

GABRIELE CARANNANTE (*), TOMMASO COCOZZA (**)
BRUNO D'ARGENIO (*), ILIO SALVADORI (***)

CARATTERI DEPOSIZIONALI E DIAGENETICI
DELLA « DOLOMIA RIGATA »
DEL CAMBRICO INFERIORE DELLA SARDEGNA

RIASSUNTO. — Sono state studiate alcune sezioni del Cambrico inferiore dell'Iglesiente-Suleis (Sardegna sud-occidentale) che rappresentano la parte bassa della *Formazione del Metallifero*, conosciuta in letteratura con il nome di « *Dolomia rigata* ».

Le sezioni studiate (Antas, Canale Bingias e Monte Tasua) possono correlarsi dal punto di vista deposizionale e diagenetico sia nella parte inferiore (cioè al passaggio fra le ultime arenarie con intercalazioni carbonatiche e la « *Dolomia rigata* » s.s.), sia all'altezza di due superfici di erosione con spessi « paleosuoli » ferrosi.

L'ambiente deposizionale è prevalentemente di tipo sopralittorale-littorale e, più raramente, sublittorale o « continentale ». Nel suo complesso la successione è infatti composta da numerosi ciclotemi, caratterizzati da ritmi di vario tipo, nei quali si possono distinguere: (a) un membro di ambiente sopralittorale-littorale (dolomie loferitiche), che si alterna sia (b) ad un membro di ambiente infralittorale (doloareniti e doloruditi), sia (c) ad un membro « continentale » che rappresenta un momento di emersione più o meno prolungata (« paleosuoli » ferrosi). Questo membro, presente a più livelli, si è presumibilmente formato in aree di tipo palustre.

L'evoluzione diagenetica, controllata nelle sue fasi precoci dalle ripetute variazioni batimetriche, è avvenuta in misura limitata nel dominio dell'ambiente marino e prevalentemente in ambiente sia freatico che vadoso, fino a sviluppi di processi paleocarsici.

(*) Istituto di Geologia e Geofisica dell'Università di Napoli - Largo San Marcellino, 10, 80138, Napoli.

(**) Istituto di Geologia dell'Università di Siena - Via delle Cerchia, 3, Siena.

(***) Istituto di Geologia dell'Università di Cagliari - Sa' Duchessa, Cagliari.
Lavoro eseguito con il contributo del Consiglio Nazionale delle ricerche.
Contratti n° 72.000278.05 e n° 73.00020.05/115.0229.

ABSTRACT. — The «*Dolomia Rigata*» (lower member of the *Metallifero Formation*), a part of the Cambrian carbonatic sequence of Iglesias-Sulcis (SW Sardinia) has been studied.

Three sections of lower Cambrian age have been sampled in the Antas, Canale Bingias and Monte Tasua areas. The measured thickness is of 70, 120 and 140 meters respectively; both the depositional and the early diagenetic characteristics of the sequence have been analyzed and two thick erosional horizons, with conformable iron rich «paleosoils», have been used for a tentative correlation.

Three main lithofacies have been distinguished:

- a) *loferitic dolomites* (peloidal, intraclastics, loferitic doloarenites, grading to dolorudites and laminated dololutes);
- b) *doloarenites and dolorudites*: (non laminated, intraclastic, bioclastic doloarenites, grading to dolorudites and non laminated dololutes);
- c) *iron rich «paleosoils»*: lenticular levels mainly formed by goethite and pyrite-marcasite.

The depositional environment has been interpreted: (a) for the loferitic dolomites as tidal-supratidal; (b) for the doloarenites-dolorudites, as subtidal (infra-littoral) and (c) as drying up swamps or bog-lakes developed on tidal flats for the iron rich «paleosoils».

The above lithofacies are arranged in repetitive rhythms so that the correspondent depositional environments are cyclically going from sublittoral to littoral-supralittoral and, sometimes, to «continental» regimes, giving rise to several cyclothems.

The syndiagenetic evolution of the sediments is controlled by the iterative bathymetric oscillations that have superimposed on a normal marine regime (early cementation and early dolomitization) a phreatic-meteoric and a vadose regime, giving sometime origin also to paleokarstic processes.

1. - Introduzione.

Nella Sardegna sud-occidentale affiora una successione di età cambrica costituita, come è noto, da tre unità litostratigrafiche denominate informalmente: «*Formazione delle Arenarie*» (Cambrico inf.), passante per alternanze verso l'alto alla «*Formazione del Metallifero*» (Cambrico inferiore-medio?), seguita infine dalla «*Formazione di Cabitza*» (Cambrico medio).

Nella «*Formazione del Metallifero*» è possibile distinguere un membro inferiore denominato «*Dolomia rigata*» che passa in alto a due membri, parzialmente eteropici tra loro: «*Dolomia grigia massiva*» e «*Calcicare ceroide*» (Cocozza e altri, 1974).

Questo studio, di cui si danno i primi risultati, riguarda i caratteri deposizionali e diagenetici della «*Dolomia rigata*» che affiora

nell'Iglesiente e, più limitatamente, nel Suleis, tutt'intorno ad una struttura blandamente cupolare costituita da terreni della « *Formazione delle Arenarie* ».

La « *Dolomia rigata* » segna dovunque in Sardegna il passaggio dalla sedimentazione elastica a quella carbonatica. La sua età cambriaca inferiore è stata di recente confermata anche da RASETTI (1972).

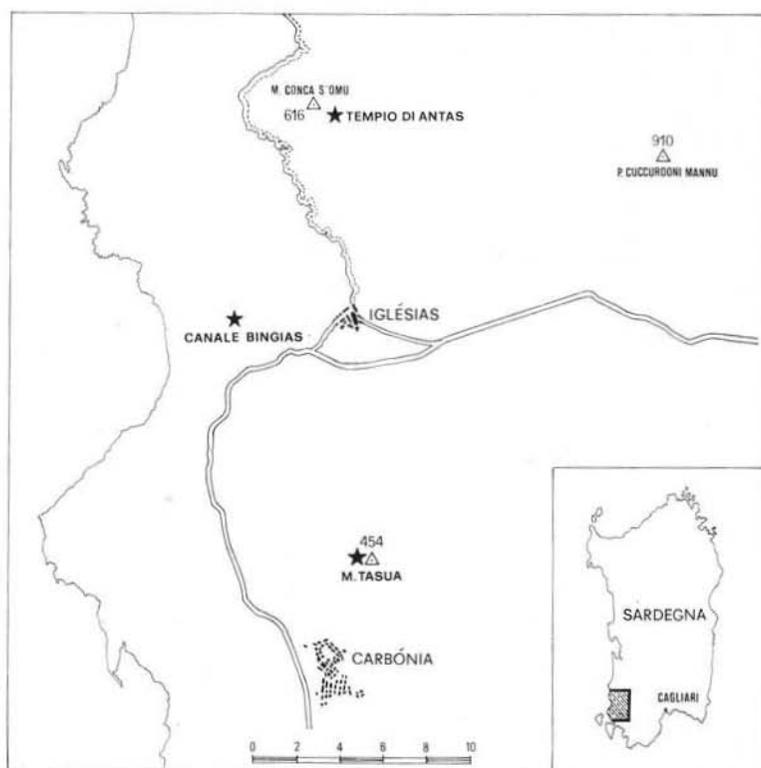


Fig. 1. — Localizzazione delle sezioni studiate.

Sono state studiate tre sezioni situate (fig. 1) presso il Tempio di Antas, in località Canale Bingias e sul versante meridionale del Monte Tasua. Gli spessori misurati a partire dalle ultime intercalazioni di arenarie sono, rispettivamente, di circa metri 70, 120 e 140.

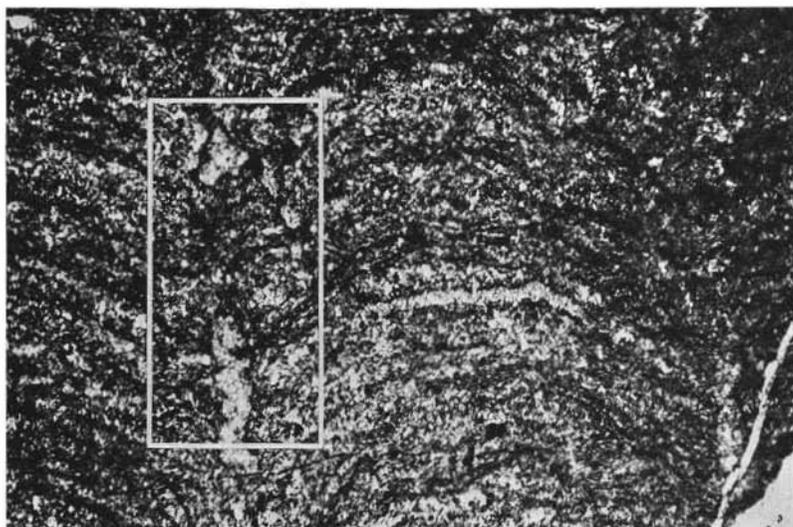


Fig. 2. — Versante meridionale del Monte Tasua, Formazione del Metallifero, membro della Dolomia rigata, Cambriico inferiore. Dolomie loferitiche. Le lamine stromatolitiche originano strutture domiformi di tipo SH. Le due grosse cavità che compaiono nel riquadro separano fra loro due di tali strutture. Sono inoltre visibili, fra le lamine costituenti i duomi, cavità di vario tipo (condromorfe, trapezomorfe e prismatiche). Queste cavità hanno una origine complessa, derivando inizialmente da processi di disidratazione che hanno allargato gli spazi tra le singole strutture domiformi; queste, per un certo tempo, hanno continuato a svilupparsi individualmente, per cui tra i duomi si sono andate formando cavità allungate più o meno verticalmente; successivamente i duomi stromatolitici sono stati riuniti tra loro ad opera di gruppi di lamine che hanno ricoperto gli spazi verticali rimasti liberi. La occlusione finale di questi spazi è posteriore almeno alla dolomitizzazione precoce delle lamine stromatolitiche.

Positivo da sez. sottile; nicols =, 40 ×

Fig. 3. — Versante meridionale del Monte Tasua, Formazione del Metallifero, membro della Dolomia rigata, Cambriico inferiore. Dolomie loferitiche. Due cavità, allungate verticalmente tra le strutture domiformi della figura precedente, occluse da un mosaico di drusa di dolospatite.

Positivo da sezione sottile; nicols =, 150 ×

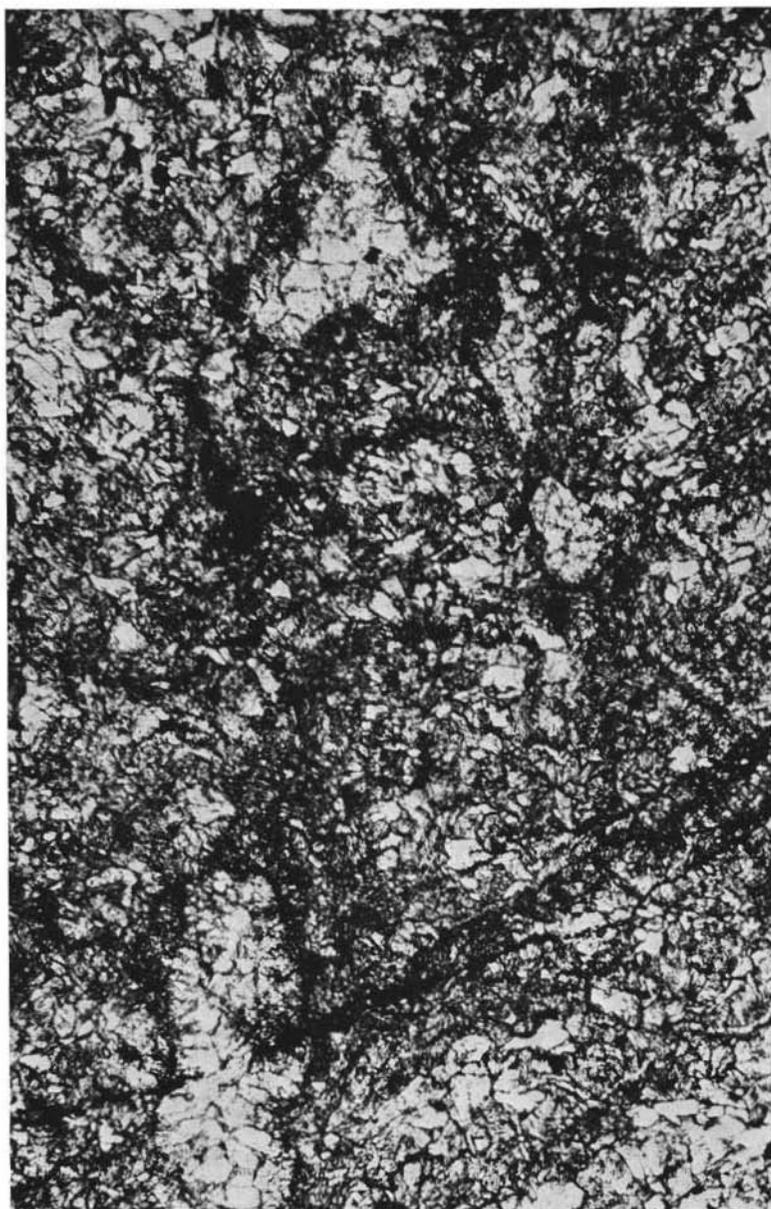


Fig. 3.

Le litofacies distinguibili in tutte e tre le sezioni sono le seguenti:

- a) dolomie loferitiche;
- b) doloareniti e doloruditi;
- c) « paleosuoli » ferrosi.

Esse sono tra loro ritmicamente alternate e formano dei ciclotemi indicanti ripetute variazioni delle condizioni di deposizione e di diagenesi.

Di ciascuna litofacies si daranno i principali caratteri deposizionali e diagenetici e si tenterà una ricostruzione ambientale.

2. - Dolomie loferitiche.

2.1. - *Litologia.*

Questi depositi sono costituiti da due litotipi: a) doloruditi e doloareniti loferitiche ad intraclasti e peloidi, b) dololutiti laminate. Gli strati hanno colore da grigio scuro a biancastro, con laminazioni talora evidenti anche macroscopicamente a causa della differenza di colorazione.

Morfologicamente le lamine sono riferibili a stromatoliti del tipo LLH ed SH (figg. 2 e 3); questo ultimo tipo di lamine costituisce delle strutture domiformi di altezza superiore alla decina di centimetri, in cui sono chiaramente distinguibili lamine chiare, costituite da dolospatite, e lamine scure, costituite da piccoli intraclasti neri e da microcristalli di dolomite.

Si notano inoltre cavità, talvolta di lunghezza superiore al millimetro e di altezza di uno o più decimi di millimetro, allungate parallelamente alle lamine e riempite da grossi cristalli di dolospatite (fino ad un ventesimo di millimetro).

Talvolta i mosaici di dolomite riempienti le cavità hanno caratteri che possono farla considerare primaria. Altre piccole cavità sia trapezomorfe che condromorfe sono inoltre diffuse negli strati dolomitici laminati.

In molti casi le lamine appaiono profondamente brecciate: la dislocazione dei singoli frammenti non è tuttavia tale da impedire di riconoscere la continuità delle primitive strutture (fig. 4).

Gli spazi interlaminari sono occupati da dolospatite con mosaico di drusa, più raramente tra le lamine compare sedimento interno (silt vadoso?).



Fig. 4. — Tempio di Antas, Formazione del Metallifero, membro della Dolomia rigata, Cambriaco inferiore. Dolomie loferitiche. Nella parte bassa della figura sono visibili grosse cavità trapezomorfe tra lamine di tipo LLH; nella parte centrale si può notare un vistoso scollamento tra due pacchi di lamine, con conseguente loro frammentazione parziale. Questa deformazione è seguita da una ulteriore crescita delle lamine che inglobano anche parte dei frammenti precedenti. Le cavità sono sempre riempite da un mosaico di drusa di dolospatite. Positivo da sez. sottile, nicols =, 40 ×

Infine tra i sedimenti laminati sono stati talvolta notati piccoli canali (della profondità di qualche millimetro) riempiti da peloidi o piccoli intraclasti.

2.2. - Ambiente deposizionale.

La presenza di sedimenti laminati micritici o a peloidi, che alla dissoluzione in HCl al 2% hanno dato, insieme a residui insolubili, filamenti algali (fig. 5) associati a strutture dovute a disseccamento (cavità condromorfe e trapezomorfe) e la diffusa brecciatura (che, al-

meno in parte, potrebbe derivare da processi di calcificazione), permette di considerare queste dolomie come depositi di ambiente litto-

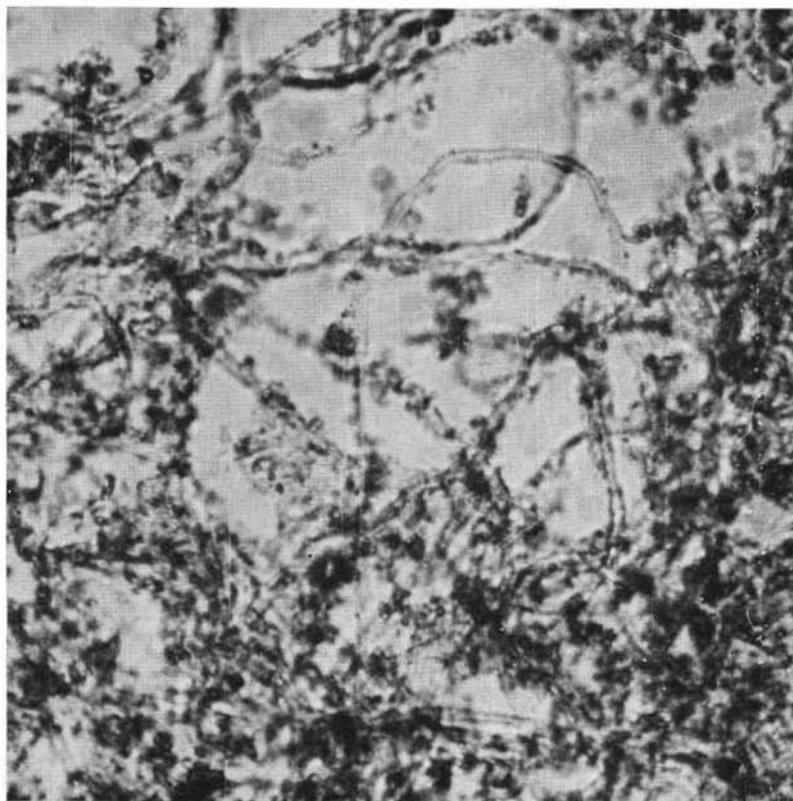


Fig. 5. — Versante meridionale del Monte Tasua, Formazione del Metallifero, membro della Dolomia rigata, Cambriico inferiore. Dolomie loferitiche. Filamenti algali costituenti un tipico feltro, ottenuti mediante dissoluzione in HCl al 2% di frammenti di dolomia loferitica. Il diametro dei filamenti è di circa 2 micron.

rile-sopralittorale nel quale ha avuto anche luogo la successiva diagenesi precoce (in particolare il disseccamento, con i processi concomitanti di soluzione e occlusione delle cavità, e l'inizio della dolomitizzazione). Tale localizzazione ambientale può essere avvalorata dal

riconoscimento di caratteri primari nei mosaici dolomitici che colmano alcune delle cavità da disseccamento (fig. 6).

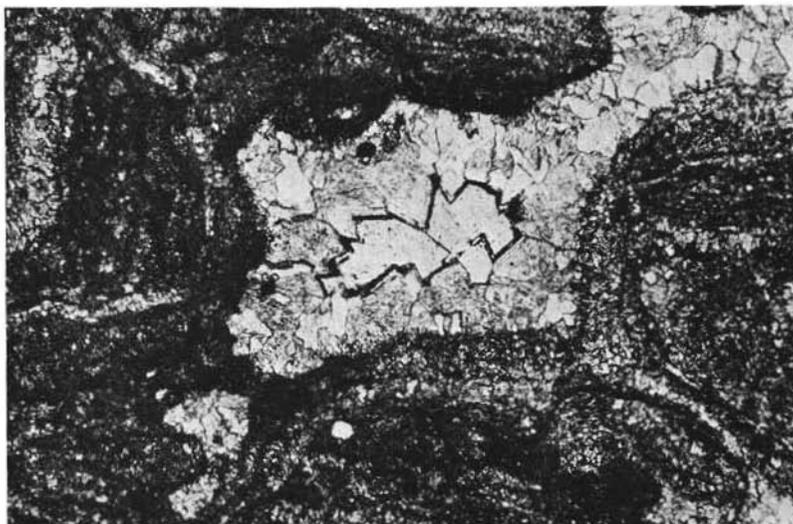


Fig. 6. — Canale Bingias, Formazione del Metallifero, membro della Dolomia rigata, Cambrico inferiore. Dolomie loferitiche. Cavità intragranulari tra gli oncoidi. I cristalli di dolospatite, caratterizzati da un tipico aumento delle dimensioni procedendo verso il centro della cavità, in questo, come nella maggior parte dei casi analoghi, appaiono di origine primaria.

Positivo da sez. sottile, nicols =, 110 ×

3. - Doloareniti-doloruditi ad intraclasti e bioclasti e dololuti.

3.1. - *Litologia.*

Questa litofacies si presenta in strati generalmente non laminati, anche se talvolta può intravedersi una incerta laminazione.

E' possibile distinguervi i seguenti litotipi: *a*) doloareniti a intraclasti, bioclasti e peloidi, *b*) dolomie oolitiche, *c*) doloruditi a oncoidi e intraclasti, *d*) dololuti. In tutti e tre i primi litotipi è presente, in misura variabile, una certa percentuale (max 30%) di matrice dolomicritica.

La dolomitizzazione spesso impedisce di riconoscere la natura dei granuli costituenti; sono visibili però in alcuni casi notevoli quantità

di frammenti di gusci di non agevole attribuzione (*Linguliti?*) orientati parallelamente alla stratificazione.

Nelle dolomie oolitiche, che si presentano sotto forma di orizzonti lenticolari di pochi centimetri di spessore, le ooliti sono spesso mescolate con altri clasti delle stesse dimensioni; questi clasti sono arrotondati e appena rivestiti (ooliti superficiali). Talvolta le ooliti sono disposte in ripetute lamine gradate e a luoghi silicizzate.

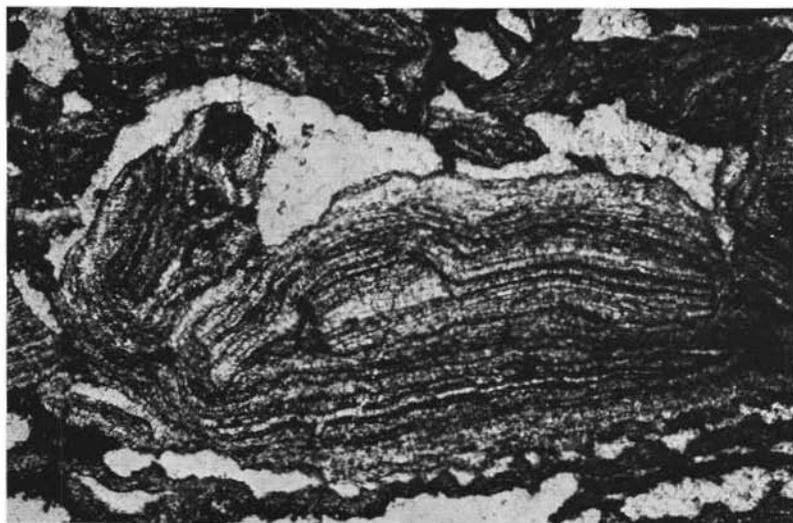


Fig. 7. — Versante meridionale del Monte Tasua, Formazione del Metallifero, membro della Dolomia rigata, Cambriaco inferiore. Doloruditi ad intraclasti e bioclasti. Oncolite con frammenti di dolomia laminata al nucleo, il quale mostra ripetute fasi di rivestimento. In basso si possono notare lamine di tipo loferitico. Le cavità (da disseccamento, intergranulari e intragranulari) sono riempiti da mosaici di drusa di dolospatite.

Positivo da sez. sottile, nicols =, 40 ×

Nelle doloruditi a oncoliti e intraclasti, questi ultimi sono quasi sempre costituiti da frammenti di dolomie laminare (fig. 8) o di dolomie a peloidi, hanno forma allungata e non mostrano in genere embriatura; talvolta i clasti sono quasi esclusivamente formati da grossi grumi di dololutite.

Gli oncoidi hanno dimensioni che possono superare il centimetro e risultano spesso costituiti da un nucleo formato da un intraclasto loferitico attorno a cui si succedono lamine formate da piccoli clasti o peloidi (fig. 7).

3.2. - *Ambiente deposizionale.*

Non disponiamo di molti elementi per definire senza qualche incertezza l'ambiente deposizionale di questa litofacies.



Fig. 8. — Versante meridionale del Monte Tasua, Formazione del metallifero, membro della Dolomia rigata, Cambriico inferiore. Doloruditi ad intraclasti e bioclasti. Particolare di una dolomia laminata costituente il nucleo dell'oncoide della fig. 7. Positivo da sez. sottile, nicols =, 270 ×

Esso può essere, in prima approssimazione, considerato di tipo infralitorale, perchè i relativi sedimenti sono ripetutamente intercalati a depositi di ambiente sopralitorale; ciò fa ritenere bassa la profondità. D'altro canto la matrice, anche se non prevalente, implica una turbolenza da bassa a moderata. La presenza di ooliti in depositi certamente diversi da quelli in cui questi granuli originariamente si formarono, richiede una certa circolazione che, oltre a produrre e a

trasportare i grumi micritici, potesse disperdere anche le ooliti, tipiche di zone ad elevata turbolenza. Questa circolazione era presumibilmente controllata dai canali di marea in un'area di tipo lagunare.

I processi diagenetici di cui abbiamo evidenza sono essenzialmente processi di dolomitizzazione, che potevano accentuarsi periodicamente, durante cioè il dominio degli ambienti litorali-sopralittorali in cui avveniva la deposizione degli intervalli stromatolitici intercalati.

4. - « Paleosuoli » ferrosi.

4.1. - *Litologia.*

Nella successione si incontrano a più riprese livelli ferrosi che hanno degli spessori variabili da qualche centimetro a quasi 4 metri.

Dai dati rilevabili anche in miniera questi orizzonti hanno un andamento lenticolare e giacciono su chiare superfici di erosione con troncatura degli strati sottostanti, mentre sono coperti in netta concordanza dai depositi carbonatici successivi. Uno di questi orizzonti appare nella sezione di Antas di particolare importanza sia per continuità che per spessore.

Dal punto di vista mineralogico essi sono formati da goethite alla quale si aggiunge talvolta del solfuro di ferro sotto forma di pirite e/o di marcasite. Il contenuto in ferro è molto elevato e, laddove l'orizzonte appare prevalentemente goethitico, supera anche il 50%.

Sono presenti anche silice (4-12%) ed elementi minori. Tra questi ultimi, le analisi eseguite su campioni prelevati in miniera hanno rivelato rame, alluminio, manganese, piombo e zinco, il quale raggiunge valori anche elevati (tra 0,5 e 1,5% di ZnO). Sono inoltre presenti arsenico, zolfo e tracce di fosforo.

4.2. - *Interpretazione ambientale.*

Questi livelli per la loro giacitura su superfici erosive rappresentano depositi di tipo continentale. Attualmente difatti simili associazioni di minerali di ferro si formano nelle aree palustri del delta del Mississippi dove HO e COLEMAN (1969) hanno trovato pirite (che precocemente sostituiva materiali e strutture organiche) associata a siderite. Associazioni a siderite e a solfuri di ferro sono noti anche nelle piane di marea (BLATT, MIDDLETON e MURRAY, 1971).

Nel nostro caso la grande abbondanza di goethite può derivare da

analoghi depositi a marcasite e/o pirite e non è da escludere che, inizialmente, fosse presente anche una certa quantità di siderite, così come avviene in altri depositi paleozoici in cui la marcasite e/o la pirite si rinvenivano associate appunto a siderite.

5. - Rapporti tra le litofacies.

I sedimenti appartenenti alle tre litofacies ora distinte costituiscono corpi stratiformi che si succedono con ritmi costantemente ripetuti. Questi ritmi di regola sono dati da: *a*) dolomie loferitiche, *b*) doloareniti-doloruditi a intraclasti e bioclasti e dololutiti, *c*) « paleosuoli » ferrosi.

Le interpretazioni ambientali proposte per le litofacies consentono di ricostruire le seguenti successioni di eventi: deposizione di dolomie loferitiche in ambiente litorale-sopralitorale seguita da deposizione in ambiente infralitorale di doloruditi-doloareniti-dololutiti (fase di tipo trasgressivo) a cui seguono ancora dolomie loferitiche di ambiente litorale-sopralitorale (fase di tipo regressivo), questi sedimenti possono essere tagliati da una superficie di erosione sulla quale poggiano depositi ferrosi di ambiente « continentale » (presumibilmente formati in aree di tipo palustre).

Ciascun ritmo rappresenta un ciclo deposizionale completo (ciclo-tema), che può naturalmente presentare numerose variazioni. Le principali consistono: *a*) nell'assenza dei depositi di ambiente sopralitorale-litorale trasgressivi e/o regressivi; *b*) nella presenza di depositi ferrosi sulle superfici di erosione, in corrispondenza delle quali, talvolta, *c*) si ritrovano anche livelli di breccie e, infine, *d*) nell'assenza di superfici erosive ben delineate.

L'analisi dettagliata delle tre sezioni, che sono disposte lungo una fascia orientata da SW a NE, mostra sia una diminuzione dello spessore totale dei sedimenti che della frequenza dei depositi sublitorali e delle superfici di erosione, mano a mano che si procede verso SW, mentre nella stessa direzione si osserva un concomitante aumento della frequenza dei depositi stromatolitici.

E' tuttora in istudio un tentativo di correlazione di queste sezioni su basi litostratigrafiche, prendendo in considerazione i più alti livelli arenacei, le principali superfici di erosione e un orizzonte erosivo con spessi « paleosuoli » a metà della successione.

Le variazioni verticali osservabili nei cieli riflettono naturalmente delle variazioni orizzontali tra i limiti dei domini sedimentari; è possibile infatti identificare almeno due principali ambienti deposizionali: un ambiente di tipo lagunare, con una circolazione moderata, in cui si sono deposte le dolomie intraclastiche e forse una parte delle dolomie stromatolitiche, facente passaggio lateralmente (cioè verso l'attuale estremità sud-occidentale della fascia studiata) ad aree littorali-sopralittorali colonizzate essenzialmente dagli stromatoliti; in cui si formavano prevalentemente i depositi loferitici;

Il margine nord-orientale (esterno) dell'ambiente lagunare non risulta chiaramente dalle situazioni osservate in campagna. Considerazioni di carattere regionale (COCOZZA e altri, 1974) fanno ritenere che le facies di mare aperto per l'intera successione cambrica fossero ubicate verso aree attualmente poste ad oriente della suddetta fascia presa in esame.

Ciò apre la via a tre possibilità per le aree infralittorali:

- che non avessero margini ben definiti;
- che esistessero margini rappresentati da strutture biocostruite e/o da barre oolitiche (ooliti, chiaramente trasportate, sono presenti nella successione);
- ovvero che i margini fossero rappresentati da allineamenti di aree sopralittorali caratterizzate da loferiti che, per la loro rigidità, derivante da litificazione precoce, potevano appunto esplicare un tale ruolo.

Qualunque fosse la distribuzione originaria delle facies, la deposizione è stata più volte interrotta da inequivocabili fasi di emersione che hanno profondamente influenzato l'evoluzione diagenetica dei materiali già depositi, giungendo fino a processi di carsificazione sia superficiali che ipogei.

A questi processi sono da collegare, in superficie, i depositi di tipo continentale e, nel sottosuolo, i riempimenti delle cavità da disseccamento e delle cavità di tipo carsico, che sono ocluse non solo da calcite e dolomite « primaria », ma anche da barite. Quest'ultima, rispetto ai sedimenti in cui è contenuta, appare, in tutti i casi finora da noi studiati, un prodotto postdeposizionale, anche se connesso con i ricorrenti processi diagenetici ed epigenetici precoci.

BIBLIOGRAFIA

- BLATT H., MIDDLETON G. e MURRAY R. (1972) - *Origin of sedimentary rocks*. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, xx-634.
- BRUSCA C. & DESSAU G. (1968) - *I giacimenti piombo-zinciferi di S. Giovanni (Iglesias) nel quadro della geologia del Cambrico Sardo*. Ind. Mineraria, 19 (2^a serie), 474-494, 533-556, 597-609.
- COCOZZA T. (1969) - *Slumping e breccie intraformazionali nel Cambrico medio della Sardegna (nota preliminare)*. Boll. Soc. Geol. It., 88, 71-80.
- COCOZZA T., JACOBACCI A., NARDI R. & SALVADORI I. (1974) - *Schema stratigrafico-strutturale del Massiccio Sardo-corso e minerogenesi della Sardegna*. Mem. Soc. Geol. 13, 186 pp.
- D'ARGENIO B. (1966) - *Le facies littorali mesozoiche nell'Appennino meridionale*. Boll. Soc. Nat. Napoli, LXXV, 497-552.
- GANDIN A., PADALINO G., TOCCO S. & VIOLO M. (1973) - *Un esempio di deposizione stratiforme di barite nella «Dolomia Rigata» del Cambrico della Sardegna sud-occidentale. Tentativi di correlazione tra ambiente di sedimentazione e la precipitazione del solfato di bario. Nota prima*. Boll. Soc. Geol. It., 92, 329-34.
- HO C. & COLEMAN J. M. (1969) - *Consolidation and Cementation of Recent Sediments in the Atchafalaya Basin*. Geol. Soc. Am. Bull., 80, 183-192.
- RASETTI F. (1972) - *Cambrian Trilobite faunas of Sardinia*. Acc. Naz. dei Lincei, Roma, 11, 100 pp., PL. XIX.