

6. - BIOSTRATIGRAFIA

Il presente capitolo rappresenta un aggiornamento del capitolo di norme e definizioni riguardanti le unità biostratigrafiche prodotto dalla Commissione Italiana di Stratigrafia (CIS) nel 1993. Il documento è pertanto modificato laddove interventi successivi alla sua pubblicazione, in particolare la versione ISG 1994, abbiano apportato contributi originali alla metodologia, alle procedure di istituzione, definizione e denominazione delle unità biostratigrafiche, ed è integrato con esempi di applicazioni biostratigrafiche al contesto italiano.

6.1. - INTRODUZIONE

La diffusa presenza di resti fossili nelle rocce sedimentarie fornisce uno strumento per la loro classificazione e correlazione secondo alcuni criteri, tra cui quello temporale. La disciplina che si occupa di questo aspetto viene definita biostratigrafia.

Nei paragrafi successivi saranno discussi la natura della documentazione paleontologica (i fossili) e le diverse possibilità di classificazione delle successioni sedimentarie sulla base del loro contenuto fossilifero (classificazione biostratigrafica).

6.2. - I FOSSILI

I fossili solitamente costituiscono una componente sparsa e quantitativamente minore di uno strato roccioso. Anche all'interno di una formazione definita fossilifera, non tutti gli strati contengono fossili, tranne in casi eccezionali (Calcari e marne a Posidonia).

A causa della loro abbondanza a livello locale, i fossili possono rivestire carattere litologico distintivo. In quanto resti di organismi, essi sono indicatori di antichi ambienti e sono essenziali nell'interpretazione paleoecologica, paleobiologica, paleoclimatica e paleoceanografica. Infine, poiché gli organismi sono l'espressione di una evoluzione non ripetitiva, i fossili da essi derivati sono particolarmente efficaci nelle correlazioni, nelle datazioni relative dei livelli che li contengono (biocronologia) e nell'individuazione di continuità o discontinuità di deposizione nelle successioni sedimentarie.

6.2.1. - Fossili rimaneggiati

I fossili contenuti in rocce di una certa età possono venire riesumati, trasportati e rideposti in sedimenti di età più recente. Essi possono quindi essere mescolati ai fossili autoctoni, oppure possono rappresentare gli unici fossili nel sedimento più recente (es. Nummuliti di età eocenica nel Macigno). In alcuni casi i fossili rimaneggiati possono venir distinti agevolmente, mentre in altri casi non è possibile separarli. Ciò è particolarmente vero per i micro- e i nanofossili, ove il singolo fossile si può comportare come un granulo di sedimento e può passare attraverso uno o più episodi di sedimentazione.

6.2.2. - Fossili infiltrati

In alcuni casi le rocce possono contenere fossili più recenti della matrice rocciosa. Ciò può essere dovuto a infiltrazione di micro- e nanofossili lungo discontinuità della roccia come fessure e giunti di stratificazione, in perforazioni di organismi e in radici che formano vuoti entro una formazione, a loro volta riempiti da materiale fossilifero proveniente dalla formazione soprastante. I fossili infiltrati vanno di norma esclusi dall'analisi biostratigrafica. Solo nel caso di filoni sedimentari, i fossili presenti possono essere utilizzati per la datazione di eventi tettonici sinsedimentari (es: calpionelle, ammoniti e gasteropodi contenuti in filoni sedimentari degli alti strutturali giurassici della zona umbro-marchigiana, della Sicilia, del Veneto, ecc.) o fenomeni carsici.

6.2.3. - *Fossili in sezioni condensate*

A causa della bassissima velocità di accumulo, delle ripetute ma non prolungate interruzioni della sedimentazione e/o parziale rimozione del sedimento, si possono rinvenire associati in uno stesso strato fossili di età diversa. È possibile distinguere tre tipi di condensazione: stratigrafica (processo di formazione di corpi rocciosi di spessore ridotto rispetto ad altri corpi deposti contemporaneamente); sedimentaria (singolo corpo roccioso entro cui sono testimoniati successivi eventi deposizionali, biologici e diagenetici), tafonomica (mescolamento di entità paleobiologiche temporalmente successive). I fossili contenuti negli orizzonti condensati saranno considerati in accordo con queste categorie nell'analisi biostratigrafica.

6.3. - CLASSIFICAZIONE BIOSTRATIGRAFICA

La classificazione biostratigrafica è finalizzata a suddividere ed organizzare una sezione stratigrafica in unità biostratigrafiche, definite sulla base del loro contenuto fossilifero. Le possibilità di classificazione sono diverse. Comune denominatore deve essere l'utilità e la riconoscibilità. Le unità biostratigrafiche devono essere ritenute presenti solo quando siano effettivamente esistenti gli elementi paleontologici che le identificano. La pura somiglianza di litologia, l'equivalenza di età o di ambiente deposizionale non giustificano l'inclusione di una successione di strati in una data unità biostratigrafica.

Le unità biostratigrafiche sono delle unità descrittive. L'estensione temporale e geografica di un'unità biostratigrafica è dipendente dai fossili che la determinano o caratterizzano; pertanto sono possibili nel tempo variazioni dello spessore e dell'estensione laterale delle unità biostratigrafiche, soprattutto in funzione dell'evoluzione delle conoscenze tassonomiche e delle distribuzioni dei fossili.

Le tecniche biostratigrafiche e biostratigrafiche devono essere applicate a sezioni stratigrafiche e non a singoli campioni. La metodologia di lavoro parte dalla misurazione e descrizione di sezioni stratigrafiche di dettaglio, per poi passare ad una fase di campionamento, di studio paleontologico, la cui finalità è la costruzione di una tabella di distribuzione dei fossili e la distinzione di biozone. La fase del campionamento risulta particolarmente importante e va eseguita strato-per-strato. La classificazione biostratigrafica porta, infatti, al riconoscimento delle biozone ed alla conseguente possibilità di stabilire correlazioni e di costruire scale biostratigrafiche. Il dettaglio del campionamento determina la precisione e l'affidabilità delle scale biostratigrafiche stesse.

Le tecniche di biostratigrafia quantitativa (metodi multivariati, probabilistici e deterministici) possono fornire un apporto fondamentale nella definizione delle biozone. Nonostante gli esempi siano ancora pochi, il loro valore è riconosciuto anche dal NASC (1983), in riferimento alla possibilità di individuare con metodi di analisi multivariata delle biozone di associazione (p. 863).

6.3.1. - *Definizioni*

Zona biostratigrafica o Biozona. Un corpo roccioso definito o caratterizzato sulla base del suo contenuto fossilifero. Il prefisso bio- serve a distinguere le zone biostratigrafiche dagli altri tipi di zona, ma qualora nel contesto sia già stato chiarito il significato del termine, può essere semplicemente usato il termine "zona". Lo stesso vale per il tipo di biozona.

Poiché lo status tassonomico dei fossili può variare, anche la nomenclatura, l'estensione geografica e temporale delle biozone potrà subire modificazioni. La biozona è fondata sulla presenza di un singolo taxon o più taxa, ed è definita sulla base del suo contenuto e dei suoi limiti. Lo stesso intervallo stratigrafico può essere classificato in modo diverso, attraverso unità biostratigrafiche basate su gruppi fossili diversi. I limiti tra le zone di queste diverse scale non sono di regola coincidenti.

Bioorizzonte. Rappresenta un limite stratigrafico, una superficie o un'interfaccia attraverso la quale si manifesta un cambiamento significativo e riconoscibile nei caratteri biostratigrafici.

La documentazione paleontologica ha ampiamente messo in evidenza la ricorrente presenza nella storia geologica di eventi paleobiologici, che possono essere utilizzati con notevole vantaggio nella pratica biostratigrafica. Essi sono

rappresentati da una superficie e sono quindi da considerarsi concettualmente come bidimensionali. L'uso del termine bioorizzonte in senso tridimensionale può ingenerare confusione. Quindi, seguendo anche quanto proposto nella Guida Stratigrafica Internazionale (SALVADOR, 1994) se ne sconsiglia l'uso.

I bioorizzonti sono caratterizzati da eventi quali prima presenza o ultima presenza di un *taxon*, definiti anche come "prima presenza" o FO e "ultima presenza" o LO (*First e Last Occurrence*), oppure possono essere eventi con un più marcato controllo ambientale. In tal caso si avranno mutamenti all'interno di un singolo *taxon* (es. variazioni nella direzione di avvolgimento dei foraminiferi) oppure variazioni nell'abbondanza (inizio e fine intervallo di abbondanza o "acme", inizio e fine intervallo di assenza o "paracme", fluttuazioni di abbondanza). Quando le prime o le ultime presenze siano riconducibili ad un contesto globale e quindi siano interpretabili come eventi evolutivi globali, sono utilizzabili le notazioni FAD e LAD (*First e Last Appearance Datum*), *datum-plane* o altri acronimi.

In questa accezione il termine bioevento può essere definito come un mutamento straordinario nell'ambito degli organismi (WALLISER, 1986) e comprende non solo mutamenti biostratigrafici, ma anche grandi eventi ecostratigrafici come mortalità in massa e rapide espansioni di popolazioni. Le superfici identificate dai bioeventi assumono una spiccata valenza di carattere cronologico.

I bioeventi ed i bioorizzonti sono di grande utilità pratica in quanto consentono di aumentare in modo considerevole i punti di controllo e correlazione nell'ambito di una successione. Essi possono venir utilizzati in due modi in biostratigrafia: 1) per definire limiti di biozone; 2) per costruire una classificazione basata esclusivamente sulla successione di eventi.

Sottozona o Subbiozona. *Suddivisione di una biozona. È utilizzata per esprimere dettagli biostratigrafici.*

Superzona o Superbiozona. *Raggruppamento di più biozone con caratteristiche comuni. È di uso poco frequente.*

Zonula. *Suddivisione di rango minimo di una biozona o di una sottozona. Se ne sconsiglia l'uso, in accordo con la International Stratigraphic Guide (SALVADOR, 1994).*

Intervallo sterile. *Intervallo stratigrafico privo di fossili o del gruppo fossile oggetto di una particolare indagine biostratigrafica.*

Scala biostratigrafica. La successione di biozone nell'ambito di una provincia biogeografica per un determinato intervallo di tempo può venire riassunto in una scala biostratigrafica, che può comprendere tipi diversi di biozone. Tali schemi possono rappresentare anche il termine di passaggio all'applicazione cronologica della biostratigrafia. Per una più ampia discussione di questo argomento si rimanda al capitolo 8. ("Unità cronostratigrafiche"). Si vuole solo ricordare che le cronozone, pur essendo teoricamente definibili su qualunque evento geologico, sono di fatto nella maggior parte dei casi basate su eventi paleontologici. In questa accezione, una cronozona è molto spesso l'estensione cronostratigrafica di una biozona. Grazie al carattere non gerarchico delle cronozone, si accetta comunemente che esse abbiano un significato locale, regionale o bioprovinciale e non globale, come invece è richiesto alle unità cronostratigrafiche gerarchiche. Questo permette la coesistenza di più scale standard per uno stesso intervallo di tempo. Ad esempio, nel Triassico sono comunemente usate tre scale ad ammonoidi, una per la bioprovincia tetidea, una per la boreale e una per la pacifica.

La tendenza attuale è quella di costruire scale biostratigrafiche integrate, cioè basate sulla correlazione tra bioeventi in gruppi fossili differenti, in modo tale che il significato temporale di un intervallo roccioso sia deducibile anche in assenza del gruppo fossile principale sulla base del quale la scala stessa è definita. Ove possibile, le scale biostratigrafiche integrate sono calibrate col metodo magnetostratigrafico (si veda il cap. 7.).

6.4. - ZONE BIOSTRATIGRAFICHE

Uno stesso intervallo roccioso può essere suddiviso in zone biostratigrafiche differenti a seconda tipo di biozona utilizzato. I diversi tipi di biozone non hanno significato gerarchico e l'applicazione di un tipo non compromette l'utilizzo degli altri nello stesso contesto stratigrafico.

Sono distinti cinque tipi di biozone: biozona di distribuzione, biozona di intervallo, biozona filetica, biozona di associazione, biozona di abbondanza. La biozona oppeliana (per la cui definizione si veda HEDBERG, 1976, p. 57), considerata in precedenza una sorta di biozona di associazione o di distribuzione concomitante, è definitivamente abbandonata, dal momento che non sembra corrispondere in pieno a nessun tipo di biozona.

1. Biozona di distribuzione

Successione di strati che rappresenta la distribuzione conosciuta per uno o più elementi scelti nell'ambito dell'associazione fossile presente in un certo intervallo stratigrafico. Il termine "distribuzione" va inteso sia in senso stratigrafico che geografico e può essere riferito ad un'unica categoria tassonomica (specie, genere, famiglia, ecc.), ad un gruppo di taxa o ad una

qualunque caratteristica paleontologica. I limiti di una biozona di distribuzione devono sempre essere definiti esplicitamente.

La Guida Stratigrafica Internazionale (SALVADOR, 1994) consiglia l'utilizzo in qualunque lingua della dizione inglese "Range Zone", per evitare traduzioni equivocate.

I due tipi principali di biozone di distribuzione sono rappresentati dalle biozone di distribuzione totale e dalle biozone di distribuzione concomitante. La biozona di distribuzione parziale (Partial-range Zone; Report of the Stratigraphical Code Sub-committee, Geological Society of London, 1967, p. 85) va considerata una particolare biozona d'intervallo.

1a. Biozona di distribuzione totale

*Successione di strati che rappresenta la distribuzione conosciuta (stratigrafica e geografica) di un taxon (specie, genere, famiglia, ecc.). È costituita dalla somma delle distribuzioni documentate in tutte le sezioni nelle quali il taxon è stato riconosciuto. I limiti, sia in senso verticale che orizzontale, sono definiti dalla comparsa e scomparsa del taxon, rendendo quindi distinguibile la biozona dagli strati adiacenti. Sono quindi delle superfici (bioorizzonti) che segnano i limiti esterni di presenza di un taxon in ogni singola sezione dove il taxon sia stato rinvenuto (fig. 1 I). Il nome della biozona è definito dal nome del taxon di cui la biozona rappresenta la distribuzione. Esempio: la Biozona a *Dicarinella asymmetrica* del Santoniano (Cretacico superiore) è rappresentata dalla distribuzione totale del fossile-indice.*

1b. Biozona di distribuzione concomitante

*Successione di strati che comprende la parte concomitante, coincidente o sovrapponibile delle distribuzioni conosciute di due taxa scelti tra quelli che costituiscono la documentazione paleontologica presente in un certo intervallo stratigrafico. I suoi limiti sono definiti dall'inizio e termine della presenza concomitante dei due fossili-indici (fig. 1 II). Le biozone di distribuzione concomitante prendono il nome dai due taxa che caratterizzano la biozona per via della sovrapposizione delle loro distribuzioni. Nello Zancleano (Pliocene inferiore) la Biozona MPI 3 è definita dalla presenza concomitante di *Globorotalia margaritae* e di *G. puncticulata* (Biozona di distribuzione concomitante a *G. margaritae*-*G. puncticulata*).*

2. Biozona di intervallo

Successione di strati fossiliferi compreso tra due bioorizzonti. Ne consegue che un intervallo sterile tra due bioorizzonti non costituisce una biozona d'intervallo e che una biozona d'intervallo non è definita dal suo contenuto specifico, ma solo dai suoi limiti. Tipiche biozone d'intervallo sono i pacchi di strati compresi tra un evento di comparsa ed uno di estinzione. Biozone di intervallo possono essere definite anche in corrispondenza della distribuzione parziale di un taxon o della distribuzione concomitante di due taxa, qualora la distribuzione dei fossili-indici non sia continua (fig. 1 III).

I limiti sono definiti dai due bioorizzonti sulla base dei quali è definita la biozona d'intervallo stessa. Il nome della zona può comprendere i nomi dei taxa che definiscono i bioeventi (prima il nome del taxon che caratterizza il limite inferiore, poi quello del taxon che caratterizza il limite superiore), oppure può derivare il proprio nome da un taxon particolarmente rappresentativo della biozona stessa, anche se non caratterizzante i limiti.

Questo tipo di biozona è applicabile soprattutto nelle successioni nelle quali il numero di eventi paleobiologici sia elevato, ma la distribuzione totale dei taxa significativi sia assai più ampia delle biozone riconoscibili. È facilmente riconoscibile in successioni continue e dettagliatamente campionate, mentre è meno applicabile con campioni sparsi e documentazione puntiforme. Trova la massima diffusione nella micropaleontologia del Cretacico e Cenozoico. È necessaria per produrre scale biostratigrafiche continue (non è infatti possibile avere una scala continua utilizzando solo biozone di distribuzione).

3. Biozona filetica

Successione di strati contenenti esemplari che rappresentano un segmento specifico di una linea evolutiva. Può essere rappresentata dall'intera distribuzione di un fossile, oppure dalla sua distribuzione al di sotto della comparsa di un ramo laterale nella linea filetica (discendente). I limiti della biozona sono pertanto definiti da eventi filetici, entro la linea in oggetto (fig. 1 V). Se da un punto di vista teorico questa biozona assicura la definizione della reale distribuzione verticale totale, non inficiata da carenze di documentazione paleontologica, l'applicabilità di tale tipo di biozona è assai scarsa ed ha uso limitato, anche perché risente dell'interpretazione, che può essere soggettiva, dei possibili rapporti filetici. L'applicabilità di tale biozona risulta limitata anche arealmente, in quanto condizioni ambientali diverse possono concorrere a influenzare lo sviluppo morfologico dei rappresentanti di una data linea filetica, rendendo più interpretativo il riconoscimento dei *taxa*-indice.

SALVADOR (1994) fa notare come, tra tutte le biozone, le biozone filetiche siano quelle che hanno un più forte legame con le cronozone; *quando, infatti, degli eventi filetici possono considerarsi sincroni in tutta l'area di distribuzione di un taxon, si associa ad essi un forte significato temporale.*

4. Biozona di associazione

*Successione di strati caratterizzata da un'associazione tipica di tre o più fossili, i quali, considerati congiuntamente, permettono di distinguerla dagli strati adiacenti. I limiti sono definiti in corrispondenza di bioorizzonti, che rappresentano i limiti di presenza dell'associazione caratteristica dell'unità. È quindi necessario definire esplicitamente l'associazione sulla base della quale è definita la biozona, ma non tutti i membri caratterizzanti devono essere presenti per assegnare una successione di strati alla biozona; la distribuzione totale dei suoi componenti non interviene rigorosamente nella definizione di una biozona. La Biozona di associazione a *Liostrea* e *Chlamys* dell'Hettangiano lombardo ha come indici due generi la cui distribuzione non è limitata all'Hettangiano. Lo stesso si può dire della Biozona ad *Ammonia* ed *Elphidium* del Pliocene del sottosuolo padano. Solitamente prende il nome da uno o preferibilmente non più di due componenti dell'associazione (fig. 1 IV).*

Questa biozona ha una buona applicazione in due situazioni:

- 1) nella fase iniziale di una ricerca, per una prima caratterizzazione biostratigrafica a livello locale
- 2) per una definizione di associazioni con significato prevalentemente ambientale.

Quando una zona di associazione viene definita sulla base di molti taxa con diversa distribuzione stratigrafica, il riconoscimento dei suoi limiti diventa difficile. Frequentemente il problema si risolve da sè, in quanto la biozona di associazione è compresa tra pacchi di strati sterili.

Le biozone di associazione sono dette anche "cenozone", ma l'International Stratigraphic Guide (SALVADOR, 1994) sconsiglia l'uso di questo termine.

5. Biozona di abbondanza

*Corpo roccioso nel quale l'abbondanza di un determinato taxon o di un gruppo di taxa è significativamente maggiore rispetto agli strati adiacenti (ad esempio, l'abbondanza di *Calpionella alpina* identifica la base della Biozona a *C. alpina* nella scala di REMANE, 1985). I limiti sono definiti da bioorizzonti in corrispondenza dei quali avvengono cambiamenti nell'abbondanza del taxon o dei taxa che definiscono la biozona. Ugualmente significativo è il concetto opposto, connesso con intervalli particolarmente impoveriti, definibile come paracme (ad esempio, il paracme di *D. pentaradiatus* nel Pliocene mediterraneo). La biozona di abbondanza prende il nome dal taxon o dai taxa dei quali rappresenta il bioevento di maggiore abbondanza.*

Queste biozone sono molto utilizzate in micropaleontologia [ad esempio, la Biozona di abbondanza a *Sphaeroidinellopsis* alla base del Pliocene (MPI 1)].

Questo tipo di biozona ha solitamente significato a scala regionale, anche se non sempre è possibile definirne con precisione i limiti, essendo il concetto dell'abbondanza un concetto relativo. È quindi

opportuno definire quantitativamente i limiti di questo tipo di biozona, specificando la metodologia di analisi applicata (ad esempio, Biozona di abbondanza di *Emiliana huxleyi*, cfr. Rto *et alii*, 1990).

6.4.1. - Procedure per la definizione delle biozone

Oltre ai normali requisiti richiesti per stabilire un'unità stratigrafica (cap. 3-4.), cui si accordano anche le unità biostratigrafiche, si rammentano i seguenti punti qualificanti:

i. specificare il tipo di unità biostratigrafica che si vuole stabilire, i suoi limiti ed il suo contenuto;

ii. fornire la raffigurazione o le indicazioni bibliografiche idonee a riconoscere chiaramente il/i fossile/i indice/i;

iii. tenere ben presente che le biozone sono degli strumenti operativi, e quindi devono essere fondate su forme riconoscibili, correlabili e comuni;

iv. indicare sempre una o più sezioni di riferimento, soprattutto al fine di verificare l'adeguatezza della terminologia, per avere chiari riferimenti sulla distribuzione reale dei fossili e permettere il riconoscimento altrove.

È importante che queste norme vengano seguite con omogeneità da tutti i biostratigrafi, per scongiurare i numerosi problemi sorti in Italia in conseguenza della cattiva o incompleta definizione di biozone. Si ricorda inoltre che le successioni di biozone, qualora confluiscono nella costruzione di una scala biostratigrafica, devono essere documentate esplicitamente dal contenuto di sezioni stratigrafiche di riferimento.

6.4.2. - Denominazione delle unità biostratigrafiche

È bene che le biozone siano fondate su uno o al massimo due indicatori zonali. Denominazioni più lunghe sono mal utilizzabili. Evitare di usare lo stesso nome per due unità, sia pur di tipo diverso.

*In accordo con i Codici internazionali di nomenclatura zoologica e botanica, i nomi generici devono iniziare con la lettera maiuscola e nel binomio specifico il secondo termine con la minuscola. Il tipo di biozona deve essere scritto con la prima lettera maiuscola ed i nomi dei fossili devono essere riprodotti in corsivo (Biozona di distribuzione di *Paraceratites trinodosus*). Dopo la prima volta che il fossile/i scelto per designare una biozona è menzionato, il nome generico può essere abbreviato con la sua lettera iniziale, se non vi è pericolo di confusione con altri generi che iniziano con la stessa lettera (Biozona a *P. trinodosus*). Questo vale solo nel caso che non siano in alcun modo generate confusioni. È comunque opportuno indicare sempre il tipo di biozona oppure utilizzare il prefisso bio- per distinguere le biozone dalle corrispondenti cronozone (vedi paragrafo 8.2.2.).*

L'uso di notazioni mediante lettere o numeri progressivi (codificazione alfanumerica) sta divenendo abbastanza comune all'interno di zonazioni biostratigrafiche, sia per le categorie di rango minore (sottozona 1, 2, 3), sia per biozonazioni di valore interregionale (ad esempio, le classificazioni fondate sui planctonici del Cenozoico).

È pratica che offre il vantaggio di una notazione più breve e con indicazione immediata della posizione nella successione. Ha lo svantaggio di non sopportare agevolmente l'inserimento di nuove suddivisioni all'interno della scala zonale già stabilita. Qualora venga utilizzato questo tipo di notazione, è necessario fare riferimento ai lavori entro cui siano esposti i dettagli della zonazione mediante sigle, e va riservata all'uso informale.

6.5. - ESEMPI ITALIANI

Dall'analisi degli esempi italiani di applicazioni biostratigrafiche risulta evidente che, nonostante il metodo biostratigrafico possa apparire di banale applicazione, esso racchiude problematiche molto complesse. Spesso la

difficoltà di reperimento di sezioni continue e complete nella documentazione fossilifera è notevole, soprattutto nella documentazione a macrofossili; questo aspetto si riflette nella difficoltà di costruire scale biostratigrafiche continue e dettagliate. I frequenti endemismi, inoltre, associati all'incompletezza delle scale, rendono problematiche le correlazioni tra bacini diversi.

Verranno di seguito illustrati tre esempi. Il primo esempio riguarda il limite Anisico/Ladinico nella sezione di Bagolino, oggetto di studi sulle faune ad ammonoidi da oltre un secolo.

Nel secondo esempio si vuole illustrare come la biostratigrafia a microfossili in Italia consenta molto spesso di costruire scale dettagliate, spesso con suddivisione delle biozone in sottozone, e ben correlabili con le scale standard, come nel caso delle successioni del Bacino Umbro-Marchigiano. Il terzo esempio sulla sezione composta di Capo Rossello del Pliocene mostra come sia possibile calibrare in modo accurato dei bioorizzonti con la magnetostratigrafia e con la ciclostratigrafia orbitale.

Biostratigrafia al limite Anisico/Ladinico nella sezione di Bagolino (Giudicarie)

Gli ammonoidi triassici nell'area lombarda hanno una distribuzione discontinua. Sono presenti raramente nel Triassico inferiore (faune a *Tirolites* e *Dinarites* nella formazione del Servino; SCIUNNACH *et alii*, 1996). Nel Triassico medio gli ammonoidi divengono relativamente abbondanti, ma solo alla fine dell'Anisico medio; le faune del Calcere di Angolo a "*Paraceratites*" *cimeganus*, *Bulogites zoldianus*, *Beyrichites*, *Proavites*, *Balatonites* sono infatti di età già pelsonica (penultimo sottopiano del Piano Anisico). Più abbondanti sono invece le faune del calcare di Prezzo, attribuito tradizionalmente all'Illirico (ultimo sottopiano del Piano Anisico). Una biozonazione del calcare di Prezzo sulla base degli ammonoidi è proposta da BALINI (1992). Seguono le faune ad ammonoidi della Formazione di Buchenstein, anch'esse piuttosto numerose, ma distribuite in modo disomogeneo. In particolare la parte inferiore della formazione permette una dettagliata biozonazione ad ammonoidi, grazie alla quale è divenuta un punto di riferimento per la definizione del limite Anisico/Ladinico. La Formazione di Wengen, di età Ladinico superiore-Carnico inferiore, presenta un contenuto in ammonoidi discontinuo, con esemplari piuttosto mal conservati, ma di grande importanza storica, dal momento che le faune della Formazione di Wengen in Lombardia vennero utilizzate da MOJSISOVICS (1882) per istituire importanti biozone oppeliane, come la Biozona a *Franchites regoledanus* (BALINI *et alii*, 2000). Segue il Calcere di Esino, con faune ad ammonoidi oggetto di studi classici, ma sempre distribuite con scarsissima continuità laterale (FANTINI SESTINI, 1994, 1996).

Il limite Anisico/Ladinico costituisce un momento di maggior dettaglio nella discontinua scala biostratigrafica ad ammonoidi per il Triassico medio lombardo. La sezione di Bagolino in Giudicarie rappresenta al momento la successione meglio esposta e più accessibile nel Sudalpino per questo intervallo cronologico, con un grande numero di livelli ad ammonoidi in sequenza; per questi motivi è stata proposta come candidata per il GSSP della base del Ladinico (BRACK & RIEBER, 1994; GAETANI, 1994). Il Triassico medio a Bagolino comprende una successione fossilifera pelagica (calcare di Prezzo, Formazione di Buchenstein, Formazione di Wengen) che ricopre in modo pressoché completo l'intervallo Anisico superiore-Ladinico. La successione comprende tutte le posizioni suggerite durante il lungo dibattito non ancora concluso sul limite Anisico/Ladinico (base della Biozona a *Reitziites reitzi*, base della Biozona a *Nevadites secedensis*, base della Biozona a *Eoprotrachyceras curionii*; fig. 2). La biozonazione ad ammonoidi è basata sulla distinzione di più di 20 livelli ad ammonoidi, che permettono di stabilire correlazioni di dettaglio con altre sezioni nelle Prealpi bresciane e nelle Giudicarie (BRACK & RIEBER, 1986, 1993). Infine, molto importante ai fini biostratigrafici è anche la presenza nella sezione di Bagolino di una ricca fauna a conodonti (NICORA & BRACK, 1995; NICORA & BRACK, 2000; fig. 2), che ha portato al riconoscimento di bioeventi correlabili con le biozone ad ammonoidi.

Biostratigrafia a foraminiferi planctonici al limite Eocene/Oligocene della successione del Bacino Umbro Marchigiano

Le successioni pelagiche dell'area umbro-marchigiana sono state particolarmente utili per studi dettagliati sull'evoluzione dei foraminiferi planctonici e dei nannofossili calcarei. La scala biostratigrafica a foraminiferi planctonici della Scaglia nei dintorni di Gubbio mostra una straordinaria continuità nell'intervallo Cretacico superiore-Miocene; risulta costruita per la porzione cretacea sulla base dei dati della sezione Bottaccione (ALVAREZ *et alii*, 1977; WONDERS, 1980) e per la porzione cenozoica sulla base della sezione Contessa (LOWRIE *et alii*, 1982; NOCCHI *et alii*, 1986). Una ricerca di ulteriore dettaglio è stata fatta su alcune sezioni che rivestivano un particolare interesse nell'area. La sezione di Massignano (Ancona) è stata proposta, e poi approvata, come stratotipo per il limite Eocene/Oligocene (ODIN & MONTANARI, 1988), pertanto è stato condotto uno studio estremamente particolareggiato sulla biostratigrafia a nannofossili calcarei, foraminiferi bentonici e planctonici. La documentazione faunistica si presenta abbondante, ben diversificata e ben conservata e permette di riconoscere diverse sequenze di bioeventi e di raffinare le scale esistenti nell'intervallo Eocene superiore-Oligocene inferiore (COCCIONI *et alii*, 1988). Dal punto di vista dei foraminiferi planctonici la sezione copre l'intervallo tra la parte alta della Biozona P15 e la base della Biozona P18 (fig. 3); comprende quindi la Biozona P15 (Biozona a *Globigerinatheka semiinvoluta*), la P16 (Biozona a *Cribrhantkenina inflata*), la P17 (definita da NOCCHI *et alii*, 1986 come biozona d'intervallo tra la LO di *Cribrhantkenina inflata* e la LO delle

Hantkeninidae, Globigerinathekidae e di *Pseudohastigerina danvillensis*) e la P18 (definita in accordo con NOCCHI *et alii*, 1986, come biozona di intervallo tra la FO di "*Globigerina*" *tapuriensis* e la FO di *Globoquadrina sellii*). Nella sezione di Massignano il limite tra la Biozona P15 e la P16 è segnato con un margine d'incertezza, ma altri bioeventi permettono una zonazione ancora più dettagliata, con il possibile riconoscimento di sottozone. Nella Biozona P16, ad esempio, la sovrapposizione tra le distribuzioni di *C. inflata* e *Cribrohantkenina lazzarii* potrebbe essere usata per individuare una sottozona di distribuzione concomitante. Il limite tra la Biozona P16 e la P17 è invece ben posizionabile sulla base della LO di *C. inflata*; *Turborotalia cunialensis* e *T. cocoensis* scompaiono circa 40 cm sotto la scomparsa definitiva delle Hantkeninidae, bioevento usato per la correlazione del limite Eocene/Oligocene. La sezione di Massignano è anche un buon esempio di costruzione di scale biostratigrafiche integrate tra diversi gruppi fossili (in particolare foraminiferi planctonici e nannofossili calcarei) e della calibrazione delle stesse con il metodo magnetostratigrafico.

Biostratigrafia nella sezione composta pliocenica di Capo Rossello (Sicilia)

Capo Rossello rappresenta una sezione composta classica tra le meglio studiate al mondo per il Pliocene. Fu proposta nel 1975 (CITA, 1975a) come stratotipo per il piano Zancleano e per il limite Miocene/Pliocene. Ne fu investigato il contenuto micropaleontologico (CITA & GARTNER, 1973) e vennero riconosciute quattro biozone a foraminiferi nei Trubi (MPI 1 Biozona di abbondanza a *Sphaeroidinellopsis*; MPI 2 Biozona filetica a *Globorotalia margaritae margaritae*; MPI 3 Biozona filetica a *Globorotalia margaritae evoluta*; MPI 4 Biozona d'intervallo a *Sphaeroidinellopsis subdehiscens*) (CITA, 1975a). Queste biozone, successivamente modificate (CITA 1975b), ed il limite Miocene/Pliocene furono poi calibrati con il metodo magnetostratigrafico da LANGEREIS & HILGEN (1991) (fig. 4). Inoltre nel 1996 venne proposta la sezione di Punta Piccola (parte della sezione composta Capo Rossello) come GSSP per il sottopiano del Pliocene medio Piacenziano (CITA *et alii*, 1996), in seguito formalmente accettato (CASTRADORI *et alii*, 1998). In fig. 5 è visibile la correlazione della base del piano con la scala magnetostratigrafica. La sua posizione viene a cadere vicino al bioorizzonte dove si realizza l'estinzione di *Globorotalia puncticulata*, vicino all'inversione magnetica interpretata come il limite Gilbert/Gauss, in corrispondenza del ciclo 78 della successione ciclostratigrafica individuata da Hilgen (1987) e ad un'età di 3.60 Ma, secondo la scala cronologica di LAURENS *et alii*, (1996). Questo esempio mostra la possibilità di passare dalla biostratigrafia alla biocronologia tramite calibrazione con i metodi della stratigrafia paleomagnetica e della ciclostratigrafia orbitale. Questa stessa sezione rappresenta la base di riferimento per la ciclostratigrafia orbitale del Pliocene.

6.6. - BIOCRONOLOGIA DEI DEPOSITI CONTINENTALI

La suddivisione stratigrafica dei depositi continentali presenta molti problemi che dipendono dalle caratteristiche stesse di tali sedimenti, quali i cambiamenti bruschi di ambienti deposizionali, la forma e le dimensioni dei bacini, la discontinuità geometrica laterale e verticale dei corpi sedimentari, la discontinuità della documentazione fossilifera e la frequenza di unità sterili.

Le peculiarità dei depositi continentali rendono problematica l'applicazione delle norme stratigrafiche basilari, introdotte dai codici stratigrafici internazionali prevalentemente in riferimento a successioni marine che rispettano più frequentemente i principi di sovrapposizione e continuità; ciò si riflette nella difficoltà di produrre suddivisioni temporali e correlazioni e nell'assenza di una scala standard dei tempi geologici specifica per i depositi continentali.

Anche l'applicazione dei principi di biostratigrafia è problematica; i fossili e le tracce fossili, infatti, si ritrovano nelle successioni continentali quasi sempre distribuiti in maniera puntiforme, conservati solo parzialmente, e raramente sono presenti più livelli fossiliferi sovrapposti nella stessa sezione stratigrafica. I vertebrati terrestri inoltre sono molto più provinciali degli organismi marini.

Nonostante la difficoltà teorica e pratica di riconoscere nei depositi continentali stratotipi di limiti, definire piani ed istituire biozone, negli ultimi decenni sono stati fatti numerosi tentativi di zonazione biostratigrafica dei sedimenti continentali, soprattutto utilizzando biozone di associazione (ad esempio le biozonazioni a rettili di BAKKER, 1977, ANDERSON & CRUIKSHANK, 1978 e LUCAS, 1999).

I paleontologi dei vertebrati hanno invece adottato un metodo cronologico relativo che non si basa sul principio di sovrapposizione e le cui unità non necessitano di limiti riconoscibili nei corpi rocciosi. Il criterio utilizzato per definirne la successione temporale è infatti basato sul riconoscimento di una sequenza evolutiva o su eventi di dispersione dei *taxa*, mentre il principio di sovrapposizione, quando

applicabile, è utilizzato solo a convalida del metodo. Le associazioni fossili risultanti costituiscono dei biocroni (unità di tempo geologico basate sui dati paleontologici senza alcun riferimento ad unità sedimentarie; BERGGREN & VAN COUVERING, 1974), e la loro successione costituisce una biocronologia. In particolare, i paleontologi dei vertebrati utilizzano diffusamente per la biocronologia dei depositi continentali del Cenozoico le “*Mammal Ages*”, suddivisibili in “unità faunistiche” (*Faunal Units*, FU). Queste ultime rappresentano delle unità evolutive, caratterizzate da *taxa* perlopiù esclusivi dell’unità stessa; *taxa* aggiuntivi possono essere comuni a più unità. Le unità faunistiche sono generalmente denominate sulla base dei *taxa* caratteristici, oppure sulla base di località rappresentative. Esse rappresentano in sostanza associazioni co-evolutive di *taxa* coevi, cioè sono dei precisi momenti nell’evoluzione biologica. Grazie alle loro caratteristiche di associazioni in senso evolutivo, le FU sono irripetibili nel tempo e possono essere proficuamente utilizzate nelle successioni continentali, poiché possono essere usate anche con ritrovamenti puntiformi, e non risentono dei problemi di sovrapposizione e continuità deposizionale.

Dal momento che ogni unità faunistica rappresenta un determinato intervallo temporale nel quale l’associazione è coesistita in equilibrio biologico, esse possono venir trasformate in “età faunistiche” (*Faunal Ages*, FA), ovvero unità biocronologiche.

Questa pratica appare ormai sufficientemente consolidata da essere confluita nella costruzione di scale zonali, come quelle basate sulle NALMAs (*North American Land Mammal Ages*) o SALMAs (*South American Land Mammal Ages*).

Intercalazioni di depositi continentali in successioni marine, dati radiometrici e paleomagnetici sono comunque elementi che, se presenti, possono permettere di ancorare le unità faunistiche a vertebrati e le scale zonali basate su di esse alla scala geocronologica standard.

6.6.1. - *Esempio italiano di applicazioni biocronologiche in depositi continentali*

Biocronologia dei depositi continentali permiani e triassici sulla base delle impronte di tetrapodi

Lo studio dei sedimenti continentali permiani e triassici è inficiato dai numerosi problemi che sono stati esposti all’inizio del paragrafo. Alcuni autori (AVANZINI *et alii*, 2001) hanno recentemente concluso che l’unica possibilità vincente per queste problematiche consiste nell’utilizzare un approccio meno rigido delle comuni norme biostratigrafiche. Le unità faunistiche rappresentano, infatti, una soluzione più elastica delle biozone e compatibile con le peculiarità delle associazioni faunistiche terrestri. Per questo motivo, le tracce fossili di tetrapodi sono state usate come elementi faunistici delle unità evolutive. Le tracce dei tetrapodi sono un’importante componente delle faune permiane e triassiche e mostrano in questo intervallo temporale delle caratteristiche utili in stratigrafia, come un rapido tasso di evoluzione. Il metodo seguito da AVANZINI *et alii* (2001) comprende il riconoscimento di stadi evolutivi, la loro organizzazione in una sequenza di unità evolutive (o unità faunistiche) e l’utilizzo di quest’ultime come strumento cronologico. Le impronte di tetrapodi studiate provengono da successioni nel Sudalpino di età Carbonifero superiore-Permiano superiore (Formazione di Collio, Conglomerato di Dosso dei Galli, formazione di Tregiovo, Arenaria di Valgardena, Formazione a Bellerophon) e di età triassica (Formazione di Werfen, Gruppo di Braies, Formazione di Dürrenstein, Dolomia Principale). Le impronte ritrovate nei diversi siti e nelle diverse formazioni provengono anche da differenti contesti paleogeografici e ambientali: quelle ascrivibili al Carbonifero-Permiano si ritrovano all’interno di depositi continentali, mentre quelle triassiche sono perlopiù all’interno di sequenze marine. Questa differenza comporta una diversa possibilità di calibrazione con altri dati biostratigrafici e isotopici. Ad esempio, solo per le tracce triassiche è possibile un aggancio alla scala biostratigrafica ad ammonoidi e quindi una calibrazione con le unità cronostratigrafiche e geocronologiche standard marine. Sulla base dei dati disponibili, gli Autori riconoscono 6 icnoassociazioni, di cui una per il Permiano inferiore, una per il Permiano superiore, una per il Triassico basale, una per il Triassico medio e due per il Triassico superiore. Questi 6 gruppi di tracce fossili individuano nel Permiano e nel Triassico 6 intervalli temporali, ognuno dei quali caratterizzato da *taxa* e stadi evolutivi differenti. Tali intervalli rappresentano delle unità faunistiche, come descritte all’inizio del paragrafo, dalle quali è possibile estrapolare le età faunistiche tramite calibrazione con altri strumenti stratigrafici. Al momento le unità faunistiche basate sulle tracce fossili di tetrapodi sono prive di bioeventi che ne caratterizzino i limiti, ma sono ben distinte da un punto di vista faunistico; pertanto le *Land Ichnofaunal Units* (LIUs) e le *Land Ichnofaunal Ages* (LIAs) possono essere utilmente impiegate per suddividere e correlare i depositi continentali permo-triassici.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ W., ARTHUR M.A., FISCHER A.G., LOWRIE W. NAPOLEONE G., PREMOLI SILVA I. & ROGGENTHEN W.M. (1977) - *Upper Cretaceous-Paleocene magnetic stratigraphy at Gubbio, Italy. Type section for the Late Cretaceous-Paleocene magnetic reversal time scale.* Geol. Soc. Amer. Bull., **88**: 383-389.
- ANDERSON J.M. & CRUIKSHANK A.R.L. (1978) - *The biostratigraphy of the Permian and the Triassic: part 5. A review of the classification and distribution of the Permo-Triassic tetrapods.* Paleont. Africana, **12**: 15-44.
- AVANZINI M., CEOLONI P., CONTI M.A., LEOPARDI G., MANNI R., MARIOTTI N., MIETTO P., MURARO C., NICOSIA U., SACCHI E., SANTI G. & SPEZZAMONTE M. (2001) - *Tetrapod footprints as key elements of the permo-triassic continental biochronology.* Natura Bresciana, Ann. Mus. Civ. Sc. Nat. Brescia, Monografia **25**: 7-23.
- BAKKER R.T. (1977) - *Tetrapod mass extinction - a model of the regulation and speciation rates and immigration by cycles of topographic diversity.* In: HALLAM A. (Eds.), *Patterns of evolution as illustrated by the fossil record.* Elsevier, Amsterdam: 439-468.
- BALINI M. (1992) - *Ammoniti e biostratigrafia del Calcare di Prezzo (Anisico superiore, Alpi meridionali).* Tesi di dottorato inedita, Milano, pp. 191.
- BALINI M., GERMANI D., NICORA A. & RIZZI E. (2000) - *Ladinian/Carnian ammonoids and conodonts from the classic Schilpario-Pizzo Camino area (Lombardy): revaluation of the biostratigraphic support to chronostratigraphy and paleogeography.* Riv. It. Paleont. Strat., **106/1**: 19-58.
- BERGGREN W.A. & VAN COUVERING J.A. (1974) - *The late Neogene biostratigraphy, geochronology and paleoclimatology of the last 15 m.y. in marine and continental sequences.* Elsevier, Amsterdam, pp. 216.
- BERGGREN W.A., KENT D.V. & VAN COUVERING J.A. (1985) - *The Neogene: Part 2. Neogene geochronology and chronostratigraphy.* In: SNELLING N.J. (Ed.), *Geochronology and the Geologic Record.* Geological Society London Spec. Pap., 211-260.
- BRACK P. & RIEBER H. (1986) - *Stratigraphy and ammonoids of the Lower Buchenstein Beds of the Brescian Prealps and Giudicarie and their significance for the Anisian/Ladinian boundary.* Eclogae Geol. Helv., **79/1**: 181-225.
- BRACK P. & RIEBER H. (1993) - *Towards a better definition of the Anisian/Ladinian boundary: new biostratigraphic data and correlations of boundary sections from the Southern Alps.* Eclogae Geol. Helv., **86/2**: 415-527.
- BRACK P. & RIEBER H. (1994) - *The Anisian/Ladinian boundary: retrospective and new constraints.* Albertiana, **13**: 25-36.
- CASTRADORI D., RIO D., HILGEN F.J. & LOURENS L.J. (1998) - *The Global Standard Stratotype-section and Point (GSSP) of the Piacenzian Stage (Middle Pliocene).* Episodes, **21** (2): 88-93.
- CITA M.B. (1975a) - *The Miocene/Pliocene boundary: History and definition.* In: SAITO T. & BURCKLE L.H., *Late Neogene Epoch Boundaries: Micropaleontology Press, Spec. Publ. New York*, **1**: 1-30.
- CITA M.B. (1975b) - *Studi sul Pliocene e sugli strati di passaggio dal Miocene al Pliocene. VII. Planktonic foraminiferal biozonation of the Mediterranean Pliocene deep sea record. A revision.* Riv. It. Paleont. Strat., **81**(4): 527-544.
- CITA M.B. & GARTNER S. (1973) - *Studi sul Pliocene e sugli strati di passaggio dal Miocene al Pliocene. IV. The stratotype Zanclean, foraminiferal and nannofossil biostratigraphy.* Riv. It. Paleont. Strat., **79**: 503-558.
- CITA M.B., RIO D., HILGEN F., CASTRADORI D., LOURENS L. & VERGERIO P. (1996) - *Proposal of the Global boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Piacenzian (Middle Pliocene).* Neogene Newsletter, **3**: 20-46.
- COMMISSIONE ITALIANA DI STRATIGRAFIA (1993) - *Codice Italiano di Nomenclatura Stratigrafica: unità biostratigrafiche.* Boll. Soc. Geol. It., **112**: 563-572.
- COCCIONI R., MONACO P., MONECHI S., NOCCHI M. & PARISI G. (1988) - *Biostratigraphy of the Eocene/Oligocene boundary at Massignano (Ancona, Italy).* In: *The Eocene-Oligocene boundary in the Marche-Umbria Basin (Italy).* PREMOLI SILVA I., COCCIONI R. & MONTANARI A. (Eds.): 59-80.
- FANTINI SESTINI N. (1994) - *The Ladinian ammonoids from Calcare di Esino of Val Parina (Bergamasc Alps, Northern Italy). Pt. 1.* Riv. It. Paleont. Strat., **100/2**: 227-284.
- FANTINI SESTINI N. (1996) - *The Ladinian ammonoids from Calcare di Esino of Val Parina (Bergamasc Alps, Northern Italy). Pt. 2.* Riv. It. Paleont. Strat., **102/2**: 211-226.
- FURSICH F.T. (1978) - *The influence of faunal condensation and mixing on the preservation of fossil benthic communities.* Lethaia, **11**: 243-250.
- GAETANI M. (1994) - *Working Group on the Anisian, Ladinian and Carnian Stage Boundaries: Annual Report.* Albertiana, **14**: 51-53.
- GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON (1967) - *Report of the Stratigraphical Code Sub-committee.* T.N. George et al., Geol. Soc. London Proc., **1638**: 75-87.
- GLIOZZI E., ABBAZZI L., ARGENTI P., AZZAROLI A., CALOI L., PAPASSO BARBATO L., DI STEFANO G., ESU D., FICCARELLI G., GIROTTI O., KOTSAKIS T., MASINI F., MAZZA P., MEZZABOTTA C., PALOMBO M.R., PETRONIO C., ROOK L., SALA B., SARDELLA R., ZANALDA E. & TORRE D. (1997) - *Biochronology of selected mammals, mollusca and ostracods from the Middle Pliocene to the Late Pleistocene in Italy. State of the art.* Riv. It. Paleont. Strat., **103/3**: 369-388.

- HEDBERG H.D. (1976) - *International Stratigraphic Guide. A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure*. John Wiley & Sons, pp. 200.
- HILGEN F.J. (1987) - *Sedimentary rhythms and high-resolution chronostratigraphic correlations in the Mediterranean Pliocene*. *Newsl. Stratigr.*, **17**(2): 109-127.
- LANGEREIS C.G. & HILGEN F.J. (1991) - *The Rossello composite: a Mediterranean and global reference section for the Early to early Late Pliocene*. *Earth Planet. Science Letters*, **104**: 211-225.
- LOURENS L.J., ANTONARAKOU A., HILGEN F.J., VAN HOOFF A.A.M., VERGNAUD-GRAZZINI C & ZACHARIASSE W.J. (1996) - *Evaluation of the Plio-Pleistocene astronomical timescale*. *Paleoceanography*, **11** (4): 391-413.
- LOWRIE W., ALVAREZ W., NAPOLEONE G., PERCH-NIELSEN, K., PREMOLI SILVA I. & TOUMARKINE M. (1982) - *Paleogene magnetic stratigraphy in Umbrian pelagic carbonate rocks: the Contessa sections, Gubbio*. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **93**: 414-432.
- LUCAS S.G. (1999) - *A tetrapod-based Triassic timescale*. *Albertiana*, **22**: 31-40.
- MOJSISOVICS E.V. (1882) - *Die Cephalopoden der mediterranen Triasprovinz*. *Abh. Geol. Reichsanst.*, Bd. **10**: 1-322.
- NASC NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE (1983) - *North American Stratigraphic Code (NASC)*. *AAPG Bull.*, **67**, 5: 841-875.
- NICORA A. & BRACK P. (1995) - *The Anisian/Ladinian boundary interval at Bagolino (Southern Alps, Italy): II. The distribution of Conodonts*. *Albertiana*, **15**: 57-65.
- NICORA A. & BRACK P. (2000) - *I conodonti della Formazione di Buchenstein delle Prealpi bresciane: sezioni di Pertica e Brozzo, relazioni con la successione di Bagolino*. *Accad. Naz. Sci. Lett. Arti di Modena, Collana di Studi*, **21**: 177-181.
- NOCCHI M., PARISI G., MONACO P., MONECHI S., MADILE M., NAPOLEONE G., RIPEPE M., ORLANDO M., PREMOLI SILVA I. & BICE D.M. (1986) - *The Eocene-Oligocene boundary in the Umbrian pelagic sequence, Italy*. In: POMEROL C. & PREMOLI SILVA (Eds.), *Terminal Eocene Events*, *Develop. Paleont. Strat.*, **9**: 1-24.
- ODIN G.S. & MONTANARI A. (1988) - *The Eocene/Oligocene boundary at Massignano (Ancona, Italy): a potential Stratotype for the Eocene/Oligocene boundary*. In: *The Eocene-Oligocene boundary in the Marche-Umbria Basin (Italy)*. PREMOLI SILVA I., COCCIONI R. & MONTANARI A. (Eds.): 253-263.
- REMANE J. (1985) - *Calpionellids*. In: Haq B.U. & Boersma A. (Eds.), *Introduction to micropaleontology*: 161-170.
- RIO D., RAFFI I. & VILLA G. (1990) - *Pliocene-Pleistocene calcareous nannofossils distribution patterns in the Western Mediterranean*. In: KASTENS K.A., MASCLE J. *et alii*, (1990). *Proc. ODP, Sci. Results*, 107: College Station, TX (Ocean Drilling Program), 513-533.
- SALVADOR A. (1994) - *International Stratigraphic Guide. A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure*. The International Union of Geological Sciences and the Geological Society of America (Eds): pp. 214.
- SCIUNNACH D., GARZANTI E. & CONFALONIERI M.P. (1996) - *Stratigraphy and petrography of Upper Permian to Anisian terrigenous wedges (Verrucano Lombardo, Servino and Bellano Formations; western Southern Alps)*. *Riv. It. Paleont. Strat.*, **102**: 27-48.
- WALLISER H. (1986) - *Global Bio-Events. A critical Approach*. *Lecture Notes in Earth Sciences*, **8**: pp. 442.
- WONDERS A.A.H. (1980) - *Middle and Late Cretaceous planktonic Foraminifera of the western Mediterranean*. *Utrecht Micropal. Bull.*, **24**: pp. 157.

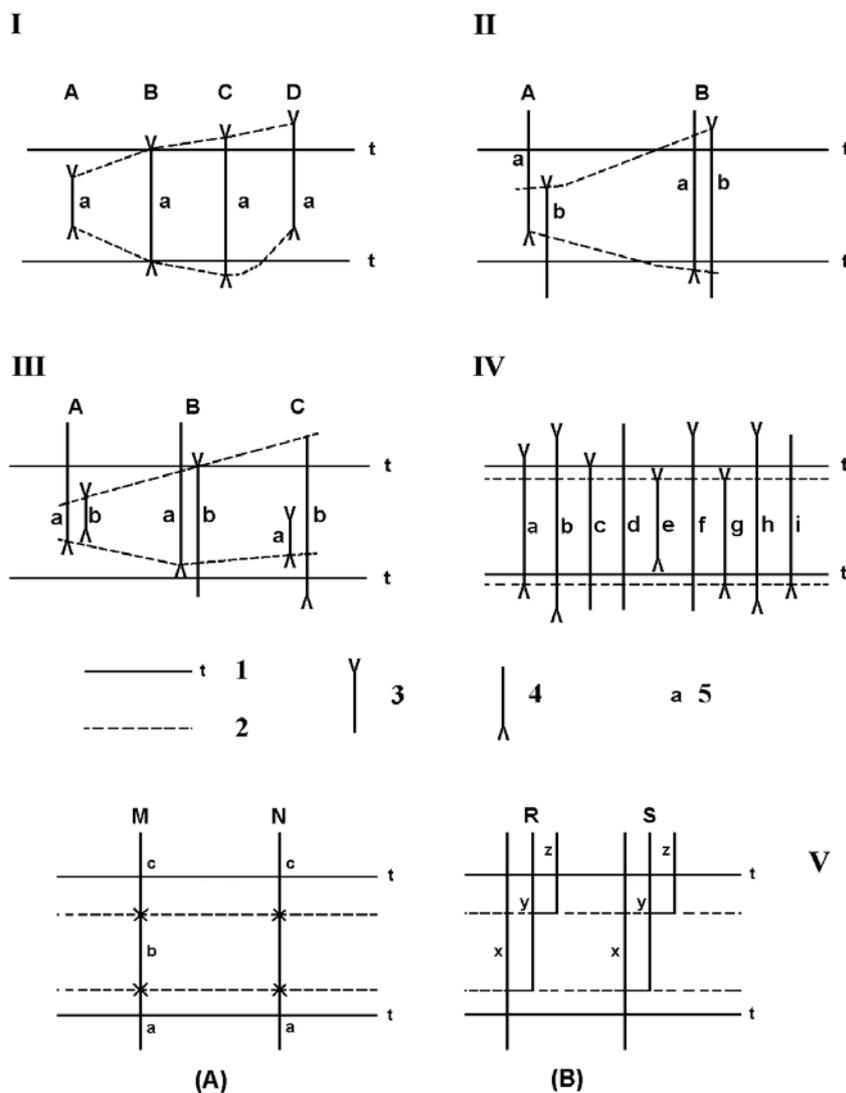


Fig. 1 - Diversi tipi di biozone. **I.** Biozona di distribuzione totale del fossile indice a nelle sezioni stratigrafiche A-D. **II.** Biozona di distribuzione concomitante degli indici a e b nelle due sezioni stratigrafiche A e B. **III.** Biozona di intervallo, compresa tra la prima comparsa dell'indice a e la scomparsa dell'indice b nelle sezioni A-C. **IV.** Biozona di associazione. In un complesso di indici a distribuzione assai diversificati, alcune specie hanno distribuzione locale. **V.** Biozona filetica. In **(A)** la biozona filetica rappresenta l'intera distribuzione della specie indice b nelle due sezioni stratigrafiche M ed N; in **(B)** la biozona filetica rappresenta parte della distribuzione della specie indice y, tra la sua prima comparsa e la prima comparsa del suo discendente z, nelle sezioni stratigrafiche R e S.

Per tutti gli schemi: **1** = linea tempo; **2** = limite della biozona; **3** = ultima presenza documentata nella sezione; **4** = prima comparsa documentata nella sezione; **5** = specie indice (ridisegnata da Codice Italiano di Nomenclatura Stratigrafica - Unità biostratigrafiche, Commissione Italiana di Stratigrafia, 1993 e da SALVADOR, 1994).

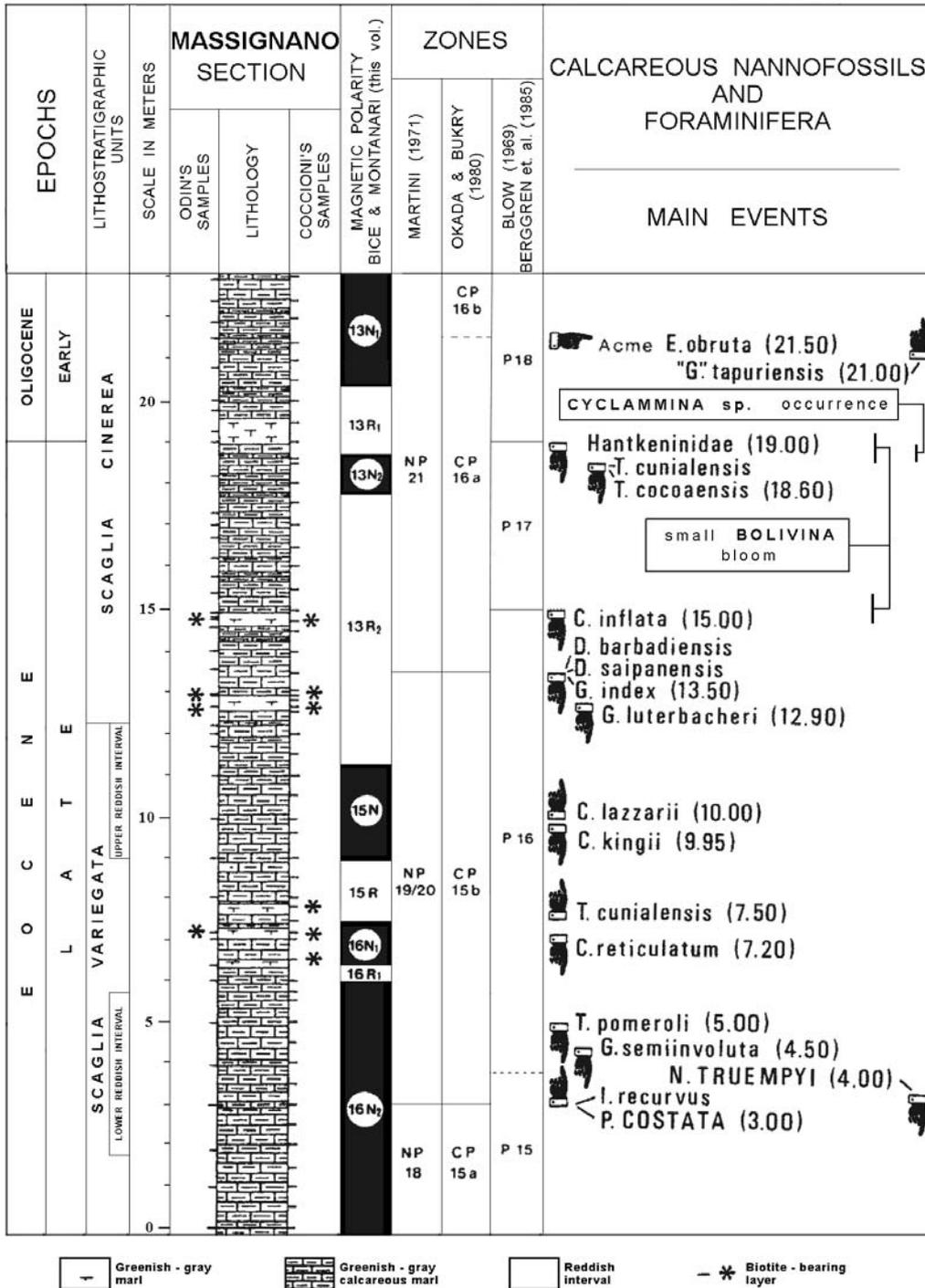


Fig. 3 - Principali bioeventi a nannofossili calcarei e foraminiferi planctonici nella sezione di Massignano (Ancona), posizionati in relazione alle scale crono- lito-, magneto- e biostratigrafiche (da Coccioni *et alii*, 1988).

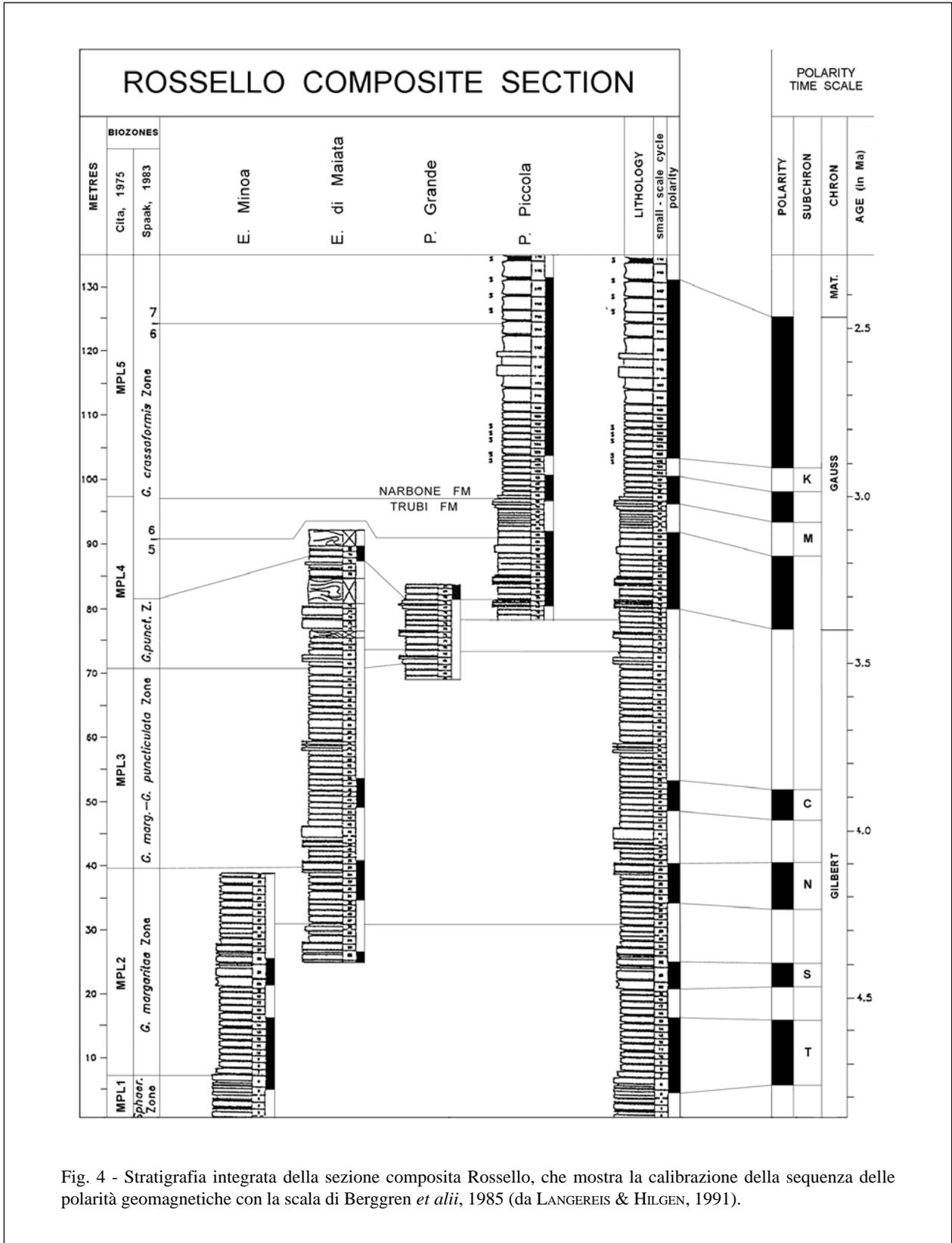


Fig. 4 - Stratigrafia integrata della sezione composta Rosello, che mostra la calibrazione della sequenza delle polarità geomagnetiche con la scala di Berggren *et alii*, 1985 (da LANGEREIS & HILGEN, 1991).

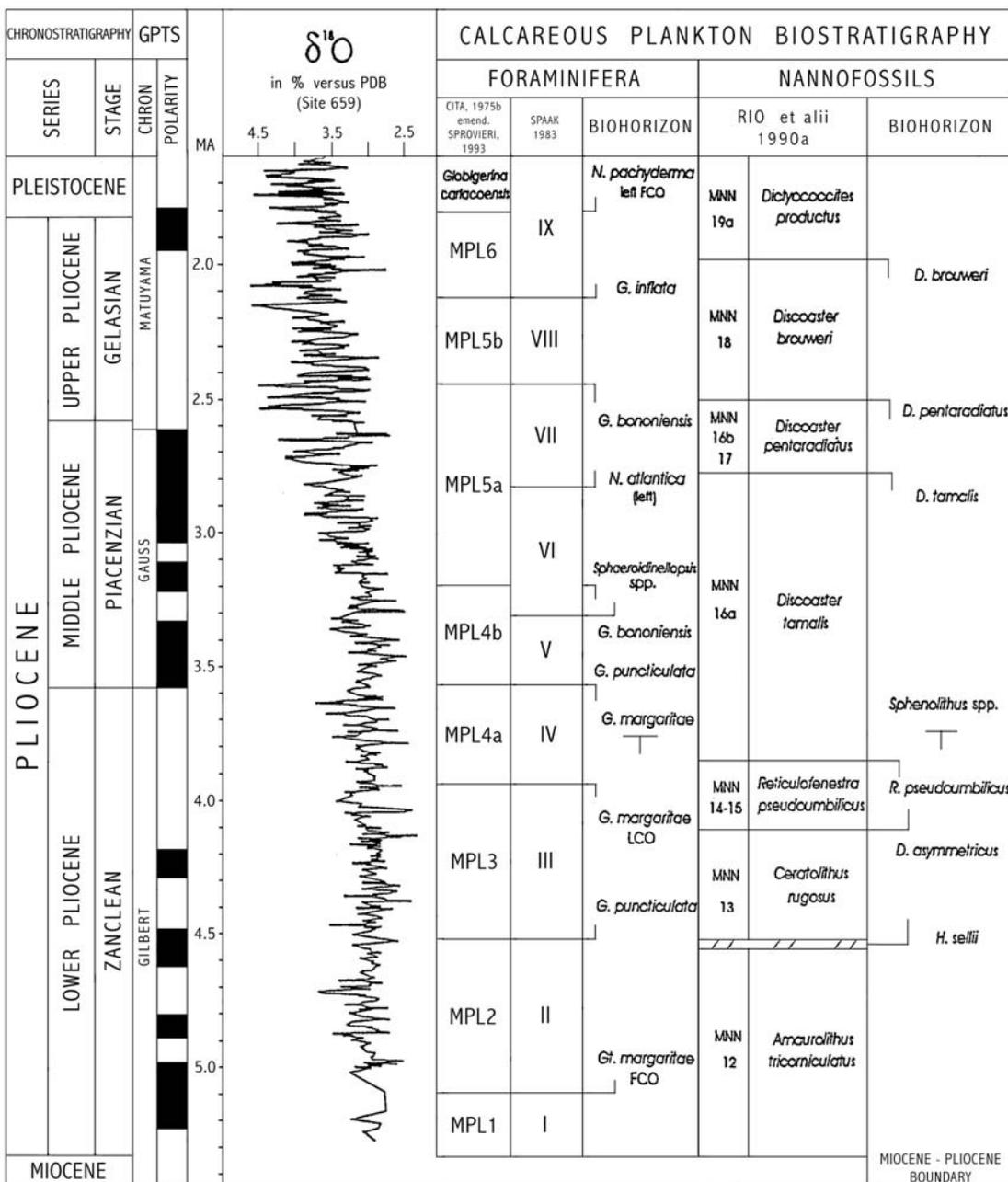


Fig. 5 - Stratigrafia integrata del Pliocene. Scala delle polarità geomagnetiche e calibrazione dei bioorizzonti a plancton calcareo da BERGGREN *et alii*, 1995a (da CITA *et alii*, 1996).

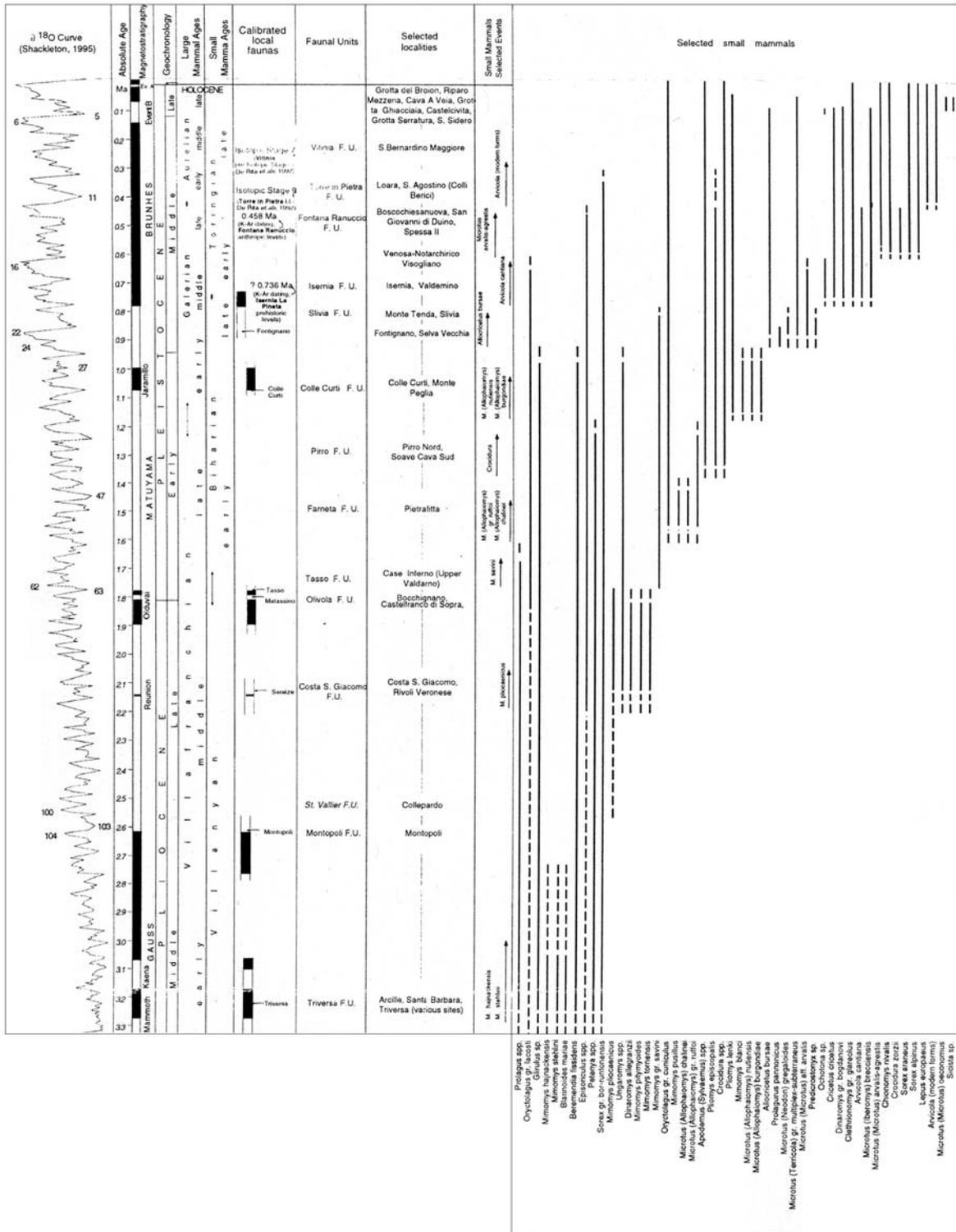


Fig. 6 - Biochronologia di alcuni piccoli mammiferi italiani dal Pliocene medio al tardo Pleistocene (da GLOZZI *et alii*, 1997).