

SEDIMENTAZIONE CICLICA NEL TRIAS LOMBARDO: OSSERVAZIONI E PROSPETTIVE

FLAVIO JADOUL & MARIO GNACCOLINI

Key-words: Stratigraphy, High-frequency cycles, Trias, Lombardy, Southern Alps.

Abstract. High-frequency cycles are widespread in the whole Triassic succession of Lombardy (Southern Alps). These cycles characterize depositional environments ranging from continental to shallow marine to basinal, with carbonate or mixed sedimentation; their thickness is from several metres to a few millimetres. They are inferred to be the result of cyclic phenomena such as eustatic and/or tectonically controlled sea level oscillations and long term to seasonal climatic changes. The time interval covered by each of these cycles spans from the "Milankovian band" to annual.

The examined Triassic succession has been arranged in depositional sequences, tentatively correlated with the third order cycles of Haq et al. (1988).

Premessa.

In questi ultimi anni un numero sempre crescente di pubblicazioni scientifiche è stato dedicato all'esame della sedimentazione ciclica, in particolare ai cicli ad "alta frequenza", corrispondenti ad intervalli-tempo compresi nella cosiddetta "banda milankoviana".

Cicli ad "alta frequenza" sono stati riconosciuti in depositi formati in svariate situazioni ambientali: in successioni calcareo-marnose o essenzialmente calcaree emipelagiche o pelagiche; in successioni carbonatiche peritidali; in sedimenti di ambiente lacustre; in depositi evaporitici; in successioni costituite da sedimenti di ambiente da continentale a marino di acque basse (Fischer, 1986, 1988).

Tra gli esempi che riguardano l'Italia, possiamo ricordare:

a) i cicli identificati in alcune successioni pelagiche ed emipelagiche mesozoiche (Maiolica, Marne a Fucoidi, Scaglia Bianca) dell'Appennino centrale (Arthur & Premoli Silva, 1982; Schwarzacher & Fischer, 1982; Fischer & Schwarzacher, 1984; Fischer et

al., 1985; Premoli Silva et al., 1989), presumibilmente collegabili a variazioni di produttività a loro volta connesse al ciclo di precessione ed al ciclo breve dell'eccentricità;

b) i cicli riconosciuti in varie località delle Alpi Meridionali in successioni carbonatiche mesozoiche di piattaforma (Bosellini, 1967; Gnaccolini & Mattavelli, 1969; Hardie et al., 1986; Bosellini & Hardie, 1988; Goldhammer et al., 1990; Gnaccolini & Jadoul, 1990; ecc.), per i quali attualmente si ritiene preminente un controllo eustatico, nell'ambito delle frequenze milankoviane;

c) i cicli segnalati in alcune successioni calcareo-argillose di acque basse nel Trias superiore delle Alpi Meridionali (Masetti et al., 1989; Stefani & Golfieri, 1989; Gnaccolini & Jadoul, 1990; Burchell et al., 1990), per i quali sono state ipotizzate oscillazioni eustatiche ad alta frequenza.

In questa nota gli scriventi propongono una breve rassegna dei casi di sedimentazione ciclica riscontrati finora nel Trias superiore e medio delle Prealpi Lombarde, segnalando nel contempo ulteriori possibilità di ricerche nell'ambito di un tema così appassionante.

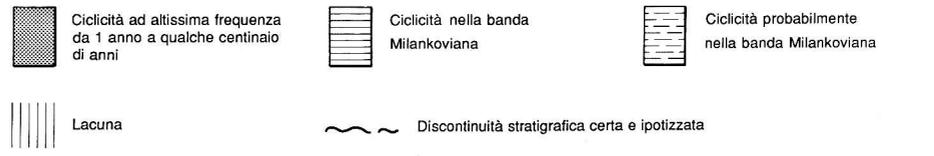
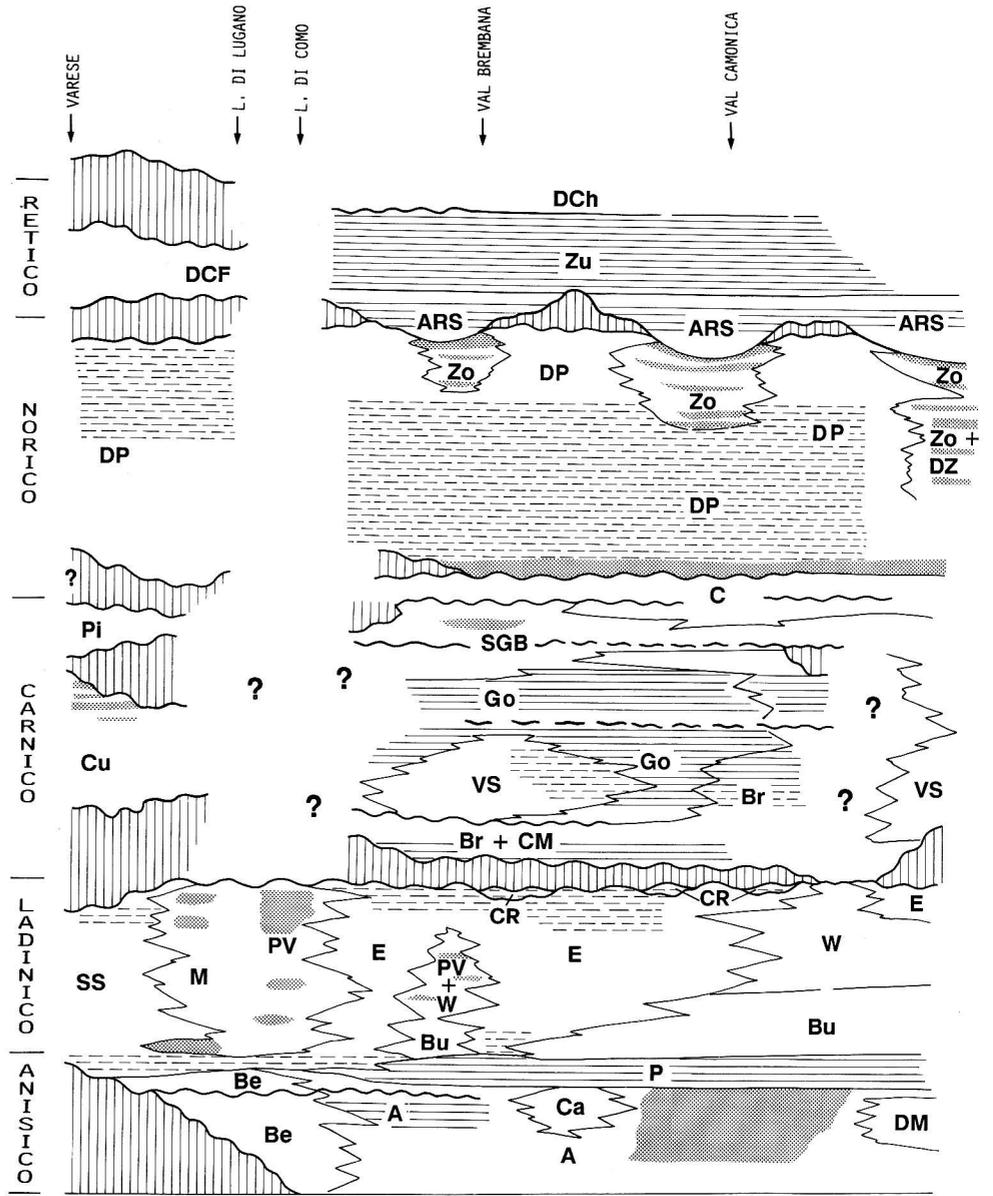
La ciclicità nel Triassico superiore.

1) La successione calcareo-marnoso-argillosa nel Norico superiore-Retico.

In gran parte delle Prealpi Lombarde la successione soprastante la piattaforma carbonatica della Dolomia Principale (soprattutto nei settori più subsidenti, caratterizzati da una persistenza di situazioni bacinali nel Norico superiore-Retico) è costituita, alla base, da prevalenti argilliti e marne (Argillite di Riva di Solto, parte inferiore), che gradualmente passano ad alternanze marnoso-calcaree (transizione Argillite di Riva di Solto-Calcare di Zu) e quindi a prevalenti litofacies carbonatiche (parte superiore del Calcare di Zu e Dolomia a *Conchodon*) (Fig. 1).

Questa successione, il cui spessore varia da alcune centinaia di metri sino a oltre 2000 m, potrebbe corrispondere al superciclo UAB-1 di Haq et al. (1988), cui viene attribuita una durata di 4 milioni di anni. Al suo interno sono riconoscibili, nelle successioni più bacinali e potenti, tre grandi cicli di spessore vario (Fig. 2): nel settore del Lago d'Iseo essi raggiungono spessori massimi, a partire dal ciclo inferiore, rispetti-

Fig. 1 - Schema stratigrafico relativo al Trias medio e superiore delle Prealpi Lombarde: sono in particolare evidenziate le successioni caratterizzate da ciclicità ad alta ed altissima frequenza. Spiegazione delle sigle: DCh) Dolomia a Conchodon; DCF) Dolomia del Campo dei Fiori; Zu) Calcare di Zu; ARS) Argillite di Riva di Solto; Zo) Calcare di Zorzino; DZ) Dolomie zonate; DP) Dolomia Principale; C) Formazione di Castro; SGB) Formazione di S. Giovanni Bianco; Pi) Marna del Pizzella; Cu) Formazione di Cunardo; Go) Formazione di Gorno; VS) Arenaria di Val Sabbia; CM) Calcare Metallifero Bergamasco; Br) Formazione di Breno; SS) Dolomia del S. Salvatore; M) Calcare di Meride; CR) Calcare Rosso; E) Calcare di Esino; PV) Formazione di Perledo-Varenna; W) Formazione di Wengen; Bu) Formazione di Buchenstein; P) Calcare di Prezzo; Ca) Calcare di Camorelli; DM) Calcare del Dosso dei Morti; Be) Formazione di Bellano; A) Calcare di Angolo.



vamente di 600, 900 e 600 m; nella zona del Lario occidentale hanno spessori di circa 150, 550 e 400 m; nelle Prealpi Bergamasche gli spessori sono meno rilevanti, ma comunque superiori al centinaio di metri.

Il *ciclo inferiore* (Ciclo I) si sviluppa esclusivamente nell'ambito dell'Argillite di Riva di Solto ed è costituito da una porzione basale essenzialmente argilloso-marnosa e da una parte sommitale, meno potente, in corrispondenza della quale alle argilliti appaiono intercalati orizzonti calcarei (mudstones prevalenti) di vario spessore. Questo ciclo è riconoscibile solo localmente, in corrispondenza di successioni potenti deposte in aree ad elevata subsidenza.

Il *ciclo mediano* (Ciclo M) corrisponde alla parte superiore dell'Argillite di Riva di Solto ed alla porzione inferiore e media del Calcarea di Zu; inizia con argilliti marnose con saltuarie intercalazioni calcaree e calcarea-marnose, che diventano via via più frequenti verso l'alto, ed è chiuso dagli orizzonti a Coralli, localmente a *Conchodon* e ooliti, diffusi su gran parte della Lombardia e noti come "Banco a Coralli". La parte superiore di questo ciclo è correlabile con il "I major cycle" individuato da Lakew (1990) nell'ambito del Calcarea di Zu delle Prealpi Lombarde occidentali. In alcuni settori (valli Imagna e Taleggio) sono presenti al passaggio con il ciclo soprastante (S) uno o due sottili orizzonti di carniole.

Il *ciclo superiore* (Ciclo S) copre la parte alta del Calcarea di Zu; la porzione basale si caratterizza per la presenza di marne e calcari marnosi, la porzione superiore è tipicamente calcarea e, localmente (alla sommità), anche parzialmente dolomitizzata. Il Ciclo S corrisponde in parte al "II major cycle" individuato da Lakew (1990) nella successione retica lombarda.

In alcuni settori del M. Albenza-Valle Imagna è stato osservato un passaggio molto brusco tra le litofacies del Calcarea di Zu sommitale e quelle della soprastante Dolomia a *Conchodon*, rappresentata, alla base, da grainstones oolitici od oolitico-litoclastici progradanti su wackestones e packstones biointraclastici sottilmente stratificati appartenenti al Calcarea di Zu. Questo limite potrebbe forse rappresentare una superficie di discontinuità che delimita a tetto i tre cicli maggiori precedentemente citati. Resta tuttavia da controllare l'estensione di questa eventuale discontinuità su scala regionale.

I tre cicli maggiori sopra menzionati (il più evidente e diffuso arealmente è il ciclo M) rappresentano probabilmente tre sequenze deposizionali contenute entro il superciclo UAB-1 di Haq et al. (1988). La Dolomia a *Conchodon* potrebbe invece costituire la base della sequenza successiva (Retico sommitale-Hettangiano), che comprende alla sommità le due litozone riconosciute nel Calcarea di Sedrina da Jadoul e Doniselli (1987).

Nell'ambito dei tre cicli maggiori in questione si osserva una ciclicità di ordine minore, con un'organizzazione interna analoga a quella dei cicli maggiori, ma con spessori notevolmente più ridotti (in genere compresi tra 3 m ed una trentina di metri). Questa ciclicità minore è particolarmente evidente nell'intervallo stratigrafico che comprende la parte superiore dell'Argillite di Riva di Solto e la porzione inferiore del Calcarea di Zu.

Recentemente Masetti et al. (1989) hanno descritto, in seno ai depositi qui presi in esame, quattro principali tipi di cicli asimmetrici. Essi sono caratterizzati alla base da argilliti alternate a marne e calcari marnosi, che diventano sempre più abbondanti verso l'alto; superiormente risultano prevalenti o esclusivi i calcari (mudstones, wackestones, packstones fini); nei cicli osservati entro il Calcare di Zu possono essere presenti anche grainstones.

Secondo gli Autori citati si tratta di cicli controllati da oscillazioni eustatiche, la cui durata è valutata indicativamente in 100.000 anni. Questi cicli asimmetrici, formati in aree bacinali, sarebbero il risultato dell'interazione dinamica tra aree di piattaforma e bacinali sotto il controllo eustatico. Le "coppie" marna-calcare osservate, su scala decimetrica, all'interno dei cicli sono state interpretate come legate a variazioni climatiche. Complessivamente Masetti et al. (1989) segnalano circa 60 cicli ad alta frequenza nella successione retica delle Alpi Meridionali Lombarde.

Ciclicità analoghe a quelle descritte da Masetti et al. (1989) sono state segnalate nel Retico della sponda occidentale del Lago di Garda da Stefani e Golfieri (1989) e, un po' più ad est, nel Gruppo di Brenta, da Masetti et al. (1988).

I risultati preliminari di nostre ricerche dedicate alla revisione stratigrafica delle successioni norico-retiche della Lombardia permettono di fornire alcune nuove informazioni relative al numero dei cicli minori presenti nei cicli maggiori I, M ed S, individuati al di sopra della Dolomia Principale.

Nell'ambito del ciclo I sono stati osservati mediamente da 20 a 35 cicli minori, in prevalenza da 3 a 15 metri di spessore, costituiti da litofacies argilloso-marnose alle quali si alternano, nella porzione superiore dei cicli, subordinati orizzonti calcarei e calcareo-marnosi. Sono frequenti le strutture da scivolamento sinsedimentario ed i paraconglomerati, questi ultimi preferenzialmente ubicati alla sommità dell'orizzonte calcareo. Non si osservano evidenze di "shallowing upward". La relativa scarsa continuità laterale di questi cicli e la difformità nel loro numero nelle diverse località sembrano legate alle caratteristiche di subsidenza locali ed al fatto che non tutte le aree bacinali (sovraimposte ai solchi intrapiattaforma a sedimentazione carbonatica del Gruppo dell'Aralta; Jadoul, 1986) sono state interessate contemporaneamente alla sedimentazione argillosa. E' da precisare che i cicli basali sono a volte difficili da individuare, specialmente là dove la porzione calcarea sommitale risulti estremamente ridotta.

All'interno del ciclo M sono stati misurati da 30 a 40 cicli minori, in prevalenza tra i 5 e 15 m di spessore; cicli con spessori fino a più di 30 m non sono tuttavia infrequenti. Essi sono costituiti inferiormente da alternanze di marne argillose e marne, con fossili sparsi o addensati in sottili orizzonti, connessi ad eventi di tempesta o ad episodi di sedimentazione scarsa o nulla; passano verso l'alto a prevalenti calcari marnosi e quindi a calcari micritici (mudstones e wackestones; localmente, soprattutto nella porzione medio-superiore dell'intervallo in esame, sono presenti anche grainstones oolitici). I calcari sono frequentemente caratterizzati dalla presenza di Coralli colo-

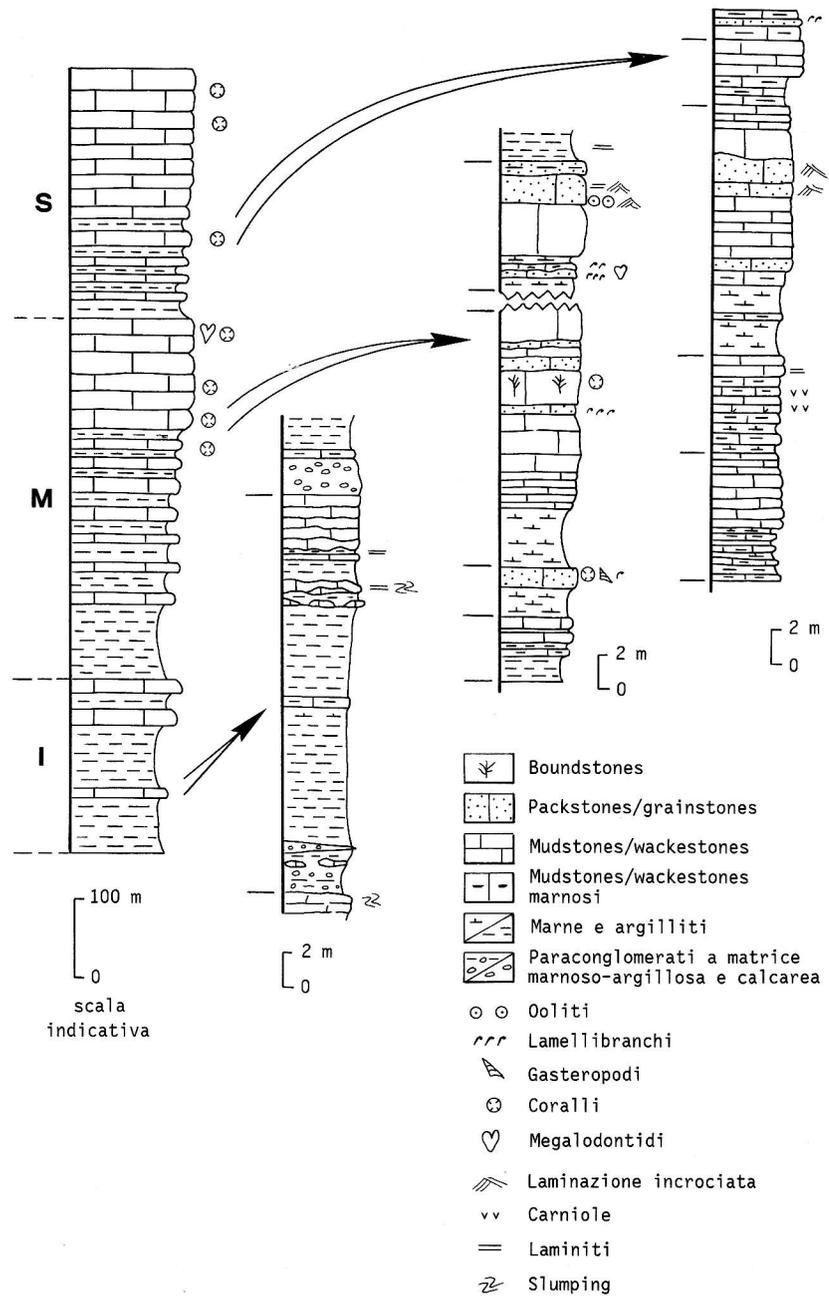


Fig. 2 - I cicli di ordine maggiore (I, M, S) presenti nelle successioni del Norico superiore-Retico delle Prealpi Lombarde: schema indicativo. A fianco, esempi di cicli ad alta frequenza tratti da sezioni stratigrafiche misurate nelle valli Imagna, Brembilla e Taleggio.

niali ed isolati, ai quali si aggiungono Lamellibranchi, Gasteropodi, Echinodermi. L'organizzazione interna dei cicli ora descritti mostra in molti casi un carattere "shallowing upward".

Nell'ambito del ciclo S sono stati misurati almeno 25 cicli minori, con spessori prevalentemente compresi tra 5 e 15 m. La loro organizzazione interna è simile a quella dei cicli illustrati in precedenza. La porzione inferiore della successione è caratterizzata da cicli minori a base marnoso-argillosa ben evidente, mentre nella porzione superiore diventano prevalenti le litofacies carbonatiche, localmente ricche in bioclasti e talora con Coralli coloniali.

Per quanto riguarda le cause della ciclicità, i cicli minori presenti nell'ambito della successione ora esaminata sono verosimilmente il risultato di oscillazioni del livello marino, come già proposto da Masetti et al. (1989), Burchell et al. (1990) proprio per quanto concerne il Retico lombardo.

In relazione ai fenomeni che possono avere determinato le oscillazioni del livello marino durante la sedimentazione dei cicli retici, gli stessi Autori propongono un controllo essenzialmente eustatico, mentre Lakew (1990) ritiene più importante un controllo tettonico (subsidenza differenziale).

In base alle osservazioni finora effettuate, gli scriventi ritengono che i cicli in questione possano essere il risultato dell'interazione di oscillazioni eustatiche e subsidenza intermittente: le argilliti e le marne argillose alla base dei cicli rappresentano probabilmente la conseguenza di mancata produttività sulle piattaforme, a seguito di emersioni verosimilmente connesse a variazioni eustatiche (1); la presenza (riscontrata in particolare nei cicli minori appartenenti al ciclo I) di paraconglomerati connessi a fenomeni di "debris flow" e di orizzonti coinvolti in scivolamenti sinsedimentari dimostra, tuttavia, l'esistenza di una attività tettonica sinsedimentaria, che operava unitamente alle variazioni eustatiche.

Per quanto riguarda la durata dei cicli minori qui presi in esame, alcune indicazioni possono essere tratte tenendo conto: a) del numero totale dei cicli osservati nell'ambito dell'intera successione da noi tentativamente correlata con il superciclo UAB-1 di Haq et al. (1988), numero che risulta compreso tra 75 e 100; b) dell'intervallo tempo coperto dal superciclo UAB-1 (4 milioni di anni, secondo gli Autori citati).

In base a questi dati la durata media dei cicli minori dovrebbe essere uguale o, più probabilmente, inferiore a 40.000-55.000 anni. E' quindi probabile che i cicli minori considerati possano rappresentare non soltanto una ciclicità di 100.000 anni (Masetti et al., 1989; Burchell et al., 1990), ma una gamma di durate ricoprente gran parte della "banda milankoviana".

(1) Un problema tuttora aperto è quello inerente l'ubicazione, durante l'intervallo tempo in esame, delle piattaforme che fornivano il materiale carbonatico.

2) La successione carbonatica norica.

Il Norico lombardo è in gran parte caratterizzato da litofacies dolomitiche (Dolomia Principale). La successione, apparentemente monotona, risulta costituita essenzialmente da tre litozone.

La *litozona inferiore* (50-150 m di spessore) è formata da dolomie scure ben stratificate, spesso laminate, localmente stromatolitiche, o con intercalazioni di breccie carbonatiche e di sottili orizzonti coinvolti in fenomeni di scivolamento sinsedimentario.

La *litozona intermedia* (700-900 m) è rappresentata da dolomie grigio-chiare, in banchi spessi fino a parecchi metri, costituiti da litofacies di piattaforma interna, frequentemente con evidenti cicli peritidali. Localmente sono stati osservati anche cicli di ordine maggiore, con spessore da 10 sino a 50 m, costituiti alla base da litofacies subtidali molto ricche in Alghe Dasycladacee, Gasteropodi, Lamellibranchi e superiormente da depositi peritidali con stromatoliti e fenestrae, localmente con grossi oncoidi-pisoidi e breccie intraformazionali.

La *litozona superiore* (150-600 m) è presente solo localmente e si differenzia dalla sottostante per l'intercalazione di facies di margine biocostruito (30-150 m). Essa è eteropica con i depositi carbonatici ben stratificati del Gruppo dell'Aralalta (Jadoul, 1986), che rappresentano bacini interni, inizialmente ristretti e con fondali anossici e successivamente più aperti. Nella litozona superiore della Dolomia Principale sono stati riscontrati breccie, filoni sedimentari e cicli "shallowing upward" di spessore da qualche metro sino a oltre 30 m. Questi cicli sono caratterizzati alla base da packstones bio-intraclastici, con abbondanti resti di Alghe Dasycladacee; superiormente sono costituiti da litofacies peritidali con Alghe, Foraminiferi, oncoliti, stromatoliti planari, fenestrae, localmente con tepees embrionali, pisoliti vadose, brecciole carbonatiche poligeniche. Alcuni di questi cicli, soprattutto quelli nella porzione sommitale della piattaforma, presentano i caratteri dei cicli diagenetici descritti da Bosellini e Hardie (1988) nella Dolomia Principale delle Dolomiti.

L'intera successione della Dolomia Principale sembra correlabile con il superciclo UAA-4 di Haq et al. (1988).

Anche i depositi carbonatici del Gruppo dell'Aralalta (Dolomie Zonate e Calcari di Zorzino, con spessori variabili da qualche decina di metri a 1 km, eteropici, come già precisato, con la porzione superiore della Dolomia Principale) sembrano presentare un'organizzazione ciclica. Nelle successioni prossime al margine della piattaforma carbonatica sono osservabili localmente cicli asimmetrici "shallowing e/o coarsening upward", di spessore da 8-10 m sino ad oltre 50 m. La base dei cicli è caratterizzata da alternanze di dolomie scure ben stratificate, a volte arenitiche, gradate o con laminazione parallela, localmente con intercalazioni di doloruditi e di micriti finemente laminate. La parte superiore è caratterizzata da banchi amalgamati di dolomie e calcari bio-intraclastici con Dasycladacee, Lamellibranchi e frammenti di organismi costruttori vari (*Porostromata*, *Spongiostromata*). Alla sommità dei cicli sono localmente presenti piccole biolititi e anche breccie carbonatiche lito e bioclastiche.

Questo tipo di ciclicità è limitata arealmente alle sole zone di transizione tra bacino e margine della piattaforma (Jadoul et al., 1991). Una ciclicità simile è stata segnalata nella Formazione di S. Cassiano delle Dolomiti (Masetti et al., in stampa).

Nelle successioni prossime al depocentro dei bacini intrapiattaforma la ciclicità è meno manifesta: i depositi sono rappresentati prevalentemente da packstones, associati a mudstones contenenti minuti intraclasti argillosi isorientati, talora estremamente abbondanti. Subordinata, ma significativa, la presenza di livelli di spessore centimetrico-decimetrico di ritmiti scure calcareo-argillose, variamente dolomitizzate, spesso con discrete concentrazioni di sostanza organica (Fig. 3).

Packstones e mudstones sono interpretabili come torbiditi, derivate da correnti di torbidità a concentrazione più o meno elevata. Le laminiti rappresentano depositi connessi in prevalenza a processi di decantazione. Si tratterebbe di episodi legati alla sottoalimentazione del bacino (rarefazione o assenza dei processi di risedimentazione),

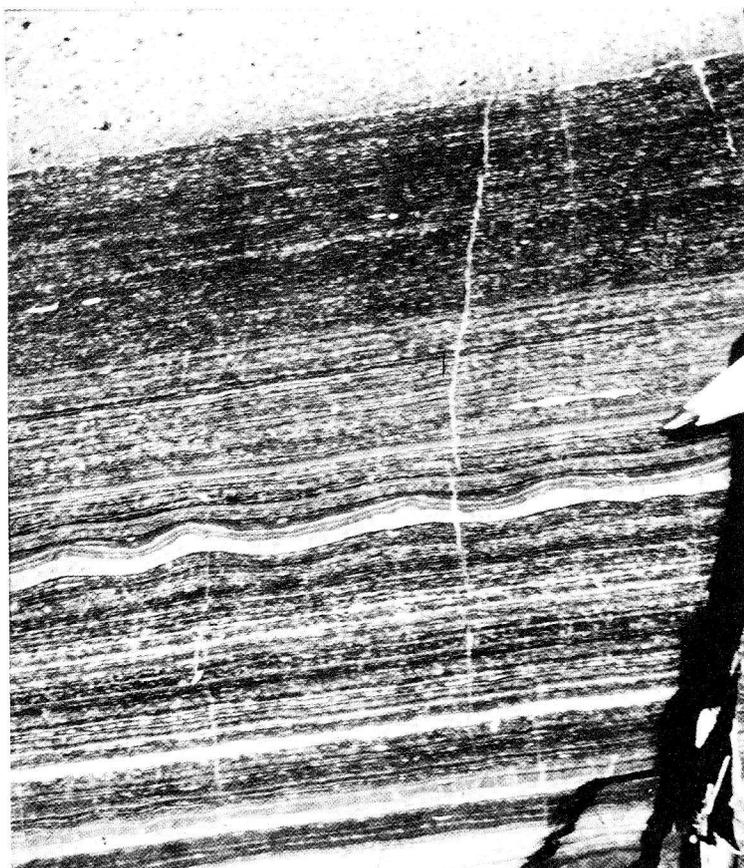


Fig. 3 - Cicli ad altissima frequenza nelle laminiti calcareo/argilla + materiale organico intercalate nella successione del Calcare di Zorzino della Val Cavallina (grandezza naturale).

verosimilmente collegati a deficienza di produttività sulla piattaforma. La mancata produttività carbonatica può essere connessa a emersione parziale o totale della piattaforma, in conseguenza di variazioni relative del livello marino (eustatismo e/o tettonismo sinsedimentario) od a variazioni climatiche. E' da tener presente che l'assenza di deposizione carbonatica in alcune parti del bacino potrebbe anche essere dovuta a fenomeni di "by-passing" da parte delle correnti di torbidità.

Lo stadio attuale della ricerca, vista la complessità e variabilità della successione, cui contribuiscono processi sedimentari di vario tipo, non consente di precisare se tutte le litofacies individuate siano organizzate in cicli, oppure si alternino irregolarmente nella successione.

3) La successione carnica.

Nelle Prealpi Bergamasche il Carnico è rappresentato da numerose formazioni (Assereto & Casati, 1965), differenti sia per le caratteristiche litologiche sia per gli ambienti deposizionali: si tratta infatti di successioni da carbonatiche a terrigene a miste, riferibili ad ambienti di piattaforma carbonatica, di delta, di laguna o di baia, di sabkha.

Per quanto riguarda, in particolare, il Carnico delle Prealpi Bergamasche, Gnaccolini e Jadoul (1990) hanno segnalato la presenza di due sequenze deposizionali. Nell'ambito della *prima sequenza* carnica (spessore massimo circa 650 m), il "Low Stand prograding Wedge" sarebbe costituito dalla Formazione di Breno e dal Calcare Metallifero Bergamasco, mentre il "Transgressive Systems Tract" e l' "High Stand Systems Tract" sembrano tipicamente testimoniati dalla parte inferiore della Formazione di Gorno, che rappresenta una laguna o baia bordata verso sud dai sedimenti deltizi dell'Arenaria di Val Sabbia e verso settentrione dalla piattaforma carbonatica della Formazione di Breno. Questa sequenza sembra correlabile con il ciclo di terzo ordine 3.1 del superciclo UAA-3 di Haq et al. (1988).

E' da sottolineare il fatto che in Val Brembana il passaggio Calcare Metallifero Bergamasco-Formazione di Gorno è spesso caratterizzato dalla presenza di una superficie di discontinuità (Assereto et al., 1977); nel caso fosse accertata la sua importanza a livello regionale, la sequenza sopra menzionata potrebbe essere ulteriormente suddivisa: si avrebbe così una sequenza basale costituita dalla Formazione di Breno (forse anche dal sottostante Calcare Rosso ?) e dal Calcare Metallifero Bergamasco, seguita da una sequenza rappresentata da parte della Formazione di Gorno e dall'Arenaria di Val Sabbia.

La successiva sequenza (*seconda sequenza* carnica di Gnaccolini & Jadoul, 1990; spessore 250-300 m) è rappresentata essenzialmente dalla parte superiore della Formazione di Gorno, che inizia con un orizzonte prevalentemente carbonatico, che potrebbe essere riferito al "Shelf Margin Wedge"; essa si chiude con la porzione basale della Formazione di S. Giovanni Bianco. Nell'ambito della successione di piattaforma questa sequenza appare costituita dalla Formazione di Breno (Membro dell'Annunciata e Lingua di Campolungo). La sequenza in questione può essere correlata con il ciclo di terzo ordine 3.2, superciclo UAA-3 di Haq et al. (1988).

Una *terza sequenza* (spessore massimo circa 500 m) sembra essere rappresentata dalla porzione intermedia e superiore della Formazione di S. Giovanni Bianco e dalla Formazione di Castro (Jadoul et al., 1991). La Formazione di Castro è un'unità di recente istituzione e corrisponde alle "brecce basali della Dolomia Principale" (Pollini, 1958; Assereto & Casati, 1965). La definizione di quest'ultima sequenza (non riscontrabile nella successione di cicli di terzo ordine evidenziata da Haq et al., 1988) non è ancora stabilita. I depositi che la costituiscono, potenti mediamente sui 200-250 m, potrebbero forse anche essere riferiti al LSW della sequenza, potente ed estesa nel tempo, cui appartiene la Dolomia Principale ("brecce trasgressive" di Assereto & Casati, 1965).

Anche nelle Dolomiti sono state individuate tre sequenze carniche (Bosellini & Doglioni, 1988; Doglioni et al., 1990; Masetti et al., in stampa), la cui correlazione con le sequenze carniche lombarde è ancora da verificare.

Nell'ambito delle prime due sequenze sono stati individuati sette tipi di cicli ad alta frequenza (Gnaccolini & Jadoul, 1990) (Fig. 4):

1) *Cicli carbonatici "shallowing upward" con evidenze di esposizione subaerea* (spessore 1-6 m). Caratterizzano la piattaforma carbonatica (Formazione di Breno); sono costituiti alla base da calcari grigio-chiari subtidali, spesso delimitati inferiormente da una evidente discontinuità, passanti superiormente a calcari dolomitici intertidali e/o sopratidali, con stromatoliti, fenestrate e tepees; sono equivalenti ai cicli diagenetici di Bosellini e Hardie (1988).

2) *Cicli carbonatici "shallowing upward"* (spessore 1,5-9 m). Si osservano nel Calcarea Metallifero Bergamasco, nella Formazione di Breno e localmente nella Formazione di Gorno; sono costituiti alla base da calcari grigi subtidali, verso l'alto da calcari stromatolitici, oppure da grainstones oolitici.

3) *Cicli prevalentemente carbonatici, caratterizzati alla base da subordinate intercalazioni di marne e peliti marnose* (spessori 1-8 m). Sono tipici della zona di interdigitazione tra la Formazione di Gorno e la Formazione di Breno. La parte inferiore è costituita da calcari grigio-scuro subtidali con qualche intercalazione argilloso-marnosa, la porzione superiore è rappresentata da calcari grigio-chiari da subtidali a intertidali, con stromatoliti e fenestrate.

4) *Cicli pelite marnosa-calcarea, con evidenze di "shallowing upward" nella parte superiore carbonatica* (spessore 1-8 m). Caratterizzano la Formazione di Gorno; inferiormente sono presenti peliti marnose nerastre di laguna o baia, con subordinate intercalazioni di straterelli calcarei o arenacei, mentre la parte superiore è costituita da calcari subtidali, talora con grainstones oolitici alla sommità.

5) *Cicli pelite marnosa-calcarea senza evidenze di "shallowing upward"* (spessore 2-7 m). Si osservano nella Formazione di Gorno e sono analoghi ai precedenti; mancano tuttavia nella porzione sommitale chiari segni di una diminuzione della profondità.

6) *Cicli calcarea marnoso-calcarea* (spessore 1-11 m). Sono diffusi nella Formazione di Gorno; sono costituiti nella parte inferiore essenzialmente da calcari marnosi, superiormente da calcari. Entrambe queste litofacies rappresentano ambienti di baia o lagu-

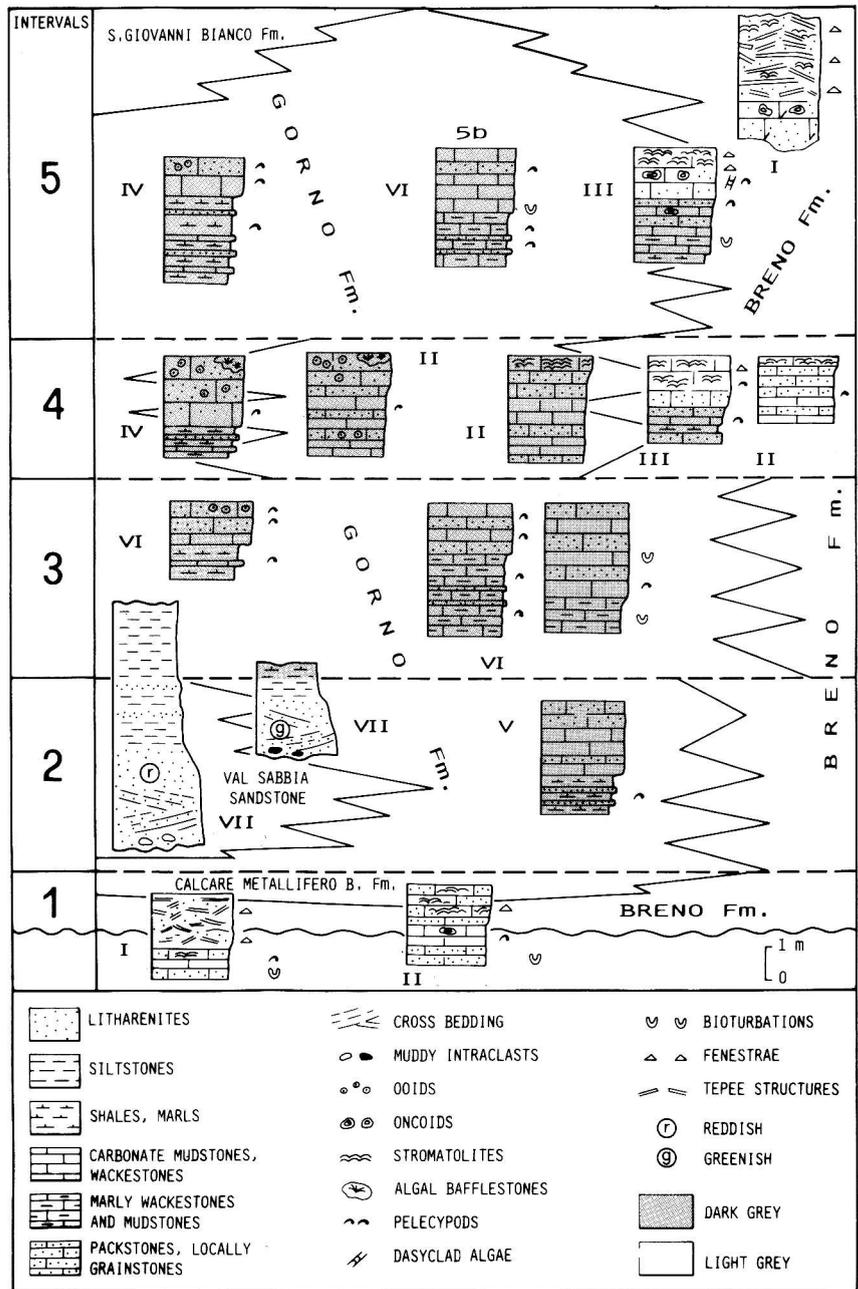


Fig. 4 - Cicli ad alta frequenza osservati nella prima sequenza carnica (intervalli 1, 2, 3) e nella seconda sequenza carnica (intervalli 4, 5). Da Gnaccolini & Jadoul (1990).

na. Non mostrano tendenze "shallowing upward".

7) *Cicli silicoclastici "fining upward"*. Caratterizzano l'Arenaria di Val Sabbia e sono costituiti da una porzione basale arenacea, con ben evidenti laminazioni oblique, e da una porzione superiore prevalentemente siltosa. Ne esistono due tipi principali: il primo è costituito da litofacies di colore rossastro, con spessori variabili da 1 a 23 m e rappresenta depositi di piana deltizia subaerea; il secondo, formato da litofacies di colore verdastro o grigio-verdastro, presenta spessori variabili da 1 a 9 m ed è stato attribuito alla porzione subacquea prossimale dell'apparato deltizio (Gnaccolini, 1983, 1987). Si ritiene che la genesi di questi cicli, tradizionalmente considerati autocicli, possa essere fortemente controllata da variazioni del livello marino, a loro volta probabilmente determinate da variazioni eustatiche a piccola scala e ad alta frequenza (Gnaccolini & Jadoul, 1990) (Fig. 5).

L'intervallo temporale coperto da ciascuno dei cicli precedentemente descritti potrebbe essere compreso, secondo gli Autori citati, tra i 40.000 ed i 130.000 anni.

Nella porzione basale della Formazione di S. Giovanni Bianco della Val Brembana e della Val Sabbia (riferibile, come già accennato, alla parte sommitale della seconda sequenza carnica) sono presenti cicli terrigeni e terrigeno-carbonatici. I primi, delimitati alla base da una superficie erosionale, sono costituiti inferiormente da arenarie a laminazione obliqua, seguite verso l'alto da un intervallo prevalentemente siltoso. Il colore delle litofacies è verdastro in Val Brembana, rossastro in Val Sabbia. Lo spessore di questi cicli varia da 2,5 a 5,5 m. I cicli terrigeno-carbonatici sono costituiti inferiormente da peliti grigio-verdi e/o grigio-nerastre e superiormente in prevalenza da dolomie grigio-scure, oppure da calcari; localmente si osservano, alla sommità, orizzonti di carniole. Il loro spessore varia da 1 a 5 m.

Sempre alla sommità della seconda sequenza carnica sono presenti, in Val Camonica, cicli di vario tipo e ordine. I più frequenti sono costituiti da una parte basale argilloso-siltosa grigio-verde, in alterazione giallastra, di spessore inferiore al metro; superiormente sono formati da dolomie grigie, sottilmente stratificate, con stromatoliti planari, localmente caratterizzate dalla presenza di grossi vacuoli, talora con sottili orizzonti di carniole. Lo spessore varia da 2,5 a 5,5 m.

Nell'ambito della terza sequenza carnica è possibile distinguere una parte inferiore, prevalentemente terrigena fine, con subordinate dolomie, ed una porzione superiore evaporitico-carbonatica. I cicli terrigeni sono caratterizzati da arenarie fini, cui seguono siltiti verdastre, con spessori da meno di 1 m a 5,5 m. Localmente si osservano anche cicli costituiti alla base da argilliti, talora siltose, e marne dolomitiche, spesso bioturbate, sovrastate da dolomie marnose e dolomie grigie o grigio-scure, talora vacuolari; più raramente si osservano anche litofacies calcaree e calcareo-dolomitiche con resti di Crinoidi, Echinoidi, Lamellibranchi, Coralli, Idrozoi. Lo spessore di questi cicli varia tra 1,2 e 5,5 m.

La parte superiore della terza sequenza carnica presenta una ciclicità bene evidente unicamente negli orizzonti prevalentemente gessosi, che appaiono caratterizzati da una laminazione piano-parallela a scala millimetrica, spesso disturbata da deforma-

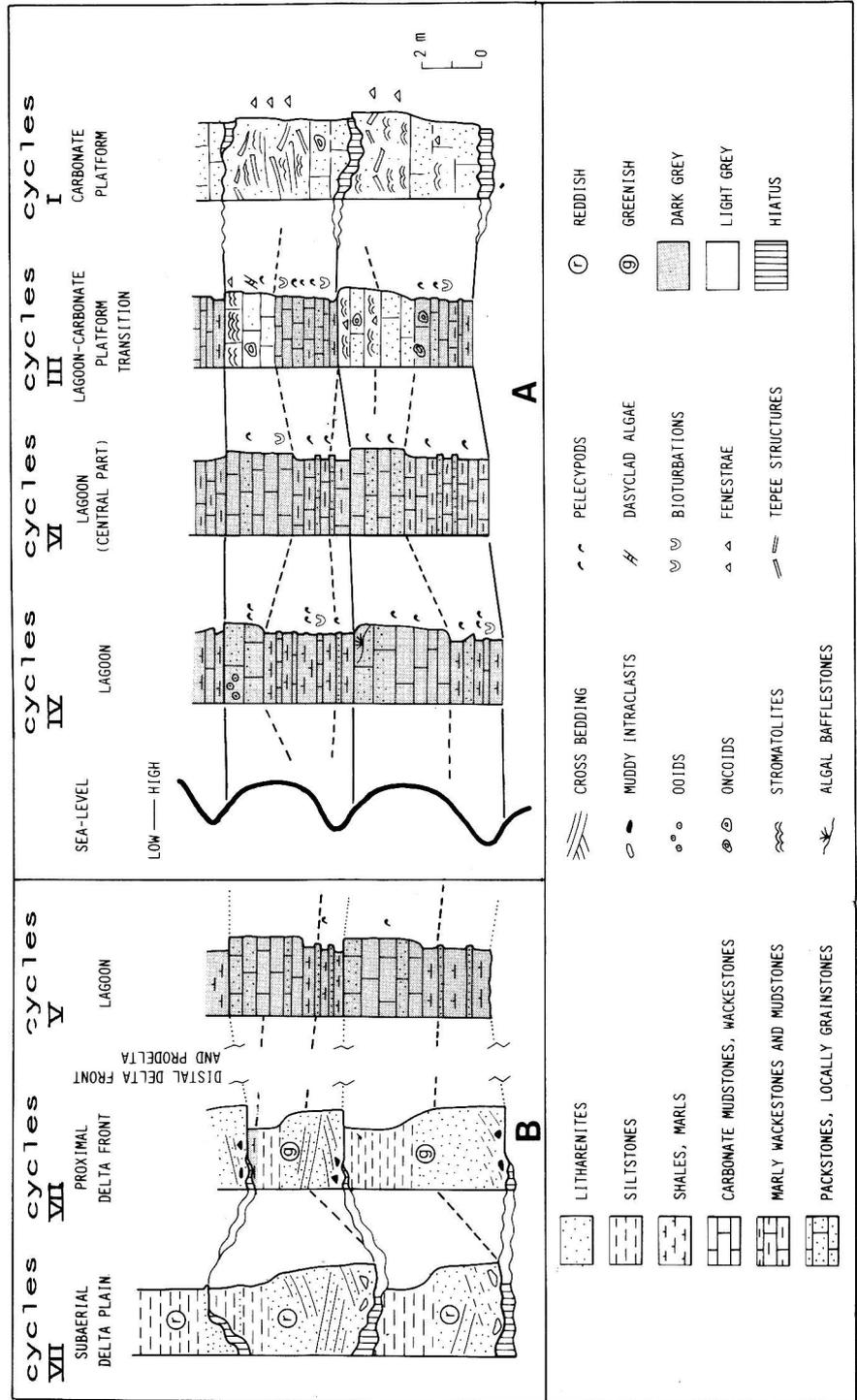


Fig. 5 - A) Correlazione tra i cicli ad alta frequenza della laguna, della zona di transizione laguna-piattaforma e della piattaforma carbonatica nell'intervallo 5 (vedi Fig. 4). B) Correlazione ipotetica tra i cicli lagunari e deltizi nell'intervallo 2 (da Gnaccolini & Jadoul, 1990).

zioni diagenetiche. Si tratta di una ciclicità solfato-carbonato ad altissima frequenza, probabilmente annuale (cf. Anderson & Kirkland, 1960; Anderson, 1984).

La ciclicità nel Triassico medio.

Nelle Prealpi Bergamasche la successione anisico-ladinica appare costituita da almeno quattro sequenze deposizionali.

La *prima sequenza* (spessore massimo circa 700 m) è limitata all'Anisico e comprende gran parte del Calcare di Angolo e/o il Calcare di Camorelli - Calcare del Dosso dei Morti. Alla base è delimitata dalla Carniola di Bovegno, che costituisce la chiusura della sequenza Scitico-Anisico basale, verosimilmente corrispondente al ciclo 1.5 del superciclo UAA-1 di Haq et al. (1988). La sommità di questa prima sequenza anisica è evidenziata localmente da tasche con breccie dolomitiche e/o sottili intercalazioni o piccoli filoncelli sedimentari con "terra rossa" (Val Parina superiore) entro la porzione superiore del Calcare di Angolo (dolomie peritidali; Jadoul & Rossi, 1982).

Una possibile *seconda sequenza* (spessore massimo circa 150-200 m) è riconoscibile, nelle Prealpi Bergamasche occidentali, nella successione attribuibile all'Anisico superiore ed al Ladinico inferiore (o al limite Anisico-Ladinico). Le unità stratigrafiche che la costituiscono sono riferibili essenzialmente al Calcare di Angolo sommitale, al Calcare di Prezzo, a litofacies di transizione alla Formazione di Buchenstein e alla porzione basale del Calcare di Esino. La base della sequenza può essere collocata in corrispondenza delle facies peritidali dolomitizzate appartenenti alla porzione sommitale del Calcare di Angolo; il Calcare di Prezzo rappresenta verosimilmente il "Transgressive Systems Tract". La porzione basale del Calcare di Esino, qui formata da facies biocostruite o bioclastiche di margine di piattaforma (Lumachella di Ghegna; Tommasi, 1911; Assereto et al., 1977; Jadoul et al., in preparazione), o da un orizzonte di calcari peritidali, con strutture a "tepees", potrebbe rappresentare la regressione alla fine della sequenza. L'importanza e l'estensione regionale di questa sequenza sono tuttavia ancora da verificare.

La *terza sequenza* (spessori da 500 a 700 m), esclusivamente ladinica, è costituita dal Calcare di Esino nelle aree di piattaforma, dalla Formazione di Perledo-Varenna della Val Brembana e/o dalla Formazione di Wengen e dal Calcare di Esino, di spessore ridotto, nelle aree con evoluzione bacinale. La base è costituita, nelle prime, da depositi carbonatici localmente peritidali cui fanno seguito sedimenti prevalentemente subtidali, con un ritorno, alla sommità, alle facies peritidali, talora con sviluppati "tepees" ed evidenze di emersione. Nelle successioni essenzialmente bacinali, a sedimentazione mista, la base della sequenza potrebbe essere rappresentata da torbiditi carbonatiche o silicoclastiche, con materiale vulcanico (parte inferiore della Formazione di Wengen), cui segue un orizzonte essenzialmente calcareo-marnoso (litozona intermedia della Formazione di Wengen), seguito da una successione terrigena fine (parte superiore della Formazione di Wengen). La sequenza è chiusa dalla progradazione delle facies di piattaforma carbonatica del Calcare di Esino, con alla sommità cicli peritidali

e, localmente, evidenze di emersione.

E' importante precisare che la seconda e terza sequenza non sono ovunque riconoscibili; esse potrebbero forse anche essere riunite in un'unica grande sequenza.

Una possibile *quarta sequenza* (spessore massimo circa 50 m) si sviluppa alla sommità del Ladinico. Essa appare caratterizzata da orizzonti a "tepees" e paleosuoli (Calcare Rosso), oppure da breccie carbonatiche (Assereto et al., 1977). Questa sequenza non è osservabile ovunque: i suoi limiti possono confluire in un'unica superficie di discontinuità (Fig. 1). Per le problematiche relative alle relazioni tra Calcare Rosso e la soprastante sequenza carnica si rimanda a quanto accennato in precedenza.

Nella Lombardia centro-occidentale (Lago di Como) sono state riconosciute due sequenze nell'Anisico superiore-Ladinico: la prima comprende la porzione sommitale della Formazione di Bellano (Gaetani, 1982; Gaetani et al., 1987) e del Calcare di Angolo, il Calcare di Prezzo, il Calcare di Esino (p.p.) e gran parte della Formazione di Perledo-Varenna; la seconda è costituita dalla porzione sommitale della Formazione di Perledo-Varenna, dalla Formazione di Lierna e/o dalla parte sommitale del Calcare di Esino (Gaetani et al., 1991).

La comparazione tra le sequenze riconosciute in differenti settori delle Prealpi Lombarde evidenzia che i limiti inferiore e superiore della successione comprendente le sequenze seconda e terza delle Prealpi Bergamasche sono ben correlabili con i limiti inferiore e superiore della successione costituita dalle due sequenze segnalate nel Comasco. Rimangono tuttavia aperti alcuni problemi relativi alla correlazione del limite di sequenza compreso tra i due limiti sopra menzionati.

Nelle sequenze individuate nelle Prealpi Bergamasche sono riscontrabili cicli ad alta frequenza in particolare nel Calcare di Angolo, nel Calcare di Prezzo, nel Calcare di Esino e nel Calcare Rosso:

a) Nel Calcare di Angolo in "facies camuna" la ciclicità ad altissima frequenza è testimoniata da ritmiche alternanze di mudstones e wackestones grigio-scuri, in strati mediamente di 2-5 cm, con marne grigio-scure in letti da 1 a 3 cm (Fig. 6). Gli strati sono delimitati da superfici piano-parallele oppure da superfici ondulate. In quest'ultimo caso si osserva una tendenza all'amalgamazione diagenetica degli strati, sino a costituire banchi plurimetrici. Le ritmici costituiscono orizzonti di spessore fino a 90 m, che si ripetono fino a un totale complessivo superiore a 350 m (Assereto & Casati, 1965).

Conteggi parziali di alcune porzioni di questa successione hanno messo in evidenza la presenza di fino a 58 coppie calcare-marna per metro nelle ritmici planari e di fino a 30-38 in quelle con superfici ondulate e modificate dalla diagenesi. Il significato e la frequenza di questa ciclicità non sono ancora chiari. Considerando l'intervallo di tempo probabilmente coperto dal Calcare di Angolo e dagli intervalli caratterizzati dalle coppie calcare-marna sopra descritte, è forse possibile ipotizzare per le coppie in questione una durata dell'ordine di qualche centinaio di anni.

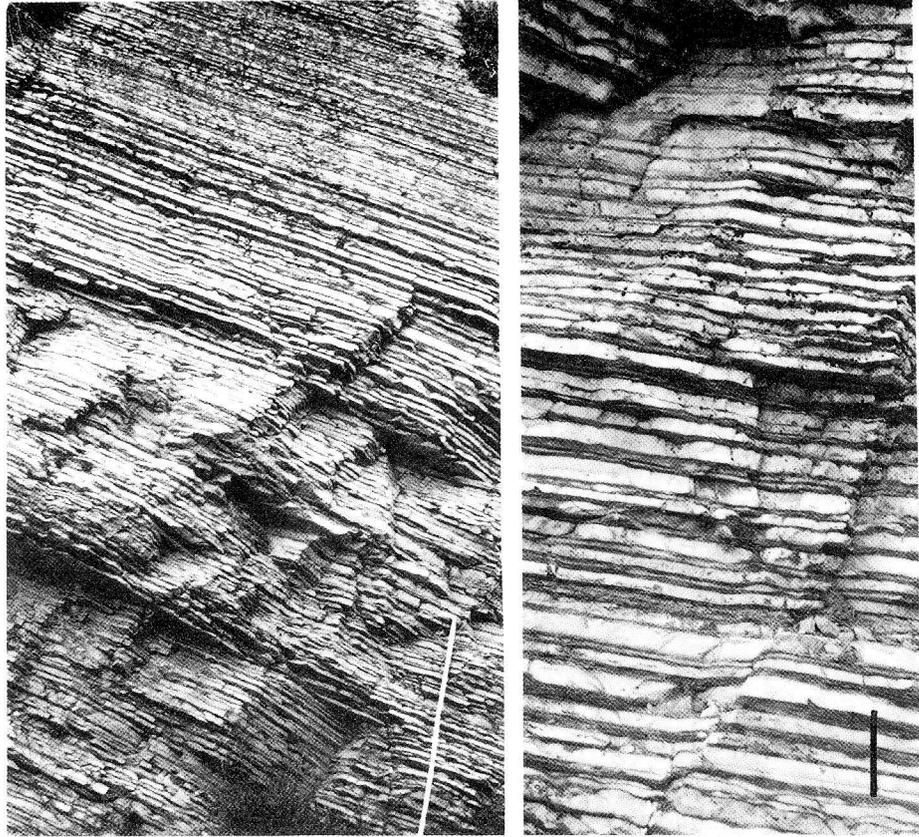


Fig. 6 - Cicli ad altissima frequenza nel Calcare di Angolo in facies "camuna" di Cagno (Val Camonica). Nella foto a sinistra l'asta corrisponde a 1 m; nella foto a destra il tratto nero equivale a 10 cm.

Un secondo tipo di ciclicità ad alta frequenza è stato individuato nelle "dolomie peritidali" delle Prealpi Bergamasche occidentali. Si tratta di cicli di spessore di 3-10 m con tendenza "shallowing upward" nella porzione sommitale. Essi sono, alla base, caratterizzati da wackestones e packstones bio-intraclastici spesso bioturbati e, alla sommità, da sottili orizzonti di 15-50 cm caratterizzati da stromatoliti planari, fenestrate e dolomitizzazione parziale sindiagenetica.

b) Il Calcere di Prezzo è costituito da prevalenti mudstones e wackestones argillosi grigio-scuri, localmente bioturbati e carboniosi, in strati di spessore medio compreso tra 15 e 30 cm, alternati ritmicamente con calcari marnosi e marne di spessore analogo. Lo spessore di quest'unità varia da 15-20 m nelle Prealpi Bergamasche a 60-80 m in Val Camonica (Assereto & Casati, 1965). Osservazioni effettuate sulle successioni più complete della Val Camonica e delle Valli Giudicarie (M. Balini, com. pers.) permettono di ipotizzare la presenza, nel Calcere di Prezzo della Val Camonica, da 135 a 180 coppie calcare-marna. Tenendo conto dell'intervallo coperto da questa unità (in

prima approssimazione valutabile tra 1 a 1.5 milioni di anni), si può supporre che ciascuna coppia possa rappresentare un intervallo di tempo compreso tra 55.000 e 110.000 anni.

c) Nella piattaforma carbonatica del Calcere di Esino sono presenti numerosi cicli peritidali, sviluppati localmente nella porzione inferiore e più regionalmente in quella sommitale. Questi cicli presentano spessore sino a plurimetrico e mostrano localmente, al tetto, deformazioni sindiagenetiche ("tepees") con diffusi cementi fibrosi raggiati grigio-nerastri e talora grossi pisoidi.

d) Il Calcere Rosso, a tetto del Calcere di Esino, è organizzato in evidenti cicli regressivi di piattaforma interna, caratterizzati da vistose deformazioni diagenetiche, con "tepees" e abbondanti cementi e sedimenti interni. Alcuni di questi cicli sono chiusi da orizzonti di "terra rossa" e "paleokarst". Allo stato attuale delle ricerche la durata di questi cicli, così come di quelli osservati nel Calcere di Esino, non è ipotizzabile.

Al di fuori delle Prealpi Bergamasche può essere interessante ricordare che la Formazione di Perledo-Varenna, eteropica del Calcere di Esino, è localmente caratterizzata da laminiti millimetriche calcare-calcere marnoso oppure calcare-argilla più materiale organico (Gaetani et al., 1991), che rappresentano cicli ad altissima frequenza la cui durata non è attualmente precisabile.

Considerazioni conclusive.

In questa nota viene sottolineata la diffusione dell'organizzazione ciclica, ad alta e ad altissima frequenza, nelle successioni sedimentarie del Trias lombardo, con particolare riguardo alle Prealpi Bergamasche. I cicli segnalati presentano una gamma di spessori che va da parecchi metri al millimetro. Essi sono verosimilmente collegabili a fenomeni ciclici, quali oscillazioni del livello marino (eustatiche o controllate dalla subsidenza intermittente), variazioni climatiche a lungo periodo e variazioni climatiche stagionali.

La durata della maggior parte dei cicli in questione sembra coprire intervalli di tempo che rientrano nella cosiddetta "banda milankoviana", anche se in alcuni casi è possibile ipotizzare durate più brevi, fino ad annuali. Essi sono tutti collocabili nell'ambito di cicli di terzo ordine caratterizzati, nella maggioranza dei casi, da spessori dell'ordine delle centinaia di metri, e la cui durata, in base alle correlazioni effettuate con i cicli globali di Haq et al. (1988), risulta compresa tra 1 e 8 milioni di anni.

Ringraziamenti.

Siamo grati ai prof.ri M. Gaetani e C. Rossi Ronchetti per la lettura critica del manoscritto.

Il lavoro è stato eseguito nell'ambito del Centro di Studio per la Stratigrafia e la Petrografia delle Alpi Centrali di Milano.

BIBLIOGRAFIA

- Anderson R.Y. (1984) - Orbital Forcing of Evaporite Sedimentation. In Berger A. L. et al. (Eds.) - Milankovitch and Climate, Pt. I, pp. 147-162, 5 fig., NATO ASI Series, Dordrecht.
- Anderson R. Y. & Kirkland D. W. (1960) - Origin, Varves, and Cycles of Jurassic Todilto Formation, New Mexico. *A.A.P.G. Bull.*, v. 44, n. 1, pp. 37-52, 11 fig., Bulder.
- Arthur M. A. & Premoli Silva I. (1982) - Development of widespread organic carbon-rich strata in the Mediterranean Tethys. In Schlanger S. O. & Cita M. B. (Eds.) - Nature and Origin of Cretaceous Carbon-Rich Facies, pp. 7-54, 20 fig., 2 tab., London.
- Assereto R. & Casati P. (1965) - Revisione della stratigrafia permo-triassica della Val Camonica meridionale (Lombardia). *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 71, n. 4, pp. 999-1097, 30 fig., Milano.
- Assereto R., Jadoul F. & Omenetto P. (1977) - Stratigrafia e metallogenese del settore occidentale del distretto a Pb, Zn, fluorite e barite di Gorno (Alpi Bergamasche). *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 83, n. 3, pp. 395-532, 69 fig., Milano.
- Assereto R. & Kendall C. G. St. C. (1977) - Nature, origin and classification of peritidal tepee structures and related breccias. *Sedimentology*, v. 24, pp. 153-210, 31 fig., Oxford.
- Bosellini A. (1967) - La tematica deposizionale della Dolomia Principale (Dolomiti e Prealpi Venete). *Boll. Soc. Geol. It.*, v. 86, n. 2, pp. 133-169, 26 fig., Roma.
- Bosellini A. & Doglioni C. (1988) - Progradation geometries of Triassic Carbonate Platforms of the Dolomites, and their Large-Scale physical Stratigraphy. *A.A.P.G. Mediterr. Basins Conference*, Nice 1988, Field Trip 6, 42 pp., 36 fig., Tulsa.
- Bosellini A. & Hardie L. A. (1988) - Facies e cicli della Dolomia Principale delle Alpi Venete. *Mem. Soc. Geol. It.*, v. 30 (1985), pp. 245-266, 18 fig., Roma.
- Burchell M., Stefani M. & Masetti D. (1990) - Cyclic sedimentation in the Southern Alpine Rhaetic: the importance of climate and eustacy in controlling platform-basin interactions. *Sedimentology*, v. 37, n. 5, pp. 795-816, 12 fig., Oxford.
- De Zanche V. & Farabegoli E. (1988) - Anisian paleogeographic evolution in the Central-Western Southern Alps. *Mem. Sc. Geol.*, v. 40, pp. 399-411, 9 fig., Padova.
- Doglioni C., Bosellini A. & Vail P. R. (1990) - Stratal patterns: a proposal of classification and examples from the Dolomites. *Basin Res.*, v. 2, pp. 83-95, 18 fig., Amsterdam.
- Fischer A. G. (1986) - Climatic rhythms recorded in strata. *Ann. Rev. Earth Planet. Sc.*, v. 14, pp. 351-376, 4 fig., Amsterdam.
- Fischer A.G. (1988) - WG 3, Cyclostratigraphy. In Beaudoin B. & Ginsburg R. (Eds.) - Cretaceous Resources, Events and Rhythms, NATO Advanced Research Workshop, Digne, France, pp. 72-86, 4 fig., Tulsa.
- Fischer A.G., Herbert T. & Premoli Silvia I. (1985) - Carbonate bedding cycles in Cretaceous pelagic and hemipelagic sequences. In Pratt L.M., Kauffman E.G. & Zelt F.B. (Eds.) - Fine-grained deposits and biofacies of the Cretaceous Western Interior Seaway: evidence of cyclic sedimentary processes. *S.E.P.M. Sec. Ann. Mid. Meet.*, Golden, Colorado, Field Trip n. 9, pp. 1-10, 5 fig., Tulsa.
- Fischer A. G. & Schwarzacher W. (1984) - Cretaceous bedding rhythms under orbital control? In Berger A. L. et al. (Eds.) - Milankovitch and Climate. Pt. I, pp. 163-175, 2 fig., NATO ASI Series, Dordrecht.
- Gaetani M. (1982) - Elementi stratigrafici e strutturali della galleria Bellano-Varenna (nuova SS 36) (Como). *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 88, n. 1, pp.1-10, 3 fig., Milano.

- Gaetani M., Gianotti R., Jadoul F., Ciarapica G., Cirilli S., Lualdi A., Passeri L., Pellegrini M., & Tannoia G. (1987) - Carbonifero Superiore, Permiano e Triassico dell'area lariana. *Mem. Soc. Geol. It.*, v. 32 (1986), pp. 5-48, 18 fig., Roma.
- Gaetani M., Gnaccolini M., Poliani G., Grignani D., Gorza M., & Martellini L. (1992) - An anoxic intraplatform basin in the Middle Triassic of Lombardy (Southern Alps, Italy): anatomy of a hydrocarbon source. *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 97 (1991), n. 3-4, pp. 329-354, 15 fig., Milano.
- Gnaccolini M. (1983) - Un apparato deltizio triassico nelle Prealpi Bergamasche. *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 88, n. 4, pp. 599-612, 4 fig., Milano.
- Gnaccolini M. (1987) - Arenaria di Val Sabbia e Formazione di Gorno: un sistema deposizionale delta-laguna nel Trias superiore delle Prealpi Bergamasche. *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 93, n. 3, pp. 329-336, 3 fig., Milano.
- Gnaccolini M. & Jadoul F. (1990) - Carbonate platform, lagoon and delta "high-frequency" cycles from the Carnian of Lombardy (Southern Alps, Italy). *Sedim. Geol.*, v. 67, pp. 143-159, 11 fig., Amsterdam.
- Gnaccolini M., Jadoul F. & Garzanti E. (1990) - Il Triassico superiore delle Prealpi Bergamasche. Il Norico superiore delle Prealpi Bergamasche occidentali. Guida alle escursioni Pre-Congresso. *75° Congr. Soc. Geol. It.*, 6 fig., Milano.
- Gnaccolini M. & Mattavelli L. (1969) - Esempi di sedimentazione ciclica nel complesso di scogliera Barcis-Cansiglio. *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 75, n. 2, pp. 343-362, 3 tav., 7 fig., Milano.
- Goldhammer R. K., Dunn P. A. & Hardie L. A. (1990) - Depositional cycles, composite sea-level changes, cycle stacking patterns, and the hierarchy of stratigraphic forcing: Examples from Alpine Triassic platform carbonates. *Geol. Soc. America Bull.*, v. 102, pp. 535-562, 23 fig., Boulder.
- Haq B.U., Hardenbol J. & Vail P. R. (1988) - Mesozoic and Cenozoic Chronostratigraphy and Cycles of Sea-Level Change. In Wilgus C. K., Hastings B. S., Posamentier H. W., Van Wagoner J., Ross C. A. & Kendall C. G. St. C. (Eds.) - Sea-Level Changes: An Integrated Approach. *S.E.P.M.*, spec. publ., n. 42, pp. 71-108, 17 fig., Tulsa.
- Hardie L. A., Bosellini A. & Goldhammer R. K. (1986) - Repeated subaerial exposure of subtidal carbonate platforms, Triassic, northern Italy: evidence for high frequency sea level oscillations on a 10^4 year scale. *Paleoceanography*, v. 1, pp. 447-457, 4 fig., Washington D.C.
- Jadoul F. (1986) - Stratigrafia e paleogeografia del Norico delle Prealpi Bergamasche occidentali. *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 91 (1985), n. 4, pp. 479-512, 14 fig., Milano.
- Jadoul F., Berra F., Frisia S., Ricchiuto T. & Ronchi P. (1992) - Stratigraphy, palaeogeography and genetic model of Late Carnian carbonate breccias (Castro Formation, Lombardy, Italy) *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 97 (1991), n. 3-4, pp. 355-392, 12 fig., Milano.
- Jadoul F. & Doniselli T. (1987) - La successione del Lias Inferiore di Morterone (Lecchese). *Mem. Soc. Geol. It.*, v. 32 (1986), pp. 133-150, 10 fig., Roma.
- Jadoul F. & Rossi P. M. (1982) - Evoluzione paleogeografico-strutturale e vulcanismo triassico nella Lombardia centro-occidentale. In Castellarin A. & Vai G. B. (Eds.) - Guida alla geologia del Sudalpino centro-occidentale. *Guide Geol. Reg. S.G.I.*, pp. 143-155, 3 fig., Bologna.
- Lakew T. (1990) - Microfacies and Cyclic Sedimentation of the Upper Triassic (Rhaetian) Calcare di Zu (Southern Alps). *Facies*, v. 22, pp. 187-232, 13 tav., 10 fig., Erlanger.
- Masetti D., Neri C. & Bosellini A. (1991) - Cicli asimmetrici nella Formazione di San Cassiano (Carnico, Dolomiti): interazioni piattaforma-bacino controllate da fluttuazioni eustatiche ad alta frequenza. *Mem. Soc. Geol. It.* (in stampa).

- Masetti D., Neri C., Stefani M. & Zanella R. (1988) - Cicli e tempesti nel "Retico" delle Dolomiti di Brenta. *Mem. Soc. Geol. It.*, v. 30 (1985), pp. 267-283, 10 fig., Roma.
- Masetti D., Stefani M. & Burchell M. (1989) - Asymmetric cycles in the Rhaetic facies of Southern Alps. Platform-basin interactions governed by eustatic and climatic oscillations. *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 94 (1988), n. 3, pp. 401-424, 10 fig., Milano.
- Pollini A. (1958) - La serie stratigrafica del Norico di valle del Frucc presso Songavazzo (Bergamo). *Boll. Soc. Geol. It.*, v. 75, pp. 1-5, Roma.
- Premoli Silva I., Ripepe M. & Tornaghi M. E. (1989) - Planktonic foraminiferal distribution record productivity cycles: evidence from the Aptian-Albian Piobbico core (Central Italy). *Terra Nova*, pp. 443-448, 5 fig., Oxford.
- Schwarzacher W. & Fischer A. G. (1982) - Limestone-Shale Bedding and Perturbations of the Earth's Orbit. In Einsele G. & Seilacher A. (Eds.) - *Cyclic and Event Stratification*, pp. 72-95, 7 fig., Springer-Verlag, Berlin.
- Stefani M. & Golfieri A. (1989) - Sedimentologia e stratigrafia delle successioni retiche al confine fra Lombardia e Trentino. *Riv. It. Paleont. Strat.*, v. 95, n. 1, pp. 29-54, 13 fig., Milano.
- Tommasi A. (1911) - I fossili della lumachella di Ghegna in Valsecca presso Roncobello. Pt. II: Scaphopoda, Gastropoda, Cephalopoda. Appendice, Conclusione. *Palaeont. Ital.*, v. 19, pp. 31-101, 2 tav., Pisa.