limestone, some of which contain rudistid debris or globigerinas. The proportion of these particles increases from $\frac{1}{4}$ in the first conglomerate member to $\frac{3}{4}$ in the fourth one. Paleogene (alveoline and nummulite limestone) pebbles are the second main ingredient.

Other constituents are represented in minor proportions which may vary vertically and/or laterally. The Lower Paleogene limestone pebbles with miliolids are frequent in the first conglomerate member, rare in the second one, and practically non-existent in the upper two members. Pebbles of triassic clastics occur in the first conglomerate member at one place only. The proportion of Lower Cretaceous limestone pebbles, dolomite pebbles and angular chert fragments (derived probably from intercalations and/or nodules in Cretaceous carbonates) is somewhat higher in the upper two conglomerate members. The quantity of pebbles of Paleogene flysch quartz-calcarenes does not change vertically.

Besides the particles mentioned above there are several which derive from the earlier deposited rocks of the Promina formation: coal fragments, skeletal limestone, marly limestone pebbles and fragments, and mud pebbles. There are also some limestone pebbles (ca 1/10) of obscure origin.

Textural properties are presented in table 1 showing that the textural maturity increases upwards. No interrelation between origin and grain size has been observed.

Imbrication is rarely present, but measurements could not be carried out because of the hardness of the rocks.

The cement is mainly detrital (calcarenic), but in some cases finely crystalline calcitic or marly cement is present. Conglomerate with marly cement displays gravity deformational structures (detailedly described in Zupanič, 1968). The amount of cement varies, and in some cases is even totally absent.

Calcarenites forms intercalations 1 mm to 1 m thick in both conglomerate and marl-limestone member types. Most calcarenites are of a lithocalcarenic type, while some are of sandy (quartzitic) lithocalcarenic or biocalcarenic composition. The dominant constituents are particles of cryptocrystalline limestone of unknown origin; since grain size decreases, as percentage increases the original rock properties become less discernible. Among the particles of known origin, the most frequent are fragments of Upper Cretaceous micritic limestone with globigerinas, limestone with rudistid debris and Paleogene limestone (with miliolids and/or alveolinas and nummulitids). Debris of fossils is of subordinate quantity and represented by: A) debris of alveolinas, nummulitids and rudistids, originating from older rocks; B) debris of corals, coralline algae, bryozoans, pelecypods, gastropods and macroforaminifers, transported from littoral and/or sublittoral environments and sporadically concentrated. Leaves of deciduous trees are also frequent. Accessory constituents are fragments of pelletal limestone, dolomite, chert, detrital and authigenic quartz.

The CaCO_3 percentage varies from 74,1 to 99,0%. Noncarbonate admixtures are consequently of little importance. 76,3% of the insoluble residue consists of quartz grains (mainly detrital). The rest (23,1-19,4%) includes feldspar, micaceous minerals and heavy minerals (only 0,6-4,3%). Heavy minerals suite is very immature compositionally. A small part of the insoluble residue is represented by particles of silt and pelite grain sizes.

Textural properties do not show any important change vertically or horizontally. The average sorting index is 1,44. Cement is sparry and/or micritic calcite, depending on the recrystallisation degree.

Limestones are of three different types.

1. Thin to thick (2-50 cm) bedded fine-grained limestone and marly limestone are the main components of the limestone-marl members, being occasionally encountered in conglomerate members also. Texture varies from aphanocrystalline to finely crystalline. Land derived particles occur in different quantities and in different ways; as intercalations or lenses, or being dispersed in the limestones. There are all transitional types between the limestones on the one side, and the conglomerates, lithocalcarenites and marls on the other. The CaCO_3 percentage is 70-100%. Insoluble residue is composed mainly of pelite and silt particles. Microforaminifers, pelecypods and gastropods

occur occasionally, but are locally concentrated. Fossil leaves, stems and plant debris on the bedding planes are frequent, the stems being sometimes in living position (perpendicular to the strata). Authigenic pyrite and some quartz can be found occasionally.

2. Laminated, fissile, fine-grained limestone occurs only at one locality as an 1-3 m thick intercalation and at least 2 km long, in the first limestone-marl member. High CaCO_3 percentage (98.8%), lack of fossils and of the land derived material are distinctive properties. The texture is the same as in the first type.

3. Skeletal limestone occurs in the mantle-like basal part of the Promina formation, becoming more younger towards the north (Quitow, 1941a). It consists of numerous marine organisms and their fragments: pelecypods, gastropods, solitary corals, coralline algae, bryozoans, macroforaminifers (and nautilids somewhere). Such an assemblage and the good preservation of a great number fossils point to accumulation in littoral or sublittoral environments after having been carried a short distance along shore from the vicinity of their near-shore living places (except nautilids which were drifted here from the open sea).

Other lithologic components are marl, mudstone and coal.

2. Distributive province, transport and sedimentation basin

Judging by the composition of the Promina clastics, the distributive province was formed almost entirely of carbonate rocks. A very low percentage of insoluble residue is simply explained as a consequence of such composition of the source rocks.

There are compositional and textural changes of conglomerate members from bottom to top. The first and second conglomerate members consist predominantly of Upper Cretaceous and Paleogene limestone pebbles, of a few Paleogene flysch quartz-calcarenite pebbles, and of Lower Cretaceous and maybe partly of Upper Jurassic pelletal limestones. The sorting index is high, roundness low, and the size of the gravel large (table 1). No connection exists between the origin of the pebbles, their roundness, and grain size distribution, proving therefore different transport distances. Upper Cretaceous and Paleogene limestones were high main source rocks.

The third and fourth conglomerate members show some increase in the proportion of Lower Cretaceous and maybe Upper Jurassic limestone pebbles, mesozoic dolomite, chert elements and even of reworked Promina material. Textural maturity is higher than in lower two conglomerate members (table 1). Consequently the transport was longer, the distributive province being at greater distance than at the time the lower two conglomerate members were deposited. Besides the main source rocks (Upper Cretaceous and Paleogene strata) erosion attacked also the older rocks to a considerably greater extent.

The distributive province was able to give a great quantity of detritus because of the high relief. The relief had been kept high by constant raising but it does not mean continuous movement. The raising was intensified during the sedimentation of the Promina formation, amplifying the quantity of clastic material upwards.

A considerable amount of detritus was transported by powerful rivers (seasonally?) from the high mountains with moderate humid climatic conditions.

A lateral decrease in grain size and quantity of coarse clastic material, to the S and SW, gives the transport direction as from N and NE. The average statistical orientation of pebble long axes (14 averages, each comprising 300 pebbles) is 334° and 154° respectively. Channel orientations give similar flow directions. All these data are in accordance, pointing to the general direction of transport to be from NE.

Accumulation was rapid, and mass movements under gravity occurred periodically. That resulted in chaotic masses, load casts, ball and pillow structures, slump folds and pseudobreccias. The orientation of slump fold axes shows a SW slope inclination. A part of a slumping mass could be transferred into suspension, initiating turbidity flow and producing graded bedding. However only a small part of material was transported in this way.

3. Paleogeographic development

The considerable thickness of the Promina formation (1100 m) on the Promina mountain proves a constant subsidence causing a transgressive position of each new level on the dry land to the north (Quitow, 1941a). The sinking was compensated by sediments of corresponding thickness and similar environments were maintained. Compensation was not realising continuously but cyclically, because of the peculiar tectonic dynamics of distributive provinces and basin areas respectively.

Three cycles can be distinguished (annex 1).

First cycle (first conglomerate member, first limestone-marl member - lower part of cycle; second conglomerate member and part of the second limestone-marl member - upper part of cycle).

The composition of the basal conglomerate and the breccias overlying sporadic bauxite pockets is strongly influenced by the kind of base rocks (Paleogene and Upper Cretaceous limestones). They are followed by conglomerates and breccias intercalated by lithocalcarenes, fine-grained limestones and subordinated marls, sandy and carbonaceous marls and mudstones. Some slump structures and graded beds occur. Branch and root fragments, and leaves of deciduous trees also occur.

First limestone-marl member includes marl, fine-grained limestones with rare thin intercalations of fossil lagoonar fine-grained limestone, dark marl, carbonaceous mudstone and coal. Stems, leaves and plant debris being sometimes in living position, as well as mud pebbles, originated on mud flat by dessication and reworking after inundation, can also be found.

In the upper part of the first cycle two areas can be distinguished laterally. In the NE there is a heterogeneous sequence of rocks represented by the lower part of the second limestone-marl member. It consists of swamp and stagnant water deposits: mudstone, conglomeratic mudstone, marl and coal (Siverić and Tepljuv mines) with *Helix* and remains of *Prominaherium dalmatinum* Teller, fresh water and brackish pelecypods and gastropods (*Cyrena*, *Unio*, *Melania*, *Melanopsis*, *Cerithium*, *Planorbis*, *Limnaea* (Oppenheim, 1902; Kühn, 1946). Fresh water and land plants reported by Ettingshausen (1855) have also been found. Some erosional channels in the marl are filled with conglomerate comprising some marl fragments.

In the SW, on the other hand, there is a gradual increase of land derived material. Occasional and thin beds of lithocalcarene and conglomerate begin to intercalate with marl and fine-grained limestone. They become more and more frequent and thicker going upwards, and finally coarse clastics (second conglomerate member), carried by powerful streams have been deposited. Besides the rounded particles, subangular to angular particles are also present. Some boulders (up to 2 m ϕ) occur here and there. Rapid accumulation has caused compaction folds.

In consideration of all that has been mentioned above, the first cycle started in near-shore marine conditions, and continued in an extremely shallow fresh to brackish water environments, here and there temporary emerging (mud pebbles), but being permanently in the vicinity of river mouths. Somewhere lagoon environment occurred. The cycle terminated with typical delta conditions. In the NE there were marshes and swamps, temporarily covered with brackish water, in addition to the abandoned channels, some distributaries and sometimes locally dry land. The SW territory was at the same time situated near the main channels of powerful streams (torrential). The source area was in the immediate vicinity, providing a great quantity of immature clastics in a short time.

Second cycle includes the major part of the second limestone-marl member, and the whole third conglomerate member. The regressive phase of the first cycle was followed by a new transgression. The sea extended again to the north. Where the sea inundated the land composed of Cretaceous and Paleogene limestones, sedimentation began with breccias containing exclusively basement fragments, with bauxitic cement somewhere. They were followed by sublittoral (may be partly littoral) skeletal limestone (1-10 m

thick) comprising near the shore organisms accumulated in the immediate vicinity of their living places. They are overlain by marine marly limestone, fine-grained limestone (70–100% CaCO_3), and marl with rare globigerinas and other microforaminifers.

Where the sea invaded deltaic (mainly fresh water) environments, the second cycle began with breccia including fragments of the regressive part of the first cycle (coal, carbonaceous marl), in addition to the fragments of Upper Cretaceous limestone. However, erosion and/or abrasion during the northward attack of the sea or before it, was of little importance. In this breccia reworked bryozoans, coralline algae and corals transported from the former littoral and sublittoral environments also occur. The breccia is overlain by marine marly limestone, fine-grained limestone and marl, containing rare globigerinas and other microforaminifers.

In the SW, where the first cycle finished with coarse clastics and somewhere with fine-grained marly limestone, and marl with coal, the new cycle began with marly limestone, fine-grained limestone and marl, containing locally abundant marine and brackish pelecypods and gastropods. As is evident, the sedimentation was equalized all over the Promina region, which had become a marine environment, with perhaps some brackish influence.

In the upper, regressive part of the cycle, there is an upward increase in the percentage and grain size of the clastics forming intercalations (some mm to 1m thick) in the limestone. They are graded laterally to S and SW, and some are also vertically graded intercalations. Rapid clastic sedimentation on the south-westwardly sloped bottom, caused gravity mass movements (load casts, slump folds, chaotic mass, pseudo-breccias, ball and pillow structures etc.) Sporadically, mud cracks can be also found.

The terminal part of the second cycle is represented by rapidly accumulated current bedded conglomerate (third conglomerate member). Rapid accumulation caused compaction folds at the contact with the underlying hydroplastic rock. This member includes erosion channels. Some pebbles of sublittoral and littoral skeletal limestone are also found.

In general, the second cycle began in predominantly marine environments near river mouths, changing upwards to a deltaic environment with coarse clastics.

The third cycle began with marine limestone and marl (third limestone-marl member). In the second cycle a new portion of land was invaded by the sea, and skeletal limestone was deposited near the shore, like a mantle on an uneven basement composed of Upper Cretaceous and Paleogene limestones. Regressive sediments of the second cycle, as well as the above mentioned skeletal limestone were followed by fine-grained marine limestone and marl, but as distinct from the two lower cycles calcarenite and conglomerate immediately started to intercalate them. These intercalations become more and more frequent going upwards, and the cycle terminates with a cross bedded conglomerate (fourth conglomerate member), which today forms the mountain top. This member includes rare thin intercalations of marine limestone containing pelecypods (*Cardium*, *Lucina*), macroforaminifers and a great quantity of deciduous leaves. Consequently the terminal sedimentation of the third cycle was carried out in a deltaic environment (partly submarine, partly subaerial).

Received 14th January 1969.

Department of mineralogy and petrography,
Faculty of Science, Zagreb,
Demetrova 1

Zužanič: Promina naslage planine Promine

GEOLOŠKI STUPOVI PROMINA NASLAGA PLANINE PROMINE GEOLOGICAL COLUMNS OF PROMINA FORMATION ON PROMINA MOUNTAIN

