



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TRIESTE

Sedi Consorziato: Università degli Studi di Genova
Università degli Studi di Urbino

DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE AMBIENTALI
(SCIENZA DEL MARE)
XIII CICLO

ASSOCIAZIONI A DIATOMEE POLARI NEL MARE DI ROSS (ANTARTIDE): RICOSTRUZIONE PALEOAMBIENTALE E PALEOCLIMATICA

TUTORE

Chiar.mo Prof. Nevio Pugliese
Dipartimento di Scienze Geologiche
Ambientali e Marine
Università degli Studi di Trieste

DOTTORANDA

Dott.ssa Raffaella Tolotti 165

COTUTORI

Chiar.ma Prof.ssa Camilla Pirini Radrizzani *C. Pirini Radrizzani*
Dott.ssa Maria Cristina Bonci *M.C. Bonci*
Dipartimento di Scienze della Terra
e delle sue Risorse
Università degli Studi di Genova

ca

COORDINATORE

Chiar.mo Prof. Antonio Brambati
Dipartimento di Scienze Geologiche
Ambientali e Marine
Università degli Studi di Trieste

Alla mia piccola Sofia

Sommario

Premessa	1
Introduzione	1
1. L' Antartide	1
1.1. Storia climatica antartica	4
1.2. L'Oceano Meridionale ed il Mare di Ross	5
1.3. Sistemi frontali	7
1.4. Ambiente marino e glaciale	8
.....	9
1.5. La silice biogenica ed i processi legati alla sua deposizione	11
2. Le diatomee antartiche	16
2.1. Generalità, storia degli studi	16
2.2. Produttività primaria	17
2.3. Le Diatomee	18
2.4. Associazioni microfloristiche attuali in Antartide	27
2.5. Biostratigrafia a diatomee	30
3. Materiali, metodi di preparazione e di studio	32
3.1. Siti di prelievo e motivi della scelta	32
3.2. Metodi di preparazione dei campioni	34
3.3. Metodi di osservazione	34
3.4. Tassonomia	35
3.5. Procedure di conteggio	35
4. Analisi statistica dei dati	37
4.1. Interpretazione del segnale di paleoproduttività	37
4.2. Analisi della correlazione tra specie	37
4.3. Analisi della correlazione tra livelli differenti	38
4.4. Ambienti operativi	40
5. Descrizione delle carote	42
5.1. Introduzione	42
5.2. Carota ANTA96 5bis	44
5.2.1. Descrizione della carota	44
5.2.3. Analisi della matrice delle correlazioni tra le specie	49
5.2.4. Cluster Analysis	49
5.2.5. Considerazioni ambientali sulla Cluster Analysis	50
5.2.6. Indici biotici	50
5.3. ANTA99 23	53
5.3.1. Descrizione della carota	53
5.3.2. Analisi della matrice delle correlazioni tra le specie	59
5.3.4. Cluster Analysis	59
5.3.5. Considerazioni ambientali sulla Cluster Analysis	60
5.3.6. Indici biotici	60
5.4. ANTA91 8	63
5.4.1. Descrizione della carota	63
5.4.2. Analisi della matrice delle correlazioni tra le specie	69
5.4.4. Cluster Analysis	70
5.4.5. Considerazioni ambientali sulla Cluster Analysis	70
5.4.6. Indici biotici	72
6. Analisi critica dei dati, considerazioni paleoecologiche e paleoclimatiche e conclusioni	74
6.1. Carota ANTA96 5bis	74
6.2. Carota ANTA99 23	76
6.3. Carota ANTA91 8	78

6.4	Discussione generale sulle tre carote	82
6.5	Conclusioni	90
	Bibliografia consultata	93

Appedice Tassonomica

Glossario dei termini

Errata Corrige

Capitolo 5:

A causa di una errata numerazione progressiva sono mancanti i numeri di sottoparagrafo: 5.2.2., 5.3.3., 5.4.3., il documento e' comunque completo e procede nel come indicato nel sommario.

Premessa

Questo studio sperimentale si inserisce nel Progetto Nazionale Ricerche in Antartide (Area tematica Global Change) con lo studio di carote di bacino e/o di piattaforma continentale finalizzato all'ottenimento di informazioni paleoclimatiche mediante analisi multidisciplinari (sedimentologiche, mineralogiche, micropaleontologiche, geochimiche, ecc.). L'indagine è rivolta, in particolare, agli aspetti micropaleontologici corrispondenti ai taxa silicei e la loro risposta conservativa e sedimentaria relativa ai cambiamenti climatici e quindi ambientali (come per esempio l'espansione ed il ritiro della West Antarctic Ice Sheet cioè la Calotta Orientale Antartica) occorsi nel Mare di Ross durante il tardo Quaternario, in particolare relativi alle finestre temporali degli ultimi 250-300 e 20-30 ka.

Introduzione

L'opportunità di studiare i taxa silicei deriva dal fatto che questi risultano essere gli organismi che maggiormente contribuiscono alla genesi dei sedimenti antartici e periantartici. La sedimentazione biogenica silicea in Antartide è infatti strettamente correlata alla produttività primaria delle masse d'acqua (dipendente dall'estensione dei ghiacciai marini e dalle condizioni oceanografiche ed idrologiche dell'area ed indipendente dalle oscillazioni della CCD) ed è rappresentata in gran parte da sedimenti diatomacei con un contributo secondario di radiolari e spicole di spugne (Kellogg & Truesdale, 1979; DeMaster, 1981; Dunbar et al., 1985, 1989; Burckle & Cirilli, 1987; Domack, 1988).

Dopo il grande impulso avuto con l'inizio degli Deep Sea Drilling Project negli anni '70 e la consolidata prassi di considerare le flore a diatomee quali utili indicatori ambientali, le ricerche sono state indirizzate all'approfondimento degli studi ecologici sulle loro associazioni e su fenomeni di comparsa e scomparsa di alcuni taxa (Gombos, 1974; Bukry, 1975; McCollum, 1975; Fenner et al., 1976; Schrader, 1976; Bukry & Monechi, 1985).

Negli ultimi anni dato l'aumento della domanda di strumenti stratigrafici a sempre maggior risoluzione, l'utilizzo delle associazioni a diatomee quali indicatori ambientali ha ricevuto un nuovo impulso.

In particolare l'attenzione si rivolge al record sedimentario relativo agli ultimi millenni o comunque alla ricerca di condizioni ambientali passate che possano indicare una tendenza evolutiva climatica passata simile o correlabile a quella attuale. Ciò è finalizzato all'individuazione delle dinamiche climatiche ed alla possibile predizione in futuro delle problematiche biologico-ambientali connesse ad un effettivo cambiamento climatico con le relative implicazioni socioeconomiche per il genere umano.

Lo studio proposto si rivolge principalmente all'analisi del potenziale paleoclimatico e biostratigrafico delle diatomee e delle loro associazioni applicato ad alcune carote raccolte in ambienti bacinali esterni ed interni alla piattaforma continentale nel Mare di Ross ed intende eventualmente approfondire anche altri strumenti di indagine quali indici biotici relativi a determinate specie.

Gli obiettivi del lavoro possono essere riassunti nei seguenti punti:

- conoscenza ed approfondimento dei taxa silicei, in particolare le diatomee, e delle problematiche connesse con la loro classificazione, ecologia e rinvenimento fossile;
- informazioni paleoclimatiche e paleogeografiche basate sullo studio qualitativo e quantitativo di associazioni fossili a diatomee;
- stima delle modalità ed intensità di risposta di queste associazioni fossili alle fluttuazioni climatiche del tardo Quaternario (in particolare durante le finestre temporali relative agli ultimi 250-300 e 20-30 ka);
- approfondimento di ulteriori problematiche tassonomiche ed interpretative relative a particolari taxa (principalmente diatomee) ai fini di testare un possibile loro utilizzo per una definizione di alcuni strumenti d'indagine (quali ad esempio alcuni indici biotici);
- una applicazione degli strumenti di indagine definiti per una interpretazione paleoambientale e paleoclimatica più accurata possibile.

1. L' Antartide

Il Continente Antartico si estende per 13,8 milioni di km² ed è composto da due settori distinti: L'Antartide Orientale e L'Antartide Occidentale. Queste presentano differente estensione e caratteristiche morfologiche differenti.

Questi due settori o provincie sono separate dalla Catena Transantartica, che si estende per 3200 km

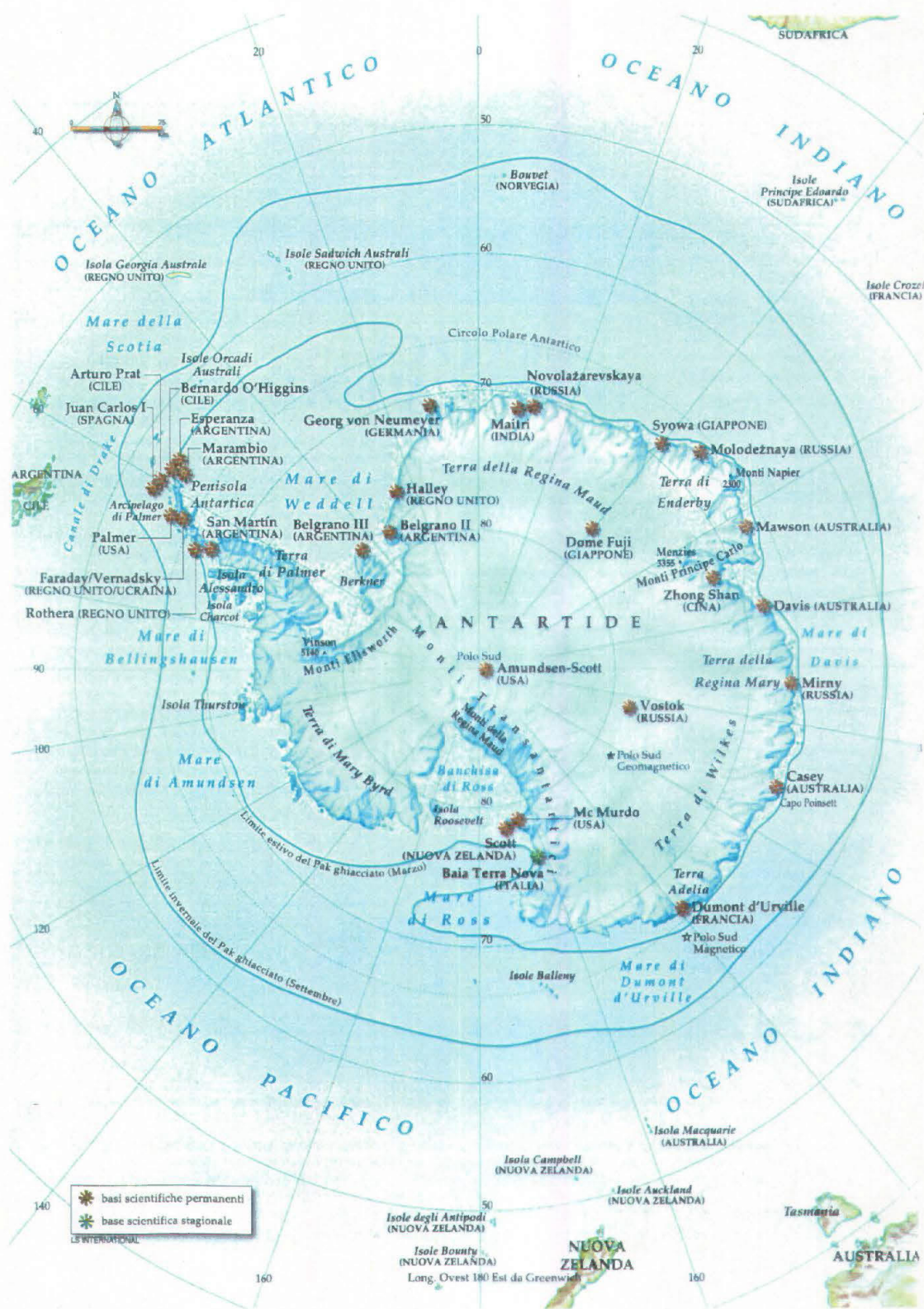


Fig. 1.0 - Estensione della calotta glaciale antartica

ed è orientata complessivamente NW-SE e culmina nei monti Nansen (2737 m), Hewson (3720 m) e Melbourne (2732). Essa ha preso origine dalla collisione tra le due placche continentali antartiche, quella appunto orientale e quella occidentale.

Tra tutti i continenti terrestri è quello caratterizzato dal clima più estremo con temperature invernali che raggiungono sulla costa -20° - -30° C, forti venti e frequenti tempeste e condizioni meteomarine dai cambiamenti velocissimi ed imprevedibili. La conoscenza del clima antartico è aumentata durante questi ultimi decenni grazie alla disponibilità di osservazioni satellitari, all'aumento di stazioni automatiche di rilievo e quindi all'aumentata disponibilità di dati (Anderson, 1999).

Quasi l'intero continente è coperto da calotta glaciale (Antarctic Ice Sheet - AIS) (Fig. 1.0) che rappresenta il 91% dei ghiacci della Terra per un volume di circa 30 milioni di Km^3 ed una superficie di 13 milioni di Km^2 (Drewry, 1983) e che si muove radialmente verso l'Oceano a velocità differenziate tra la parte interna e quella esterna ed assottigliandosi verso mare, andando poi a formare delle piattaforme marine flottanti e spesse anche centinaia di metri. Questa calotta di ghiaccio è suddivisa in due parti, la West Antarctic Ice Sheet (WAIS) che ricopre il settore antartico occidentale e la East Antarctic Ice Sheet (EAIS) che sovrasta il settore orientale e che presentano dei bilanci di massa ed una sensibilità alle oscillazioni climatiche differenti.

Nel suo insieme la calotta ha una forte influenza sul clima regionale; in prossimità della sua superficie infatti si ha un forte raffreddamento dell'aria che crea un'inversione di temperatura. Questo fenomeno favorisce la formazione di masse d'aria fredda che, governate dalla gravità e dalla Forza di Coriolis ed incanalate dalla topografia della superficie, danno origine ai noti venti catabatici. Questi, assieme alle fortissime tempeste tipiche di queste latitudini, hanno un ruolo fondamentale nel sostenere le aree di polynya costiere, cioè zone interne alla copertura marina costantemente libere da ghiaccio (Anderson, 1999) ed i cui meccanismi di formazione prevedono anche la presenza di una certa quota di 'calore latente' dovuto a fenomeni di convezione verticale o di upwelling di acque temperate (convogliate da venti e/o da correnti) che prevengono la formazione di ghiaccio.

La stabilità dell'Antarctic Ice Sheet è fortemente correlata anche alle variazioni del livello marino, al fenomeno di calving (fratturazione della copertura e deriva di icebergs) e fenomeni di fusione basale. Soprattutto la WAIS sembra essere particolarmente sensibile e capace di rapidi ritiri innescati dal più o meno graduale aumento del LMM (Livello Medio Marino). Questo fenomeno sembra essere stato particolarmente importante durante i più recenti episodi trasgressivi relativi al tardo Pleistocene fino all'Olocene (Anderson, 1999).

Altro fattore condizionante la stabilità della AIS è la fusione sottomarina delle Ice Shelves favorite dall'intrusione di masse d'acqua temperata in piattaforma (Anderson, 1999), direttamente correlabile alla situazione idrografica ed oceanografica della zona e del periodo.

Tutti questi fattori sono condizionati direttamente o indirettamente da variabili climatiche e si equilibrano a vicenda condizionando quella inerzia termica che può caratterizzare la tipologia e le modalità di risposta ambientale.

Una conoscenza più approfondita possibile di questi processi forzanti l'ecosistema la natura della loro interdipendenza è essenziale anche per una ricostruzione della storia passata e futura dell'ecosistema antartico.

Il Mare di Ross è un bacino interno ubicato nel settore antartico Pacifico posto tra le Montagne Transantartiche ad ovest, la Terra Marie Byrd ad est, a sud dalla barriera del Ross Ice Shelf e a nord dalla scarpata continentale per una superficie di circa 750000 Km^2 e con una profondità compresa tra circa 300 m ed oltre 700 m (Anderson, 1999; Shipp et al., 1999).

La piattaforma continentale è caratterizzata da una serie di banchi e bacini orientati nord est-sud ovest condizionati in origine dalla struttura tettonica di drifting continentale ed accentuatisi con l'erosione glaciale (Anderson, 1999; Piccioni, 1999), mentre la scarpata continentale è divisa in due porzioni dal Pennell Bank. Quella orientale ha un gradiente medio basso mentre quella occidentale è più inclinata ed irregolare (Anderson, 1999).

I ghiacciai che afferiscono a questo bacino di competenza drenano verso costa e vanno ad alimentare le lingue glaciali galleggianti come ad esempio la Drygalski Ice Tongue ed altre ice shelves. E' stato evidenziato che, negli ultimi decenni, i ghiacciai galleggianti relativi alla Victoria Land hanno subito delle fasi di forte riduzione ed avanzamento con una ciclicità tra i 10 ai 20 e più anni; ma alcuni di loro e tra questi anche quelli presenti a Cape Adare, hanno mostrato un comportamento differente con un forte ritiro e scomparsa delle loro lingue. Questo differente comportamento può essere imputato ad un aumento del fenomeno di fusione all'interfaccia ghiaccio-oceano correlato ad una maggiore intrusione, dalla scarpata continentale, di acque temperate provenienti da circolazione oceanica (Frezzotti, 1997) Vedi sottocap. 1.1.

1.1. Storia climatica antartica

Le aree polari sono considerate aree particolarmente sensibili alle fluttuazioni climatiche dati i particolari rapporti tra atmosfera, ghiaccio, oceano ed ecosistema.

La storia climatica dell'Antartide più recente è legata principalmente alle oscillazioni della calotta glaciale condizionata sia da fattori astronomici legati principalmente all'inclinazione dell'asse terrestre ed alle sue variazioni (cicli di Milankovitch) (Imbrie et al., 1984; Quaja, 1997) sia a fattori geologici con l'apertura, nel Miocene, dello stretto di Drake, tra la Penisola Antartica e l'America Meridionale, ed il conseguente isolamento climatico del continente ed il progressivo raffreddamento (Kennett, 1977; Quaja, 1997). Da questo momento in poi, infatti, l'Antartide sembra non aver sperimentato più una vera fase interglaciale, tanto che alle volte si preferisce parlare di 'glacial maximum' e 'glacial minimum' invece di 'glaciale' ed 'interglaciale' (Anderson, 1999).

Successivamente oscillazioni climatiche sembrano essere state governate principalmente da fattori astronomici tuttora oggetto di studio e di varia modellistica; su un evento tutti i dati sembrano, comunque, concordare (Anderson, 1999) e cioè il maggiore evento di raffreddamento avvenuto alla fine del Pliocene-inizio Pleistocene che sembra abbia dato inizio alle glaciazioni cicliche di entrambe le Ice Sheets polari, quella artica e quella antartica, e che, sensibili alle oscillazioni del livello marino, si sarebbero poi in qualche maniera sincronizzate.

In questi ultimi anni gli studi si sono sempre più focalizzati sui differenti criteri di identificazione di qualsiasi tipo di record glaciale.

Importanti nella comprensione del tasso di copertura da calotta glaciale si sono rivelati studi sismici, sedimentologici ed anche geomorfologici (Baroni & Orombelli, 1995; Licht et al., 1999).

Dal punto di vista sedimentologico importanti risultano gli studi effettuati sia in piattaforma continentale con la caratterizzazione delle varie facies sedimentarie e delle superfici di discontinuità sia in ambienti di scarpata e bacinali (Anderson, 1992, 1999; Domack et al., 1999; Licht et al., 1996, 1999; Pudsey, 2000; Shipp et al., 1999).

Inoltre sono stati incrementati gli studi geochimici (Stein, 1990, 1991), sempre limitati dalla scarsità di carbonato di calcio nei sedimenti antartici, sulle correnti al fondo (Harris & O'Brien, 1998; Domack et al., 1999; Harris, 2000; Harris et al., 2001), sullo spostamento spazio-temporale della facies sedimentarie e delle biozonazioni (Burckle & Cirilli, 1987) e sulle variazioni del livello marino (Nakada et al., 2000).

Fattori molto importanti nell'influencare il clima dell'Emisfero del Sud si sono rivelati anche alcuni fenomeni relativi alla circolazione oceanica a livello globale come ad esempio il variabile tasso di produzione di North Atlantic Deep Water (NADW). Attualmente la produzione e la circolazione delle NADW giocano un ruolo fondamentale nella regolazione dell'estensione stagionale del ghiaccio marino ma sono state stimate pressochè nulle durante l'ultimo ciclo glaciale (LGM) (18000 BP). Non ci sono attualmente delle modellistiche valide relative agli effetti provocati da cambiamenti nel trasporto di acque temperate profonde verso l'Emisfero Meridionale durante gli ultimi cicli glaciali, ma sembra che possano spiegare, in parte, i cambia-

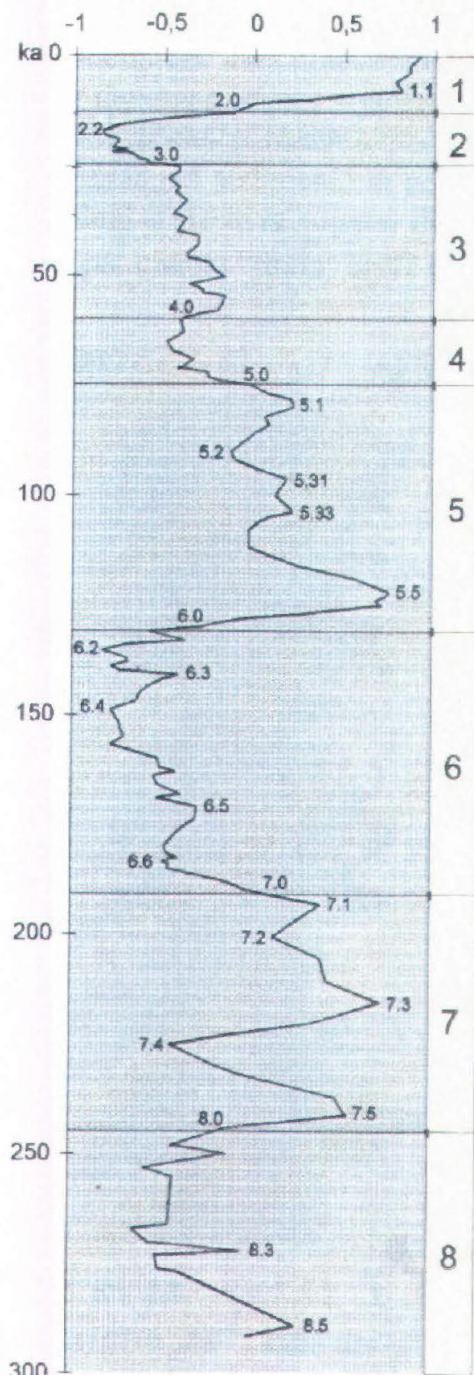


Fig. 1.1 Cronostratigrafia isotopica dell'ossigeno ($\delta^{18}\text{O}$) proposta da Martinson et al., 1987.

menti glaciale-interglaciale della copertura da ghiaccio marino in Antartide (Crowley & North, 1991).

In questo studio, per l'interpretazione relativa soprattutto alla finestra temporale dei 250-300 ka, ci si è basati sul modello deposizionale di Grobe & Mackensen (1992) (vedi Sottocap.1.5) e sulla curva cronostratigrafica basata sull' $\delta^{18}\text{O}$ proposta da Martinson et al., 1987 (Fig. 1.1); il tutto comparato con le datazioni ed i tassi di sedimentazione proposti da Quiaia & Brambati, 1997 e Ceccaroni et al., 1998 relativi alla carota ANTA91 8, con Bonn et al., 1998 relativo al record di paleoproduttività sul margine continentale negli ultimi 400 ka e con le ipotizzate fasi di collasso della copertura glaciale (Ice sheet) durante gli interglaciali più caldi (stage 11 e stage 5) (Scherer, 1991; Burkle, 1993a, 1993b).

Per quanto riguarda la finestra temporale relativa ai 20-30 ka, quindi agli ultimi due cicli climatici, ci si è basati su una serie di dati pubblicati riguardanti principalmente il record sedimentologico relativo all'ultima fase di espansione e ritiro della calotta (Salvi, 2000; Domack et al., 1999; Licht et al., 1996, 1999; Shipp et al., 1999).

Inoltre Baroni e Orombelli (1991, 1994 in Anderson, 1999; 1995) su dati sedimentologici e su colonie di pinguini (penguin rookeries) abbandonati propongono la piattaforma continentale da Cape Hallet a Cape Adare libera da copertura glaciale durante l'LGM e che la cappa glaciale non abbia oltrepassato la scarpata continentale. Dal basso tasso di sollevamento isostatico osservato a Cape Adare (Anderson, 1999) è stato quindi possibile ipotizzare un debole coinvolgimento nelle fasi di avanzata e di ritiro della calotta in quella zona. Anche dati sul radiocarbonio evidenziano che la piattaforma continentale fosse libera da ghiaccio fino ad almeno 20000 ka con dati indicanti un range temporale fra 17 e più di 35 ka con l'evidenza di organismi dai gusci carbonatici viventi in piattaforma esterna prima e durante l'LGM (Anderson, 1999; Licht et al., 1999).

E' stata posta l'attenzione anche sugli studi relativi alla massima espansione del ghiaccio marino durante il Last Glacial Maximum e sulla sua influenza sulla circolazione oceanica (Crosta et al., 1998, 1998).

1.2. L'Oceano Meridionale ed il Mare di Ross

L'apertura del Passaggio di Drake, tra il Sud America e la Penisola Antartica, oltre a favorire l'isolamento termico dell'Antartide, ha permesso lo stabilizzarsi del sistema di circolazione profonda circum-Antartica circa 24 Ma BP (approssimativamente al passaggio tra Neogene/Paleogene).

Apparentemente l'Oceano del Sud appare come un oceano uniforme caratterizzato da temperature polari, forti venti e vasti mari ma in realtà è formato da un complesso insieme di correnti e masse d'acqua ben distinte dipendenti e talvolta generate dal regime atmosferico. Da ciò e da altri fattori (apporti terrigeni, produttività biologica ecc) dipendono le sue caratteristiche chimico fisiche e la sua biogeografia (Harris & Stonehouse, 1991).

In realtà si possono individuare, all'interno dell'Oceano Meridionale, diverse zonazioni concentriche, basate sulla stratificazione verticale di temperatura e salinità lungo la colonna d'acqua le cui masse sono governate anche dalle condizioni meteorologiche ed atmosferiche (Anderson, 1999).

Schematizzano esistono due grandi circolazioni principali: una è la Corrente Circumpolare Antartica (ACC o West Wind Drift) compresa tra il Fronte Subantartico e quello Polare, che caratterizza gran parte dell'oceano e presenta temperature invernali delle acque superficiali che possono essere anche superiori a 2°C. E' generata dai potenti venti occidentali che traggono origine dal sistema di alte pressioni e depressioni caratteristico delle zone più a nord. Essa scorre verso est, in senso orario attorno al continente ad una latitudine compresa tra 50° e 60°S senza trovare ostacoli o barriere continentali lungo il suo cammino e formando un anello circolatorio stabile che isola il continente antartico rendendolo un ambiente così particolare.

Più vicino al margine continentale invece, vi è la Corrente Costiera Antartica (ACC o East Wind Drift), generata dai venti ciclonici del sud creati dalle più o meno stabili depressioni che si vengono a creare tra le aree di alta pressione sul continente e le aree subtropicali e, in maniera minore, dai venti catabatici che si riversano fuori dal continente. Questa circolazione, che ha invece senso antiorario, è confinata nella zona definita 'Continentale' e caratterizza anche il Mare di Weddell ed il Mare di Ross (Figg. 1.2 e 1.3) e presenta delle temperature invernali delle acque superficiali inferiori a 1° C. Da questi due bacini però escono delle masse d'acqua densa continentale che mescolandosi con quella proveniente dall' ACC vanno a formare l'Antarctic Bottom Water (AABW) che fluendo verso nord attraverso i tre oceani collegati al Mare del Sud è così importante nella regolazione dell'intero clima (Anderson, 1999; Spezie et al., 1993; Spezie, 1999).

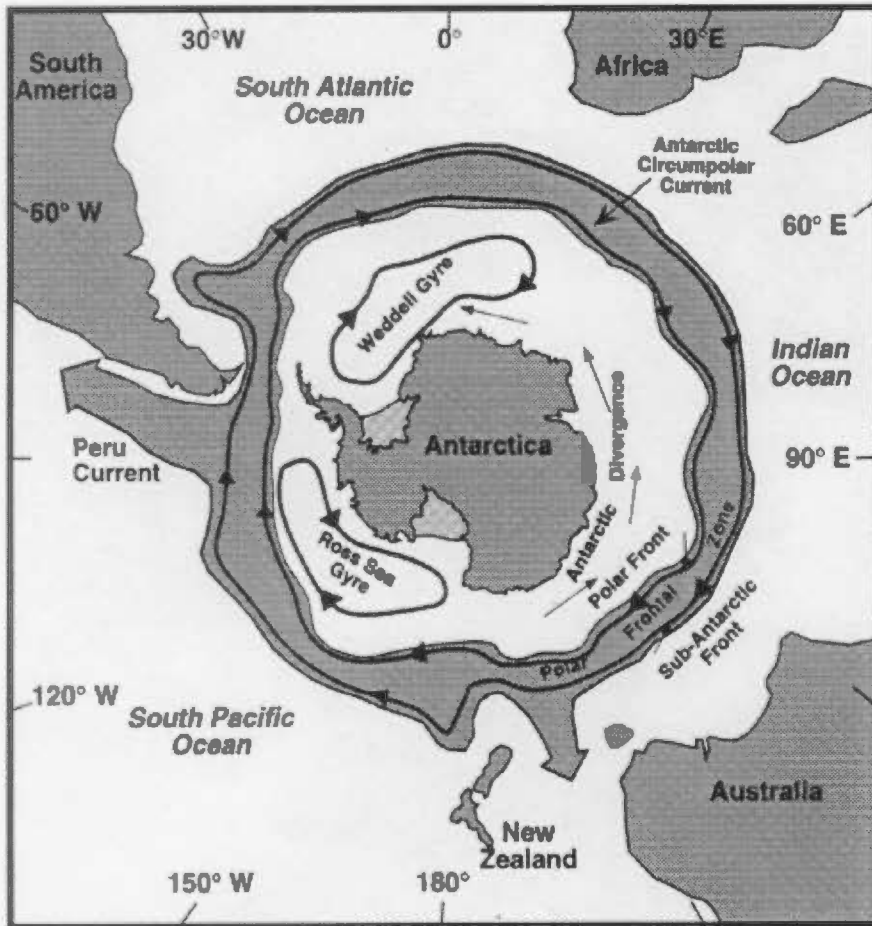
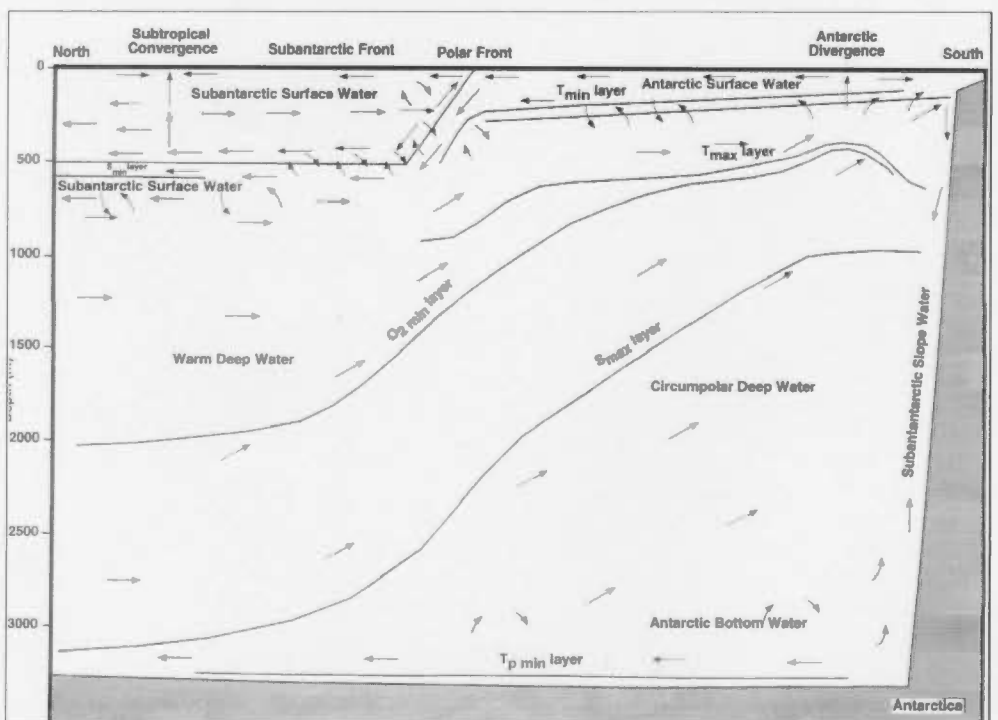


Fig. 1.2 Maggiori caratteristiche oceanografiche dell'Oceano Meridionale; da Anderson, 1999.

Fig. 1.3 Rappresentazione schematica delle masse d'acqua nell'Oceano Meridionale. O_2 = minimo di ossigeno; S_{min} = minimo di salinità; T_{min} = minimo di temperatura; T_{max} = massimo di temperatura; $T_p \min$ = potenziale minimo di temperatura (da Gordon, 1967 in Anderson, 1999).



Più particolareggiatamente esistono quattro principali masse d'acqua riconoscibili a sud del Fronte Polare (PF):

l'Antarctic Surface Water (AASW),
la Warm Deep Water (WDW),
la Circumpolar Deep Water (CPDW) e
l'Antarctic Bottom Water (AABW)

che nella loro configurazione circolatoria e con il loro scontro impostano quelle situazioni idrodinamiche note come zone di convergenza e divergenza (vedi sistemi frontali) (Figg. 1.2 e 1.3).

Per quanto riguarda la circolazione più prossima al continente è caratterizzata da acque di piattaforma e può essere suddivisa in due configurazioni legate alla densità più o meno marcata a seconda dell'origine e caratterizzate da temperature piuttosto basse. Le acque di piattaforma più dense scorrono lungo quella porzione di margine continentale dove avviene il loro mescolamento con WDW e CPDW e la formazione della Subantarctic Slope Water che alimentano poi la AABW; quelle meno dense, scorrono sopra alle WDW, più calde e salate, e la CPDW, e vengono deviate verso nord-est.

La salinità di queste acque è regolata dal tempo di permanenza delle masse d'acqua sulla piattaforma, dall'annuale fenomeno di congelamento e produzione di ghiaccio marino e diluizione con le acque estive di fusione e di precipitazione.

In certe aree, caratterizzate da particolari aree con apertura glaciale anche invernale (polynyas- vedi capitolo Ambiente marino e glaciale), questi fenomeni danno origine a correnti di densità, note come High Salinity Shelf Waters (HSSW). Queste acque si formano per espulsione di acqua ipersalata (brine) durante il processo di neoformazione di ghiaccio marino invernale, per raffreddamento delle acque saline di risalita dalla scarpata (Harris, 2000) o, appunto in zone caratterizzate da situazioni di polynya ed hanno un fondamentale impatto per l'intera circolazione.

Una delle zone di maggior produzione di HSSW (assieme al Wilkes Land) è proprio il Mare di Ross caratterizzato dalla presenza ricorrente del polynya di Terra Nova (Spezie & Mazzarella, 1999). Il meccanismo di diffusione di queste acque è ancora sconosciuto, ma il loro apporto, con mescolamento con le ACC, all'Antarctic Bottom Waters, sembra essere rilevante ed importante quindi per l'equilibrio circolatorio a livello globale (Spezie et al., 1993). In ambienti dinamici quali il Mare di Ross, quindi, i fattori idrodinamici possono giocare un ruolo importante nella distribuzione dei sedimenti e quindi anche della loro frazione biogenica con fenomeni di risciacquo dei sedimenti e la rimozione preferenziale e trasporto selettivo (Truesdale & Kellogg, 1979; Crosta et al., 1997).

1.3. Sistemi frontali

Un altro fenomeno molto importante anche dal punto di vista biotico è quello connesso con la presenza di sistemi frontali la cui struttura, piuttosto complessa, è legata ad aree nelle quali lo scambio energetico risulta particolarmente intenso e sono quindi particolarmente importanti nelle aree di convergenza e divergenza antartica, lungo la scarpata continentale, sulla piattaforma (nella quale prende grande rilievo la morfologia del fondale oltre che la presenza di polynya) e lungo il margine del Ice Shelf.

I sistemi frontali sono intimamente correlati alla circolazione e prendono origine, principalmente, dallo scontro tra massa d'acqua di grande portata e con caratteristiche differenti (vedi Capitolo 1.1), ma possono influire sulla loro conformazione anche la topografia dei fondali ed altri fattori meteorologici (Spezie et al., 1993).

Sia i venti che le correnti vengono deviate nel loro flusso sulla sinistra (deriva di Ekman) formando così su ampia scala delle zone di convergenza e di divergenza dove le acque superficiali sono convogliate in modo da isolare differenti masse d'acqua e creare le condizioni che favoriscano la stabilizzazione di profondi fronti oceanici (Harris & Stonehouse, 1991).

Le configurazioni oceaniche più stabili e più importanti vengono individuate nel Polar Front (Antarctic Convergence) e Sub-antarctic Front (più debole e più settentrionale) che delimitano la Polar Front Zone. Questa corrisponde alla Antarctic Circumpolar Current (ACC) e caratterizza la zona oceanica centrale compresa pressapoco tra i 50° ed i 60° S avendo il suo limite settentrionale maggiore nel settore Pacifico.

Per quanto riguarda i sistemi frontali caratteristici delle zone più prossimali al continente (Spezie et al., 1993) esse sono individuabili:

nella Divergenza Antartica e correlate a fenomeni di upwelling, nel Fronte Antartico di Scarpata (Antarctic Slope Front) con risalite di WDW e nel Fronte di Margine Glaciale (Ice Edge Front) (ad esempio il margine dell'Ice Ross Shelf) condizionata dalla posizione variabile del margine di ghiaccio e fenomeni ad esso associati (apporti di acque di fusione, penetrazione della luce, ecc.) e loro influensi sulla produttività della colonna d'acqua.

1.4. Ambiente marino e glaciale

La calotta glaciale che sovrasta la regione antartica nella fascia continentale-marina può essere rappresentata da ghiaccio di origine continentale (Ice Shelves) o da ghiaccio di origine marina. Entrambe queste tipologie di copertura possono avere delle caratteristiche regionali peculiari riconducibili a differenti modalità di formazione.

Il ghiaccio di origine continentale è dovuto al lento scorrimento dei ghiacciai verso il mare mentre quello marino, prodotto dal sovracongelamento dello strato d'acqua più superficiale, forma una coltre di copertura annuale o pluriennale denominata *pack* marino. Queste coltri formano delle barriere impenetrabili verso il mare aperto che occupano circa 1/3 della costa (Cattaneo-Vietti, 1997), non impedendo però la vita dal momento che anche il *pack* stesso presenta un habitat idoneo per molte forme algali (vedi Cap. 2).

Rapportata all'estensione dell'Antarctic Ice Sheet, quella del ghiaccio marino attuale attorno all'Antartide è più o meno il doppio e varia annualmente. Questa variazione annuale è uno dei fattori principali nella regolazione del bilancio energetico tra atmosfera ed oceano; essa inoltre condiziona anche la penetrazione di luce nella parte più superficiale della colonna d'acqua (zona fotica) e quindi la sua produttività (Anderson, 1999).

Nella zona più vicina al continente, si può notare la divisione in *land-fast ice* nelle aree caratterizzate da batimetrie meno profonde e vicine al continente e *pack* galleggiante che si estende invece alle zone batimetricamente più profonde (Garrison, 1991) con un 'continuum' tra *fast ice* ed il *pack ice*.

Quasi tutta la linea di costa e gran parte delle acque di piattaforma interna sono soggette a copertura glaciale per periodi compresi tra gli 8 ed i 12 mesi (Spezie et al., 1993) anche in condizioni di copertura semipermanente.

Per quanto riguarda il ghiaccio stagionale è interessante un approfondimento sulla tipologia di formazione del ghiaccio comparato anche a quanto succede in Artico.

In Artico, infatti, la gran parte del ghiaccio si forma in acque calme, legate a bacini interni, con la formazione iniziale, nella colonna d'acqua, di una sospensione di piccoli cristalli chiamata *frazil ice* che presto si saldano congelandosi assieme e formando una sorta di pellicola coerente chiamata *nilas*. La successiva crescita porta alla formazione di uno spessore di 1,5-2 m di ghiaccio annuale caratterizzato da una struttura interna colonnare.

In Antartide invece è stata notata l'assenza, nelle carote di ghiaccio, di struttura colonnare ma caratterizzata da cristalli di *frazil ice* orientati caoticamente. Il ghiaccio che si forma al margine glaciale infatti non può passare attraverso le fasi tipiche di ambiente artico in quanto l'Oceano del Sud è caratterizzato da condizioni meteomarine ben più turbolente e di maggiore energia che portano alla formazione del *pancake ice*: si formano degli agglomerati di diametro variabile indotti dalla compressione prodotta dal moto ondoso sulla sospensione del *frazil ice*. Vicino al margine glaciale risultano di diametro inferiore (solo pochi centimetri) ma crescono di dimensioni allontanandosi dal margine fino a raggiungere un diametro tipico attorno ai 3-5 m e spessore di 50 cm (Garrison, 1991; Harris & Stonehouse, 1991).

In alcune zone (Mare di Weddell) sono state notate delle turbolenze indotte dai venti durante le fasi iniziali di formazione dei cristalli e conseguente trasporto caratterizzano la parte superficiale della colonna d'acqua nella quale l'accumulo di cristalli galleggianti blocca il trasporto verticale e forma uno strato 'viscoso' di *frazil ice* chiamato *greese ice*.

Una volta formati i pancakes, questi tendono a saldarsi assieme ma non riescono a farlo fino a quando la forza del moto ondoso è tale da prevenire questo consolidamento e questo succede appena ad una profondità, rispetto alla fascia esterna di formazione, di 270 km. circa verso il continente (Harris & Stonehouse, 1991). Qui i pancakes riescono a saldarsi e formare uno strato continuo di ghiaccio annuale (*pack*) ed il tasso di crescita si riduce notevolmente essendo legato solo all'apporto di neve trasportata dai venti catabatici che comunque in Antartide è molto più importante rispetto agli apporti in Artico. Al momento della fusione i pancakes sono sconvolti dal moto ondoso e sono alle volte sconnessi e sovrapposti tra di loro dando origine ad una morfologia del fondo ghiaccio ben diversa da quella liscia ed uniforme del ghiaccio artico.

Inoltre, al di sotto di questo spessore ormai congelato, può essere presente uno strato di cristalli di ghiaccio non consolidati (*platelet ice*) di neoformazione spesso anche più di 4 m (Medlin & Priddle, 1990;

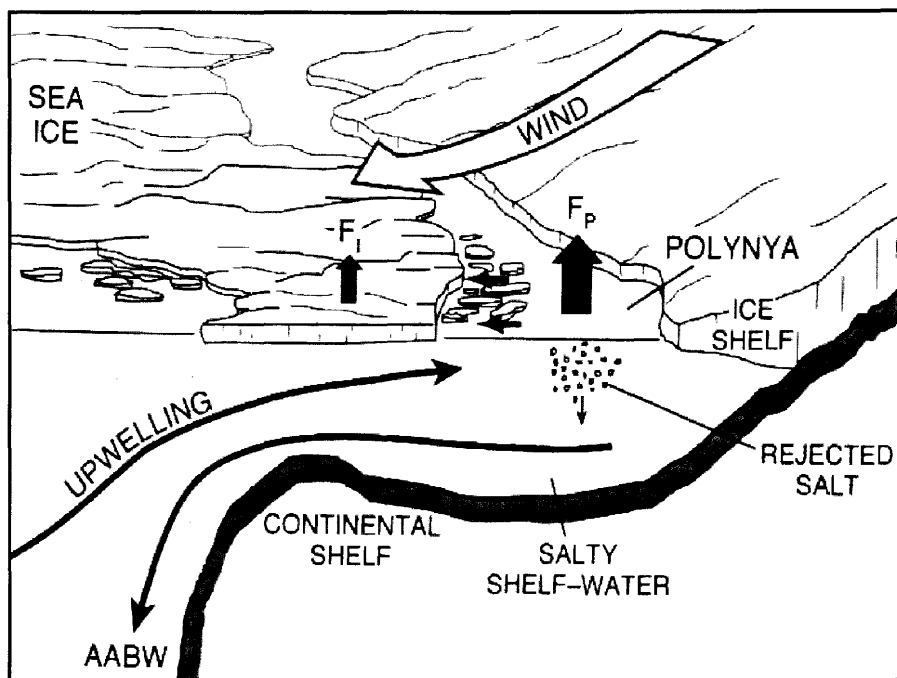


Fig. 1.4 Schema dei processi fisici collegati a polynya secondo Gordon & Comiso (1988) in AcoPS Team (1997).

Venti catabatici forti e freddi fluiscono verso mare dalla parte elevata del continente spingendo il ghiaccio marino lontano dalla costa e dalle piattaforme di ghiaccio. Il flusso di calore oceanico proveniente dalla zona di mare aperto corrispondente al polynya (F_P) è maggiore rispetto al flusso di calore che attraversa il ghiaccio marino (F_I). La crescita di ghiaccio di neoformazione nell'acqua aperta della polynya porta alla formazione di acque di piattaforma che, salate e vicine al punto di congelamento, fluiscono verso il largo dove possono essere identificate come AABW. Oltre a ciò si può sommare, come agente oceanico forzante, l'upwelling e l'intrusione in regioni costiere di Circumpolar Deep Water (CDW) relativamente calda e salata. Il vento e la dinamica termoalina associate alla polynya costiera possono anche associarsi alla circolazione meridionale in risalita. All'interno dello stesso polynya, la radiazione ad onde corte incidente viene largamente assorbita dal mare aperto, ma è in gran parte riflessa dalla copertura nevosa e di ghiaccio. Il calore si irradia dalla polynya come sensibile flusso turbolento, calore latente e radiazione ad onde lunghe. Questo fenomeno alla superficie salata fa aumentare la densità del oceano e provoca lo sprofondamento verso il fondo della massa d'acqua carica di CO_2 e O_2 abbassando il picnoclino e rimescolando l'intera colonna d'acqua.

Nuccio, 1997).

Contrariamente a quanto succede in Artico, dove si trova una certa quota di ghiaccio pluriennale, in Antartide il destino di gran parte di questo ghiaccio è quello di essere trasportato verso nord a latitudini inferiori e di fondersi. Solo nei Mari di Weddell, di Ross ed in parte in quello di Bellingshausen, una certa parte di ghiaccio sopravvive alla fusione estiva, viene trasportato dalle correnti tipiche del luogo (Ross o Weddell Gyre) e diventa ghiaccio pluriennale (Harris & Stonehouse, 1991).

Importanti possono risultare, come precedentemente notato, anche le zone di polynya (Fig.1.4) molte delle quali sono tipiche di mare profondo dove risentono maggiormente dell'influsso di calore da masse d'acqua in risalita. In questo caso la polynya di Terra Nova Bay è una configurazione di apertura da copertura glaciale stabile in piattaforma, annualmente ricorrente, persistente anche d'inverno che coinvolge parecchie centinaia di chilometri quadrati nel settore occidentale del Mare di Ross (Kurtz & Bromwich, 1985). In quest'area risulta importante anche il ruolo protettivo svolto dal Drygalsky Ice Tongue nel prevenire il trasporto di ghiaccio dalle zone a sud (Frezzotti et al., 1994). A ciò si aggiunge la presenza di forti venti catabatici che tendono a trasportare via il ghiaccio di neoformazione contribuendo a mantenere libero lo specchio d'acqua e che giocano un ruolo fondamentale nella continuità e variabilità di questo polynya.

Uno dei fattori più significativi nella regolazione del bilancio energetico tra atmosfera ed oceano nell'Emisfero Meridionale è la variabilità stagionale della copertura da sea ice che inibisce lo scambio energetico a causa della forte differenza di *albedo*. A sua volta la presenza stagionale ed il movimento della copertura da ghiaccio marino sono condizionati dagli influssi di acqua temperata, legati ai fenomeni di upwelling di acque sub-superficiali (in parte North Atlantic Deep Water) (Crowley & North, 1991), dal prevalere di correnti superficiali e dalla presenza di venti (Anderson, 1999).

La posizione annuale del margine del ghiaccio marino è estremamente variabile annualmente e stagionalmente e condiziona non solo la meteorologia ma anche il tasso di radiazione solare e l'equilibrio idrodinamico delle acque superficiali e quindi anche la produttività primaria (Anderson, 1999).

A differenza di quella Artica, caratterizzata dalla formazione di ghiaccio pluriennale, la copertura da ghiaccio marino in Antartide è caratterizzata dalla quasi esclusiva presenza di ghiaccio annuale; vi possono essere delle situazioni particolari nelle quali, a causa dell'estendersi delle lingue glaciali verso mare, si vengono a creare delle trappole per iceberg e delle condizioni che possono favorire lo sviluppo di ghiaccio pluriennale con una periodicità decennale o centennale (Frezzotti, 1997). Tali situazioni possono quindi influire periodicamente sulla produttività della colonna d'acqua ed influenzare di conseguenza anche i flussi di particellato e biogeno siliceo relativi all'area compromessa.

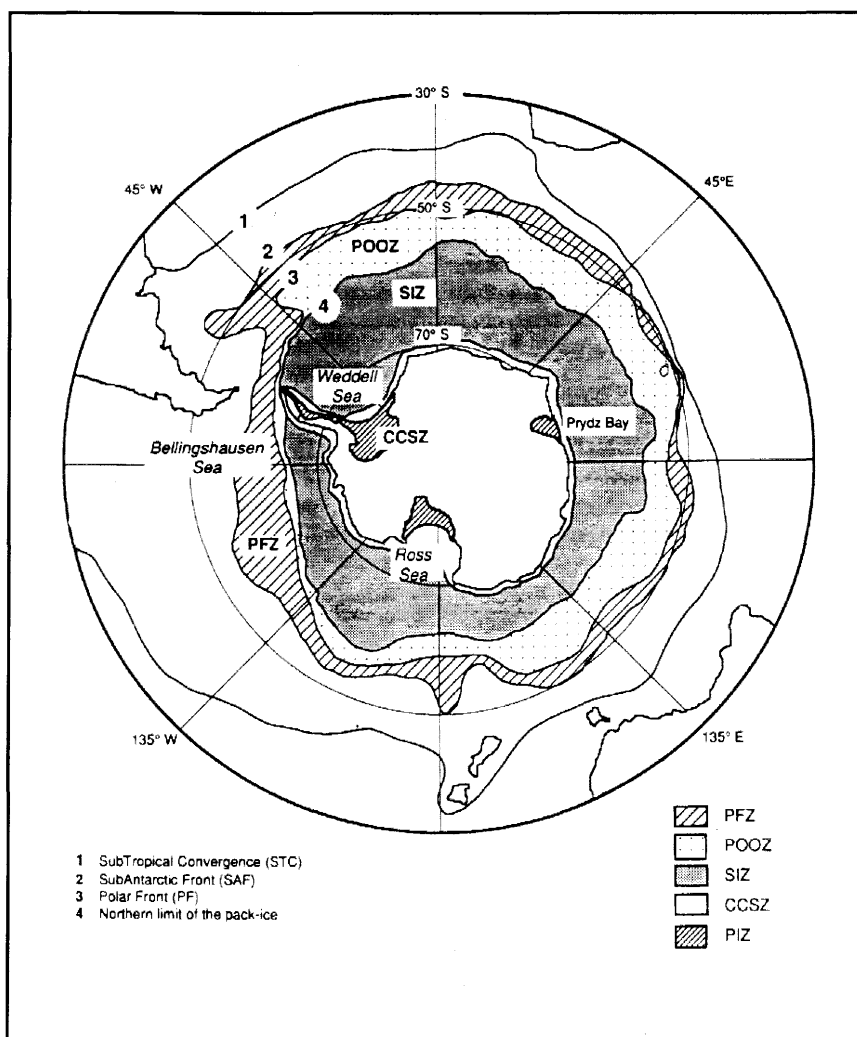


Fig. 1.5 Principali zonazioni concentriche, legate ai sistemi frontali, dell'Oceano Meridionale (da Tréguer & Jacques, 1992).

Nel Mare di Ross (come in quello di Weddell) si assiste ad una delle più ampie fluttuazioni annuali nella copertura da ghiaccio marino stagionale che risulta inoltre estremamente variabile da un'estate australe all'altra (Anderson, 1999).

In sintesi è possibile suddividere l'Oceano Meridionale in varie fasce concentriche attorno al continente sulla base delle caratteristiche dell'estensione della copertura glaciale e delle acque superficiali (Tréguer & Jacques, 1992; Quaia, 1997). In particolare procedendo dal Polar Front verso i margini costieri si possono individuare:

- 1) la Polar Front Zone (PFZ) compresa tra il Subpolar Front ed il Polar Front;
- 2) la Permanent Open Ocean Zone (POOZ) compresa tra il Polar Front ed il limite settentrionale del ghiaccio marino invernale (pack-ice);
- 3) la Seasonal o Marginal Ice Zone (SIZ o MIZ) compresa tra il limite del ghiaccio marino invernale ed il ciglio della piattaforma continentale;
- 4) Coastal and Continental Shelf Zone (CCSZ) comprendente l'area costiera e di piattaforma;
- 5) Permanent Ice Zone (PIZ).

1.5 La silice biogenica ed i processi legati alla sua deposizione

La silice è un importante nutriente in ambiente marino usato da diatomee, radiolari, silicoflagellati e spugne per formare i loro elementi scheletrici. Le sue maggiori sorgenti negli oceani sono i fiumi ed il vulcanesimo sottomarino e le emanazioni idrotermali ad esso associate ma esso può anche provenire dall'azione degli agenti atmosferici glaciali (glacial weathering) e dai sedimenti silicei (dovuta alla diffusione attraverso i pori dei sedimenti della silice di discioglimento dei gusci) (DeMaster, 1981).

Esiste infatti un delicato equilibrio tra clima e attività biologica e la produzione di silice biogenica è strettamente correlata a zone di alta produttività primaria (Langone et al., 1998; Ceccaroni et al., 1998) e l'ambiente antartico, per la sua particolarità offre un ambiente ideale per lo studio di fenomeni naturali di accumulo e diffusione del carico sospeso nella colonna d'acqua (principalmente biosiliceo); questo per l'assenza di elementi inquinanti e/o di origine continentale e di apporti fluviali e la conseguente origine esclusivamente glaciale del materiale terrigeno (Spezie et al., 1993).

La produttività di silice biogenica in Antartide, infatti, ha avuto un notevolmente impulso proprio durante il Neogene ed il Quaternario proprio in relazione allo stabilizzarsi del regime di copertura glaciale e del sistema circolatorio circum-Antartico ed alla formazione del Polar Front Zone con l'isolamento termico del continente.

A causa della lunga copertura glaciale invernale il materiale derivante dalla pur minima attività biotica, assieme a quello di origine terrigena (Spezie et al., 1993) risente in minima parte delle condizioni meteomarine e delle maree e viene principalmente mobilitato da correnti di fondo capaci di dare origine anche ad importanti fenomeni di risospensione.

Durante le più o meno brevi estati australi diviene particolarmente evidente ed importante, in zone di margine glaciale (SIZ), il fenomeno relativo alla forte stratificazione della colonna d'acqua estiva dovuta alla fusione della copertura glaciale, all'aumento dell'irraggiamento solare ed alla differente densità tra acque di fusione ed acque marine. A causa di questo fenomeno vengono così a crearsi dei forti gradienti di salinità, densità e temperatura che tanto influenzano l'equilibrio stagionale della colonna d'acqua e la diffusione o concentrazione dei nutrienti. In questa situazione viene favorita la produttività con forti 'blooms vegetativi' principalmente primaverili ma anche estivi ed autunnali (Cabrinì et al., 2000; vedi schede tassonomiche Chaetoceraeae e Bacillariaceae).

Il naturale flusso sedimentario e l'attività di pascolo e metabolica da parte degli organismi superiori creano quell'export di biogeno dalla parte superficiale della colonna d'acqua verso il fondo e soggetto alla situazione idrografica locale.

In fase deposizionale questo materiale può poi venir influenzato ulteriormente da situazioni stagionali (aumento dell'energia cinetica durante l'estate australe) o locali di trasporto verticale od orizzontale dovuti a particolari relazioni tra masse d'acqua. Sono inoltre possibili particolari fenomeni di sedimentazione di massa (sia terrigena che biogenica) in corrispondenza di aree caratterizzate da sistemi frontali.

Interessante a questo proposito risulta l'ipotesi proposta da Burckle & Mortlock (1998) secondo la quale vi sarebbe una relazione diretta tra la % di opale nel sedimento superficiale e la % di copertura glaciale sofferta in quel punto dalla colonna d'acqua e quindi dal sedimento. Propone quindi l'ipotesi che, con le dovute cautele, la % di opale nei sedimenti relativi all'LGM possa essere usata per stimare la

concentrazione di ghiaccio durante questo evento climatico estremo.

Il Mare di Ross è il sito che meglio rappresenta la Coastal and Continental Shelf Zone (CCSZ), maggiormente studiato e di riferimento per la sedimentazione biosilicea in Antartide (Leynaert et al., 1993).

La componente principale del flusso di particolato nel Mare di Ross, infatti, è rappresentata principalmente dal materiale biogenico. Esso varia da anno in anno in maniera non ancora sufficientemente indagata ed è condizionato anche dalla variabilità annuale di formazione della Polynya di Terra Nova. E' composto principalmente da frustuli di diatomee, fecal pellets di vario tipo ed una frazione litogenica più o meno alta sempre presente, mentre la componente carbonatica è principalmente rappresentata da foraminiferi (*Neogloboquadrina pachiderma*) (Langone et al., 2000).

Per quanto riguarda la distribuzione della silice biogenica all'interno del Mare di Ross è stata notata una tendenza ad aumentare da Nord a Sud e da Ovest ad Est evidenziando tre zone con differenti tassi di accumulo: i tassi maggiori nel settore Sud Occidentale, i più bassi in quello orientale e valori intermedi tra la Terra Victoria, la scarpata continentale ed il Pennell Bank.

Questo può essere dovuto sia alla variabilità nella produttività della colonna d'acqua (che riflette probabilmente una apertura stagionale differenziata nei vari settori) sia al fenomeno di risciacquo del sedimento e trasporto laterale da parte delle correnti di fondo verso la parte orientale del Mare di Ross (Crosta et al., 1997).

Non c'è nessun dato effettivo che possa quantificare il tasso e le modalità asporto e di dissoluzione delle differenti forme biosilicee dagli strati superficiali (principalmente dalla zona fotica) e lungo la colonna d'acqua, solo dati sperimentali di laboratorio che non possono tener conto dei fenomeni e delle variabili in natura (Medlin & Priddle, 1990; Schlüter & Rickert, 1998).

La dissoluzione delle particelle che si depositano lungo la colonna d'acqua e si accumulano nel sedimento è controllata principalmente dalla temperatura, natura e morfologia della particella biogenica (vedi Capitolo 2), concentrazione del H_4SiO_4 disciolto nelle acque profonde e della carica microbica. Fenomeni gravitativi e di risciacquo del sedimento da parte di correnti (nella zona esaminata soprattutto termoaline) possono rimobilizzare il sedimento presente sulla cima dei banchi e rideporlo selezionato o meno all'interno dei bacini circostanti (Langone et al., 1998).

Alcuni autori (Medlin & Priddle, 1990) fanno notare che, talvolta, l'effetto della dissoluzione differenziale su tanatocenosi diatomacee è stato trascurato e consigliano la cauta applicazione delle funzioni per risalire alla temperatura delle acque oceaniche superficiali derivate dalla factor analysis sulle curve di abbondanza delle specie.

Esiste infatti una dissoluzione differenziale tra specie differenti con differenti tassi di silicizzazione dei frustuli e più o meno ampia superficie a contatto con l'acqua. Le robuste diatomee caratteristiche di circolazione oceanica sono meno intaccate dalla dissoluzione rispetto alle più delicate forme di ghiaccio marino. Inoltre alcune forme (ad esempio il genere *Chaetoceros* - vedi scheda tassonomica Chaetoceraceae) risulterebbero maggiormente sensibili sia alla dissoluzione biochimica sia a quella batterica venendo intaccati più facilmente da batteri (che si depositano sulla superficie del frustulo) e che, intaccando la struttura ne faciliterebbero la dissoluzione; avendo un alto rapporto superficie del frustulo/volume sarebbero svantaggiati nella sedimentazione (con bassa velocità di sedimentazione) e maggior tempo di residenza lungo la colonna d'acqua (Smetacek, 1985, 1999; Kirchmann, 1999).

Si potrebbe anche stilare una graduatoria nel grado di resistenza alla dissoluzione che vedrebbe alcune delle forme considerate resistenti (come per es. le spore di *Chaetoceros*) essere le forme non più resistenti in assoluto (*Thalassiosira lentiginosa* e *Fragilariopsis kerguelensis*) (Medlin & Priddle, 1990; Crosta et al., 1997) Vedi Cap. 2 e schede tassonomiche.

E' da notare quindi che la dissoluzione dell'opale biogenico nei sedimenti superficiali dipende anche dalla composizione iniziale della associazioni.

Una buona parte del flusso verticale al fondo è condizionata, oltre che dalle pulsazioni stagionali di produttività con cambiamenti quantitativi e qualitativi di componenti organiche (Bathmann et al., 1991), anche dall'attività di pascolo da parte di organismi zooplanctonici ed il ruolo dei loro fecal pellets non è stato ancora chiarito. Questa attività secondaria sulle diatomee contribuisce alla frantumazione dei frustuli ed 'impacchetta' la silice nei fecal pellets modificando il loro comportamento idrodinamico (Cadée et al., 1992) aumentando mediamente la velocità di deposizione e trasportandoli a profondità alle quali tendono a dissolversi in acido silicico. I fattori che regolano la velocità di deposizione ed il rapporto deposizione/dissoluzione sono: le dimensioni, la forma, il loro contenuto e la presenza di una membrana peritrofica abbastanza resistente (vedi Cap. 2). In ogni caso il loro comportamento idraulico è probabilmente equivalente a quello delle particelle di silt o anche di sabbia che, se non in presenza di forti correnti di fondo, non sedimentano molto lontano dalla zona di produzione (Pudsey, 1990).

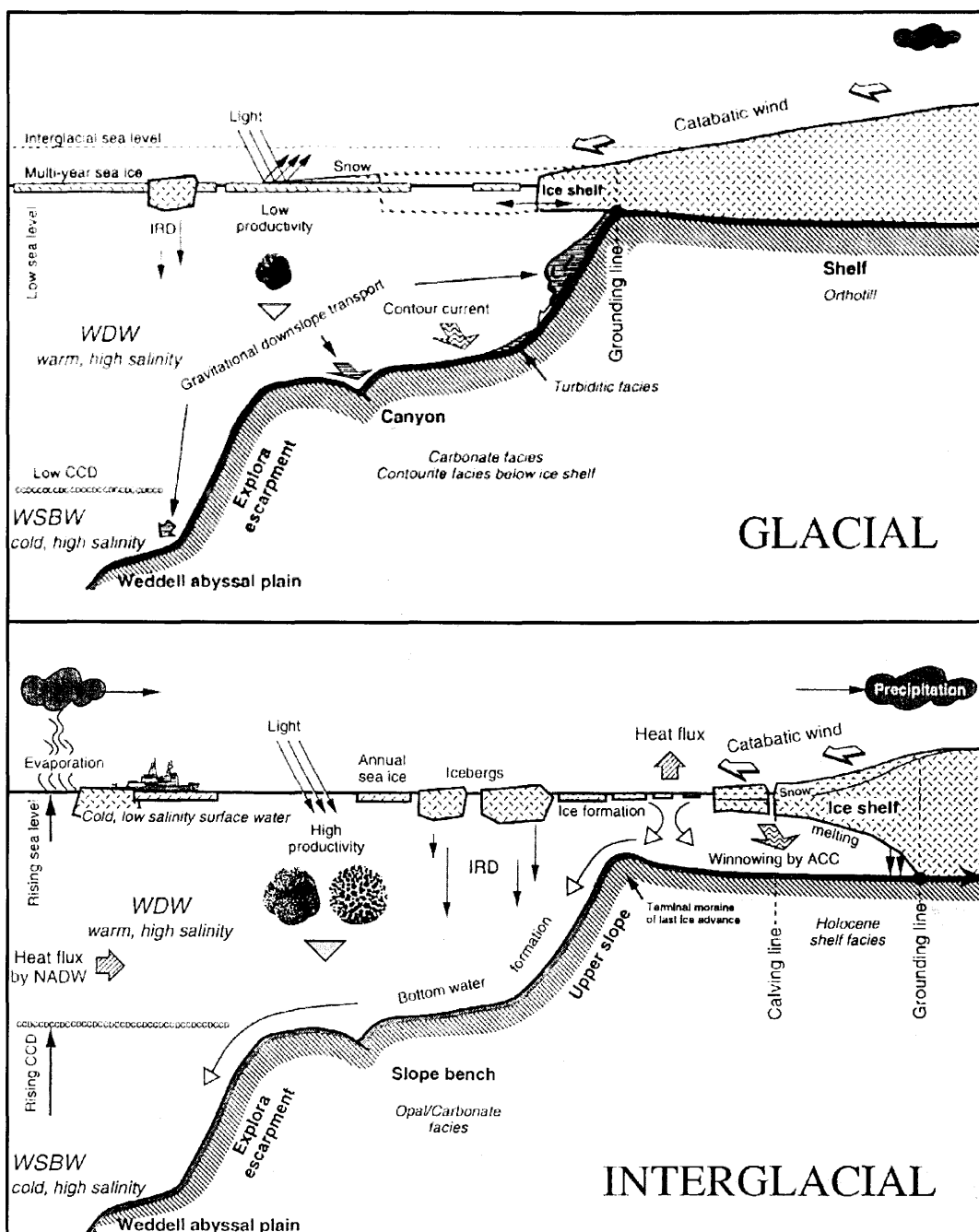
In generale solo l'1-5% dei frustuli prodotti nelle acque superficiali comprese nella zona fotica sono conservate nel record sedimentario (Gersonde, 1990 in Medlin & Priddle, 1990)

Come anche per la dissoluzione nella colonna d'acqua non c'è nessun dato effettivo che possa quantificare il tasso e le modalità di dissoluzione delle differenti forme nel sedimento.

La loro disposizione (Harris, 2000; Dean et al., 2001) e stato di conservazione dipendono dai processi subiti lungo la colonna d'acqua, nella parte superficiale del sedimento (azione di pascolo) ed anche dai processi sedimentari, mentre è stato notato che sedimenti silicei (Siliceous Mud Ooze) possono comprendere più del 25% di fecal pellets nei livelli superficiali (Harris, 2000) che ha poi avuto riscontro anche in sedimenti fossili.

Profili di dissoluzione della silice indicano che la zona di più rapida dissoluzione della silice nel sedimento avviene nella parte superficiale dello stesso tra i 3 ed i 20 cm ed in generale il contenuto di silice biogenica

Fig. 1.6 Modello di ambiente di sedimentazione sul margine continentale Antartico in condizioni glaciali (A) ed interglaciali (B). Da Grobe & Mackensen (1992), modificato. In (B) sono inclusi i processi causati dall'aumento postglaciale del livello marino quali il ritiro della grounding line accompagnando dall'intensificarsi del fenomeno di calving e trasporto glaciale; WDW =Weddell Deep Water (un ramo della CDW); NADW=Nord Atlantic Deep Water; WSBW=Weddell Sea Bottom Water; CCD profondità di compensazione dei carbonati; ACC Antarctic Coastal Current; IRD detrito glacio-trasportato.



ed il tasso di accumulo dovrebbe essere misurato al di sotto di questo livello (DeMaster, 1981).

Si presume ci debba essere un equilibrio più o meno stabile tra apporto e prelievo lungo la colonna d'acqua e nel sedimento di silice il cui ciclo influenza, tra l'altro, anche i cicli di altri elementi quali il radio, il bario, lo zinco ed il germanio. Assumono quindi un certo risalto, per il mantenimento dell'equilibrio di questo ciclo, le zone di accumulo e deposito di silice biogenica quali il margine continentale antartico e le zone abissali (Ledford-Hoffman et al., 1986) che possono arricchire in questo elemento determinate masse d'acqua (ad esempio l'AABW) condizionando anche fasi di maggiore o minore dissoluzione in funzione della configurazione idrodinamica della zona e del periodo esaminati e con interessanti implicazioni climatiche (Pollock, 1997).

Sedimenti diatomacei risultano essere abbondanti sia in corrispondenza del Fronte Polare (PFZ), al quale corrisponde una cintura di sedimenti silicei pressoché continua attorno al continente antartico denominata "Diatom Ooze Belt", sia in zona di piattaforma continentale, dove si deposita per via biogenica un'alta percentuale della silice totale disciolta negli oceani (Ledford - Hoffman et al., 1986).

Per quanto riguarda la "Diatom Ooze Belt", l'alto tasso di accumulo in queste regioni, assumendo costante la dissoluzione di opale lungo la colonna d'acqua, può essere determinato dall'alta produttività della zona fotica (legata, ad esempio nella Polar Front Zone al fenomeno di upwelling di nutrienti associato alla Circumpolar Deep Water), dai flussi di particellato provenienti dalle aree circostanti e/o dal buon tasso di conservazione dei sedimenti superficiali (Langone et al., 1998). Tali sedimenti hanno dimostrato, inoltre, di essere particolarmente sensibili ed in grado di registrare le variazioni climatiche. In particolare è stato notato uno spostamento dei confini di tale fascia di deposizione dovuto alla relazione esistente tra copertura glaciale e situazione idrografica durante i vari cicli glaciale/interglaciale: i sedimenti a nord dell' Antarctic Polar Front (APF) registrano una produttività maggiore durante i glaciali, mentre quelli a sud presentano una situazione opposta. E' stata notata anche una differenza tra lo stato di conservazione tra il lato a sud e quello a nord del diatom ooze belt ed in genere il cattivo stato di conservazione (in questo caso proprio quello a sud) viene attribuito alla presenza di sea ice (Mortlock et al., 1991).

Per quanto riguarda invece i sedimenti tipici di ambienti di piattaforma continentale e bacini interni ad essa possono essere suddivisi in (Anderson, 1999):

Diamicton sovraconsolidato: virtualmente sterile o con forme rimaneggiate;

Diamicton glaciomarino residuale: derivante dal rimaneggiamento per asportazione (winnowing) delle frazioni più fini (silt ed argilla) e delle forme biogeniche più piccole e delicate (per esempio spore di *Chaetoceros*);

Diamicton glaciomarino composito: dato dalla mescolanza di varie porzioni di detrito glaciotrasportato (IRD) non selezionato e componenti fini selezionate da correnti;

Diamicton glaciomarino transizionale: virtualmente identici al basal till ma contenenti fossili marini autoctoni e depositi in prossimità della grounding line di ice shelf (zona di transizione tra la piattaforma di ghiaccio ancorata e flottante) dove il rilascio detritico basale è più marcato (Anderson et al., 1980)

Ooze e Fanghi silicei: fanghi composti da almeno il 30-40% di silice di origine principalmente diatomacea (Ooze = melme con più del 30% di resti organogeni e Fanghi con percentuali tra il 10 ed il 30%), riconoscibili facilmente dal loro colore verde oliva e dalla frequente presenza di laminazioni. Sono presenti in tutti i bacini interni ed in piattaforma tranne nel Mare di Weddell che rappresenta un caso a parte non del tutto compreso. La loro presenza e spessore sono direttamente collegati alla produttività primaria della colonna d'acqua sovrastante e limitati quindi dalla copertura glaciale, dal rimaneggiamento e dalla dispersione da parte di correnti.

Il loro tasso di accumulo viene stimato, riguardo l'Olocene, attorno ai 0,2-0,5 mm/yr (Anderson, 1984, 1999).

E' stato notato che depositi diatomeei si depositano tipicamente in bacini e depressioni lungo la Piattaforma Continentale Antartica e che questi depositi possono risultare anche dallo 'sciacquo' (winnowing) di sedimenti generati da acque superficiali caratterizzate da alta produttività (Domack, 1988 in Rathburn et al. '97).

Un valido modello generale di sedimentazione glaciomarina correlata alle variazioni climatiche viene

proposto da Grobe & Mackensen (1992) per il Mare di Weddell (Fig. 1.6). In questo modello il tasso di sedimentazione, controllato da produttività biologica, ice rafting, correnti e trasporti gravitativi, decresce con la distanza dal continente presentando alti tassi proprio all'inizio degli interglaciali (causati dal forte aumento della produttività) mentre nei periodi glaciali generalmente il tasso di accumulo decresce. Da tenere presente anche il trasporto laterale ed il particellato in sospensione o risospensione (Pudsey, 1992) che può controllare il tasso di accumulo (Ceccaroni et al., 1998).

2. Le diatomee antartiche

2.1 Generalità, storia degli studi

Dopo il grande impulso avuto con l'inizio degli DSDP negli anni '70 e la consolidata prassi di considerare le flore a diatomee quali utili strumenti biostratigrafici e validi indicatori ambientali, le ricerche sono state indirizzate all'approfondimento degli studi ecologici sulle loro associazioni e su fenomeni di comparsa e scomparsa di alcuni taxa.

Oltre ad avere un valido potenziale biostratigrafico, le diatomee si sono dimostrate essere anche validi strumenti ai fini di un monitoraggio ambientale in genere. Il basso livello trofico occupato dalle diatomee nella catena alimentare e la loro alta sensibilità al variare dei parametri abiotici (quali quantità e qualità di luce, concentrazione e disponibilità di nutrienti e minerali come ad esempio il ferro) e biotici (quali ad esempio il rapporto con altri organismi componenti l'associazione complessiva) rendono queste forme particolarmente utili nella registrazione di variazioni ambientali.

Essendo inoltre le diatomee l'unico gruppo di organismi sufficientemente conosciuto e presente in Antartide tale da permettere paragoni tra i vari habitat, si sta attualmente cercando di correlare i vari habitat marini polari, con le proprie caratteristiche chimico-fisiche, biotiche e ciclicità stagionali, con associazioni diatomee tipiche e differenti modalità stagionali di produzione planctonica e produzione di biomassa (anche microbica e virale) (McClintock & Pearse, 1991; Gleitz & Thomas, 1993; Reibesell et al., 1993; Leynaert et al., 1993; Garrison & Close, 1993; Kang & Fryxell, 1993; Grossmann & Gleitz, 1993; Arrigo et al., 1999; Kirchmann, 1999).

Recentemente, inoltre, si è cominciato a considerare come indicatori ambientali e biostratigrafici non solo la comparsa e la scomparsa di alcuni taxa e loro associazioni, ma anche l'andamento dei valori di alcuni indici biotici legati a rapporti tra determinati taxa (Gersonde & Zielinski, 2000) o tra morfotipi differenti all'interno di una singola specie (Kaczmarek et al., 1993).

Inoltre si stanno proponendo delle ricostruzioni paleoambientali e paleoclimatiche basate sull'uso di tipiche associazioni a diatomee e l'applicazione di moderne tecniche analogiche (MAT) e funzioni di trasferimento idrologiche (paleohydrological transfer functions) come strumenti per risalire sia alla distribuzione e tipologia di copertura glaciale (Gersonde & Zielinski, 2000; Crosta et al., 1998; Zielinski et al., 1998; Pichon et al., 1987) sia alle condizioni chimico-fisiche e di temperature (Sea Surface Temperature-SST) della colonna d'acqua nei periodi di apertura stagionale (valutati in numero di mesi di acqua libera da ghiaccio) in base all'abbondanza relativa ed associazioni di alcune forme e soprattutto di determinate fasi di riproduzione e di crescita stagionale di alcuni taxa di diatomee (*Chaetoceros* spore e fasi di crescita stagionale di *Eucampia antarctica*).

Alcuni di questi argomenti, essendo tuttora afflitti da problematiche di tipo tassonomico ed interpretativo ancora dubbie e non risolte, stanno richiedendo degli approfondimenti in entrambi i campi (Crosta et al., 1997, 1998; Itakura et al., 1996; Boero et al., 1996; McQuoid & Hobson, 1996, 1995; Oku & Katamani, 1995; Riaux-Gobin e Descolas-Gros, 1992; Kutawa & Takahashi, 1990; Fryxell, 1990; Fryxell & Prasade, 1990; Garrison, 1984; Rines & Hardgraves, 1984; Hardgraves & French, 1983, 1975; Stockwell & Hardgrave, 1984; Fryxell et al., 1981; Hollibaugh et al., 1981; Hoban et al., 1980; Hardgraves, 1979; Evensen & Hasle, 1975; Okuno, 1955).

Come esempi di studio applicato si posso riportare alcuni riferimenti bibliografici; ad esempio quello relativo a Taylor et al., 1997 dove viene analizzata la distribuzione di diatomee in sedimenti di superficie nella Prydz Bay (Antarctica) usando una cluster analysis ed individuando 4 associazioni caratteristiche (Associazione di costa, di scarpata, oceanica ed Associazione Cape Darnley) definite in funzione della latitudine e delle variabili ambientali.

Ai fini paleoclimatologici risulta interessante il lavoro di Defelice & Wise, 1981 nel quale gli autori hanno cercato di delineare i cambiamenti climatici occorsi nella parte sudorientale dell'Oceano Atlantico negli ultimi 300.000 anni sulla base di analisi di litofacies, di biofacies e di alcuni modelli di distribuzione di associazioni a diatomee. Qui i parametri abiotici, oceanografici e idrografici attuali sono stati presi a modello per una interpretazione climatologica dei sedimenti compresi nei primi centimetri del sedimento. In questo lavoro vengono evidenziate 5 associazioni (vettori) a diatomee mediante l'uso di un modello di analisi fattoriale-vettoriale (Q-Mode) e vengono anche assunti altri parametri climatici quali la percentuale di carbonato, il rapporto tra silicoflagellati *Dictyochoa/Distephanus*, indici di dissoluzione e spettrometria a raggi gamma non distruttiva per ottenere dati sui tassi di sedimentazione.

E' stato possibile anche fare delle correlazioni tra i dati assunti mediante lo studio delle diatomee assieme ad alcune microfaune e quelli provenienti da altre discipline quali stratigrafia isotopica e

paleomagnetica (Barron, 1985; Burckle & Burak, 1995).

Recentemente gli studi si sono focalizzati sul utilizzo delle associazioni a diatomee per calibrare delle funzioni di trasferimento e risalire alle temperature delle acque superficiali durante il Quaternario (Zielinski et al., 1998) e per ricostruire l'estensione del ghiaccio marino soprattutto in riferimento al Olocene (Gersonde & Zielinski, 2000; Taylor et al., 2001).

2.2 Produttività primaria

L'Oceano Meridionale è considerato una delle aree oceaniche più produttive ed ha un ruolo fondamentale nel ciclo della silice.

Bonn et al. (1998), considerando la produttività primaria un fattore biotico collegato alla complessa interazione tra situazioni oceanografiche e glaciologiche, hanno dimostrato la sua più o meno diretta dipendenza dalle variazioni dei parametri orbitali inducenti le varie fasi climatiche nel tempo.

In particolare è strettamente legata ai sistemi frontali che caratterizzano l'Oceano Meridionale dovuti allo scontro tra masse d'acqua con caratteristiche chimico-fisiche differenti e che creerebbero le condizioni ambientali più favorevoli allo sviluppo della flora e fauna planctoniche marine, responsabili della produttività primaria oceanica.

Dal punto di vista biotico, la produttività primaria oceanica in Antartide è attualmente rappresentata da varie componenti tra le quali diverse classi di alghe microscopiche (Medlin & Priddle, 1990). Tra queste classi generalmente quella delle Bacillariophyceae (diatomee) è la dominante ma risulta alle volte particolarmente importante anche quella delle Primmnesiophyceae rappresentate da *Phaeocystis pouchetii* (Fryxell, 1989; Andreoli et al., 1995). Attualmente viene pure considerata la parte data alla produttività anche dal microbial loop (carica microbica), un tempo probabilmente sotto stimata (Cabirini, com. pers., 2001).

Per quanto riguarda poi il segnale sedimentario è chiara ormai la relazione tra produttività primaria, circolazione delle masse d'acqua ed apporti di materiali biogenici al fondo. In genere il flusso di materiale biogenico al fondo influenza la rigenerazione di nutrienti, alimenta la vita bentonica e trasferisce il segnale di produttività al fondo. Una buona quantificazione del rapporto tra produzione biologica (frazione dei componenti scheletrici e di tessuti) ed accumulazione sedimentaria dipende dalle misure del flusso diretto verticale effettuate con un buon dispiegamento di trappole al fondo. Studi sui flussi hanno evidenziato che le componenti 'residuali' della sostanza organica (opale dei frustuli diatomei, carboidrati e fosforo insolubile dei muri delle cellule e gli scheletri chitinosi) tendono a sedimentare, mentre attenzione dev'essere posta sul comportamento di altre componenti (carbonati di calcio, barite e alluminosilicati) che possono non provenire direttamente dalla zona superficiale ma essere trasportati da zone limitrofe (Wefer et al., 1982).

Il problema dei cambiamenti di produttività marina e del suo record nei sedimenti è piuttosto complessa (Crowley & North, 1991; Bonn et al., 1998). E' stato dimostrato che essa è correlata al CO₂ atmosferico ed alle condizioni fisico-chimiche ed idrografiche della zona. La riduzione di CO₂ atmosferico durante l'epoca glaciale, risultante da carote di ghiaccio, è stato interpretato come il risultato di un aumento della produttività biologica e conseguente maggiore estrazione di nutrienti derivanti da processi di upwelling alle alte latitudini oceaniche (Mortlock et al., 1991).

Alle alte latitudini l'avanzamento della copertura glaciale è associata ad un decremento della paleoproduttività, mentre lo spostamento del margine glaciale ed il cambiamento nella circolazione spostano le zone a maggior produttività verso latitudini minori (Crowley & North, 1991). In uno studio sulla paleoproduttività dell'Oceano Meridionale durante l'ultima glaciazione, infatti, è stato notato in sedimenti a nord dell'attuale Polar Front un contenuto di opale minore durante l'Olocene e maggiore durante il LGM, mentre immediatamente a sud del PFZ una situazione inversa con valori olocenici maggiori di quelli glaciali (Mortlock et al., 1991). Tale situazione sarebbe accompagnata da uno spostamento verso nord delle associazioni oceaniche con rimpiazzo da parte di associazioni correlate a copertura stagionale.

Ci sono, per di più, evidenze di una possibile maggiore produzione non-silicea durante i glaciali antartici: alte concentrazioni di acido metanosulphonico (MSA) ed il suo rapporto con solfato di origine non marina (non-sea-salt sulphate) nel ghiaccio antartico di età glaciale, possono suggerire un aumento in quel periodo di fioriture della prymnesiophyte *Phaeocystis pouchetti* e *P. antarctica*, ma possono anche essere dovuti ad apporti diversi, provenienti ad esempio da produzione oceanica non silicea (coccolithophoridae) a basse e medie latitudini o da cambiamenti glaciali nella tipologia di ossidazione e trasporto verso il Polo Sud; quindi di difficile interpretazione (Mortlock et al. 1991).

In ogni caso per una adeguata stima del segnale di paleoproduttività e dei suoi cambiamenti durante gli ultimi cicli glaciali bisogna tener conto del fatto che esso è il risultato di vari processi tra i quali quello di

export dalla zona fotica, di flusso al fondo e conservazione nel sedimento.

In generale i principali indicatori per una stima della produttività (e quindi paleoproduttività) dall'analisi dei sedimenti sono (Stein, 1991):

- tasso di flusso di:
 - carbonio organico marino
 - opale biogenico (diatomee, radiolari, silicoflagellati)
 - carbonato di calcio (foraminiferi, coccoliti)
 - fosfati
- rapporto tra carbonio organico e tasso di sedimentazione
- associazioni floro-faunistiche
- biomarkers (alkenoni a catena lunga appartenenti ad una ristretta fascia di alghe appartenenti alla classe *Primnesiophyceae*)
- metalli in traccia (Cd, Ba, Cu)

Una stima della produttività della parte superficiale della colonna d'acqua (zona fotica) data dal tasso di flusso di componenti biogenici quali il carbonio organico, la silice biogenica ed il carbonato biogenico (Stein, 1990, 1991) deve tener però in debito conto il fatto che il segnale relativo agli ultimi due può essere fortemente influenzato da una serie di processi tra i quali quelli legati alla dissoluzione, mentre il segnale dato dal carbonio organico può essere disturbato dai processi di decomposizione ed apporto detritico terrigeno. Inoltre, per ridurre al minimo i possibili errori interpretativi, dovrebbero essere valutati non singolarmente ma quanti più possibili nel loro insieme.

Altra componente che potrebbe risultare importante nel calcolo dell'effettiva produttività è quella legata alla produzione di fecal pellets da parte di attività di pascolo e metabolica di organismi zooplanctonici, principalmente krill antartico e copepodi (Medlin & Priddle, 1990) (vedi Cap. 1). Questa attività, dal punto di vista produttivo, rimette efficacemente in circolo l'azoto all'interno della zona superficiale della colonna d'acqua ed 'impacchetta' la silice digesta ed indigesta, con una membrana (membrana peritrofica) che la protegge per una certa parte dalla dissoluzione e la trasporta in profondità grazie anche all'aumento della velocità di deposizione.

Come visto in precedenza, i fattori che regolano la velocità di deposizione ed il rapporto deposizione/dissoluzione sono: le dimensioni, la forma, il loro contenuto e la presenza di una membrana peritrofica abbastanza resistente. Tali caratteristiche dipendono anche dal tipo di organismo che le produce e quindi si possono distinguere vari tipi di fecal pellets con contenuti silicei differenti (Marino et al., 1994; Bidle & Azam, 1999).

Per quanto riguarda la composizione associativa a diatomee relativa alla produzione primaria in ambiente neritico (sulla piattaforma continentale e zone costiere) ed ambiente oceanico essa varia sensibilmente da zona a zona ed in funzione della stagione, delle caratteristiche fisico-chimiche e nutrizionali della massa d'acqua nelle quali hanno luogo questi blooms vegetativi.

Vi sono dei taxa che sono direttamente correlati a situazioni di alta produttività sia costiera (Gruppo *Chaetoceros*) sia di mare aperto (*F. kerguelensis*) con temperature delle acque superficiali più temperate e differente caratterizzazione della colonna d'acqua (per approfondimenti vedi schede tassonomiche in appendice).

2.3 Le Diatomee

Le diatomee sono alghe microscopiche unicellulari, eucariote, pigmentate e fotosintetiche appartenenti alla Divisione Bacillariophyta.

Studiati fin da XVIII secolo, sono state subito individuate come forme ubiquitarie in grado di occupare le più svariate nicchie ecologiche. Di regola sono autotrofiche (richiedono la luce per la fotosintesi), ma in certi casi possono essere eterotrofiche (facoltative o obbligate in situazioni di eutrofismo ed acque poco illuminate) e possono essere bentoniche, planctoniche sia marine, salmestri che dulcicole.

Il numero totale di specie di diatomee esistenti ed estinte si considera essere superiore a 50.000.

La caratteristica fondamentale delle diatomee è l'ispessimento della superficie esterna della cellula (muro) che risulta differenziata e fortemente impregnata di silice ($\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$).

Questo ispessimento siliceo va a formare le valve cioè due unità larghe e differentemente ornamentate, che si incastrano a scatola mediante alcune strutture connettive più o meno fini e che contengono e proteggono la cellula. Il muro che costituisce ogni valva è un reticolo di silice amorfa pura compatto

o laminato caratterizzato da diverse strutture.

Nell'insieme questi elementi formano il **frustulo** (Tappan, 1980) che viene quindi suddiviso in **epivalva**, **ipovalva** e **bande connettivali** (Fig. 2.3.1).

La banda di connessione dell'epivalva è chiamata **epicingolo** e sovrascorre su quella dell'ipovalva detta **ipocingolo** (struttura chiamata anche girdle) andando ad incastrare le due parti come una scatola.

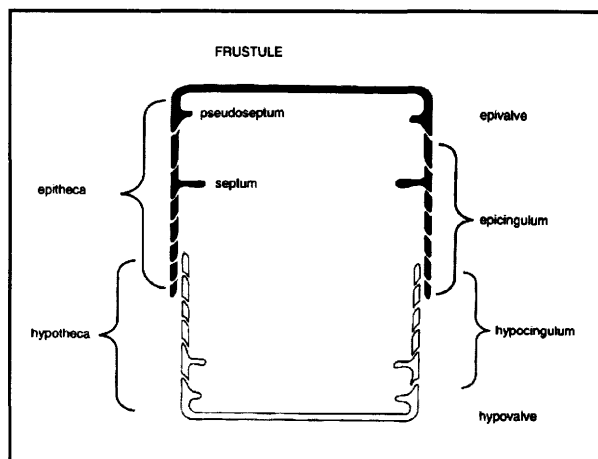


Fig.2.3.1 Struttura del frustulo

CARATTERISTICHE DIAGNOSTICHE

Struttura del frustulo

La maggior parte di ogni valva si presenta più o meno piatta (**faccia valvare**) e si ripiega più o meno bruscamente verso il bordo per formare una flangia (**mantello valvare**); sia la faccia che il mantello presentano delle ultrastrutture ed ornamentazioni che possono essere simili o differenziate. La struttura di

giunzione delle due valve (cingolo o 'girdle') può essere composta da numerose bande connettivali che partono dal bordo del mantello valvare e possono presentarsi di diverse forme ed ornamentazioni.

La parete valvare è di due tipi.

- laminare quando formata da un solo strato siliceo
- locale con due strati di silice che delimitano uno spazio diviso in camere da settori trasversali.

Queste strutture di base possono essere caratterizzate da una varietà molto ampia di strutture secondarie e terziarie quali coste, inspessimenti ecc.

Lo strato siliceo di base è attraversato regolarmente da perforazioni (che in genere corrispondono ad una camera) subcircolari, ellittiche o esagonali chiamate **areole**; generalmente queste sono coperte da uno strato molto fine di silice, **velum** (pl. **vela**), che può essere inciso o perforato (**cribrato**), costituito da un disco sostenuto da ponticelli che si attaccano al margine dell'areola (**rota**), o delicato (**hymenes**), ecc. (Fig. 2.3.2)

L'area delle perforazioni può raggiungere il 30% della superficie della valva in alcune forme plattiche (*Chaetoceros*) nelle quali è richiesta al massima robustezza con il minimo peso e volume di silice.

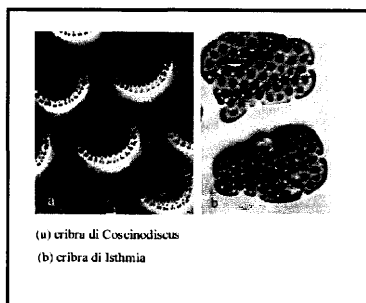


Fig 2.3.2 Differenti tipologie di cribra nei generi *Coscinodiscus* e *Isthmia* (da Round et al., 1990; modificato).

Si conoscono due tipi principali di areole: poroide, loculata.

- **Areole poroidi**: semplici perforazioni sulla faccia esterna e interna della valva, con o senza velum;
- **Areole loculari**: perforazioni che attraversano entrambi gli strati della parete valvare; generalmente su una faccia della valva l'apertura è semplice e più stretta ed è detta **foramen** (pl. **foramina**), mentre sull'altra faccia (in corrispondenza del foramen) la perforazione è più larga e di solito chiusa da un velum (generalmente cribrato).

Da queste due tipologie di areolazione ne derivano altre caratterizzate da modificazioni e caratteristiche particolari del muro valvare (areole pseudoloculari, alveoli, ecc.)

La distribuzione delle areole può quindi caratterizzare la superficie valvare che risulta quindi striata (come in alcune forme pennate) o con delle configurazioni radiali, concentriche, eccentriche ecc. (come

nelle Centrales) (vedi Figg. 2.3.5, 2.3.6 e 2.3.7).

Ci possono essere delle modificazioni del frustulo con particolari strutture come **pseudonoduli, elevazioni, corna, setae** ecc. che possono anche presentare delle parti con areolazione differente (ocelli, pseudocelli ecc.) (Figg. 2.3.3 e 2.3.4).

Alcune parti della faccia valvare possono poi essere prive di areolazioni e vengono chiamate **campi ialini**.

Altre strutture che vengono usate a fini tassonomici sono i **processi**; questi consistono in particolari pori della valva caratterizzati da strutture derivanti da estroflessioni del muro valvare che creano delle proiezioni tipo tubo e che generalmente mettono in contatto la parte interna con la parte esterna della valva.

Ve ne sono di diversi tipi: **processi labiati (rimoportula)**, **processi rinforzati (fultoportula)**, **processi occlusi** ecc. Essi sono distribuiti su tutta la superficie valvare (singoli, raggruppati in clusters o in zone particolari della valva come terminazione di particolari strutture ecc) ed in maniera caratteristica per ogni genere o specie.

Simmetria del frustulo

La forma del frustulo può essere definita attraverso una accurata descrizione del suo profilo, relativamente ad una serie di piani e di assi principali rigorosamente definiti (Fig.2.3.8)

Ogni cellula si può presentare, rispetto all'osservatore, in due orientazioni principali:

- **vista valvare:** valve viste di fronte con il piano valvare è perpendicolare all'osservatore
- **vista connettivale:** valve viste di profilo con il piano valvare parallelo rispetto all'osservatore.

In vista valvare, ed in base alla loro simmetria, si possono distinguere due categorie di diatomee:

- **Centrales:** caratterizzate da una simmetria radiale
- **Pennales:** caratterizzate da una simmetria bilaterale.

Tra le Centrales il profilo delle valve può variare moltissimo: alcune sono circolari, altre presentano 2, 3 o più poli (*Hemidiscus*, *Triceratium*, ecc).

Le Pennate, invece, sono quasi esclusivamente bipolari e presentano alcuni generi sigmoidali (*Pleurosigma*) o arcuati, cioè casi nei quali la forma è complicata da torsione e/o rotazione rispetto ad alcuni elementi di simmetria.

Sia le Centrales che le Pennales possono presentare elevazioni uniformi o profili dolci, ma tra le forme centriche più complicate è frequente la presenza di corna, setae ed altre protuberanze.

TASSONOMIA

Una buona identificazione specifica permette una più rapida analisi quantitativa e qualitativa del fitoplancton e rappresenta, oltre che una fonte di interesse scientifico in senso stretto, anche un buon metodo di studio sulla biomassa e sulle sue caratteristiche, sul (paleo)potenziale produttivo e sullo stato di salute delle popolazioni fitoplanctoniche caratteristiche di ogni tipo di ambiente considerato.

La struttura delle valve è la caratteristica più studiata ed è un carattere classificativo molto importante soprattutto dal punto di vista micropaleontologico. In questo senso la tassonomia è ora arricchita dalle possibilità offerte dall'uso di microscopi elettronici ad alta risoluzione (SEM).

Dal punto di vista biologico la classificazione è facilitata dalla possibilità di vedere l'organismo in vita e di apprezzare alcuni particolari fisiologici che nel record fossile vanno perduti come ad esempio le caratteristiche delle bande connettivali e le differenze nella formazione delle colonie o le caratteristiche cellulari (forma e numero dei plastidi, il nucleo ecc.). E' comunque indispensabile, ai fini di una valida tassonomia, tenere presenti, quando noti, anche altri aspetti quali per esempio il comportamento ambientale delle singole specie (ecologia).

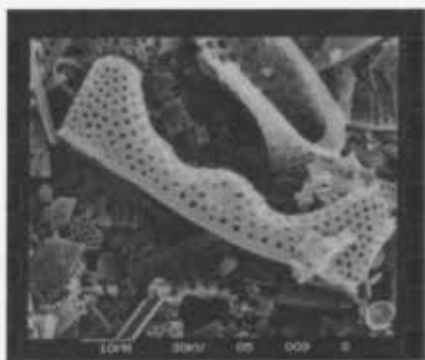


Fig. 2.3.3 Valva di *Eucampia antarctica*; si possono notare le elevazioni apicali e l'apertura del processo in posizione centrale.

Fig. 2.3.4 Esempio di 'ocellus' caratterizzante una elevazione apicale di *E. antarctica* var. *recta*.

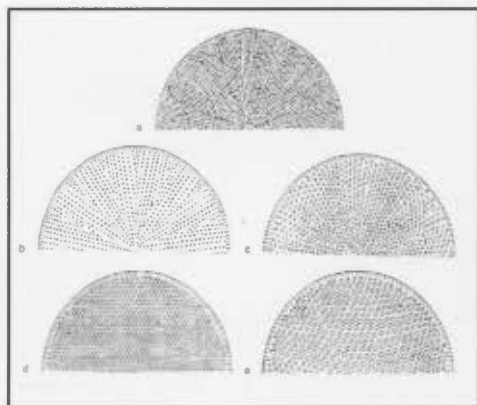
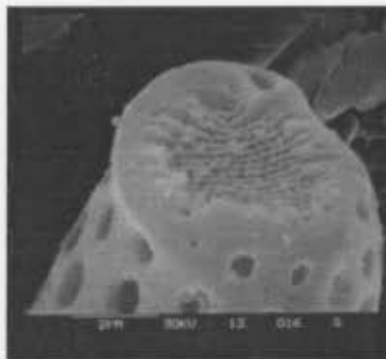


Fig.2.3.5 Distribuzione delle areole in diatomee centriche: a) fasciolate (tipo '*curvatulus*'); b) fasciolate in striae parallele; c) radiate; d) striae tangenziali diritte; e) striae tangenziali curve (da Round et al., 1990; modificato).

Fig.2.3.6 Esempio di differente areolazione tra la faccia ed il margine valvare con processo labiato (rimoportula) marginale interno in *Actinocyclus* sp.

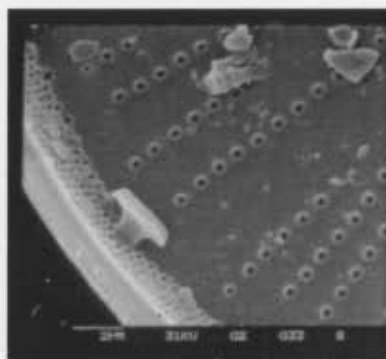


Fig. 2.3.7 Esempio di pennata *Fragilaria curta*; si possono notare l'epivalva, l'ipovalva e l'areolazione trasversale e parallela all'asse transapicale ad eccezione dei poli dove presenta un andamento 'raggiato'.

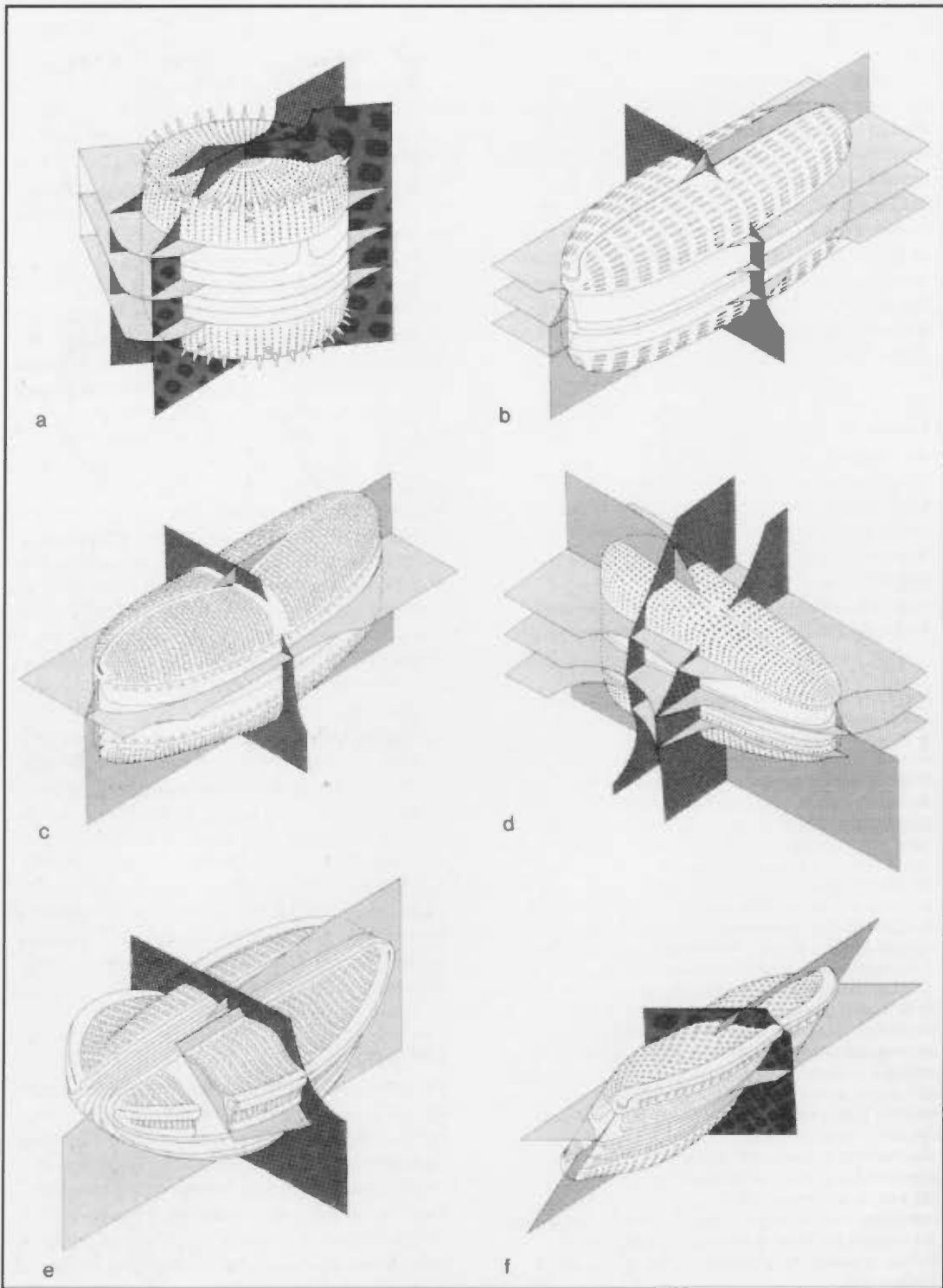


Fig.2.3.8 Schema rappresentante vari generi di diatomee e la posizione ed il significato di alcuni elementi di simmetria, in particolare i piani radiale, apicale, transapicale e valvare.

In ciascun diagramma i piani valvari sono indicati con toni pallidi, i piani apicali o perapicali in toni medi ed i piani transapicali (o radiali) in toni scuri (Round et al., 1990).

Caratteristiche morfologiche diagnostiche per la tassonomia, nel record fossile:

- **Simmetria del frustulo**
- **Tipologia di areolazione e sua distribuzione**
- **Presenza e caratteristiche del sistema del raphe e di alcune morfologie**
- **Presenza e distribuzione dei processi**
- **Formazione e tipologia di colonie (se presenti) e di spore**

Presenza e caratteristiche del sistema del raphe e di alcune morfologie

Caratteristica di molti generi di Pennate è la presenza di una o due fessure longitudinali che attraversano la valva e che costituiscono, assieme ad altre morfologie tipiche, il **sistema del raphe**.

In molti casi questo è caratterizzato da due fessure accostate e sistemate in modo da formare quasi un'unica fessura da un polo all'altro della valva e che può essere posizionato centralmente o marginalmente rispetto alla faccia valvare; in alcuni casi esso è decisamente eccentrico e può correre al confine tra la faccia valvare ed il mantello.

Può essere accompagnato da inspessimenti, pieghe del muro valvare, e ponticelli di silice che, passando da una parte all'altra della fessura al di sotto di essa, formano una sorta di canale (**canale del raphe**).

L'estensione, la posizione e la struttura del raphe sono importanti caratteri tassonomici.

Caratteristiche possono essere anche le terminazioni polari e centrali del raphe che possono essere diritte, curve, biforcute, ad uncino ecc.

Non è ben chiaro a cosa sia adibito fisiologicamente il raphe, ma è stato notato che alcune specie benthoniche di Pennales caratterizzate dal raphe sono motili cioè possono spostarsi grazie a contrazioni della parte citoplasmatica estroflessa attraverso questa struttura.

Questa struttura, soprattutto quando è fortemente eccentrico emarginale o submarginale (come nel genere *Fragilariopsis*) rispetto alla faccia valvare è difficilmente identificabile anche al SEM.

ECOLOGIA

Le diatomee colonizzano tutto il mondo acquatico, semi-acquatico e gli ambienti umidi. Si possono trovare nel mare, negli estuari, nelle pozze d'acqua dolce, nei laghi, nei corsi d'acqua e negli stagni. Possono vivere singolarmente o formare colonie tenute assieme da estroflessioni della cellula (attraverso i processi) e/o attaccate al substrato tramite secrezioni mucillaginose (Fig. 2.3.9).

In alcuni casi si assiste a fenomeni di simbiosi (associazione di due organismi, animali o piante, a fini di reciproco beneficio) e forme epifitiche o di epizoozia (Lebour, 1978). Anche ambienti più estremi, come rocce umide o suoli o cortecce bagnate, talvolta presentano crescite lussureggianti di diatomee.

Nonostante le singole cellule siano microscopiche esse possono avere dei periodi stagionali di esplosione vegetativa e possono arrivare a concentrazioni tali da colorare le masse d'acqua.

Per quanto riguarda l'ambiente marino, esse costituiscono il **fitoplancton** e sono alla base della

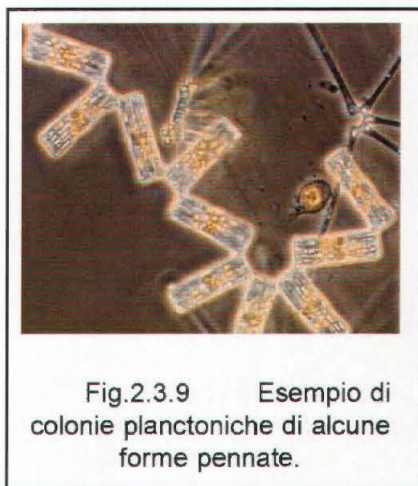


Fig.2.3.9 Esempio di colonie planctoniche di alcune forme pennate.

catena alimentare assieme allo zooplancton.

Possono essere **planctoniche**, **meroplanctoniche** o **bentoniche**.

Le **diatomee planctoniche** galleggiano nella zona fotica (parte più superficiale della colonna d'acqua attraversata dalla luce entro i 200 m. di profondità) ed assieme allo zooplancton sono alla base della catena alimentare oceanica; pochissime forme resistono al di sotto dei 90 m anche se sono state trovate ancora in vita a 200 m di profondità.

Generalmente nelle aree di alta produttività, quali le zone di upwelling del Perù, della Namibia o dell'Ooze Bell circumantartico, domina il fitoplancton siliceo, mentre in zone a bassa produttività (Pacifico centrale ed Atlantico) si trova principalmente fitoplancton calcareo. Le diatomee poi prediligono gli ambienti costieri mentre gli ambienti oceanici sono caratterizzati dai coccolitoforidi.

Sono chiamate **meroplanctoniche** quelle forme che dipendono, per il loro ciclo riproduttivo, dalla costa in quanto, nella loro fase iniziale di crescita, sono bentoniche e necessitano di un substrato adeguato compreso entro la zona fotica. Le forme che invece sono francamente planctoniche vengono chiamate **oloplanctoniche**.

Sono oloplanctoniche o meroplanctoniche principalmente le forme centriche con solamente pochi generi associati al substrato durante il loro ciclo di vita (per es. *Paralia sulcata*).

Le **diatomee bentoniche** possono aderire al fondale con un corto peduncolo o restare attaccate tramite mediante una estrusione mucillagginosa.

Possono essere **ticoplanctoniche** cioè attaccate al fondo tramite una cellula che dà origine ad una catena; in questo caso può succedere che parti della catena si stacchino e restino a far parte del plancton ma senza riprodursi.

Alcune forme bentoniche pennate, caratterizzate dalla presenza di determinate caratteristiche morfologiche (raphe) sono dotate di movimento limitato.

Forme con un solo sistema del raphe su una sola valva (Monoraphidineae) e forme pennate senza sistema del raphe (Araphidineae) sono essenzialmente **epipsammitiche** (che vivono sulla sabbia), **epilitiche** (che vivono sulle rocce) ed anche **epizooiche** (che vivono su animali), mentre altri generi di diatomee pennate, quelle con due sistemi del raphe su entrambe le valve (Biraphidineae) sono quasi esclusivamente **epipelitiche** (che vivono sulla frazione pelitica del sedimento) con solo poche specie planctoniche.

Ci sono forme litorali caratteristiche di near shore e numerose forme **eurialine** o più o meno **stenoaline** che trovano il loro habitat ideale nelle vescicole di acqua più o menoalina che resta inglobata nel ghiaccio durante la sua formazione con differenti tipi di ghiaccio ecc.

Principali Tendenze del Fitoplancton

Ciclo di vita	Costali Meroplanctonico	Oceaniche Oloplanctonico
Produttività	Alta	Bassa
Fisiologia degli organisms	Adattati a rapidi cambiamenti ambientali	Adattati a minori cambiamenti ambientali
Fitoplancton dotato di guscio	Diatomee	Coccolithoforidi
Diatomee	Frustuli altamente silicizzati con la capacità di produrre spore	Frustuli debolmente silicizzati minor tendenza a produrre spore resistenti

Ciclo riproduttivo

Le diatomee si riproducono vegetativamente per fissione binaria: dopo la divisione degli organelli interni, la cellula divide anche il citoplasma in modo trasversale all'asse longitudinale (cioè lungo il piano

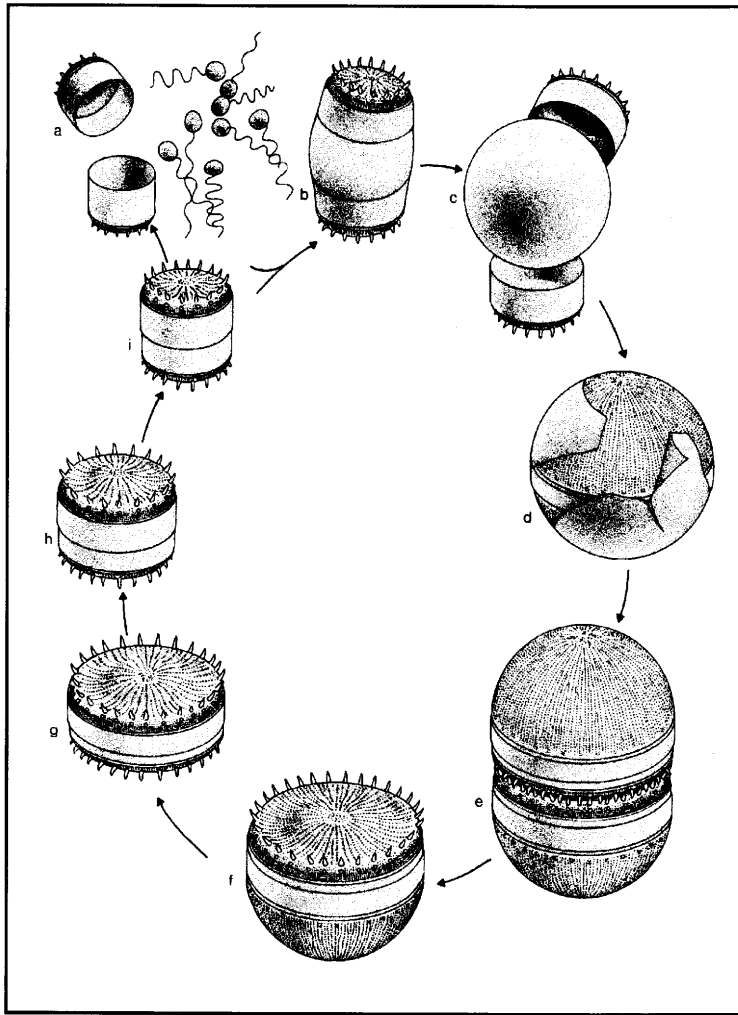
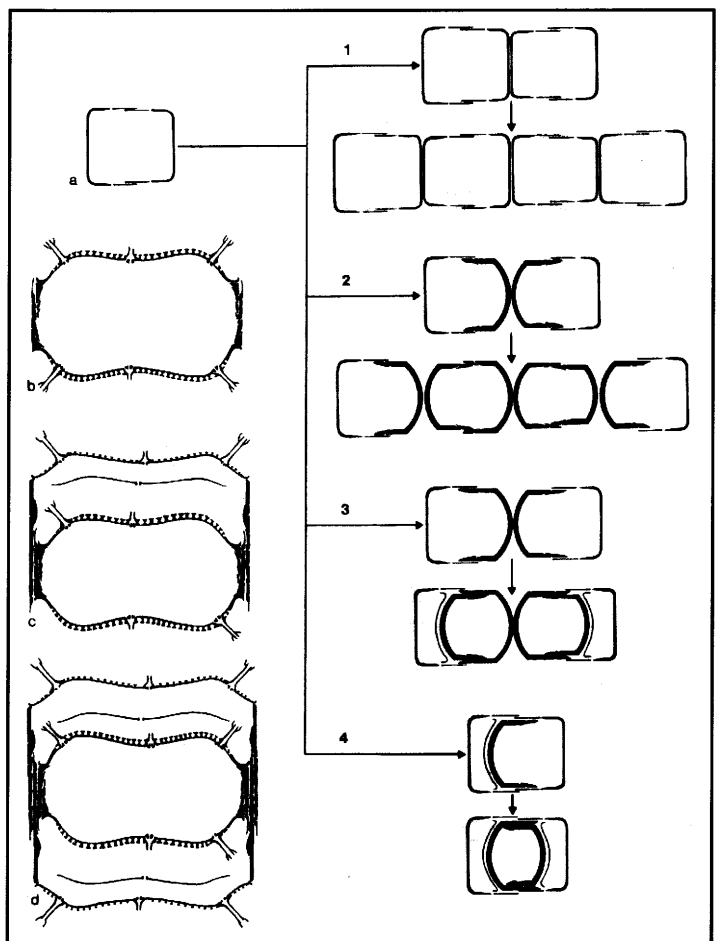


Fig.2.3.10 Ciclo di vita di una diatomea. a) formazione di gameti mobili che unendosi daranno origine ad cellula con un nuovo patrimonio genetico; b) e c) formazione dell'auxospora; d) rottura del muro dell'auxospora ed evidenziazione della cellula iniziale; e) prima divisione dell'auxospora con formazione di due ipovalve affiancate; f) distacco delle due cellule e ritorno alle cellule iniziali con la taglia massima per la specie (g). La cellula così formata subisce numerose divisioni (g), (h) ed (i) durante le quali si assiste ad una riduzione di taglia fino alla taglia minima (i) che darà origine a gameti maschili o femminili (Round et al., 1990).

Fig.2.3.11 Formazione di differenti tipi di spore (Round et al., 1990):

- 1) Normale divisione vegetativa
- 2) Spore esogene
- 3) Spore semiendogene
- 4) Spore endogene



valvare). Successivamente alla divisione citoplasmatica si formano due nuove valve al centro della vecchia cellula, una per ogni nuova metà della cellula (Fig. 2.3.10).

Durante la crescita successiva, ogni cellula figlia riceve una valva vecchia ed una nuova che diventa quindi l'ipovalva, mentre quella ereditata risulta essere l'epivalva. In questa maniera si ha una progressiva **diminuzione della taglia** poichè una delle due cellule riceve come epivalva quella che in origine era l'ipovalva; procedendo nella moltiplicazione questa risulta progressivamente sempre più piccola.

Questa diminuzione di taglia è spesso accompagnata anche da una **variazione delle proporzioni cellulari** (lunghezza degli assi apicali e pervalvari) e, come in alcuni taxa di Pennales, dalla perdita di alcune caratteristiche diagnostiche come l'eteropolarità.

La progressiva diminuzione di taglia ha un limite inferiore (Fig. 2.3.10); la taglia massima viene quindi riacquistata durante un processo di riproduzione sessuata con la produzione di speciali cellule 'ringiovanenti', le **auxospore**, impedendo così l'estinzione del clone.

La produzione di auxospore è limitata alle cellule di taglia media che possono continuare a riprodursi vegetativamente per un certo periodo, ma sotto l'influenza di alcuni stimoli ambientali possono iniziare a produrre gameti.

Comunque tutte le diatomee hanno una fase di meiosi con la produzione di gameti e di uno zigote che si svilupperà poi in una auxospora.

Strategie di sopravvivenza

Formazione di spore

In particolari condizioni ambientali sfavorevoli alla sopravvivenza, alcune forme hanno la possibilità di produrre delle fasi dormienti equivalenti all'incistamento in altri organismi; queste fasi consistono nella produzione di cellule morfologicamente distinte rispetto la fase vegetativa che prendono il nome di **spore resistenti**.

La formazione di spore è una strategia di sopravvivenza abbastanza diffusa in natura ed adottata da questo gruppo di organismi per superare condizioni ambientali sfavorevoli quali, in genere, la reperibilità di nutrienti, la temperatura, l'intensità dell'irraggiamento solare ed il pH.

La loro formazione avviene all'interno della cellula in fase vegetativa (cellula madre) ed hanno la capacità di restare quiescenti anche per alcuni anni e ritornare a germinare, producendo una nuova fase vegetativa, non appena le condizioni ambientali tornino ad essere favorevoli.

A seconda che restino totalmente o parzialmente inglobate nella cellula madre possono essere suddivise in tre tipi:

- **esogene**
- **semi-endogene**
- **endogene**

Fig. 2.3.11

In ambiente antartico questa produzione è all'origine di molta della deposizione biosilicea in quanto le spore sono le maggiori contribuenti nel calcolo della frazione opalina in svariate zone biogeografiche.

Presentano, infatti, un tasso di silicizzazione maggiore rispetto alle loro fasi vegetative e ad altre forme e quindi sono favorite nella deposizione e conservazione sin e post deposizione.

Varie sono le forme che producono spore (alcune sezioni di *Chaetoceros*, *Odontella weissflogii*, *Thalassiosira antarctica*, *T. scotia*, *T. australis*) ma i maggiori produttori di spore in questo ambiente sono gli appartenenti al genere *Chaetoceros*; la loro attività può essere importante in quanto è legata a particolari condizioni ambientali creati, in estate, dalla fusione del ghiaccio con apporti di acque più fredde e dolci e conseguente stratificazione della colonna d'acqua. Questa situazione creerebbe un ambiente superficiale favorevole per la proliferazione di queste specie. Al sopraggiungere dell'autunno, la progressiva diminuzione di nutrienti nello strato superficiale, l'aumento delle turbolenze marine e l'abbassamento della temperatura porterebbero ad una rottura di questo equilibrio con l'innescarsi di produzione di spore da parte delle diatomee della zona fotica.

Questa situazione di stagionalità, protratta nel tempo, porterebbe nel sedimento ad un accumulo di spore indice di quella particolare situazione in quel particolare lasso di tempo permettendo quindi, assieme ad altri dati, una ricostruzione paleoclimatica.

Uno studio effettuato da Fryxell (1990) su materiale planctonico raccolto in differenti stagioni sia lungo la colonna d'acqua che nel sedimento lungo il margine glaciale del Mare di Weddell e di Scotia, lungo un transetto attraverso la Corrente Circumpolare Anartica (ACC) fino al Prydz Bay (ODP Leg 119), ha permesso di comparare associazioni stagionali e viventi con il record sedimentario relativo. E' emerso che alcune specie (*Eucampia antarctica*, *F. kerguelensis*, *Odontella litigiosa*, alcune specie di *Rhizosolenia*, *Thalassiosira tumida*, *T. ritscheri*, *T. oliverana*, *T. gracilis*, *Porosira pseudodenticulata*, *P. glacialis* e *Stellarima microtrias*) adottano delle alternative, finora esclusivamente antartiche, alla produzione di spore e cioè la produzione di diverse fasi invernali di crescita: fasi di crescita distintamente invernali e fasi di crescita in acque fredde.

Queste, come la produzione di spore forniscono a queste specie dei vantaggi 'evoluzionistici' per sopravvivere alle ostili condizioni di vita degli autunni ed inverni australi nonché a periodi di particolare stress ambientale dovuto alla crescente azione di pascolo da parte di organismi superiori.

L'abbondanza di queste valve fortemente silicizzate e diversificate nel sedimento (facilitate anche nella conservazione) può fornire diversi tipi di informazioni: l'abbondanza di sopra può dare una ragionevole stima della taglia media della popolazione durante il ciclo stagionale e durante la fase di sedimentazione; d'altra parte l'abbondanza delle altre due fasi di crescita invernali (che vengono comunque considerate fasi vegetative) danno un segnale paleoecologico più complicato dal momento che sono il risultato non solo della taglia della popolazione al momento della deposizione ma anche del tasso di crescita durante l'inverno.

Quindi l'alta abbondanza di fasi invernali di crescita di un taxon può indicare la produttività durante il periodo di crescita marginale al ghiaccio o in mare aperto. In queste aree le diatomee che formano fasi di crescita invernali sembrano essere avvantaggiate rispetto alle specie che producono spore, registrando così un ciclo ontogenetico con situazioni di crescita marginali in un ambiente che non può più essere considerato completamente ostile.

2.4 Associazioni microfloristiche attuali in Antartide

Questo approfondimento è stato ritenuto importante al fine di evidenziare l'interessante rapporto tra diatomee ed ambiente ed aiutare in una valida interpretazione finale dei dati ottenuti in questo lavoro.

Lo studio delle associazioni a diatomee attuali, infatti, risulta essere un ottimo strumento per l'identificazione della nicchia ambientale in esame, della qualità dell'acqua ed anche di un eventuale inquinamento. La loro presenza in masse è indice di forte produttività delle acque e le caratterizza dal punto di vista trofico. In situazioni ambientali particolari possono arrivare a condizioni di distrofia ed inquinamento biologico delle acque.

Le aree polari, con le loro caratteristiche coperture glaciali variabili stagionalmente, offrono un ambiente unico dal punto di vista biologico che viene sfruttato da un'ampia gamma di organismi, dai batteri ai mammiferi marini.

Importante è, sopra tutto per le forme bentoniche e meroplanctoniche, il substrato neritico a disposizione risultante dall'intersezione tra la zona fotica ed il fondo (Krebs, 1983).

Lo sviluppo e la fusione stagionale del ghiaccio marino sono i fattori principali condizionanti l'ecologia delle comunità fitoplanctoniche (Gleitz & Thomas, 1993) in quanto la formazione del ghiaccio marino influisce sulla produttività della massa d'acqua in quanto, nonostante riduca il tasso di irraggiamento solare, paradossalmente fornisce un eccellente habitat per la crescita algale, apportando una diversificazione nelle associazioni (Krebs, 1983), mentre la fusione primaverile crea condizioni ottimali per la fase vegetativa soprattutto di certe forme. Fig. 2.4.12

Durante gli inverni australi le microflоре devono sperimentare condizioni di vita decisamente ostili tra le quali la più limitante è sicuramente la carenza di irraggiamento solare; la luce essenziale per la fotosintesi è limitata non solo dall'irraggiamento obliquo e temporalmente limitato (giorni corti), dal cielo coperto e dalle condizioni della colonna d'acqua ma anche e soprattutto dall'estensione e dalla durata della copertura glaciale (Fryxell, 1990).

La durata stagionale delle condizioni di mare aperto ed il tipo di ghiaccio presente al momento della deglaciazione primaverile e glaciazione autunnale, determinano in parte la composizione delle associazioni a diatomee (Crosta et al., 1997).

Alge unicellulari sono state trovate nel ghiaccio marino ovunque presente (Medlin & Priddle, 1990). La loro origine ed il meccanismo di inglobamento nel ghiaccio è tuttora sconosciuto, tuttavia ci sono buone evidenze del fatto che i principali responsabili di questi arricchimenti di fitoplancton nel ghiaccio marino siano i processi fisici condizionanti lo stato di turbolenza della colonna d'acqua al momento della formazio-

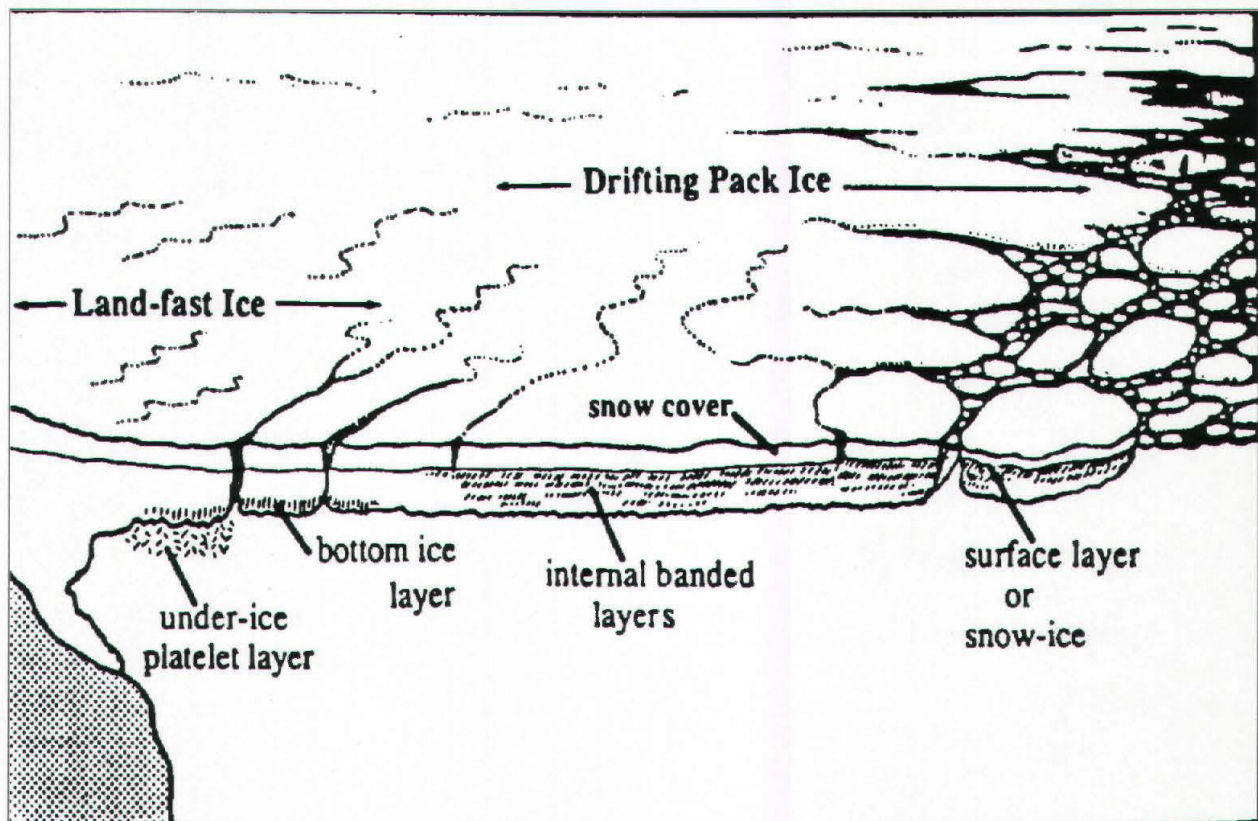
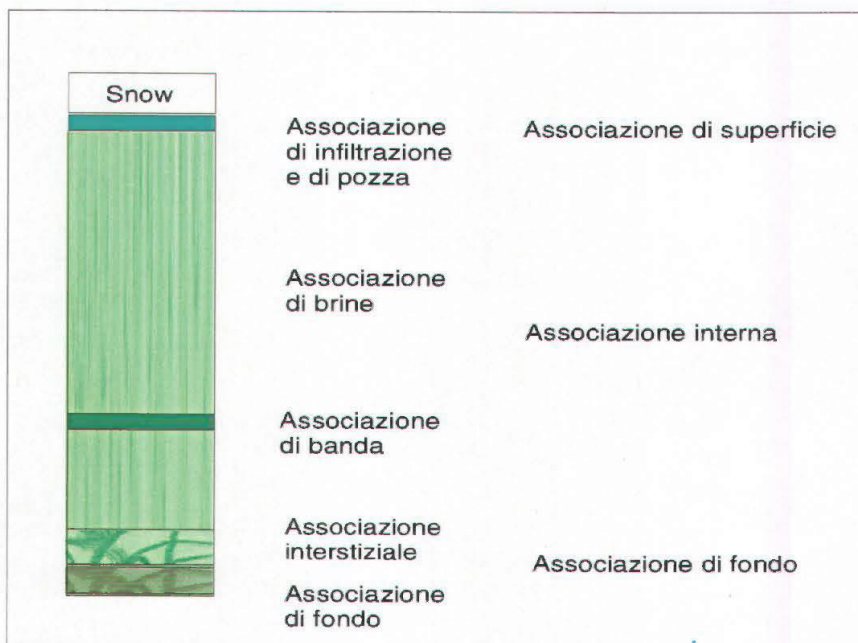


Fig. 2.4.12 Ambienti correlati al ghiaccio marino; ognuno di questi ambienti è caratterizzato da associazioni a diatomee caratteristiche (da Garrison, 1991).

Fig. 2.4.13 Rappresentazione schematica delle varie associazioni riscontrate nel ghiaccio marino (Modificato da Nuccio, 1997).



ne dei cristalli dighiaccio (Gleitz & Thomas, 1993). Durante il passaggio da mare aperto a ghiaccio marino i microorganismi sono soggetti a marcate variazioni dei parametri chimico fisici tra i quali variazioni di temperatura e di salinità lungo la colonna d'acqua o il confinamento nel sistema di canali di acqua salmastra che si formano all'interno del ghiaccio a causa dell'espulsione del sale da parte dei cristalli in via di formazione. E' stata dimostrata, in laboratorio, la capacità di diverse diatomee antartiche e popolazioni naturali di batteri di restare metabolicamente attivi anche in condizioni stressanti come queste (Gleitz & Thomas, 1993; Grossmann & Gleitz, 1993). Inoltre sono state documentate, nel settore orientale del Mare di Ross, estese fioriture autunnali di alghe nel ghiaccio marino di neoformazione.

Più nel dettaglio le forme di microalghe legate a questi ambienti comprendono svariati tipi di associazioni:

Associazione simpagica (da $\sigma\upsilon\nu$ = associato a, e $\pi\alpha\gamma\omega\sigma$ = ghiaccio) cioè tipicamente inclusa nel ghiaccio marino che comprende a sua volta **popolamenti superficiali** all'interfaccia neve-ghiaccio e condizionati da acque di percolazione e dalla presenza di pozze e **popolamenti interni** riscontrati in canali ricchi di acque sovrasalate (brine) o a volte in bande dovute ad accrezione di nuovo ghiaccio sotto il fondo o per inglobamento di forme planctoniche al momento del congelamento delle acque superficiali (Fig. 2.4.13)

La presenza di diatomee nel ghiaccio marino produce delle debolezze strutturali all'interno della copertura e fa aumentare l'assorbimento dei raggi solari accelerando così il processo di disintegrazione e scioglimento durante le fasi di deglaciazione, mentre la produzione di ice bergs può favorire il trasporto di forme associate al ghiaccio piuttosto a nord rispetto al loro usuale habitat biogeografico (Crosta et al., 1997).

Associazioni di sub ghiaccio possono essere interstiziali cioè nel ghiaccio più compatto e/o tapezzanti il substrato e pendenti dalla superficie del fondo assieme alle placche di ghiaccio di neoformazione denominato *platelet ice*) o comunque forme che necessitano la possibilità di essere attaccate ad un substrato. Il ghiaccio provvede a questa necessità equiparandosi, dal punto di vista ecologico, al fondo marino, ed il substrato che caratterizza il ghiaccio antartico, data al maggiore dinamica di formazione e la sua discontinuità, offre un ambiente ideale per queste forme (Harris & Stonehouse, 1991; Souchez & Lorrain, 1991; Garrison et al., 1993). Inoltre alcune forme di questa associazione sono fisiologicamente adattate alla scarsità di luce (Leventer, 1998).

Ultimamente si stanno approfondendo gli studi sulla modalità con la quale vengono incorporate nel ghiaccio al momento della formazione autunnale del ghiaccio marino e sulla loro fisiologia. Essendo infatti organismi autotrofi teoricamente non potrebbero sopravvivere durante l'inverno polare a causa della mancanza di luce (mentre in Antartide, a parte casi particolari legati alla formazione di microambienti, è stimata pressochè illimitata la disponibilità di sostanze nutritive inorganiche indispensabili per la loro attività metabolica). Dalle ricerche effettuate, però, sembra che le diatomee riescano a sopravvivere a queste condizioni ambientali avverse per mezzo di strategie di adattamento non ancora chiare ma riassumibili nei seguenti punti:

formazione di spore di resistenza

nutrizione eterotrofa (passaggio da sostentamento autotrofico ad assimilazione di sostanza organica disciolta o particellato già disponibile)

accumulo di sostanze di riserva (riduzione del metabolismo ed utilizzo delle sostanze accumulate durante la stagione estiva) (Nuccio, 1997).

Associazione criofila di margine glaciale tipica della MIZ e favorita dalle condizioni di stratificazione della colonna d'acqua e dalle sue caratteristiche chimico-fisiche dovute alla fusione del ghiaccio (Leventer, 1998). In genere è caratterizzata principalmente da forme pennate del genere *Fragilariopsis* (*F. curta* e *F. cylindrus*), ma comprendente anche forme centriche del genere *Chaetoceros*. Si presenta in primavera e continua a fiorire fino a quando il ghiaccio continua a fondere. Comprende alghe di ghiaccio che, lasciate libere dal ghiaccio di fusione vanno ad inseminare gli strati più superficiali della colonna d'acqua e quelle planctoniche che caratterizzano la massa d'acqua e possono anche provenire da trasporto eolico. Questo tipo di associazione è caratterizzato da intense fioriture (blooms vegetativi) stagionali primaverili, estive ed autunnali dalle caratteristiche differenti ed in qualche maniera interdipendenti (le fioriture primaverili possono condizionare tutta la successiva fioritura selezionando le sostanze nutritive e formando dei microambienti particolari).

Al termine della stagione estiva il cambiamento delle condizioni meteomarine e l'esaurimento dei

nutrienti possono causare una produzione in massa di spore da parte dei *Chaetoceros* (Krebs, 1983; Leventer, 1992; Crosta et al., 1997).

Associazioni di mare aperto legate ad ambienti neritici di piattaforma continentale ed **associazioni oceaniche** legate a condizioni di mare libero da copertura glaciale con una colonna d'acqua ben omogeneizzata, temperature delle acque superficiali generalmente più miti (Fig 2.5.14) e circolazione di tipo oceanico. E' rappresentata in maggioranza da forme centriche (dei genere *Thalassiosira* e *Coscinodiscus*) anche se include forme pennate del genere *Fragilariopsis*. In particolare il genere *Thalassiosira*, comprendente forme dal significato ecologico ancora poco chiaro, sembra essere legata ad alta produttività in mare aperto, forse inibita dalla scarsità di luce dovuta a copertura, con alcune forme forse correlate alla presenza di ghiaccio di neoformazione (*platelet ice*).

F. kerguelensis, scarsamente presente anche nel ghiaccio marino, ha dimostrato in esperimenti che hanno trovando riscontro in studi su sedimenti superficiali relativi alla fascia di Diatom Ooze relativa al Polar Front, il suo optimum vegetativo a circa 5°C di temperatura; sarebbe quindi abbondante in aree di circolazione Circumpolare Antartica e sembra essere resistente alla dissoluzione selettiva.

Associazioni di polynya alle associazioni suddette si può forse aggiungere quella di polynya con forme tipiche di margine di ghiaccio, ma ancora poco studiate.

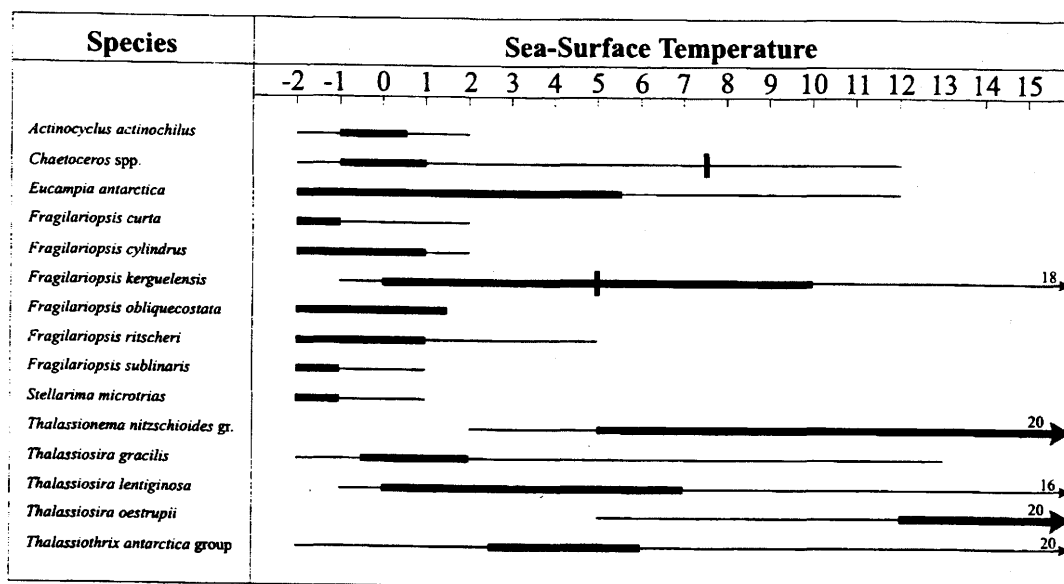


Fig. 2.5.14 Campi di temperatura relativi ad alcuni taxa di diatomee in associazioni attuali in sedimenti superficiali nel Mare di Weddell; sono correlati alle temperature medie estive delle acque superficiali (da Zielinski & Gersonde, 1997). Linee fini: campo totale di presenza della specie; linee grosse: campo di temperatura di massima presenza.

2.5 Biostratigrafia a diatomee

Le diatomee più antiche che si conoscano attualmente appartengono al Cretacico medio e sono di ambiente marino, anche se vi sono forme dubbie già nel Liassico.

Le Centrales sono l'unico gruppo presente nel Cretacico marino; le Pennales sono segnalate nel Tardo Paleocene ed aumentano durante l'Eocene.

Hanno avuto un incremento fortissimo nel Miocene in tutto il mondo sia in ambiente marino che lacustre.

Le diatomee costituiscono uno strumento biostratigrafico il cui potenziale di risoluzione è tra i più alti;

ciò è dovuto alla loro sensibilità ambientale ed all'alta diversità delle associazioni soprattutto per quanto riguarda il Mare del Sud.

I primi lavori di biostratigrafia basati sulle diatomee riguardanti l'Oceano del Sud furono condotti durante i Deep Sea Drilling Projects negli anni '70 - 80 (McCollum, 1975; Schrader, 1976; Weaver & Gombos, 1981; Ciesielski, 1983). Il testimone fu raccolto da Gersonde & Burckle (1990), Baldauf & Barron (1991), Fenner (1991) e Harwood & Maruyama (1992) che approfondirono gli studi sulle zonazioni biostratigrafiche cenozoiche dei settori Atlantico ed Indiano dell'Oceano del Sud durante gli ODP. Furono quindi proposte nuove zonazioni biostratigrafiche correlate a scale temporali geomagnetiche (per le datazioni assolute) e ad altre zonazioni a microfossili (Gersonde & Barcena, 1998).

Deve essere messo in evidenza che la distribuzione areale e delle abbondanze dei taxa di diatomee usati come markers stratigrafici per il Neogene ed il Quaternario non è uniforme. Questo deve essere attribuito a motivi geografico-ambientali tipici dell'Oceano del Sud ed interdipendenti quali ad esempio la presenza di forti gradienti latitudinali, lo stabilirsi di sistemi idrografici frontali caratterizzati da gradienti termoclinici e di nutrienti specifici e la presenza della copertura glaciale stagionale che impediscono ed hanno impedito, anche a forme endemiche delle alte latitudini del sud una distribuzione sincrona ed omogenea.

Al momento le zonazioni biostratigrafiche per gli ultimi 2.6 Ma si basano principalmente su carote prelevate durante gli ODP a sud del Fronte Polare e non considerano interamente la modalità di presenza ed abbondanza di taxa nella fascia più settentrionale dell'Oceano del Sud.

Per quanto riguarda la biostratigrafia a diatomee stilata per l'Oceano del Sud essa è basata sui classici concetti di FAD e LAD delle specie ed indicano i fenomeni di comparsa e scomparsa evolutiva che, dal punto di vista geologico, sono state riconosciute sincrone su una grande estensione areale.

I dati derivanti dalla biostratigrafia a diatomee convergono con altri dati provenienti da altre biostratigrafie (radiolari, silicoflagellati, foraminiferi, nannofossili ecc.) e stratigrafia su base sedimentologica, geochimica (stadi isotopici) e magnetostratigrafia per la compilazione di una **stratigrafia integrata**.

3. Materiali, metodi di preparazione e di studio

3.1 Siti di prelievo e motivi della scelta

Le carote esaminate sono state tre, tutte raccolte nel Mare di Ross durante crociere oceanografiche effettuate in anni differenti, nell'ambito del Programma Nazionale di Ricerca in Antartide (PNRA, CNR, ENEA).

Queste carote sono state scelte per svariati motivi fra i quali la posizione geografica, la buona rappresentatività per una analisi multidisciplinare (essendo stati eseguiti, per la ANTA91 8 e la ANTA96 5bis, tests sedimentologici, geochimici, datazioni ecc.) ed inoltre, essendo tutte carote bacinali (due di ambiente distale ed una di bacino interno) potrebbero permettere di caratterizzare dal punto di vista delle flore silicee, ambienti e sedimenti ambientalmente ben identificabili seppure appartenenti a finestre temporali, processi di formazione, tassi di sedimentazione e storie evolutive differenti (Fig. 3.1.).

La carota **ANTA96 5bis** è stata raccolta durante la XI campagna oceanografica effettuata durante l'estate australe 1996; proviene da un bacino interno alla piattaforma, profondo 570 m, situato nel Mare di Ross Centrale, poco a Nord del Ross Bank (Glomar Challenger Basin). Di questa carota sono stati recuperati 635 cm. E' rappresentata (Salvi, 1999; 2000) da una sequenza glaciomarina caratterizzata da una parte basale (640-430 cm) di età >35000 anni B.P. riferibile ad un sedimento classificabile come diamicton glaciomarino non sovraconsolidato (unità a), da un livello centrale (430-70 cm) di età compresa tra 35000 e 20000/17000 anni B.P. caratterizzato da altre tre unità (b, c e d) riferibili a sedimenti glaciomarini correlati a copertura glaciale ed un livello superficiale (ultimi 70 cm) di età compresa tra i 17000 ed i 3820 anni B.P. caratterizzato da un graduale passaggio ad un sedimento riferibile ad un Diatom Ooze Mud (unità e).

E' stata scelta come rappresentante una tipologia di sedimentazione di bacino continentale interno, più disomogeneo e legato ad ambienti strettamente correlati alla copertura glaciale. Anche per questa carota sono stati resi disponibili, oltre alle datazioni (riferibili alla finestra temporale dei 40-30 ky), l'insieme dei dati granulometrici, geochimici, mineralogici ecc. relativi ad una evoluzione temporale relativa al tardo quaternario.

La carota **ANTA99 C-23** proviene dalla spedizione effettuata nel 1999 ed è stata raccolta sulla scarpata continentale esterna (a circa 72° 05.27' lat. S, 179° 04.36' long. E) ad una profondità di 2158 m in corrispondenza dello sbocco del Drygalski e del Joides Basins ed ha una lunghezza complessiva di 537 cm.

E' stata esaminata ai Raggi X (Brambati et al., 2001) e sono previste, ma non ancora disponibili, analisi multidisciplinari. All'analisi ai Raggi X ed all'apertura della carota si è potuta evidenziare (Colizza E. e Salvi G., com. personale, 2001) una sedimentazione glacio-marina a matrice fine distinta in:

- livello inferiore (Intervallo 2: dal cm 537 al cm 382) piuttosto omogenea contenente una certa quantità di detrito glaciotrasportato (IRD) ed
- livello superiore (Intervallo 1: dal cm 382 al cm 0) meno uniforme, testimone di ambiente più dinamico con evidenze di probabili fenomeni di torbida (mud flows).

E' disponibile una datazione effettuata dal Geochron Laboratories (Massachusetts-USA) sul ¹⁴C.

La carota **ANTA91-8** è stata campionata durante la spedizione effettuata nell'estate australe del 1991; proviene dalla scarpata continentale esterna del Mare di Ross a NE di Cape Adare (70° 46.99' lat. S, 172° 50.39' long. E), ad una profondità di 2383 m ed ha una lunghezza di 511 cm.

E' rappresentata da un sedimento glaciomarino pelitico, pelitico-sabbioso, debolmente laminato con una frazione ghiaiosa molto ridotta la cui frazione sabbiosa è costituita da materiale terrigeno e biogeno rappresentato principalmente da spicole di spugna silicee ed è temporalmente rappresentativa degli ultimi 7 (8?) cicli climatici (Quaia, 1997).

Una analisi fattoriale sui dati granulometrici relativi a questa carota ha messo in evidenza due fattori identificabili con due facies sedimentarie differenti, determinate dalle variabili condizioni energetiche al fondo ed alternantesi lungo la carota. Queste facies sono state correlate alle fluttuazioni climatiche responsabili di queste differenti condizioni idrodinamiche (Quaia, 1997).

Inoltre uno studio mineralogico e cristallo-chimico sulla frazione fine relativa a questa carota, ha messo in evidenza i cambiamenti nell'influenza delle aree sorgenti di materiale. Ha individuato, in particolare, due tipi di apporti sedimentari differenziati: quelli provenienti dalla parte interna della piattaforma e prevalenti durante gli interglaciali e quelli dovuti alle 'contour currents' tipiche di periodi glaciali e provenienti dal settore antartico orientale (Wilkes Land) (Marinoni et al., 2000).

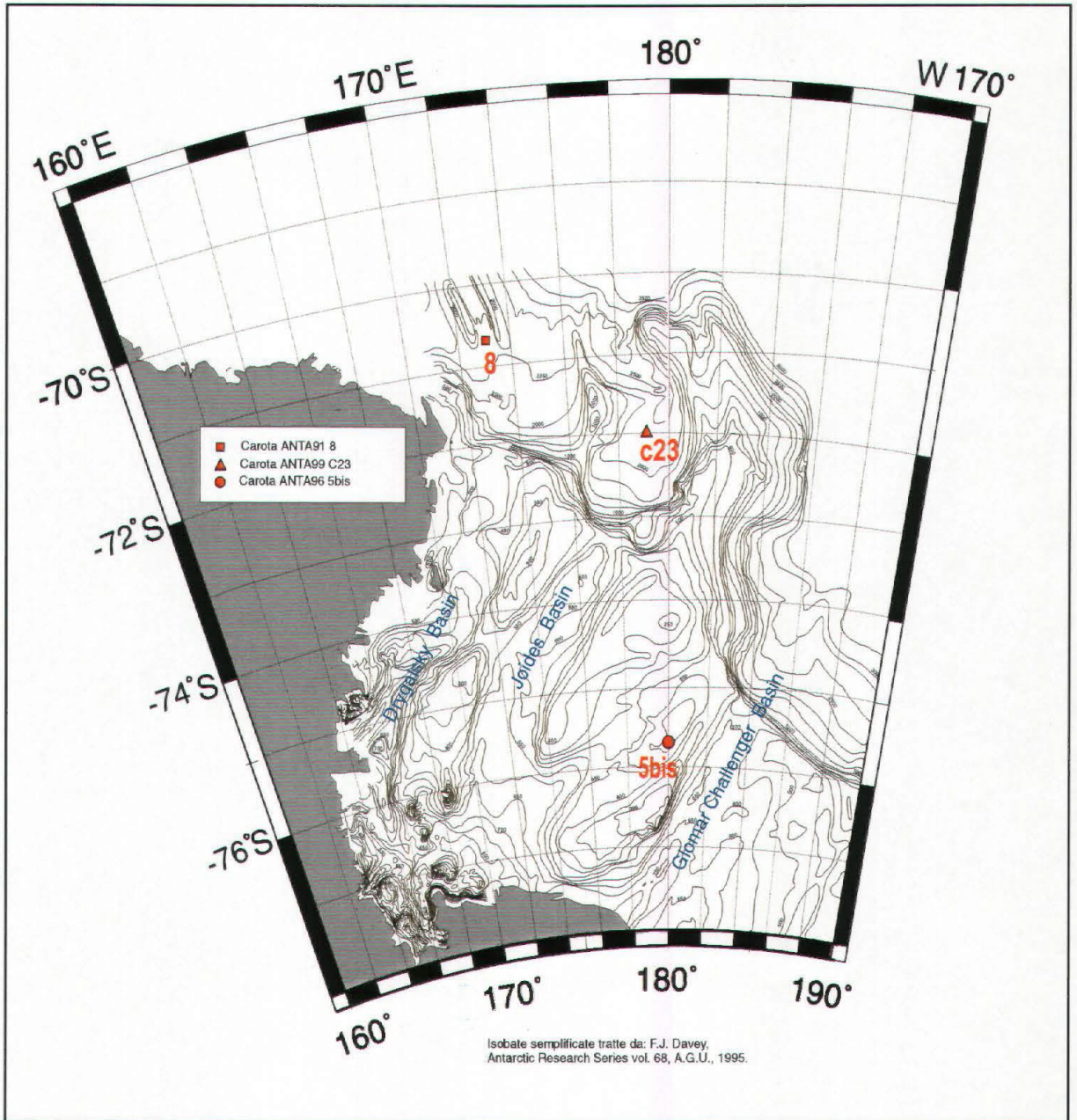


Fig. 3.1. Siti di prelievo delle carote

Questa carota è stata quindi scelta per la sua buona lunghezza riferibile alla finestra temporale relativa ai 300 ky, per la sua posizione esterna alla piattaforma Mare di Ross, compresa tra la POOZ e la RIZ, caratterizzata da attuale apertura estiva minima di tre mesi all'anno in zona di alta produttività e con sedimentazione indisturbata. Non ultima tra i motivi della scelta è stata l'abbondanza di altri parametri di confronto a disposizione relativi a questa carota che è esata oggetto, in questi anni, di numerosi studi multidisciplinari (Quaia, 1997; Quaia & Brambati, 1997; Ceccaroni et al., 1998; Langone et al., 2000; Marinoni et al., 2000; Brambati et al., 2001).

3.2 Metodi di preparazione dei campioni

Per la preparazione dei campioni è stata adottata la metodologia in uso presso il Dip. Te. Ris di Genova tratta da Barde, 1981 -Modificato.

Procedura di preparazione dei sedimenti per l'ossevazione e la conservazione:

1. Essiccazione del sedimento in forno a 60° C per 24 ore fino ad eliminazione totale dell'acqua contenuta.
2. Frantumazione delicata del sedimento e prelievo di 2 g
3. Dissoluzione dei 2 g di sedimento in 50 cc. di acqua distillata con 50 cc. di acqua ossigenata a 35 % (1 parte di H₂O₂ a 130 vol. e 3 parti di acqua distillata) per 24 ore fino a completa disgregazione del sedimento.
4. Lavaggio del sedimento mediante centrifugazione con acqua distillata, eliminando l'acqua discarto ed aggiungendone di fresca per almeno 5-7 cicli consecutivi fino ad ottenere un liquido di scarto limpido. NOTA: la centrifuga deve essere impostata a 1200 giri/min. per 3-5 minuti. All'ultimo passaggio non aggiungere altra acqua distillata e versare il campione, diluito in poco liquido, in un backer.
5. Essiccazione completa del sedimento in forno a 60° C.
6. Aggiunta di HCl a 10 vol. con tempo di reazione di 30-40 minuti.
7. Lavaggio dei campioni come al punto 4 per almeno 3 cicli. All'ultimo ciclo, eliminata l'acqua di scarto, aggiunta di 50 ml. di acqua distillata con 2 gocce di formaldeide nel contenitore finale. NOTA: la formaldeide stabilizza la soluzione ed evita fioriture indesiderate (muffe ecc.).

Procedura di preparazione dei campioni per l'osservazione al SEM:

Per l'osservazione al SEM si è proceduto al montaggio di una goccia di preparato sul cilindretto portacampione, alla metallizzazione.

Procedura di preparazione dei campioni per l'osservazione al microscopio ottico:

I vetrini utilizzati per il montaggio (30 X 50 mm), sono stati sgrassati in varechina per almeno due giorni e quindi ripassati con ammoniaca ed asciugati. E' stata quindi distribuita una quantità equivalente di preparato contenente il sedimento (vedi preparazione sopra descritta) usando una micropipetta da 100 ml su una superficie tale da poter essere coperta dal coprioggetti (25 X 40 mm) ed è stata fatta evaporare su piastra calda a 50-60°C. Sono state poi aggiunte poche gocce di collante (Naphrax) ed alcune gocce di diluente (Xylene); è stato poi protetto con il coprioggetti e fatto asciugare su piastra calda per mezz'ora e poi all'aria per almeno 1 giorno.

I vetrini sono stati successivamente ripuliti e preparati per l'osservazione mediante suddivisione in 4 quadranti per facilitare l'identificazione dei transetti da esaminare.

Al fine di osservare lo stato generale del campione integro (senza procedere alla preparazione sopra descritta) sono stati preparati alcuni vetrini relativi ad alcuni campioni della carota ANTA91 8 (31-34 cm, 110-113 cm, 448-485 cm e 482-485 cm) sciogliendo semplicemente circa 0,5 g di sedimento in 10 ml. di acqua distillata (circa la stessa concentrazione rispetto al preparato).

3.3 Metodi di osservazione

I metodi di osservazione si sono articolati nelle seguenti fasi:

-Analisi preliminare:

E' stata fatta come prima cosa un'osservazione generale al microscopio ottico a 25x con una stima semiquantitativa su spicole, radiolari, silicoflagellati ed altri organismi e strutture silicee (per le tabelle di riferimento si rimanda al Capitolo 5, Fig. 5.2.0; 5.3.0; 5.4.0).

-Successivamente si è proceduto alla osservazione e classificazione dei vari taxa mediante utilizzo del microscopio Reichert-Jung Polyvar con obiettivo 1000x ad immersione; date le difficoltà nella classificazione è stato necessario l'utilizzo di fattori d'ingrandimento maggiori ed oculare grigliato per le misure al

microscopio ottico (Light Microscope - LM).

-Per l'osservazione al SEM (con ingrandimenti fino a 20000x) sono stati utilizzati i microscopi elettronici messi a disposizione dall'Università di Milano, presso Dipartimento di Scienze della Terra e dall'Università di Trieste. Tale osservazione ha facilitato l'identificazione e la classificazione dei vari taxa ed ha consentito di determinare lo stato di conservazione dei campioni.

-Documentazione fotografica: le fotografie effettuate sia al SEM che al LM hanno contribuito a formare una valida ed interessante base iconografica utilizzata per la compilazione delle schede tassonomiche (si vedano schede tassonomiche in appendice).

3.4 Tassonomia

Lo studio tassonomico e relativi approfondimenti sono stati effettuati su testi normalmente in uso presso altri istituti e laboratori per analisi micropaleontologica e biologica quali Tappan, 1980; Priddle & Fryxell, 1985; Ricard, 1987; Medlin & Priddle, 1990; Round et al., 1990; Cox, 1992; Tomas et al., 1996.

Fonte di numerose informazioni tassonomiche, climatiche ed ecologiche è risultata la consultazione di tutti i volumi relativi ai siti antartici e periantartici della serie dei DSDP e ODP, oltre a riviste e pubblicazioni specifiche (si veda Bibliografia e schede tassonomiche in Appendice).

In base alle informazioni ottenute da questo lavoro tassonomico ed al materiale fotografico a disposizione, si è proceduto alla elaborazione e compilazione delle schede tassonomiche in appendice relative ai principali generi e specie di diatomee antartiche ritrovate nelle carote esaminate, corredate da informazioni ecologiche e paleoambientali, osservazioni eventualmente redatte durante il lavoro, una galleria delle immagini a disposizione ed i grafici relativi alle curve di abbondanza di ciascuna specie per ogni carota. Inoltre sono state direttamente discusse con specialisti nazionali ed internazionali alcune tematiche relative a gruppi microfloristici caratterizzati da problematiche interpretative e tassonomiche.

Questo sforzo tassonomico ed interpretativo potrebbe rappresentare una base di riferimento per eventuali approfondimenti e comparazioni con altre situazioni artiche ed antartiche.

3.5 Procedure di conteggio

Ai fini di una corretta analisi statistica sono stati conteggiati, quando possibile, almeno 300 individui per ogni campione. Sono stati usati lo stesso ingrandimento e fattore (fattore di ingrandimento 0.8), lungo transetti trasversali al vetrino, predefiniti e numerati; ciò ha consentito di poter avere una unità di superficie analizzata omogenea e di dare una stima qualitativa e quantitativa sulle flore analizzate con la compilazione di tabelle e curve di abbondanza che tenessero conto del numero di valve contate per transetto (vedi Tabelle e grafici relativi a ciascuna carota).

Nel conteggio sono state inserite tutte le forme intere o i frammenti contenenti il centro (valve intere almeno al 50%).

Per alcune forme di diatomee pennate, particolarmente delicate e fragili (trovate quasi esclusivamente in frammenti) quali il Gruppo *Thalassiotrix/Trichotoxon* si è contato un individuo intero ogni due o tre frammenti. A questo proposito è stato notato che in altri studi tassonomici e di conteggio in bibliografia, sono state contate solo le terminazioni apicali relative a queste forme e poi diviso il numero totale per due; è probabile che le differenti metodologie di conteggio adottate portino a stima non omogenea di queste forme; è stato adottato questo metodo di conteggio in quanto si è ritenuto che nel caso delle carote esaminate, l'altra metodologia portasse ad una sottostima del gruppo in esame.

Per quanto riguarda alcune forme rimaneggiate sono state conteggiate per valutarne il loro significato stratigrafico, più che associativo e paleoambientale; per quanto riguarda il genere *Trinacria* è stato conteggiato un individuo ogni tre frammenti di apice o un individuo intero quando ritrovato tale; anche per il Genere *Rouxia* è stato conteggiato un esemplare ogni due o tre frammenti (generalmente poli).

Data l'alta variabilità di contenuto microfloristico riscontrata soprattutto in alcune carote, è stato necessario suddividere i campioni in:

campioni ricchi:	con un numero di valve per transetto \gg a 50
campioni abbondanti:	con un numero di valve per transetto $>$ a 50
campioni scarsi:	con un numero di valve per transetto < 50 e > 10
campioni sterili:	con un numero di valve per transetto < 10

Per i sedimenti risultati ricchi ed abbondanti si è proceduto al conteggio statistico rappresentativo di una popolazione, arrivando a sfiorare il numero di 300 individui al fine di ottenere un conteggio valido su un numero preciso di transetti.

In tal modo è stato possibile ottenere dei grafici attendibili e completi relativi al n°. esemplari / n°. transetti che potesse dare un'idea della ricchezza o meno del campione esaminato.

Per quanto riguarda i campioni scarsi non è stato sempre possibile, a parità di superficie esaminata (almeno due transetti cioè circa 100 campi visivi a 1000X, fattore 0,8) arrivare al numero statisticamente valido di 300 individui; si è proceduto a mantenere il conteggio effettuato su un numero inferiore a 300 individui tenendolo però valido come stima semiquantitativa della popolazione a diatomee relativa a quei campioni.

4. Analisi statistica dei dati

La presenza di popolazione e delle associazioni a diatomee nei campioni puo' essere soggetta a fenomeni di attenuazione di intensita' differente determinati da variabili spesso non quantificabili per numero e valore. Per questo motivo, nei casi nei quali si e' ritenuto necessario, l'analisi dei dati e' stata eseguita sia con gli strumenti che la analisi statistica e matematica fornisce sia con procedure di analisi esplorative basate anche su informazioni ottenute da fonti esterne (dati di paleoproduttività, geochimici e sedimentologici provenienti da altri studi relativi alle carote in oggetto).

Come precedentemente descritto la procedura di campionamento ha previsto la identificazione ed il riconoscimento di almeno 300 valve per ogni campione, gli elementi sono stati conteggiati solo se appartenenti a specie ritenute significative.

La densita' (n. alve/transetto) delle forme rilevate in ciascun campione relativi alle carote in analisi e' caratterizzata da una dinamica molto elevata, questa caratteristica ha reso necessario suddividere i campioni in classi di abbondanza (vedi cp. 3).

La densita' di popolazione di ogni campione ha consentito di definire il parametro caratteristico di segnale di paleoproduttività relativa.

In funzione del numero totale di esemplari conteggiati per ogni campione e' stato generato un vettore di valori che esprime la presenza in percentuale delle specie rilevate. Questa informazione e' stata utilizzata in seguito per analizzare i rapporti esistenti tra campioni e tra specie.

L'insieme dei vettori di valori costituisce la matrice dei campionamenti percentuali ed e' stato utilizzato per eseguire le successive procedure di analisi.

La rappresentazione dei dati in forma grafica ha consentito di valutare gli andamenti di presenza, con particolare attenzione nei confronti delle specie ritenute significative, obiettivo principale della analisi dei dati e' stato l'approfondimento dei seguenti punti:

- Interpretazione del segnale di paleoproduttività
- Analisi della correlazione tra specie
- Analisi della correlazione tra livelli

4.1 Interpretazione del segnale di paleoproduttività

Il segnale di paleoproduttività rappresenta l'andamento della densita' degli esemplari rilevati nella serie di campioni esaminati. La densita' e' definita, per ogni campione, come risultato del rapporto tra numero di esemplari conteggiati e numero di transetti utilizzati.

Ne consegue che i campioni abbondanti saranno caratterizzati da valori di densita' coincidenti con il numero di esemplari totali conteggiati (un solo transetto e' sufficiente per raggiungere almeno i 300 esemplari previsti) ed i campioni a bassa presenza saranno caratterizzati da valori di densita' molto inferiori (non si raggiunge il numero minimo di 300 esemplari in due transetti ed e' necessario utilizzare piu' transetti).

4.2 Analisi della correlazione tra specie

Il segnale di presenza percentuale delle specie rappresenta l'andamento della specie in relazione al numero totale di esemplari conteggiati nella serie di campioni esaminati.

La presenza percentuale e' definita, per ogni campione, come risultato del rapporto tra numero di esemplari relativi ad una specie e numero totale di esemplari conteggiati; in particolare tale valore compreso tra 0 ed 1 e' stato moltiplicato per 100 ottenendo quindi un valore compreso tra 0 e 100.

L'insieme dei vettori di dati di andamento percentuale e' stato utilizzato al fine di produrre la matrice di correlazione tra le specie. La matrice di correlazione tra le specie e' una matrice caratterizzata da uguale numero di righe e di colonne, triangolare bassa priva della diagonale.

Ad ogni riga e colonna e associata in modo ordinato e coerente una specie, l'indice di correlazione specificato nel campo di intersezione di una riga e colonna specifica il grado di relazione esistente tra le serie di dati associate alle specie.

La rimozione dalla matrice della diagonale principale e' giustificata essendo inutile banale la correlazione di andamento di una specie con se stessa, la parte triangolare alta e' stata analogamente rimossa essendo semplicemente una ridondanza della parte bassa.

Analogamente alla verifica di relazione tra specie si potrebbe eseguire nel corso di ulteriori eventuali approfondimenti le relazioni esistenti tra segnali di presenza delle specie e segnali caratteristici di strumenti di indagine ambientali (dati forniti da altri studi multidisciplinari) al fine di ottenere ulteriori informazioni interpretative.

Si consideri, ad esempio, il rapporto tra *Chaetoceros* spore e cellule vegetative comparato con dati della bSi e C org. secondo Stein, 1991, per una adeguata interpretazione della paleoproduttività e del tasso di conservazione del biogenico siliceo lungo le carote.

La correlazione canonica, utilizzata per compilare la matrice delle correlzioni, consente di verificare la relazione esistente tra due o piu' serie di dati.

Il coefficiente di correlazione e' un dato il cui valore variabile nell'intervallo -1 .. +1.

In particolare:

Il valore -1:

Indica una correlazione perfetta negativa, tale valore si ottiene quando le due serie di dati sono caratterizzate da andamenti in controfase per ogni coppia di dati campionati.

Il valore 0:

Indica che le due serie di dati non sono correlate.

Il valore +1:

Indica una correlazione perfetta positiva, tale valore si ottiene quando le due serie sono caratterizzate da andamenti in fase per ogni coppia di dati campionati.

Siano X, Y le due serie di dati composte entrambe dallo stesso numero di elementi n:

$$\rho_{X,Y} = (1/n \sum (X_i - \mu_x)(Y_i - \mu_y)) / (\sigma_x \sigma_y)$$

μ_x = media della serie X

μ_y = media della serie Y

σ_x = deviazione standard della serie X

σ_y = deviazione standard della serie Y

Si noti che il coefficiente di correlazione non e' dipendente dalla ampiezza delle curve di andamento delle serie.

4.3 Analisi della correlazione tra livelli differenti

La verifica di relazione tra livelli differenti della stessa carota si basa sulla ipotesi che esista una relazione tra spettri di presenza delle associazioni a diatomee e stato ambientale. Se tale ipotesi e' corretta deve esistere una elevata correlazione tra spettri di presenza relativi a campioni corrispondenti a periodi simili ed analizzare inoltre se esiste un fenomeno di ciclicita' evidente.

La necessita' di associare livelli simili e di definire quindi gruppi secondo un ordine di similitudine e relazione ha comportato in questo caso la applicazione di tecniche di classificazione ed in particolare l'utilizzo degli algoritmi di classificazione denominati 'Cluster Analisi'.

Il termine Cluster Analysis e' stato definito da Tryon nel 1939 e' identifica un insieme di algoritmi di classificazione. Questi algoritmi sono sviluppati al fine di consentire la organizzazione di dati osservati, tipicamente relativi a differenze degli aspetti tassonomici, strutturando questi in gruppi o 'cluster' organizzati secondo uno schema di aggregazione ad albero.

L'ordine di aggregazione dal nodo principale dell'albero procede verso i rami terminali la dimensione dei rami e' funzione della correlazione esistente tra i gruppi o nella parte terminale tra i campioni.

La analisi dei cluster si pone quindi l'obiettivo di identificare la migliore classificazione dei dati senza ipotesi a priori, non puo' essere quindi propriamente definita una procedura di test statistico.

Non esiste un criterio unico generale di applicazione degli algoritmi di cluster analysis ed e' necessario ricordare che algoritmi differenti applicati agli stessi dati possono produrre risultati anche evidentemente differenti.

Sono stati comunque definiti almeno 7 metodi (algoritmi) la cui denominazione e' standard ed identifica in modo univoco la metodologia di esecuzione delle procedure di classificazione. Nel caso specifico e' stato adottato l'algoritmo definito 'Ward' sia per omogeneita' con quanto eseguito da altri ricercatori sia perche' esso in effetti sembra essere il piu' adatto ai requisiti di classificazione necessari.

L'algoritmo di classificazione di 'Ward' tende a produrre alberi di classificazione con il minore numero di gruppi oppure in altre parole tende ad associare i campioni in modo da ottenere il minore numero di gruppi. Questo requisito e' stato considerato indispensabile al fine di ottenere diagrammi facilmente interpretabili.

Sono state comunque eseguite prove processando i dati con algoritmi differenti il cui risultato e' stato in coerente con quanto previsto.

Gli algoritmi di classificazione sono applicati ai dati campionati mediante un passaggio intermedio.

E' infatti necessario produrre una struttura di dati definita 'matrice delle distanze' utilizzata dagli algoritmi di analisi cluster.

La matrice delle distanze e' una matrice triangolare caratterizzata da un uguale numero di righe e di colonne triangolare bassa priva della diagonale.

Ad ogni riga e colonna e associata in modo ordinato e coerente un campione, il valore di distanza specificato nel campo di intersezione di una riga e colonna indica la differenza esistente tra le serie di dati associate ai campioni.

La rimozione dalla matrice della diagonale principale e' giustificata essendo inutile banale la distanza tra andamento di un campione con se stesso, la parte triangolare alta e' stata analogamente rimossa essendo semplicemente una ridondanza della parte bassa.

La misura della distanza e' una procedura applicata a due o piu' variabili al fine di determinare la similarita' dei dati campionati.

Esistono metodi differenti per il calcolo della distanza, nel caso specifico e' stata utilizzata la distanza geometrica tra le variabili, calcolata nel modo seguente:

$$distance(x,y) = \{\sum_i (x_i - y_i)^2\}^{1/2}$$

Prodotto degli algoritmi di classificazione sono una struttura dati che descrive l'albero di classificazione ed il corrispondente grafico

Sono disponibili differenti programmi applicativi dedicati alla esecuzione di funzioni di classificazione, nel caso particolare e stato utilizzato un ambiente sviluppato con il contributo di diverse facolta' universitarie (si cita' ad esempio la principale: Dip. di Statistica della Universita' di Vienna) denominato 'R' da un consorzio 'Open Source' (non a fini commerciali) denominato C.R.A.N.

'R' e' un ambiente integrato composto da procedure utilizzate per la manipolazione dei dati, calcolo e visualizzazione grafica. E' stato utilizzato nel presente contesto essendo particolarmente indicato nei casi di manipolazione di dati in matrici, analisi statistica, rappresentazione dei dati in formato grafico; sono comprese inoltre librerie di funzioni avanzate quali quelle utilizzate dai processi di classificazione.

Questo programma e' stato utilizzato per la generazione della matrice delle distanze, per la esecuzione degli algoritmi di classificazione e per la produzione dei grafici di andamento delle specie.

4.4 Ambienti operativi

Il programma applicativo Microsoft Excel® ha costituito l'ambiente base delegato alla archiviazione dei dati campionati. Essendo necessaria la gestione di una quantita' di dati elevata e considerata la variabilita' delle strutture dati nel corso del lavoro al fine di minimizzare i tempi di gestione ed aggiornamento si e' deciso di integrare specifiche procedure software delegate alla esecuzione automatica delle operazioni piu' onerose in termini di tempo.

E' stato utilizzato a tal fine l'ambiente di programmazione VBA (Visual Basic for Application®) integrato in Microsoft Excel® ed in tutti i programmi della suite Microsoft Office®. Le operazioni automatizzate mediante procedure sono le seguenti:

Generazione delle matrici dipendenti dalla matrice base dei dati campionati
Generazione dei file di comando e delle basi dati utilizzate di programma applicativo 'R'.

Generazione delle matrici dipendenti dalla matrice base dei dati campionati

Si e' stabilito che la unica interfaccia con l'operatore e' rappresentata dalla matrice dei dati campionati, costituita da un foglio di calcolo principalmente strutturato come di seguito indicato:

Le colonne della matrice sono associate ai campi relativi alle serie dei livelli campionati, alle serie dei dati campionati relativi alle specie, alle serie dei totali ed alle serie dei dati relativi a specie particolari oppure ad altre forme.

Le righe della matrice sono associate ai campi di definizione delle specie e delle altre forme campionate, ai campi dei dati campionati, ai campi dei totali ed ai parametri di classificazione delle specie.

La applicazione delle procedure di automazione consente la generazione delle seguenti:

Matrice dei dati campionati, espressi in % di presenza
Matrice delle correlazioni tra specie.
Matrice delle correlazioni tra I livelli

Generazione dei file di comando e delle basi dati utilizzate di programma applicativo 'R'.

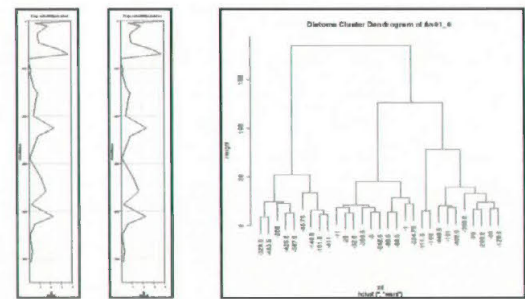
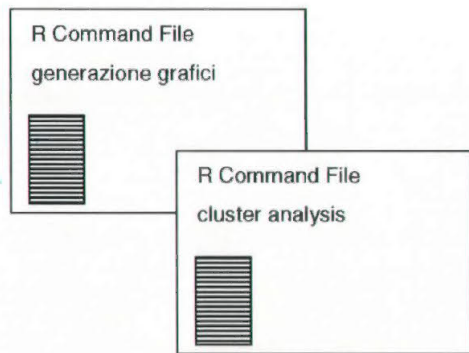
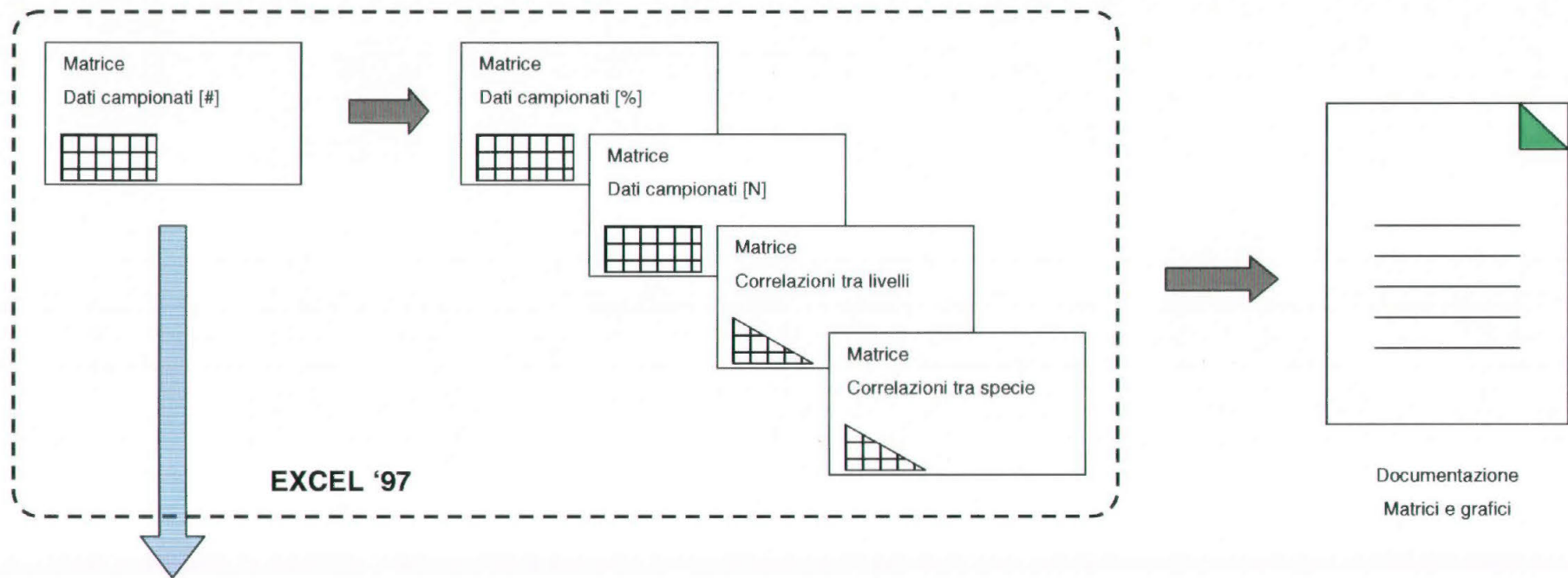
Le procedure di automazione hanno consentito inoltre di compilare i file di comando e le basi dati necessarie al programma applicativo 'R' al quale e' stata delegata la funzione di produzione dei grafici di andamento (segnali di presenza) delle specie e di applicazione degli algoritmi di cluster analysis.

Lo sviluppo di questo ambiente ha rappresentato un utile strumento ed ha consentito di organizzare ed ottimizzare in modo flessibile le procedure di archiviazione su disco dei numerosi files grafici ottenuti dalle diverse carote riducendo al minimo le possibilita' di errore.

Il grafico riportato nella pagina seguente illustra la struttura ed le relazioni definite tra gli ambienti operativi descritti.

Ulteriori procedure in attuale fase di sviluppo consentiranno, integrando le potenzialita' offerte da diversi applicativi (tra i quali Microsoft Excel ed R) la archiviazione dei dati campionati e delle informazioni tassonomiche in un database relazionale.

In tale modo si intende ottimizzare sia la modalita' che il tempo di archiviazione dei dati, standardizzare le procedure di analisi e consentire una flessibile modalita' di accesso alle informazioni disponibili.



Grafici andamento e cluster analysis

5. Descrizione delle carote

5.1 Introduzione

La popolazione biogena silicea presenta caratteristiche diverse in ciascuna carota; in particolare sono stati individuati alcuni livelli nei quali è risultata ricca, diversificata e ben conservata ed altri, (carote ANTA96 5bis e ANTA99 23) nei quali è invece risultata scarsa (talvolta quasi assente), poco diversificata e mal conservata.

Le forme sulle quali è stata prestata la massima attenzione sono le diatomee che hanno fornito un segnale di paleoproduttività relativa (n° valve/transetto) che è stato utilizzato come base per la descrizione delle carote.

Tra le diatomee sono state individuati 27 generi e 63 specie in totale. Di queste ne sono state selezionate alcune, già note dalla bibliografia per il loro valore ecologico, che hanno permesso la suddivisione in associazioni criofile ed oceaniche. Tra tutte le forme riconosciute si è voluto, comunque, tenere da parte alcune di esse (forme significative) dal significato ecologico non chiaro o tuttora discusso e le forme rimaneggiate riconosciute di età Miocene e Plio-Pleistocene (Harwood & Maruyama, 1992; Bohaty et al., 1998). In alcuni casi queste ultime sono risultate presenti in percentuali non trascurabili ma che sono state escluse dal computo per la paleoproduttività relativa pur essendo state considerate rappresentative ai fini statistici (nel conteggio di 300 individui); è stato osservato infatti che escludendole dal conteggio, la rappresentatività del campione non variava in modo significativo.

Si è tenuto conto, per ogni carota, dei risultati offerti dalla **matrice delle correlazioni tra specie** che ha permesso di identificare alcune correlazioni positive o negative tra andamenti di alcune forme. Ciò si è rivelato utile per una attendibile interpretazione specifica (per esempio per l'analisi dell'andamento di *F. obliquocostata*) e per una conferma di dati già noti in bibliografia, relativi a determinati collegamenti tra alcune specie (vedi *Eucampia antarctica* ed *Actinocyclus actinochilus*).

Sono state quindi individuate **associazioni criofile ed oceaniche**, forme rimaneggiate e forme significative con le relative percentuali nell'associazione come indicato nei paragrafi e nelle Tabelle relative alla descrizione di ogni carota.

La rappresentatività del campione è quindi stimata in base al valore percentuale delle forme rimanenti cioè quella parte dell'associazione alla quale, una volta tolte le forme criofile, oceaniche, significative e rimaneggiate, non è stato possibile attribuire nessun valore ecologico e/o paleoclimatico.

Sono stati inoltre tenuti in considerazione alcuni **indici biotici** ritenuti significativi dal punto di vista paleoambientale e paleoclimatico.

Gli indici biotici qui proposti si basano o su rapporti tra taxa ritenuti indicativi di particolari condizioni ambientali o su rapporto tra valve dalla differente morfologia appartenenti allo stesso taxa ma comunque con interessanti implicazioni ambientali.

Per quanto riguarda il Rapporto tra taxa appartenenti al Gruppo *Fragilariopsis*, questo indice è basato sul fatto che i taxa discussi si sono dimostrati utili quali indicatori di particolari situazioni ambientali correlate con la presenza di ghiaccio o determinate caratteristiche della colonna d'acqua.

In particolare *Fragilariopsis curta* è unanimamente considerata una forma criofila, associata quindi al ghiaccio marino ed attualmente dominante in ambienti riferibili alla SI2 sia lungo la colonna d'acqua che nelle associazioni riscontrate nei sedimenti sottostanti (Kellogg & Kellogg, 1986; Leventer & Dunbar, 1987; Leventer, 1992; Leventer et al., 1996; Marino & Cabrini, 1996).

Fragilariopsis kerguelensis invece risulta essere una forma tipica di mare aperto e circolazione oceanica con temperature delle acque preferenzialmente attorno ai 5°C.

F. obliquocostata è una forma criofila dall'interpretazione ancora non chiara. Interpretata come forme di mare aperto da Barcena et al. (1998), e legata ad acque fredde ed ambienti influenzati da condizioni di margine glaciale da Bohaty et al. (1998). E' stata osservata in fioriture microalgali di sub-ice sotto al fast ice costale (Watanabe, 1988) ma Cunningham et al. (1999) la registrano come associata a condizioni di mare aperto.

Gersonde & Zielinski (2000) interpretano percentuali maggiori del 3% di *F. obliquocostata* nel sedimento (associata a basso tasso di sedimentazione e presenza di *F. curta* e *F. cylindrus*) come indicatrice di presenza di ghiaccio marino estivo (cioè copertura perenne o semipermanente).

Rapporto *Fragilariopsis curta*/*Fragilariopsis obliquocostata*

E' evidente che il significato di questo rapporto può variare considerevolmente in funzione dell'interpretazione scelta per *F. obliquocostata* (vedi scheda tassonomica). Questa forma può essere considerata infatti come forma di mare aperto (sensu Cunningham & Leventer, 1998) oppure indicatrice di ghiaccio marino estivo

(sensu Gersonde & Zielinski, 2000).

Considerando *F. curta* forma tipica di ghiaccio marino prevalentemente invernale e correlata alle fluttuazioni stagionali del margine glaciale e *F. obliquecostata* correlata a presenza di ghiaccio marino anche estivo, quindi a copertura stagionale semiperenne, secondo l'interpretazione di Gersonde & Zielinski (2000), il rapporto stratigrafico tra le due forme potrebbe avere un significato paleoambientale riferibile alle variabili condizioni stagionali di copertura da ghiaccio marino prevalentemente invernale, con apertura stagionale completa (prevalente *F. curta*) oppure di copertura permanente o semipermanente, con presenza di ghiaccio anche estivo (prevalenza di *F. obliquecostata*).

Rapporto *Fragilariopsis curta*/*Fragilariopsis kerguelensis*

Nelle carote esaminate questo rapporto è stato assunto come indicativo di cambiamenti ambientali riferibili a condizioni di copertura glaciale marina o influssi da parte di circolazione oceanica legata al Fronte Polare; ciò a seconda del prevalere della forma criofila *F. curta* o della forma oceanica *F. kerguelensis*.

Variazioni nell'abbondanza relativa di *F. curta* e *F. kerguelensis* sono state usate, infatti, come traccianti stratigrafici relativi al ritiro olocenico dell'Ice Sheet dalla piattaforma (sensu Leventer, 1992).

Eucampia Index:

Kaczmarek et al. (1993) hanno proposto, in uno studio sul Kerguelen Plateau, un nuovo strumento paleoambientale per tracciare l'estensione della copertura glaciale (ODP Leg 119) durante il tardo Pleistocene.

Tale strumento, chiamato *Eucampia* Index, è basato sul rapporto tra valve terminali e valve intercalari delle colonie invernali.

Tale rapporto calcolato su materiale fossile sarebbe indicativo della lunghezza delle colonie e del tasso di copertura glaciale.

Nel loro studio Kaczmarek et al. mettono in luce la corrispondenza tra la frequenza di oscillazione dell'*E. Index* e quella dell'obliquità (= perturbazione planetaria con forti ricadute sul tasso di radiazione solare, condizionante anche il sistema idrografico particolarmente sensibile alle alte latitudini) della Terra durante il Brunhes.

L'applicazione di questo indice biotico è del tutto sperimentale in quanto mancano tuttora studi di approfondimento e di comparazione anche in luce del fatto che finora nessuno ha mai indagato se in sedimenti attuali viene conservato tale rapporto (Armand, com. personale, 2001) e la stessa specie, pur essendosi dimostrata un valido strumento biostratigrafico sotto diversi aspetti (Burckle, com. personale, 1999), presenta ancora delle problematiche tassonomiche ed interpretative irrisolte (vedi scheda tassonomica).

Oltre alle diatomee, è stata posta attenzione anche su forme caratteristiche della deposizione biosilicea oceanica e/o antartica quali: radiolari, silicoflagellati, archeomonadi, forma indeterminata (cf. Bolboforma), spicole di spugna, Parmales e vetro vulcanico.

Di queste forme è stata fatta al LM o una stima semiquantitativa o nota di presenza. Per ulteriori approfondimenti si rimanda alle schede tassonomiche in Appendice.

Stima semiquantitativa forme silicee:

ABBONDANTI	> 40 esemplari per transetto
COMUNI	tra 40 e 20 esemplari per transetto
FREQUENTI	tra 20 e 10 esemplari per transetto
RARE	< 10 esemplari per transetto

In ultima analisi, la descrizione di ogni carota è corredata da:

- Tabella con altre forme e stime semiquantitative;
- grafico relativo al n° di esemplari contati / n° di tanettoni al quale viene attribuito un significato di 'segnale di paleoproduttività relativa' legata alla produttività della colonna d'acqua sovrastante il sito di prelievo del sedimento in un determinato periodo di tempo;
- Tabelle con la lista floristica (generi e specie riconosciute) con i conteggi totali e Tabella con i conteggi in percentuale;
- Tabella con le associazioni e Tabella con la rappresentatività delle popolazioni;
- Grafico degli andamenti delle associazioni;
- Matrice di correlazione tra le specie;

- Diagramma di Cluster Analysis;
- Tabella delle associazioni riferite ai clusters;
- Profili relativi di paleoproduttività comparata con la distribuzione dei clusters;
- Indici biotici.

5.2 Carota ANTA96 5bis

5.2.1 Descrizione della carota

Dall'andamento della curva della paleoproduttività (Figg. 5.2.0. e 5.2.1.) si possono distinguere tre livelli:

- 1 - livello inferiore (da 630 cm a 441 cm)
- 2 - livello medio sterile (da 441 cm a 198 cm)
- 3 - livello medio scarso (da 198 cm a 80 cm)
- 4 - livello superiore (da 80 cm alla superficie).

Dalla base della carota fino al campione 441-443 cm (livello 1) si ha una paleoproduttività rappresentata da un andamento medio di circa 100-130 esemplari a transetto con limitate oscillazioni, quindi piuttosto bassa ma stabile.

Il livello medio sterile (livello 2) comprende una serie di campioni sterili, per i quali non si è proceduto ai conteggi statistici, ed un campione statisticamente significativo (383-385 cm) per il quale è stato invece possibile effettuare il conteggio di 300 individui.

Il livello medio scarso (livello 3 da 198-200 cm a 80-82 cm) presenta, ad una stima semiquantitativa, una maggior presenza di frustuli di diatomee (considerata comunque statisticamente non significativa) ed un campione significativo (relativo al campione 129-131 cm), per il quale si è proceduto al conteggi o statistico.

Questi due campioni significativi, relativi ai livelli medi sterile e scarso, hanno confermato una paleoproduttività relativa molto bassa restando a valori inferiori a 100 esemplari per transetto.

Il livello sommitale (livello 4) presenta invece un brusco aumento della paleoproduttività relativa con valori medi superiori ai 250 esemplari per transetto ed un valore massimo, relativo al campione 20-22 cm, che supera 550 esemplari/transetto.

Le paleoflore riscontrate in questa carota sono rappresentate da 57 specie appartenenti a 22 generi (Figg.: 5.2.2, 5.2.3. e 5.2.4):

Tali specie sono state poi suddivise nei seguenti gruppi (Fig. 5.2.5.):

- associazione criofila
- associazione oceaniche
- gruppo forme rimaneggiate
- gruppo forme significative

La rappresentatività delle associazioni (Fig. 5.2.6.) rispetto le forme rimanenti è generalmente buona, soprattutto nei campioni superficiali dove si hanno valori percentuali di forme rimanenti dell'1.6%.

Anche i due campioni significativi relativi al livello medio (383-385 cm e 129-131 cm) presentano un buon grado di significatività (circa 6-10%), mentre nel livello inferiore le forme rimanenti acquistano maggior peso sulle associazioni con valori del 17-20%.

Dall'analisi delle associazioni relative alla carota ANTA96 5bis (Figg. 5.2.7a e 5.2.7b), si può notare come le associazioni criofile, oceaniche e significative sono rappresentate in maniera non uniforme.

Il livello inferiore presenta percentuali di presenza di forme criofile (principalmente Genere *Fragilariopsis*) ed oceaniche (principalmente Genere *Thalassiosira* e Gruppo *Thalassiothrix*) nettamente inferiori alle forme rimaneggiate. Queste raggiungono percentuali attorno al 30% e sono rappresentate principalmente da *Denticulopsis cf. hyalina*, *Denticulopsis maccollumii* ed *Actinocyclus ingens*.

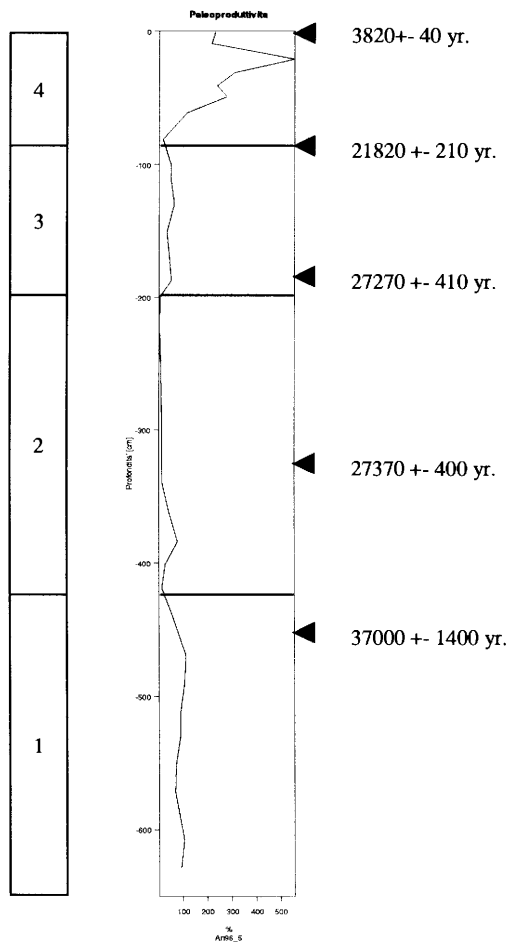
Ben rappresentate risultano le specie appartenenti al gruppo delle forme significative; in particolare sono da notare *Paralia sulcata*, *Xanthiopyxis* e spore di *Chaetoceros* che si alternano nella dominanza accompagnate da basse presenze di forme criofile (*F. obliquocostata* e *F. sublinearis*, soprattutto nei campioni inferiori) e forme oceaniche (Gruppo *Thalassiothrix long.antar.*, *Thalassiosira gracilis* e *T. lentiginosa*).

Nei livelli medio sterile e scarso (2 e 3), le associazioni non sono state ritenute rappresentative ai fini statistici ma è stata comunque effettuata una stima semiquantitativa.

Dal campione 400-402 cm a 80-82 cm, si può notare quindi una diminuzione della popolazione a diatomee

PROFONDITA' (cm)	Radiolari	Silicoflagellati	Archeomonadi	Pteroteche	Spicole	Vetro vulcanico
0-2	RR	F	F	-	C	RR
8-10	RR	C	R	X	C	C
20-22	-	F	F	-	C	R
30-32	RR	R	F	-	C	-
40-42	R	R	F	-	C	R
48-50	RR	R	F	-	F	F
60-62	-	RR	F	X	F	R
80-82	RR	-	R	-	U	-
100-102	-	-	F	X	U	-
110-112	-	RR	F	X	U	R
129-131	RR	-	R	-	C	F
150-152	R	RR	F	-	C	R
168-170	R	-	R	-	F	-
186-189 A	-	-	R	-	C	RR
198-200	RR	-	F	X	U	-
220-221	-	-	R	-	U	RR
239-241	RR	-	R	-	U	RR
259-262	-	-	R	X	U	R
277-280	-	-	R	X	U	RR
298-300	-	-	R	-	U	-
320-322	-	-	R	-	U	-
339-342	-	-	R	X	U	C
360-362	-	-	F	X	F	-
383-385	RR	R	F	X	F	RR
400-402	RR	-	R	-	C	A
418.5-419.5	-	-	R	-	U	F
441-443	R	RR	C	X	U	R
468-471	C	-	A	X	F	RR
489-492	RR	-	C	X	U	-
510-513	RR	RR	C	X	F	RR
528-530	R		A	XX	C	RR
549-552	RR	-	C	X	C	RR
570-573	RR	RR	C	X	F	-
606-609	F	-	C	X	C	-
627-630	R	RR	C	X	C	R

Fig. 5.2.0. - Carota ANTA 96 5bis - Tabella altre forme silicee e stime semiquantitative



ANTA96 5bis

Fig. 5.2.1 Segnale di paleoproduttività relativa ANTA96 5bis

NOTA: Le datazioni sono tratte da Salvi M.C., 2000.

Fig. 5.2.2 Tabella lista floristica ANTA96 5bis

Actinocyclus actinochilus
Actinoptycus senarius
Actinocyclus ehrebergii
Actinocyclus ingens
Actinocyclus karsteni
Aster. heptactis
Aster.cf. hooteri
Aster. parvulus
Chaetoceros sp.
Chaetoceros spore
Choretron criophilum
Cocconeis cf. costatum
Coscinodiscus sp.
Coscinodiscus oculusiridis
Dactyliosolen antarcticus
Denticulopsis hyalina
Denticulopsis sp.
Denticulopsis cf. hustedtil
Denticulopsis maccollumii
Eucampia antarctica
Fragilariopsis cf. turgiduloides
Fragilariopsis angulata
Fragilariopsis cylindrus
Fragilariopsis curta
Fragilariopsis kerguelensis
Fragilariopsis obliquecostata
Fragilariopsis cf. peragalli
Fragilariopsis sublinearis
Fragilariopsis cf. seriata
Paralia sulcata
Gen. sp. indeterminata
Porosira pseudodenticulata
Proboscia alata
Rhizosolenia barboi
Rhizosolenia stilyformis
Rhizosolenia hebetata
Rhizosolenia hebetata morf. bidens
Rouxia antarctica
Stellarima microtrias
Stephanopyxis sp.
Stephanopyxis grunowii
Stephanopyxis turris
Thalassiosira antarctica
Thalassiosira eccentrica
Thalassiosira cf. prelineata
Thalassiosira fasciculata
Thalassiosira gracilis
Thalassiosira cf. inura
Thalassiosira lentiginosa
Thalassiosira oestrupii
Thalassiosira oliverana
Thalassiosira ritscheri
Thalassiosira tumida
Gruppo Thalassiothrix longissima/antarctica
Trinacria excavata
Trinacria pileolus
Xanthiopyxis

PROFONDITA' media (cm)	CRIOFILE								OCEANICHE										RIMANEGGIAE										FORME SIGNIFICATIVE										
	<i>Choretron criophilum</i>	<i>Fragilaropsis angulata</i>	<i>Fragilaropsis cylindrus</i>	<i>Fragilaropsis curta</i>	<i>Fragilaropsis obliquecostata</i>	<i>Fragilaropsis sublinearis</i>	<i>Porosira pseudodenticulata</i>	<i>Coscinodiscus oculisirdis</i>	<i>Fragilaropsis kerguelensis</i>	<i>Proboscia alata</i>	<i>Rhizosolenia barboi</i>	<i>Rhizosolenia siliiformis</i>	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	<i>Rhiz. hebetata</i> morf. <i>bidentis</i>	<i>Stellarima microtrias</i>	<i>Thalassiosira gracilis</i>	<i>Thalassiosira laniginosa</i>	<i>Thalassiothrix longissima</i>	<i>Actinocyclus ingens</i>	<i>Denticulopsis hyalina</i>	<i>Denticulopsis</i> sp.	<i>Denticulopsis cf. hustedtii</i>	<i>Denticulopsis maccollumii</i>	<i>Rouxia antarctica</i>	<i>Stephanopyxis</i> sp.	<i>Stephanopyxis grunowii</i>	<i>Stephanopyxis turris</i>	<i>Thalassiosira cf. inura</i>	<i>Trinacria excavata</i>	<i>Trinacria pileolus</i>	<i>Act. actinochilus</i>	<i>Chaetoceros</i> sp.	<i>Chaetoceros</i> spore	<i>Euampila antarctica</i>	<i>Paralia sulcata</i>	<i>Thalassiosira antarctica</i>	Gruppo <i>Thalassiothrix longiant.</i>	<i>Xantillopsis</i>	
1.00	1.13	3.12	3.40	13.31	21.81	7.37	3.12	0.00	0.85	0.00	0.28	0.00	0.57	0.00	0.28	3.40	2.55	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.28	0.28	0.00	0.28	1.13	0.00	15.30	13.03	1.98	0.00	0.85	1.13	
9.00	0.68	1.14	5.01	12.76	14.58	3.64	0.46	0.00	2.05	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	1.82	2.05	2.86	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.46	0.46	0.23	19.13	18.22	4.78	0.00	2.96	0.91			
21.00	0.00	1.95	0.18	29.43	18.97	3.01	0.35	0.00	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.77	0.18	4.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.53	0.00	1.06	0.00	12.77	14.54	1.42	0.00	4.43	0.18			
31.00	0.00	0.78	2.18	16.02	18.04	5.91	0.93	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	2.64	0.93	3.11	0.16	1.09	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.16	0.31	0.62	0.00	1.09	0.00	24.11	9.18	4.35	0.00	3.11	1.40		
41.00	1.02	0.41	0.41	18.90	17.68	7.72	1.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.00	0.00	2.24	0.61	0.81	0.41	0.41	0.00	0.00	0.20	0.00	0.61	0.41	0.41	1.42	0.00	23.58	8.94	5.08	0.00	0.81	0.20				
49.00	0.45	0.00	0.45	4.25	23.94	10.96	0.45	0.67	0.22	0.00	0.45	0.00	0.22	0.00	0.00	0.45	1.57	0.22	0.89	0.89	0.00	0.67	0.00	0.00	0.22	2.01	0.45	0.22	2.46	0.00	19.02	13.87	8.05	0.00	0.22	0.89			
61.00	0.00	0.00	0.00	14.34	9.49	6.87	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	0.00	0.81	0.81	1.01	2.02	0.61	1.01	0.00	0.00	1.01	0.61	0.00	0.81	0.81	0.00	0.81	1.21	36.36	4.04	8.89	0.00	2.02	3.64			
81.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.17	0.00	0.00	2.17	0.00	15.22	4.35	0.00	0.00	2.17	8.70	6.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.17	4.35	0.00	0.00	6.52	10.87	0.00	26.09	0.00	8.70	2.17			
101.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60	3.90	0.00	0.00	0.00	3.25	14.29	0.00	1.30	0.00	0.65	3.90	1.95	0.00	1.30	0.00	0.65	0.65	0.65	0.00	12.34	15.58	0.00	16.23	0.00	14.29	11.04	
111.00	0.00	0.00	0.00	0.57	3.98	2.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	1.70	0.00	0.00	0.00	5.68	0.57	5.11	1.70	0.57	1.14	0.57	0.00	0.00	0.57	1.14	0.00	1.14	1.14	0.57	0.57	14.20	6.25	35.23	0.00	0.57	10.23	
130.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.47	2.20	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00	0.28	0.83	0.00	0.00	0.00	3.58	0.28	1.93	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	2.75	1.10	0.83	0.55	2.48	2.20	12.12	32.51	14.88	0.00	0.28	4.68		
151.00	0.75	0.00	0.00	0.00	4.48	3.73	0.75	1.49	0.00	0.00	0.75	1.49	0.00	0.00	0.00	0.75	7.46	0.00	1.49	5.97	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	2.99	0.75	0.75	3.73	0.00	7.46	5.97	36.57	0.00	0.00	5.97			
169.00	0.00	0.61	0.00	0.61	3.05	0.00	0.61	0.00	0.61	0.00	1.83	0.00	0.00	0.00	0.61	4.27	0.00	0.00	3.66	0.00	1.83	0.00	0.61	0.00	0.00	6.10	2.44	1.22	0.61	2.44	0.00	18.29	4.27	35.37	0.00	0.00	2.44		
187.50	0.00	0.00	0.00	1.15	8.05	1.72	0.00	0.00	2.30	0.00	1.72	1.72	1.72	0.00	1.72	1.15	1.15	2.87	0.57	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.72	1.72	0.57	0.57	6.32	16.09	15.52	15.52	0.00	2.87	6.32			
199.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.23	3.23	0.00	0.00	0.00	0.00	3.23	3.23	0.00	0.00	0.00	6.45	6.45	0.00	0.00	3.23	3.23	0.00	0.00	3.23	0.00	29.03	0.00	29.03	0.00	3.23	0.00		
220.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	50.00	0.00	50.00	
240.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	75.00	0.00	0.00	25.00	0.00	25.00	
260.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.64	0.00	0.00	0.00	0.00	4.55	4.55	4.55	0.00	0.00	0.00	13.64	4.55	22.73	0.00	0.00	0.00	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.55	13.64	0.00	0.00	13.64	9.09	0.00	9.09	
278.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.23	0.00	3.23	16.13	0.00	0.00	0.00	0.00	6.45	0.00	0.00	0.00	0.00	6.45	0.00	0.00	3.23	0.00	0.00	3.23	3.23	0.00	3.23	22.58	0.00	19.35	0.00	6.45	6.45	
299.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.57	0.00	0.00	21.43	0.00	21.43	
321.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	83.33	0.00	0.00	16.67	0.00	16.67	
340.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.00	0.00	0.00	10.00	0.00	10.00	
361.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.52	0.00	0.00	34.48	0.00	34.48	
384.00	0.00	0.00	0.00	0.26	1.32	3.17	0.00	0.79	0.00	0.00	1.85	0.79	1.06	0.26	0.53	1.06	6.08	2.12	2.65	0.26	0.26	1.06	0.00	0.00	0.00	5.29	1.85	0.53	1.06	1.32	2.38	9.79	2.38	38.36	0.53	2.12	1.85	0.53	1.85
401.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	92.59	0.00	0.00	7.41	0.00	7.41	
419.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.00	0.00	0.00	40.00	0.00	40.00	
442.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.57	0.26	0.52	1.57	0.00	0.00	0.00	2.35	1.83	0.00	0.52	0.78	1.04	1.57	9.92	14.36	0.00	0.00	5.48	0.00	0.00	0.52	1.31	0.52	1.04	1.83	0.00	2.61	20.89	0.00	13.84	0.00	1.57	10.44	
469.50	0.00	0.00	0.00	0.29	0.86	0.00	1.44	1.72	0.00	0.00	0.29	1.44	2.87	0.00	0.57	0.86	1.44	1.72	6.90	14.37	0.00	1.15	5.75	0.29	0.00	1.15	0.00	1.15	2.01	0.29	10.34	11.78	0.00	9.20	0.00	1.72	17.24		
490.50	0.00	0.00	0.00	0.30	4.73	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	2.07	2.07	0.00	1.48	0.00	3.55	3.85	0.00	7.10	0.00	4.44	8.58	0.00	0.59	0.30	0.00	2.07	0.59	0.00	7.40	12.72	0.00	11.54	0.00	3.85	14.20		
511.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	5.01	1.85	3.17	0.00	0.00	0.26	1.06	0.79	0.00	2.90	0.00	4.49	1.85	6.33	8.97	0.00	1.85	6.07	0.00	0.00	0.26	0.79	0.00	1.32	1.32	0.00	8.18	8.97	0.53	14.51	0.00	1.85	11.87	
529.00	0.00	0.27	0.00	0.00	2.97	0.00	0.00	0.81	0.00	0.54	0.00	1.08	2.70	0.00	0.00	0.00	2.70	8.11	7.84	6.76	0.00	0.54	5.95	0.00	0.00	1.35	0.27	0.54	0.81	1.35	0.27	7.57	17.84	1.08	13.51	0.00	8.11	12.97	
550.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.78	3.79	1.26	0.76	0.00	1.77	0.00	1.77	0.00	1.52	1.52	0.00	2.02	1.52	4.04	7.83	0.00	2.78	6.57	0.00	0.51	1.26	0.00	1.26	1.01	0.00	18.43	8.08	1.01	11.87	0.25	1.52	11.87		
571.50	0.00	0.00	0.00	0.00	4.20	1.50	0.60	1.80	0.00	0.30	0.00	2.40	0.90	0.00	1.80	0.00	3.60	1.20	6.91	10.51	0.00	0.00	11.11	0.30	0.00	0.60	0.30	0.30	2.										

PROFONDITA' media (cm)	FORME CRIOFILIE	FORME CRIOFILIE (%)	FORME OCEANICHE	FORMA OCEANICHE (%)	FORME RIMANEGGIATE	FORMA RIMANEGGIATE (%)	FORME SIGNIFICATIVE	FORME SIGNIFICATIVE (%)	FORME RIMANENTI	FORME RIMANENTI %
1.00	191	54.11	27	7.65	9	2.55	114	32.29	12	3.40
9.00	174	39.64	28	6.38	7	1.59	201	45.79	29	6.61
21.00	323	57.27	21	3.72	6	1.06	193	34.22	21	3.72
31.00	300	46.66	28	4.35	17	2.64	269	41.84	29	4.51
41.00	258	52.44	16	3.25	15	3.05	196	39.84	7	1.42
49.00	190	42.51	14	3.13	28	6.26	195	43.62	20	4.47
61.00	164	33.13	16	3.23	28	5.66	264	53.33	23	4.65
81.00	1	2.17	11	23.91	6	13.04	24	52.17	4	8.70
101.00	4	2.60	15	9.74	17	11.04	90	58.44	28	18.18
111.00	13	7.39	14	7.95	23	13.07	101	57.39	25	14.20
130.00	50	13.77	20	5.51	37	10.19	234	64.46	22	6.06
151.00	13	9.70	15	11.19	24	17.91	72	53.73	10	7.46
169.00	8	4.88	9	5.49	37	22.56	99	60.37	11	6.71
187.50	19	10.92	17	9.77	17	9.77	99	56.90	22	12.64
199.00	0	0.00	2	6.45	8	25.81	19	61.29	2	6.45
220.50	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	50.00	1	50.00
240.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	3	75.00	1	25.00
260.50	3	13.64	2	9.09	8	36.36	7	31.82	2	9.09
278.50	0	0.00	7	22.58	5	16.13	16	51.61	3	9.68
299.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	11	78.57	3	21.43
321.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	10	83.33	2	16.67
340.50	0	0.00	0	0.00	0	0.00	9	90.00	1	10.00
361.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	19	65.52	10	34.48
384.00	27	7.14	40	10.58	63	16.67	215	56.88	33	8.73
401.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	25	92.59	2	7.41
419.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	9	60.00	6	40.00
442.00	16	4.18	31	8.09	134	34.99	149	38.90	53	13.84
469.50	12	3.45	31	8.91	117	33.62	116	33.33	72	20.69
490.50	24	7.10	31	9.17	102	30.18	120	35.50	61	18.05
511.50	40	10.55	47	12.40	103	27.18	129	34.04	60	15.83
529.00	13	3.51	29	7.84	94	25.41	179	48.38	55	14.86
550.50	38	9.60	37	9.34	100	25.25	163	41.16	58	14.65
571.50	27	8.11	36	10.81	115	34.53	98	29.43	57	17.12
607.50	43	10.00	55	12.79	114	26.51	169	39.30	49	11.40
628.50	47	11.49	36	8.80	143	34.96	118	28.85	65	15.89

Fig. 5.2.6. - Carota ANTA 96 5bis - Rappresentativita' delle associazioni a diatomee

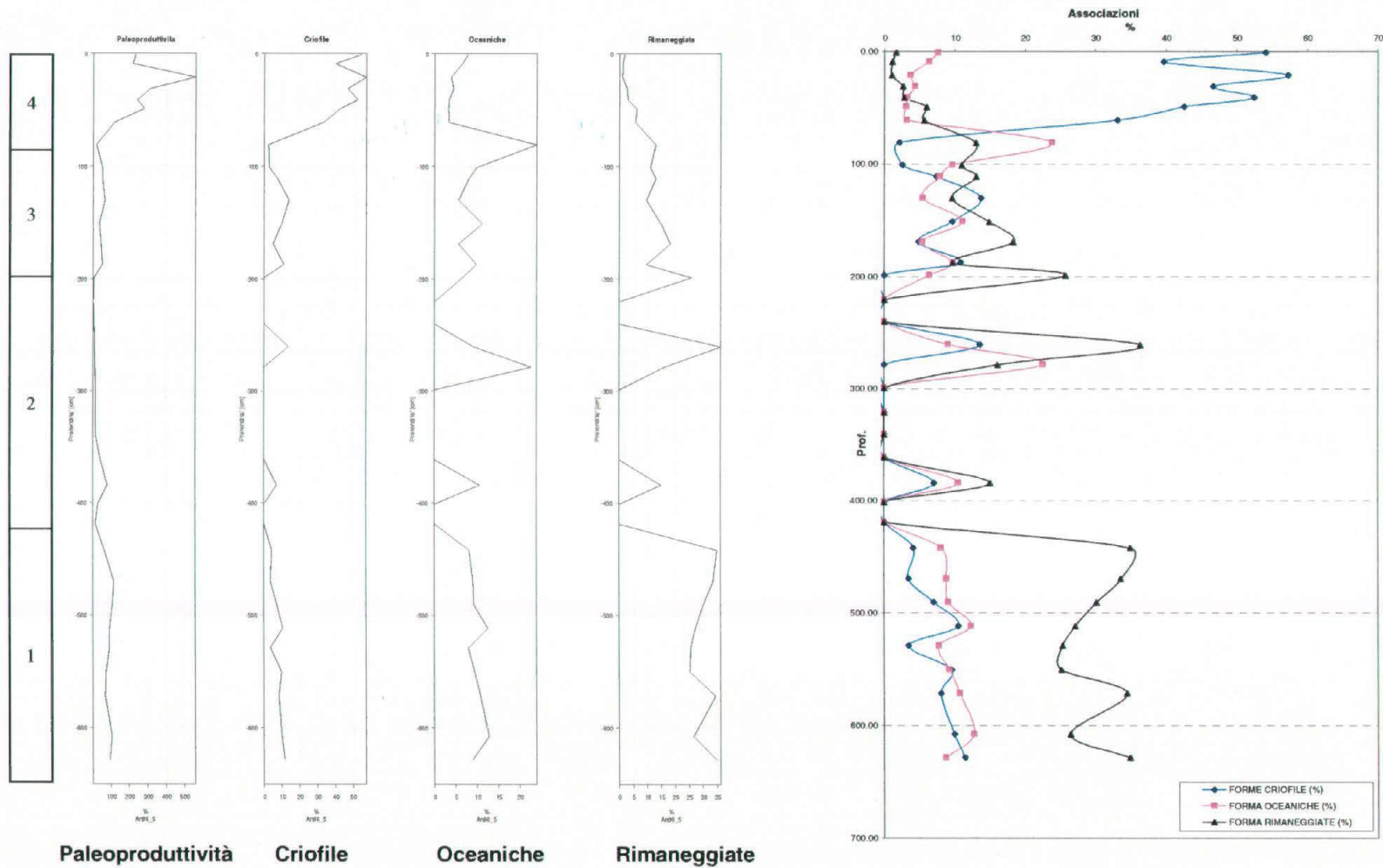


Fig. 5.2.7a Associazioni ANTA96 5bis

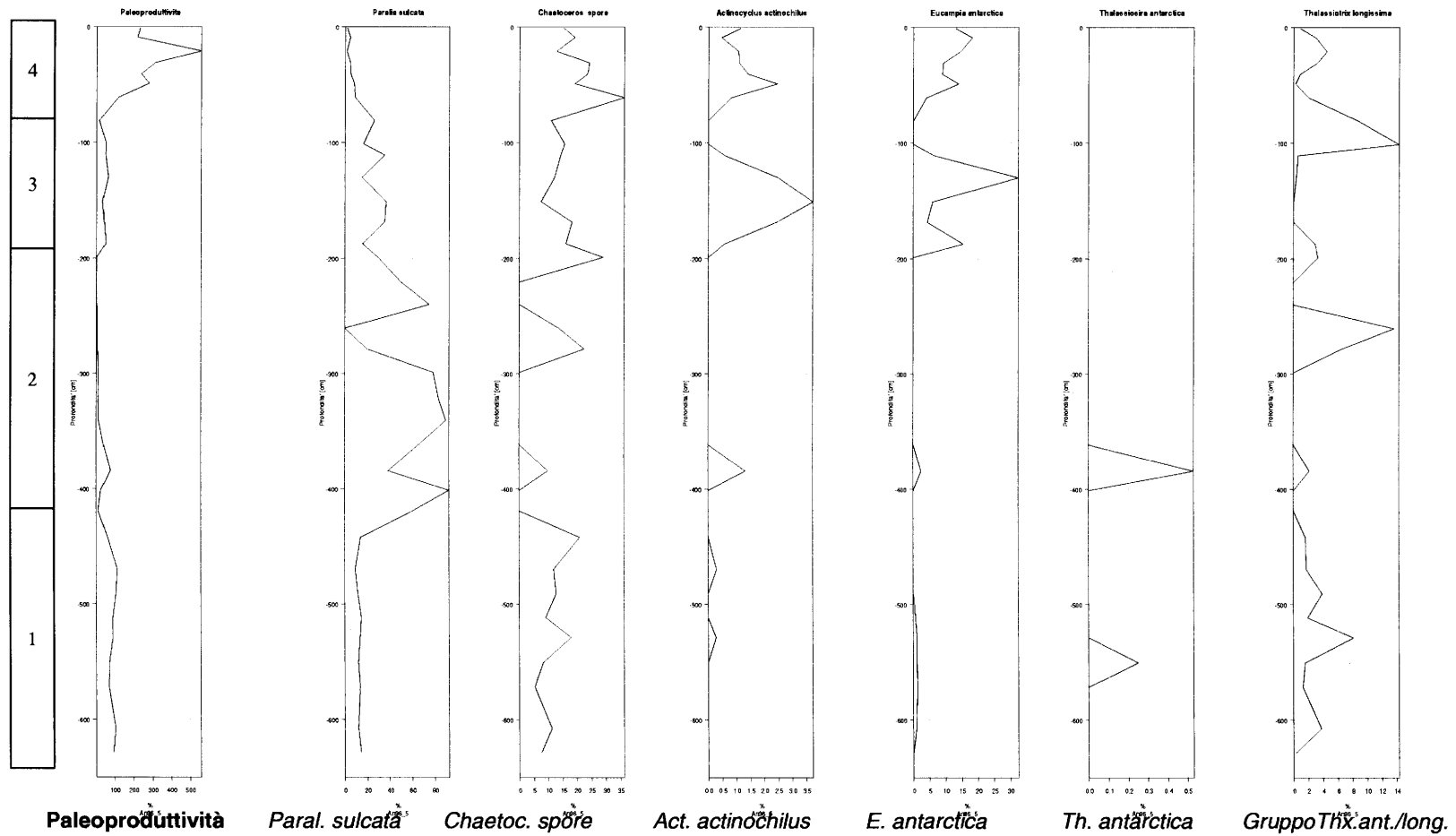


Fig. 5.2.7b Associazioni ANTA96 5bis (forme significative)

con campioni sterili/scarsi nei quali è stata rilevata una maggiore presenza di forme robuste quali *Paralia sulcata* e *Xanthiopyxis*.

Il campione significativo relativo ai cm 383-385 ha mostrato una ripresa della rappresentatività delle associazioni con una dominanza di *P. sulcata* seguita, con percentuali molto inferiori, da spore di *Chaetoceros*, *T. lentiginosa* e *F. sublinearis*.

In generale nel livello sterile è stata notata la presenza di qualche forma soprattutto rimaneggiata o robusta e fortemente silicizzata (*P. sulcata*, *E. antarctica* e *Chaetoceros* spore, Gruppo *Thalassiothrix long/ant.*, qualche forma oceanica e praticamente assenti le forme criofile.

Il livello 129-131 cm torna ad essere statisticamente significativo con la netta dominanza di *Eucampia antarctica* con *P. sulcata* e *Chaetoceros* spore; tra le forme oceaniche è modestamente rappresentata *Th. lentiginosa* e mentre tra le forme criofile *F. obliquecostata* presenta il valore percentuale più alto (10.47%) raggiunto fino a questo livello.

Nel livello superiore (4) si possono notare gli andamenti percentuali soprattutto per le forme criofile; queste infatti raggiungono percentuali di presenza pari a quasi il 30%.

Dal campione 60-62 cm fino al campione più superficiale della carota si assiste ad un netto recupero della rappresentatività dei campioni con sedimenti ricchi in microflora silicea ed associazioni nettamente dominate da forme criofile piuttosto che oceaniche.

All'interno del gruppo delle forme criofile si può mettere in evidenza una alternanza nella dominanza fra *F. obliquecostata* e *F. curta*, risultano sempre ben rappresentate tutte le altre forme criofile.

Vi è una bassa ma costante presenza di alcune specie oceaniche (*Th. gracilis*, *Th. lentiginosa* e Gruppo *Thalassiothrix*), mentre le forme rimaneggiate praticamente si annullano.

5.2.3 Analisi della matrice delle correlazioni tra le specie

Dall'analisi della matrice delle correlazioni tra le specie della carota ANTA96 5bis è emerso che (Fig. 5.2.8):

- Actinocyclus ingens* è ben correlato con le altre forme rimaneggiate;
- Asteronphalus heptactis* è positivamente correlato con *F. angulata* e *F. cylindrus*;
- Chaetoceros* sp. è positivamente correlato con *Denticulopsis maccollumii*;
- Coscinodiscus oculsiridis* è positivamente correlato con *Stellarima microtrias*;
- Dactyliosolen antarcticus* è abbastanza ben correlato con *Rhizosolenia styliformis*;
- Eucampia antarctica* è positivamente correlata con *F. kerguelensis* e *F. obliquecostata*;
- F. angulata* è positivamente correlato con *Th. gracilis* ed è abbastanza ben correlata con le altre *F. spp.*;
- F. curta* è positivamente correlata con *F. obliquecostata* e *Th. gracilis*;
- F. obliquecostata* è positivamente correlata con le altre *F. spp.*, Gen. sp. indet. e *Th. gracilis* ed è negativamente correlata con *Paralia sulcata* e *Xanthiopyxis*;
- Paralia sulcata* è negativamente correlata con *Chaetoceros* spore e Gen. sp. indet.;
- Th. antarctica* è abbastanza ben correlata con *Stephanopyxis turris*.

5.2.4 Cluster Analysis

Premessa:

La cluster analysis (Figg. 5.2.9; 5.2.10) è stata effettuata sulla tabella dei dati in completo, compresi quelli relativi ai campioni statisticamente non significativi, che però in ultima analisi hanno rivelato l'esistenza di due clusters differenti e potenzialmente significativi (Cluster 1 e Cluster 4).

La Cluster Analysis ha confermato la suddivisione fatta in base alla paleoproduttività con l'individuazione di quattro livelli ben evidenti (Fig. 5.2.9; 5.2.10).

CLUSTER 1:

Caratterizzato da campioni praticamente sterili nei quali è stata rilevata esclusivamente la presenza di *Paralia sulcata* e *Xanthiopyxis*.

CLUSTER 2:

Caratterizzato dalla presenza di buone percentuali di criofile con *F. curta* (29.4-4.2%), *F. obliquecostata* (23.9-9.4%) e *F. sublinearis* (10.9-3.0%); rilevanti anche le percentuali di presenza di alcune forme significative, in particolare *Chaetoceros* spore (36.3-12.7%)

Basse (quasi nulle) percentuali di oceaniche con *F. kerguelensis* in percentuali inferiori al 2% assieme a *Thalassiosira gracilis* (max 3.4%), *Th. lentiginosa* (max 2.5%) ed il Gruppo *Thalassiothrix* (max 4.4%).

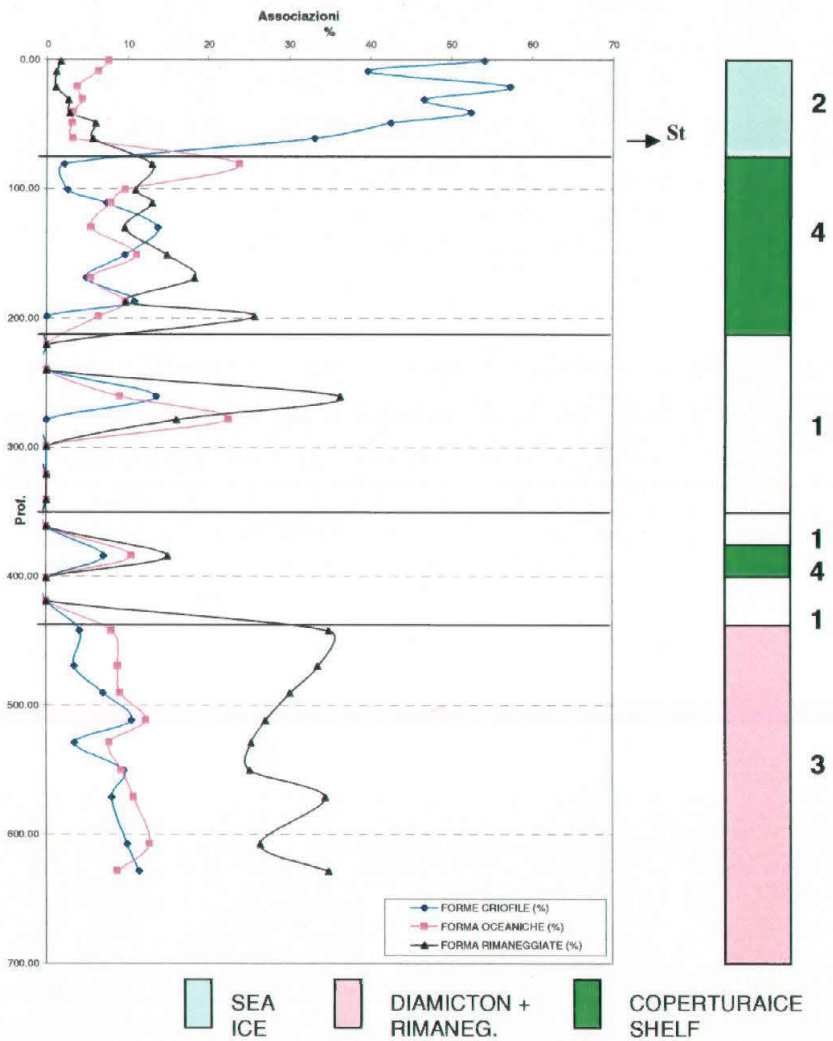
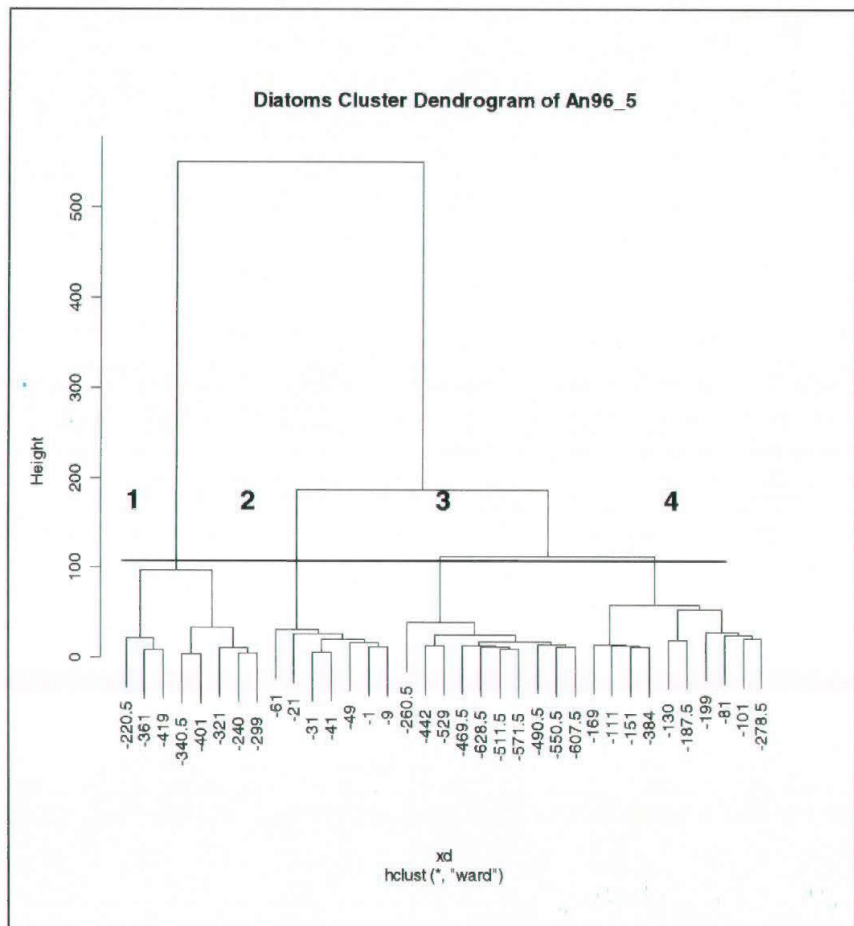


Fig. 5.2.10 Diagramma Cluster Analysis e Clusters lungo la carota ANTA96 5bis

CLUSTER 3:

Caratterizzato da percentuali di presenza minori per le criofile soprattutto *F. obliquecostata* (7.2-0.0%) e *F. sublinearis* (13.6-0.0%) con *F. curta* praticamente assente.

Per quanto riguarda le oceaniche, invece, si nota un leggero aumento soprattutto con *Th. lentiginosa* (max 4.5) e *Rhizosolenia* spp. (max 4.5%); da notare la totale assenza di *F. kerguelensis*.

Tra le forme significative si distinguono le percentuali di *Chaetoceros* spore (20.9-5.1%) e *Chaet.* sp. (18.4-2.6%). *Paralia sulcata* presenta delle percentuali comprese tra 14.5 e 0.0% (con una media piuttosto alta) assieme a *Xantypixis* (17.2-9.0%).

In questo cluster vanno a confluire tutti i campioni caratterizzati da un'alta percentuale di forme rimaneggiate (rappresentate principalmente da *Denticulopsis* cf. *hyalina* e *Denticulopsis maccollumii*).

CLUSTER 4:

Caratterizzato da campioni considerati sterili/scarsi caratterizzati, ad una stima semiquantitativa, dalla buona presenza di forme significative (soprattutto di *P. sulcata*, *E. antarctica* e *Chaetoceros* spore).

5.2.5 Considerazioni ambientali sulla Cluster Analysis

In base alla Cluster Analysis è stato possibile riconoscere all'interno della suddivisione in livelli basata esclusivamente sulla curva della paleoproduttività relativa, ulteriori livelli (Fig. 5.2.10).

E' stata notata una buona corrispondenza tra i livelli individuati in base al segnale di paleoproduttività, la distribuzione dei clusters e le unità (a, b, c, d ed e) individuate su base sedimentologica e geochimica. Quindi, per una valida interpretazione, ci si è basati anche sui dati sedimentologici relativi a questa carota già pubblicati da Salvi (1999; 2000).

CLUSTER 1: Sedimento glaciomarino sterile con presenza sporadica di *Paralia sulcata* e *Xanthiopyxis*;

CLUSTER 2: Siliceous Mud Ooze di alta paleoproduttività caratterizzato da associazione criofila di ghiaccio marino rappresentata da spore di *Chaetoceros* e *F. curta*;

CLUSTER 3: Diamicton glaciomarino e sedimento glaciomarino relativamente più sabbioso e ghiaioso caratterizzato da alte percentuali di forme rimaneggiate (*Denticulopsis* spp., Miocene inferiore medio; Harwood D.M. & Maruyama T., 1992) e da una associazione di mare prossimale al ghiaccio con presenza di copertura da ghiaccio anche estivo secondo Gersonde & Zielinski (2000) con totale assenza di *F. curta* e *F. kerguelensis*;

CLUSTER 4: Sedimento glaciomarino di bassa paleoproduttività (campioni scarsi) e abbassamento del LMM caratterizzato da associazione criofila neritica di copertura glaciale da Ice Shelf rappresentata da *P. sulcata* ed *E. antarctica*.

5.2.6 Indici biotici

Per quanto riguarda gli indici relativi al rapporto tra taxa del Genere *Fragilariopsis*, essi si sono dimostrati significativi principalmente per il livello superficiale (Livello 4 o unità e) (Fig. 5.2.11):

Rapporto *Fragilariopsis curta*/*F. obliquecostata*

E' risultato piuttosto significativo dal momento che le due forme sono present in buone percentuali e mostrano una certa correlazione.

Osservando la curva dalla parte basale verso la superficie, si possono notare delle fasi alternate di predominanza iniziale della forma di ghiaccio marino estivo (*F. obliquecostata* sensu Gersonde & Zielinski, 2000) seguita da un aumento, con pulsazione, della forma di margine glaciale *F. curta*.

Rapporto *Fragilariopsis curta*/*F. kerguelensis*

E' risultato meno significativo (date le basse percentuali di *F. kerguelensis* < al 2%) e relativo solo ai campioni più superficiali del livello 4. Si nota infatti una dominanza di *F. curta* con generale assenza di *F. kerguelensis*. Si può notare un probabile influsso della CDW, associato a ritiro del margine glaciale ed a condizioni di mare libero da ghiacci estivi, in corrispondenza dei campioni relativi ai 20 cm più superficiali della carota (vedi Rapporto *F. curta*/*F. obliquecostata*).

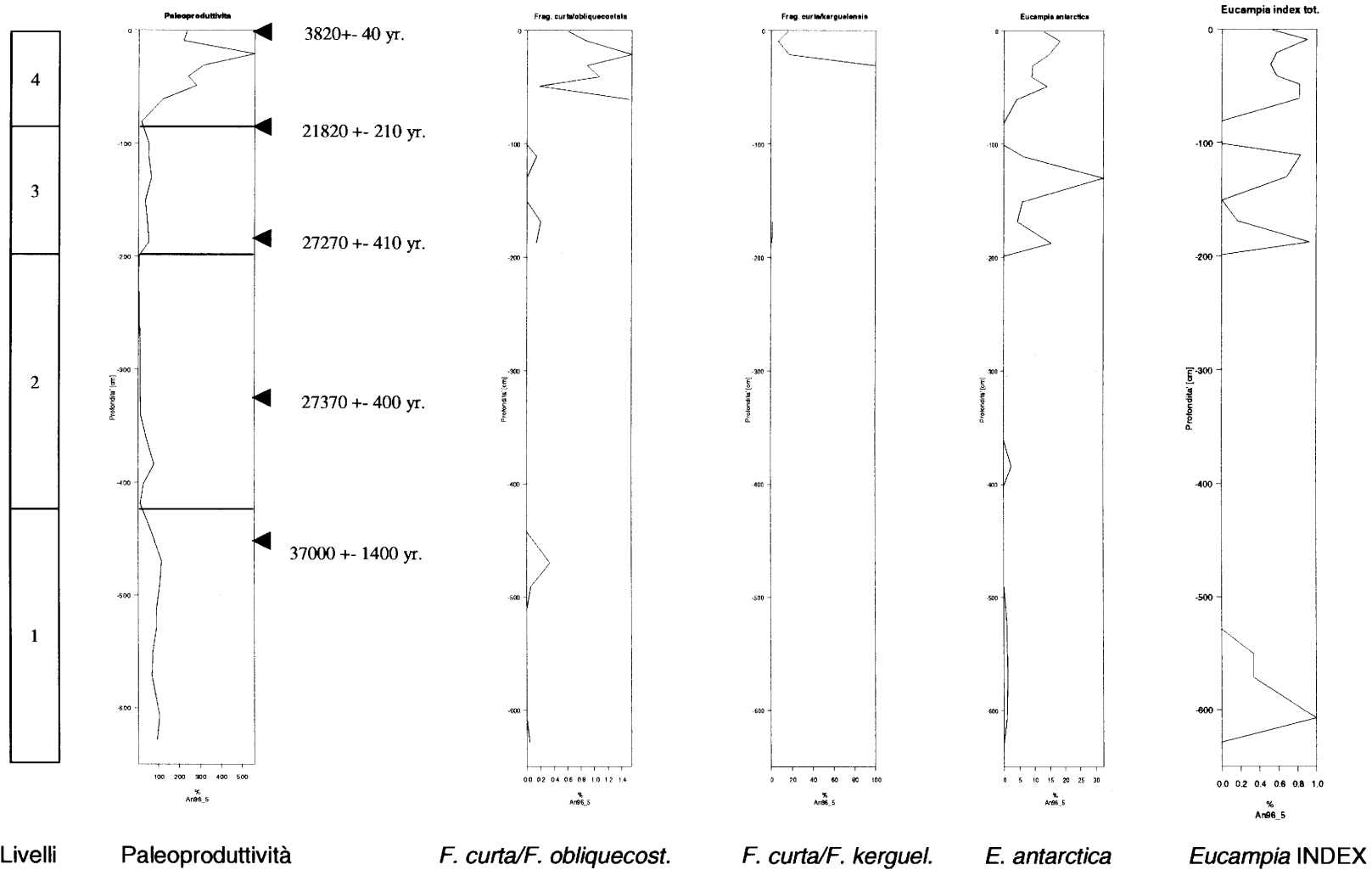


Fig. 5.2.11. Indici biotici ANTA96 5bis

EUCAMPIA INDEX:

E' caratterizzato in generale da bassi valori attorno allo 0.4 -0.8 che testimonierebbero la presenza della forma *Eucampia antarctica* var. *recta* (vedi scheda tassonomica relativa) e la tendenza a formazione di colonie a catena corta. Si nota un generale aumento di *Eucampia* Index all'aumentare delle percentuali di presenza di *E. antarctica*.

5.3 ANTA99 23

5.3.1 Descrizione della carota

Questa carota presenta alta variabilità relativa al segnale di paleoproduttività relativa ed alle associazioni, soprattutto per quanto riguarda il livello superficiale.

Dall'andamento della curva della paleoproduttività relativa (Fig. 5.3.0 e 5.3.1) si possono distinguere tre livelli:

- 1 - livello inferiore (da 533 cm ai 392 cm)
- 2 - livello medio (compreso tra i 383 cm ed i 212 cm)
- 3 - livello superiore (dal campione 212 cm alla superficie).

Il livello inferiore (dai 533 cm fino ai 392 cm) è caratterizzato da un andamento della paleoproduttività relativa mediamente abbastanza buona arrivando, alla base ai 300 esemplari per transetto, mentre nella parte sommitale del livello (402-403 cm) risulta inferiore ai 100 esemplari registrando un valore minimo.

Il livello medio, compreso tra i 383 cm ed i 212 cm, registra una netta diminuzione di paleoproduttività con un numero di esemplari per transetto sempre inferiori al 100. Questo livello infatti è rappresentato da campioni generalmente considerati sterili o scarsi e quindi non significativi; fanno eccezione i campioni 342-343 cm e 262-263 cm che sono stati considerati rappresentativi per un conteggio statistico e comunque hanno confermato un basso valore di produttività. Campioni praticamente sterili si sono rivelati il 312-313 cm ed il 222-223 cm che chiude il livello medio.

Il livello superiore che inizia con il campione 202-203 cm e va fino alla superficie della carota, è caratterizzato da una progressiva ripresa della paleoproduttività con andamento oscillatorio sempre più marcato mano a mano che si sale alla parte superficiale della carota. In questo livello infatti il n° di esemplari per transetto si mantiene generalmente al di sopra dei 100 es. con dei valori minimi in corrispondenza dei campioni 192-193 cm, 112-113 cm e 31-32 cm. Di questi gli ultimi, due sono caratterizzati da una flora scarsa e non si è proceduto al conteggio statistico (campioni scarsi).

Per quanto riguarda i valori positivi di paleoproduttività, i più marcati sono rappresentati dai campioni: 71-72 cm, 11-12 cm e 21-22 cm. Il campione 11-12 cm presenta il valore massimo di paleoproduttività in assoluto essendo caratterizzato da un n° di esemplari per transetto che supera 600.

Le paleoflore riscontrate in questa carota sono rappresentate da 58 specie appartenenti a 27 generi (Fig. 5.3.2; 5.3.3; 5.3.4).

Tali specie sono state poi suddivise nei seguenti gruppi associativi (Fig. 5.3.5):

- associazione criofila
- associazione oceaniche
- gruppo forme rimaneggiate
- gruppo forme significative

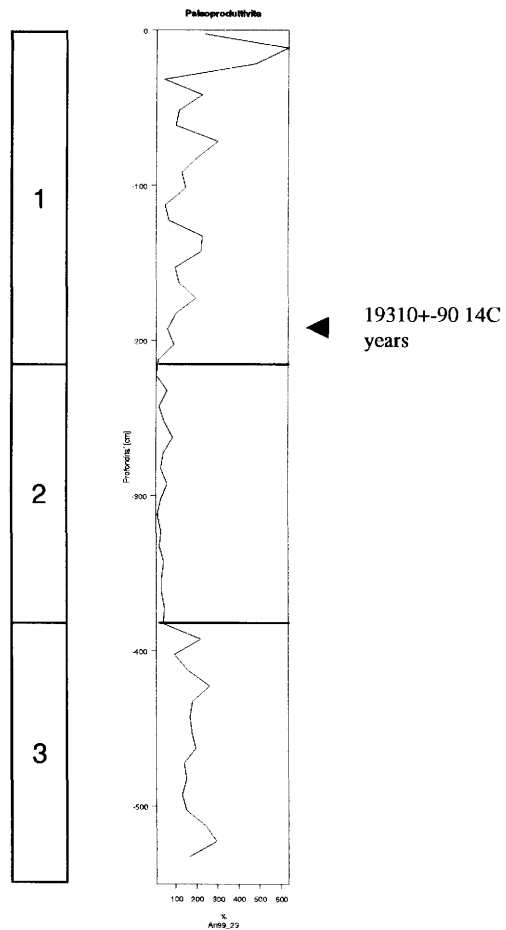
La rappresentatività delle associazioni (Fig. 5.3.6) risulta buona con percentuali di presenza per le associazioni criofile, oceaniche e significative mediamente attorno il 70-80% e che relegano le forme rimanenti a percentuali inferiori al 12.6%.

Analizzando le associazioni della carota ANTA99 23, si è potuto caratterizzare i tre livelli (Figg. 5.3.7a e 5.3.7b):

Il livello inferiore (Livello 3 compreso tra 533 cm ai 392 cm) presenta (vedi grafico delle associazioni) una

PROFONDITA' (cm)	Radiolari	Silicoflagellati	Forme Indet.	Archaeomonadi	Spicole var. A	Spicole	Vetro vulcanico
2-3	RR	R		F		A	C
11-12	RR	F		F		A	
21-22		R		R		C	
31-32		RR	X	R		C	R
41-42	RR	RR		R		C	R
51-52				R		C	
61-62				F		F	R
71-72		RR	X	R		C	C
81-82				R		F	
91-92				R		A	A
101-102	Fram.			R		C	R
112-113		RR		R	X	C	C
122-123	RR			R		C	C
132-133				F		F	F
142-143				F		C	
152-153	RR		X	R		C	
162-163		RR		C		C	
172-173	RR			R		C	R
182-183				R	X	A	C
192-193			X	F		C	F
202-203		RR	X	R			
212-213				R		C	C
222-223				R		F	C
232-233				R		C/A	
242-243		RR	X	R		F	C
252-253			X	F			
262-263		RR		F		F	C
272-273				F			RR
282-283				R		A	
292-293			X	F	X	C	F
302-303	RR			R		C	F
312-313			X	R		F	
322-323	RR	RR		R		A	R
332-333			X	F		F	F
342-343			X	R		A	
352-353			X	R		F	
362-363				R		F	
372-373		RR		R		C	
382-383				R		F	
392-393		R		A		C	
402-403		RR		F		F	
412-413		RR	X	C		A	
422-423		RR		C		AA	C
432-433	RR	RR		F		F	
442-443		RR	X	C	X		
452-453		RR		C		F	
462-463		RR		C		C	
472-473				F		F	
482-483		RR		F		F	
492-493				C		F/C	R
502-503	RR	RR	X	C		C	R
512-513		R	X	C		F	
522-523		R		F	X	A	
532-533		RR	X	C			

Fig. 5.3.0. - Carota ANTA 99 23 - Tabella altre forme silicee e stime semiquantitative



ANTA99 23

Fig. 5.3.1 Segnale di paleoproduttività relativa ANTA99 23

NOTA:

per calcolare il segnale di paleoproduttività relativa sono state tolte le forme considerate rimaneggiate.

La datazione è stata effettuata sul ^{14}C presso i Geochron Laboratories, Massachusetts, USA.

PROFONDITA' (cm)	FORME CROIFILE	FORME CROIFILE (%)	FORME OCEANICHE	FORMA OCEANICHE (%)	FORME RIMANEGGiate	FORMA RIMANEGGiate (%)	FORME SIGNIFICATIVE	FORMA SIGNIFICATIVE (%)	FORME RIMANENTI	FORME RIMANENTI (%)
-2.50	113	30.96	57	15.62	6	1.64	176	48.22	13	0.07
-11.50	115	17.97	147	22.97	3	0.47	388	57.50	7	1.09
-21.50	117	24.27	113	23.44	1	0.21	249	51.68	2	0.41
-31.50	23	25.84	1	1.12	1	1.12	61	66.54	3	3.37
-41.50	39	11.30	92	26.67	6	1.74	205	59.42	3	0.87
-51.50	132	37.39	8	2.27	5	1.42	207	58.64	1	0.28
-61.50	101	31.27	32	9.91	20	6.19	156	48.30	14	4.33
-71.50	132	28.82	10	2.18	4	0.87	303	66.16	9	1.97
-81.50	131	30.32	22	5.09	14	3.24	258	58.95	6	1.39
-91.50	100	25.19	17	4.28	9	2.27	288	67.51	3	0.76
-101.50	75	24.43	60	19.54	12	3.91	145	47.23	15	4.89
-112.50	28	26.00	7	7.00	2	2.00	62	62.00	1	1.00
-122.50	38	12.58	70	23.18	30	9.93	160	52.98	4	1.32
-132.50	41	11.26	98	26.92	24	6.59	194	53.30	7	1.92
-142.50	121	25.58	43	9.09	31	6.55	287	56.45	11	2.33
-152.50	101	30.24	10	2.99	33	9.88	183	54.79	7	2.10
-162.50	75	23.22	38	11.76	26	8.05	169	52.32	15	4.64
-172.50	170	42.29	8	1.89	11	2.74	207	51.49	6	1.49
-182.50	82	26.03	15	4.76	10	3.17	195	61.90	13	4.13
-192.50	21	6.12	52	15.16	46	13.41	214	62.39	10	2.92
-202.50	13	4.13	43	13.65	39	12.38	204	64.76	16	5.08
-212.50	2	3.57	5	8.93	9	16.07	34	60.71	6	10.71
-222.50	0	0.00	3	15.79	3	15.79	13	68.42	0	0.00
-232.50	2	1.44	17	12.23	21	15.11	92	66.19	7	5.04
-242.50	1	1.52	10	15.15	22	33.33	33	50.00	0	0.00
-252.50	2	1.83	19	17.43	17	15.60	64	58.72	7	6.42
-262.50	8	2.60	38	12.34	42	13.64	212	68.83	8	2.60
-272.50	0	0.00	19	19.39	13	13.27	63	64.29	3	3.06
-282.50	5	6.67	13	17.33	15	20.00	39	52.00	3	4.00
-292.50	4	2.86	26	18.57	21	15.00	82	58.57	7	5.00
-302.50	4	5.06	12	15.18	20	25.32	40	50.63	3	3.80
-312.50	0	0.00	6	16.67	6	16.67	23	63.89	1	2.78
-322.50	1	1.39	13	18.06	13	18.06	44	61.11	1	1.39
-332.50	2	3.82	5	9.80	8	15.69	36	70.58	0	0.00
-342.50	10	3.23	48	15.48	30	9.68	212	68.38	10	3.23
-352.50	1	1.30	8	10.39	11	14.29	53	68.83	4	5.19
-362.50	2	2.70	13	17.57	10	13.51	48	62.16	3	4.06
-372.50	8	7.02	12	10.53	19	16.67	72	63.16	3	2.83
-382.50	6	6.45	14	15.05	16	17.20	51	54.84	6	6.45
-392.50	16	4.17	53	13.80	55	14.32	237	61.72	23	5.99
-402.50	5	1.51	51	15.41	44	13.29	201	60.73	30	8.06
-412.50	30	8.26	65	17.91	49	13.50	186	51.24	33	9.09
-422.50	16	5.13	57	18.27	61	19.55	156	50.00	22	7.05
-432.50	14	3.33	77	18.29	64	15.20	213	50.59	53	12.59
-442.50	28	7.31	64	16.71	44	11.49	212	55.35	35	9.14
-452.50	14	3.44	75	18.43	50	12.29	228	56.02	40	9.83
-462.50	34	9.80	70	20.17	57	16.43	170	48.99	16	4.61
-472.50	42	12.43	49	14.50	61	18.05	157	46.45	29	8.58
-482.50	36	9.94	58	16.02	61	16.85	177	48.90	30	8.29
-492.50	10	3.19	55	17.57	52	16.61	160	51.12	38	11.50
-502.50	16	4.61	53	15.27	48	13.83	208	59.94	22	6.34
-512.50	46	10.72	108	24.71	69	16.08	163	38.00	45	10.49
-522.50	44	12.22	79	21.94	78	21.67	117	32.50	42	11.67
-532.50	34	7.31	46	9.89	138	29.68	208	44.73	38	8.39

Fig. 5.3.6. - Carota ANTA 99 23 - Rappresentativita' delle associazioni a diatomee

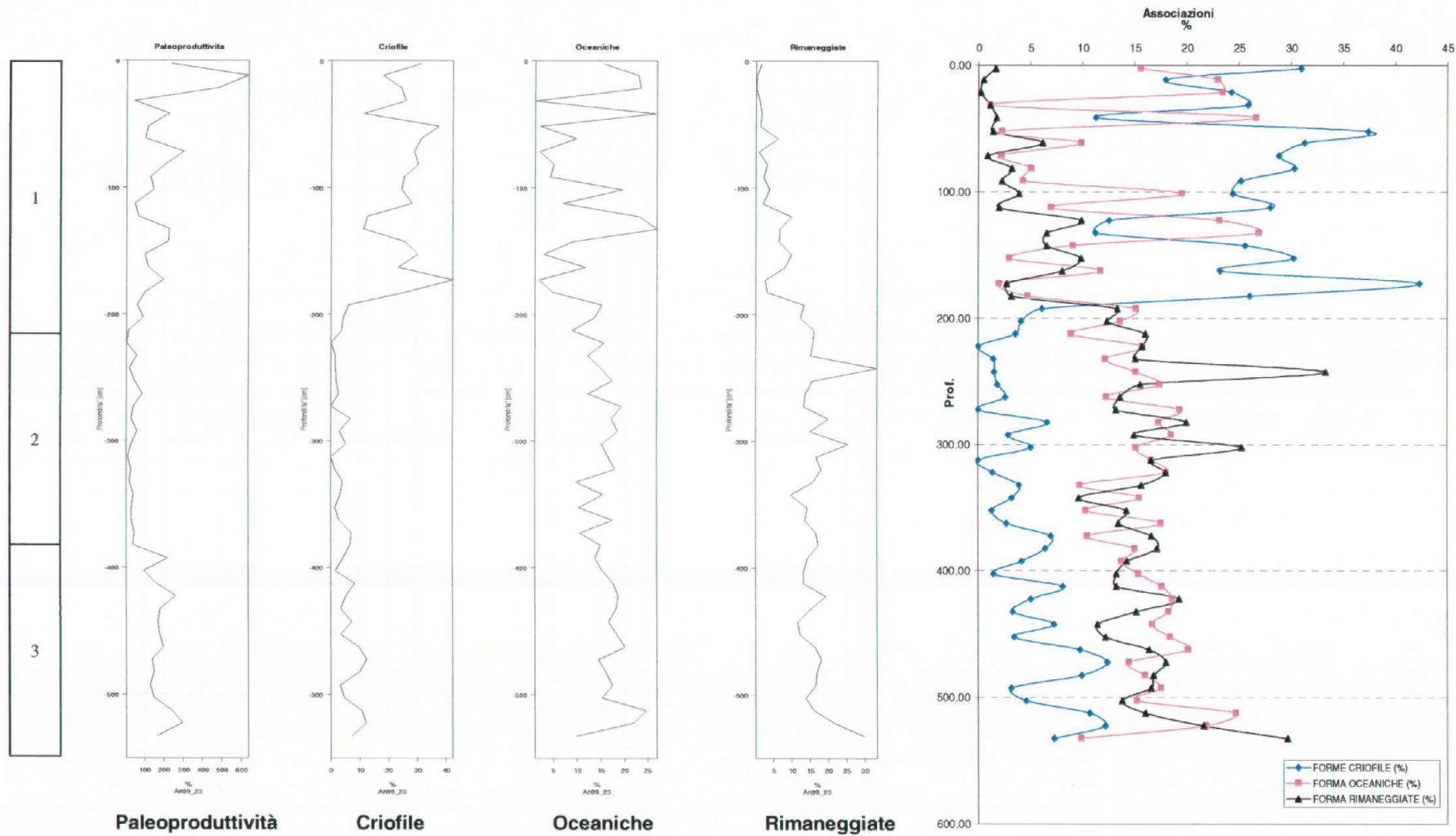


Fig. 5.3.7a Associazioni ANTA99 23

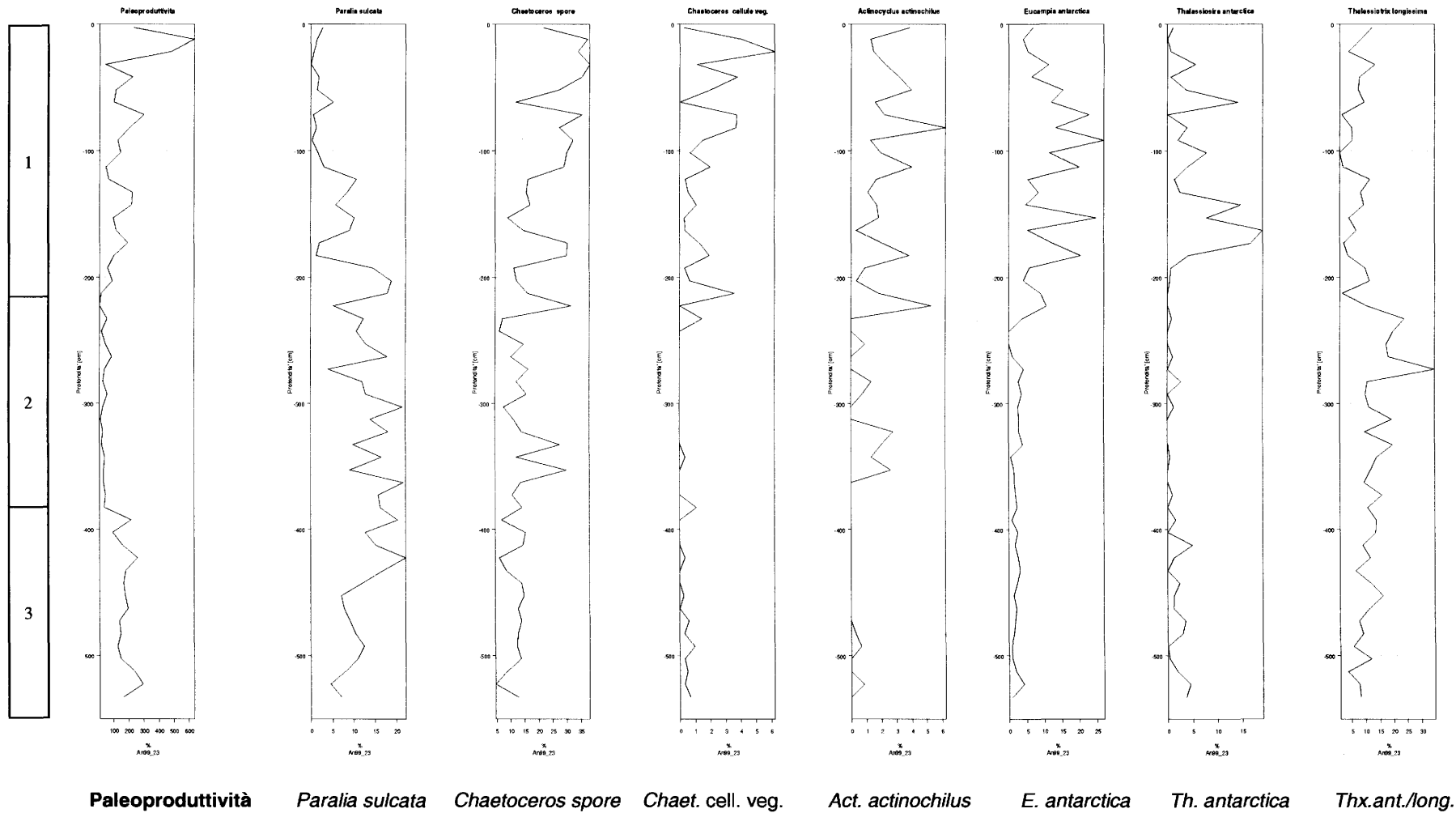


Fig. 5.3.7b Associazioni ANTA99 23 (forme significative)

netta dominanza delle forme oceaniche che si attestano mediamente attorno al 30% con valori positivi (tra i campioni significativi) che sfiorano il 40%.

In particolare nella parte basale di questo livello (fino al campione 452-453 cm) dominano i *Chaetoceros* spore seguite da *Paralia sulcata*, assieme alle forme oceaniche del Gruppo *Thalassiothrix long./antar.* e *Thalassiosira lentiginosa* che diventa dominante nei campioni 522-523 cm e 512-513 cm. Nella parte più superficiale invece tende a dominare *Paralia sulcata* seguita dalle spore di *Chaetoceros* e Gruppo *Thalassiothrix* che supera di poco le spore nel campione 452-453 cm.

Le forme criofile sono presenti in percentuali nettamente inferiori che non superano i 6.8 %; tra queste le meglio rappresentate, lungo tutto il livello, è *F. sublinearis*.

Il livello medio (Livello 2 compreso tra 383 cm ed i 212 cm) è caratterizzato da campioni sterili o scarsi con uno stato di conservazione scarso se non addirittura pessimo. Per questi campioni è stata fatta una stima semiquantitativa sulle paleoflore, che ha confermato le stesse caratteristiche associative del livello inferiore.

Questo andamento è anche confermato dai conteggi effettuati sugli unici due campioni statisticamente significativi presenti in questo livello:

il campione 342-343 cm, caratterizzato da un generale cattivo stato di conservazione e con una associazione dominata da *P. sulcata* con *Thalassiothrix*, *Chaetoceros* spore e *Ch. sp.*

il campione 262-263 cm presenta uno stato di conservazione un po' migliore e la dominanza del Gruppo *Thalassiothrix* seguita da *P. sulcata*, *Ch. spore* e *Ch. sp.*

Da notare poi che gli andamenti stimati delle associazioni (quelli relativi ai campioni sterili/scarsi), in generale, rientrano nei valori medi di questi livelli significativi.

Il campione 212-213 cm è caratterizzato da uno stato di conservazione migliore rispetto ai precedenti e da un marcato valore minimo per le forme oceaniche con un modesto aumento delle forme criofile. Tale situazione porta in condizioni di dominanza le forme rimaneggiate che presentano, in questo punto, valori che rientrano comunque in quelli medi relativi ai livelli medio/inferiore ma che, da questo campione in su (verso la parte superficiale della carota) sono destinati a scendere fino a raggiungere percentuali di presenza attorno all'1%.

Il livello superiore (che inizia con il campione 202-203 cm fino al campione più superficiale) è caratterizzato da un netto miglioramento generale dello stato di conservazione e da fasi alternanti di dominanza tra forme oceaniche e criofile.

Dall'analisi delle associazioni è emerso in particolare che già dal campione 212-213 cm (appartenente al livello medio) le forme dominanti risultano essere quelle significative quali: *P. sulcata*, *Chaetoceros* spore assieme ad *Eucampia antarctica* (forme che sembrano aumentare già in alcuni campioni precedenti relativi al livello medio); mentre le forme criofile rivelano un leggero aumento soprattutto con *F. obliquecostata*.

Questa associazione caratterizza infatti anche i primi due campioni del livello superiore (202-203 cm e 192-193 cm) mentre la paleoproduttività rimane bassa (entro i valori del livello medio).

Con il campione 182-183 cm si assiste ad un improvviso aumento delle forme criofile a discapito di quelle oceaniche che coincide con l'inizio del progressivo aumento in paleoproduttività caratteristico di questo livello.

Da questo campione in poi quindi le criofile raggiungono percentuali di presenza mediamente superiori al 10% con un valore positivo assoluto maggiore del 40% al campione 172-173 cm.

Le forme oceaniche invece presentano valori positivi ai campioni 202-203 cm e 192-193 cm, da 142 cm a 123 cm (con il valore massimo assoluto al campione 132-133 cm) e 41-42 cm.

Nel livello compreso tra i 142 cm ed i 112 cm si nota un peggioramento dello stato di conservazione dell'associazione, assieme ai campioni 162-163 cm e 81-82 cm; in queste associazioni è stato osservato, infatti, un relativo aumento della frantumazione soprattutto di alcune specie pennate criofile (*F. sublinearis* ed in parte *F. obliquecostata*).

Riguardo alle associazioni e dominanze relative all'intero livello superiore (Livello 1), si nota al campione 182-183 cm un netto cambiamento nelle dominanze: mentre nei campioni precedenti domina *P. sulcata*, con questo campione passano in netta dominanza le spore di *Chaetoceros* (Fig.5.3.4).

La dominanza delle spore di *Chaetoceros* viene conservata anche dal campione successivo (172-173 cm) con in subordine *F. obliquecostata*, *Thalassiosira antarctica* ed *E. antarctica*.

Il campione 162-163 cm presenta *Th. antarctica* come forma dominante seguita dai *Chaetoceros* (con buona presenza di cellule vegetative) e da *Paralia sulcata*.

Il campione 152-153 cm presenta *Eucampia antarctica* dominante con *F. obliquecostata*, *P. sulcata* e spore di *Ch.* (continua ad essere presente *Th. antarctica*).

Nel campione 142-143 cm tornano a dominare i *Chaetoceros* con *Th. antarctica*, Gruppo *Thalassiothrix long./ant.* e *F. obliquecostata*. Da questo campione fino al 112-113 cm, che risulta scarso, va in dominanza la forma oceanica *Thalassiosira lentiginosa* seguita dalle spore di *Chaetoceros* e da *P. sulcata*.

Da una stima visiva il campione scarso (112-113 cm) segue questa associazione. Altro campione scarso è risultato il 31-32 cm; tra questi due campioni statisticamente non significativi si assiste ad un livello nel quale sono le spore di *Chaetoceros* a dominare seguite da *E. antarctica* e *F. obliquecostata*. Differisce il campione 61-62 cm nel quale domina *F. obliquecostata* con *Th. antarctica*, *E. antarctica* e poi spore di *Chaetoceros*. Una eccezione è data anche dalla presenza, nel campione 41-42 cm, della forma oceanica *F. kerguelensis* che compare per la prima volta in percentuali rilevanti.

Il campione scarso 31-32 cm presenta, ad una stima semiquantitativa, sempre una alta percentuale di spore di *Chaetoceros* con *E. antarctica* e *Th. antarctica*, mentre sembrano prevalere le forme oceaniche (Gruppo *Thalassiothrix*) sulle criofile (*F. obliquecostata*).

Dal 31-32 cm al campione più superficiale (2-3 cm) dominano le spore di *Chaetoceros* con *F. kerguelensis*, *F. obliquecostata* e *F. curta*.

5.3.2 Analisi della matrice delle correlazioni tra le specie

Dall'analisi della matrice delle correlazioni tra le specie (Fig. 5.3.8) della carota ANTA99 23 è emerso che:

Actinocyclus actinochilus è positivamente correlato con *E. antarctica* ed abbastanza ben correlato con *Chaetoceros* spore, *F. obliquecostata* e *F. separanda*, mentre risulta inversamente correlato con *Porosira glacialis* e *Xanthiopyxis*;

Chaetoceros sp. sono inversamente correlati con *E. antarctica* e positivamente correlati con *Paralia sulcata* e *Rhizosolenia hebetata*;

Chaetoceros spore: sono positivamente correlate con *A. actinochilus*, *Chaetoceros* cellule vegetative, *E. antarctica* e con il Gruppo *Fragilariopsis* spp., mentre risultano inversamente correlate soprattutto con *Paralia sulcata* e in misura minore con *Chaetoceros* sp. e *Rhiz. hebetata*;

E. antarctica è positivamente correlata con *A. actinochilus*, *Chaet.* spore e soprattutto con *F. obliquecostata*, mentre risulta inversamente correlata con *Chaetoceros* sp., *P. sulcata* e *Rhiz. hebetata*;

F. angulata è positivamente correlata con *Chaet.* spore e *F. curta*, mentre risulta inversamente correlata con *P. sulcata*, *Rhiz. hebetata* e *Xanthiopyxis*;

F. cylindrus è positivamente correlato con *Chaetoceros* cellule vegetative e *F. kerguelensis*;

F. curta è positivamente correlata soprattutto con *F. kerguelensis* e poi con le altre *Fragilariopsis*, mentre risulta inversamente correlata con *P. sulcata*, *Rhiz. hebetata*, *S. grunowii* e *Xanthiopyxis*;

F. kerguelensis è positivamente correlata con *F. curta*, *Chaet.* cell. veg. e *F. cylindrus*;

F. obliquecostata è positivamente correlata soprattutto con *E. antarctica* e in misura minore con *A. actinochilus* e le altre *Fragilariopsis*, mentre risulta inversamente correlata con *Chaet.* sp., *P. sulcata*, *Rhiz. hebetata*, *S. grunowii*, Gruppo *Thalassiothrix antarctica/longissima* e *Xanthiopyxis*;

F. sublinearis ha una modesta correlazione positiva con *Odontella* sp. e *Rouxia diploneides*;

P. sulcata è positivamente correlata con *Chaetoceros* sp., mentre risulta inversamente correlata con *Chaet.* spore, *E. antarctica*, *F. angulata*, *F. curta* e *F. obliquecostata*.

5.3.4 Cluster Analysis

Premessa:

La cluster analysis effettuata togliendo i campioni sterili, è stata applicata sia sulla tabella dei dati in completo, sia sulla tabella delle associazioni (escludendo le forme casuali non significative fonte di rumore); il risultato è stato sostanzialmente identico (Figg. 5.3.9; 5.3.10)

CLUSTER 1A: presenza trascurabile di forme criofile; più alte le percentuali di forme oceaniche, soprattutto *Thalassiosira lentiginosa* (12.3-1.6%) col Gruppo *Rhizosolenia* spp. (max 6.7%) e *Stellarima microtrias* (max 5.7 %); mentre *F. kerguelensis* è assente. Mediamente rappresentati i *Chaetoceros* (15.4-2.6% comprese spore e *Chaet.* sp.; assenti cellule vegetative); *Paralia sulcata* è mediamente maggiore (22.1-10.9) col Gruppo *Thalassiothrix longissima/antarctica* (18.1-5.7%), *Xanthiopyxis* (11.4-2.5%) ed *Eucampia antarctica* (5.8-0.3%).

CLUSTER 1B: moderata presenza di forme criofile con *Fragilariopsis obliquecostata* e *F. sublinearis* mentre *F. curta* presenta percentuali inferiori all' 1.1%. Tra le oceaniche *F. kerguelensis* è inferiore al 2.6% mentre *Thalassiosira lentiginosa* diventa talvolta dominante nell'associazione (20.3-3.0%); presente *Rhizosolenia hebetata* (3.2-0.6%). Mediamente ben rappresentati i *Chaetoceros* (16.2-1.6%; comprese spore e *Chaet.* sp.) e *P. sulcata* (15.2-4.4%), *E. antarctica* (8.2-0.8%) e *Th. antarctica* (4.9-1.2%).

CLUSTER 2: buona presenza di forme criofile con *F. obliquecostata* (15.3-5.2%) e *F. curta* (11.2-2.0%); tra le forme oceaniche ben rappresentata risulta *F. kerguelensis* (23.0-8.4%) con *Th. lentiginosa* (10.4-0.0%). Ben rappresentati (alle volte dominanti) i *Chaetoceros* con le spore (37.5-21.9%) e buona parte di cellule vegetative (6.2-0.2%); il Gruppo *Thalassiothrix longissima/antartica* (12.3-0.9%) e *Th. antarctica* (7.8-0.5%).

CLUSTER 3A: buona presenza di forme criofile soprattutto *F. obliquecostata* (23.2-12.3%) mentre *F. curta* e *F. sublinearis* non superano il 4.5%. Le forme oceaniche non superano il 2.5% mentre dominano i *Chaetoceros* con le spore (35.6-27.2%), *E. antarctica* (26.9-12.1%) con la buona presenza di *Th. antarctica* (16.9-0.0%).

CLUSTER 3B: Dominano forme criofile con *F. obliquecostata* (18.8-3.1%), *E. antarctica* (24.8-4.6%) e *Th. antarctica* (19.2-4.1%), le forme oceaniche (*F. kerguelensis* e *Th. lentiginosa*) non superano il 4.3%. Modesti anche i *Chaetoceros* (comprese spore e *C. sp.* tra il 17.1 e lo 0.3%); *P. sulcata* (10.1-5.2%) e Gruppo *Tx. longissima/antartica* (9.6-4.1%).

5.3.5 Considerazioni ambientali sulla Cluster Analysis

Le considerazioni ambientali sui clusters relativi a questa carota sono provvisori e soggetti a probabili future revisioni dal momento che non sono disponibili, al momento, altri parametri di confronto se non informazioni indirette provenienti dalle indagini ai raggi X (Fig. 5.3.11).

Blu CLUSTER 1A:

Associazione di **mare aperto poco sensibile alla presenza di ghiaccio**, senza influssi dalla CDW, con forti apporti di forme meroplanctoniche legate probabilmente ad un abbassamento del LMM, rimaneggiamento (testimoniato dalla forte percentuale di forme rimaneggiate) e fenomeni di 'risciacquo' dovuto a correnti.

Giallo CLUSTER 1B:

Associazione di **mare aperto** (con probabile circolazione proveniente da aree di mare aperto) **più sensibile alla presenza di ghiaccio marino estivo** (copertura permanente) e con maggior flusso di circolazione oceanica (CDW) o con probabile deriva di iceberg e modesta stratificazione stagionale della colonna d'acqua (o 'risciacquo' delle frazioni più fini da parte delle correnti che abbassano la percentuale di spore nel sedimento) e discreta presenza di forme meroplanctoniche legate al LMM.

Azzurro CLUSTER 2:

Associazione **criofila di ghiaccio marino** con marcata stagionalità con presenza di ghiaccio marino con periodi di apertura stagionale con buona stratificazione della colonna d'acqua e buona conservazione della microflora silicea; presente un probabile influsso da parte della CDW.

Verde chiaro CLUSTER 3A:

Associazione **criofila** tendente a **copertura permanente** (presenza di ghiaccio marino estivo) con maggiore influsso da parte di una copertura neritica (sensu Burckle, 1984), ma con episodi di apertura con stratificazione stagionale della colonna d'acqua e presenza di particolari condizioni di formazione di ghiaccio (platelet ice).

Verde scuro CLUSTER 3B:

Associazione **criofila neritica di ice shelf** associato a **copertura permanente** con presenza prolungata di ghiaccio marino estivo con incremento di apporti di forme meroplanctoniche legate al LMM e probabili fenomeni di sciacquo e selezione da parte delle correnti o circolazione sotto copertura proveniente da zone con presenza di 'platelet ice' e modesta stratificazione stagionale della colonna d'acqua.

5.3.6 Indici biotici

Vedi Fig. 5.3.11.

Rapporto *F. curta*/*F. obliquecostata*:

Questo rapporto è caratterizzato dalla generale bassa presenza di *F. curta* e maggior presenza di *F. obliquecostata* che, in questa carota rappresenta la forma criofila meglio rappresentata; queste due forme presentano comunque una certa correlazione.

Cluster	FORME CRIOFILE														FORME OCEANICHE										FORME RIMANEGGIAE										FORME SIGNIFICATIVE									
	PROFONDA' (cm)	Choreton criophilum	Fragilaropsis angulata	Fragilaropsis clyndrus	Fragilaropsis curta	Fragilaropsis obliquocostata	Fragilaropsis separanda	Fragilaropsis sublinearis	Porosira glacialis	Porosira pseudodenticulata	Coscinodiscus oculustridis	Fragilaropsis kerguelensis	Proboscia alata	Rhizosolenia styliformis	Rhizosolenia hebetata	Stellarima microtrias	Thalassiosira gracilis	Thalassiosira lentiginosa	Actinocyclus ingens	Denticulopsis hyalina	Denticulopsis cf. hustedtii	Denticulopsis maccollumii	Rhizosolenia barboi	Rouxia antarctica	Rouxia diploides	Stephanopyxis grunowii	Stephanopyxis turris	Thalassira cf. insignis	Thalassiosira cf. Inura	Trinacria excavata	Trinacria pileolus	Actinocyclus actinochilus	Chaetoceros bulbosus	Chaetoceros sp.	Chaetoceros cell. veg.	Chaetoceros spore	Eucampia antarctica	Paralia sulcata	Thalassiosira antarctica	Gruppo Thalassiosira long/ent.	Trichotoxon reinboldii	Xenillopsis		
1A	192-193	0.00	0.00	0.00	0.00	2.33	0.00	2.62	0.58	0.00	0.29	0.00	0.87	1.75	3.50	0.00	0.00	6.71	2.33	0.87	0.29	2.62	2.04	0.58	0.00	2.04	1.17	0.00	2.04	0.87	0.58	0.87	0.00	7.58	0.29	11.08	5.83	14.58	0.58	9.91	1.17	11.08		
	202-203	0.00	0.00	0.00	0.00	2.54	0.00	0.95	0.32	0.00	0.32	0.95	0.32	1.90	4.13	2.22	0.00	2.54	2.54	0.00	0.32	2.54	1.27	0.63	0.00	1.27	1.59	0.00	1.27	1.27	0.95	0.32	0.00	6.03	0.63	12.06	4.13	18.73	0.32	11.43	1.59	9.84		
	262-263	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	3.25	2.27	1.62	0.00	0.00	3.90	0.00	0.32	1.30	1.30	1.30	1.62	0.00	3.57	2.60	0.00	0.00	2.27	0.65	0.00	0.32	8.12	0.00	10.06	0.97	17.86	0.97	18.18	3.90	9.42		
	342-343	0.00	0.00	0.32	0.00	0.65	0.00	1.94	0.00	0.00	0.32	0.00	1.29	1.61	6.77	3.55	0.00	1.61	1.29	0.00	0.65	1.61	0.32	1.29	0.00	1.29	0.00	0.00	1.61	1.61	0.32	1.29	0.00	13.55	0.32	11.94	0.32	16.45	0.32	13.87	4.84	5.81		
	392-393	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	2.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	1.82	0.26	0.26	6.51	1.56	0.00	0.00	0.00	3.65	1.56	1.04	3.13	0.78	0.26	4.17	1.04	0.78	0.00	0.00	9.38	0.00	6.77	0.78	20.31	1.56	13.80	2.34	8.33		
	402-403	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.91	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	1.81	3.63	2.72	0.91	3.63	0.00	0.30	0.90	1.51	2.42	0.60	0.30	1.81	0.30	0.00	5.14	1.30	0.60	0.00	0.00	8.76	0.00	15.41	2.42	12.69	0.00	13.60	3.02	4.83		
	422-423	0.00	0.00	0.00	0.32	0.63	0.00	2.53	0.32	0.00	0.00	0.00	1.27	1.27	0.95	0.00	0.63	12.34	0.95	0.00	0.32	0.00	1.58	0.95	0.32	6.96	4.43	0.00	2.85	0.63	0.00	0.00	0.00	3.16	0.32	6.01	2.53	22.15	1.27	11.71	0.95	2.53		
	432-433	0.00	0.00	0.00	0.95	0.00	1.43	0.71	0.24	0.48	0.00	0.24	0.71	2.85	5.70	0.00	7.36	0.48	0.00	0.00	0.48	0.95	0.48	0.48	3.80	1.90	2.85	3.80	0.24	0.24	0.00	0.24	2.61	0.00	8.55	3.09	16.86	0.00	6.41	1.43	11.40			
	492-493	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	1.92	0.96	0.00	0.96	0.00	0.00	1.60	3.51	3.51	0.00	6.71	1.92	0.00	1.28	2.56	1.28	0.96	0.00	2.88	1.28	0.00	4.79	0.64	0.32	0.64	0.00	5.11	0.96	12.46	0.64	12.46	0.00	5.75	2.56	10.54			
	502-503	0.00	0.29	0.00	0.86	1.15	0.00	1.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.86	4.03	0.29	0.00	6.63	0.86	0.00	0.86	2.88	2.59	2.59	0.29	2.59	0.29	0.00	2.31	0.86	0.29	0.00	0.00	9.22	0.29	13.83	0.86	10.95	0.77	12.10	3.46	9.22		
1B	122-123	0.66	0.66	0.66	0.33	6.29	0.00	2.65	0.00	0.00	2.65	0.33	0.33	0.66	0.00	0.00	19.21	0.99	0.99	1.66	2.65	0.00	0.66	0.00	1.32	0.00	0.33	0.33	0.33	0.66	1.66	0.00	1.99	0.33	16.23	5.30	10.60	1.32	11.59	0.00	5.30			
	132-133	0.27	0.00	0.55	0.00	3.02	0.00	4.67	0.00	0.27	0.27	2.20	0.00	0.55	2.47	0.00	20.33	0.55	0.55	0.27	0.82	0.82	0.82	0.00	1.37	1.10	0.00	0.00	0.55	0.55	1.10	0.00	5.49	0.55	15.66	8.24	8.52	2.47	8.24	0.82	4.67			
	412-413	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	2.17	0.27	0.00	0.54	0.00	0.00	0.82	2.72	0.00	0.27	13.04	1.63	0.00	1.63	0.27	2.45	2.45	0.27	0.82	1.36	0.00	4.08	0.54	0.27	0.00	0.00	1.63	0.00	14.40	1.63	15.22	4.89	8.97	2.17	6.52			
	442-443	0.26	0.26	0.00	0.26	1.31	0.00	2.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	1.57	2.35	2.35	0.26	8.09	0.52	0.00	0.78	1.57	2.35	1.04	3.13	1.57	0.00	1.57	0.26	0.26	0.00	0.00	8.36	0.00	13.84	2.35	12.01	2.35	12.01	2.87	3.92			
	452-453	0.00	0.00	0.00	0.25	0.49	0.00	1.47	0.00	0.00	0.25	0.49	0.25	1.47	3.19	1.72	0.00	9.58	0.25	0.00	0.98	0.74	1.47	3.19	0.74	1.72	0.25	0.00	3.44	0.49	0.25	0.00	0.00	6.88	0.25	14.74	1.23	7.13	1.23	16.22	4.42	5.16		
	462-463	0.29	0.00	0.00	0.00	2.02	0.00	6.05	0.00	0.00	0.29	0.00	0.86	2.31	2.02	1.15	1.15	10.66	2.31	0.00	1.73	0.29	1.73	4.32	1.44	0.29	1.15	0.00	2.02	0.86	0.29	0.00	0.00	5.48	0.00	12.68	2.02	7.78	1.44	11.24	1.73	8.07		
	472-473	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	6.80	1.48	0.00	0.30	0.00	0.00	2.37	3.25	1.78	0.59	4.73	1.48	0.00	0.30	0.30	1.48	2.07	3.85	1.48	1.18	1.78	4.14	0.30	0.59	0.00	5.92	0.59	13.91	1.78	9.17	3.55	7.69	2.37	5.03			
	482-483	0.00	0.00	0.00	0.83	0.83	0.00	4.70	0.00	0.55	0.28	0.00	0.00	1.38	3.04	3.59	0.55	6.35	0.00	0.00	0.28	1.93	0.83	4.42	0.55	2.49	2.49	0.00	3.31	0.55	0.28	0.28	0.00	6.35	0.28	12.71	1.38	10.50	3.04	9.12	1.93	6.35		
	512-513	0.00	0.00	0.00	0.23	1.40	0.00	3.96	2.10	1.17	0.70	0.00	0.00	1.17	3.26	4.90	0.23	13.05	1.17	0.00	0.70	0.47	1.40	2.10	0.70	1.40	0.93	0.00	7.93	0.23	0.47	0.00	0.00	2.80	0.47	8.62	1.86	7.93	1.86	3.73	0.93	11.66		
	522-523	0.00	0.00	0.28	1.11	1.39	0.00	4.72	0.00	0.28	0.56	0.00	0.28	0.83	1.39	3.61	0.28	14.17	0.28	0.00	0.56	0.83	6.11	0.56	0.56	0.83	0.61	0.56	0.83	0.28	0.00	0.83	0.56	1.67	0.28	4.72	4.17	4.44	4.44	7.78	0.83	7.22		
532-533	0.22	0.00	0.00	0.00	1.06	0.00	1.94	0.43	0.00	0.00	0.43	0.86	3.23	1.72	0.22	3.01	1.94	0.22	0.22	3.86	0.43	7.53	4.30	1.72	0.00	0.00	8.60	1.29	0.22	0.00	0.22	5.38	0.66	12.69	0.86	7.10	3.66	8.17	2.37	7.31				
2	2-3	0.00	1.37	0.00	9.59	15.34	0.27	1.92	0.00	0.55	0.27	13.15	0.00	0.27	0.00	0.00	1.92	0.00	0.27	0.00	0.00	0.27	0.00	0.27	0.55	0.00	0.00	0.00	0.27	3.84	0.00	0.27	0.27	21.92	6.58	2.74	1.37	12.33	0.00	0.27				
	11-12	0.16	1.88	1.09	5.47	5.78	0.00	1.72	0.00	0.78	0.16	21.41	0.00	0.31	0.16	0.00	0.63	0.31	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	4.06	37.50	3.91	1.41	1.09	8.59	0.00	0.78			
	21-22	0.21	3.11	0.00	11.20	6.85	0.00	1.24	0.21	0.83	0.21	23.03	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.21	6.22	34.02	5.19	0.62	0.62	3.94	0.00	0.00			
	41-42	0.00	0.00	2.03	2.03	5.22	0.29	0.00	0.29	0.87	0.29	19.71	0.29	0.87	0.29	0.00	0.58	4.64	0.29	0.00	0.00	0.00	0.87	0.00	0.87	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	3.19	0.00	0.58	3.77	35.36	6.38	1.74	0.58	7.83	0.00	0.58		
	101-102	0.33	0.33	0.00	4.56	9.45	0.00	1.30	0.65	0.00	0.00	8.47	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00	10.42	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.33	0.65	0.33	0.00	0.00	1.95	0.00	0.00	0.65	29.97	11.40	1.63	7.82	0.98	0.00	0.65		
3A	51-52	0.00	3.40	0.00	2.83	23.23	1.13	2.27	0.00	0.85	0.00	1.13	0.00	0.28	0.00	0.00	0.85	0.28	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	3.97	0.00	0.85	1.98	27.20	15.30	1.42	3.68	7.37	0.00	0.57			
	71-72	0.00	0.87	1.09	2.40	16.16	0.00	3.49	3.71	1.09	0.22	0.00	0.22	0.00	0.22	0.00	1.31	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	2.18	0.00	0.00	3.71	35.59	22.71	0.44	0.00	1.53	0.00	0.00			
	81-82	0.00	0.00	0.00	2.78	19.21	0.69	3.01	0.69	0.00	0.23	0.00	0.46	1.85	0.69	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	0.46	0.93	2.31	0.00	0.23	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25	0.00	2.08	3.70	27.31	13.19	1.16	3.94	5.09	0.69	0.46			
	91-92	0.00	3.78	0.25	4.53	12.34	0.00	2.02	0.00	0.25	0.00	1.51	0.00	0.25	0.00	0.00	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.26	0.00	0.00	1.51	32.24	26.95	0.25	2.02	5.29	0.00	0.00			
	172-173	0.00	0.25	0.00	0.00	20.40	0.00	4.23	0.00																																			

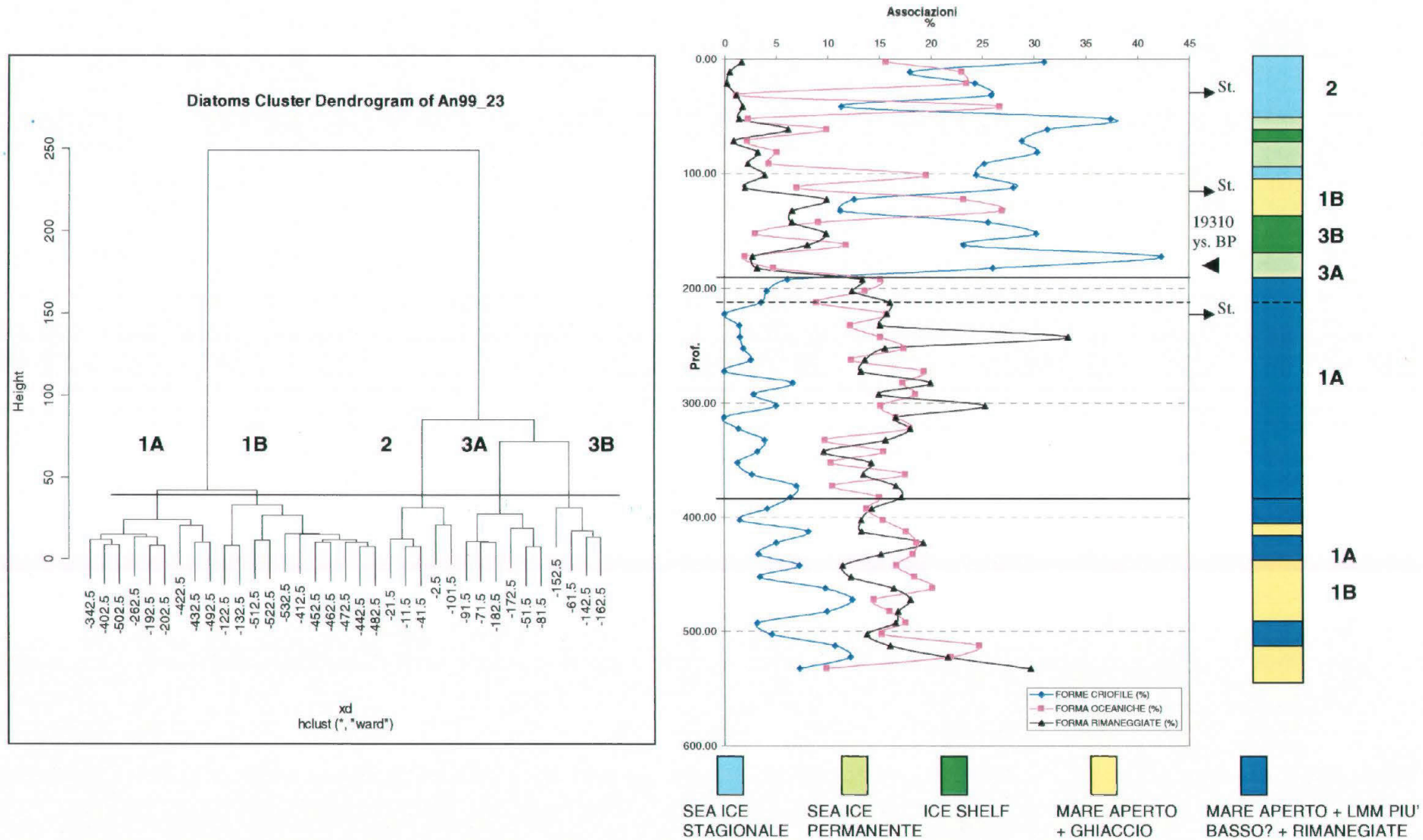


Fig. 5.3.10 Diagramma Cluster Analysis e Clusters lungo la carota ANTA99 23

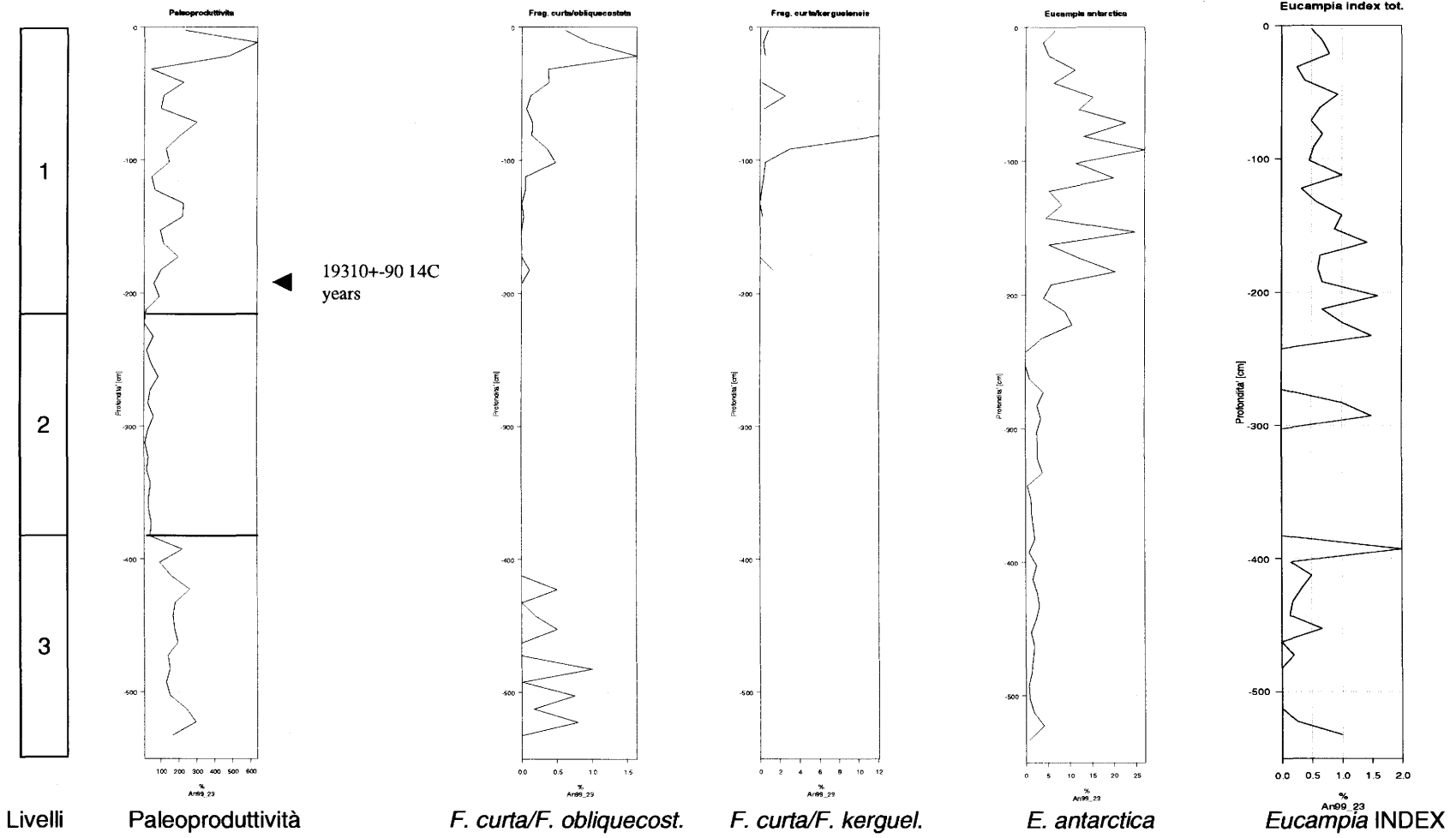


Fig. 5.3.11. Indici biotici ANTA99 23

Dall'analisi dell'andamento del rapporto di queste due specie (assunte come forma di margine glaciale/ forma legata a copertura da ghiaccio marino estivo sensu Gersonde & Zielinski, 2000) si può notare l'andamento a dente di sega tra le due nel livello inferiore (3), mentre in quello superiore (1) si nota la prevalenza della forma copertura estiva che lascia però il posto alla forma di margine glaciale in corrispondenza dei campioni 101-102 cm e 21-22 cm, indicando probabili fasi di ritiro del margine glaciale estivo con passaggio a condizioni ambientali tipiche della Seasonal Ice Zone (SIZ) sempre più marcate.

Rapporto *Fragilariopsis curta*/ *F. kerguelensis*:

F. kerguelensis è stata riscontrata principalmente nella parte superiore del livello 1 (cluster 2) ed è risultata associata a percentuali di presenza minime di *F. curta*.

Dall'analisi dell'andamento del rapporto *F. curta*/*F. kerguelensis* si può notare la discontinuità del segnale e si può perciò considerare poco significativa lungo gran parte della carota ed indicando possibili influssi di circolazione oceanica solo relativi alla parte più superficiale.

EUCAMPIA INDEX:

Il rapporto raggiunge il valore massimo di 2, indicando colonie molto corte di *E. antarctica* var. *recta* (questo valore indica infatti il prevalere di valve terminali su quelle intercalari). Nel livello inferiore (3) le percentuali di presenza di *E. antarctica* restano costanti mentre si nota la tendenza a crescere dell'*E. Index*, mentre nella parte superiore del livello medio (2) e nel livello superiore (1), pur aumentando le percentuali di presenza di *E. antarctica*, l'*E. Index* tende in generale a decrescere (andamento ossevabile soprattutto analizzando i valori positivi).

Ciò potrebbe essere interpretato, conformemente a quanto ipotizzato da Katzmarska et al., 1993, come dovuto ad una generale tendenza verso un progressivo allungamento delle colonie di *Eucampia antarctica* var. *recta*, testimonianza quindi di generali condizioni di mare libero da copertura sempre più marcate.

5.4 ANTA91 8

5.4.1 Descrizione della carota

Questa carota ha dimostrato una presenza di microflora silicea piuttosto ricca e diversificata con andamenti piuttosto articolati evidenti dall'andamento della curva di paleoproduttività relativa.

L'andamento della curva della paleoproduttività relativa infatti (Figg. 5.4.0 e 5.4.1) è caratterizzato da forti oscillazioni per cui è stato preventivamente ritenuta utile una più speditiva distinzione in tre livelli:

- 1 - livello inferiore (dai 509 cm ai 150 cm)
- 2 - livello medio (compreso tra i 150 cm ed i 68 cm)
- 3 - livello superiore (dal campione 68 cm alla superficie).

Il livello inferiore (Livello 1) è piuttosto ampio ed è caratterizzato da un andamento marcatamente oscillatorio con valori positivi relativi ai campioni 482-485 cm (massimo assoluto con 700 es. per transetto), 410-412 cm e 223.5-226 cm; vi sono tre valori minimi corrispondenti ai campioni 464-467 cm, 384-387 cm e 287.5-290 cm (minimo assoluto con meno di 100 es. per transetto).

Il livello medio (Livello 2) è caratterizzato da una graduale diminuzione della paleoproduttività fino al campione 100-102 cm e da una ripresa, sempre graduale, fino al campione 68-71cm. Il valore del campione 100-102 è inferiore ai 100 esemplari per transetto e rientra nei valori minimi notati per il livello inferiore.

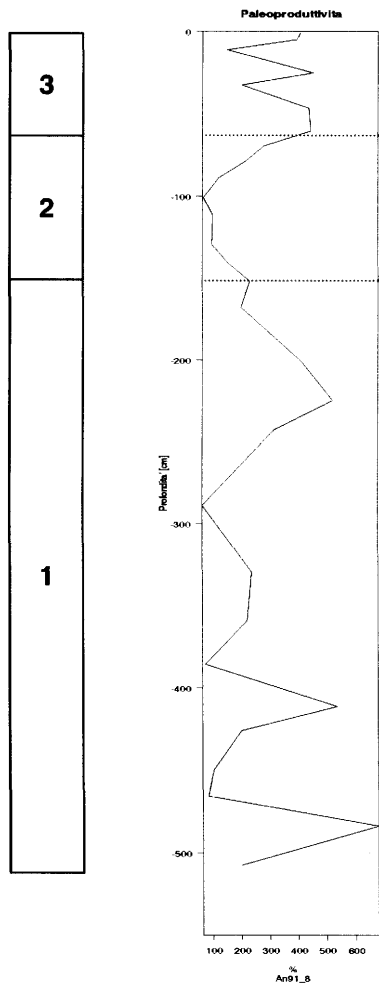
Il livello superiore (Livello 3) inizia con il campione 59-62 cm dove si assiste ad una ripresa della paleoproduttività con un andamento oscillatorio meno marcato rispetto a quello del livello inferiore ma comunque evidente. L'andamento medio è attorno ai 300 es. per transetto e vi è un valore negativo corrispondente al campione 10-12 cm che risulta comunque superiore ai 100 esemplari per transetto.

Per quanto riguarda le paleoflore riscontrate in questa carota esse sono rappresentate da 57 specie appartenenti a 24 generi (Figg. 5.4.2; 5.4.3 e 5.4.4).

Tali specie sono state poi suddivise nei seguenti gruppi associativi (Fig. 5.4.5):

PROFONDITA' (cm)	Radiolari	Silicoflagellati	Archeomonadi	Spicole var. A	Spicole	Pellets	Vetro vulcanico
0-2	C	F	RR	-	A	R	R
4-6	R	F	C	-	C	-	RR
10-12	R	R	R	X	A	F	-
24-26	RR	F	RR	-	A	RR	-
31-34	R	F	F	-	F/C	R	F
45,5-48	RR	F	R	-	F	RR	RR
59-62	-	R	R	-	A	-	RR
68-71	R	-	RR	-	C	F	F/C
78-80	RR	-	R	-	C	-	RR
88-90	RR	-	R	-	C/F	R	R
100-102	R	-	R	-	A	R	C
110-113	R	RR	R	-	A	R	F
128-131	RR	R	R	-	C	R	R
139-142	-	-	A	-	C	-	R
150-153	F	-	RR	-	A	F	C
167-169	F	-	RR	-	A	RR	R
199-201	F	-	-	-	A	F	C
223,5-226	F	F/R	RR	-	A	RR	R
241-244	RR	RR	RR	-	C/A	RR	-
287,5-290	R	-	C	-	C	R	F/R
328-331	RR	-	RR	-	C	R	-
357-360	RR	-	C	-	C	R	R
384-387	R	-	RR	X	A	R	R
410-412	R	-	F	-	R	-	R
424,5-427	-	-	C	-	F	-	RR
448-451	RR	-	RR	-	F/C	RR	-
464-467	F	-	C	-	C	F/R	F
482-485	RR	-	F	X	A	F	R
506-509	RR	-	R	-	F	RR	RR

Fig. 5.4.0. - Carota ANTA 91 8 - Tabella altre forme silicee e stime semiquantitative



ANTA91 8

Fig. 5.4.1 Segnale di paleoproduttività relativa ANTA91 8

NOTE:

Per calcolare il segnale di paleoproduttività relativa sono state tolte le forme considerate rimaneggiate; la colonnina a fianco rappresenta la curva di silice biogenica (wt%) secondo Ceccaroni et al., 1998.

Per le datazioni si rimanda al Capitolo 6.

Fig. 5.4.2 Lista floristica ANTA91 8

Actinocyclus actinochilus
Actinoptycus senarius
Actinocyclus ehrebergii
Actinocyclus ingens
Asteromphalus heptactis
Asteromphalus parvulus
Chaetoceros bombatus
Chaetoceros sp.
Chaetoceros cellule vegetative
Chaetoceros spore
Choretron criophilum
Cocconeis cf. *costatum*
Coscinodiscus sp
Coscinodiscus oculusiridis
Dactyliosolen antarcticus
Denticulopsis hyalina
Denticulopsis sp.
Denticulopsis cf. *hustedtii*
Denticulopsis maccollumii
Eucampia antarctica
Liradiscus sp.
Nitschia sp. indeterminata
Fragilariopsis angulata
Fragilariopsis cylindrus
Fragilariopsis curta
Fragilariopsis kerguelensis
Fragilariopsis obliquecostata
Fragilariopsis separanda
Fragilariopsis sublinearis
Fragilariopsis cf. *peragalli*
Paralia sulcata
Porosira glacialis
Porosira pseudodenticulata
Proboscia alata
Rhizosolenia barboi
Rhizosolenia stilyformis
Rhizosolenia hebetata
Rhizosolenia hebetata morf. *bidens*
Rouxia antarctica
Stellarima microtrias
Stephanopyxis sp.
Stephanopyxis grunowii
Stephanopyxis turris
Thalassiosira antarctica
Thalassiosira eccentrica
Thalassiosira fasciculata
Thalassiosira gracilis
Thalassiosira cf. *inura*
Thalassiosira lentiginosa
Thalassiosira oestrupii
Thalassiosira oliverana
Thalassiosira cf. *ritscheri*
Thalassiosira tumida
Gruppo *Thalassiothrix longissima/antartica*
Trinacria excavata
Trinacria pileolus
Xanthiopyxis

Livelli			Diatomee																																																									
Livello	Profondita'	Profondita' media	<i>Actinocyclus actinocylus</i>	<i>Actinocyclus senarius</i>	<i>Actinocyclus ehrensbergii</i>	<i>Actinocyclus ingens</i>	<i>Asteromphalus heptactis</i>	<i>Asteromphalus parvulus</i>	<i>Chaetoceros bombatus</i>	<i>Chaetoceros sp.</i>	<i>Chaetoceros cella veg.</i>	<i>Chaetoceros spore</i>	<i>Choreonon criophilum</i>	<i>Cocconeis cf. costatum</i>	<i>Coccolodiscus sp.</i>	<i>Coccolodiscus oculustridus</i>	<i>Dactylosolen antarcticus</i>	<i>Denticulopsis hyalina</i>	<i>Denticulopsis sp.</i>	<i>Denticulopsis cf. hustedii</i>	<i>Denticulopsis maccoliumii</i>	<i>Eucampia antarctica</i>	<i>Liradiscus sp.</i>	<i>Nischia sp.</i>	<i>Fragilaropsis angulata</i>	<i>Fragilaropsis cylindrus</i>	<i>Fragilaropsis curta</i>	<i>Fragilaropsis keruelensis</i>	<i>Fragilaropsis obliquecostata</i>	<i>Fragilaropsis separanda</i>	<i>Fragilaropsis sublinearis</i>	<i>Fragilaropsis cf. paragalli</i>	<i>Paralia sulcata</i>	<i>Porosira glacialis</i>	<i>Porosira pseudodenticulata</i>	<i>Proboscia alata</i>	<i>Rhizosolenia barbol</i>	<i>Rhizosolenia stilyformis</i>	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	<i>Rhizosolenia hebetata morf. bidens</i>	<i>Rouxia antarctica</i>	<i>Stellarima microtrias</i>	<i>Stephanopyxis sp.</i>	<i>Stephanopyxis grunowii</i>	<i>Stephanopyxis turris</i>	<i>Thalassiosira antarctica</i>	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	<i>Thalassiosira fasciculata</i>	<i>Thalassiosira gracilis</i>	<i>Thalassiosira cf. Inura</i>	<i>Thalassiosira lentiginosa</i>	<i>Thalassiosira oestrupii</i>	<i>Thalassiosira oliverana</i>	<i>Thalassiosira cf. Ritscheri</i>	<i>Thalassiosira tumida</i>	Gruppo <i>Thalassiosira longiant.</i>	<i>Trinactia excavata</i>	<i>Trinactia piteolus</i>	<i>Xantlopyxis</i>	TOTALI
1	0-2	-1.00	1.90	0.00	0.00	1.42	0.00	0.24	0.00	0.00	0.24	10.90	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.24	10.19	0.47	0.00	4.27	0.24	11.37	19.19	2.84	0.00	6.84	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.24	0.47	0.00	0.00	0.24	0.71	0.00	0.47	0.47	5.89	0.00	0.24	0.71	0.24	3.79	0.71	0.95	0.71	0.00	13.74	0.00	0.24	0.00	100.00	
2	4-6	-5.00	1.71	0.00	0.00	0.24	0.00	0.24	0.00	0.73	0.00	13.94	0.49	0.00	0.00	0.00	0.49	0.98	0.00	0.00	0.00	6.36	0.00	0.00	2.20	0.24	12.47	9.54	19.07	1.47	3.67	0.00	0.73	1.47	0.00	0.00	0.24	0.24	0.24	0.00	0.24	0.98	0.00	0.00	0.24	3.42	0.73	0.00	0.98	0.00	4.65	0.00	1.71	0.00	0.73	8.80	0.24	0.24	0.24	100.00
3	10-12	-11.00	1.84	0.00	0.00	0.26	0.26	0.00	0.00	0.00	3.41	14.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.26	0.00	3.94	0.00	0.52	5.51	0.26	22.31	5.77	12.07	0.00	8.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	0.00	0.52	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	1.31	0.00	2.89	2.62	1.57	0.00	0.00	4.99	0.00	0.00	0.00	100.00			
4	24-26	-25.00	2.33	0.00	0.00	0.29	0.00	0.29	0.00	0.00	0.58	24.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	6.41	0.00	0.00	2.33	0.29	16.03	4.08	17.20	0.87	7.29	0.00	0.29	0.58	0.00	0.00	0.00	0.87	0.29	0.29	0.00	0.29	0.00	0.00	4.96	0.00	0.58	0.00	4.08	3.21	0.29	0.58	0.00	1.46	0.00	0.00	0.00	100.00			
5	31-34	-32.50	1.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.32	0.66	25.50	0.33	0.00	0.33	0.33	0.00	0.66	0.00	0.00	0.33	11.59	0.00	0.00	0.00	0.00	12.91	6.95	14.90	0.00	0.99	0.00	0.66	0.00	1.66	0.00	0.66	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	4.97	0.00	2.98	0.00	0.99	0.66	0.66	0.00	0.00	7.95	0.00	0.00	0.00	100.00				
6	45.5-48	-46.75	0.91	0.00	0.00	0.23	0.00	0.23	0.00	0.00	0.45	40.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.91	0.00	0.00	2.49	0.23	2.04	31.07	2.04	0.00	6.35	0.23	0.23	0.23	0.00	0.00	0.00	0.91	0.00	0.23	0.23	0.00	0.00	3.63	0.00	0.23	1.13	0.00	1.81	0.00	0.91	0.00	0.00	2.04	0.23	0.23	0.00	100.00			
7	59-62	-60.50	1.56	0.00	0.67	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	6.00	23.11	0.44	0.22	0.00	0.67	0.67	0.00	0.22	0.00	4.89	0.00	0.00	3.56	0.44	19.33	16.89	6.44	0.00	1.11	0.00	0.44	0.22	0.00	0.00	0.00	1.33	0.00	0.67	0.00	0.00	0.22	0.00	1.33	0.00	0.00	3.56	1.56	0.22	0.00	3.78	0.00	0.00	0.00	100.00					
8	68-71	-69.50	1.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	25.42	0.28	0.00	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.65	0.00	0.00	0.56	0.56	13.56	24.58	3.67	0.00	5.93	0.00	0.28	1.13	0.28	0.28	0.00	1.13	0.28	0.00	0.56	0.00	0.56	0.37	0.28	0.00	1.41	0.00	1.89	0.00	0.56	0.28	1.98	0.00	0.28	0.00	100.00				
9	78-80	-79.00	6.18	0.00	0.29	0.29	0.00	0.00	0.00	1.47	9.71	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94	20.88	0.00	0.00	0.59	0.00	1.76	8.53	22.65	0.00	1.47	0.00	5.29	0.29	0.00	4.12	0.00	0.29	0.00	1.18	0.00	1.47	0.00	0.29	0.59	0.00	7.06	0.29	0.00	0.00	100.00									
10	88-90	-89.00	18.39	0.26	0.00	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.18	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00	1.04	0.00	25.13	0.78	0.00	0.78	0.00	0.26	3.11	9.33	0.00	6.22	0.00	10.36	0.00	0.26	0.00	0.00	0.52	0.00	0.52	0.00	0.00	1.04	0.26	6.48	0.26	0.26	0.26	0.78	1.55	0.00	0.26	0.00	3.89	0.00	0.26	0.00	100.00		
11	100-102	-101.00	6.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	17.75	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.85	0.28	0.00	0.85	6.20	0.00	0.00	0.85	0.00	1.69	8.17	8.17	0.28	2.25	0.00	5.92	0.28	0.00	0.85	0.00	0.56	9.86	0.00	2.54	0.00	0.56	0.00	6.48	0.00	0.28	0.00	4.79	0.00	0.56	1.69	0.00	10.70	0.00	0.56	0.00	100.00			
12	110-113	-111.50	4.95	0.00	0.00	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	9.57	0.00	0.00	0.00	0.33	0.66	0.00	0.00	0.00	0.66	51.49	0.00	0.00	3.63	0.00	1.32	2.31	7.26	0.00	0.33	0.00	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.92	0.33	0.00	0.66	0.00	0.00	0.66	0.00	4.62	0.00	0.00	0.00	100.00							
13	128-131	-129.50	10.89	0.00	0.74	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.25	7.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.24	20.79	1.49	0.00	0.99	0.74	3.71	8.42	9.41	0.00	2.23	0.00	0.74	2.23	0.74	0.25	0.00	0.00	0.74	0.00	1.49	0.00	0.00	0.25	0.25	12.62	0.00	0.00	0.00	2.48	1.24	0.74	0.25	0.00	6.44	0.00	0.50	0.00	100.00	
14	139-142	-140.50	1.74	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.22	1.74	12.17	37.83	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	3.04	0.00	0.00	0.00	0.00	5.43	9.35	10.65	3.91	0.00	0.43	0.22	0.22	0.00	0.22	0.00	0.43	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	1.09	0.00	0.00	0.22	7.83	0.00	0.00	0.87	0.00	100.00				
15	150-153	-151.50	1.44	0.00	0.00	0.00	1.15	0.00	0.00	14.84	29.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	10.06	0.00	0.00	0.57	0.00	6.03	13.51	6.90	0.00	2.01	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00	0.29	0.57	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	4.60	0.86	0.29	0.29	0.00	3.16	0.29	0.00	0.00	100.00								
16	167-169	-168.00	6.44	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.48	0.50	0.00	0.50	0.00	0.99	4.21	1.49	0.74	8.66	0.00	1.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.74	0.00	5.69	0.00	1.24	0.50	0.25	5.69	0.25	0.50	0.25	0.00	2.97	0.00	0.00	0.00	100.00			
17	199-201	-200.00	0.98	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	4.90	44.12	0.00	0.00	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	16.99	0.00	0.00	5.56	0.00	2.29	2.94	5.23	0.00	1.31	0.00	0.33	0.00	0.33	0.00	0.33	0.00	0.98	0.00	0.33	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.33	0.00	9.80	0.65	0.33	0.33	0.00	1.31	0.00	0.00	0.00	100.00			
18	223.5-226	-224.75	4.98	0.00	0.19	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.62	0.38	0.00	0.00	0.57	2.49	0.00	0.00	0.00	2.49	0.00	0.00	1.53	0.38	9.58	29.12	4.02	0.00	16.86	0.00	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.38	0.00	0.00	4.02	0.00	0.19	6.51	0.00	2.30	0.19	0.38	1.34	0.00	1.15	0.00	0.00	0.00	100.00				
19	241-244	-242.50	4.05	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	15.58	2.18	0.00	0.00	0.00	2.49	0.31	0.31	0.00	0.00	9.66	0.00	0.00	0.00	0.00	11.84	15.26	14.02	0.00	6.23	0.00	1.56	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.62	0.00	0.31	4.67	0.00	2.49	0.00	5.61	0.00	0.62	0.93	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	100.00					
20	287.5-290	-288.50	7.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	15.32	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	30.03	0.00	0.00	3.60	0.90	1.20	2.10	14.41	0.00	1.20	0.00	4.80	0.00	2.40	0.00	0.00	2.40	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	3.90	0.00	0.00	2.10	0.00	0.00	0.60	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	100.00					
21	328-331	-329.50	3.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.16	0.21	0.00	0.21	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00	0.42	0.00	6.89	6.88	6.05	0.00	3.34	0.00	0.21	0.21	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00	1.46	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	0.00	0.00	3.13	0.42	0.00	0.21	0.21	2.51	0.00	0.21	0.00	100.00				
22	357-360	-358.50	3.13	0.00	0.28	0.28	0.00	0.00	0.00	1.42	20.17	0.00	0.00	0.00	0.00	6.82	0.00	0.00	0.00	0.57	8.81	0.00	0.00	0.00	0.28	11.36	7.10	7.10	0.00	4.5																														

PROFONDITA' media	FORME CRIOFILE								FORME OCEANICHE								FORME RIMANEGGiate								FORME SIGNIFICATIVE													
	<i>Choreton criophilum</i>	<i>Fragilaropsis angulata</i>	<i>Fragilaropsis clyndrus</i>	<i>Fragilaropsis curta</i>	<i>Fragilaropsis obliquecostata</i>	<i>Fragilaropsis separanda</i>	<i>Fragilaropsis sublinearis</i>	<i>Porosira glacialis</i>	<i>Porosira pseudodenticulata</i>	<i>Coccolithus oculusfridis</i>	<i>Fragilaropsis kerguelensis</i>	<i>Proboscia alata</i>	<i>Rhizosolenia siliiformis</i>	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	<i>Rhiz. hebetata morf. bidens</i>	<i>Stellarima microtrias</i>	<i>Thalassiosira gracilis</i>	<i>Thalassiosira lentiginosa</i>	<i>Acinocyclus ingens</i>	<i>Denticula hyalina</i>	<i>Denticulopsis sp.</i>	<i>Denticulopsis cf. hustedtii</i>	<i>Denticulopsis maccollumii</i>	<i>Rhizosolenia barboi</i>	<i>Rouxia antarctica</i>	<i>Stephanopyxis sp.</i>	<i>Stephanopyxis grunowii</i>	<i>Stephanopyxis turris</i>	<i>Thalassiosira cf. inura</i>	<i>Trinactia excavata</i>	<i>Trinactia pileolus</i>	<i>Paralia sulcata</i>	<i>Chaetoceros cell. veg.</i>	<i>Chaetoceros spore</i>	<i>Acinocyclus actinochilus</i>	<i>Eucampia antarctica</i>	<i>Thalassiosira antarctica</i>	Gruppo <i>Thalassiosira long/ant.</i>
-1.00	0.00	4.27	0.24	11.37	2.84	0.00	6.64	0.00	0.24	19.19	0.00	0.24	0.47	0.00	0.24	0.71	3.79	1.42	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.47	0.47	0.24	0.00	0.24	0.71	0.24	10.90	1.90	10.19	5.89	13.74	0.00
-5.00	0.48	2.22	0.25	12.56	19.21	1.48	3.69	1.48	0.00	0.00	9.61	0.00	0.25	0.25	0.00	0.99	4.68	0.25	0.99	0.00	0.00	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	0.74	0.00	14.04	1.72	6.40	2.71	8.87	0.25		
-11.00	0.00	5.51	0.26	22.31	12.07	0.00	8.14	0.00	0.00	0.00	5.77	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	1.31	2.89	0.26	0.00	0.26	0.00	0.00	0.52	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.41	14.86	1.84	3.94	5.25	4.99	0.00
-25.00	0.00	2.33	0.29	16.03	17.20	0.87	7.29	0.58	0.00	0.00	4.08	0.00	0.00	0.87	0.29	0.29	0.58	4.08	0.29	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.58	24.20	2.33	6.41	4.96	1.46	0.00		
-31.50	0.33	0.00	0.00	12.91	14.90	0.00	0.99	0.00	1.66	0.33	6.95	0.00	0.66	0.00	0.33	2.98	0.99	0.00	0.66	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.66	25.50	1.66	11.59	4.97	7.95	0.00		
-47.75	0.00	2.49	0.23	2.04	2.04	0.00	6.33	0.23	0.00	0.00	31.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.23	1.13	1.81	0.23	0.00	0.00	0.23	0.00	0.23	0.00	0.23	0.23	0.23	0.45	40.50	0.90	0.90	3.62	2.04	0.00			
-60.50	0.44	3.56	0.44	19.33	6.44	0.00	1.11	0.22	0.00	0.67	16.89	0.00	0.00	1.33	0.00	0.00	0.00	3.56	0.00	0.22	0.00	0.22	0.00	0.87	0.00	0.22	0.00	0.00	0.44	6.00	23.11	1.56	4.89	1.33	3.78	0.00		
-69.50	0.28	0.56	0.56	13.56	3.67	0.00	5.93	1.13	0.28	0.85	24.58	0.28	0.00	1.13	0.00	0.00	1.41	1.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.56	0.00	0.00	0.28	1.13	25.42	1.98	5.65	4.52	1.98	0.00			
-79.00	0.00	0.59	0.00	1.76	22.65	0.00	1.47	0.29	0.00	0.29	8.53	4.12	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	1.47	0.29	0.00	0.00	2.94	0.00	1.76	0.00	0.29	0.00	0.29	0.00	5.29	1.47	9.71	6.18	20.88	1.18	7.06	0.00	
-89.00	0.00	0.78	0.00	0.26	9.33	0.00	6.22	0.00	0.28	0.78	3.11	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00	0.26	1.55	1.81	0.00	0.00	1.04	0.00	0.52	0.00	1.04	0.26	0.78	0.00	10.36	0.00	5.18	18.39	25.13	6.48	3.89	0.00	
-101.00	0.00	0.85	0.00	1.69	8.17	0.28	2.25	0.28	0.00	0.00	8.17	0.85	0.56	9.86	0.00	0.00	0.28	4.79	0.00	0.00	0.85	0.28	0.00	2.54	0.00	0.56	0.00	0.00	0.56	5.92	1.13	17.75	6.48	6.20	6.48	10.70	0.00	
-111.50	0.00	3.63	0.00	1.32	7.26	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	4.95	0.00	0.00	0.85	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	1.32	0.00	9.57	4.95	51.49	7.92	4.62	6.42	0.00		
-129.50	0.00	0.99	0.74	3.70	9.38	0.00	2.22	2.22	0.74	0.00	8.40	0.25	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	2.47	0.00	0.00	0.49	1.23	0.00	1.48	0.00	0.25	0.25	0.00	0.49	0.74	0.25	7.16	10.86	20.74	12.59	6.42	0.00	
-140.50	0.00	0.00	0.00	5.43	10.65	3.91	0.00	0.22	0.00	0.22	9.35	0.22	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	1.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	12.17	37.83	1.74	3.04	1.09	7.83	0.87			
-151.50	0.00	0.57	0.00	6.03	6.90	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00	13.51	0.00	0.29	0.57	0.00	0.00	0.29	4.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.29	0.00	0.86	14.94	29.60	1.44	10.06	1.72	3.16	0.00	
-168.00	0.00	0.50	0.00	0.99	1.49	0.74	8.66	0.00	0.00	0.00	4.21	0.00	0.00	0.74	0.00	0.74	0.50	5.69	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.25	0.00	1.73	0.00	2.72	6.44	52.48	5.69	2.97	0.00	
-200.00	0.00	5.56	0.00	2.29	5.23	0.00	1.31	0.00	0.00	0.33	2.94	0.33	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	9.80	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	4.90	44.12	0.98	16.99	0.33	1.31	0.00		
-224.75	0.38	1.53	0.38	9.56	4.02	0.00	16.63	0.00	0.00	0.57	29.06	0.00	0.00	0.57	0.00	0.38	6.50	2.29	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53	0.00	8.60	4.97	2.49	2.68	1.15	0.00			
-242.50	2.18	0.00	0.00	11.84	14.02	0.00	5.92	0.00	0.00	0.00	15.26	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	2.49	5.61	0.00	0.31	0.31	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.31	0.00	0.00	1.56	0.00	15.58	4.05	9.66	2.18	0.31	0.00	
-288.75	0.00	3.60	0.90	1.20	14.41	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	2.10	2.40	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	2.10	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1.20	0.00	0.60	0.00	0.00	4.80	0.90	15.32	7.51	30.03	3.30	4.50	0.00		
-329.50	0.21	0.42	0.00	6.89	6.05	0.00	3.34	0.21	0.00	0.00	6.68	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.21	0.00	56.16	3.97	2.30	1.46	2.51	0.00		
-358.50	0.00	0.00	0.28	11.36	7.10	0.00	4.55	0.00	0.00	0.00	7.10	0.85	0.57	0.57	0.00	0.28	0.57	10.51	0.28	0.00	0.00	0.57	0.00	5.11	0.00	0.00	0.00	0.00	1.42	1.42	20.17	3.13	8.81	2.27	2.27	0.00		
-385.50	0.00	0.65	0.00	1.30	5.54	0.00	3.26	0.33	0.00	1.95	3.26	0.00	0.00	2.28	0.00	0.00	0.00	23.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	2.28	0.98	5.86	11.40	28.06	1.95	1.63	0.00		
-411.00	0.00	0.53	0.00	10.48	4.62	0.36	2.66	0.00	0.00	0.00	14.21	0.00	0.36	0.53	0.00	0.00	0.71	3.55	0.00	0.00	0.00	0.00	4.09	0.00	0.36	0.00	0.00	0.36	8.53	31.97	0.36	5.33	1.24	3.91	0.36			
-425.75	0.00	0.00	0.00	5.45	8.97	0.00	2.56	0.00	0.00	0.00	1.60	0.96	0.00	1.28	0.00	0.00	0.32	1.28	0.32	0.00	0.96	0.00	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.96	5.77	41.87	0.96	1.60	9.29	3.53	0.00	
-449.50	0.00	0.00	0.00	1.28	20.13	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	6.39	0.00	0.96	2.88	0.00	1.28	0.00	2.88	0.64	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	1.28	0.00	0.64	6.4	5.11	0.00	14.38	4.15	9.90	16.61	4.15	1.60	
-465.50	0.00	0.00	0.00	2.02	10.98	0.00	4.91	0.00	0.00	0.00	3.47	0.87	0.00	1.16	0.00	0.00	0.00	2.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.00	0.87	0.00	0.00	0.58	5.49	1.73	23.41	10.98	16.18	7.80	2.89	0.00		
-483.50	0.29	0.00	0.29	2.35	7.92	0.00	3.23	0.00	0.00	0.29	3.23	0.29	0.00	0.00	0.00	0.88	0.88	5.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	0.29	0.00	0.29	1.47	54.55	1.78	5.28	3.52	1.47	1.17		
-507.50	0.00	0.24	0.24	2.18	11.41	0.24	1.46	0.00	0.00	0.00	4.13	0.24	0.00	0.73	0.00	1.21	0.00	3.64	0.24	0.00	0.49	0.00	0.00	0.73	0.00	0.24	0.49	0.00	0.00	3.64	3.88	44.17	2.91	5.58	5.34	2.43	0.00	

Fig. 5.4.5. - Carota ANTA 91 8 - Tabella associazioni a diatomee

PROFONDITA' media	FORME CRIOFILE	FORME CRIOFILE (%)	FORME OCEANICHE	FORMA OCEANICHE (%)	FORME RIMANEGGIATE	FORMA RIMANEGGIATE (%)	FORME SIGNIFICATIVE	FORME SIGNIFICATIVE (%)	FORME RIMANENTI	FORME RIMANENTI (%)
-1.00	107	25.36	102	24.17	13	3.08	180	42.65	20	4.74
-5.00	168	41.08	64	15.65	10	2.44	144	35.21	23	5.62
-11.00	184	48.29	36	9.45	5	1.31	131	34.38	25	6.56
-25.00	153	44.61	33	9.62	2	0.58	137	39.94	18	5.25
-32.50	93	30.79	28	9.27	3	0.99	162	53.64	16	5.30
-47.75	59	13.38	150	34.01	5	1.13	214	48.53	13	2.95
-60.50	142	31.56	101	22.44	6	1.33	183	40.67	18	4.00
-69.50	92	25.99	101	28.53	4	1.13	147	41.53	10	2.82
-79.00	91	26.76	50	14.71	19	5.59	158	46.47	22	6.47
-89.00	65	16.84	23	5.96	22	5.70	228	59.07	48	12.44
-101.00	48	13.52	86	24.23	17	4.79	173	48.73	31	8.73
-111.50	38	12.54	7	2.31	10	3.30	238	78.55	10	3.30
-129.50	81	20.05	48	11.88	17	4.21	235	58.17	23	5.69
-140.50	93	20.22	52	11.30	3	0.65	307	66.74	5	1.09
-151.50	54	15.52	66	18.97	2	0.57	212	60.92	14	4.02
-168.00	50	12.38	46	11.39	4	0.99	284	70.30	20	4.95
-200.00	44	14.38	44	14.38	2	0.65	210	68.63	6	1.96
-224.75	171	32.76	172	32.95	1	0.19	111	21.26	67	12.84
-242.50	110	34.27	69	21.50	5	1.56	110	34.27	27	8.41
-288.75	71	21.32	26	7.81	11	3.30	207	62.16	18	5.41
-329.50	82	17.12	50	10.44	8	1.67	318	66.39	21	4.38
-358.50	82	23.30	70	19.89	21	5.97	135	38.35	44	12.50
-385.50	34	11.15	96	31.48	3	0.98	150	49.18	22	7.21
-411.00	105	18.65	105	18.65	25	4.44	297	52.75	31	5.51
-425.75	54	17.31	16	5.13	11	3.53	196	62.82	35	11.22
-449.50	68	21.73	45	14.38	11	3.51	163	52.08	26	8.31
-465.50	62	17.92	29	8.38	8	2.31	218	63.01	29	8.38
-483.50	48	14.08	35	10.26	4	1.17	236	69.21	18	5.28
-507.50	65	15.78	41	9.95	11	2.67	270	65.53	25	6.07

Fig. 5.4.6. - Carota ANTA 91 8 - Rappresentativita' delle associazioni a diatomee

- associazione criofila
- associazione oceaniche
- gruppo forme rimaneggiate
- gruppo forme significative

La rappresentatività delle associazioni (Fig. 5.4.6) presenta un generale aumento, verso la parte superficiale della carota, della rappresentatività delle associazioni criofile/oceaniche e significative, a discapito delle forme rimanenti (quelle cioè alle quali non è stato attribuito nessun significato ambientale e/o ecologico).

Essa varia per alcuni livelli con un optimum di rappresentatività per il campione 223.5-226 cm dove le forme rimanenti scendono ad un valore di 34.1%.

L'andamento delle associazioni (Figg. 5.4.7a e 5.4.7b) mostra, partendo dalla base della carota verso l'alto fino al campione 424.5-427 cm, un andamento nettamente in fase delle curve relative alle forme criofile ed oceaniche; vi è un minimo assoluto per le forme oceaniche inferiore al 10% al campione 424.5-427 cm, mentre le forme criofile raggiungono un massimo in corrispondenza del campione 448-451cm con quasi il 40%. Anche l'andamento delle forme rimaneggiate segue questa tendenza in fase rimanendo sempre inferiori al 10%.

Le associazioni relative a questo livello sono dominate da *Chaetoceros* spore seguite da *Fragilariopsis obliquecostata* ed *Eucampia antarctica*. Differiscono il campione 448-451 cm, dove domina *F. obliquecostata* seguita da *Thalassiosira antarctica* e poi *Chaetoceros* spore, ed il campione 424.5-427cm dove ai *Chaetoceros* (con spore e cellule vegetative) segue *T. antarctica* e poi *F. obliquecostata*. Tra le forme oceaniche la specie dominante è generalmente *F. kerguelensis* tranne che al campione 482-485 cm dove prevale *Th. lentiginosa* e 424.5-427cm dove prevale il Gruppo *Thalassiothrix longiant*.

Segue, dal campione 410-412 cm al 357-360 cm un andamento in controfase tra le forme oceaniche (con un valore massimo di quasi il 35%) e le forme criofile che raggiungono un valore minimo inferiore al 15% entrambe al campione 384-387cm. Le forme rimaneggiate seguono l'andamento delle criofile rimanendo in percentuali minime.

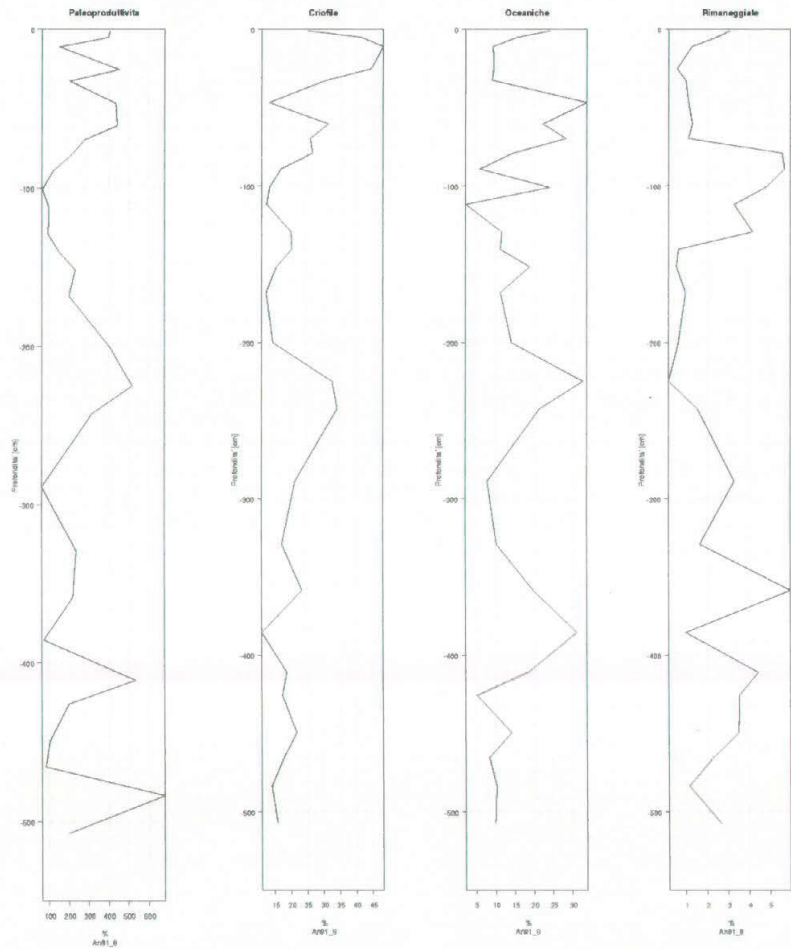
Le associazioni relative a questo livello sono caratterizzate dalla dominanza di spore di *Chaetoceros* con buona percentuale anche di *F. curta* e *F. kerguelensis* (oceanica) per i campioni superiore ed inferiore, mentre il campione intermedio (384-387cm) presenta come dominante *E. antarctica* seguita dalla specie oceanica *Th. lentiginosa*, *Actinocyclus actinochilus*, spore di *Chaetoceros* e *F. obliquecostata*.

Dal campione 328-331cm al 223.5-226 cm si ritorna ad un andamento in fase tra forme criofile ed oceaniche con le criofile rappresentate con percentuali di presenza maggiori rispetto alle oceaniche ed un valore positivo di quasi il 40% al campione 241-244 cm. Le forme rimaneggiate tendono a seguire l'andamento delle forme criofile nella parte inferiore di questo livello (campioni 328-331cm e 287.5-290 cm), mentre in corrispondenza del massimo valore relativo alle forme criofile (camp. 241-244 cm) se ne distaccano e si annullano (0.1% al campione 223.5-226 cm).

Per quanto riguarda le associazioni relative a questo livello esse sono caratterizzate dalla dominanza delle spore di *Chaetoceros* con buone percentuali di *F. curta* e *F. obliquecostata* per le forme criofile e *F. kerguelensis* tra le forme oceaniche per i campioni con paleoproduttività media (328-331cm e 241-244 cm). Il campione con paleoproduttività bassa (287.5-290 cm) presenta invece come dominante *E. antarctica* seguita da spore di *Chaetoceros*, *F. obliquecostata*, *A. actinochilus*, *Paralia sulcata* e *Th. lentiginosa* (forma oceanica). Il campione con paleoproduttività alta (223.5-226 cm), invece, ha un'associazione dominata dalla specie oceanica *F. kerguelensis* seguita dalle specie criofile *F. sublinearis* e *F. curta* con le spore di *Chaetoceros*.

Segue un livello (compreso tra i campioni 199-201cm e 128-131cm), con paleoproduttività relativa tendente alla diminuzione, nel quale le forme criofile ed oceaniche tornano in controfase con oscillazioni sempre più marcate dalla base del livello al campione più superficiale (128-131cm). Le forme criofile raggiungono in questo punto un valore massimo relativo di oltre il 30%, mentre le forme oceaniche risultano in modesto calo. Le forme rimaneggiate rimangono in percentuali di presenza basse fino al campione 128-131cm dove, seguendo nuovamente l'andamento delle criofile, tendono ad aumentare (di poco maggiori al 4%). Si può notare inoltre una sorta di alternanza nella dominanza tra *Chaetoceros* (spore e cellule vegetative) ed *E. antarctica* accompagnate da forme oceaniche. Differiscono i campioni con paleoproduttività minore (150-153 cm e 139-142 cm) che presentano pure una certa percentuale di *F. curta*.

I due campioni successivi, 110-113 cm e 100-102 cm, presentano una bassa produttività relativa e nuovamente un andamento in fase; tale andamento è caratterizzato da una modestissima variazione delle percentuali di forme criofile ed una brusca variazione delle forme oceaniche che presentano al campione 110-113 cm un 6.9% ed al campione 100-102 cm un 34.9 %. Anche in questo caso le forme rimaneggiate sembrano seguire il modesto incremento delle criofile.

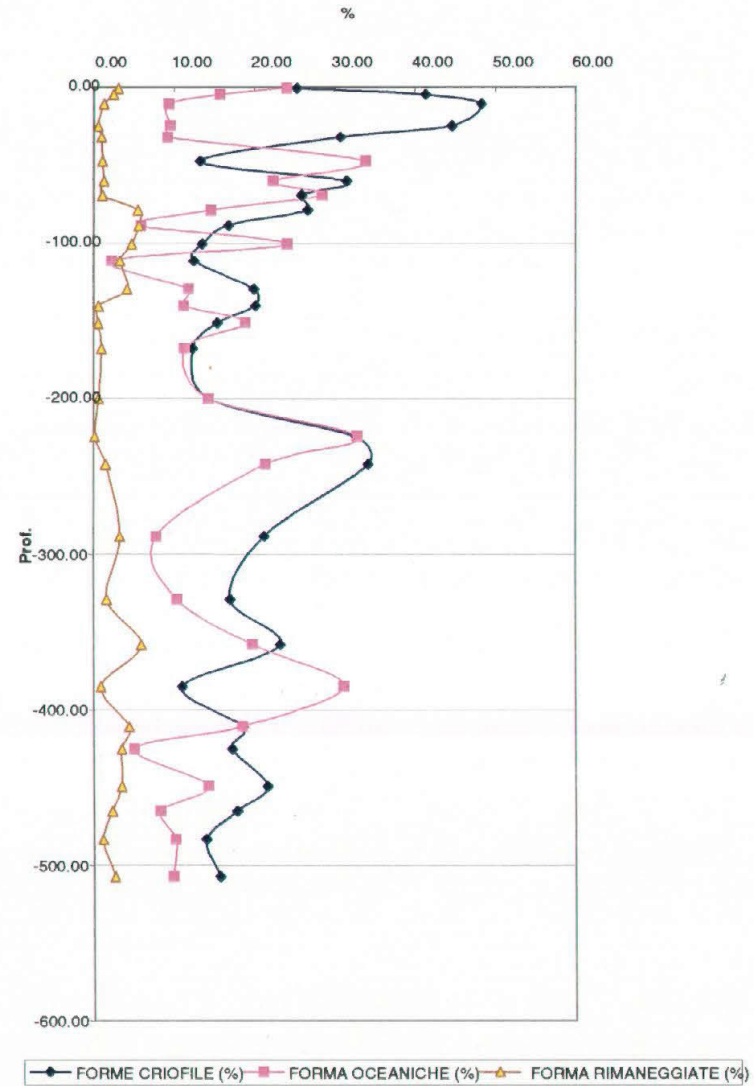


Paleoproduttività

Criofile

Oceaniche

Rimaneggiate



● FORME CRIofile (%) ■ FORMA OCEANICHE (%) ▲ FORMA RIMANEGGIATE (%)

Fig. 5.4.7a Associazioni ANTA91 8

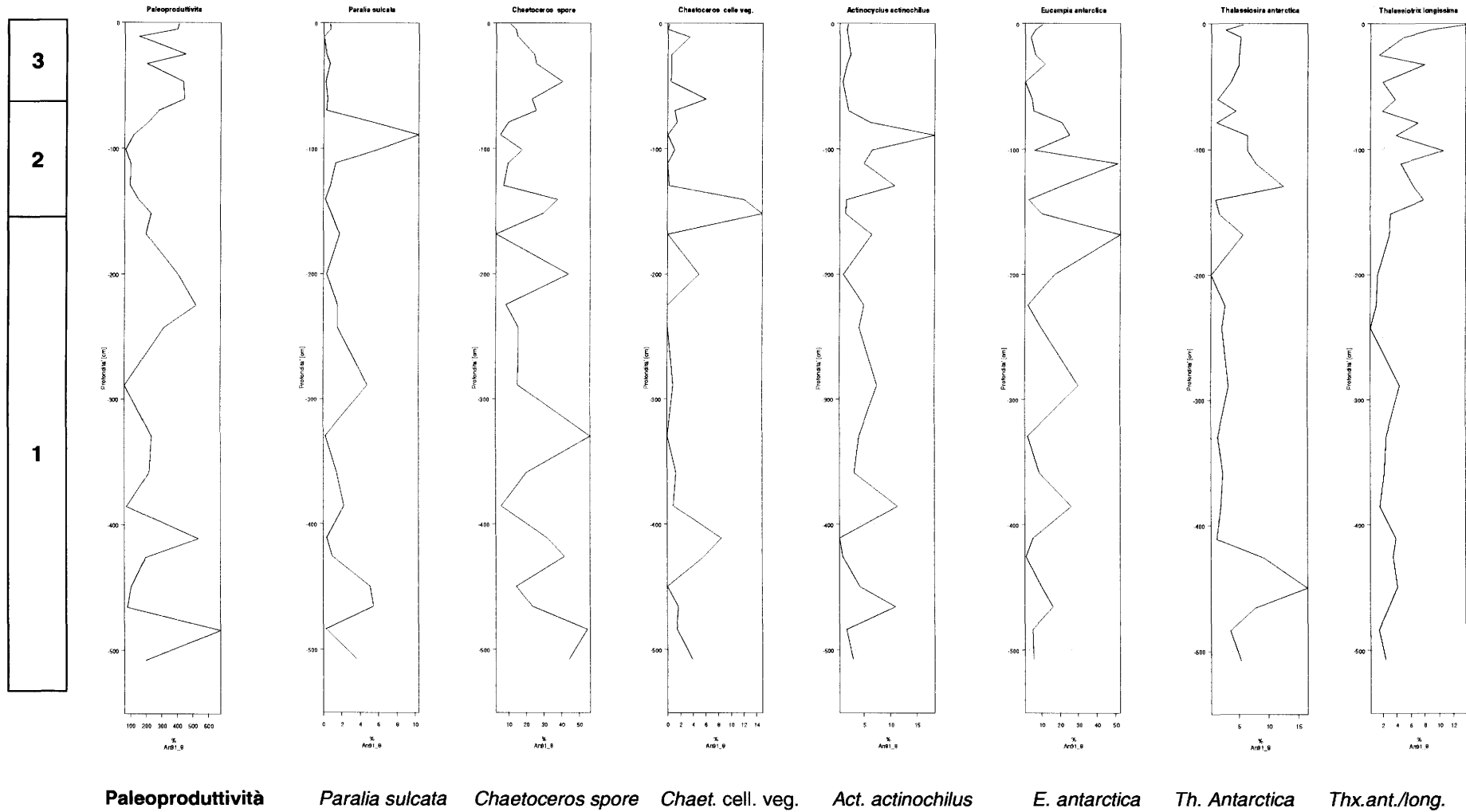


Fig. 5.4.7b Associazioni ANTA91 8 (forme significative)

Le associazioni presentano, per il campione inferiore, la dominanza di *E. antarctica* seguita da spore di *Chaetoceros*, *Th. antarctica*, *F. obliquecostata*, *A. actinochilus* e Gruppo *Thalassiothrix*; per il campione superiore invece la dominanza è riservata alle spore di *Chaetoceros* seguite dal Gruppo *Thalassiothrix long/ant.*, *Rhizosolenia hebetata*, *F. kerguelensis* e *F. obliquecostata*.

Il campione 88-90 cm presenta bassa paleoproduttività ed un andamento in controfase rispetto a quelli sotto e soprastanti; tale andamento riconferma la tendenza delle forme criofile ad aumentare lievemente e quella oscillante e brusca delle oceaniche le quali presentano un ulteriore valore negativo con il 9.8% di presenza. Anche le forme rimaneggiate confermano un leggerissimo incremento.

L'associazione relativa a questo campione presenta *E. antarctica* come dominante seguita da *A. actinochilus*, *P. sulcata* con *F. obliquecostata*, *Th. antarctica* e *F. sublinearis*.

I campioni 78-80 cm e 68-71 cm ritornano ad essere in fase con una paleoproduttività media tendente a crescere; si assiste ad un continuo e più marcato aumento delle forme criofile ed un recupero di presenza per le forme oceaniche che raggiungono, al campione 68-71cm, le percentuali di presenza delle criofile (circa 26%). Le forme rimaneggiate subiscono una brusca diminuzione a percentuali inferiori al 3.0%, che conservano fino alla superficie della carota.

Per quanto riguarda il campione inferiore (78-80 cm) si nota la dominanza di *F. obliquecostata* con *E. antarctica*, spore di *Chaetoceros* e forme oceaniche (*F. kerguelensis* e Gruppo *Thalassiothrix*); nel campione 68-71 cm invece prendono il sopravvento le spore di *Chaetoceros* (dominanti) e *F. kerguelensis* seguite da forme criofile (*F. curta* e *F. sublinearis*) con *E. antarctica* e *Th. antarctica*.

Dal campione 59-62 cm fino alla parte superficiale della carota la paleoproduttività relativa risulta generalmente medio-alta mentre gli andamenti delle due forme principali (criofile ed oceaniche) ritornano in netta controfase con oscillazioni e scarti relativi sempre più marcati.

Si arriva ad un valore minimo relativo per le forme oceaniche corrispondente al campione 24-26 cm ed un valore massimo (massimo assoluto) corrispondente al campione più superficiale (0-2 cm); per le forme criofile invece si possono notare un valore minimo relativo al campione 45.5-48 cm ed un valore massimo (massimo assoluto del 48.29%) corrispondente al campione 10-12 cm.

Da notare che in corrispondenza dei campioni 24-26 cm e 10-12 cm (caratterizzati appunto dal massimo scarto tra i due andamenti) si assiste ad una momentanea ripresa dell'andamento in fase con un leggero aumento sia delle forme oceaniche che di quelle criofile (a discapito delle forme rimanenti). Nella parte più superficiale della carota, infatti, aumenta la rappresentatività delle associazioni criofile/oceaniche mentre le forme rimaneggiate registrano un progressivo leggero aumento verso la parte superficiale che però resta relegato ai bassi valori citati prima (inferiori al 3%).

Al livello più superficiale corrisponde una percentuale di presenza maggiore per le forme oceaniche e lievemente inferiore per quelle criofile, mentre le rimaneggiate raggiungono il valore limite per questo livello.

Le associazioni relative a questo livello sono caratterizzate, per i quattro campioni inferiori, dalla dominanza dei *Chaetoceros* con buone percentuali sia di forme criofile (*F. curta* e *F. obliquecostata*) che di forme oceaniche (*F. kerguelensis*). Riguardo il livello più superficiale relativo agli ultimi 12 cm, prendono il sopravvento le forme criofile (*F. curta* e *F. obliquecostata*) per i campioni 10-12 cm e 4-6 cm (con buona percentuale delle oceaniche *F. sublinearis* e *F. kerguelensis*) mentre il campione più superficiale presenta la dominanza delle forme oceaniche *F. kerguelensis* e Gruppo *Thalassiothrix long/ant.* seguite da *F. curta*, spore di *Chaetoceros* ed *E. antarctica*.

5.4.2 Analisi della matrice delle correlazioni tra le specie

Dall'analisi della matrice delle correlazioni tra le specie (Fig. 5.4.8) è emerso che:

Actinocyclus actinochilus ha buona correlazione positiva con *Paralia sulcata*, *Eucampia antarctica*, *Actinoptycus senarius* e *Stephanopyxis grunowi* e correlazione negativa con *Chaetoceros* spore, *Fragilariopsis curta* e *F. kerguelensis*;

Actinocyclus ingens è positivamente correlato con altre forme rimaneggiate;

Asteronphalus parvulus è ben correlato con *Thalassiosira lentiginosa* (forma oceanica)

Chaetoceros spore sono negativamente correlate con *Eucampia antarctica* e forme rimaneggiate;

Choretron criophilum è abbastanza ben correlato con *Th. gracilis*;

Coscinodiscus oculusiridis è abbastanza ben correlato con *Th. lentiginosa*;

Eucampia antarctica è positivamente correlata con *A. actinochilus* e negativamente correlata con *F. curta*, *F. kerguelensis* e *Chaetoceros* spore;

F. angulata è abbastanza ben correlata con *Th. oestrupii*;

F. cylindrus è abbastanza ben correlata con *Porosira glacialis*;

Cluster	FORME CRIOFILE														FORME OCEANICHE														FORME RIMANEGGIATE														FORME SIGNIFICATIVE													
	PROFONDA media	Choreton criophilum	Fragilaropsis angulata	Fragilaropsis cylindrus	Fragilaropsis curta	Fragilaropsis lineata	Fragilaropsis obliquecostata	Fragilaropsis separanda	Fragilaropsis sublinearis	Porosira glacialis	Porosira pseudodenticulata	Coscinodiscus oculusiridis	Fragilaropsis kerqueleensis	Proboscia alata	Rhizosolenia styliformis	Rhizosolenia hebetata	Rhiz. hebetata morf. bidens	Stellarima microtrias	Thalassiosira gracilis	Thalassiosira lentiginosa	Actinocyclus ingens	Denticulopsis hyalina	Denticulopsis sp.	Denticulopsis cf. hustedii	Denticulopsis maccollumii	Rhizosolenia barbol	Rouxia antarctica	Stephanopyxis sp.	Stephanopyxis grunowii	Stephanopyxis turris	Thalassiosira cf. Inura	Trinacria excavata	Trinacria pileolus	Paralia sulcata	Chaetoceros cell. veg.	Chaetoceros spore	Actinocyclus actinochilus	Eucampia antarctica	Thalassiosira antarctica	Gruppo Thalassiotrix long/ant.	Xentipyxis															
1	-47.75	0.00	2.49	0.23	2.04	0.00	2.04	0.00	6.33	0.23	0.00	0.00	31.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.23	1.13	1.81	0.23	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.23	0.23	0.23	0.45	40.50	0.90	0.90	3.62	2.04	0.00																
	-140.50	0.00	0.00	0.00	5.43	0.00	10.65	3.91	0.00	0.22	0.00	0.22	9.35	0.22	0.00	0.43	0.00	0.00	1.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	12.17	37.83	1.74	3.04	1.09	7.83	0.87																	
	-151.50	0.00	0.57	0.00	6.03	1.15	6.90	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00	13.51	0.00	0.29	0.57	0.00	0.00	0.29	4.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.29	0.00	0.29	0.00	0.86	14.94	29.60	1.44	10.06	1.72	3.16	0.00														
	-200.00	0.00	5.56	0.00	2.29	0.00	5.23	0.00	1.31	0.00	0.00	0.33	2.94	0.33	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	9.80	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	4.90	44.12	0.98	16.99	0.33	1.31	0.00																
	-329.50	0.21	0.42	0.00	6.89	0.00	6.05	0.00	3.34	0.21	0.00	0.00	6.68	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	56.16	3.97	2.30	1.46	2.51	0.00																	
	-411.00	0.00	0.53	0.00	10.48	0.00	4.62	0.36	2.66	0.00	0.00	0.00	14.21	0.00	0.36	0.53	0.00	0.00	0.71	3.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.09	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.36	8.53	31.97	0.36	5.33	1.24	3.91	0.36																	
	-425.75	0.00	0.00	0.00	5.45	0.32	8.97	0.00	2.56	0.00	0.00	0.00	1.60	0.96	0.00	1.28	0.00	0.00	0.32	1.28	0.32	0.00	0.96	0.00	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.96	5.77	41.67	0.96	1.60	9.29	3.53	0.00																
	-483.50	0.29	0.00	0.29	2.35	0.00	7.82	0.00	3.23	0.00	0.00	0.29	3.23	0.29	0.00	0.00	0.00	0.88	0.88	5.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00	0.29	0.29	0.00	0.29	1.47	54.55	1.76	5.28	3.52	1.47	1.17	0.00																	
	-507.50	0.00	0.24	0.24	2.18	0.00	11.41	0.24	1.46	0.00	0.00	0.00	4.13	0.24	0.00	0.73	0.00	1.21	0.00	3.64	0.24	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.24	0.49	0.00	0.00	0.24	3.64	3.88	44.17	2.91	5.58	5.34	2.43	0.00															
	-1.00	0.00	4.27	0.24	11.37	0.00	2.84	0.00	6.64	0.00	0.00	0.24	19.19	0.00	0.24	0.47	0.00	0.24	0.71	3.79	1.42	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.47	0.47	0.24	0.00	0.24	0.71	0.24	10.90	1.90	10.19	5.69	13.74	0.00																
2	-5.00	0.49	2.22	0.25	12.56	0.00	19.21	1.48	3.69	1.48	0.00	0.00	9.61	0.00	0.25	0.25	0.00	0.99	4.68	0.25	0.99	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	0.00	0.00	0.25	0.25	0.74	0.00	14.04	1.72	6.40	2.71	8.87	0.25	0.00																	
	-11.00	0.00	5.51	0.26	22.31	0.00	12.07	0.00	8.14	0.00	0.00	0.00	5.77	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	1.31	2.89	0.26	0.00	0.00	0.26	0.00	0.52	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.41	14.96	1.84	3.94	5.25	4.99	0.00																
	-25.00	0.00	2.33	0.29	16.03	0.00	17.20	0.87	7.29	0.58	0.00	0.00	4.08	0.00	0.00	0.87	0.29	0.29	0.58	4.08	0.29	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.58	24.20	2.33	6.41	4.96	1.48	0.00																		
	-31.50	0.33	0.00	0.00	12.91	0.00	14.90	0.00	0.99	0.00	1.66	0.33	6.95	0.00	0.66	0.00	0.00	0.33	2.98	0.99	0.00	0.66	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.66	25.50	1.66	11.59	4.97	7.95	0.00																	
	-60.50	0.44	3.56	0.44	19.33	0.00	6.44	0.00	1.11	0.22	0.00	0.67	16.89	0.00	0.00	1.33	0.00	0.00	0.00	3.56	0.00	0.00	0.22	0.00	0.22	0.00	0.67	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.44	6.00	23.11	1.56	4.89	1.33	3.78	0.00																
	-69.50	0.28	0.56	0.56	13.56	0.00	3.67	0.00	5.93	1.13	0.28	0.85	24.58	0.28	0.00	1.13	0.00	0.00	1.41	1.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.56	0.00	0.00	0.28	0.28	1.13	25.42	1.98	5.65	4.52	1.98	0.00																	
	-224.75	0.38	1.53	0.38	9.56	0.19	4.02	0.00	16.63	0.00	0.00	0.57	28.06	0.00	0.00	0.57	0.00	0.38	6.50	2.29	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53	0.00	8.60	4.97	2.49	2.68	1.15	0.00																	
	-242.50	2.18	0.00	0.00	11.84	0.31	14.02	0.00	5.92	0.00	0.00	0.00	15.26	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	2.49	5.61	0.00	0.31	0.31	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.31	0.00	0.00	1.56	0.00	15.58	4.05	9.66	2.18	0.31	0.00																	
	-358.50	0.00	0.00	0.28	11.36	0.00	7.10	0.00	4.55	0.00	0.00	0.00	7.10	0.85	0.57	0.57	0.00	0.28	0.57	10.51	0.28	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	5.11	0.00	0.00	0.00	0.00	1.42	1.42	20.17	3.13	8.81	2.27	2.27	0.00																	
	-79.00	0.00	0.59	0.00	1.76	0.00	22.65	0.00	1.47	0.29	0.00	0.29	8.53	4.12	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	1.47	0.29	0.00	0.00	0.00	2.94	0.00	1.76	0.00	0.29	0.00	0.00	5.29	1.47	9.71	6.18	20.88	1.18	7.08	0.00																	
-89.00	0.00	0.78	0.00	0.26	0.00	9.33	0.00	6.22	0.00	0.26	0.78	3.11	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00	0.26	1.55	1.81	0.00	0.00	1.04	0.00	0.52	0.00	1.04	0.26	0.78	0.00	0.26	10.36	0.00	5.18	18.39	25.13	6.48	3.89	0.00																	
-101.00	0.00	0.85	0.00	1.69	0.00	8.17	0.28	2.25	0.28	0.00	0.00	8.17	0.85	0.56	9.86	0.00	0.00	0.28	4.79	0.00	0.00	0.85	0.28	0.00	2.54	0.00	0.56	0.00	0.00	0.56	5.92	1.13	17.75	6.48	6.20	6.48	10.70	0.00																		
-111.50	0.00	3.63	0.00	1.32	0.00	7.26	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	4.95	0.00	0.00	0.85	0.66	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	1.32	0.00	9.57	4.95	51.49	7.92	4.62	0.00																		
-129.50	0.00	0.99	0.74	3.70	0.00	9.38	0.00	2.22	2.22	0.74	0.00	8.40	0.25	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	2.47	0.00	0.00	0.00	0.49	1.23	0.00	1.48	0.00	0.25	0.25	0.00	0.00	0.49	0.74	0.25	7.16	10.86	20.74	12.59	6.42	0.00																
-188.00	0.00	0.50	0.00	0.99	0.00	1.49	0.74	8.66	0.00	0.00	0.00	4.21	0.00	0.00	0.74	0.00	0.74	0.50	5.69	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.25	0.00	0.00	1.73	0.00	2.72	6.44	52.48	5.69	2.97	0.00																	
-288.75	0.00	3.60	0.90	1.20	0.00	14.41	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	2.10	2.40	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	2.10	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1.20	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	4.80	0.90	15.32	7.51	30.03	3.30	4.50	0.00																		
-365.50	0.00	0.65	0.00	1.30	0.00	5.54	0.00	3.26	0.33	0.00	1.95	3.26	0.00	0.00	2.28	0.00	0.00	0.00	23.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	2.28	0.98	5.86	11.40	26.06	1.95	1.63	0.00																		
-449.50	0.00	0.00	0.00	1.28	0.00	20.13	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	6.39	0.00	0.86	2.88	0.00	1.28	0.00	2.88	0.64	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	0.64	5.11	0.00	14.38	4.15	9.90	16.61	4.15	1.60																		
-465.50	0.00	0.00	0.00	2.02	0.00	10.98	0.00	4.91	0.00	0.00	0.00	3.47	0.87	0.00	1.16	0.00	0.00	0.00	2.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.00	0.87	0.00	0.00	0.58	5.49	1.73	23.41	10.98	16.16	7.80	2.89	0.00																		

Fig. 5.4.9. - Carota ANTA 91 8 - Tabella associazioni riferite ai clusters

F. curta è abbastanza ben correlata con *Th. oestrupii* e *Th. oliverana*;

F. kerguelensis è abbastanza ben correlata con *Th. gracilis* e negativamente correlata con *E. antarctica* e *A. actinochilus*;

F. obliquecostata è abbastanza ben correlata con *Proboscia alata*, *Trinacria excavata* e *Denticulopsis maccollumii*;

Paralia sulcata è positivamente correlata con *A. actinochilus*, *Actinoptycus senarius*, *A. ingens* e *S. grunowi*;

Th. gracilis è positivamente correlata con *F. sublinearis* e *F. kerguelensis* e è abbastanza ben correlata con *Th. antarctica* e *Choretron criophilum*.

5.4.4 Cluster Analysis

Figg. 5.4.9; 5.4.10.

Premessa:

La cluster analysis è stata effettuata sia sulla tabella dei dati in completo, sia sulla tabella delle associazioni (escludendo le forme casuali non significative fonte di rumore); il risultato è stato sostanzialmente identico.

Verde scuro CLUSTER 1:

L'associazione che caratterizza questo cluster è rappresentata da forme di alta produttività, soprattutto *Chaetoceros* spore che risultano dominanti (56.1-29.6%) con buona percentuale anche di cellule vegetative (maggior tasso di conservazione) e *F. kerguelensis* (31.0-1.6%) accompagnata dall'altra forma oceanica *Th. lentiginosa* ma con presenza minore (9.8-1.0%); medio-bassa percentuale di *Eucampia antarctica* (17.0-0.9%) ed *Actynocyclus actinochilus* (3.9-0.3%), *Thalassiosira antarctica* (9.3-1.0%) e *Paralia sulcata* (3.6-0.2%). Tra le forme criofile sono ben rappresentate *F. obliquecostata* (11.4-2.0%), *F. curta* (10.4-2.0%) e *F. sublinearis* (6.3-0.0%).

Verde chiaro CLUSTER 2:

Presenta una alta produttività e generale dominanza di forme criofile in particolare di *F. curta* (22.3-9.5%), *F. obliquecostata* (19.2-2.8%) e *F. sublinearis* (16.6-0.1); buona presenza di *F. kerguelensis* (con 29.0-4.0% talvolta dominante) con *Th. lentiginosa* in minor percentuale (10.5-0.1%). Si può notare una diminuzione dei *Chaetoceros* sia spore (25.5-8.6%), che restano comunque come subdominanti, sia delle cellule vegetative con percentuali bassissime; *E. antarctica* è presente in percentuali medie (11.6-2.5%) con *A. actinochilus* (4.9-1.5%) e *Th. antarctica* (5.7-1.33%), mentre *P. sulcata* risulta in percentuali di presenza inferiori a 1.5%.

Da notare la presenza di percentuali fino al 6.5% di *Th. gracilis*.

Azzurro CLUSTER 3:

E' caratterizzato dalla forte presenza di *E. antarctica* (52.48-6.2%), aumenta parallelamente anche *A. actinochilus* (18.4-4.1%) ed anche *Th. antarctica* (12.6-1.1%). *P. sulcata* presenta percentuali comprese tra 10.3 e 0.7% mentre i *Chaetoceros* presentano percentuali mediamente basse rispetto gli altri clusters (23.4-2.7%).

Percentuali piuttosto variabili, di *Th. lentiginosa* (23.7-0.0%) e piuttosto modeste di *F. kerguelensis* (8.5-2.1%); tra le forme criofile si nota invece una percentuale di presenza maggiore per *F. obliquecostata* (22.6-1.5%) con percentuali di presenza minori per *F. curta* (3.7-0.1%) e *F. sublinearis* (8.6-0.3%).

5.4.5 Considerazioni ambientali sulla Cluster Analysis

Fig. 5.4.10.

Verde scuro CLUSTER 1:

L'associazione che caratterizza questo cluster è di **mare aperto** caratterizzato da circolazione oceanica di Polar Front con immissioni di CDW, apertura stagionale piuttosto lunga del ghiaccio marino con marcata produttività legata a buona stratificazione della colonna d'acqua. Presente una bassa quota di apporti littorali e modesto influsso di condizioni neritiche o pseudoneritiche con deriva di icebergs (pulsazioni della calving line e condizioni riferibili alla SIZ più o meno esterna).

Verde chiaro CLUSTER 2

Associazione di **ghiaccio marino** indicatrice di ambiente caratterizzato da marcata stagionalità con

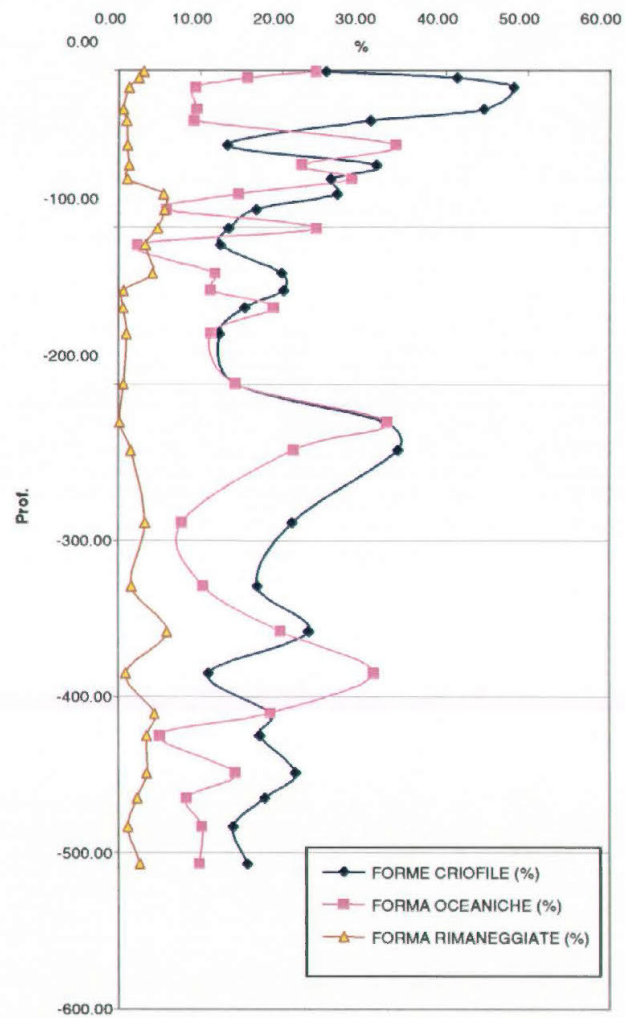
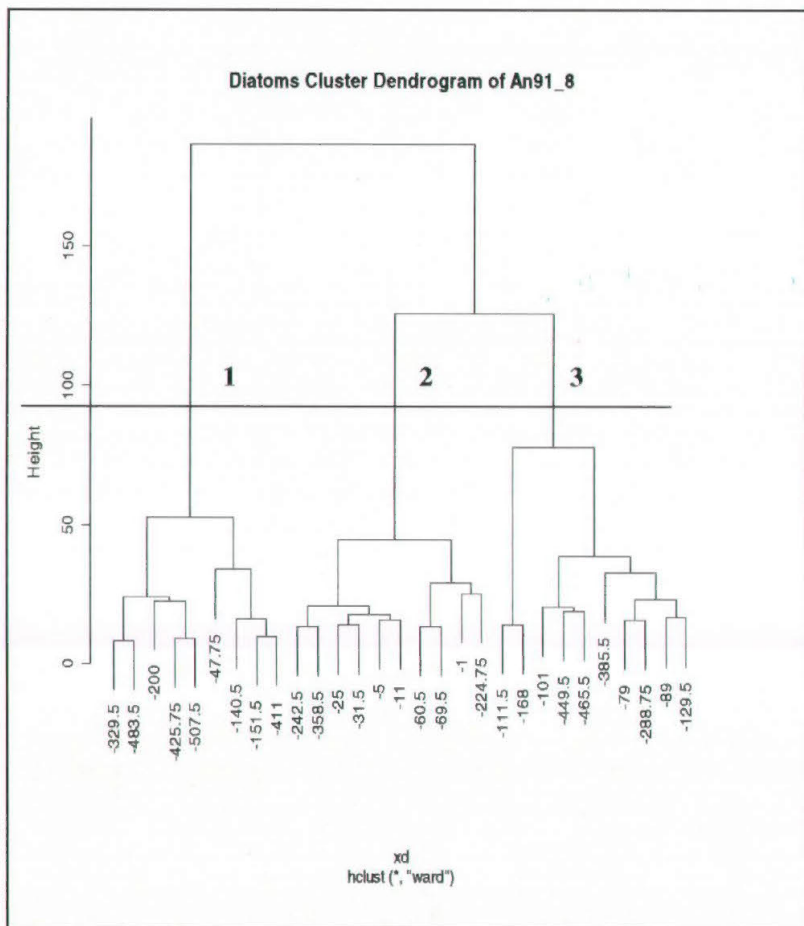


Fig. 5.4.10 Diagramma Cluster Analysis e Clusters lungo la carota ANTA91 8

periodi variabili di apertura stagionale (da aperture non inferiori a 2 mesi a copertura permanente da ghiaccio marino anche estivo, con influsso di condizioni neritiche o pseudoneritiche dovute a copertura glaciale o con deriva di icebergs), con stratificazione stagionale della colonna d'acqua (Gersonde & Zielinski, 2000) ed influssi di circolazione oceanica (CDW). Apporti litorali praticamente nulli.

Azzurro CLUSTER 3

E' caratterizzato da una associazione **glaciale neritica** con bassa produttività, aperture stagionali comunque influenzate da condizioni di copertura neritica (sensu Burkle, 1984) o da ghiaccio marino esivo permanente con probabili particolari condizioni di formazione di ghiaccio marino di zone costiere a cristalli sciolti (platelet ice) e probabili consistenti fioriture autunnali (presenza di *Th. antarctica*; Cunningham & Leventer, 1998). Modesta stratificazione stagionale delle acque (o risciaquo dei sedimenti da parte delle correnti a seconda dell'interpretazione delle spore di *Chaetoceros*); discreti apporti di forme legate all'abbassamento del LMM (*P. sulcata*).

5.4.6 Indici biotici

Per una valida lettura degli indici biotici relativi a questa carota si è proceduto alla comparazione tra le curve degli indici ed i clusters evidenziati (Fig. 5.4.11.):

Rapporto *F. curta*/*F. obliquecostata*:

Dall'analisi della curva relativa a questo indice si può notare che i valori positivi, legati alla maggior presenza di *F. curta* nell'associazione, cadono sempre in corrispondenza di associazioni di ghiaccio marino o in quelle corrispondenti a condizioni di mare aperto. Questo potrebbe essere indice di possibili fasi di passaggio del margine glaciale con copertura prevalentemente invernale da ghiaccio marino e stagioni estive libere da copertura relativamente lunghe (2 o 3 mesi).

Paragonando l'andamento di questo indice con la curva di paleoproduttività relativa, si può notare la quasi costante corrispondenza tra i valori maggiori relativi all'indice (maggior presenza di *F. curta*) e quelli di paleoproduttività relativa. I valori minimi dell'indice relativi al livello compreso tra 90 cm e 79 cm sono dati dalle forti percentuali di presenza di *F. obliquecostata*.

Rapporto *Fragilariopsis curta*/*F. kerguelensis*:

F. curta e *F. kerguelensis* risultano in questa carota in qualche maniera relazionate.

I valori minimi relativi si hanno sempre in corrispondenza dei glaciali o periodi freddi in corrispondenza quindi di un presunto blocco della circolazione e minima stagionalità (con generale assenza di *Fragilariopsis*) o dalla preponderanza nelle associazioni della forma di mare aperto, legata ad influssi da parte della CDW. Quest'ultimo è il caso relativo ai i campioni 410-412 cm, 223,5-226 cm, 150-153 cm, 45-48 cm e 0-2 cm.

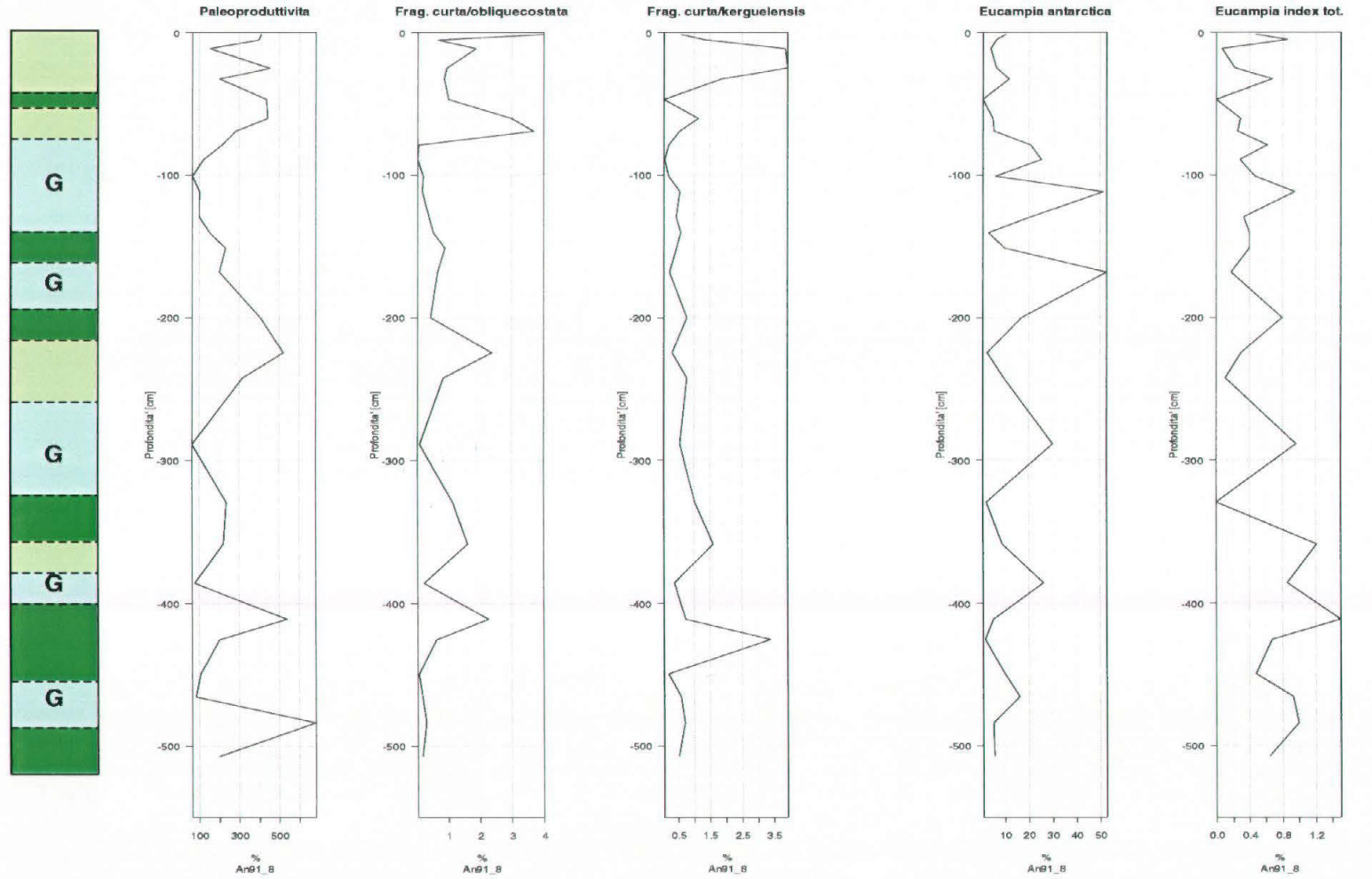
I valori massimi, relativi ai campioni 424.5-427 cm, 357-360 cm e 10-12 cm, vengono registrati in associazioni di mare aperto e di ghiaccio marino e potrebbero essere interpretati come dovuti a condizioni di mare stagionalmente libero da ghiaccio o all'imporsi di fasi di apertura di polynya. Da notare il massimo assoluto ai campioni 24-26 cm e 10-12 cm relativi ad un probabile stazionamento del margine della calotta.

EUCAMPIA INDEX:

Questo indice raggiunge un valore massimo maggiore di 1.2 indicando colonie corte di *E. antarctica* var. *recta*, cioè della varietà francamente polare (con leggera prevalenza di valve terminali su quelle intercalari).

Dall'analisi dell'andamento generale di *E. antarctica* ed *E. Index* si nota la tendenza dell'indice a decrescere in relazione all'aumento delle percentuali di presenza di *E. antarctica* che vanno a coincidere generalmente con periodi glaciali. La tendenza globale lungo la carota, quindi relativamente agli ultimi 300 ky., sembra essere quella di decrescere verso la parte superficiale della carota. Tale tendenza risulta evidente soprattutto analizzando i valori massimi relativi alla curva.

Ciò potrebbe essere dovuto ad un progressivo allungamento delle colonie di *Eucampia antarctica* var. *recta* (graduale prevalenza delle valve intercalari rispetto a quelle terminali) testimoni quindi di generali condizioni di mare aperto sempre più marcate.



Clusters

Paleoproductività

F. curta/F. obliqu.

F. curta/F. kerguel.

E. antarctica

Eucampia INDEX

Fig. 5.4.11 Indici biotici ANTA91 8

6. Analisi critica dei dati, considerazioni paleoecologiche e paleoclimatiche e conclusioni

I risultati riportati nei paragrafi relativi a ciascuna carota del Capitolo 5 permettono di formulare le osservazioni descritte nei seguenti punti:

- le carote esaminate in questo lavoro sono comprese nella zona più recente olocenica, denominata Zona a *Thalassiosira lentiginosa* (Harwood & Maruyama, 1992), mentre le forme rimaneggiate riscontrate nella carota sono risultano di età miocenica e plio-pleistocenica (vedi schede tassonomiche);
- dal punto di vista paleo-ecologico-ambientale, invece, è stato possibile, attingendo e comparando anche dati tratti da recenti studi multidisciplinari relativi alle stesse carote, caratterizzare dal punto di vista microfioristico siliceo determinate tipologie di sedimento e cercare di ricostruire gli ambienti deposizionali.

6.1 Carota ANTA96 5bis

Dall'analisi esposta al paragrafo 5.2 sono state formulate le seguenti osservazioni (NOTA: le unità tra parentesi assieme all'identificazione del livello sono relative allo studio di Salvi et al., 2000):

La paleoproduttività relativa presente al livello 1 (unità a) (Fig. 6.1.1) risulta medio-bassa; si ha la dominanza di forme robuste, cioè dal frustulo caratterizzato da alto tasso di silicizzazione, quali spore di *Chaetoceros*, *Xanthiopyxis* unite ad una forte percentuale di *Paralia sulcata* e di forme rimaneggiate. Da notare in questo intervallo ed in tutta la carota l'assenza di cellule vegetative di *Chaetoceros*. La situazione su esposta fa supporre la presenza di condizioni glaciali, testimoniate forse anche dalla fortissima presenza di Archeomonadi (vedi schede tassonomiche in Appendice) con abbassamento del livello medio marino (LMM) e/o cambiamento della circolazione con forti apporti terrigeni continentali e/o litorali. Ciò sarebbe confermato anche dalla marcata presenza di forme rimaneggiate e modesti apporti circolatori; questi ultimi potrebbero provenire da zone caratterizzate da condizioni di copertura permanente da ghiaccio marino con probabili episodi di mare aperto non influenzato da circolazione oceanica (presenza di *F. obliquocostata* ed assenza di *F. kerguelensis*).

Il livello 2 (unità b e c) risulta pressochè sterile con presenza di forme sporadiche e frammentate, testimoni del cattivo stato di conservazione delle microflore silicee.

I livelli statisticamente significativi relativi a questo intervallo e rappresentati dai campioni 383-385 cm e 129-131 cm, fotografano due situazioni un po' differenti:

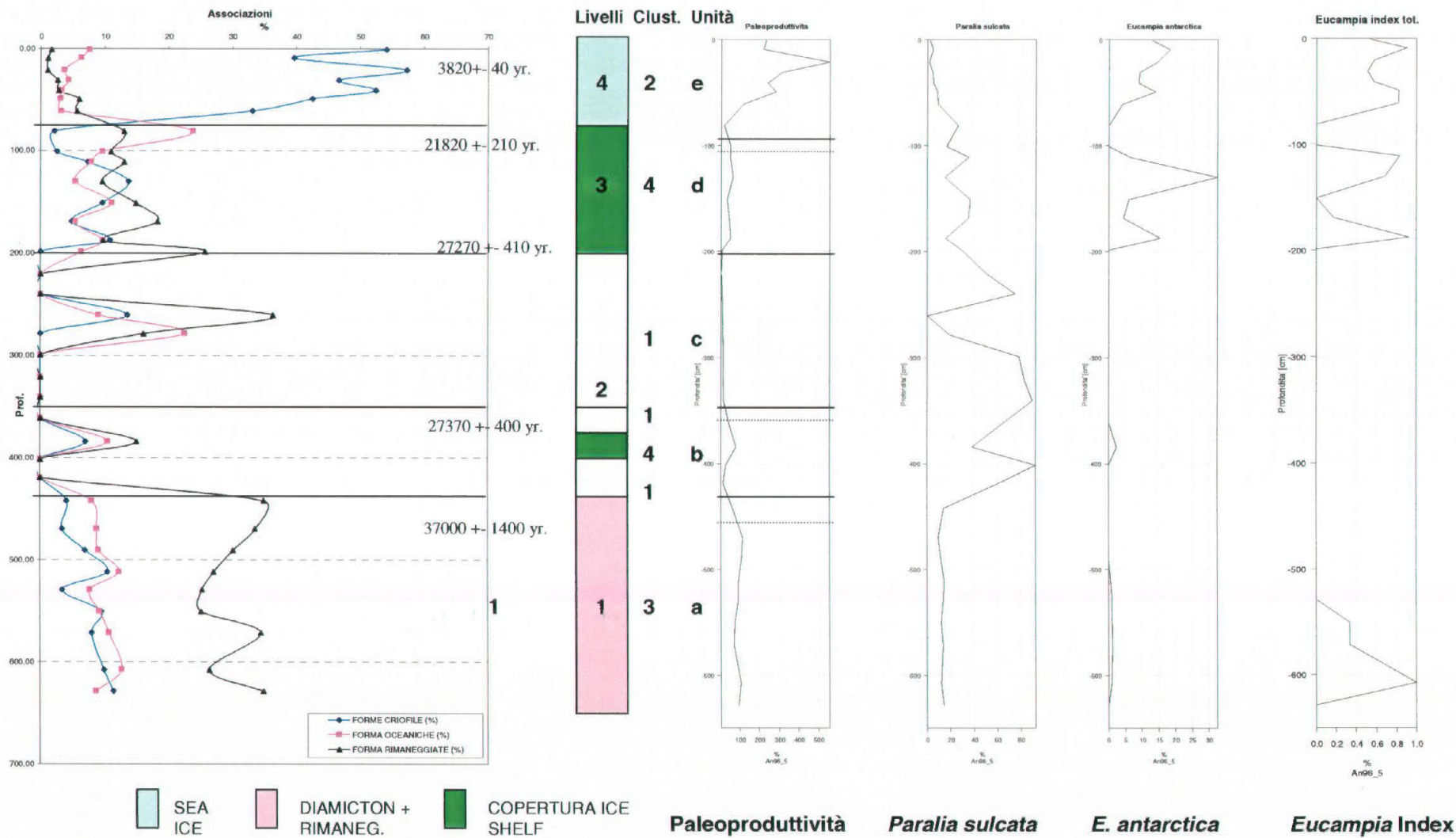
- il primo (383-385 cm) rappresenta un sedimento caratterizzato dalla presenza di forme robuste e meroplanctoniche probabilmente legate da un abbassamento del livello marino con apporti di materiale rimaneggiato, derivante forse da zone più meridionali del bacino. Sono ipotizzabili, in questo caso, anche correnti di fondo con sciacquo del sedimento e allontanamento delle frazioni più fini contenenti spore di *Chaetoceros* e rideposizione selettiva.

- il secondo campione (129-131 cm) rappresenta un sedimento sempre caratterizzato da forme legate ad un probabile abbassamento del LMM ma con percentuali minori di rimaneggiate e maggiormente influenzato da condizioni ambientali di copertura glaciale permanente con l'aumento di *F. obliquocostata*; modestissimi risultano gli influssi oceanici.

La generale notevole presenza di *E. antarctica*, potrebbe testimoniare un ambiente caratterizzato da condizioni neritiche di copertura (sensu Burckle, 1984) e/o accompagnato da fenomeni di dissoluzione selettiva (sensu Zielinski & Gersonde, 1998).

Il livello 3 (unità d) è rappresentato da campioni scarsi che hanno registrato la presenza di forme riconducibili alle associazioni del livello 2, registrando però una graduale diminuzione di forme rimaneggiate associata ad un graduale aumento di forme criofile ed oceaniche. Ciò testimonierebbe una ripresa della circolazione e sedimentazione biosilicea proveniente da zone marginali con acque marcate da una associazione di ghiaccio marino permanente o semipermanente. Sarebbero presenti anche fenomeni di disturbo e probabile sciacquo del sedimento da parte di correnti soprattutto in corrispondenza del passaggio all'intervallo superiore (campione 80-82 cm).

Il livello 4 (unità e) testimonia una brusca e decisa apertura del bacino con aumento della produttività delle acque dovuta a condizioni di margine glaciale estivo caratterizzato da fasi pulsive. Si nota infatti l'alternarsi nella dominanza tra le due forme criofile *F. curta*, forma di ghiaccio marino stagionale o margine glaciale, e *F. obliquocostata*, forma criofila legata a copertura permanente o semipermanente da ghiaccio



NOTE: Le unità identificate in tratteggio sono quelle evidenziate da Salvi et al., 2000.

Fig. 6.1.1 Interpretazione paleoambientale e paleoclimatica ANTA96 5bis

marino (vedi indici biotici). Questi dati, uniti alla presenza di spore di *Chaetoceros*, indicherebbero l'impossibilità di condizioni di apertura stagionale estiva e condizioni variabili con buona stratificazione della colonna d'acqua. Da notare l'assenza, anche in questo livello, di cellule vegetative di *Chaetoceros*; questo potrebbe essere dovuto ad un minor grado di conservazione della silice nel sedimento, considerando soprattutto la batimetria non elevata, o ad apporto laterale delle spore.

Le buone percentuali di presenza di *E. antarctica* potrebbero indicare, in questa situazione, fasi di copertura glaciale da Ice Shelf con fenomeni di trasporto da icebergs (sensu Burckle, 1984) oppure fenomeni di dissoluzione e/o rideposizione selettiva dovuta a forti correnti. In ogni caso si assiste ad un sempre minore apporto neritico litorale (testimoniato dalla progressiva diminuzione di *P. sulcata*) e/o ad una sempre più forte influenza da circolazione di mare aperto e più produttivo.

Gli indici biotici relativi a questa carota, si sono dimostrati particolarmente significativi per il livello più superficiale (Livello 4) evidenziando delle fasi pulsive di ritiro del margine glaciale e passaggio a condizioni di mare estivo libero da ghiaccio con limitati eventi di circolazione prettamente oceanica. Questa situazione è legata alla posizione di bacino interno della carota, soggetta quindi a marcata copertura glaciale nei periodi invernali e probabile presenza di copertura stagionale, quindi semiperenne soprattutto durante le fasi fredde oloceniche.

6.2 Carota ANTA99 23

Il livello inferiore (1) è caratterizzato da un segnale di paleoproduttività relativa medio-alto (Fig. 6.2.1) con sedimenti che registrano forte presenza di forme meroplanctoniche (*P. sulcata*), indicativa di un probabile abbassamento del livello medio marino (LMM) ed apporti dalla piattaforma. Sono presenti anche forme rimaneggiate plio-pleistoceniche dalla discussa ed interessante distribuzione stratigrafica. Vi è un certo influsso da parte di circolazione proveniente da zone mediamente produttive caratterizzate dalla presenza principalmente di forme di mare aperto e ghiaccio permanente (*Th. lentiginosa* e *F. obliquecostata*). Si potrebbe anche ipotizzare che una certa parte di produttività sia legata a fenomeni di risalita di acque dalla scarpata (upwelling) (Gruppo *Thalassiothrix*) con periodi di stratificazione della colonna d'acqua favorita fusione ed apporto di acque più dolci e meno dense (*Chaetoceros* spore).

Nel livello medio (2) la bassa produttività ed il cattivo stato di conservazione delle associazioni indicherebbero una fase glaciale di copertura. La tendenza a mantenere le stesse caratteristiche associative del livello inferiore potrebbe essere legata a fenomeni di flusso o di rimobilizzazione di sedimenti dovuti ad una fase di avanzamento della calotta ma con periodi di stasi e ripresa della sedimentazione normale.

I primi campioni del livello superiore (3) presentano le stesse associazioni a diatomee dell'intervallo 2, una leggera ripresa della produttività ed un miglioramento della conservazione delle forme. Sono comunque presenti apporti litorali e rimaneggiamento. Dal campione 182-183 cm si assiste ad un brusco aumento della produttività accompagnato da un netto cambiamento nelle associazioni a favore delle forme criofile di ghiaccio marino stagionale. Questa situazione potrebbe testimoniare un graduale ritiro della calotta e l'instaurarsi di condizioni neritiche o pseudoneritiche (sensu Burckle, 1984) di copertura da Ice Shelf con probabili particolari modalità di deglaciazione soggette a condizioni meteo-marine piuttosto dinamiche. L'aumento delle percentuali di *Eucampia antarctica* e *Thalassiosira antarctica* testimonierebbero una fase deglaciale con fenomeni di trasporto da icebergs e/o fenomeni di dissoluzione/trasporto selettivi, aumento delle correnti (Burckle, 1984; Zielinski & Gersonde, 1997) con particolari ambienti glaciomarini legati a produzione di ghiaccio neoformazione (platelet ice) (Cunningham & Leventer, 1998).

Analizzando i sedimenti verso la parte più superficiale della carota (Cluster Analysis) si assiste ad un graduale cambiamento delle condizioni ambientali con l'instaurarsi di condizioni di stagionalità sempre più marcata con episodi di apertura estiva.

Si nota infatti un graduale aumento di forme criofile di copertura anche estiva (*F. sublinearis* e *F. obliquecostata*) con probabili fenomeni di disturbo del sedimento e frantumazione selettiva delle suddette forme. Questi fenomeni, testimoniati dai campioni scarsi del livello superiore e dall'analisi ai Raggi X della carota, potrebbero essere spiegati o dall'aumento delle correnti e flussi gravitativi di materiale o da fenomeni di 'pascolo' da parte di organismi superiori. Nel caso della frantumazione selettiva delle due specie di *Fragilariopsis*, legate a copertura glaciale semiperenne, si potrebbe ipotizzare un trasporto e deposizione selettivi di fecal pellets. Sono inoltre presenti forme più 'calde' caratteristiche di circolazioni più esterne con influssi oceanici, testimoniati dall'aumento progressivo di *F. kerguelensis*.

In questo livello si assiste quindi ad una diminuzione della copertura e ad un aumento del LMM testimoniato dalla diminuzione delle percentuali sia di *E. antarctica* che di *P. sulcata*; diminuisce inoltre il

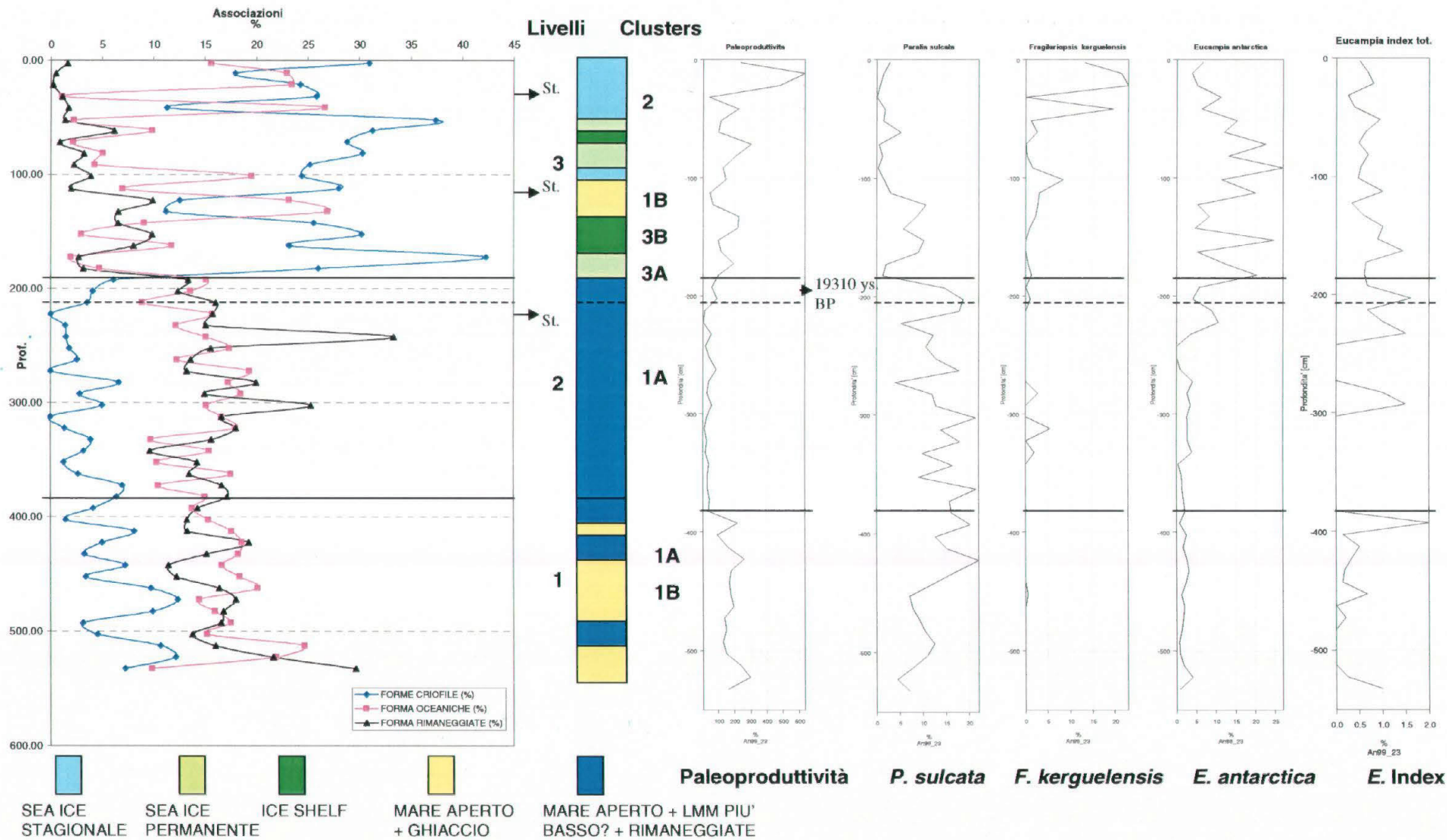


Fig. 6.2.1. Interpretazione paleoambientale e paleoclimatica ANTA99 23

valore di *Eucampia* Index. Compare sporadicamente *Th. gracilis*, forma più calda, mentre si nota l'aumento, soprattutto nei campioni più superficiali, di *F. curta*, spore di *Chaetoceros* e la presenza di *F. kerguelensis*. Questa associazione testimonierebbe quindi una ripresa della produttività della colonna d'acqua con una stagionalità sempre più marcata, con periodi di apertura stagionale sempre più lunghi e copertura da ghiaccio marino prevalentemente invernale. Sarebbero per ciò giustificati una marcata stratificazione stagionale della colonna d'acqua e periodici influssi legati a circolazione oceanica (CDW).

Le informazioni ottenute dagli indici biotici, mettono in evidenza che in questa carota la forma criofila meglio rappresenta è *F. obliquecostata* che, secondo Gersonde & Zielinski (2000), indicherebbe la prevalenza, nel livello superiore (1), di copertura da ghiaccio marino estivo. A questa situazione si alternerebbero, soprattutto nella parte più superficiale, episodi di ritiro del margine glaciale estivo e frequente passaggio a condizioni ambientali tipiche della Seasonal Ice Zone (SIZ). Si registrano inoltre possibili influssi di circolazione oceanica ma limitati alla parte più superficiale della carota. Questa situazione verrebbe confermata anche da *Eucampia* Index che indicherebbe una fase di avanzamento della copertura glaciale nel livello inferiore ed una generale tendenza verso condizioni di mare libero da copertura e stagionalità nel livello superiore.

6.3 Carota ANTA91 8

Questa carota, riferibile alla finestra temporale dei 300000 anni e ad un ambiente bacinale esterno alla scarpata, si è dimostrata mediamente più ricca di microflora silicea con un andamento del segnale di paleoproduttività relativa molto articolato. Per una valida lettura dell'insieme ci si è basati non tanto sulla descrizione dei livelli, risultata piuttosto riduttiva, quanto sul segnale di paleoproduttività relativa comparato con quello degli andamenti delle associazioni, analizzate anche con l'aiuto della Cluster Analysis (Fig. 6.3.1).

All'interno di ogni cluster sono state osservate delle variazioni associative imputabili alle differenti condizioni ambientali ed idrodinamiche relative al periodo di deposizione del sedimento in ciascun livello.

I livelli a bassa paleoproduttività sono caratterizzati in genere da una associazione glaciale rappresentata, in ordine di frequenza, da *E. antarctica* con *A. actinochilus*, *P. sulcata* con *F. obliquecostata* che indicano situazioni di prevalente copertura glaciale ed abbassamento del livello marino medio.

Il valore minimo di paleoproduttività relativo all'intervallo tra i 467 cm ed i 448 cm è caratterizzato da una percentuale di quasi il 20% di *F. obliquecostata* con *E. antarctica* e *Th. antarctica* riferibili a condizioni di copertura da ghiaccio marino permanente, mentre quello relativo al campione 384-387 cm è dato da *E. antarctica*, *Th. lentiginosa*, *Rh. hebetata*. In questo caso le basse percentuali di *P. sulcata* potrebbero essere interpretate come indice di un più lieve abbassamento del livello medio marino con maggiori influssi da circolazione di mare aperto.

Il valore minimo di paleoproduttività relativo al campione 287.5-290 cm è dato da una associazione glaciale dominata da forme neritiche *E. antarctica* (con *A. actinochilus*) seguite da Gruppo *Thalassiothrix*, *P. sulcata* e *Th. antarctica*. La presenza di una certa percentuale di *P. sulcata* potrebbe indicare un moderato abbassamento del LMM, mentre quella del Gruppo *Thalassiothrix* potrebbe indicare una certa parte di produttività legata ad un fenomeno upwelling in scarpata.

Il leggero flesso di produttività in corrispondenza del campione 167-169 cm presenta pure la dominanza di *E. antarctica* con *F. sublinearis* ed *A. actinochilus* correlabile quindi ad un possibile avanzamento della calotta in situazioni glaciali neritiche di copertura (sensu Burckle, 1984) con presenza di ghiaccio marino permanente.

Per quanto riguarda i valori minimi di paleoproduttività relativi al livello compreso tra 131 cm e 78 cm essi sono caratterizzati dalla generale dominanza di *E. antarctica* associata a forme criofile neritiche che vengono man mano soppiantate, verso la parte superiore di questo livello, da forme di mare aperto legate a circolazione oceanica e di upwelling.

Caso a sé il campione 100-102 cm che, pur rappresentando un valore minimo di produttività, presenta una associazione caratterizzata da forme di alta produttività (spore di *Chaetoceros*) accompagnate da forme oceaniche e di upwelling (Gruppo *Thalassiothrix*) riferibili ad influssi circolatori sotto copertura.

I livelli ad alta produttività sono caratterizzati principalmente dalla forte presenza delle forme tipiche di alta produttività con marcata stratificazione stagionale della colonna d'acqua come i *Chaetoceros*, soprattutto in spore.

Il valore massimo di paleoproduttività relativo al campione 482-485 cm è dato fundamentalmente da *Chaetoceros* spore associate a forme di mare aperto come *Th. lentiginosa* accompagnata da *Dactyliosolen antarcticus*, *Choretron criophilum* e *Xanthiopyxis*. Significativa è l'assenza di *F. kerguelensis* che dimostra così un comportamento differente rispetto a *Th. lentiginosa*.

Il valore positivo di paleoproduttività al 410-412 cm è dato dai *Chaetoceros* con buona parte anche di cellule vegetative, da forme oceaniche (*F. kerguelensis* e *Th. gracilis*) e parte di forme criofile di ghiaccio marino stagionale (*F. curta*); questa associazione potrebbe indicare condizioni favorevoli di deposizione della silice o un alto tasso di conservazione nel sedimento.

Nell'intervallo compreso tra 360 cm ed 328 cm, la paleoproduttività è modesta e si notano forme criofile stagionali *Chaetoceros* spore con *F. curta* e *F. obliquecostata*, indici di presenza di ghiaccio marino anche permanente, mentre tendono a scendere le forme oceaniche e di mare aperto, come *F. kerguelensis* e *Th. lentiginosa*.

Il valore massimo di paleoproduttività relativo al campione 223.5-226 cm si differenzia in quanto è caratterizzato da una diminuzione delle delle forme di alta produttività della colonna d'acqua a favore di forme decisamente oceaniche, *F. kerguelensis* con *F. angulata*, associate a forme criofile di ghiaccio marino stagionale quali *F. curta* con *F. cylindrus*, probabili indicatori di migliore stato di conservazione.

Gli ultimi 71 cm della carota sono caratterizzati da associazioni a alta produttività, con la dominanza di spore di *Chaetoceros*; si nota però un leggero decremento verso la superficie di queste forme; a circa 26 cm, infatti, esse cominciano ad essere sostituite prima da forme criofile stagionali e poi da forme decisamente oceaniche, in particolare da *F. kerguelensis*, accompagnata da *Th. gracilis*.

Analizzando la distribuzione dei Clusters lungo la carota si possono quindi notare delle ripetute alternanze tra associazioni riferibili ad ambiente glaciale di copertura e associazioni tipiche di ghiaccio marino o di mare aperto (con influssi della CDW). Si nota inoltre una diminuzione verso la base della carota del cluster relativo a condizioni di ghiaccio marino a favore di quello relativo a condizioni di mare aperto. Questo potrebbe essere il risultato di fenomeni di dissoluzione selettiva sinsedimentaria e/o postdeposizionale delle forme di ghiaccio marino e margine glaciale (soprattutto *F. curta* e *F. cylindrus*) che sono caratterizzate da un tasso di silicizzazione minore rispetto a quelle di mare aperto. Altra interpretazione potrebbe essere quella di un effettivo cambiamento degli equilibri idrodinamici ed ambientali, relativi agli ultimi 300000 anni, a favore di condizioni di copertura glaciale marina e di margine glaciale sempre più marcata.

Particolare attenzione deve essere quindi riposta ai dati ottenuti dagli indici biotici relativi ai rapporti tra taxa del Gruppo *Fragilariopsis*. Tali indici, soprattutto quello relativo a *F. kerguelensis* (forma generalmente molto resistente alla dissoluzione selettiva), potrebbero risultare alterati da questi fenomeni dissolutivi.

In ogni caso per una valida lettura degli indici biotici relativi a questa carota si è proceduto alla comparazione tra le curve degli indici ed i clusters evidenziati (Fig. 5.4.11.). Da questa analisi è risultato che i livelli caratterizzati da associazioni di ghiaccio marino o di mare aperto registrano frequentemente fasi di passaggio del margine glaciale con copertura prevalentemente invernale da ghiaccio marino e stagioni estive libere da copertura relativamente lunghe (2 o 3 mesi). *F. curta* quindi conferma il suo ruolo di forma associata ad ambienti marini marginali al ghiaccio o comunque tipici della SIZ altamente produttivi. Vengono altresì rilevate forti percentuali di *F. obliquecostata*, testimoniando periodi di copertura marina perenne o semiperenne. Relativamente agli ultimi due cicli climatici è risultata infatti forma dominante in associazioni glaciali riferibili al LGM in fase terminale (tra 90 cm e 79 cm), possibile testimone di cambiamento di condizioni di copertura, da Ice Shelf a copertura da ghiaccio marino.

Dall'analisi della matrice delle correlazioni tra le specie relative a questa carota risulta che *F. curta* e *F. kerguelensis* sono positivamente correlate. Questo potrebbe sembrare una contraddizione dato l'opposto significato ambientale attribuibile a ciascuna specie che indica *F. curta* associata a copertura da ghiaccio marino e zone prossime al margine glaciale e *F. kerguelensis* tipica di circolazione di Fronte Polare. Risulta facilmente spiegabile considerando la relazione esistente, in ambiente antartico, tra condizioni di stagionalità con apertura estiva e circolazione oceanica che debbono per forza essere collegate; queste condizioni sarebbero sostanzialmente diverse da quelle prettamente glaciali caratterizzate dal blocco della circolazione e prolungate se non permanenti condizioni di copertura. Riguardo all'indice biotico relativo a queste due forme, quindi, si possono associare i valori minimi (prevalenza della forma oceanica) ad influssi da parte della CDW, mentre valori massimi (prevalenza della forma di margine glaciale) dovuti a condizioni di mare stagionalmente libero da ghiaccio, con condizioni tipiche di SIZ o all'imporsi di fasi di apertura di polynya.

Premesso l'attuale valore puramente sperimentale e quindi possibile futuro oggetto di approfondimenti, dell'applicazione di *Eucampia* Index, si può dire che, anche nelle associazioni relative a questa carota si è in presenza della varietà polare di *E. antarctica* var. *recta* e che, in generale, in corrispondenza dei glaciali si assiste ad un aumento della presenza di tale specie ma ad un decremento dell'indice. Tale situazione potrebbe essere spiegata considerando la posizione geografica di questa carota riferibile a bacino esterno, che risentirebbe anche nei periodi glaciali, di condizioni idrografiche differenti rispetto a quelle di piattaforma

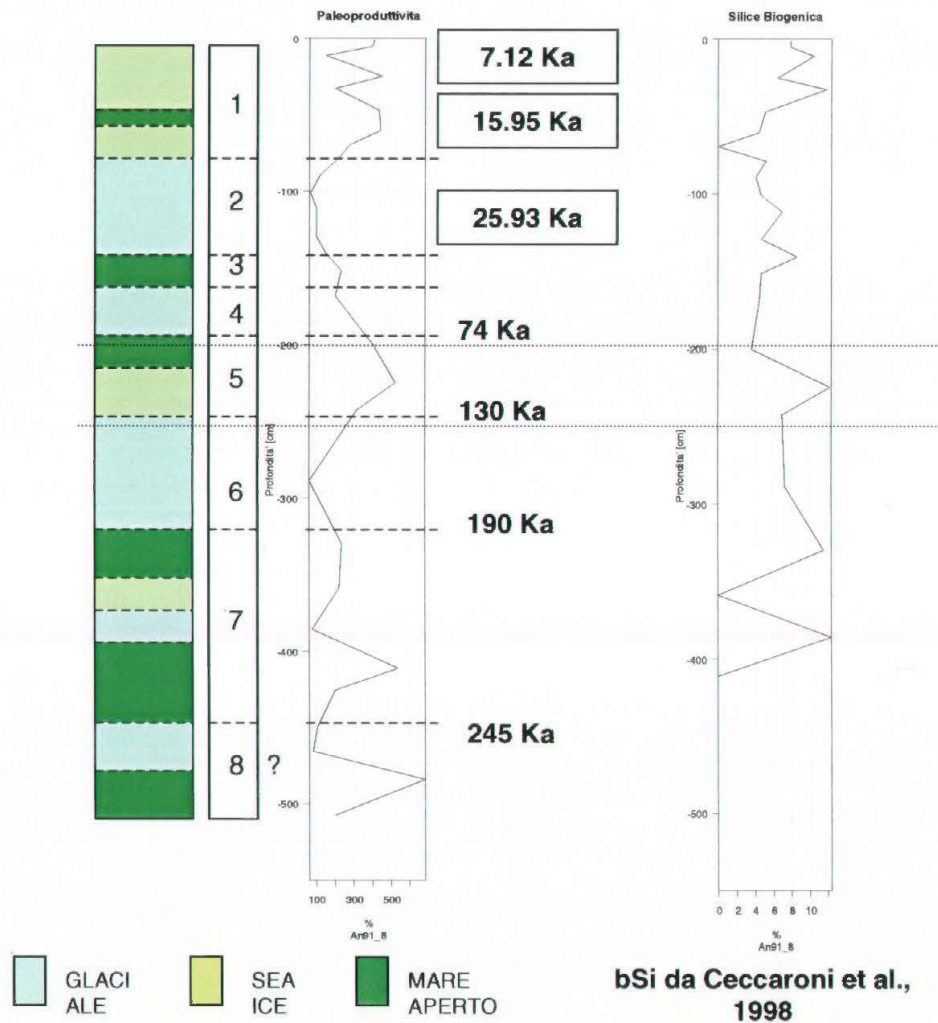


Fig. 6.3.2. Comparazione segnale di paleoproductività relativa ANTA91 8 e silice biogenica (wt. %) da Ceccaroni et al., 1998

ma. Questo giustificerebbe la presenza di colonie di *E. antarctica* relativamente più lunghe (valori dell'*Eucampia* Index più prossimi o maggiori a 1).

Analizzando l'andamento di *E. Index* relativo a questa carota, e quindi relativo agli ultimi 300000 anni B.P., la generale tendenza a decrescere verso la parte superficiale. Ciò è evidente soprattutto osservando l'andamento dei valori minimi e massimi e testimonierebbe il graduale instaurarsi di condizioni di mare libero da ghiaccio sempre più marcate. Le forti oscillazioni che caratterizzano la parte inferiore della curva di *E. Index* sarebbero quindi da collegarsi alle differenti condizioni ambientali di copertura glaciale, soggette anche a variabili spazio-temporali locali, che avrebbero caratterizzato i vari periodi glaciali ed interglaciali.

Nella interpretazione paleoambientale e paleoclimatica di questa carota sono stati utilizzati alcuni dati e considerazioni relativi a lavori di Quaia, 1997; Quaia & Brambati, 1997; Ceccaroni et al., 1997; Ceccaroni et al., 1998; Quaia & Cespuglio, 2000.

In particolare è stato confrontato l'andamento della paleoproduttività relativa ottenuta in questo lavoro con i dati della silice biogenica (wt%) pubblicati da Ceccaroni et al., 1998 (Fig. 6.3.2)

E' stata notata una corrispondenza tra il segnale di paleoproduttività relativa e quello della bSi in corrispondenza del livello 223,5-226 cm che suggerirebbe l'ipotesi che l'alta percentuale in peso della silice biogenica sia dovuta alla forte presenza di microfiore a diatomee.

Si possono notare, invece, alcune discrepanze relative a determinati campioni (ad esempio 287.5-290 cm, 110-113 cm e 100-102 cm) nei quali la % di silice biogenica totale risulta piuttosto maggiore (restando sempre in valori medio-bassi) rispetto al segnale dato dalle diatomee. Questo può a ragione essere dovuto al contributo di bSi dovuto principalmente alle spicole di spugna, radiolari e silicoflagellati (vedi Fig. 5.4.0).

6.4 Discussione generale sulle tre carote

In generale sono stati individuati cambiamenti nel segnale paleoproduttività relativa dovuti a variazioni nelle condizioni ambientali e negli equilibri idrici ed oceanografici legati alla copertura glaciale (Fig. 6.4.1).

In particolare nelle carote relative agli ultimi 30-40000 anni (ANTA96 5bis e ANTA99 23) sono stati individuati i livelli a bassa produttività tipici di copertura glaciale riferibile all'ultimo ciclo glaciale; mentre i livelli superiori si sono dimostrati particolarmente produttivi e sensibili.

Nella ANTA91 8 i livelli a bassa paleoproduttività relativa vengono associati a periodi di copertura glaciale e sono generalmente caratterizzati da associazioni dominate da forme criofile neritiche (sensu Burckle, 1984) accompagnate alternativamente da forme oceaniche o criofile di ghiaccio marino stagionale.

L'analisi delle matrici delle correlazioni tra le specie è risultata utile ai fini di una più corretta interpretazione delle specie riscontrate, soprattutto relativamente a quelle 'significative' o dal significato ambientale dubbio o ancora in discussione.

Confrontando i risultati ottenuti dall'analisi delle matrici di correlazione tra le specie relative ad ogni carota esaminata è emerso che:

- *Actinocyclus actinochilus* è sempre ben correlato con *Eucampia antarctica*, fatto già descritto in bibliografia (vedi schede tassonomiche in Appendice) che dimostrerebbe la probabile comune origine neritica di queste due forme;

- *A. ingens* è sempre ben correlato alle altre forme rimaneggiate, confermando la sua origine da rimaneggiamento;

- *Chaetoceros* spore sono sempre negativamente correlate con *Paralia sulcata* ed *Eucampia antarctica* nella ANTA91 8, mentre nella ANTA99 23 mostrano un andamento in fase con *E. antarctica*. Ciò potrebbe essere dovuto ad apporti laterali selettivi nella carota ANTA91 8;

- *Eucampia antarctica* è sempre ben correlata, come già detto precedentemente, con *A. actinochilus* e con *F. obliquecostata*. Quest'ultima verrebbe interpretata come forma di mare aperto prossimale al ghiaccio da Cunningham & Leventer, 1998 e come forma legata a copertura da ghiaccio marino, anche estivo, da Gersonde & Zielinski, 2000. L'andamento riscontrato nelle carote ANTA96 5bis e ANTA99 23 potrebbe suggerire una interpretazione più vicina a quella di Gersonde & Zielinski; tale andamento però non viene confermato nella carota ANTA91 8. La discordanza di segnale registrata potrebbe quindi essere interpretata come dovuta alla minore rappresentatività evolutiva spazio-temporale dei campionamenti relativi alla carota ANTA91 8 associata a tassi di sedimentazione minori ed alla diversa finestra temporale relativa alla carota;

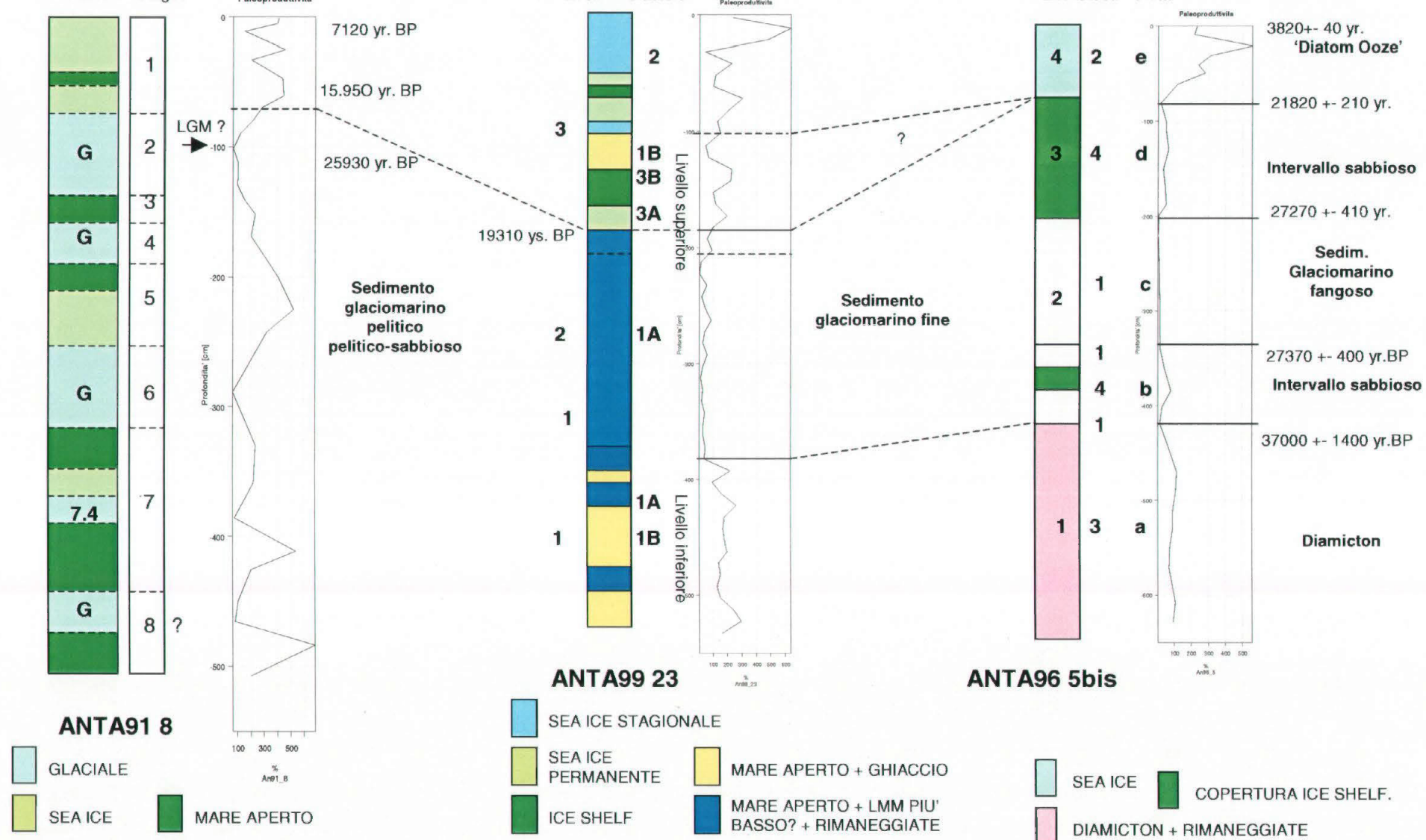


Fig. 6.4.1. Proposta di interpretazione e correlazioni biostratigrafiche sulle carote relative agli ultimi due cicli climatici

- *F. angulata* può essere correlata a specie più temperate (*Th. oestrupii* e *Th. gracilis*) ed alle altre specie del Gruppo *Fragilariopsis*;

- *F. cylindrus* mostra una certa correlazione con *Porosira glacialis* e *Chaetoceros* cellule vegetative cioè tutte forme debolmente silicizzate e facilmente solubili. Inoltre risulta correlata anche con *F. kerguelensis* fatto che potrebbe essere spiegato da un legame con periodi di alta prouattività ed aumento del tasso di conservazione nella colonna d'acqua e/o nel sedimento;

- *F. curta* è in genere positivamente correlata con *F. kerguelensis* e con le altre specie del Gruppo *Fragilariopsis* e con alcune forme 'temperate' come *Th. oestrupii* e *Th. gracilis*;

- *F. kerguelensis* assente nella ANTA96 5bis, mostra nella altre due carote una generale correlazione con *F. curta*, *Chaetoceros* cellule vegetative, *F. cylindrus* e *Th. gracilis*, mentre è negativamente o poco correlata con *E. antarctica*. Ciò potrebbe essere dovuto ad un suo trasporto da parte della CDW ed il conseguente possibile influsso sui tassi di conservazione della silice biogenica;

- *Paralia sulcata* mostra una correlazione positiva con forme grossolanamente silicizzate di probabile origine neritica e/o trasportata nella ANTA91 8, mentre risulta negativamente correlata con forme di ghiaccio marino quali *Fragilariopsis* spp. e di alta produttività quali *Chaetoceros* spp.;

- *Thalassiosira lentiginosa* è ben correlata con altre forme oceaniche o di mare aperto quali *Coscinodiscus oculusiridis*, *Ast. parvulus*, *Choretron criophilum* nella ANTA91 8.

Analizzando le specie riscontrate e da una interpretazione basata su dati ecologici anche attuali e dati bibliografici sono state riconosciute sia **associazioni criofile** ed **oceaniche** caratterizzanti ambienti particolari sia alcune forme, indicate come 'forme significative', caratterizzate da un particolare valore ambientale. Alcune di queste forme sono state oggetto di approfondimenti morfologici ed interpretativi anche con il sussidio di alcuni specialisti internazionali.

Fondamentale è risultato l'utilizzo di alcune metodologie di analisi come le matrici di correlazione tra specie e di tecniche classificative quali la Cluster Analysis.

Le prime hanno permesso di identificare alcune correlazioni positive o negative tra andamenti di alcune forme. Ciò si è rivelato utile per una attendibile interpretazione specifica (vedi andamento di *F. obliquecostata*) e per una conferma di dati già noti in bibliografia, relativi a determinati collegamenti tra alcune specie (vedi *Eucampia antarctica* ed *Actinocyclus actinochilus*).

La Cluster Analysis invece si è rivelata indispensabile strumento per una facilitazione di lettura dei dati ottenuti sulle associazioni ed una più corretta interpretazione ambientale ed ecologica.

Sono stati individuati in genere tre clusters fondamentali riferibili a:

- **condizioni glaciali di copertura variabile** (da Ice Shelf o ghiaccio marino permanente o semipermanente),

- **condizioni di stagionalità** con copertura prettamente invernale con periodi di apertura variabilmente lunghi tipici delle SIZ;

- **condizioni di mare aperto** e generalmente libero da ghiaccio con influssi di circolazione esterna di Polar Front (CDW).

Per quanto riguarda la carota ANTA96 5bis, si è quindi in presenza di una sequenza sedimentaria glacio-marina relativa alla finestra temporale dei 30-40000 anni caratterizzata da un livello basale, medio e superiore (Fig. 6.1.1).

La base (unità a secondo Salvi et al. 2000) di età superiore a 35000 anni B.P. è caratterizzato da un diamicton glaciomarino non sovraconsolidato, con associazioni a diatomee omogenee e caratterizzate da alte percentuali di forme rimaneggiate riferibili al Miocene inferiore-medio, da forme meroplanctoniche ricollegabili ad una fase di abbassamento del livello medio marino (LMM) e/o ad un cambiamento idrodinamico ed una medio-bassa produttività delle acque. Potrebbe essere interpretato come una fase di avanzamento della calotta con progressivo blocco della circolazione.

L'intervallo che comprende le unità b, c e d (Livelli 2 e 3) e di età compresa tra 35000 e 17-20000 anni B.P. è caratterizzato da un sedimento glaciomarino praticamente sterile o con associazioni scarse, rappresentate da forme altamente silicizzate e meroplanctoniche legate all'abbassamento del livello marino e rimaneggiate. E' interpretabile come una fase di copertura da calotta, presumibilmente ancorata ai fianchi del bacino (Salvi, 1999; Salvi et al., 2000) con fenomeni di leggera ripresa della sedimentazione biosilicea dovuti a distacco della calotta con ripresa della circolazione o a fenomeni di scivolamento gravitativo dai fianchi del bacino con risospensione e risedimentazione di materiale. In ogni caso questi sedimenti presentano delle associazioni riferibili ad un ambiente neritico o pseudoneritico (sensu Burckle, 1984) di copertura glaciale. Nella parte superiore di questo intervallo (unità d) si assiste ad una leggera ripresa della

sedimentazione biosilicea con una graduale diminuzione di forme rimaneggiate e meroplanctoniche a favore delle forme criofile e soprattutto oceaniche (di mare libero da ghiaccio) sempre comunque riferibili ad ambiente di copertura glaciale. Questo indica una graduale ripresa della circolazione sotto calotta dovuto probabilmente ad un graduale aumento del livello marino con lo scollamento della stessa dai fianchi del bacino. Il passaggio al livello più superficiale, caratterizzato da un fango siliceo (Siliceous Mud Ooze), è marcato da un campione sterile (80-82 cm) e probabilmente disturbato da fenomeni di risciacquo del sedimento. Il livello superficiale quindi è caratterizzato da un brusco aumento della paleoproduttività della colonna d'acqua con una dominanza nelle associazioni riservata a forme criofile. Queste indicherebbero periodi di copertura da ghiaccio marino stagionale, oscillanti tra condizioni di apertura estiva di durata non inferiore ai due mesi e condizioni di presenza di ghiaccio marino anche estivo (copertura permanente o semipermanente) corrispondenti presumibilmente a fasi fredde oloceniche.

Riferibili presumibilmente a fasi oloceniche calde sono invece i presenti episodi di circolazione oceanica (CDW), testimoniati dalla bassa ma pur effettiva presenza di *F.kerguelensis* nella parte più superficiale di questo livello, e legati alle variazioni delle condizioni idrodinamiche delle masse d'acqua di piattaforma.

Dall'analisi ai raggi X sulla carota ANTA99 23 (Brambati et al., 2001) e dall'osservazione complessiva al momento dell'apertura si è potuta evidenziare una sedimentazione glacio-marina a matrice fine ed è stato possibile suddividere preliminarmente questa carota in due intervalli: uno inferiore (dalla base fino a 380 cm) piuttosto omogenea contenente una certa quantità di detrito glaciotrasportato (IRD) ed un livello superiore (da 382 cm alla superficie) meno uniforme, testimone di ambiente più dinamico.

Inoltre basilare si è rivelata la datazione, effettuata dal Geochron Laboratories (Massachusetts-USA) sul ^{14}C al campione 192-193 cm, che ha permesso la attribuzione di questa sequenza sedimentaria alla finestra temporale relativa a 30-40000 anni B.P. presentando un'età di 19310 ± 90 anni B.P.

In base all'analisi sulle microflore silicee si è potuto distinguere una ulteriore suddivisione (Fig. 6.2.1) basata sui segnali di paleoproduttività e delle associazioni. Per cui l'intera carota è stata suddivisa in:

- Livello 1 (da 533 cm a 392 cm)
- Livello 2 (da 383 cm a 212 cm)
- Livello 3 (da 212 cm alla superficie).

Dall'analisi dei dati disponibili si è potuto notare la coincidenza tra il livello inferiore (Brambati et al., 2001) evidenziato ai raggi X ed il livello 1 evidenziato dalla curva di paleoproduttività relativa e dagli andamenti delle associazioni dedotti dallo studio sulle microflore. Questo livello (1) è caratterizzato quindi da un sedimento glaciomarino di bacino esterno, con paleoproduttività relativa medio-alta, abbastanza costante e con associazioni a diatomee caratterizzate dalla prevalenza di forme oceaniche e dalla forte presenza di forme rimaneggiate mioceniche e plio-pleistoceniche, tra le quali anche esclusive di questa carota come *Rouxia diploneides* appartenente al Gruppo *Rouxia* e dalla discussa distribuzione stratigrafica (Barker et al., 1990). All'interno di questa associazione si nota un graduale aumento di forme meroplanctoniche a discapito principalmente di quelle criofile stagionali. Questa situazione potrebbe essere interpretata come un graduale avanzamento della copertura glaciale con un abbassamento del LMM e diminuzione della stagionalità.

Il livello 2 è caratterizzato da un abbattimento della paleoproduttività che caratterizza generalmente i periodi di copertura glaciale con delle fasi di ripresa della sedimentazione biosilicea che presentano una continuità associativa rispetto al livello 1. Ai raggi X questo intervallo si presenta disomogeneo con inclusi e laminazioni, mentre la datazione fa risalire la parte sommitale di questo livello a 19310 anni B.P.

Il livello 3 è stato evidenziato in base all'andamento delle associazioni. Le curve di andamento delle forme criofile ed oceaniche si nota infatti in corrispondenza del campione 182-183 cm, un brusco cambiamento nelle associazioni con il passaggio a netta dominanza di forme criofile stagionali e graduale diminuzione delle forme rimaneggiate. Ai raggi X si possono notare, soprattutto alla base di questo livello, dei cambiamenti graduali con diminuzione delle dimensioni e nella densità degli inclusi con maggiore omogeneità del sedimento e presenza di bioturbazioni. Dal punto di vista delle microflore si può notare una corrispondente gradualità nella ripresa del segnale di paleoproduttività relativa caratterizzata comunque da forti oscillazioni lungo tutto il livello. Le associazioni a diatomee riferibili a questo intervallo sono risultate piuttosto diversificate, caratterizzate da una alternante dominanza tra forme criofile ed oceaniche. La Cluster Analysis ha evidenziato una sequenza di associazioni riferibili a condizioni di copertura differenti, testimoni di dinamiche glaciali 'pulsive' (pulsazioni della RIS?). Si notano inoltre, sia ai raggi X che dalle associazioni, fenomeni di disturbo del sedimento attribuibili a risciacquo da parte di correnti e/o fenomeni più o meno intensi di scivolamento gravitativo di materiale dalla scarpata.

La parte superiore del livello 3 è invece caratterizzata da una associazione di ghiaccio marino testi-

moniante la definitiva apertura stagionale della colonna d'acqua con buona stratificazione delle acque ed un buon tasso di conservazione della silice biogenica nel sedimento. Gli influssi di circolazione oceanica (CDW) risultano modesti e presenti solo nella parte più superficiale. Gli indici biotici testimoniano la tendenza graduale verso condizioni sempre più marcate di mare aperto.

Sulla base dei dati ottenuti, soprattutto relativi alla ciclicità notata nelle associazioni a diatomee, e prendendo in considerazione le interpretazioni proposte da Quaià & Brambati, 1997 e Ceccaroni et al., 1998 relative agli ultimi 7 (8) cicliclimatici, è stata fatta una proposta interpretativa per la carota ANTA91 8 (Fig. 6.3.1). A tal fine sono state prese in considerazione la curva di paleoproduttività relativa, la distribuzione dei clusters, gli andamenti delle associazioni e di alcune specie ritenute significative e le datazioni già disponibili risultato di uno studio geochimico sul guscio di foraminiferi calcarei ritrovati nella carota ANTA91 8 relativamente al livello compreso tra 102 cm e 65 cm (Quaià & Cespuglio, 2000).

Si può notare una generale buona corrispondenza interpretativa relativa ai cicli climatici 8, 7 e 6. In particolare lo stage 8 è identificato da una facies galeale ma presenta alla base una facies calda di mare aperto molto produttiva (fase calda dell'8 o stage 9?).

Lo stage 7 interglaciale è piuttosto ampio e presenta all'interno una facies fredda riferibile alla fase 7.4 che, come si può notare dalla curva cronostratigrafica proposta da Martinson et al., 1987 (Fig. 1.1) risulta marcatamente fredda raggiungendo valori tipici glaciali; fatto che giustificherebbe l'associazione riscontrata. Questa fase climatica registra infatti una associazione correlabile ad un presunto blocco della circolazione tipico di un glaciale o di una fase interglaciale particolarmente fredda evidenziata anche dai indici biotici che indicherebbero la presenza di probabile copertura da ghiaccio marino permanente.

Netto risulta lo stage 6 evidenziato dalla bassa produttività, da un tasso di sedimentazione abbastanza elevato con presenza di forme legate a copertura glaciale e diminuzione del livello marino medio.

Lo stage 5 risulta molto produttivo e ben evidenziato anche dalla curva bSi (Ceccaroni et al., 1998). Il massimo di paleoproduttività rilevato al campione 223,5-226 cm potrebbe corrispondere alla fase di 'optimum climatico' (Eemiano) relativa al 5.5. È significativo il fatto che la Cluster Analysis (Fig. 5.4.10) abbia messo in diretta correlazione il campione 223,5-226 cm con il campione più superficiale (0-2 cm); dai dati bibliografici infatti lo stage 5, ed in particolare la sua fase di 'optimum climatico', è spesso assunta come fase molto simile alle condizioni attuali ed è in discussione la possibilità di un collasso della RIS in corrispondenza di questo evento climatico (Burckle, 1993a, 1993b).

Anche i dati bibliografici relativi agli stages 4, 3 e 2 confermano queste fasi climatiche spesso difficilmente identificabili. L'interpretazione qui proposta si basa sull'osservazione che da 169 cm a 78 cm si nota una paleoproduttività relativa piuttosto bassa con due flessi negativi di cui uno particolarmente marcato. Questa situazione è marcata da due facies glaciali, coincidenti coi due flessi negativi ed interpretate come la stage 4 e 2, intervallate da una facies di mare aperto, stage 3 (da 153 cm a 139 cm). È disponibile una datazione effettuata a 100-102 cm che data questo campione a 25930 anni B.P. (Quaià & Cespuglio, 2000), confermando la facies glaciale di copertura riscontrata in questo campione.

Gli ultimi 70 cm circa di questa carota sono caratterizzati da una facies biosilicea riferibile a condizioni di copertura da ghiaccio marino con un equilibrio variabile tra predominanza di condizioni criofile marine ed influssi da parte di circolazione oceanica caratteristica della Circumpolar Deep Water (CDW). Interessante risulta in questo caso il dato rilevabile dall'andamento del Rapporto *F. curta*/*F. kergulensis* relativo al campione 45-48 cm che evidenzia una situazione di preponderante presenza della forma oceanica; ciò risulterebbe simile alla situazione riscontrabile in corrispondenza dello stage 5.5 (Eemiano). Ai campioni 24-26 cm e 10-12 cm, inoltre, si assiste ad una netta predominanza della forma di margine glaciale correlabile ad un probabile stazionamento (o frequenti passaggi) del margine della calotta in un periodo freddo dello stage 10 all'instaurarsi di condizioni di polynya in zone limitrofe. Interessante può risultare anche l'andamento in netta controfase riscontrata tra forme criofile ed oceaniche riferibili a questo intervallo (ed osservabile anche in altre situazioni lungo la carota) (Fig. 6.4.1). Tale andamento presenta degli scarti sempre maggiori verso la parte superficiale del livello ed è probabilmente correlabile ai cambiamenti idrodinamici relativi all'instaurarsi di condizioni interglaciali sempre più marcate. Questo argomento potrebbe in futuro portare a stimolanti riflessioni ed approfondimenti. Anche dall'analisi degli indici biotici e della distribuzione di alcune forme significative, infatti, si può evidenziare la netta tendenza verso condizioni di stagionalità sempre più marcate. Le datazioni disponibili riferiscono un'età di 15950 anni per i 62-65 cm e 7120 anni per i 20-22 cm (Quaià & Cespuglio, 2000).

Per quanto riguarda la posizione stratigrafica relativa al LGM essa è stata ultimamente posta, su basi sedimentologiche, attorno a 71 cm (Quaià & Cespuglio, 2000). Dai risultati ottenuti da questo studio tale livello corrisponderebbe proprio al termine della facies glaciale ed in corrispondenza del passaggio ad una fase di inizio di condizioni di stagionalità. In corrispondenza di questo limite si nota inoltre il cambiamento di fase, già evidenziato in precedenza, tra gli andamenti delle associazioni criofila ed oceanica. Da quanto

emerso da una analisi dettagliata dalle associazioni e dall'andamento della paleoproduttività relativa si nota un valore minimo di paleoproduttività in corrispondenza dei 100-102 cm fino a 88-90 cm caratterizzato da associazioni di tipo neritico-glaciale e con presenza di forme meroplanctoniche attribuibili ad un abbassamento del livello medio marino (LMM). Questi livelli sarebbero seguiti da una fase di coperutra da ghiaccio marino permanente ed in corrispondenza dei 70 cm vi sarebbero le evidenze, date dagli andamenti delle associazioni, di una definitiva apertura con stratificazione della colonna d'acqua ed influssi di circolazione oceanica esterna (CDW).

Si potrebbe ipotizzare, quindi, uno spostamento verso il basso del punto riferibile al LGM ed una fase di leggera apertura o cambiamento nella tipologia di copertura seguita da una definitiva apertura databile a circa 15950 anni B.P. (62-65 cm).

In ogni caso, tenendo valida l'interpretazione sedimentologica dei 70 cm riferibili al LGM, potrebbe risultare attendibile anche l'ipotesi di un repentino cambiamento ambientale, giustificato dalla posizione geografica e bacinale esterna della carota. In tale situazione infatti l'influsso da parte della circolazione oceanica sul tasso e sulla tipologia di copertura glacio-marina sarebbe marcato e caratterizzato da probabili equilibri variabili e fenomeni di circolazione e deposizione sotto calotta. Interessanti potrebbero risultare le osservazioni geomorfologiche e radiometriche effettuate da Baroni & Orombelli (1991, 1994 in Anderson, 1999; 1995) relative alla situazione di copertura glaciale riferibile all'ultimo massimo glaciale. Tali dati indicherebbero una situazione di copertura glaciale marcata ma non esasperata, con parti di coste libere da ghiaccio già dai 35000 anni B.P. Quindi è ipotizzabile una situazione ambientale con minore inerzia glaciale, con una SIZ sensibile e più ristretta nei pressi di Cape Adare e con un blocco relativo della circolazione. Anche Frezzotti, 1997 mette in luce il differente comportamento delle ice shelves relative alla zona di Cape Adare e la loro attuale significativa sensibilità ai cambiamenti di temperatura e bilancio di radiazione solare.

Fondamentale per lo sviluppo di una valida modellistica potrebbe risultare un approfondimento sugli equilibri idrodinamici relativi alla zona di Cape Adare per indagare il ruolo delle correnti periantartiche e gli influssi di Circumpolar Deep Water sul segnale sedimentario. In particolare i dati provenienti dallo studio di Marinoni et al. (2000) suggerirebbero una provenienza ed un trasporto di materiali da aree sorgenti differenti nei periodi glaciali ed interglaciali (Fig. 6.4.2). Durante gli interglaciali dovrebbero risultare prevalenti le forti correnti, innescate dalla riduzione della copertura e dalla produzione di acque dense (HSSW) in uscita dalla parte interna della piattaforma, mentre nei periodi glaciali dovrebbero prevalere le più moderate 'contur currents' provenienti dal settore orientale antartico (Wilkes Land). A questo proposito potrebbe essere interessante l'andamento in netta controfase osservato esclusivamente in questa carota, tra *Chaetoceros* spore (forme più piccole) ed *Eucampia antarctica* (forma più grossa e dall'alto tasso di silicizzazione tipicamente glaciale) (Fig. 6.4.3). Tale andamento potrebbe risultare da un risciacquo con asporto selettivo da parte delle correnti oppure da apporti differenziati da aree di sorgenti e masse d'acqua diverse tra le fasi glaciali ed interglaciali. Durante gli interglaciali, infatti le acque in uscita dalla piattaforma interna, con l'apporto di masse d'acqua più superficiali legate al Ross Gyre e provenienti dal settore occidentale del Mare di Ross, potrebbero risultare fortemente marcate da *Chaetoceros* (soprattutto spore); queste forme sono infatti costiere e periglaciali, legate a periodi di alta produttività della colonna d'acqua. Durante i glaciali invece la coperutra glacio-marina ed il conseguente blocco della circolazione, favorirebbero differenti associazioni e le correnti al fondo che, nel loro moto ciclonico, trasporterebbero materiale dal settore orientale antartico (Wilkes Land).

Dai dati ottenuti in questo lavoro e da quelli multidisciplinari provenienti dagli studi già pubblicati ed effettuati sulle carote in esame si è tentata una correlazione considerando, per ogni carota, le differenti finestre temporali ed i differenti ambienti deposizionali.

Discorso a parte merita quindi la carota ANTA91 8 che ha mostrato una successione di associazioni associabili ad una alternanza di facies micropaleontologiche glaciali ed interglaciali riferibili agli ultimi 8 (9 ?) cicli climatici e la loro caratterizzazione dal punto di vista della produttività della colonna d'acqua, delle associazioni e della situazione idrodinamica. E' stato possibile inoltre identificare lo stage 5 ed in particolare la sua fase Eemiana di 'optimum climatico' che ha permesso di porre un punto fermo nell'interpretazione biostratigrafica della carota. Fonte di futuri approfondimenti e comparazioni con ulteriori dati multidisciplinari potrebbero risultare l'identificazione degli ultimi 4 cicli climatici e soprattutto del LGM, anche al fine di una esatta stima di risposta delle microflоре comparate ad altri parametri.

Le carote ANTA96 5bis e ANTA99 23 sono risultate più simili dal punto di vista biostratigrafico presentando sequenze sedimentarie riferibili ai 30-40000 anni, caratterizzate da facies glaciali caratterizzate da medio-bassa produttività relativa, se non abbattimento quasi completo della stessa, e facies interglaciali successive all'ultimo massimo glaciale ed oloceniche. Queste ultime si sono dimostrate molto sensibili alle variazioni del tasso e della tipologia di copertura glacio-marina e delle condizioni idrodinamiche.

In ultima analisi è stata stilata una tabella di correlazione biostratigrafica, supportata dai dati finora

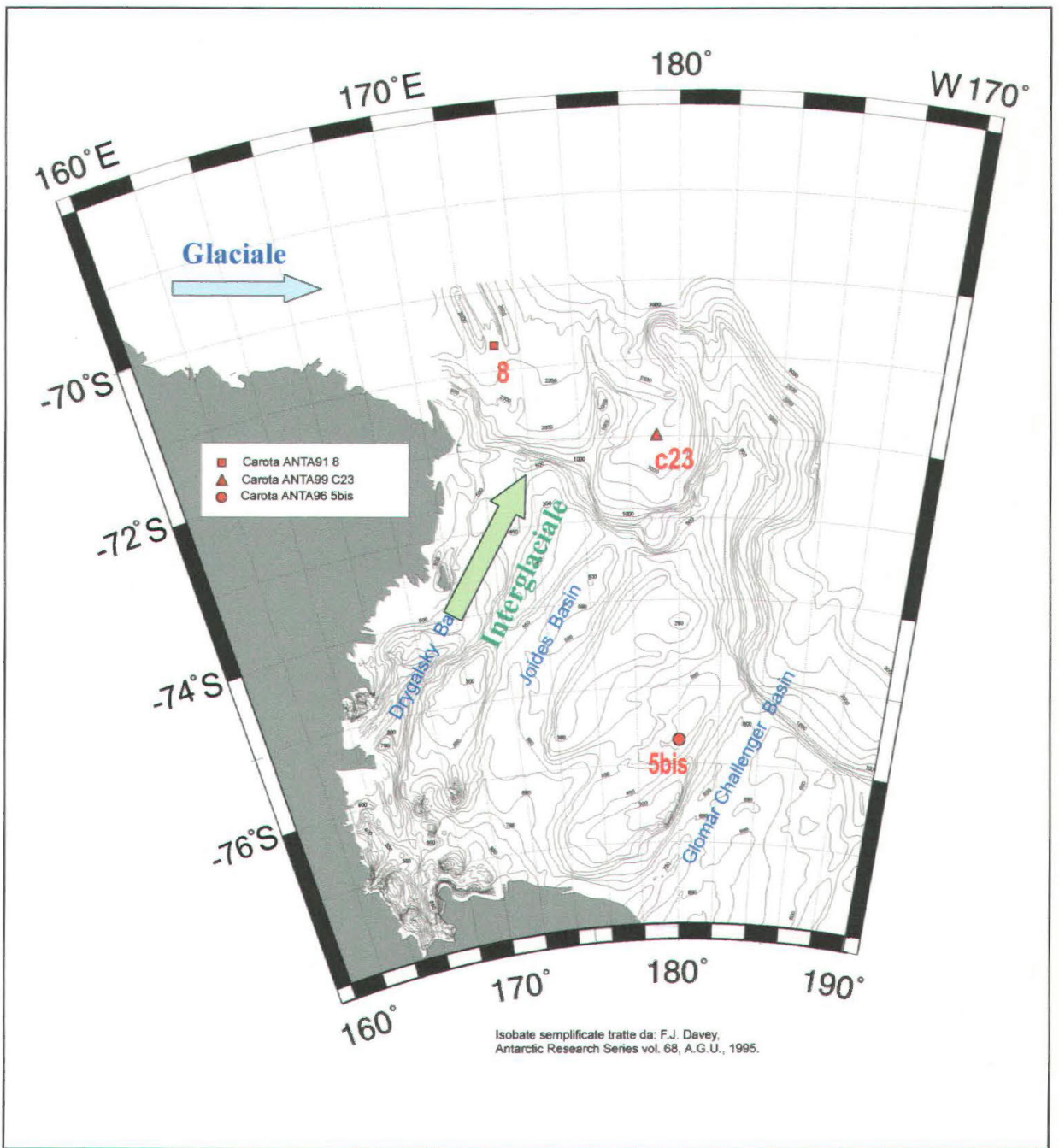


Fig. 6.4. 2. Schema della circolazione e trasporto di materiale prevalenti nelle fasi glaciali ed interglaciali proposto da Marinoni et al., 2000 per la carota ANTA91 8.

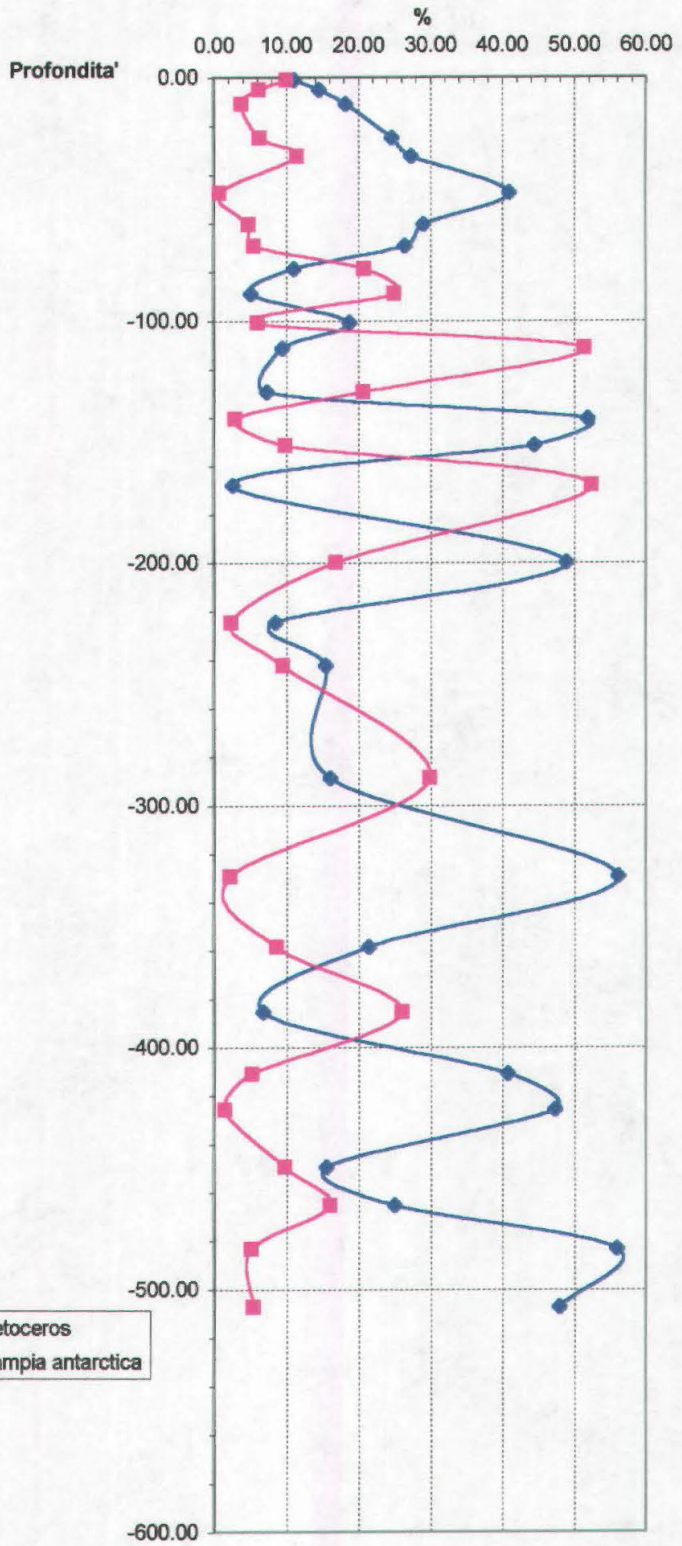


Fig. 6.4.3. Curve di abbondanza di *Chaetoceros* spore ed *Eucampia antarctica* nella carota ANTA 91 8

noti relativi alla caratterizzazione sedimentologica e datazioni, tra le tre carote principalmente per la parte coparabile relativa agli ultimi due cicli climatici (Figg. 6.4.1 e 6.4. 4).

Si può notare nelle carote ANTA96 5bis e ANTA99 23, analizzate dalla parte basale verso la parte superficiale, una sequenza riferibile, alla base, ad una fase di avanzata della calotta in due situazioni bacinali differentemente influenzate dagli apporti di piattaforma ed idrodinamici. Questa è seguita da una fase di copertura da parte della calotta con abbattimento della produttività relativa ed associazioni caratterizzate da dominanza di forme ecologicamente riferibili a copertura glaciale ed abbassamento del livello medio marino. Anche in questo caso si possono notare fenomeni di disturbo nella sedimentazione con fasi di leggera ripresa nel segnale microfloristico, delle differenze di facies e dei probabili tassi di sedimentazione, dovute alla posizione di bacino interno alla piattaforma della carota ANTA96 5bis e bacino esterno alla piattaforma della ANTA99 23. Tale interpretazione è corredata da datazioni che farebbero risalire queste due facies ad un periodo corrispondente all'ultima fase glaciale (compreso tra 37000 anni e 17-20000 anni B.P.).

Per quanto riguarda la situazione deposizionale-ambientale nella carota ANTA91 8 nel periodo corrispondente, si può notare la presenza di una tipica facies glaciale a bassa produttività ed associazione tipica riferibile a circa 26000 anni B.P.

Nei livelli seguenti le sequenze sopra descritte si nota, in tutte e tre le carote, un brusco cambiamento ambientale marcato principalmente dal cambiamento associativo e poi dal graduale aumento del segnale di paleoproduttività. In corrispondenza di questo evento biostratigrafico si nota infatti il definitivo imporsi di condizioni ambientali riferibili ad una fase di graduale ritiro della calotta seguita da una netta fase di apertura con condizioni di stagionalità sempre più marcate. Questa situazione risulterebbe inoltre caratterizzata da probabili fasi pulsive di avanzamento ed arretramento della calotta con conseguente variabilità nel tasso e nella tipologia di copertura permanente o semipermanente da ghiaccio marino, accompagnate da fenomeni di disturbo della sedimentazione attribuibili ad aumento della dinamica delle masse d'acqua di piattaforma ed oceaniche e/o a fenomeni di scivolamento gravitativo di materiale dalla scarpata.

Nella carota ANTA91 8 si nota una situazione interglaciale caratterizzata da copertura glacio-marina stagionale (prevalentemente invernale) con un significativo tasso di produttività estiva della colonna d'acqua e marcati influssi di circolazione oceanica temperata, tipica di Fronte Polare (CDW). Gli andamenti delle associazioni dimostrerebbero una graduale deglaciazione con l'imporsi di situazioni ambientali e/o oceanografiche cicliche sempre più marcate.

6.5 Conclusioni

Le diatomee e le relative associazioni, esaminate nelle carote, si sono dimostrate particolarmente sensibili alle variazioni ambientali e climatiche, nonostante siano forme generalmente planctoniche e soggette a possibili fenomeni di disturbo, quali trasporto laterale con selezione, dissoluzione selettiva ecc. Sono legate infatti a masse d'acqua con caratteristiche chimico-fisiche ben determinate; è stato infatti notato che, in certe condizioni ambientali, possono dare origine a marcate fasi vegetative (blooms vegetativi) che marcano zone caratterizzate da determinate condizioni ambientali o da particolari condizioni idrodinamiche. Ciò le rende indispensabili nella comprensione dell'evoluzione temporale ambientale (segnale di paleoproduttività della colonna d'acqua), delle facies sedimentarie e degli equilibri idrodinamici antartici.

Questo studio ha messo in evidenza il fatto che la risposta data dalle microflorie silicee ai cambiamenti climatici è differente ed in alcuni casi in anticipo rispetto a quella data da altri strumenti di indagine ambientale quali ad esempio i parametri sedimentologici, quelli chimico-fisici, ecc. Hanno dimostrato, inoltre, di essere raffinati strumenti biostratigrafici, indispensabili per caratterizzare le diverse facies sedimentarie, anche se soggette a rimaneggiamento, suggerendo un loro utilizzo per la comprensione delle dinamiche di trasporto ed erosione glaciale.

I principali obiettivi conseguiti mediante il presente lavoro sono di seguito riassunti:

- Partendo da una vasta ricerca bibliografica è stata messa in luce la situazione attuale degli studi sull'utilizzo delle diatomee quali indicatori biostratigrafici; sono stati quindi identificati i taxa presenti e le specie di diatomee antartiche più significative ai fini di una interpretazione paleoambientale e paleoclimatica.

- La definizione delle migliori metodologie di preparazione e di studio dei campioni e l'analisi critica dei dati ottenuti, hanno reso necessario un approfondimento tassonomico ed ambientale su alcune forme.

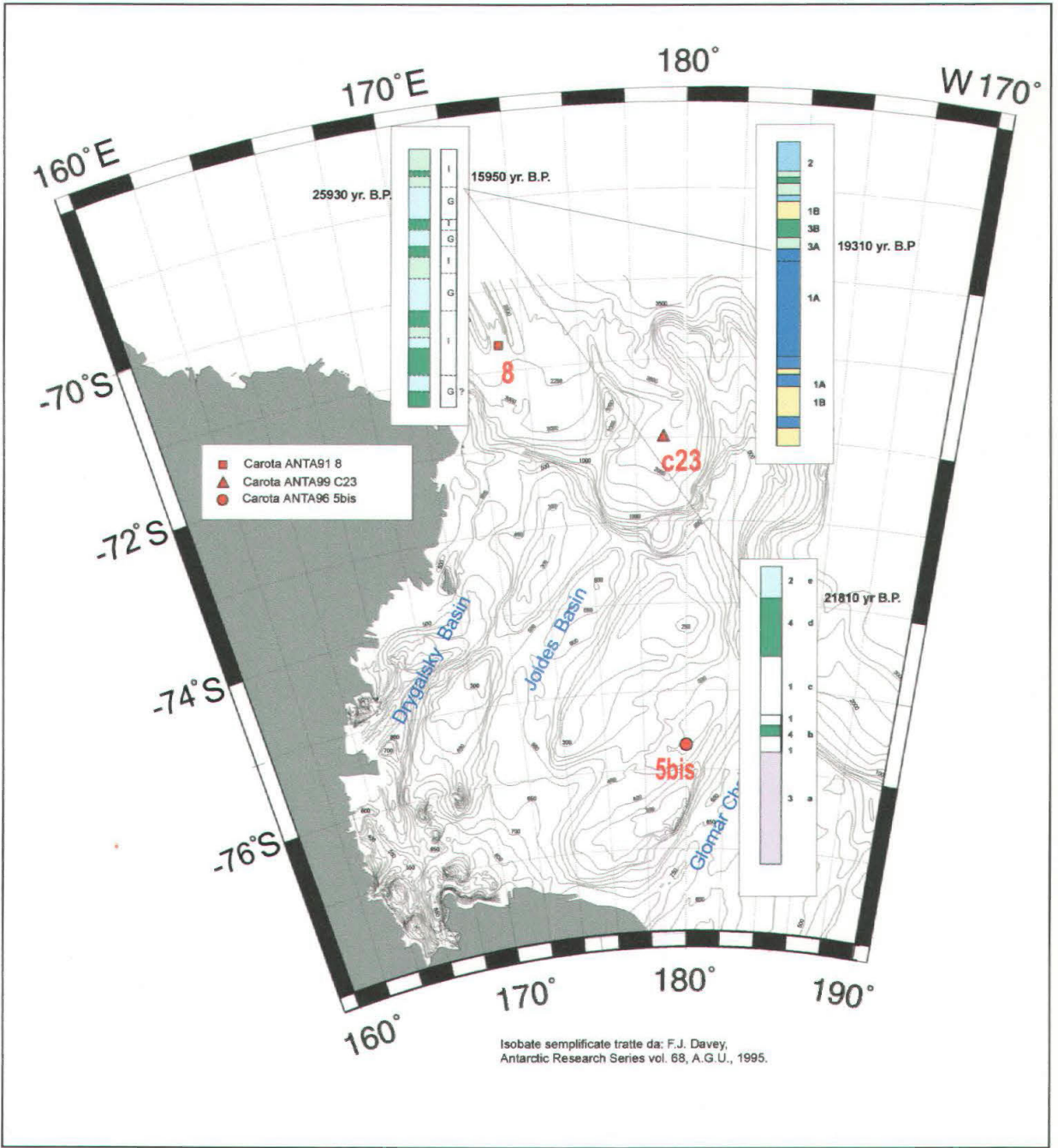


Fig. 6.4. 4. Cartina dei siti di prelievo delle carote e proposta di correlazione biostratigrafica relativa agli ultimi due cicli climatici.

Ciò è stato effettuato mediante l'utilizzo del SEM; è stato così possibile ottenere un valido supporto iconografico. Su questa base è stato prodotto un manuale tassonomico corredato di fotografie al microscopio ottico e al SEM (Appendice tassonomica). Sono state selezionate inoltre alcune specie caratterizzate da particolari valenze ambientali per la definizione degli indici biotici.

- Sono stati inoltre identificati taxa miocenici e plio-pleistocenici rimaneggiati probabilmente legati a trasporto da zone di piattaforma continentale più interne dovuto alle lingue glaciali (Ice streams) in fasi di avanzamento.

- Dallo studio qualitativo e quantitativo si è potuto ricavare una stima delle modalità ed intensità dirisposta sia delle associazioni sia degli indici biotici relativi al rapporto tra taxa del Genere *Fragilariopsis* ed *Eucampia* (*Eucampia* Index). I dati ottenuti hanno attualmente valore sperimentale e saranno oggetto di ulteriori approfondimenti; essi comunque si sono dimostrati strumenti biostratigrafici validi e sensibili anche in biostratigrafia. E' stato possibile infatti analizzare il loro andamento anche rispetto ad altri parametri con i quali sono risultati in accordo confermando la loro utilità ai fini di una ricostruzione evolutiva della situazione di copertura glaciale.

- Significativo si è rivelato anche il rapporto *Chaetoceros* spore/cellule vegetative, soprattutto se confrontato ai segnali di alta produttività ricavati da altri parametri. I dati ottenuti, infatti, hanno portato a considerare la presenza di forme dal basso tasso di silicizzazione (quali le cellule vegetative di *Chaetoceros* ma anche *F. cylindrus*) sintomatica di un miglioramento dello stato di conservazione della frazione silicea lungo la colonna d'acqua e nel sedimento.

- Dai dati ed osservazioni ottenute ed in base all'integrazione con altri studi multidisciplinari inerenti le stesse carote è stata quindi proposta una interpretazione paleoambientale e paleoclimatica relativa alle fluttuazioni climatiche del tardo Quaternario. In particolare sono state evidenziate chiare variazioni nelle associazioni relative agli ultimi 7 (8) cicli climatici (finestra temporale dei 250-300000 anni B.P.) e 30-40000 anni B.P. in ambienti bacinali di piattaforma interna ed esterna alla scarpata continentale. Per questo ci si è avvalsi anche di tecniche di analisi matematica e statistica quali la correlazioni tra specie e la Cluster Analysis e sviluppando delle procedure automatiche su programmi applicativi Excel ed R.

- Infine sono stati individuati, in base al segnale di paleoproduttività relativa e delle associazioni, eventi paleoambientali e biostratigrafici di ampia portata; sono stati individuati, infatti, un intervallo corrispondente allo stage isotopico 5 e (Eemiano) relativo ad un 'optimum climatico', già noto in bibliografia come molto simile alla situazione climatica attuale, ed una fase di deciso passaggio a condizioni interglaciali oloceniche che hanno permesso di formulare una proposta di correlazione biostratigrafica tra le carote.

Questo studio può fornire un contributo nella interpretazione paleoambientale e paleoclimatica in particolare delle aree bacinali interne ed esterne del Mare di Ross e più in generale delle aree periantartiche dell'Oceano Meridionale; ha inoltre evidenziato particolari tematiche e problematiche tuttora aperte e non del tutto chiare o sufficientemente rilevate in bibliografia. Data l'importanza che esse assumono, sarebbero necessari:

- un approfondimento sulle problematiche tassonomiche ed interpretative relative ad alcuni taxa (ad esempio *E. antarctica*, *Chaetoceros* spp. e *Paralia sulcata*) dei quali non è stato ancora definito il valore ambientale attuale e biostratigrafico da applicare in ambiente antartico;

- un approfondimento delle eventuali dinamiche neritiche ed oceaniche di circolazione e di sedimentazione del biogeno siliceo nei vari siti di interesse durante le sopracitate finestre temporali anche in base a dati multidisciplinari. In particolare sarebbe utile approfondire il rapporto tra la presenza e la differente diffusione spazio-temporale di determinate specie di mare aperto e/o oceaniche (ad esempio *F. kerguelensis*) e gli influssi di Circumpolar Deep Water con apporti di acque temperate (North Atlantic Deep Water - NADW) durante i periodi di optimum climatico interglaciale (Bonn et al., 1994; Bonn et al., 1998);

- dei chiarimenti sull'influenza della circolazione e correnti sul trasporto verticale e laterale del particolato biogenico (vedi rapporto *Chaetoceros/Eucampia*) e sulla sua conservazione lungo la colonna d'acqua e nel sedimento (vedi problematiche relative al rapporto tra *Chaetoceros* spore/cellule vegetative, alla conservazione o asporto selettivo di *F. cylindrus* ed all'apporto selettivo dei fecal pellets nel sedimento).

Bibliografia consultata

AcoPS Team (1997): "The Role of Antarctic Coastal Polynyas in Total Ice Production and in Bottom Water Formation- A proposed Antarctic Coastal Polynya Study". *Ant. Global Change Res., Newsletter SCAR Glob. Change Prog.*, 3, 8-12.

Anderson J. B., Kurtz D. D., Domack E. W. and Balshaw K. M. (1980): "Glacial and glacial marine sediments of the Antarctic Continental Shelf". *Jour. of Geology*, vol 88, 399-414.

Anderson J. B., Brake C.F. & Myers N.C. (1984): "Sedimentation on the Ross Sea continental shelf, Antarctica". *Mar. Geol.*, 57, 295-333.

Anderson J. B., Shipp S.S., Bartek L.R., Reid D.E. (1992): "Evidence for a grounded ice sheet on the Ross Sea continental shelf during the Late Pleistocene and preliminary paleodrainage reconstruction". *Ant. Res. Series*, vol. 57, 39-62.

Anderson J. B. (1999): "Antarctic Marine Geology». Cambridge Univ. Press, pp.289.

Andreoli C., Tolomio C., Moro I., Radice M., Moschin E. and Bellato S. (1995): "Diatoms and dinoflagellates in Terra Nova Bay (Ross Sea - Antarctica) during austral summer 1990". *Pol. Biol.*, 15, 465-475.

Arrigo K.R., Robinson D.H., Whortan D.L. Dunbar R.B., DiTullio G.R., VanWoert M. and Lizotte M.P. (1999): "Phytoplankton community structure and the drawdown of nutrients and CO₂ in the Southern Ocean". *Science*, vol. 283, 365-367.

Baldauf J.G. & Barron J. A. (1991): "Diatom Biostratigraphy: Kerguelen Plateau and Prydz Bay Regions of the Southern Oceans". In: *Proc. ODP, Sci. Results*, vol. 119, 547-598.

Bàrcena M.A. y Flores J.A. (1991): "La clase Centrobacillariophyceae (Div. Bacillariophyceae) de los sedimentos superficiales obtenidos en la campaña 'Antártida 8611'". *Studia Geol. Salmanticensia*, XXVII, 7-31.

Bàrcena M.A., Gersonde R., Ledesma S., Febrés J., Calafat A.M., Canals M., Sierro F.J. and Flores J.A. (1998): "Record of Holocene oscillations in Bransfield Basin as revealed by siliceous microfossil assemblages". *Ant. Science*, 10 (3), 269-285.

Barnola J.M., Raynaud, Korotkevich & Lorius C. (1987): "Vostok ice core provides 160'000-year record of atmospheric CO₂". *Nature*, vol. 329, 408-414.

Barker, P.F., Camerlenghi, A., Acton, G.D., et al., (1999): "ANTARCTIC PENINSULA Antarctic Glacial History and Sea-level Change". *Proceedings of O.D.P., Initial Reports Vol. 178*.

Baroni C. and Orombelli G. (1995): "Variazioni glaciali e climatiche in Antartide". In: *Le Scienze*, 324 (LV), 22-31.

Barron J.A. (1983): "Latest Oligocene through early Miocene diatoms biostratigraphy of the eastern tropical Pacific". *Mar. Micropal.*, 7, 487-515.

Barron J.A. (1985): "Miocene to Holocene planktic diatoms". In: *Planktonic Stratigraphy*, Cambridge Univ. Press, 763-809.

Barron J.A. & Burckle L.H. (1987): "Diatoms from the 1984 USGS Antarctic Cruise in the Ross Sea". In Cooper A.K. and Davey F.J.: *The Ant. Cont. Margin: Geol. and Geoph. of the Western Ross Sea*, CPCLMR Earth Science Series, 5B, Huston, Texas, 225-230.

Barret P.J., Bleackley N.L., Dickinson W.W., Hannan M.J. & Harper M.A. (1997): "Distribution of siliceous microfossils on Mount Feather, Antarctica, and the Age of the Sirius Group". *The Antarctic Region: Geol. Evol. and Proces.*, 763-770.

- Barret P. J. (1996):** "Antarctic paleoenvironment through Cenozoic times - A review". *Terra Antarctica*, 3(2), 103-119.
- Basterretxea G. and Arístegui J. (1999):** "Phytoplankton biomass and production during late austral spring (1991) and summer (1993) in the Bransfield Strait". *Pol. Biol.*, 21, 11-22.
- Bathmann U., Fischer G., Müller P.J. and Gerdes D. (1991):** "Short-term variations in particulate matter sedimentation off Kapp Norvegia, Weddell Sea, Antarctica: relation to water mass advection, ice cover, plankton biomass and feeding activity". *Pol. Biol.*, 11, 185-195.
- Berger W.H., Lange C.B. and Weinheimer A. (1997):** "Silica depletion of the thermocline in the eastern North Pacific during glacial conditions: Clues from Ocean Drilling Program Site 893, Santa Barbara basin, California". *Geology*, vol. 25 (7), 619-622.
- Bianchi G.G. & McCave I.N. (1999):** "Holocene periodicity in North Atlantic climate and deep-ocean flow south of Iceland". *Nature*, 515-517.
- Bidle K.D. & Azam F. (1999):** "Accelerated dissolution of diatom silica by marine bacterial assemblage". *Nature*, 397, 508-512.
- Bodén P. (1991):** "Reproducibility in the random settling method for quantitative diatom analysis". *Micropal.*, 37, n° 3, 313-319.
- Bodén P. and Backman J. (1996):** "A laminated sediment sequence from the northern North Atlantic Ocean and climatic record". *Geology*, 24 (6), 507-510.
- Boero F., Della Croce N. and Geraci S. (1996):** "The ecology of marine resting stages: a new perspective in marine science". *Atti 11° Cong. A.I.O.L. Genova*, 405-409.
- Bonaccorsi R., Finocchiaro F., Quiaia T. & Brambati A. (2000):** "From Basal Till to Open-Water Sedimentation: Late Pleistocene to Holocene Changes in Core ANTA95-77C2 (Glomar Challenger Basin, Ross Sea)". *Terra Ant. Reports*, 4, 185-198.
- Bohaty S.M. & Harwood D.M. (1997):** "Southern Ocean Pliocene paleotemperature variation from high-resolution silicoflagellate biostratigraphy". *Mar. Micropal.*, 33, 241-272. *contr. data*
- Bohaty S.M., Scherer R.P. & Harwood D.M. (1998):** "Quaternary Diatom Biostratigraphy and Paleoenvironments of the CRP-1 Drillcore, Ross Sea, Antarctica". *Terra Ant.*, 5 (3), 431-453.
- Bolli H.M., Saunders J.B. and Perch-Nielsen K. (1985):** "Plankton Stratigraphy". *Cambridge Univ. Press*, pp. 1032.
- Bonci M.C., Clari P., Ferrero E., Ghibaudo G., Pirini C., Ricci B., Valleri G e Violanti D. (1990):** "The diatoms of Marmorito (Western Monferrato, Northern Italy)". *Soc. Coop. Tipog., Padova*, pp. 209, pl. 1-8.
- Bonci M.C. & Pirini Radrizzani C. (1989):** "Siliceous assemblage of the sea bottom sediments from the Ross Sea, Antarctica: preliminary report". *Boll. Ocean. Teor. Appl.*, 7, 1-2, 123-127.
- Bonci M.C., Corradi N., Ivaldi R. & Pirini C. (2000):** "Paleoenvironmental Characteristics of the Northern Joides Basin (Ross Sea): Sedimentological and Micropaleontological findings (Diatoms and Forams)". *Terra Ant. Reports*, 4, 111-124.
- Bonci M.C. (2000):** "Diatom Assemblages in Sediments of Core ANTA91-30 (Drygalski Basin-Ross Sea, Antarctica)". *Terra Ant. Reports*, 4, 137-140.
- Bonn W. J., Fütterer D. K. & Grobe H. (1994):** "Quaternary sedimentation at the Antarctic continental margin". *Terra Antarctica*, 1(2), 319-320.
- Bonn W.J., Gingele F.X., Grobe H., Mackensen A. and Fütterer D.K. (1998):** "Palaeoproductivity at the

Antarctic continental margin: opal and barium records for the last 400 ka". *Palaeogeog., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 139, 195-211.

Booth J.D. and Burckle L.H. (1976): "Displaced Antarctic diatoms in the Southwestern and Central Pacific". *Pacific Geology*, 11, 99-108.*

Bowen D.Q. (1982): "Rapid environmental and climatic changes". *Nature*, 299, 206.

Bracher A. U., Kroon B. M. A. and Lucas M.I. (1999): "Primary production, physiological state and composition of phytoplankton in the Atlantic Sector of the Southern Ocean". *Mar. Ecol. Prog. Series*, 190, 1-16.

Brambati A., Ceccaroni L., D'Onofrio S., Fanzutti G.P., Finocchiaro F., Frignani M., Langone L., Melis R. and Ravaioli M.(1994): "Paleoenvironmental inferences from the core ANTA91-30 (Drygalski Basin - Ross Sea, Antarctica)". *Terra Antarctica*, 1 (2), 335-337.

Brambati A., Fanzutti G.P., Finocchiaro F., Melis R., Frignani M., Ravaioli M., Setti M. (1997): "Paleoenvironmental record in Core ANTA91-30 (Drygalski Basin, Ross Sea, Antarctica)". In: *Antarct. Res. Series*, Vol. 71, 137-151.

Brambati A., Bonaccorsi R., Colizza E., Finocchiaro F., Melis R., Pizzolato F., Quaia T., Salvi G. (2001): "Sedimentology as a basic tool for palaeoceanographic investigations: some examples from Ross Sea late Quaternary sediments". In *2nd International Conference on the Oceanography of the Ross Sea Antarctica*, p.13.

Brambati A. (2000): "Paleoclimatic and Paleoenvironmental Records in Sediments from the Southern Ocean (Strait of Magellan and Ross Sea)". *Terra Ant. Rep.*, 4, 1-41.

Brasier M.D. (1983): "Microfossils". George Allen & Unwin, London, U.K., pp.193.

Brzezinski M.A., Alldredge A.L. and O'Bryan L.M. (1997): "Silica cycling within marine snow". *Limn. Oceanog.*, 42 (8), 1706-1713.

Bukry D. (1975): "Silicoflagellate and Coccolith Stratigraphy, Deep Sea Drilling Project, LEG 29". In: *Reports DSDP*, vol. XXIX, 845-872.

Bukry D., Monechi S. (1985): "Late Cenozoic silicoflagellate from the Northwest Pacific, Deep Sea drilling Project Leg 86: paleotemperature trends and texture classification". In: *Reports DSDP*, vol. LXXXVI, Washington, 367-397.

Burckle L.H. (1981): "Displaced Antarctic diatoms in the Amiran Passage". *Marine Geology*, 39, M39-M43.*

Burckle L.H., Robinson D. & Cooke D. (1982): "Reappraisal of sea-ice distribution in Atlantic and Pacific sectors of the Southern Ocean at 18,000 yr BP". *Nature*, 299, 435-437.

Burckle L.H. and Cooke D.W. (1983): "Late Pleistocene *Eucampia antarctica* abundance stratigraphy in the Atlantic sector of the Southern Ocean". *Micropal.*, 29, 1, 6-10.

Burckle L.H. (1984): "Ecology and paleoecology of the marine diatom *Eucampia antarctica* (Castr.) Mangin". *Mar. Micropal.*, 9, 77-86.

Burckle L.H. (1984): "Diatom distribution and paleoceanographic reconstruction in the Southern Ocean-present and last glacial maximum". *Mar. Micropal.*, 9, 241-261.

Burckle L.H. and Cirilli J. (1987): "Origin of diatom ooze belt in the Southern Ocean: implications for late Quaternary paleoceanography". *Micropal.*, 33 (1), 82-86.*

Burckle L.H., Jacob S.S. and McLaughlin R.B. (1987): "Late austral spring diatom distribution between New Zealand and Ross Ice Shelf, Antarctica: hydrographic and sediment correlations". *Micropal.*, 33, 1, 74-

81.

Burckle L.H. and Roman R.W. (1988): "Fluctuations in late quaternary diatom abundances: stratigraphic and paleoclimatic implications from subantarctic deep sea cores". *Palaeogeog., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 67, 147-156.

Burckle L.H. (1993)a: "Is there direct evidence for late Quaternary collapse of the West Antarctic ice sheet?". *Journ. of Glaciology*, 39 (133), 491-494.*

Burckle L.H. (1993)b: "Late Quaternary interglacial stages warmer than present". *Quaternary SC. Rev.*, 12, 825-831.*

Burckle L.H. and Burak R. (1995): "Relative abundance of *Eucampia antarctica* as a Close Proxy to $d^{18}O$ in Upper Quaternary sediments of the Southern Ocean". *PACT Landscapes and Life*, Robertsson A.M, Hicks S., Åkerlund A., Risberg J and Hackens T. ed. Concil of Europe, Belgium.*

Burckle L.H., Kellogg D. E., Kellogg T.B., Fastook J.L. (1997): "A mechanism for emplacement and concentration of diatom in glacial deposits". *Boreas*, 26, 55-60.

Burckle L.H. and Mortlock R. (1998): "Sea-ice extent in the Southern Ocean during the Last Glacial Maximum: another approach to the problem". *Annals of Glaciology*, 27, 302-304.*

Burckle L.H. & Delaney J.S (1999): "Terrestrial microfossils in the ordinary chondrites". *Meteoritics & Planetary Science*, 34, 475-478.*

Buttler P.E. (1961): "Morfologic classification of sponge spicules, with descriptions of siliceous spicules from the lower Ordovician Bellerofonte Dolomite in central Pennsylvania". *Jour. of Paleontology*, 35 (1), 191-200, 39 pl., 7 text-figs.

Cabrini M. & Cataletto B. (2000): "Fioritura di diatomee nel Mare di Ross nell'estate australe 1998". *AIOL*, 13 (2), 289-296.

Cadée G. C., González H. and Schnack-Schiel S.B. (1992): "Krill diet affects faecal string settling". *Pol. Biol.*, 12, 75-80.

Cape Roberts Science Team (1998): "Quaternary strata in CRP-1, Cape Roberts Project, Antarctica". *Terra Antarctica*, 5(1), 31-61.

Catalano G., Povero P. e Benedetti F. (1992): "Removal of N-NO₃, P-PO₄, and Si-Si(OH)₄ from the upper layer as a result of primary production induced by pack-ice melting (Ross Sea, Antarctica)". *Atti 10° Congr. A.I.O.L. Alassio*, 643-653.

Cattaneo-Vietti (1997): "Il Continente Antartico – la fascia costiera". MNA Felice Ippolito, Centro Interuniv. Genova Siena Trieste, Genova. Scheda.

Ceccaroni L., Langone L., Frignani M., Ravaioli M., Frank M., Mangini A., Basavaiah N. & Giglio F. (1997): "Late quaternary fluctuations of organic carbon and biogenic silica accumulation on the continental slope of the Ross Sea, Antarctica". *The Ant. Reg.: Geol. Evolution and Processes*, 889-896.

Ceccaroni L., Frank M., Frignani M., Langone L., Ravaioli M. and Mangini A. (1998): "Late Quaternary fluctuations of biogenic component fluxes on the continental slope of the Ross Sea, Antarctica". *Jour. of Mar. Systems*, 17, 515-525.

Cerrano C., Arillo A., Bavestrello G., Calcinai B., Cattaneo-Vietti R., Penna A., Sarà M. and Totti C. (2000): "Diatom invasion in the antarctic hexactinellid sponge *Scolymastra joubini*". *Pol. Biol.*, 23, 441-444.

CLIMAP Project Members (1976): "The surface of the Ice-Age Earth. Quantitative geologic evidence is used to reconstruct boundary conditions for climate 18,000 years ago". *Science*, vol. 191, 1131-1137.

Conforti V. and Joo G.J. (1994): "Taxonomic and ultrastructural study of *Trachelomonas* Ehr. and

Strombomonas Delf. (Euglenophyta) from Oxbow Lakes in Alabama and Indiana (U.S.A.)". *Cryptogamie, Algol.*, 15 (4), 267-286.

Cooper A.K. and Davey F.J., (1987): "The Antarctic Continental Margin: Geology and Geophysics of the Western Ross Sea". CPCEMR Earth Sc. Series, 5B, Houston, Texas, pp. 253.

Corradi N., Fierro G., Mirabile L., Ferrari M. & Ivaldi R. (1997): "Geotechnical, Sedimentological characteristics and Seismic stratigraphy of Northern Joides Basin, (Ross Sea - Antarctica): Preliminary results". In Ricci C.A. (Ed.): *The Antarct. Region: Geol. Evol. and Process.*, Terra Ant. Publ., Siena, 885-888.

Cremer H. (1999): "Distribution pattern of surface sediment assemblages in the Laptev Sea (Arctic Ocean)". *Mar. Micropal.*, 38, 39-67.

Crosta X., Pichon J.J. and Burckle L.H (1996): "Reappraisal of Antarctic seasonal sea-ice at the Last Glacial Maximum". *Geophys. Research Letters*, 25 (14), 2703-2706.*

Crosta X., Pichon J.J. and Labracherie M. (1997): "Distribution of *Chaetoceros* resting spores in moder peri-Antarctic sediments". *Mar. Micropal.*, 29, 283-299.

Crosta X., Pichon J.J. and Burckle L.H (1998): "Application of modern analog technique to marine Antarctic diatoms: Reconstruction of maximum sea-ice extent at the Last Glacial Maximum". *Paleoceanography*, 13 (3), 284-297.*

Crowley T.J. & North J.R. (1991): "Paleoclimatology". Crowley T.J. & North J.R. (Eds.), Oxford Univ. Press., Clarendon Press, New York, pp. 339.

Cox E.J. (1992): "Identification of Freshwater Diatoms from Live Material". Chapman & Hall, London, U.K., pp. 157.

Cupp E.E. (1977): "Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America". Otto Koeltz Publishers, reprinted by D-624 Koenigstein/W-Germany, pp. 237, 62-63.

Cunningham W.L. and Leventer A. (1998): "Diatom assemblages in surface sediments of the Ross Sea: relationship to present oceanographic conditions". *Ant. Science*, 10 (2), 134-146.

Daly K.L. and Macaulay M.C. (1991): "Influence of physical and biological mesoscale dynamics on the seasonal distribution and behavior of *Euphausia superba* in the antarctic marginal ice zone". *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 79, 37-66.

Dean J.M., Kemp A.E.S., Pearce R.B. (2001): "Palaeo-flux records from electron microscope studies of Holocene laminated sediments, Saanich Inlet, British Columbia". *Mar. Geol.*, 174, 139-158.

Davey F.J. (1995): "Bathymetry of the Ross Sea". In: Cooper A.K., Barker P.F. & Brancolini G. (Eds.), *Geol. And Seismic Stratigraphy of the Antarctic Margin*, *Ant. Res. Series*, 68, A.G.U, Plate I, map 1a.

Defelice D.R. & Wise S.W., JR. (1981): "Surface lithofacies, biofacies, and diatom diversity patterns as models for delineation of climatic change in the Southern Atlantic Ocean". *Mar. Micropal.*, 6, 29-70.

De La Rocha C.L., Brzezinski M.A. and DeNiro M.J. (1997): "Fractionation of silicon isotopes by marine diatoms during biogenic silica formation". *Geoch. Et Cosmoch. Acta*, 61 (23), 5051-5056.

DeMaster D.J. (1981): "The supply and accumulation of silica in the marine environment". *Geochim. et Cosmochim. Acta*, vol. 45, 1715-1732.

De Vries T.J. & Schrader H. (1981): "Variation of upwelling/oceanic conditions during the latest Pleistocene through Holocene off the central Peruvian Coast: a diatom record". *Mar. Micropal.*, 6, 157-167.

Diestler-Haass L., Robert C. and Chamley H. (1993): "Paleoceanographic and paleoclimatic evolution in the Weddell Sea (Antarctica) during the middle Eocene-late Oligocene, from a coarse sediment fraction and clay mineral data (ODP Site 689)". *Mar. Geol.*, 114, 233-250.

- Domack E.W. (1988):** "Biogenic facies in the Antarctic glacial marine environment: basis for a polar glacial marine summary". *Palaeogeog., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 63, 813-820.
- Domack E.W., Ishmann S.E., Stein A.B., McClennen C.E. and Jull A.J.T. (1995):** "Late Holocene advance of the Muller Ice Shelf, Antarctic Peninsula: sedimentological, geochemical and paleontological evidence". *Ant. Science*, 7(2), 159-170.
- Domack E.W. & McClennen C.E. (1996):** "Accumulation of glacial marine sediments in Fjords of the Antarctic Peninsula and their use as Late Holocene paleoenvironmental indicators". *Ant. Res. Series*, 70, 135-154.
- Domack E.W., Harris P.T. (1998):** "A new depositional model for ice shelves, based upon sediment cores from the Ross Sea and the Mac. Robertson shelf, Antarctica". *Annals of Glaciol.*, vol. 27, 281-285.
- Domack E.W., Jacobson E.A., Shipp S., Anderson J.B. (1999):** "Late Pleistocene-Holocene retreat of the Western Antarctic Ice-Sheet system in the Ross Sea: Part 2 – Sedimentologic and Stratigraphic signature". *GSA Bull.*, 111 (10), 1517-1536.
- Drewry D.J. (1983):** "Antarctic Ice Sheet: Aspects of current configuration and flow". In: *Mega-geomorphology*, Gardner et Scoging Ed., Clarendon Press, Oxford, 18-38.
- Dunbar R.B., Anderson J.B. & Domack E.W. (1985):** "Oceanographic influences on sedimentation along the Antarctic continental shelf". In: *Iacob S.S (Ed.), Oceanol. of the Ant. Continental Shelf*, *Ant. Res. Series*, 43, Am. Geophys. Union, Washington, D.C., 291-312.
- Dunbar R.B., Leventer A.R. and Stockton W.L. (1989):** "Biogenic sedimentation in McMurdo Sound, Antarctica". *Marine Geol.*, 85, 155-179.
- El-Sayed S.Z., Biggs D.C. and Holm-Hansen (1983):** "Phytoplankton standing crop, primary productivity and near-surface nitrogenous nutrient fields in the Ross Sea, Antarctica". *Deep-Sea Reserch*, vol. 30 (8), 871-886.
- Evensen D.L. and Hasle G.R. (1975):** "The Morphology of some Chaetoceros (Bacillariophyceae) Species as Seen in the Electron Microscopes". 3rd. Symp. On Recent and Fossil Marine Diatoms, *Nova Hed. Beih.*, 53, 153-174, pl.10.
- Fabiano M., Povero P. and Danovaro R. (1996):** "Particulate organic matter composition in Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica) during summer 1990". *Antarc. Sc.*, 8(1), 7-13.
- Fabiano M, Chiantore M, Povero P., Cattaneo-Vietti R., Pusceddu A., Mistic C. and Albertelli G. (1997):** "Short-term variations in particulate matter flux in Terra Nova Bay, Ross Sea". *Ant. Science*, 9 (2), 143-149.
- Fenner J., Schrader H.J. and Wienigk H. (1976):** "Diatom phytoplankton studies in the Southern Ocean, composition and correlation to the Antarctic Convergence and its paleoecological significance". In: *In. Reports DSDP*, vol. XXV, 757-813.
- Fenner J. (1985):** "Late Cretaceous to Oligocene planktic diatoms". In: *Plankton Stratigraphy*, Cambridge Univ. Press, 713-762.
- Fenner J.M. (1991):** "Late Pliocene-Quaternary quantitative diatom stratigraphy in the Atlantic Sector of the Southern Ocean". In: *Proc. ODP, Sci. Results*, vol. 114, 97-121.
- Fillon R. H. (1979):** "Ross Sea Diatoms: Modern Assemblage Distributions and their Relationship to ecologic, oceanographic and sedimentary contributions - Discussion". *Mar. Micropal.*, 4, 399-400.
- Fischer G., Fütterer D., Gersonde R., Honjo S., Ostermann D. & Wefer G. (1988):** "Seasonal variability of particle flux in the Weddell Sea and its relation to ice cover". *Nature*, 335, 426-428.
- Flower R.J. (1993):** "Diatom preservation: experiments and observations on dissolution and breakage in

modern and fossil material". *Hydrobiologia* 269/270, H. van Dam (ed.), Twelfth Internat. Diatom Symposium, Kluwer Acad.Publishers, Belgium, 473-484.

Flores R.J. and Siero F.J. (1997): "Revised technique for calculation of calcareous nannofossil accumulation rates". *Micropal.*, 43 (3), 321-324.

Franklin D.C. and Marchant H.J. (1995): "Pirmales in sediments of Prydz Bay, East Antarctica: a new biofacies and paleoenvironmental indicator of cold water deposition?". *Micropal.*, vol. 41 (1), 89-94, pl. 2, tab. 1.

Frezzotti M. and Mabin M.C.G. (1994): "20th century behaviour of Drygalski Ice Tongue, Ross Sea, Antarctica". *Annals of Glaciology*, 20, 397-400.

Frezzotti M. (1997): "Ice front fluctuation, iceberg calving flux and mass balance of Victoria Land glaciers". *Ant. Science*, 9 (1), 61-73.

Frignani M., Labbrozzi L., Langone L. e Ravaioli M. (1992): "Some aspects of sedimentation pattern of the Northwestern Ross Sea, Antarctica". *Atti 10° Congr. A.I.O.L. Alassio*, 699-707.

Frignani M., Giglio F., Langone L. Ravaioli M., Mangini A. (1998): "Late Pleistocene-Holocene sedimentary fluxes of organic carbon and biogenic silica in the northwestern Ross Sea, Antarctica". *Annals of Glaciol.*, vol. 27, 697-703.

Froneman P.W., Perissinotto R., McQuaid C.D. and Laubscher R.K. (1995): "Summer distribution of netphytoplankton in the Atlantic sector of the Southern Ocean". *Pol. Biol.*, 15, 77-84.

Froneman P.W., Pakhomov E.A. and Laubscher R.K. (1997): "Microphytoplankton assemblages in the waters surrounding South Georgia, Antarctica hit2hit2 during austral summer 1994". *Pol. Biol.*, 17, 515-522. (Abstract)

Fryxell G.A., Doucette G.J. and Hubbard G.F. (1981): "The Genus *Thalassiosira*: the Bipolar Diatom *Thalassiosira antarctica* Comber". In: *Botanica Marina*, vol.XXIV, 321-335.

Fryxell G.A. (1989): "Marine Phytoplankton at the Weddell Sea Ice Edge: Seasonal Changes at the Specific Level". *Pol. Biol.*, 10, 1-18.

Fryxell G.A., Prasad A. K. S. K. & Fryxell P.A. (1989):"*Eucampia antarctica* (Castracane) Mangin (Bacillariophyta): complex nomenclatural and taxonomic history". *Taxon* (38), 638-640.

Fryxell G.A. (1990): "Planktonic marine diatom winter stages: Antarctic alternatives to resting spores". 11th. diat. Symposium, Mem. Calif. Acad. Sci., 17, 437-448.

Fryxell G.A. and Prasad A.K.S.K.(1990): "*Eucampia antarctica* var. *recta* (Mangin) stat. Nov. (Bacillariophyceae): life stages at the Weddell Sea ice edge". *Phycologia*, vol. 29 (1), 27-38.

Fryxell G.A. (1991): "Comparison of winter and summer growth stages of the diatom *Eucampia antarctica* from the Kerguelen Plateau and south of the Antarctic Convergence Zone". In: *Proc. ODP, Sci. Results*, 119, College Station, TX, 675-685, 4 pl.

Garrison D.L. (1991): "Antarctic sea ice biota". *Amer. Zool.*, 31, 17-33.

Garrison L.G. and Buck K.R. (1991): "Surface-layer sea ice assemblages in Antarctic pack ice during the austral spring: environmental conditions, primary production and community structure". *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 75, 161-172.

Garrison L.G., Buck K.R. and Gowing M.M.(1993): "Winter plankton assemblage in the ice edge of the Weddell and Scotia Seas: composition, biomass and spatial distributions". *Deep-Sea Reserch*, vol.40 (2), 311-338.

Garrison D.L. and Close A.R. (1993): "Winter ecology of the sea ice biota in Weddell Sea pack ice". *Mar.*

Ecol. Prog. Ser., 96, 17-31.

Gersonde R. (1984): "Siliceous Microorganisms in Sea Ice and Their Record in Sediments in the Southern Weddell Sea (Antarctica)". 8th Diat. Symp., Koeltz Sci. Books (Ed.), Koenigstein, Belgium, 549-566.

Gersonde R. and Wefer G. (1987): "Sedimentation of biogenic siliceous particles in Antarctic waters from the Atlantic sector". Mar. Micropal., 11, 311-332.

Gersonde R. and Burckle L.H. (1990): "Neogene diatom biostratigraphy of ODP LEG 113, Weddell Sea (Antarctic Ocean)". In: Proc. ODP, Sci. Results, vol. 113, 761-789.

Gersonde R. and Bárcena M.A. (1998): "Revision of the upper Pliocene-Pleistocene diatom biostratigraphy for the northern belt of Southern Ocean". Micropal., 44 (1), 84-98.

Gersonde R. & Zielinski U. (2000): "The reconstruction of late Quaternary Antarctic sea-ice distribution—the use of diatoms as a proxy for sea-ice". Palaeogeog., Paleocimatol., Palaeoecology, 162, 263-286.

Giglio F., Ravaioli M., Langone L & Frignani M. (2000): "Paleoenvironmental Inferences from Ross Sea Gravity Cores". Terra Ant. Reports, 4, 141-148.

Gleitz M. and Thomas D.N. (1993): "Variation in phytoplankton standing stock, chemical composition and physiology during sea-ice formation in the southeastern Weddell Sea, Antarctica". J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 173, 211-230.

Gleitz M., Grossmann S., Scharek R. and Smetacek V. (1996): "Ecology of diatom and bacterial assemblages in water associated with melting summer sea ice in the Weddell Sea, Antarctica". Ant. Science, 8 (2), 135-146.

Gleitz M., Bartsch A., Dieckmann G.S., Eicken H. (1998): "Composition and succession of sea ice diatom assemblages in the Eastern and Southern Weddell Sea, Antarctica". In: Antarctic Sea Ice: Biol. Proces., Interact. and Variability, Lizotte P and Arrigo K.R. (Ed.), Ant. Res. Series, 73, 104-120.

Gombos A. M. (1974): "Paleogene and Neogene diatoms from the Falkland Plateau and Malvinas outer basin: LEG 36". In: Reports DSDP, vol. XXXVI, 576-687.

González H. E. (1992): "The distribution and abundance of krill material and oval pellets in the Scotia and Weddell Sea (Antarctica) and their role in particle flux". Pol. Biol., 12, 81-91.

Graham Jenkins D. (1993): "Applied Micropaleontology". Kluwer Acad. Publishers, pp. 269.

Grobe H. & Mackensen A. (1992): "Late Quaternary climatic cycles as recorded in sediments from the Antarctic continental margin". Antarctic Paleoenviron.: Prosp. Global Chang. Res. Series, 56, 349-376.

Grossmann S. and Gleitz M. (1993): "Microbial responses to experimental sea-ice formation: implications for the establishment of Antarctic sea-ice communities". J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 173, 273-289.

Haq B.U. - Boersma A. (1978): "Introduction to Marine Micropaleontology". Haq B.U. and Boersma A. Ed., Elsevier, New York, pp. 376.

Hargraves P.E. & French F.W. (1975): "Observation of the survival of diatom resting spores". Nova Hedwigia, 53, 229-239.

Hargraves P.E. & French F.W. (1983): "Diatom resting spores: significance and strategies". In: Survival Strategies of the algae. Fryxell G. (Ed.), Cambridge Univ. Press, New York, 49-68.

Hargraves P.E. (1979): "Studies on Marine Plankton Diatoms. IV. Morphology of Chaetoceros Resting Spores". Nova Hedw. Beiheft, 64, 99-120.

Harris C.M. & Stonehouse B. (1991): "Antarctica and Global Climatic Change". Lewis Publishers, N.W. Boca Raton, Florida, pp. 198.

- Harris P.T. & O'Brien P.E. (1998):** "Bottom currents, sedimentation and ice-sheet retreat facies successions on the Mac.Robertson shelf, East Antarctica". *Mar. Geol.*, 151, 47-72.
- Harris P.T. (2000):** "Ripple cross-laminated sediments on the East Antarctic Shelf: evidence for episodic bottom water production during the Holocene?". *Mar. Geol.*, 170, 317-330.
- Harris P.T., Brancolini G., Armand L., Busetti M., Beaman R.J., Giorgetti G., Presti M. and Trincardi F. (2001):** "Continental shelf drift deposit indicates non-steady state Antarctic bottom water production in the Holocene". *Mar. Geol.*, in press.
- Harwood D.M., Scherer R. P. and Webb P.N. (1989):** "Multiple Miocene Marine Productivity Events in West Antarctica as Recorded in Upper Miocene Sediments beneath the Ross Ice Shelf (Site J-9)". *Marine Micropal.*, 15, 91-115.
- Harwood D.M. and Maruyama T. (1992):** "Middle Eocene to Pleistocene diatom biostratigraphy of Southern Ocean sediments from the Kerguelen Plateau, LEG 120". In: *Proc. ODP, Sci. Results*, vol. 120, 683-733.
- Hasle G.R. (2001):** "The marine planktonic diatom Family Thalassionemataceae: morphology, taxonomy and distribution". *Diat. Res.*, 16 (1), 1-82.
- Hellum C. (1994):** "Different algal assemblages in an Antarctic marginal ice zone". 13th Internat. Diatom Symp., *Int. Soc. Diatom Res., Abstract Book*, Soc. Bot. Italiana (Ed.), Acquafredda di Maratea, PZ, pp. 227.
- Hendey I.N. (1964):** "An Introductory Account of the Smaller Algae of British Coastal Waters". *Otto Koeltz Science Publ.*, London, pp. 317, XLV pl., 116-119.
- Hoban M.A., Fryxell G.A. and Buck K.R. (1980):** "Biddulphoid Diatoms: Resting Spores in Antarctic *Eucampia* and *Odontella*". *J. Phycol.*, 16, 591-602.
- Hollibaugh J.T., Seibert D.L.R. and Thomas W.H. (1981):** "Observations on the survival and germination of resting spores of three *Chaetoceros* (Bacillariophyceae) species". *J. Phycol.*, 17, 1-9.
- Hurd D.C. and Takahashi K. (1983):** "On the estimation of minimum mechanical loss during an *in situ* biogenic silica dissolution experiment". *Mar. Micropal.*, 7, 441-447.
- Imbrie J., Hays J.D. Martinson D.G., McIntyre A., Mix A.L., Morey J.J., Pisias N.G., Prell W.L. & Shackleton N.J. (1984):** "The orbital theory of Pleistocene climate: support from revised chronology of marine ¹⁸O record". In A.L. Berger et al. Eds, *Milankovitch and climate*, part I, Reidel, Dordrecht, 269-305.
- Indermühle A., Stocker T.F., Joos F., Fischer H., Smith H.J., Whalen M., Deck B., Mastroianni D., Tschumi J., Blunier T., Meyer R & Stauffer B. (1999):** "Holocene carbon-cycle dynamics based on CO₂ trapped in ice at Taylor Dome, Antarctica". *Nature*, 398, 121-126.
- Ingólfsson O', Hjort C., Berkman P.A., Björck S., Colhoun E., Goodwin I.D., Hall B., Hirakawa K., Melles M., Möller P. and Prentice M.L. (1998):** "Antarctic glacial history since the Last Glacial Maximum: an overview of the record on land". *Ant. Science*, 10 (3), 326-344.
- Itakura S., Nagasaky K. & Yamaguchi M. (1996):** "Abundance and spatial distribution of viable resting stage cells of planktonic diatoms in bottom sediments of the Seto Inland Sea, Japan". 14th Diatom Symp., Mayama, Idei & Koizumi (eds.), Koeltz Scient. Books, Koenigstein, 213-226.
- Ivanick M.M. (1971):** "Paleogene and Neogene sponge spicules from sites 511, 512, and 513 in the South Atlantic". In: Ludwig W.J. et al., *DSDP*, Washington, 933-950.
- Jeffries M.O. (1997):** "Describing the composition of sea-ice cores and the development of the antarctic sea-ice cover". *Ant. Jour. Review*, 55-56. (dalla rete)
- Joos F., Plattner G-K., Stocker T.F., Marchal O. and Schmittner (1999):** "Global warming and marine Carbon Cycle Feedbacks on future atmospheric CO₂". *Science*, vol. 284, 464-467.

- Jousel J., Barkov N.I., et al. (1993):** "Extending the Vostok ice-core record of paleoclimate to the penultimate glacial period". *Nature*, vol. 364, 407-412.
- Jordan R.W. and Pudsey C.J. (1992):** "High-resolution diatom stratigraphy of Quaternary sediments from the Scotia Sea". *Mar. Micropal.*, vol. 19, 201-237.
- Katamani A. and Riley J.P. (1979):** "Rate of Dissolution of Diatom Silica Walls in Seawater". *Mar. Biol.*, vol. 55, 29-35.
- Kaczmarek I., Barbrick N.E., Ehrman J.M. & Cant G.P. (1993):** "Eucampia Index as an indicator of the Late Pleistocene oscillations of the winter sea-ice extent at the ODP Leg 119 Site 745B at the Kerguelen Plateau". *Hydrobiologia* 269/270, H. van Dam (ed.), Twelfth Internat. Diatom Symposium, Kluwer Acad.Publishers, Belgium, 103-112.
- Kamatani A. and Riley J.P. (1979):** "Rate of dissolution of diatom silica walls in seawater". *Marine Biol.*, 55, 29-35.
- Kamatani A. and Oku O. (2000):** "Measuring biogenic silica in marine sediments". *Mar. Chemistry*, 68, 219-229.
- Kang S.-H. and Fryxell G.A. (1993):** "Phytoplankton in the Weddell Sea, Antarctica: composition, abundance and distribution in water-column assemblages of the marginal ice-edge zone during austral autumn". *Marine Biol.*, 116, 335-348.
- Kean J. and Kennett J.P. (1975):** "Pliocene-Pleistocene radiolarian biostratigraphy and paleoclimatology at DSDP site 278 on the Antarctic Convergence". In: *Reports DSDP*, vol, XXIX, 757-767.
- Kellogg T.B., Burkle L.H., Kellogg D.E. and Fastook J.L. (1997):** "A new mechanism for diatom emplacement and concentration in glacial deposits". *Ant. Jour. Review*, 29-30. (dalla rete)
- Kellogg T.B., Osterman L.E. and Stuiver M.,(1979):** "Late Quaternary Sedimentology and Benthic Foraminiferal Paleoecology of the Ross Sea, Antarctica". *Jour. Geol. Research*, 9, n° 4, 322-335.
- Kellogg T.B. & Truesdale R.S. (1979):** "Late Quaternary paleoecology and paleoclimatology of the Ross Sea: the diatom record". *Mar. Micropal.* 4, 137-158.
- Kellogg D.E. & Kellogg T.B. (1986):** "Diatom biostratigraphy of sediment cores from beneath the Ross Ice Shelf". *Micropal.* 32, 1, 74-94, pls. 1-2.
- Kellogg D.E., Kellogg T.B. (1996):** "Diatoms in South Pole ice: Implications for eolian contamination of Sirius Group deposits". *Geology*, vol. 24 (2), 115-118.
- Kemp A.E.S., Baldauf J.G. and Pearce R.B. (1995):** "Origins and paleoceanographic significance of laminated diatom ooze from the Equatorial Pacific Ocean". *DSDP, Scient. Res.*, vol. 138, 641-662.
- Kemp A.E.S., Pearce R.B., Koizumi I., Pike J. & Rance S.J. (1999):** "The role of mat-forming diatoms in the formation of Mediterranean sapropels". *Nature*, 398, 57-61.
- Kennett J.P. (1977):** "Cenozoic evolution of Antarctic Glaciation, the circum-Antarctic Ocean, and their impact on global palaeoceanography". *Jour. Geophys. Res.*, 82, 3843-3860.
- Kirchmann D.L. (1999):** "Phytoplankton death in the sea". *Nature*, 398, 293-294.
- Krebs W.N. (1983):** "Ecology of neritic marine diatoms, Arthur Harbor, Antarctica". *Micropal.*, 29, n° 3, 267-297, pl. 1-6.
- Kulbe T., Melles M., Verkulich S.R. and Pushina Z.V. (2001):** "East Antarctic Climate and Environmental Variability over the Last 9400 Years Inferred from Marine Sediments of the Bunge Oasis". *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 33 (2), 223-230.

- Kurtz D.D. and Bromwich D.H. (1985):** "A recurring, atmospherically forced polynya in Terra Nova Bay". In: *Oceanology of the Antarctic Continental Shelf*, Jacob Ed., American Geophys. Union, D.C., 177-199.
- Kutawa A. and Takahashi M. (1999):** "Life-form population responses of a marine planktonic diatom, *Chaetoceros pseudocurviseriatus*, to oligotrophication in regionally upwelled water". *Mar. Biol.*, 107, 503-512.
- Labbrozzi L., Langone L., Frignani M. e Ravaioli M. (1998):** "Burial rates for biogenic silica, organic C and N at three sites of the Ross Sea (Antarctica)". *Atti 12° Cong. A.I.O.L.*, vol. II, Genova, 121-130.
- Laiba A.A. & Puhsina Z.V. (1997):** "Cenozoic glacial-marine sediments from the Fisher Massif (Prince Charles Mountain)". *The Antarctic Region: Geol. Evol. and Proces.*, 977-984.
- Langone L, Frignani M., Labbrozzi L. and Ravaioli M. (1998):** "Present-day biosiliceous sedimentation in the northwestern Ross Sea, Antarctica". *Jour. of Mar. Systems*, 17, 459-470.
- Langone L, Frignani M., Ravaioli M., Giglio F. & Bianchi C. (2000):** "Particle fluxes and biogeochemical processes in an area influenced by seasonal retreat of the ice margin (northwestern Ross Sea, Antarctica)". *Jour. of Mar. Systems*, 27, 2000.
- Langone L, Ravaioli M., Frignani M., Giglio F. & Ceccaroni L. (2000):** "Sedimentary flux of Biogenic Barium as Proxy for Export Production in the Northwestern Ross Sea (Antarctica)". *Terra Ant. Reports*, 4, 149-158.
- Lapointe M. (2000):** "Modern diatom assemblages in surface sediments from the Maritime Estuary and St. Lawrence, Québec (Canada)". *Mar. Micropal.*, 40, 43-65.
- Laws R. A. (1983):** "Preparing strewn slides for quantitative microscopical analysis: a test using calibrated microspheres". *Micropal.*, 29(1), 60-65.
- Lazzara N. & Nuccio C. (1992):** "Relazione tra particellato, biomassa e popolamenti fitoplanctonici nel Mare di Ross durante la fioritura estiva". *Atti 10° Congr. A.I.O.L. Alassio*, 655-665.
- Lee J. J., McEnery M. E., Ter Kuile B., Erez J., Röttger R., Rockwell R. F., Faber Jr. W. W. and Lagziel A. (1989):** "Identification and distribution of endosymbiotic diatoms in larger Foraminifera". *Micropal.*, 35(4), 353-366.
- Lee K.E. & Slowey N.C. (1999):** "Cool surface waters of the subtropical North Pacific Ocean during the last glacial". *Nature*, 397, 312-314.
- Ledford-Hoffman P.A., DeMaster D.J. and Nittrouer C.A. (1986):** "Biogenic-silica accumulation in the Ross Sea and importance of Antarctic continental-shelf deposits in the marine silica budget". *Geochimica et Cosmochim. Acta*, 50, 2099-2110.
- Leynaert A., Nelson D.M., Quéguiner B. and Tréguer P. (1993):** "The silica cycle in the Antarctic Ocean: is the Weddell Sea atypical?". *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 96, 1-15.
- Leventer A. and Dunbar R.B. (1986):** "Diatom flux in McMurdo Sound, Antarctica". *Mar. Micropal.*, 12, 49-64.
- Leventer A. (1991):** "Sediment trap diatom assemblages from the northern Antarctic Peninsula region". *Deep-Sea Res.*, 38 (8/9), 1127-1143.
- Leventer A. (1992):** "Modern distribution of diatoms in sediments from George V Coast, Antarctica". *Mar. Micropal.*, 19, 315-332.
- Leventer A., Domack E.W., Ishman S.E., Brachfeld S., McClennen C.E. and Manley P. (1996):** "Productivity cycles of 200-300 years in the Antarctic Peninsula region: Understanding linkages among the sun, atmosphere, oceans, sea ice and biota". *GSA Bull.*, 108 (12), 1626-1644.

- Leventer A. (1998):** "The fate of Antarctic 'sea ice diatoms' and their use as paleoenvironmental indicators". In: Antarctic Sea Ice: Biol. Proces., Interact. and Variability, Lizotte P and Arrigo K.R. Ed., Washington, P.??
- Licht K. J., Jennings A. E., Andrews J. T., Williams K. M. (1996):** "Chronology of late Wisconsin ice retreat from the western Ross Sea, Antarctica". *Geology*, vol. 24 (3), 223-226.
- Licht K. J., Dunbar N.W., Andrews J. T. and Jennings A. E. (1999):** "Distinguishing subglacial till and glacial marine diamictos in the western Ross Sea, Antarctica: Implications for a last glacial maximum grounding line". *GSA Bull.*, 111 (1), 91-103.
- Lizotte M. P. and Arrigo K.R. (1998):** "Antarctic Sea Ice, Biological Processes, Interactions and Variability". Amer. Geophys. Union, Washington.
- MacAyeal D.R. (1992):** "Irregular oscillations of the West Antarctic ice sheet". *Nature*, 359, 29-32.
- Mackensen A., Grobe H., Hubberten H.W., Spiess V. and Fütterer D.K. (1989):** "Stable isotope stratigraphy from the Antarctic continental margin during the last one million years". *Marine Geol.*, 87, 315-321.
- Mahood A. D. and Barron J. A. (1996):** "Late Pliocene diatoms in a diatomite from Prydz Bay, East Antarctica". *Micropal.*, 42(3), 285-302
- Marino D., Montresor M., Mazzarella L. and Saggiomo V. (1994):** "Diatom flora in oval faecal pellets from Terra Nova Bay (Antarctica)". 13th Internat. Diatom Symp., Int. Soc. Diatom Res., Soc. Bot. Italiana (Ed.), Napoli, 229-240.
- Marino D. and Cabrini M. (1996):** "Phytoplankton distribution in the Ross Sea (Antarctica) during austral spring and summer 1994". Data Report.
- Marinoni L., Quaià T., Setti M., López-Galindo A. & Brambati A. (2000):** "Mineralogy and Crystal-Chemistry of the Clay Fraction in Core ANTA91-8 (Ross Sea, Antarctica): Palaeoclimatic and Palaeoenvironmental Implications". *Terra Ant. Reports*, 4, 211-216.
- Martinson D.G., Pisias N.G., Hays J.D., Imbrie J., Moore T.C. and Shackleton Jr. and N.J. (1987):** "Age dating and orbital theory of the ice ages: development of a high resolution 0 to 300,000 year Chronostratigraphy". *Quat. Res.*, 27, 1-29.
- McCartney K. (1990):** "Siliceous sponge spicules from Ocean Drilling Program LEG 113". In: Barker et al., Proc. ODP, Sci. Results, 113, 963-970.
- McCartney K. (1993):** "Siliceous sponge spicules from Deep Sea Drilling Project LEG 93". In: In. Reports DSDP, Van Hinte J.E., Wise S.W., Jr., et al., Washington, 815-824.
- McClintock J.B. and Pearse J. S. (1991):** "Introduction to the Symposium: Antarctic Marine Biology". *Amer. Zool.*, 31, 3-4.
- McCollum D.W. (1975):** "Diatom Stratigraphy of the Southern Ocean". In: In. Rep. DSDP, vol. XXVIII, 515-571.
- McNeil D.H. (1988):** "New Occurrence of the algal cyst (?) *Bolboforma badenensis* Szczechura in the Miocene of the Beaufort Sea, Arctic Canada" *Micropal.*, 34 (1), 90-96.
- McQuoid M.R. and Hobson L.A. (1996):** "Diatom resting stages". *J. Phycol.*, 32, 889-902.
- McQuoid M.R. and Hobson L.A. (1998):** "Assesment of paleoenvironmental conditions on Southern Vancouver Island, British Columbia, Canada, using the marine tychoplankter *Paralia sulcata*". *Diatom Res.*, 13 (2), 311-321.
- McQuoid M.R. and Hobson L.A. (2001):** "A Holocene record of diatom and silicoflagellate microfossils in sediments of Saanich Inlet, ODP Leg 169S". *Mar. Geol.*, 174, 111-123.

- Medlin L.K., Priddle J. (1990):** "Polar Marine Diatoms". British Antarctic Survey, Natural Environment Research Council ed. Cambridge, UK., pp. 214.
- Mitchell J.G. & Silver M.W. (1982):** "Modern Archeomonads indicate sea-ice environments". *Nature*, 296, 437-439.
- Moodley L., Boschker H.T.S., Middelburg J.J., Pel R., Herman P.M.J., de Deckere E. and Heip C.H.R. (2000):** "Ecological significance of benthic foraminifera: 13C labelling experiments". *Mar.Ecol. Prog. Sereis*, 202, 289-295. (dare a Romana)
- Moreno-Ruiz J.L., Carreño A.L. & Licea S. (1994):** "Observations on the valve morphology of *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Hustedt". 13th Internat. Diatom Symp., Int. Soc., Diatom Res., Abstract Book, Soc. Bot. Italiana (Ed.), Acquafredda di Maratea, PZ, pp. 73.
- Mortlock R.A., Charles C.D., Froelich P.N., Zibello M.A., Saltzman J., Hays J.D. & Burckle J.H. (1991):** "Evidence for lower productivity in the Antarctic Ocean during the last glaciation". *Nature*, 351, 220-222.*
- Murray J.W. (1995):** "Microfossil indicators of ocean water masses circulation and climate". *Geol. Soc. Special publication*, 83, 245-264.
- Nakada M., Rimura R. Okuno J., Moriwaki K., Miura H. and Maemoku H. (2000):** "Late Pleistocene and Holocene melting history of the Antarctic ice sheet derived from sea-level variations". *Mar. Geology*, 167, 85-103.
- Nees S., Armand L., De Deckker P., Labracherie M., Passlow V. (1999):** "A diatom and benthic foraminiferal record from the South Tasman Rise (southeastern Indian Ocean): implications for palaeoceanographic changes for the last 200,000 years". *Marine Micropal.*, vol. 38, 69-89.
- Nishimura A., Nakasone T., Hiramatsu C., Tanahashi M. (1998):** "Late Quaternary paleoenvironment of the Ross Sea continental shelf, Antarctica". *Annals of Glaciol.*, vol. 27, 275-280.
- Nöthig E.M. and von Bodungen B. (1989):** "Occurrence and vertical flux of faecal pellets of probably protozoan origin in the southeastern Weddell Sea (Antarctica)". *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 56, 281-289.
- Nuccio C. (1997):** "La vita nel ghiaccio". MNA Felice Ippolito, Centro Interuniv. Genova Siena Trieste, Genova. Scheda.
- Oppenheimer M. (1998):** "Global warming and stability of the West Antarctic Ice Sheet". *Nature*, vol. 393, 325-332.
- Oku. O and Katamani A. (1995):** "Resting spore formation and phosphorus composition of the marine diatom *Chaetoceros pseudocurviseriatus* under various nutrient conditions". *Mar. Biol.*, 123, 393-399.
- Okuno H. (1956):** "Electron-microscopical Study on Fine Structures of Diatom Frustules XIV Observation on the genus *Chaetoceros*". *Bot. Mag. Tokyo*, vol.69 (814),186-192, Pl. I-VIII.
- Perch- Nielsen K. (1975):** "Late Cretaceous to Pleistocene silicoflagellates from the Southern Southwest Pacific, DSDP, LEG 29". In: In. Rep. DSDP, vol. XXIX, 677-721.
- Petrushevskaya M.G. (1975):** "Cenozoic radiolarian of the Antarctic, LEG 29, DSDP" In: In. Reports DSDP, vol. XXIX, 541-675.
- Piccioni D. (1999):** "Biostratigrafia e Sedimentologia del fianco nord-occidentale del Joides Basin – Mare di Ross – Antartide". Ph.D. Thesis, Università degli studi di Genova, pp.133, pl. 12.
- Pichon J.J., Labracherie M., Labeyrie L.D. and Duprat J. (1987):** "Transfer functions between diatom assemblages and surface hydrology in the Southern Ocean". *Paleogeog. Paleoclim. Paleoecol.*, 61, 79-95.
- Pittock A.B. (1999):** "Climate change - The question of significance". *Nature*, 657-658.

- Pollock D.E. (1997):** "The role of diatoms, dissolved silicate and Antarctic glaciation in glacial/interglacial climatic change: a hypothesis". *Global and Planetary Change*, 14, 113-125.
- Pomerol Ch., Babin Cl., Lancelot Y., Le Pichon X., Rat P., Renard M. (1987):** "Stratigraphie, principes, méthodes, application" III^eed., DOIN, pp. 283.
- Priddle J. & Fryxell G. (1985):** «Handbook of the common planktonic Diatoms of the Southern Ocean, Centrales except the Genus *Thalassiosira*»- Natural Environment Research Council, British Antarctic Survey, pp.159.
- Pudsey C.J. (1990):** "Grain size and diatom content of hemipelagic sediments at site 697, ODP Leg 113: a record of Pliocene-Pleistocene climate". In: *Proc. ODP, Sci. Results*, vol. 113, 111-120.
- Pudsey C.J. (1992):** "Late Quaternary Changes in Antarctic bottom water velocity inferred from sediment grain size in the Northern Weddel Sea". *Mar. Geology*, 107, 9-33.
- Pudsey C.J. (1993):** "Calibration of a piont-counting technique for estimation of biogenic silica in marine sediments". *Jour. Sedim. Petrol.*, 63, 4, 760-762.
- Pudsey C.J. (2000):** "Sedimentation on the continental rise west of the Antarctic Peninsula over the last three glacial cycles". *Mar. Geol.*, 167, 313-338.
- Pudsey C.J. and King P. (1997):** "Particle fluxes, benthic processes and palaeoenvironmental record in the Northern Weddell Sea". *Deep-Sea Res. I*, 44 (11), 1841-1876.
- Quaia T. (1997):** "Cicli climatici nei sedimenti glaciomarini tardoquaternari della scarpata continentale del Mare di Ross occidentale (Antartide)". Ph.D Thesis, Univ. degli Studi di Trieste, pp.175.
- Quaia T. & Brambati A. (1997):** "Climatic Stages Control on Grain-Size Clusters in Core ANTA91-8 (Ross Sea)". *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 20, 279-282, figg.3, tab.1.
- Quaia T. & Cespuglio G. (2000):** "Stable Isotope Records from the Western Ross Sea Continental Slope (Antarctica): Considerations on Carbonate preservation". *Terra Ant. Reports*, 4, 199-210.
- Raffi S., Serpagli E. (1992):** "Introduzione alla Paleontologia" SC. della Terra, UTET, pp.654.
- Rampi L. e Bernhard M. (1978):** " Chiave per la determinazione delle diatomee pelagiche mediterranee". C.N.E.N.- C.S.N.-CASACCIA Relazione Tecnica Interna, Gruppo Biologia, pp. 71.
- Rathburn A.E., Pichon J.J., Ayress M.A. and De Deckker P. (1997):** "Microfossil and stable-isotope evidence for changes in Late Holocene palaeoproductivity and palaeoceanographic conditions in the Prydz Bay region of Antarctica". *Paleogeog. Paleoclim. Paleoecol.*, 131, 485-510.
- Raven J.A. (1993):** "Limits on growth rates". *Nature*, 361, 209-210.
- Raymond J.A. (2000):** "Distribution and spatial characterization of ice-active molecules associated with sea-ice diatoms". *Pol. Biol.*, 23, 721-729.
- Reibesell U., Wolf-Gladrow D.A. & Smetacek V. (1993):** "Carbon dioxide limitation of marine phytoplankton growth rates". *Nature*, 361, 249-251.
- Rey F. & Skjoldal H.R. (1987):** "Consumption of silicic acid below the euphotic zone by sedimenting diatom blooms in the Barents Sea". *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 36, 307-312.
- Riaux-Gobin C. et Descolas-Gros C. (1992):** "Assemblage de microphytes enhystés à la surface de sédiments profonds, sur le talus continental du golfe du Lion". *C.R.Acad. Sci. Paris*, t. 314, Sér.III, 545-552.
(Vedere a casa)
- Ricard M. (1987):** "Atlas du Phytoplankton Marin – Diatomophycées". Editions du CNRS, Paris, vol. 2, pp.297.

- Rines J.E.B. and Hargraves P.E. (1984):** "Considerations of the Taxonomy and Biogeography of *Chaetoceros ceratosporus* Ostf. and *Chaetoceros rigidus* Ostf.". 8th Diatom Symposium (Ed. ?), 97-112.
- Rivkin R.B. (1991):** "Seasonal patterns of planktonic production in McMurdo Sound, Antarctica". Amer. Zool., 31, 5-16.
- Roberts D. and McMinn A. (1996):** "Relationships between surface sediment diatom assemblages and water chemistry gradients in saline lakes of the Vestfold Hills, Antarctica". Ant. Science, 8 (4), 331-341.
- Ross R., Cox E.J., Karayeva N.I., Mann D.G., Paddock T.B.B., Simonsen R. and Sims P.A. (1979):** "An Amended Terminology for the Siliceous Components of the Diatom Cell". Nova Hedw. Beih., 64, 513-533.
- Round F.E., Crawford R.M. & Mann D.G. (1990):** "The Diatoms. Biology & Morphology of the Genera". Round, Crawford & Mann (Eds.), Cambridge Univ. Press, pp. 747.
- Round F.E. (1996):** "Ecology and taxonomy – Is there a relationship in the diatoms ?". 14th Diatom Symp., Mayama, Idei & Koizumi (eds.), Koeltz Scient. Books, Koenigstein, 35-48.
- Salvi C. (1999):** "Eventi paleoclimatici tardo-quadernari in aree mediterranee (Mar Adriatico), Antartiche (Mare di Ross) e Periadriatiche (Stretto di Magellano)". Ph.Tesis, Univ. Trieste.
- Salvi C., Salvi G. & Brambati A. (2000):** "Paleoenvironmental Characteristics in Core ANTA96 5bis (Glomar Challenger Basin-Ross Sea- Antarctica)". Terra Ant. Reports, 4, 179-184.
- Sancetta C. (1983):** "Diatoms in sediments as indicators of the shelf-slope break". Soc. Econ. Pal. Min. (SEPM), spec. Publ., 33, 373-380.
- Sancetta C. (1984):** "Ecology and Paleoecology of Marine Diatoms, Introductory Lecture". 8th Diat. Symp., Koeltz Sci. Books (Ed.), Koenigstein, Belgium, 513-515.
- Sanfilippo A., Westberg-Smith M. J. & Riedel W. R., (1985):** „Cenozoic Radiolaria“. In: Plankton Stratigraphy, Cambridge Univ. Press, 631-712.
- Sakshaug E., Demers S. and Yentsch C.M. (1987):** "*Thalassiosira oceanica* and *T. pseudonana* : two different photoadaptational responses". Mar. Ecol. Prog. Ser., 41, 275-282.
- Shackleton N.J. and Kennett J.P. (1975):** "Paleotemperature history of the Cenozoic and the initiation of the Antarctic Glaciation: Oxygen and Carbon isotope analysis in DSDP sites 277, 279 and 281". In: In. Rep. DSDP, vol. XXIX, 743-755.
- Scherer R. P. (1991):** "Quaternary and Tertiary microfossils from beneath Ice Stream B: evidence for a dynamic West Antarctic Ice Sheet history". Paleogeog. Paleoclimat. Paleoecol., 90, 395-412.
- Scherer R. and Slawek T. (1997):** "Diatoms in subglacial sediments yield clues regarding west antarctic ice-sheet history and ice-stream processes". Ant. Jour.Review, 32-36. (dalla rete)
- Schlüter M and Rickert D. (1998):** "Effect of pH on the measurement of biogenic silica". Mar. Chemistry, 63, 81-92.
- Schrader H.J. (1976):** "Cenozoic Planktonic diatom biostratigraphy of the Southern Pacific Ocean". In: In. Reports DSDP, vol. XXXV, 605-672.
- Scott P., McMinn A. and Hosie G. (1994):** "Physical parameters influencing diatom community structure in eastern Antarctic sea ice". Pol. Biol., 14, 507-517.
- Shevenell A.E., Domack E.W., and Kernan G. M. (1996):** "Record of Holocene paleoclimate change along the Antarctic Peninsula: evidence from glacial marine sediments, Lallemand Fjord". Pap. And Proc. Royal Soc. of Tasmania, 130 (2), 55-64.

- Shiga K. and Koizumi I. (2000):** "Latest Quaternary oceanographic changes in the Okhotsk Sea based on diatom records". *Mar. Micropal.*, 38, 91-117.
- Shimoto A. and Ishii H. (1995):** "Distribution of biogenic silica and particulate organic matter in coastal and oceanic surface waters off the South Shetland Islands in summer". *Pol. Biol.*, 15, 105-113.
- Shimmield G., Derrick S., Mackensen A., Grobe H. and Pudsey C. (1994):** "The history of Barium, biogenic silica and organic carbon accumulation in the Weddel Sea and Antarctic Ocean over the Last 150,000 years". NATO ASI Series, vol. I, 17, Carbon. Cycling in the Glacial Change, Zahn et al. Ed., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Shipp S., Anderson J.B. & Domack E. (1999):** "Late Pleistocene-Holocene retreat of the West Antarctic Ice-Sheet system in the Ross Sea:Part 1- Geophysical results". *GSA Bull.*, 111, 1486-1516.
- Sjunneskog C. and Scherer R. (1997):**"High-resolution diatom record in bioturbated antarctic sediments". *Ant. Jour.Review*, 32-36. (dalla rete)
- Smetacek V. (1985):** "Role of sinking in diatom life-history cycles: ecological, evolutionary and geological significance". *Marine Biol.*, 84, 239-251.
- Smetacek V. (1999):** "Bacteria and silica cycling". *Nature*, 397, 475-476.
- Smith W.O., Baumann M.E.M.(Jr.),Wilson D.L. and Aletsee L. (1987):** "Phytoplankton Biomass and Productivity in the Marginal Ice Zone of the Fram Strait during Summer 1984". *Jour.of Goeph. Res.*, vol. 92 (C7), 6777-6786.
- Sommer U. (1986):** "Nitrate- and silicate-competition among antarctic phytoplankton". *Marine Biol.*, 91, 345-351.
- Souchez R.A. & Lorrain R.D. (1991) :** "Ice Composition and Glacier Dynamics". Springer-Verlag New York, 207 pp.
- Sorhannus U. (1997):** "The origination time of diatoms: an analysis based on ribosomal RNA data". *Micropal.*, 43(2), 215-218.
- Spezie G., Tucci S., Budillon G., Corradi N., Picazzo M., Fanucci F., Firpo M., Mirabile L. & Ferrari M. (1993):** "Water masses characteristics, sediment dispersal and seismic stratigraphy in the continental margin of the Ross Sea (Antarctica)". *Annali della Facoltà di Scienze nautiche*, 60, Ist.Univ. Navale, Napoli.
- Spezie G. e Manzella G.M.R. (1999):** "Oceanography of the Ross Sea Antarctica". Springer-Verlag, Milano.
- Spezzaferri S. (1992):** "Il limite Oligocene/Miocene nel Record oceanico (Atlantico, Indiano, Sud Pacifico): Biostratigrafia e Paleoclimatologia". *Dott. Ricerca- IV ciclo, Dip. Sci. della Terra, Univ. Milano*, pp. 288.
- Spies A. (1987):** "Growth rates of Antarctic marine phytoplankton in the Weddell Sea". *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 41, 267-274.
- Steig E.J., Hart C.P., White J.W.C., Cunnigam W.L., Davis M.D., Saltzman E.S. (1998):** "Changes in climate, ocean and ice-sheet conditions in the Ross embayment, Antarctica, at 6ka". *Annals of Glaciol.*, 27, 305-310.
- Stein R. (1990):** "Organic Carbon Content/Sedimentation Rate Relationship and its Palaeoenvironmental Significance for Marine Sediments". *Geo-Marine Letters*, 10, 37-44.
- Stein R. (1991):** "Accumulation of Organic Carbon in Marine Sediments". *Lect. Notes in Earth Science*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg,pp. 213.
- Steyaert J. & Bailleux E.M. (1973):** "The structure of *Eucampia balaustium* Castr. As revealed by the stereo scanning electron microscope".*Nova Hedwigia, Beih.* 26 (195-204).

- Stockwell D.A. and Hargraves P.E. (1984):** "Morphological Variability within Resting Spores of the Marine Diatom Genus *Chaetoceros* Ehreberg". 8th Diatom Symposium, Koeltz Sci. Books (Ed.), Koenigstein, Belgium, 97-112.
- Stockwell D.A. (1991):** "Distribution of *Chaetoceros* resting spores in the quaternary sediments from Leg 119". In: Proc. ODP, Sci. Results, 119, College Station, TX, 599-610.
- Stroeven A.P., Prentice M.L., Kleman J. (1996):** "On marine microfossil transport and pathways in the Antarctica during the late Neogene: Evidence from the Sirius Group at Mount Fleming". *Geology*, vol. 24 (8), 727-730.
- Stroeven A.P. (1997):** "The Sirius Group of Antarctica: Age and Environments". *The Antarctic Region: Geol. Evol. and Proces.*, 747-761.
- Tappan H. (1980):** "The paleobiology of Plant Protists". W.H. Freeman and Company, San Francisco, pp. 1028.
- Taylor F., McMinn A., Franklin D. (1997):** "Distribution of diatoms in surfacic sediments of Prydz Bay, Antarctica". *Mar. Micropal.* 32, 209-229.
- Taylor F., Whitehead J. and Domack E. (2001):** "Holocene paleoclimatic change in the Antarctic Peninsula: evidence from the diatom, sedimentary and geochemical record". *Mar. Micropal.* 41, 25-43.
- Thulin B. (1987):** "Diatoms and Paleoenvironment at Ottenby, Southern Oland, SE Sweden". *Striae*, Uppsala, 28, 7-49.
- Tilstone G.H., Míguez B.M., Figueiras F.G. and Fermín E. G. (2000):** "Diatom dynamics in a coastal ecosystem affected by upwelling: coupling between species succession, circulation and biogeochemical processes". *Mar. Ecol. Prog. Series*, 205, 23-41.
- Tomas C.R., Hasle G., Syversten E.E., Steidinger K.A. and Jangen K. (1996):** "Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates". Tomas C.R. (Ed.), Academic Press, Inc., London, pp. 598.
- Tréguer P. and Jacques G. (1992):** "Dynamics of nutrients and phytoplankton, and fluxes of carbon, nitrogen and silicon in the Antarctic Ocean". *Pol. Biol.*, 12, 149-162.
- Turekian K.K. (1976):** "Oceans" II^o ed. The Prentice-Hall Foundations of Earth SC. Series, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, pp. 149.
- Valente R. M., Cosper E. M. and Wurster C. F. (1987):** "Interactive effects of copper and silicic acid on resting spore formation and variability in marine diatom". *J. Phycol.*, 23, 156-163. (Vedere a casa)
- van Dam (1992):** "Twelfth International Diatom Symposium". Kluwer Acad. Publishers, pp. 540.
- van de Vijver B., Beyens L. (1996):** "Freshwater diatom communities of the Srtomness Bay area, South Georgia". *Ant. Science*, 8 (4), 359-368.
- van de Vijver B., Beyens L. (1997):** "Freshwater diatoms from some islands in the maritime Antarctic region". *Ant. Science*, 9 (4), 418-425.
- Vanucci S. and Bruni V. (1998):** "Ultraplankton biomass in the Ross Sea (November – December 1994): preliminary results". *Atti 12° Cong. A.I.O.L.*, vol. II, Genova, 131-139.
- van Oye P. & van Mieghem (1965):** "Biogeography and Ecology in Antarctica". Dr. W. Junk Publishers The Hague, pp. 762, 146 figs., 24 pl.
- Vimeux F., Masson V., Jouzel J., Stievenard M & Petit J.R. (1999):** "Glacial-Interglacial changes in ocean surface conditions in the Southern Hemisphere". *Nature*, 398, 410-412.

- Venrick E.L. (1969):** "The distribution and ecology of oceanic diatoms in the North Pacific". Univ. Microfilms Internat. , London WIN 7 RA, U.K., pp. 655.
- Vos P.C. & de Wolf H. (1993):** "Diatoms as a tool for reconstructing sedimentary environments in coastal wetlands; methodological aspects". *Hydrobiologia* 269/270, H. van Dam (ed.), Twelfth Internat. Diatom Symposium, Kluwer Acad.Publishers, Belgium, 285-296.
- Watanabe K. (1988):** "Subice microalgal strands in the Antarctic coastal fast ice area near Syowa Station". *SORUI, The Japanese J. Phycol.*, 36, 221-229.
- Wefer G., Suess E., Balzer W., Liebezeit G., Müller P.J., Ungerer C.A. & Zenk W (1982):** "Fluxes of biogenic components from sediment trap deployment in circumpolar waters of the Drake Passage". *Nature*, 145-147.
- Wells M.L., Vallis G.K. & Silver E.A (1999):** "Tectonic processes in Papua New Guinea and past productivity in the eastern equatorial Pacific Ocean". *Nature*, 398, 601-604.
- Whitehead J.M. and McMinn A. (1997):** "Paleodepth determination from Antarctic benthonic diatom assemblage". *Mar. Micropal.*, 29, 301-318.
- Winter D.M. & Hardwood D.M. (1997):** "Integrated diatom biostratigraphy of Late Neogene drillingsholes in Southern Victoria Land and correlation to Southern Ocean records". *The Antarctic Region: Geol. Evol. and Proces.*, 985-992.
- Wise S.W., Jr. Breza J.R., Harwood D.M., Wei W. and Zachos J.C. (1992):** "Paleogene glacial history of Antarctica in light of Leg 120 drilling results". In: Wise S.W., Jr. Schlich R. et al., *Proc. ODP, Sci. Results*, 120, College Station, TX, 1001-1030.
- Yang S. & Hardwood D.M. (1997):** "Late Quaternary environmental fluctuations based on diatoms from Yanou Lake, King George Island, Fildes Peninsula, Antarctica". In: *The Antarctic Region: Geol. Evol. and Proces.ed.*, 853-859.
- Yoon H.I., Park B.-K., Kim Y. and Kim D. (2000):** "Glaciomarine sedimentation and its paleoceanographic implications along the fjord margins in the South Shetland Islands, Antarctica during the last 6000 years". *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoecology*, 157, 189-211.
- Zielinski U. (1997):** "Parnales species (siliceous marine nanoplankton) in surfacies sediments of the Weddel Sea, Southern Ocean: indicators for sea ice environment?". *Mar. Micropal.*, 32, 387-395.
- Zielinski U., Gersonde R. (1997):** "Diatom distribution in Southern Ocean surface sediments (Atlantic sector): Implications for paleoenvironmental reconstructions". *Paleogeog., Paleoclimat., Paleoecol.*, 129, 213-250.
- Zielinski U., Gersonde R., Sieger R. and Fütterer D. (1998):** "Quaternary surface water temperature estimation: Calibration of a diatom transfer function for the Southern Ocean". *Paleoceanog.*, 13 (4), 365-383.
- Zong Y. (1997):** "Implications of *Paralia sulcata* abundance in Scottish Isolation Basins". *Diatom Res.*, 12 (1), 125-150.
- Zwally H.J., Comiso J.C. and Gordon A.L. (1985):** "Antarctic offshore leads and polynya and oceanographic effects". In: *Oceanology of the Antarctic Continental Shelf*, Jacob Ed., American Geophys. Union, D.C., 203-227.

* I testi asteriscati alla fine sono stati spediti dal Lamont-Doherty Earth Observatory, Palisades, New York.

APPENDICE TASSONOMICA

Sommario

Altre forme	A-1
Asteromphalaceae	A-14
Bacillariaceae	A-21
Biddulphiaceae	A-50
Chaetoceraceae	A-61
Coscinodiscaceae	A-70
Heliopeltaceae	A-75
Hemidiscaceae	A-78
Leptocylindraceae	A-83
Melosiraceae	A-86
Triceratiaceae	A-93
Rhizosoleniaceae	A-96
<i>Rouxia</i>	A-106
Thalassionemataceae	A-109
Thalassiosiraceae	A-111
<i>Trinacria</i>	A-139

SILICOFLAGELLATI

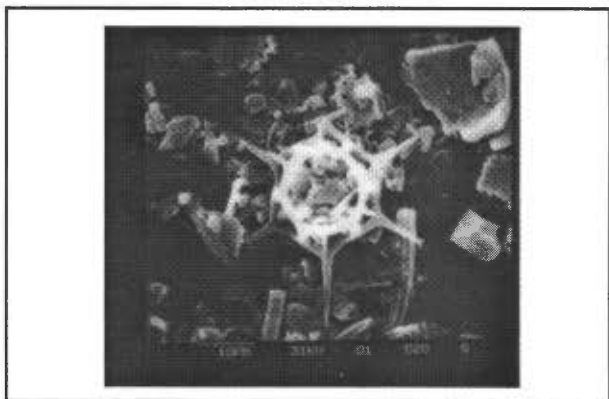


Fig. 1 - *Distephanus speculum*
 ANTA91 8 Prof. 0-2 cm. (06119819)

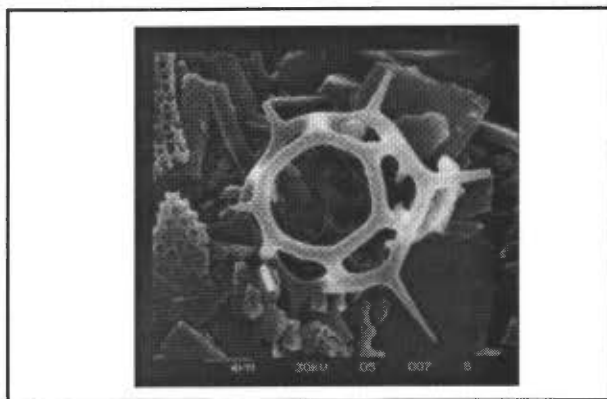


Fig. 2 - *Distephanus speculum*
 ANTA91 8 Prof. 68-71 cm. (13119807).

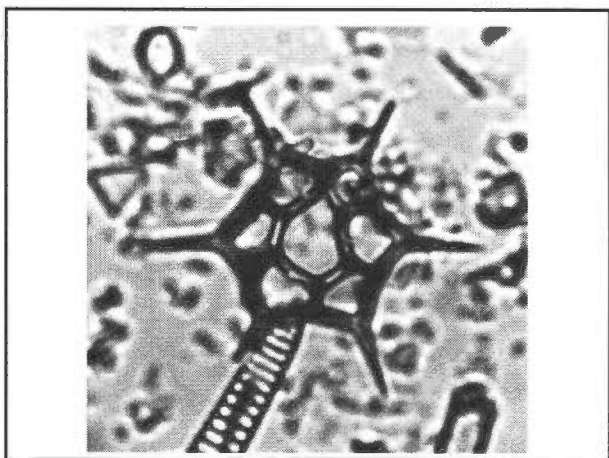


Fig. 3 - *Distephanus speculum* var. ?
 ANTA96 5bis Camp. 40-42, 1000X, fatt. 0.8

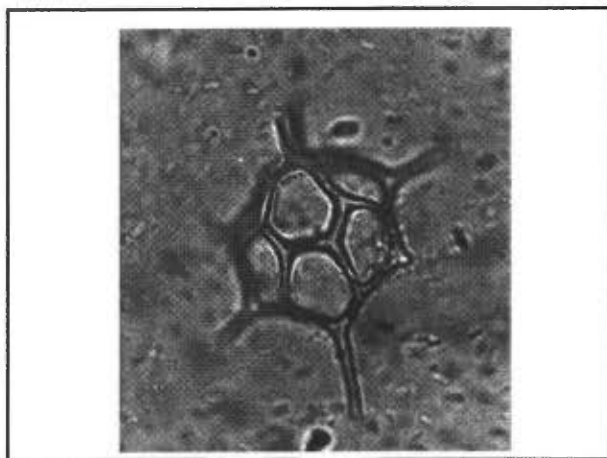


Fig. 4 - cf. *Dichtioca* sp.
 ANTA99 23 Camp.105, 1000X, fatt. 0.8

ARCHEOMONADI



Fig. 1 ANTA91 8 Prof. 68-71 cm. (13119803)

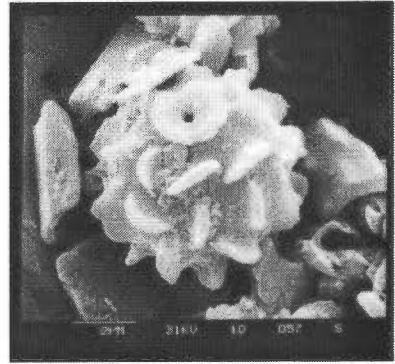


Fig. 2 ANTA91 8 Prof. 241-244 cm. (27019959)

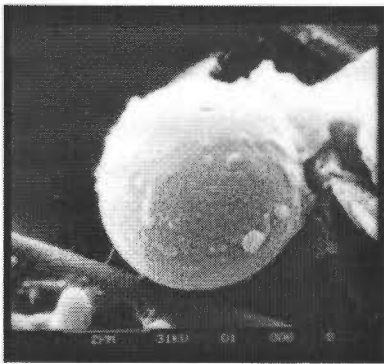


Fig. 3 ANTA91 8 Prof. 10-12 cm. (27019905)

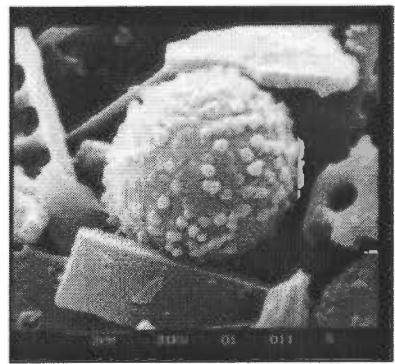


Fig. 4 ANTA91 8 Prof. 10-12 cm. (27019910)

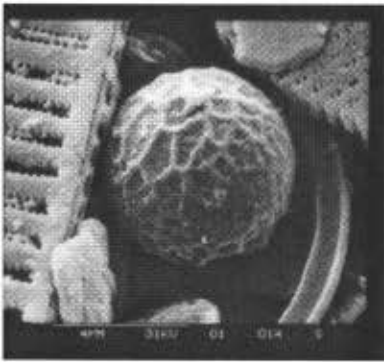


Fig. 5 ANTA91 8 Prof. 10-12 cm. (27019913)

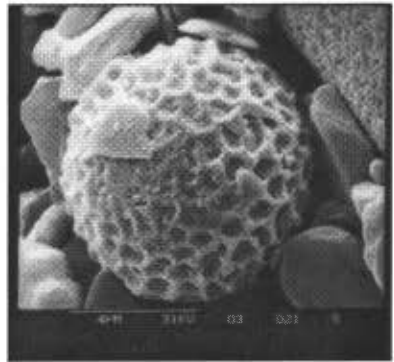


Fig. 6 ANTA91 8 Prof. 100-102 cm. (27019920)

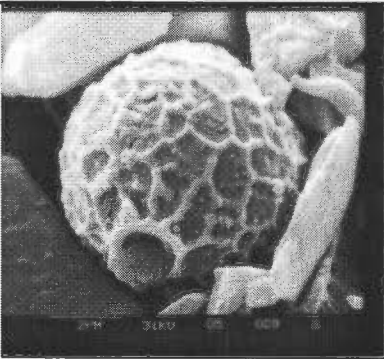


Fig. 7 - ANTA918 (27019928)

ARCHEOMONADI

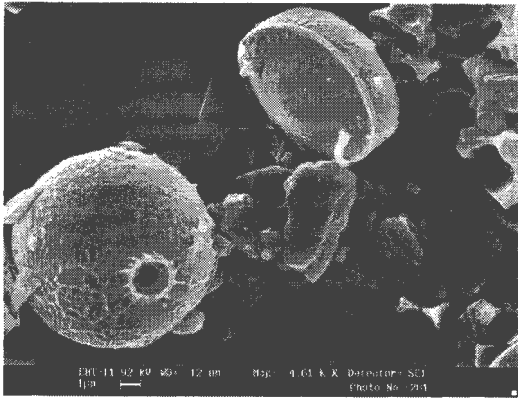


Fig. 7 - ANT99 23 (2002011919)

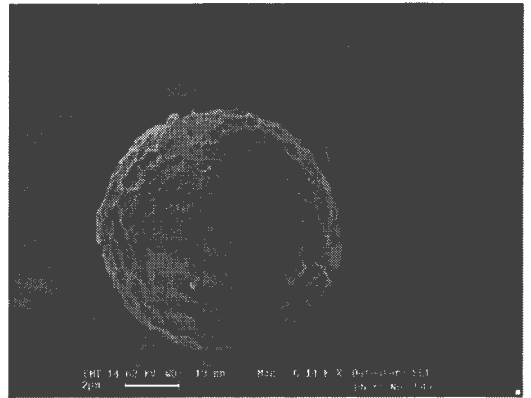


Fig. 8 - ANT99 23 (020301 1136)

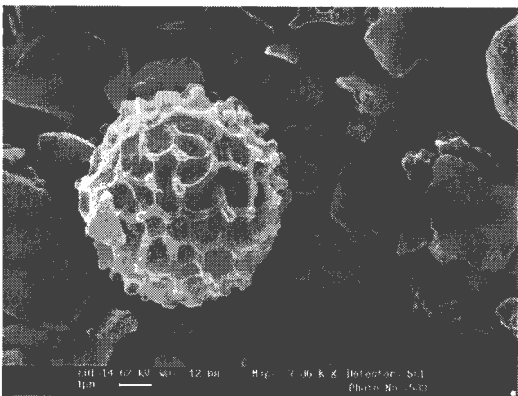


Fig. 9 - ANT99 23 (020301 6523)

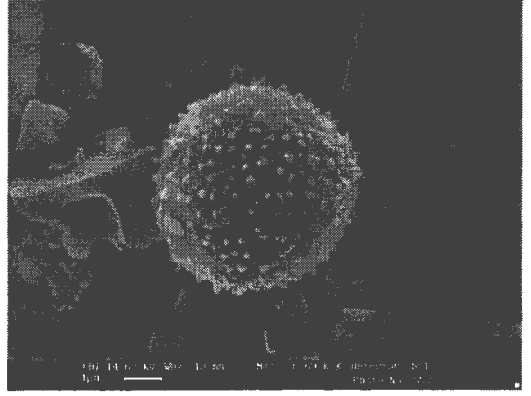


Fig. 10 - ANT99 23 (020301 345)

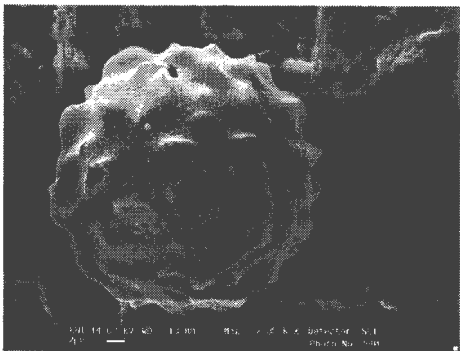


Fig. 11 - ANT99 23 (020301 2329)

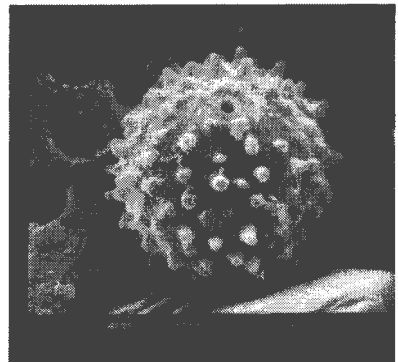


Fig. 12 - ANT99 23 (27019922)

RADIOLARI

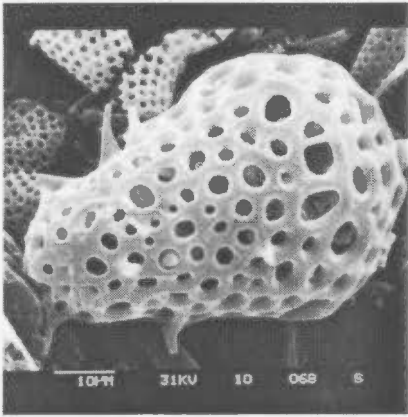


Fig. 1 - cf. *Antarctica*
 ANTA91 8 Prof. 167-169 cm. (061198c3)

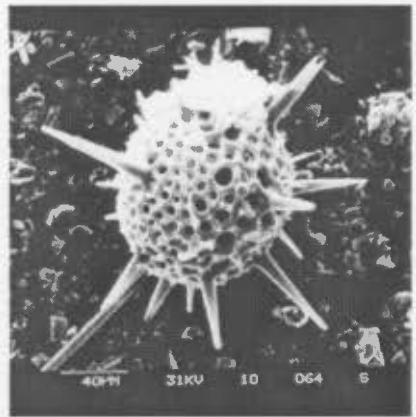


Fig. 2 - *Actinomma* cf. *leptodermum*
 ANTA91 8 (061198b9)

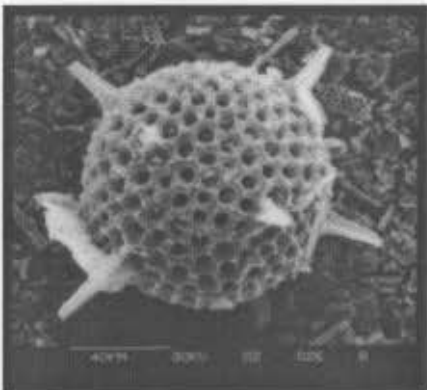


Fig. 3 - Fam. Actinommiidae
 ANTA91 8 Prof. 24-26 cm. (06119826)



Fig. 4 - Fam. Actinommiidae
 ANTA99 23 Prof. 422-423 cm. (200201)

PELLETS

FORMA IND. cf. BOLBOFORME

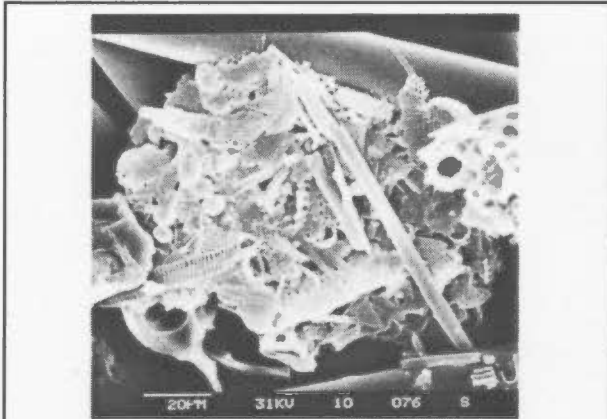


Fig. 1 - ANTA91 8 (061198d1)

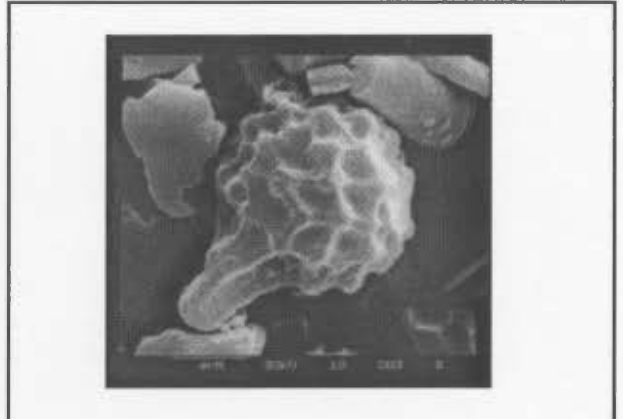


Fig. 1 - ANTA91 8 (06119802)

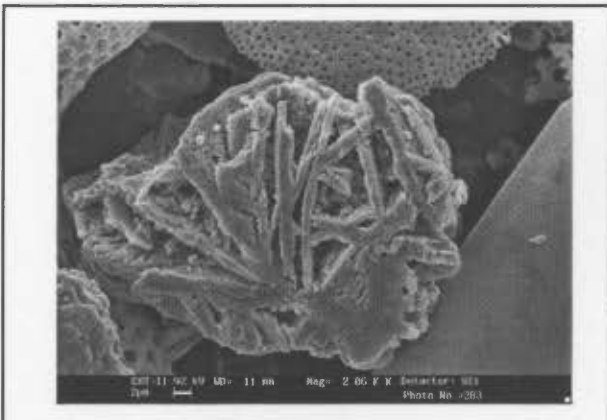


Fig. 2 - ANTA99 23 (200201)

SPICOLE

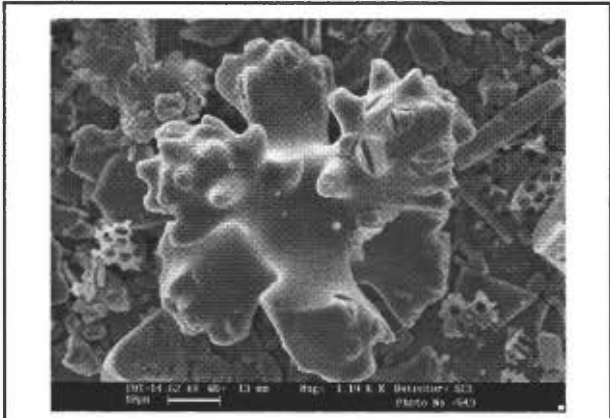


Fig. 1 - Streptaster ? ANTA99 23 (020301 2332)

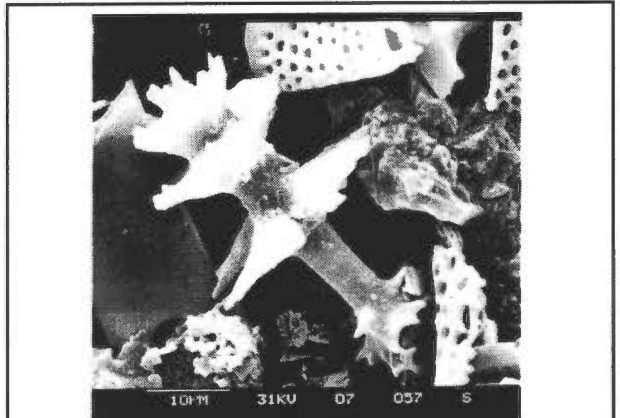


Fig. 2 - Discorhabds ANTA91 8 (061198b2)

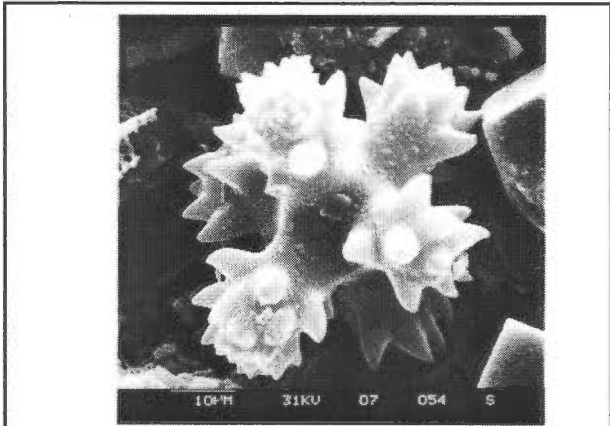


Fig. 3 - Streptaster ? ANTA91 8 (061198a9)

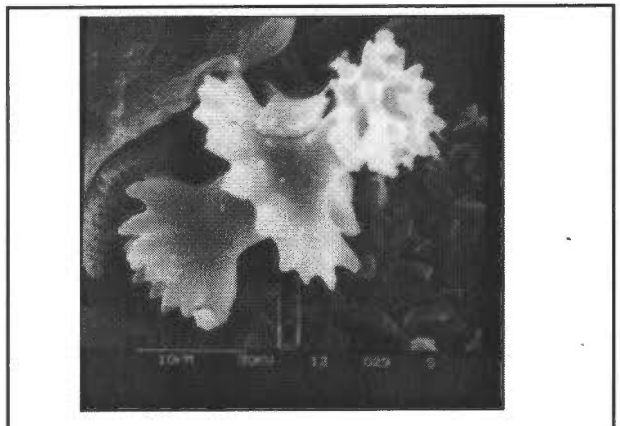


Fig. 4 - Discorhabds ANTA91 8 (13119829)

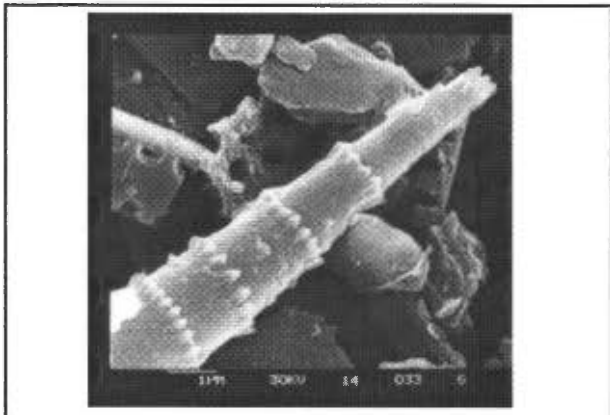


Fig. 5 - Forma indeterminata ANTA91 8 (13119833)

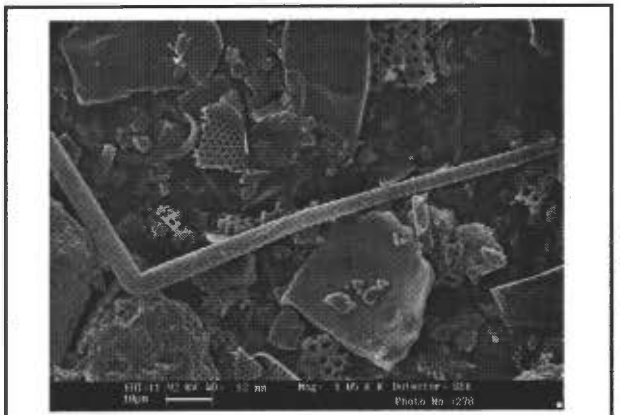
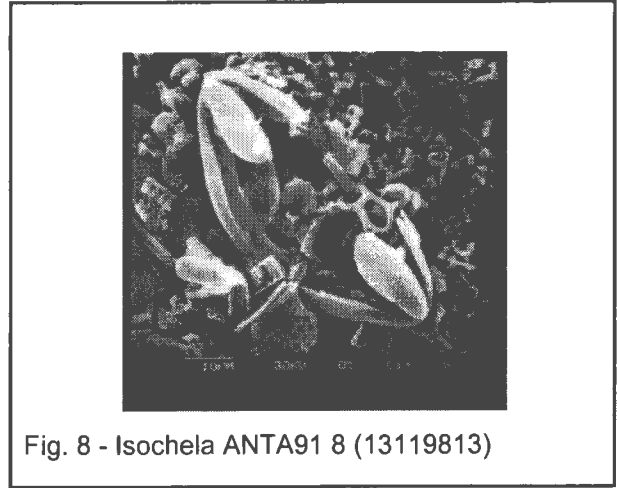
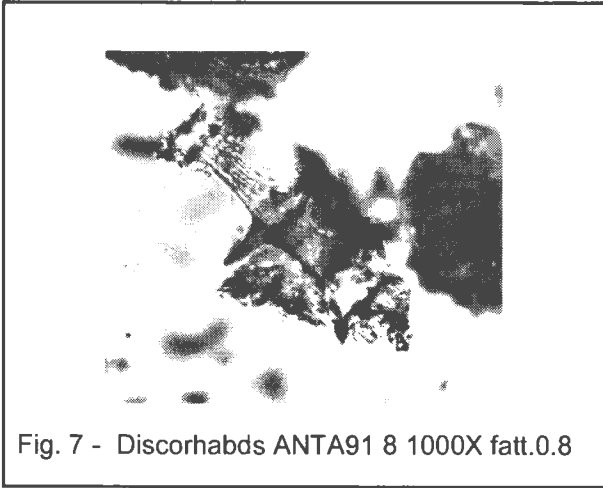
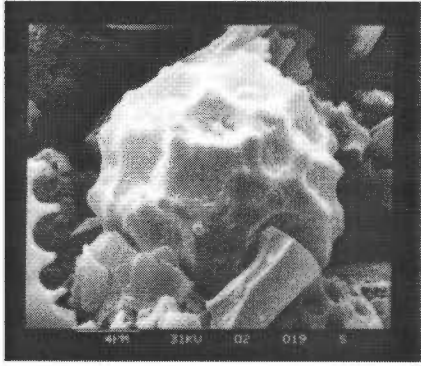


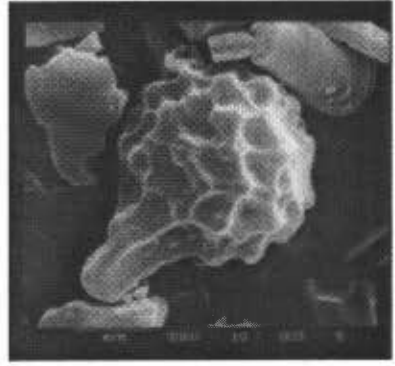
Fig. 6 - Forma indeterminata ANTA99 23 (200201916)



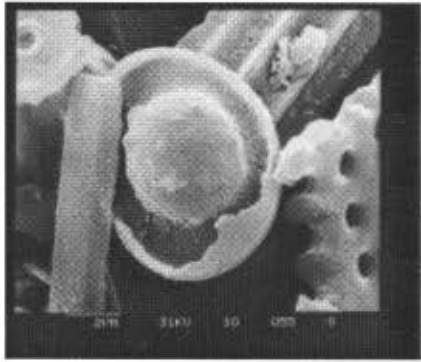
FORME INDETERMINATE



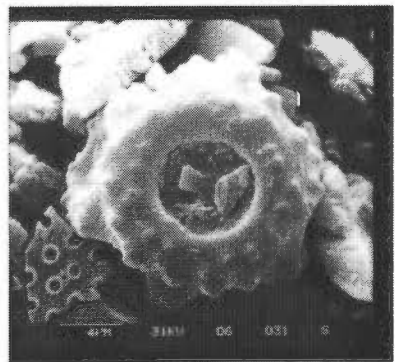
27019918



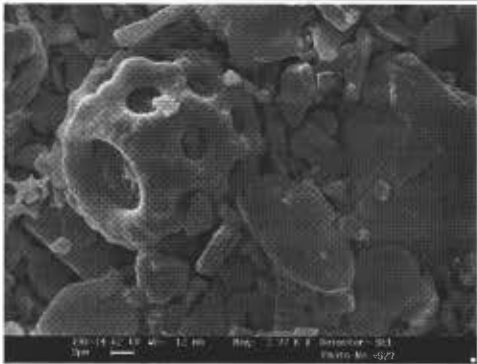
06119802 - cf. Bolboforme



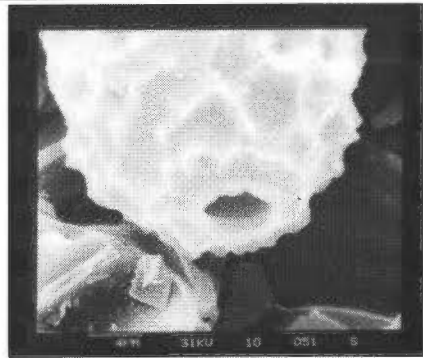
27019957



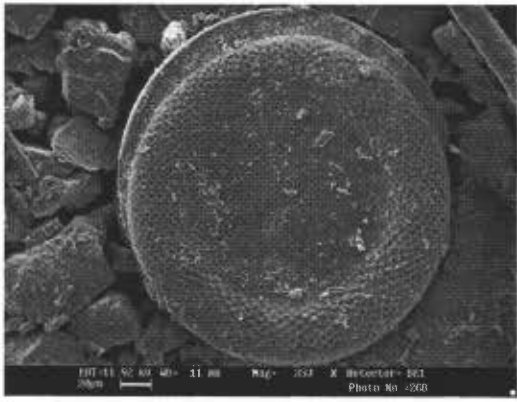
27019930



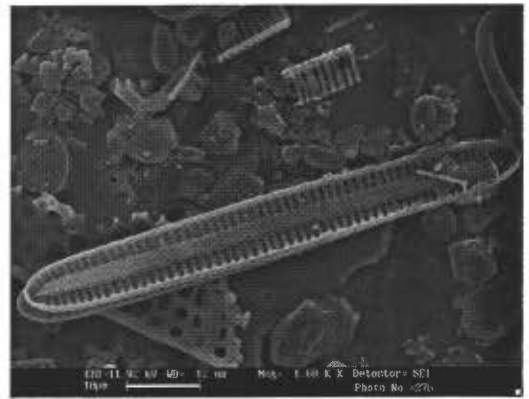
020301 3117



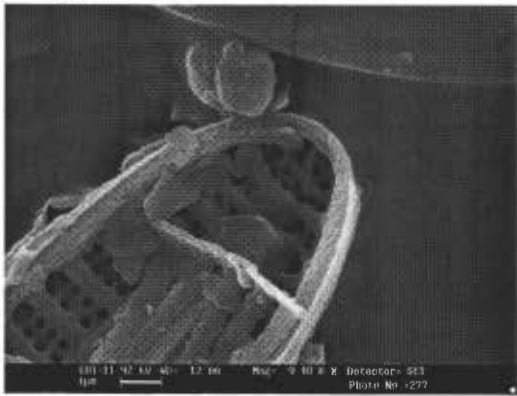
27019953



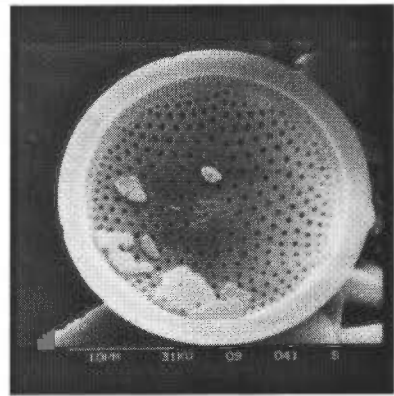
200201 4306



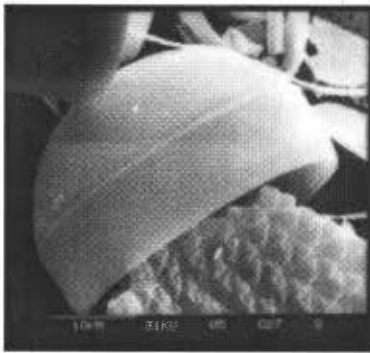
200201 1914



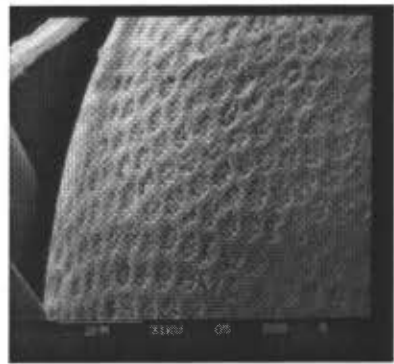
200201 1915 particolare 1914



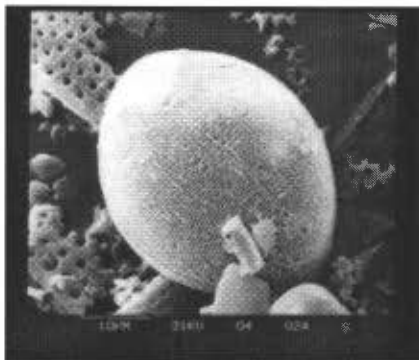
27019943



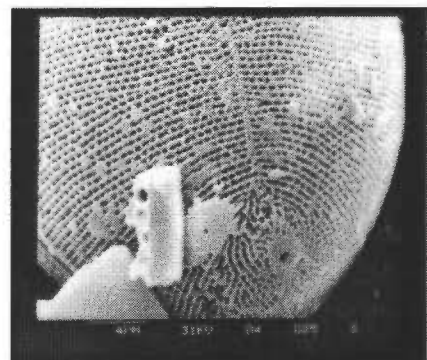
27019926



27019927 Particolare 26

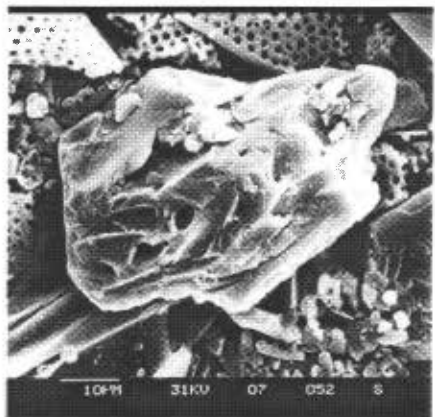


27019923 - cf. *Cocconeis*

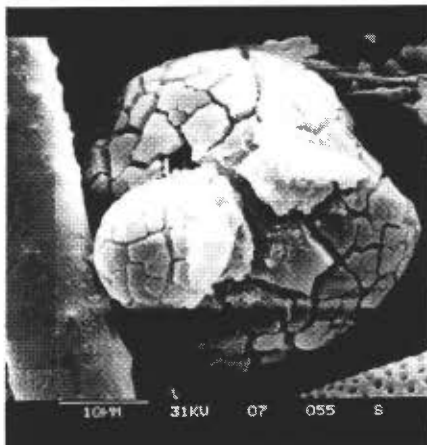


27019924 Particolare 23 - cf. *Cocconeis*

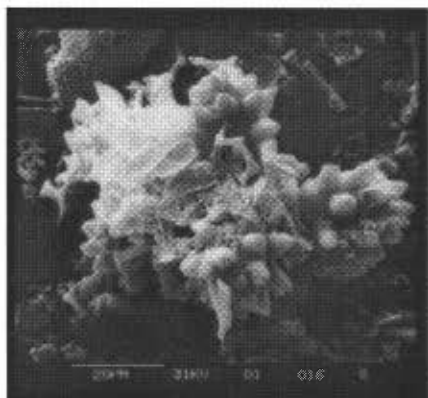
VETRO VULCANICO E CRISTALLI



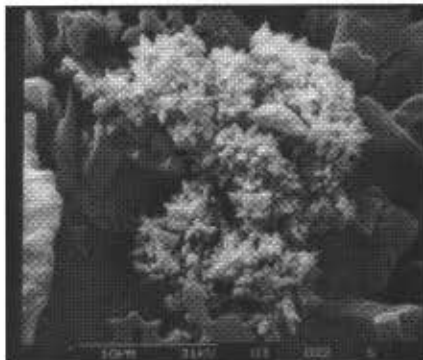
061198a7



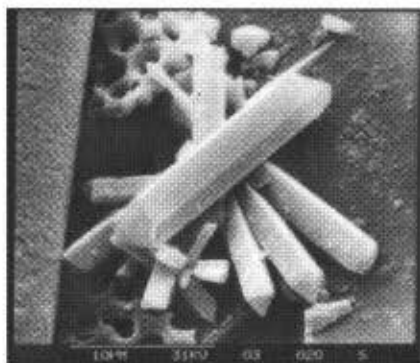
061198b0



27119915

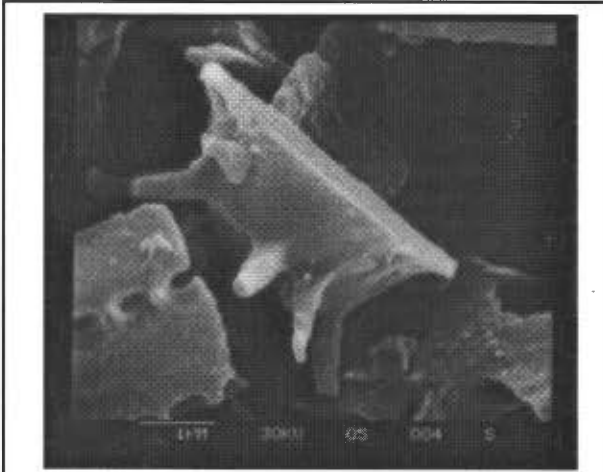


27119921

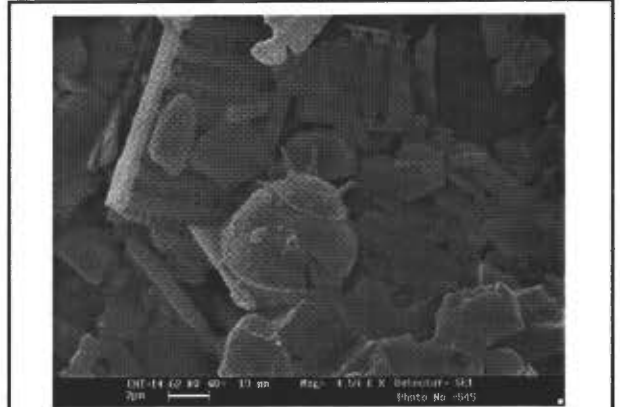


27119919

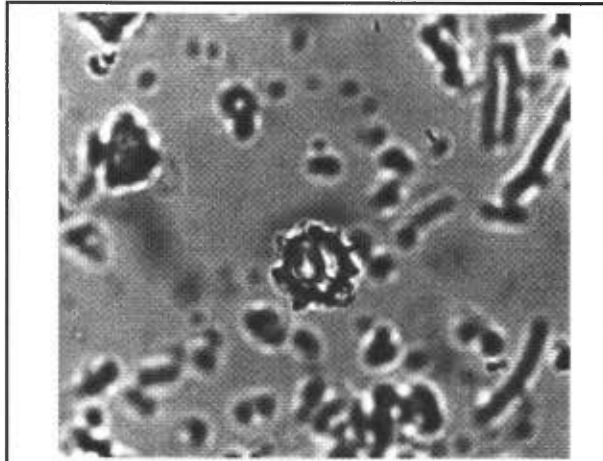
PARMALES



13119804



020301 2334



Parmales cf. *Pentalmina corona*
ANTA99 23 Camp. 105, 1000X, fatt. 1

Famiglia **Asteromphalaceae**
 H.L. Smith, 1872

Descrizione:

Caratterizzata da una areolazione parziale della superficie valvare che presenta svariati modi di sviluppo di raggi cavi, ialini che si aprono verso la parte interna della valva attraverso aperture a fessura allungate e verso l'esterno della valva attraverso fori presenti in corrispondenza delle terminazioni dei raggi. I raggi ialini si estendono da un'area centrale ialina (non areolata) e terminano vicino al margine valvare con un processo labiato (spina o 'apiculus' nella più vecchia letteratura). L'area centrale è attraversata da un numero di linee (linee umbelicali o di separazione) diritte, a zig-zag o ramificate. Uno di questi raggi differisce dagli altri per essere più sottile nella sezione più distale e per il fatto che genera, al centro dell'area ialina, il fuoco da cui si dipartono gli altri raggi.

Tra i raggi ialini si alternano dei settori areolati.

A causa delle protuberanze dovute ai raggi, la superficie valvare è radialmente ondulata e, in caso contrario, la cellula risulta discoidale con valve piatte o leggermente convesse o a forma di pera o raramente naviculoide.

Comprende circa 35 specie marine planctoniche generalmente di acque temperate, ma non sono mai presenti in grandi quantitativi.

Famiglia **Asteromphalaceae**

Genere ***Asteromphalus***
 Ehreberg, 1844

Descrizione

Questo genere raggruppa 10 o più specie comunemente ritrovate nel plancton marino. Si prendono qui in considerazione alcune specie distinte che verranno descritte viste al LM.

Caratteristiche intraspecifiche:

- profilo della valva (variabile in alcune specie),
- numero dei raggi ialini (variabile entro certi limiti),
- posizione dell'area centrale (centrale o eccentrica),
- dimensione dell'area centrale comparata al diametro della valva,
- forma delle linee di separazione,
- forma degli stretti raggi ialini all'interno dell'area centrale,
- forma dei settori areolati,
- dimensioni delle areole.

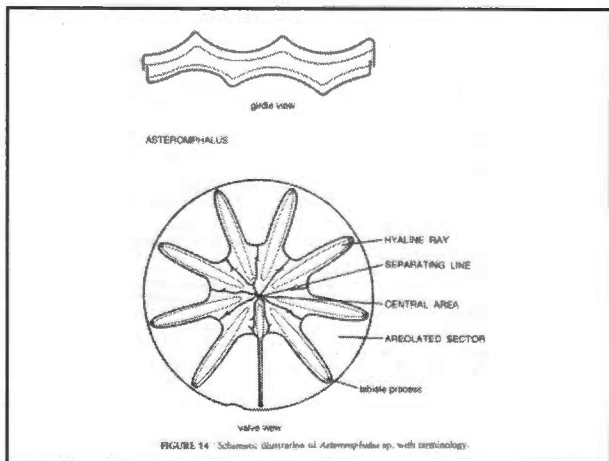


Fig. 1 - Illustrazione schematica di *Asteromphalus* sp. con la terminologia specifica

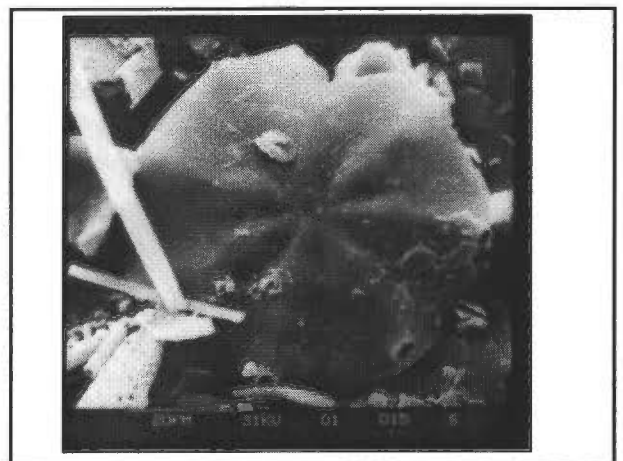


Fig. 2 - *Asteromphalus* sp. ANTA918 Campione 1A (prof. 10-12)

Famiglia	Asteromphalaceae
Genere	<i>Asteromphalus</i> Ehremberg, 1844
Specie	<i>heptactis</i> (Brébisson) Ralfs in Pritchard, 1861
Sinonimi	<i>Spatangidium ralfsianum</i> Norman in Greville, 1859 <i>Asterolampra heptactis</i> (Brébisson) Greville, 1860 <i>Asteromphalus ralfsianus</i> (Norman) Grunow in Schmidt, 1876 <i>Asteromphalus reticulatus</i> Cleve, 1873 <i>Asteromphalus areolatus</i> Mann, 1925

Habitat:
Planctonico

Descrizione:

Cellule circolari o subcircolari con ondulazioni radiali di diametro compreso tra 68-165 μ m.

Area centrale piccola se comparata a quella di specie simili. La struttura dell'areolazione è piuttosto grossolana, piuttosto più grossa in prossimità della porzione centrale.

Sono presenti sette raggi dei quali uno più sottile e lungo. Le linee centrali di separazione tra i raggi risultano inclinate o ramificate. I raggi ialini sono larghi. I settori areolati strutturati grossolanamente, troncati e stretti (della larghezza di tre o quattro areole) verso l'area centrale.

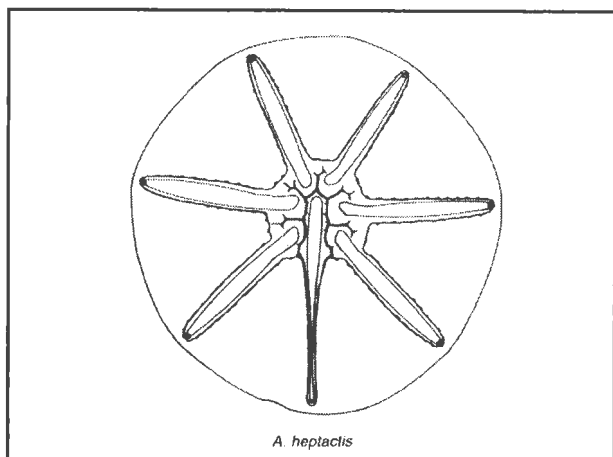


Fig. 1 - Illustrazione schematica di
Asteromphalus heptactis

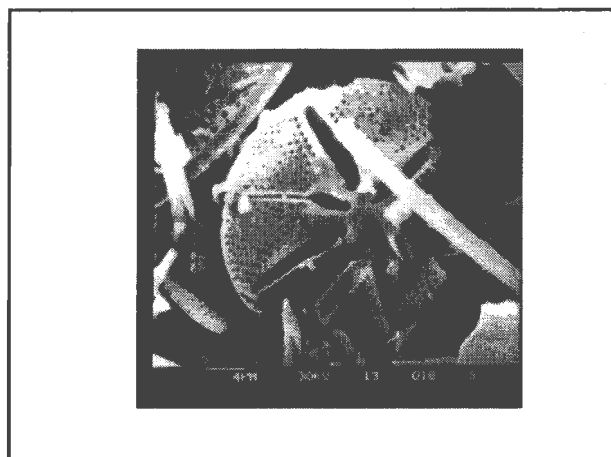
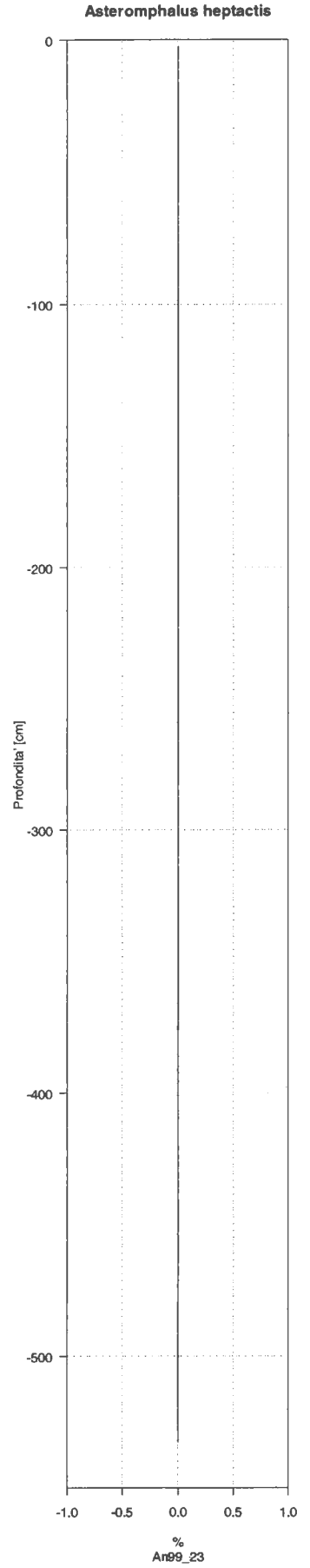
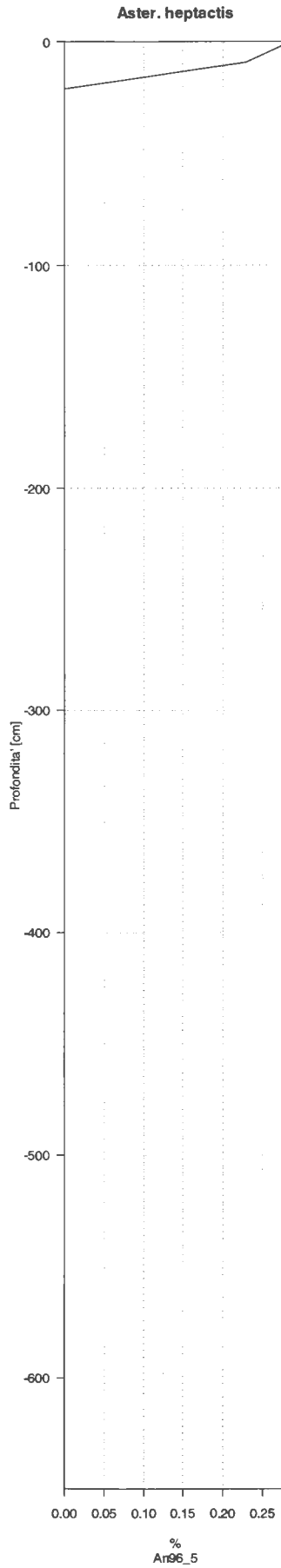
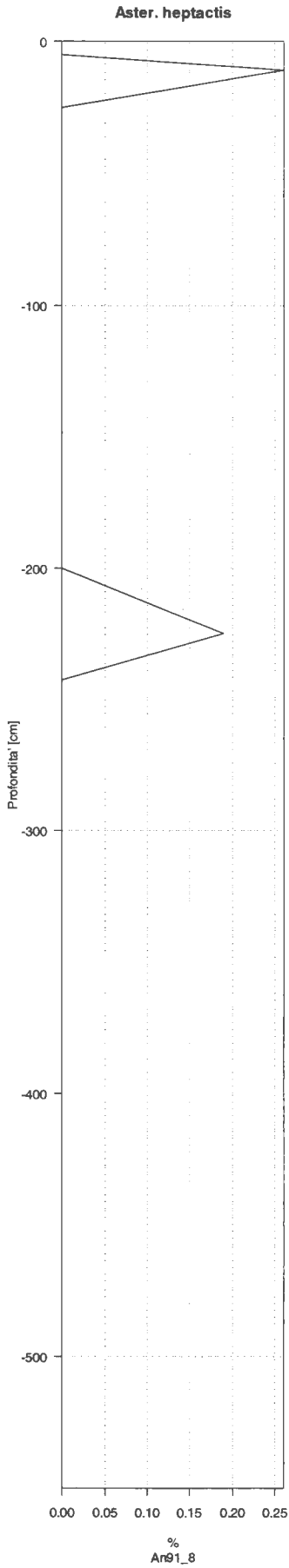


Fig. 2 - *Asteromphalus cf. heptactis*
superficie interna

Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Asteromphalaceae**

Genere ***Asteromphalus***
Ehrenberg, 1844

Specie ***hookeri***
Ehrenberg, 1844

Sinonimi *Asteromphalus buchii* Ehrenberg, 1844
Asteromphalus curvieri Ehrenberg, 1884
Asterolampra hookeri (Ehrenberg) Greville, 1860
Asteromphalus antarcticus Castracane, 1886

Habitat:
Planctonico

Descrizione:

Cellule da circolari a subcircolari, piatte o leggermente convesse del diametro di 43-78 µm. Areolazione piuttosto grossolana. Porzione centrale angolata, centrale rispetto la superficie della valva, separata da linee diritte o curve. Estensione dei sei o sette raggi ialini rettangolare o a forma di campana con il raggio singolo generalmente simile in lunghezza agli altri. Settori areolati cuneiformi e curvati verso il centro della valva.

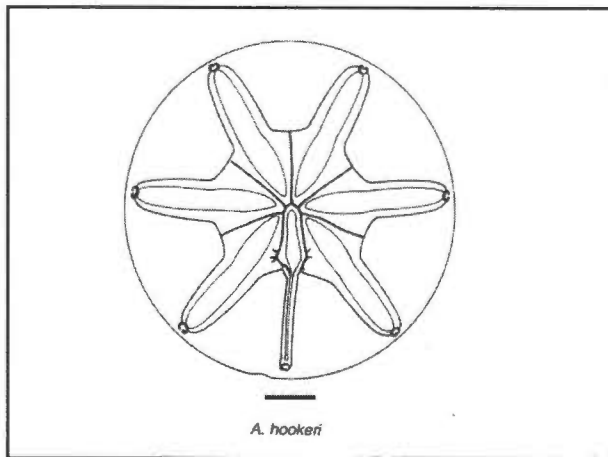


Fig. 1 - *Asteromphalus hookeri*

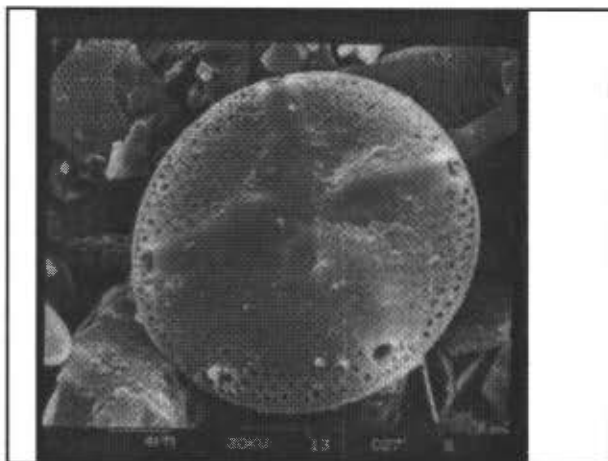


Fig. 2 - *Asteromphalus cf. hookeri*
ANTA91 8 Prof. 68-71cm.

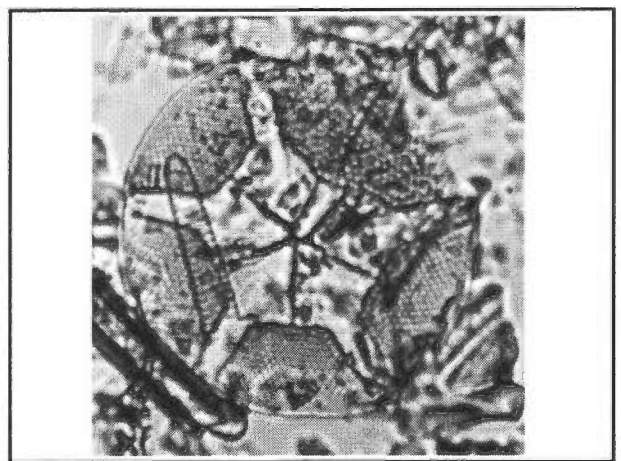
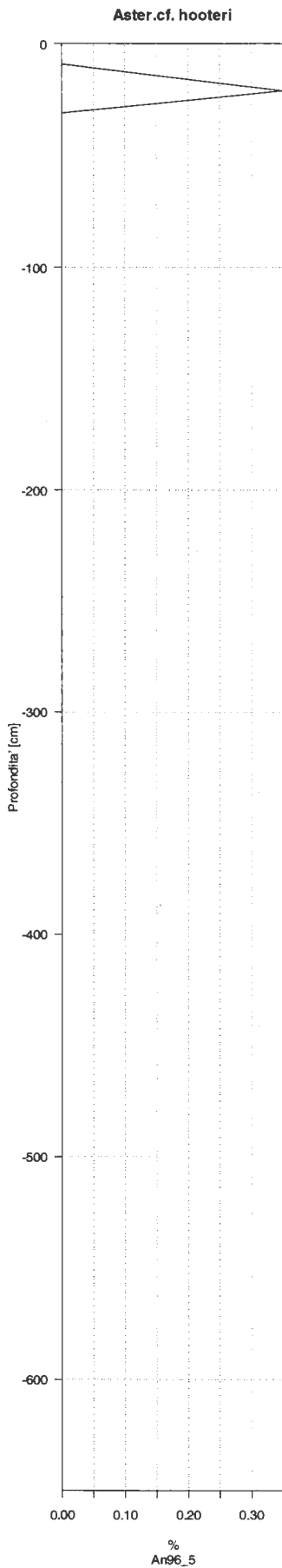


Fig. 3 - *Asteromphalus cf. hookeri*
ANTA96 5bis Prof. 20-22 cm 1000Xfatt. 1

Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Asteromphalaceae**

Genere ***Asteromphalus***
Ehremberg, 1844

Specie ***parvulus***
Karsten, 1905

Sinonimi

Habitat:
Planctonico

Descrizione:

Larga area centrale. Linee di separazione spezzate. Settori areolati grossolanamente strutturati e convessi verso il centro della valva.

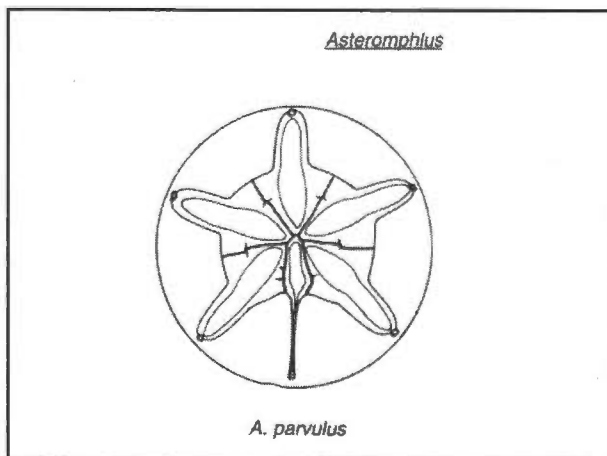


Fig. 1 - *Asteromphalus parvulus*

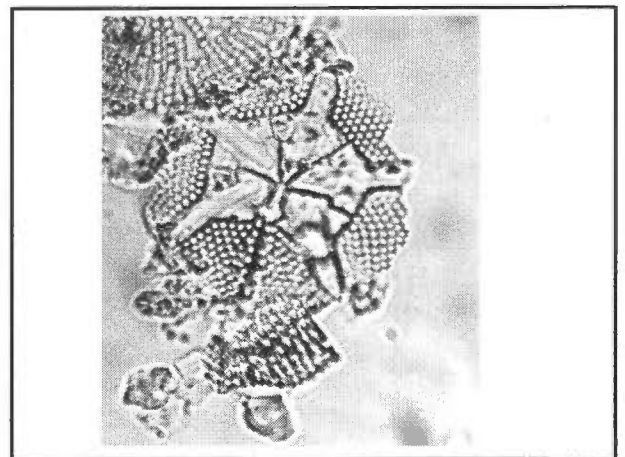
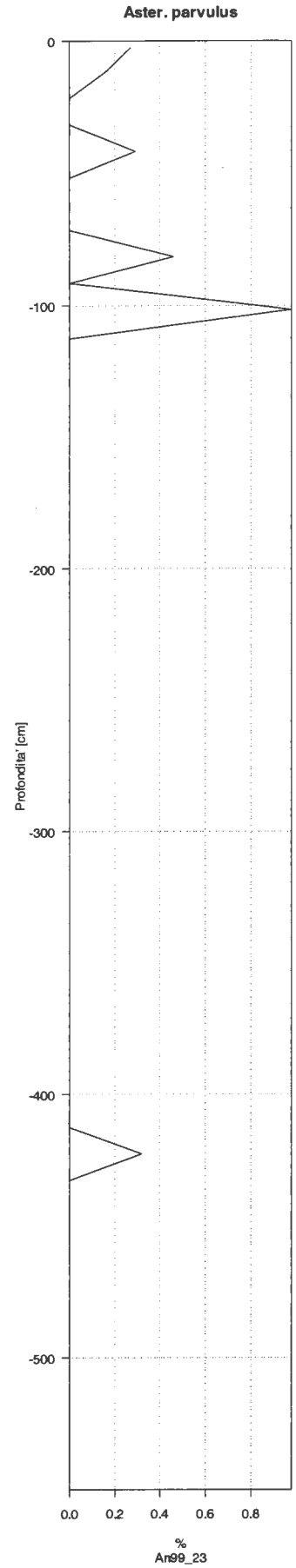
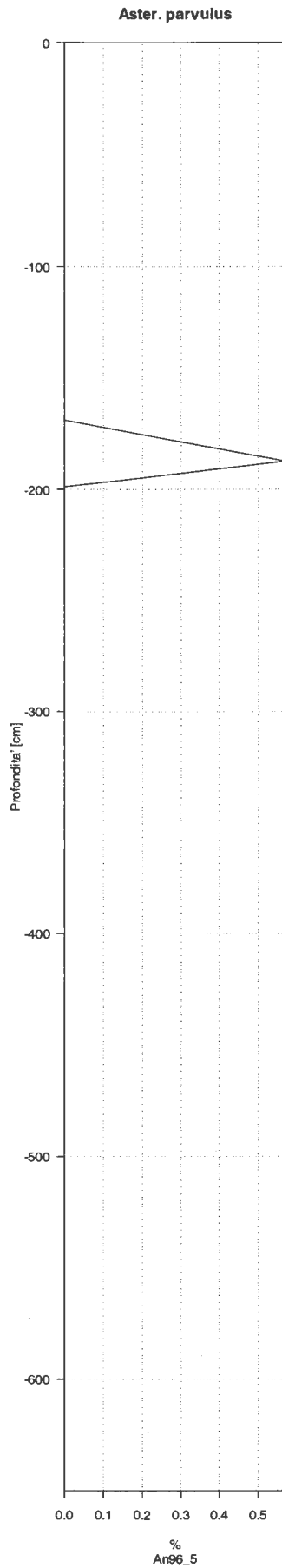
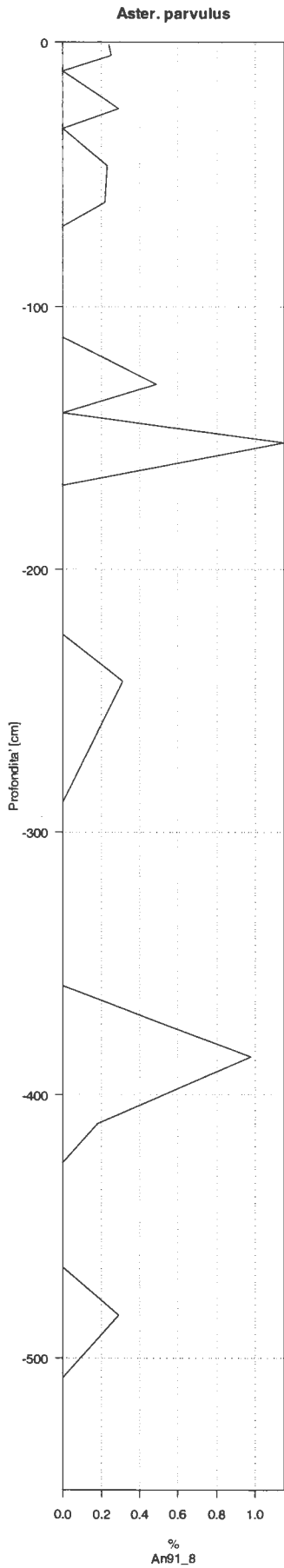


Fig. 2 - *Asteromphalus parvulus*
ANTA96 5bis 186-189 cm. 1000X fatt. 1

Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Bacillariaceae**
Ehrenberg, 1831

Descrizione:

Solo pochi dei 15 generi compresi nella famiglia delle Bacillariaceae (sensu Round et al., 1990) sono rappresentanti del plancton marino.

Il genere *Nitzschia* aveva circa 900 specie valide dal punto di vista della nomenclatura quando Mann (1986) individuò un subgruppo che si dimostrò di particolare interesse; infatti le osservazioni fatte al EM su questo gruppo rivelarono che molte delle forme marine planctoniche indicate come specie di *Nitzschia* erano morfologicamente troppo distanti dal genotipo per essere classificate in quel genere. Questo è il caso di *Fragilariopsis*, assieme al genere *Pseudo-nitzschia*, che in queste schede verrà trattato come genere separato.

Caratteristiche generiche:

- Cellule rettangolari o affusolate in vista connettivale, unite in catene di vario tipo o più raramente solitarie;
- Valve allungate e di profilo variabile;
- Presenza di un raphe in genere fortemente eccentrico posizionato lungo un margine valvare;
- Presenza di un canale del raphe composto da ponti di silicio aggettanti attraverso la valva al di sotto del raphe.

Non è comune la formazione di spore.

<u>Genere</u>	<u>Specie</u>
<i>Fragilariopsis</i>	<i>angulata</i> <i>cylindrus</i> <i>curta</i> <i>kerquelensis</i> <i>linearis</i> <i>obliquecostata</i> <i>separanda</i> <i>sublinearis</i>
<i>Denticulopsis</i>	<i>hyalina</i> <i>hustetii</i> <i>maccolumii</i>

Famiglia **Bacillariaceae**

Genere **Denticulopsis**
(Simonsen, 1979)

Descrizione

(denticula= piccolo dente; opsis=vista, aspetto)

Caratterizzata da cellule che formano delle colonie a catena tramite l'unione della faccia valvare. In visione connettivale il frustulo di ogni singola cellula è rettangolare, arrotondato agli angoli. Il profilo delle valve si presenta da lineare ad ellittico a lanceolato, con gli apici arrotondati e dal mantello relativamente sviluppato. Sono presenti delle coste transapicali provviste di caratteristici inspessimenti vicino alla parete; è frequente inoltre la presenza di un setto più o meno sviluppato. L'areolazione della valva è caratterizzata da semplici poroidi disposti in file transapicali distribuite tra le coste interne. E' presente il canale del raphe su ciascuna valva in posizione da marginale a submarginale, ed opposta in diagonale tra una valva e l'altra; è assente il nodulo centrale.

Questo genere è stato creato da Simonsen per distinguere le specie marine del genere *Denticulopsis* dalle specie d'acqua dolce del genere *Denticula*, molto più eterogenea.

Comprende una dozzina di specie marine, planctoniche ritrovate in acque temperate e tropicali. Le variabili a livello specifico sono la taglia del frustulo ed il numero di poroidi e coste transapicali.

Genere ***Denticulopsis***

Specie ***hyalina***
(Schrader) Simonsen, 1979

Sinonimi *Denticula hyalina* Schrader, 1973

Genere ***Denticulopsis***

Specie ***hustedtii***
(Simonsen & Kanaya) Simonsen, 1979

Sinonimi *Denticula hustedtii* Simonsen & Kanaya, 1961

Distribuzione stratigrafica: parte inferiore del Miocene superiore (9.6-10.1 Ma) (Harwood & Maruyama, 1992)

Genere ***Denticulopsis***

Specie ***maccollumii***
Simonsen, 1979

Sinonimi *Denticula antarctica* McCollum, 1975

Distribuzione stratigrafica:

Questa specie risulta marker zonale della parte superiore del Miocene inferiore (Harwood & Maruyama, 1992; Gersonde & Bàrcena, 1998):

Denticulopsis maccollumii Partial Range Zone

16.4-17.0 Ma (inizio dello stage isotopico 16)

definita alla base dal FO di *Denticulopsis maccollumii* ed al top dalla FO di *Actinocyclus ingens*.

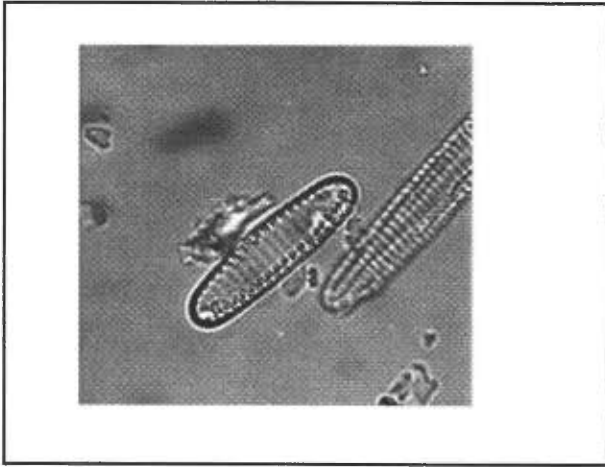


Fig. 1 - *Denticuplosis maccollumii*

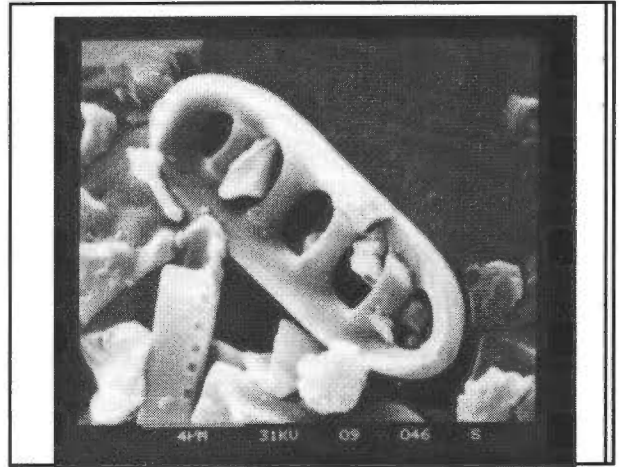


Fig. 2 - *Denticuplosis* sp.
ANTA91 8 Prof. 241-244 cm. (27019948)

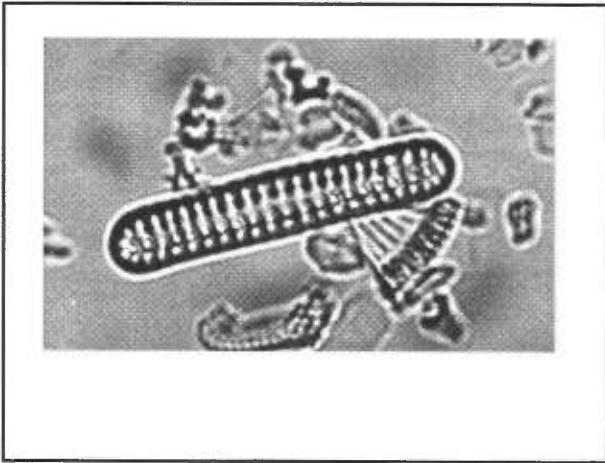


Fig. 3 - *Denticuplosis maccollumii*

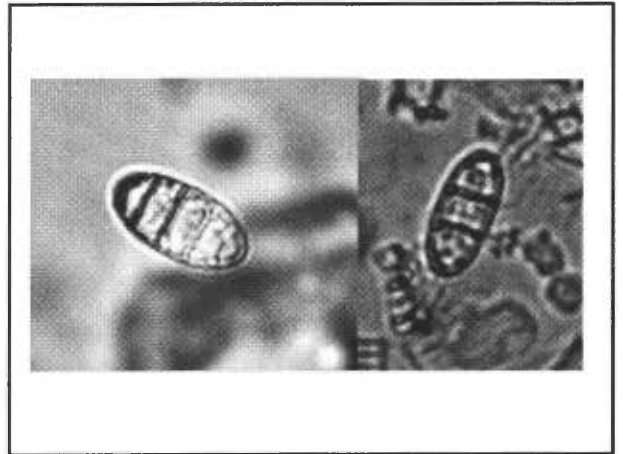
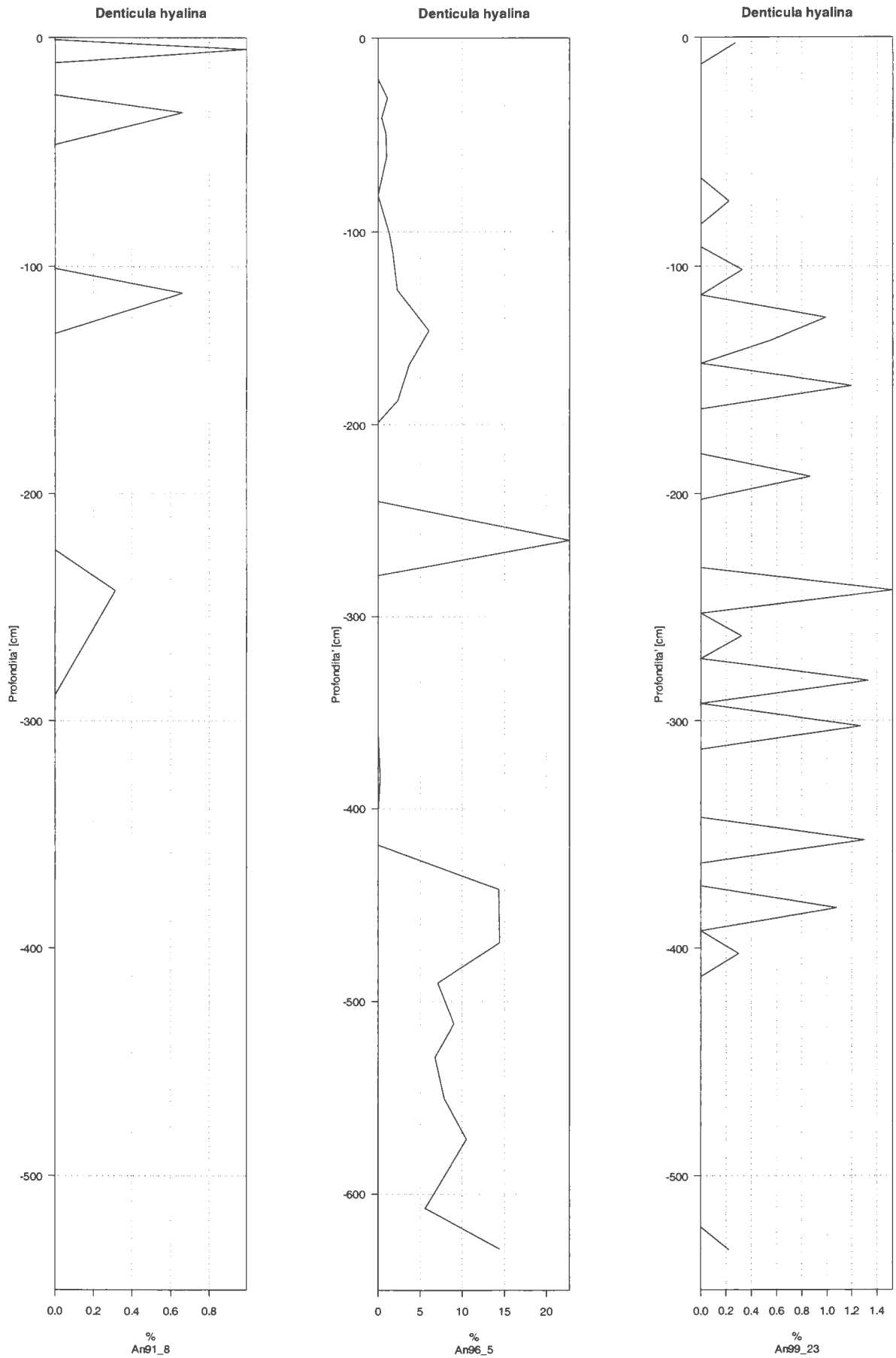
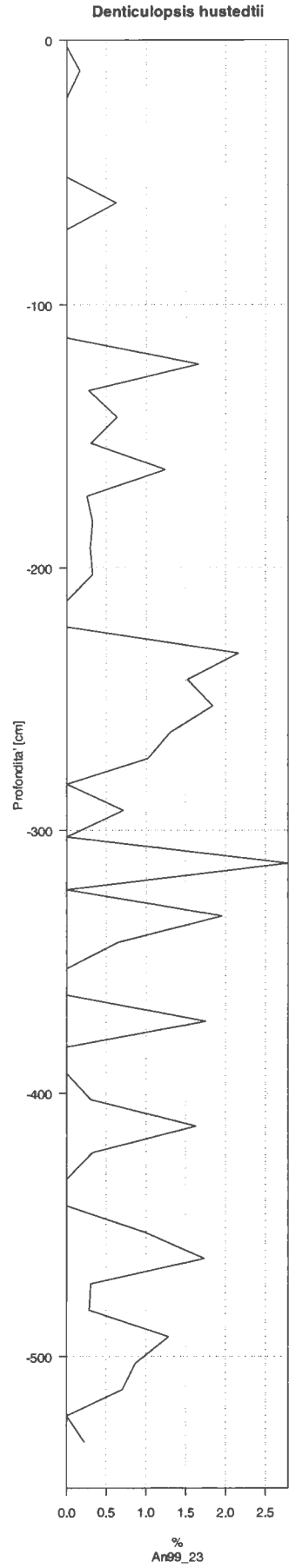
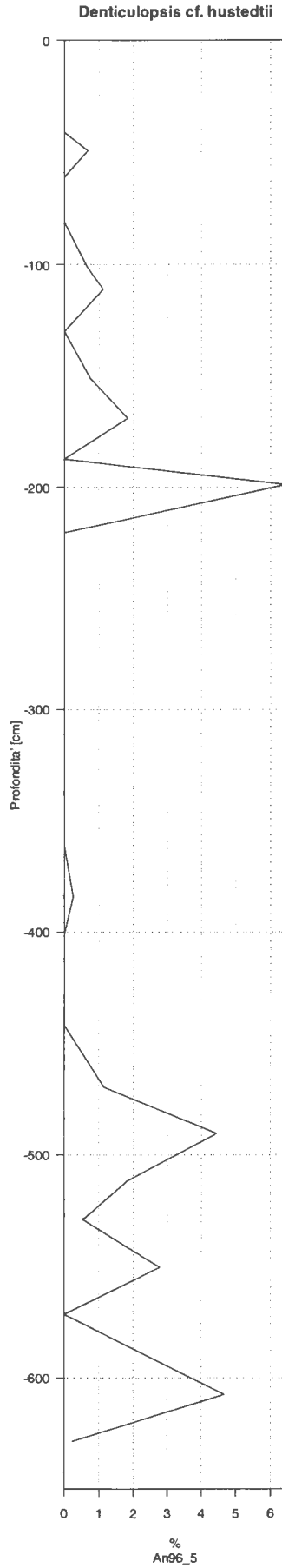
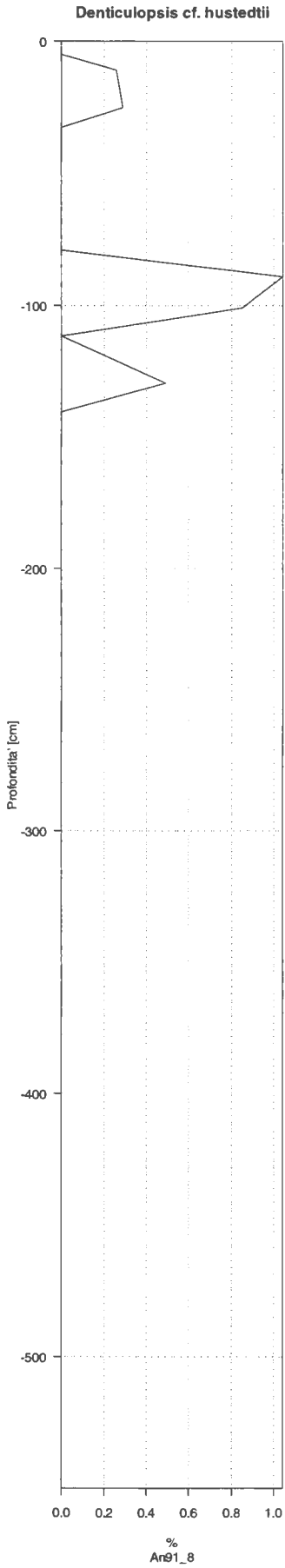


Fig. 5 - *Denticuplosis* cf. *hyalina* ANTA96 5bis Camp. 1A 1000X
Fatt.1.25

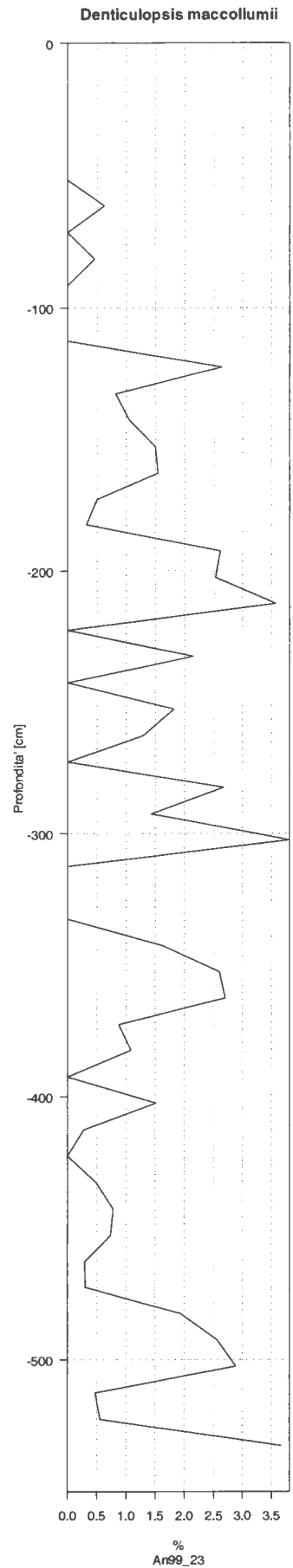
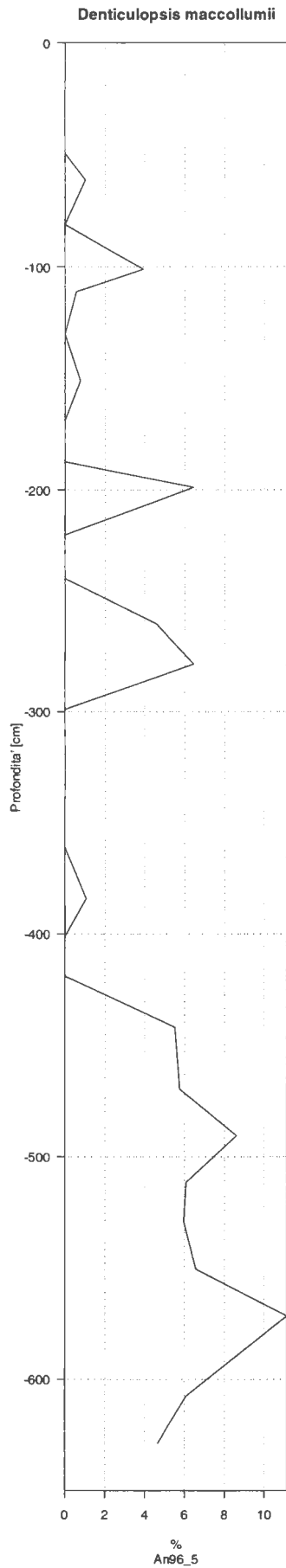
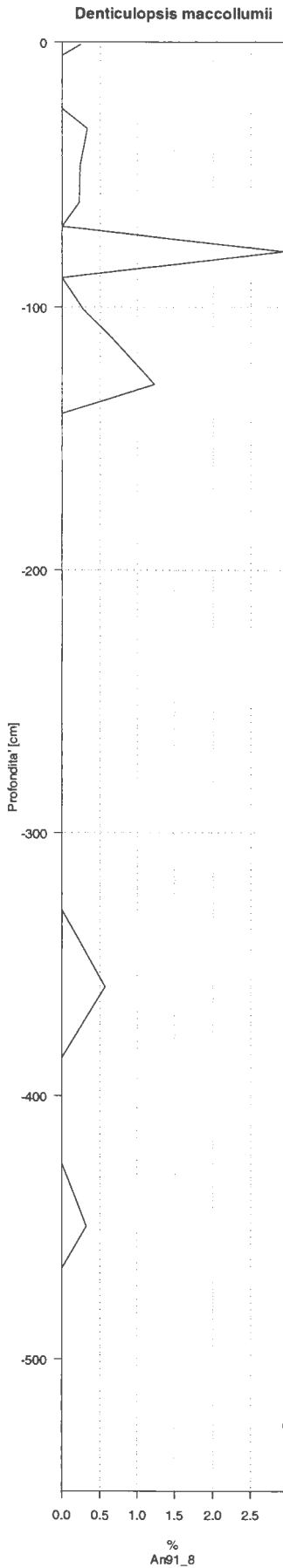
Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Bacillariaceae**

Genere **Fragilariopsis**
Hustedt, 1913

Descrizione

Cellule unite in colonie nastriformi e prive di possibilità di movimento. I frustuli sono abbastanza larghi, lineari in vista del cingolo e lineari, lanceolati o ellittici in vista valvare; possono essere isopolari o eteropolari con i poli valvari bruscamente arrotondati. Nelle specie eteropolari un polo risulta più stretto rispetto l'altro, ma questa caratteristica deve essere valutata con cautela in quanto tende a scomparire negli esemplari più piccoli. La faccia valvare è piatta e nettamente differenziata rispetto al mantello inferiore. Le striae risultano parallele dappertutto tranne che ai poli dove possono diventare radiali; sono intervallate a robuste coste transapicali ed in genere bi o multiseriate, con piccoli poroidi rotondi chiusi da imeni.

Il sistema del raphe, caratterizzato da fibulae, è marcatamente eccentrico posto in corrispondenza della giunzione tra la faccia valvare ed il mantello.

Il cingolo presenta diverse bande aperte alcune delle quali possono essere attraversate da una o più file di poroidi.

Le caratteristiche utili ai fini dell'identificazione a livello specifico sono le seguenti:

- profilo delle valve: largo o stretto (può essere utile il rapporto tra l'asse apicale e quello transapicale);
- forma degli apici (iso o eteropolare), se il profilo non è interamente lineare, se così a che punto dopo la metà della valva il profilo comincia a cambiare;
- striae risolvibili al LM, numero di areole presenti, interstrie diritte o curve;
- nodulo centrale (pseudonodulo): generalmente indicato da una spaziatura maggiore tra le due fibulae centrali.

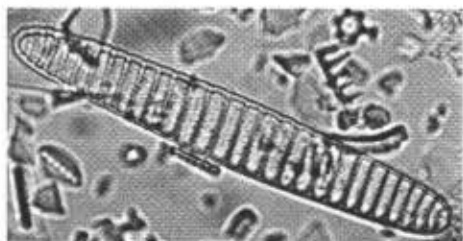


Fig. 1 - *Fragilariopsis obliquecostata*
ANTA99 23 Prof. 2-3 cm.1000Xfatt. 1

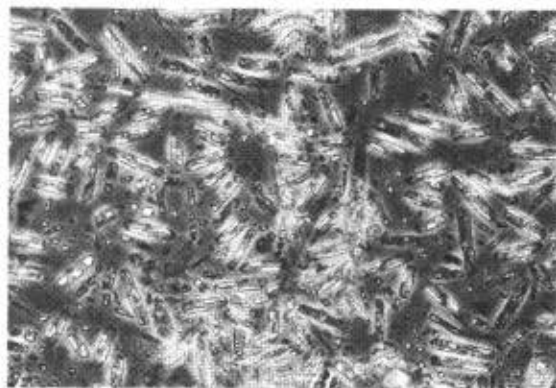


Fig. 2 - Colonia di *Fragilariopsis cf. curta*

Famiglia	Bacillariaceae
Genere	<i>Fragilariopsis</i>
Specie	<i>angulata</i> Hasle, 1972
Sinonimi	<i>Nitzschia angulata</i> (O'Meara) Hasle, 1972 <i>Fragilariopsis rhombica</i> (O'Meara) Hustedt, 1952 <i>Diatoma rhombica</i> O'Meara, 1877

Descrizione:

L'asse apicale è sempre isopolare.

Gli esemplari più grandi (25-30 μm) presentano un contorno, in vista valve, approssimativamente dritto nella parte mediana e poli appuntiti, mentre gli esemplari piccoli hanno un profilo da ellittico a lanceolato. Struttura valvare piuttosto grossolana; le strie presentano 1-2 file di areole ed in numero di 8-16 in 10 μm . Assenza dello pseudonodulo.

Asse apicale: 8-53 μm .

Asse transapicale: 7-13 μm .

Fibulae in 10 μm : 8-16

Strie in 10 μm : 8-16

File di areolae: 1-2

Stile di vita ed ambiente:

Planctonica, nelle regioni con acque fredde dell'Oceano Meridionale.

AGGIORNA

Associazione:

Forma criofila.

Gleitz and Thomas (1993) la riscontrano, attualmente, in buone percentuali, in associazioni di mare aperto o prossimali al pack a sud est del Mare di Weddell, mentre riscontrano la sua assenza in quelle vicino al margine glaciale.

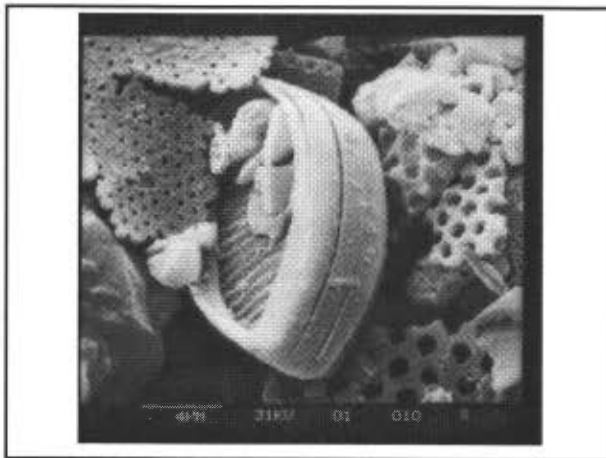


Fig. 1 - *Fragilariopsis angulata*
ANTA96 5bis Camp.20-22 cm. (27019909)

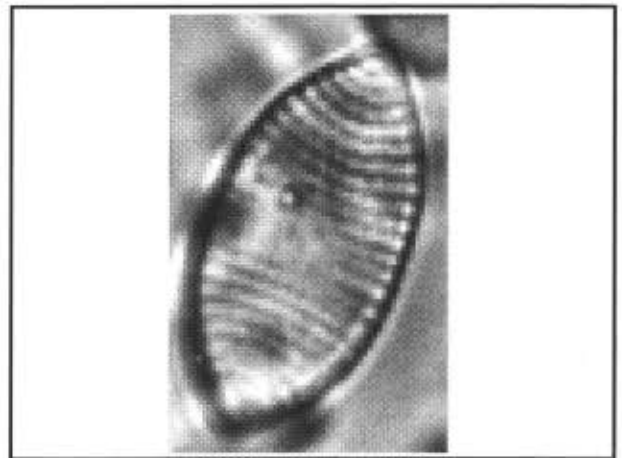
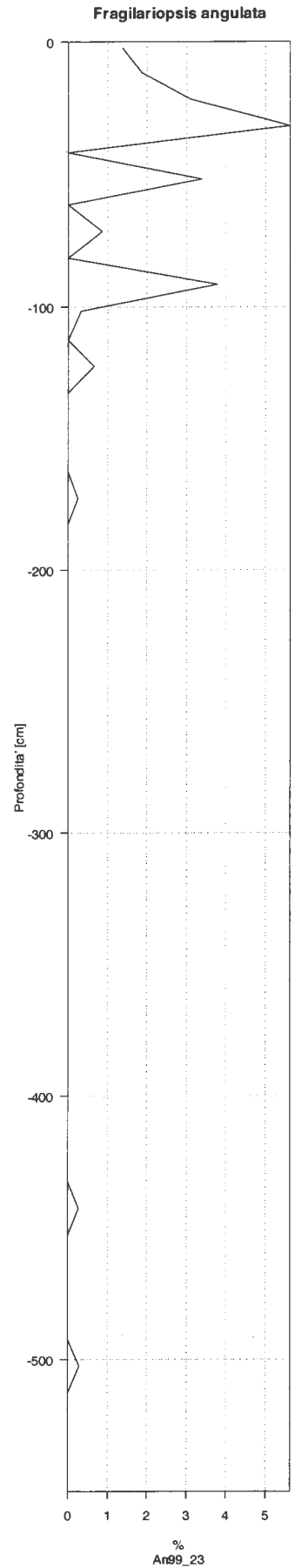
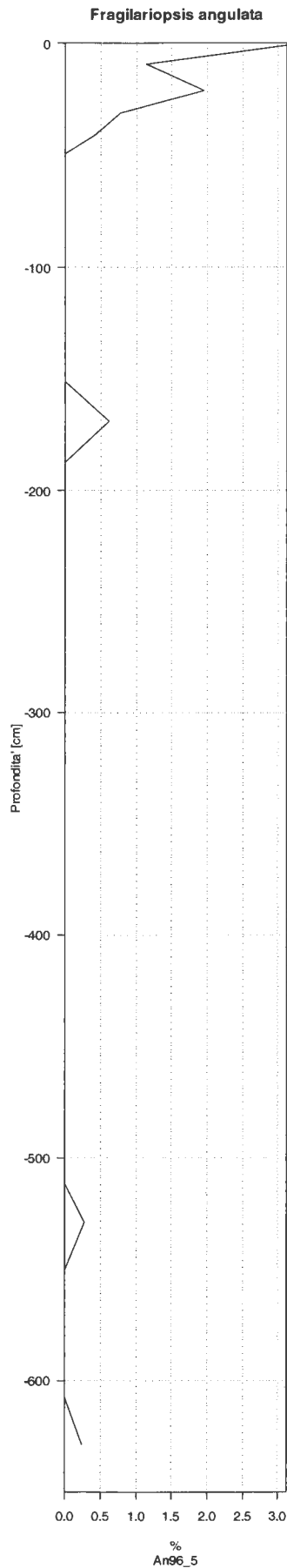
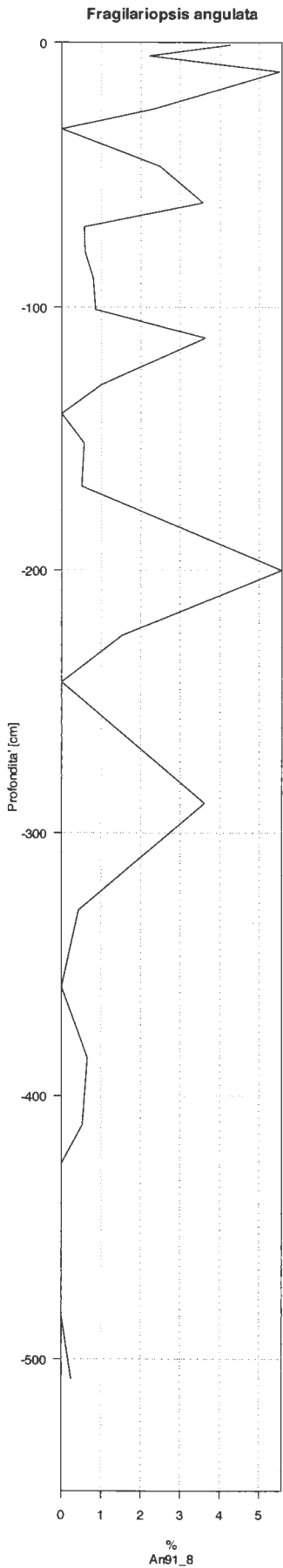


Fig. 2 - *Fragilariopsis angulata*
ANTA91 8 Camp. 10-12 cm. 1000Xfatt. 1

Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia	Bacillariaceae
Genere	<i>Fragilariopsis</i>
Specie	<i>cylindrus</i> (Grunow) Krieger in Helmcke & Krieger, 1962
Sinonimi	<i>Nitzschia cylindrus</i> (Grunow) Hasle, 1972;

Descrizione:

Forma colonie a nastro senza spaziatura tra le valve delle cellule adiacenti. Cellule rettangolari con asse pervalvare abbastanza corto ed asse apicale isopolare.

Valve lineari (dai margini dritti e paralleli) con apici che si arrotondano bruscamente risultando quasi semicircolari.

Struttura valvare piuttosto fine con più di 10 strie in 10 µm e senza lo pseudonodulo. Le interstrie sono trasversali e diritte nella parte diritta della valva, mentre vicino agli apici diventano oblique e con costolature che partono dall'ultima interstria verso l'apice. Generalmente questa struttura risulta poco silicizzato e difficilmente risolvibile al LM.

Asse apicale: 3-48 µm.

Asse transapicale: 2-4 µm.

Fibulae in 10 µm: 13-17

Strie in 10 µm: 13-17

File di areolae: 2-4

Stile di vita ed ambiente:

Planctonica e simpagica nel ghiaccio delle regioni con acque fredde del sud e del nord.

L'intervallo di temperatura nel quale è stata osservata va da -2° a 2° C, ma la massima presenza viene registrata a temperature inferiori a 1° C (Zielinski & Gersonde, 1997).

Leventer & Dunbar (1996) la ritrovano nelle associazioni attuali relative al Mare di Ross come più abbondante in aree soggette a copertura glaciale ma non marginali al ghiaccio dove invece sembra prevalere *F. curta*.

E' stata riscontrata come fioritura estiva monospecifica nel settore occidentale del Mare di Ross, in prossimità della polynya di Terra Nova, associata a ghiaccio di neoformazione (Cabrin et al., 2000).

Associazione:

Specie criofila generalmente associata a *F. curta* con la quale sembra concorrere alle fioriture estive marginali al ghiaccio.

Bárcena et al. (1998) la ritrovano quale componente importante nelle associazioni di sea ice del Bransfield Basin occidentale nella Penisola Antartica.

Riscontrata attualmente presente, in buone percentuali, in associazioni prossimali al pack ed al margine glaciale a sud est del Mare di Weddell, presente in percentuali minori in quelle vicino al mare aperto (Gleitz & Thomas, 1993).

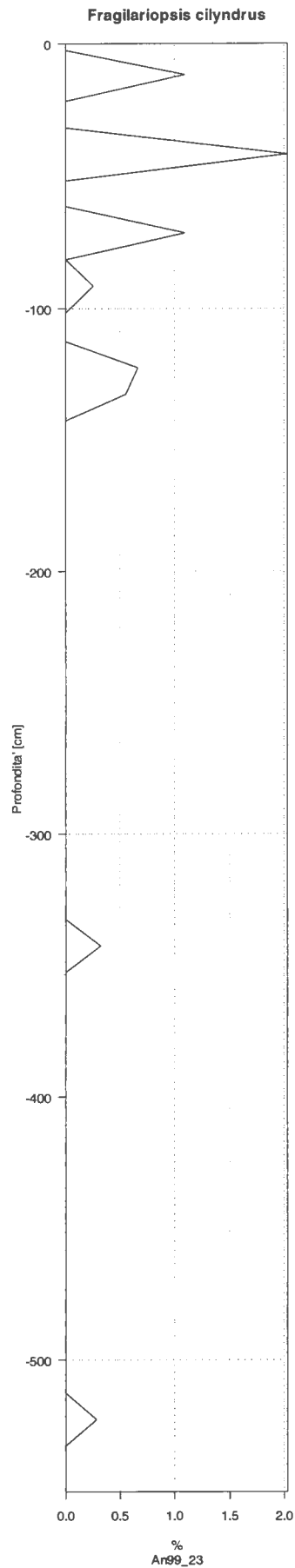
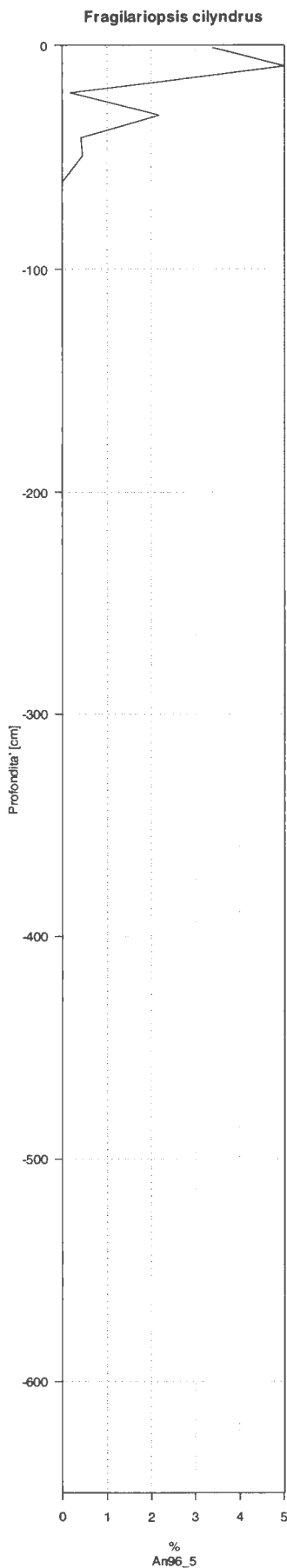
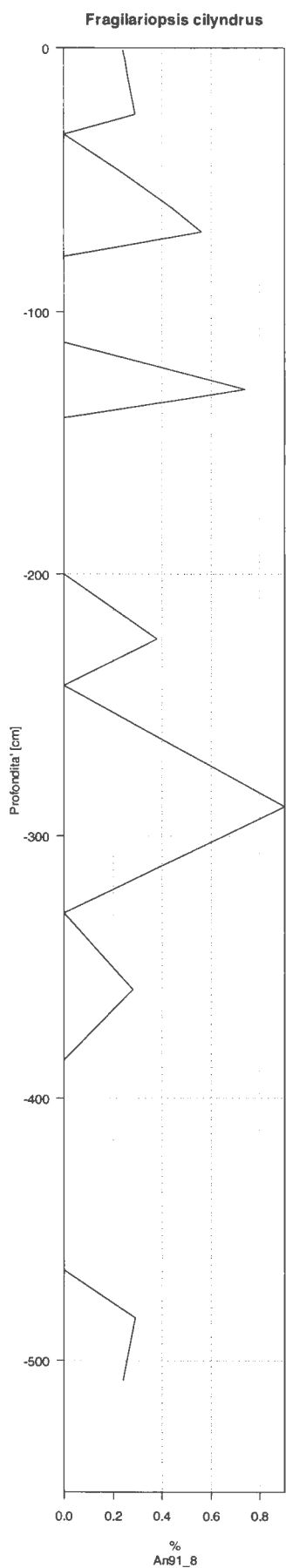
Osservazioni:

Nei sedimenti esaminati in questo lavoro, risulta nettamente poco rappresentata, sfavorita forse dal fenomeno di dissoluzione selettiva attivo già lungo la colonna d'acqua o da quello di trasporto selettivo operato da correnti.

Le percentuali di presenza maggiori si trovano nella carota ANTA96 5bis dove registrano il valore massimo del 5% al campione 8-10 cm.

Nella ANTA96 5bis è presente solo nel livello superiore con appena il 5% di presenza; mentre nella ANTA99 23 il suo ritrovamento risulta poco più che sporadico.

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia	Bacillariaceae
Genere	<i>Fragilariopsis</i>
Specie	<i>curta</i> (Van Heurck) Hustedt, 1958
Sinonimi	<i>Nitzschia curta</i> (Van Heurck, 1909) Hasle, 1972

Descrizione:

Valve lineari dai margini più o meno paralleli che si assottigliano in vicinanza dei poli bruscamente arrotondati. Asse apicale eteropolare con un polo leggermente più stretto dell'altro.

Interstrie e fibulae facilmente osservabili al LM, con le fibulae più grosse delle strie. Le interstrie sono diritte nella parte centrale della valva e curve vicino ai poli con alcune costolature ulteriori (vedi fig. 6).

Assenza dello pseudonodulo.

Asse apicale: 10-14 μ m.

Asse transapicale: 3.5-6 μ m.

Fibulae in 10 μ m: 9-12

Strie in 10 μ m: 9-12

File di areolae: 2

Stile di vita ed ambiente:

Coloniale, planctonica, ma ritrovata vitale anche nelle carote di ghiaccio.

L'intervallo di temperatura nel quale è stata osservata va da -2° a 2° C, ma sembra preferire temperature inferiori a -1° C (Zielinski & Gersonde, 1997).

Viene generalmente associata ad ambienti prossimi al fronte glaciale caratterizzati da una stratificazione della colonna d'acqua dovuta alle acque di fusione del fast e del pack ice (Leventer & Dunbar, 1996; Cunningham & Leventer, 1998) dove dà origine ad importanti fioriture estive.

Gleitz & Thomas (1993) la riscontrano attualmente presente, in buone percentuali, in associazioni di mare aperto o prossimali al pack a sud est del Mare di Weddell, mentre risulta presente in percentuali minori in quelle vicino al margine glaciale.

Attualmente dominante nelle popolazioni fitoplanctoniche primaverili ed estive del Mare di Ross (Marino & Cabrini, 1996).

Associazione:

Specie presente da circa 3.5 Ma (Harwood & Maruyama, 1992; Bohaty et al., 1998), dominante nelle associazioni antartiche di piattaforma durante il tardo Pliocene o il primo Pleistocene.

Considerata criofila, associata quindi al ghiaccio marino ed attualmente dominante in questi ambienti sia lungo la colonna d'acqua che nelle associazioni dei sedimenti sottostanti (McGrath-Grossi, 1985; Kellogg & Kellogg, 1987; Leventer & Dunbar, 1987; Leventer, 1992; Leventer et al., 1996; Donato et al., 1996?).

Componente importante nelle associazioni di sea ice del Bransfield Basin occidentale nella Penisola Antartica (Bárcena et al. 1998).

Caratterizza con la sua abbondanza le associazioni relative a sedimenti superficiali costali e di shelf della Prydz Bay e Mac Roberts Shelf assieme a *F. cylindrus*; risulta dominante in entrambe le associazioni arrivando a rappresentare il 70% dei frustuli osservati. Dall'analisi dei sedimenti superficiali viene suggerita l'idea che alte percentuali di *N. curta* (*F. curta*) siano indicative di condizioni di apertura stagionale di ghiaccio di almeno 1-2 mesi (Taylor et al. 1997).

Basse percentuali di presenza di questa specie nelle associazioni di sedimenti superficiali possono suggerire l'assenza di sea ice durante tutta la stagione vegetativa e quindi una decisa riduzione nella durata della copertura glaciale con temperature delle acque più alte (Bohaty et al., 1998).

In generale variazioni nell'abbondanza relativa di *F. curta* e *F. kerguelensis* possono essere usati come traccianti stratigrafici relativi al ritiro Olocenico dell'ice sheet dalla piattaforma (Leventer, 1992).

Aree costiere del Mare di Ross, dominate dal fast sea ice, contengono nelle loro associazioni (relative ai sedimenti superficiali circa il 20% di *F. curta* (Cunningham & Leventer, 1998).

Osservazioni:

Nonostante nel suo ambiente di vita sia associata a *F. cylindrus* con la quale concorre alle fioriture estive marginali al ghiaccio, nei sedimenti esaminati risulta nettamente favorita dal fenomeno di dissoluzione selettiva attivo già lungo la colonna d'acqua.

Ben rappresentata nella carota ANTA91 8, soprattutto nel livello superiore dove si possono notare delle percentuali di presenza che raggiungono il 22% (campione 10-12); sono presenti valori positivi anche in corrispondenza dei campioni 241-244, 357-360 e 410-412 con percentuali che non superano l'11.8%.

Più scarsamente rappresentata nelle altre due carote.

Nella ANTA96 5bis *F. curta* è presente con percentuali di presenza degne di nota solo nel livello superiore dove raggiunge però valori del 29.5% al campione 20-22.

Anche nella ANTA99 23 è presente esclusivamente nel livello superiore con percentuali di presenza che superano di poco l'11% al campione 21-22.

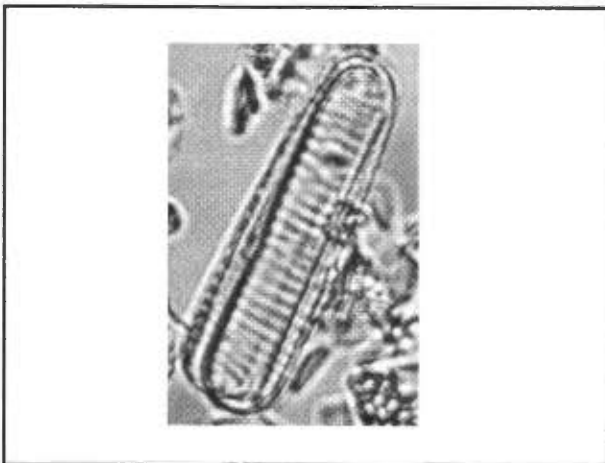


Fig. 1 - *Fragilariopsis curta*
ANTA91 8 Prof. 4-6 cm. 1000Xfatt. 1.2

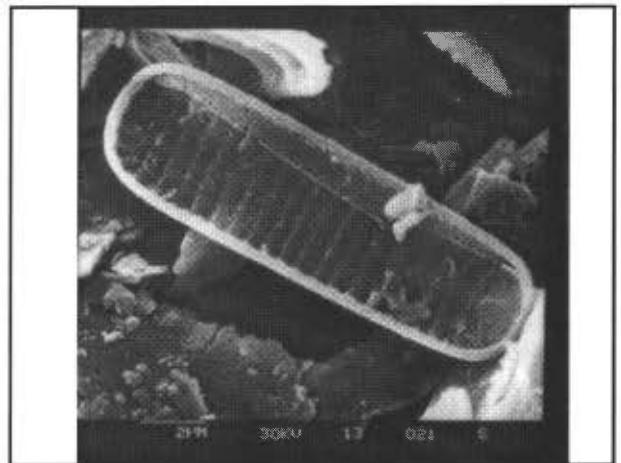


Fig.2 - *Fragilariopsis curta*
ANTA91 8 Prof. 68-71 cm. (13119821)

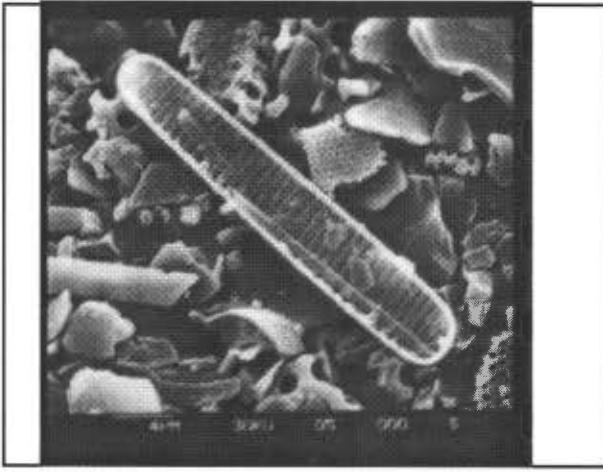


Fig. 3 - *F. curta*
 ANTA91 8 Prof. 68-71 cm. (13119800)

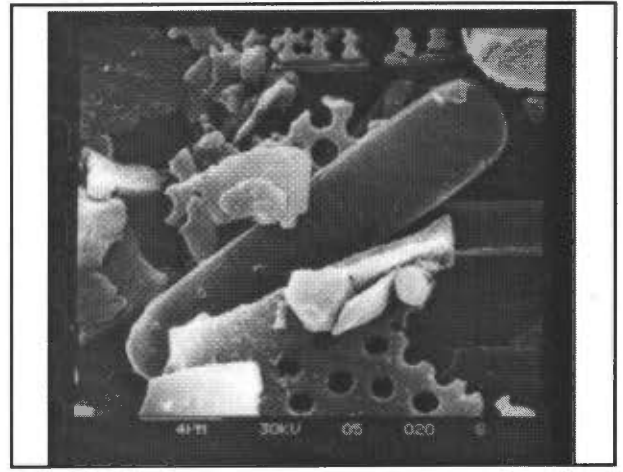


Fig. 4 - *F. curta*
 ANTA91 8 Prof. 68-71 cm. (13119820)

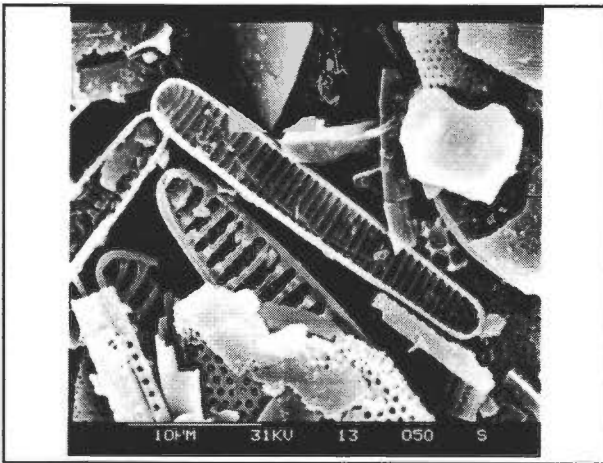


Fig. 5 - *F. curta*
 ANTA91 8 Prof. 167-169 cm. (061198A5)

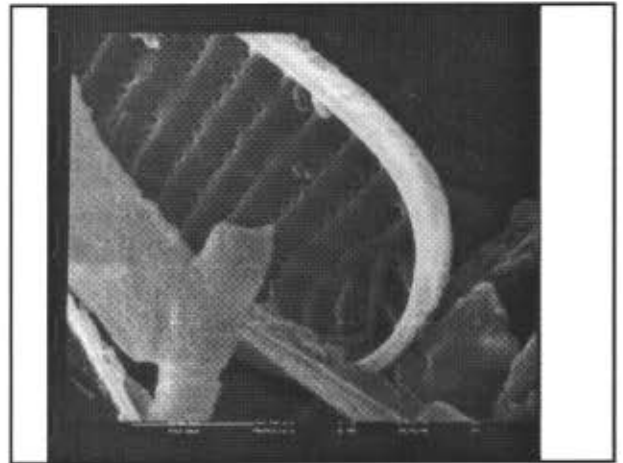


Fig. 6 - *F. curta* particolare areolazione polare
 ANTA91 8 Prof. 68-71 cm. (13119823)

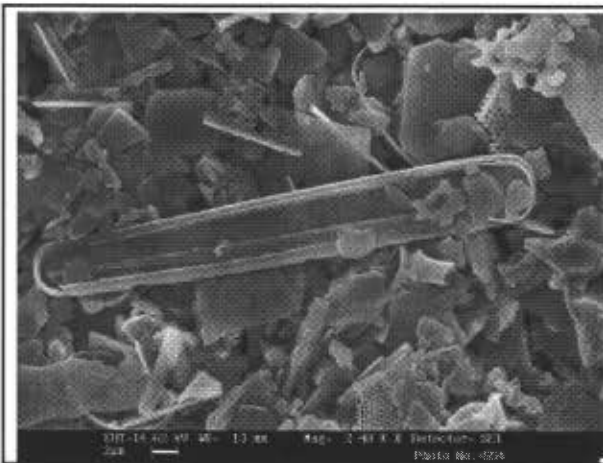


Fig. 7 - *F. curta*
 ANTA99 23 Prof. 11-12 cm. (020301 34_2)

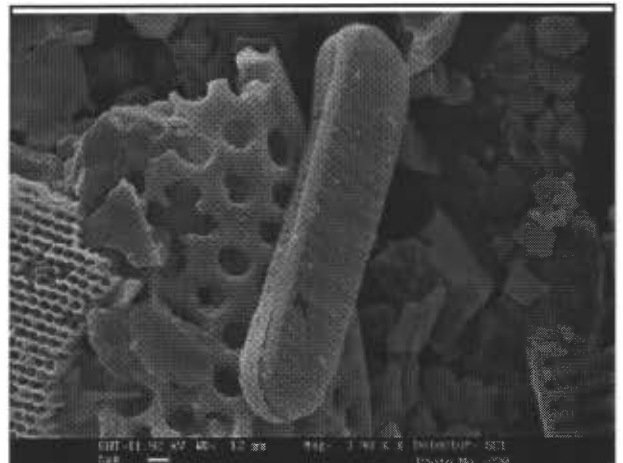
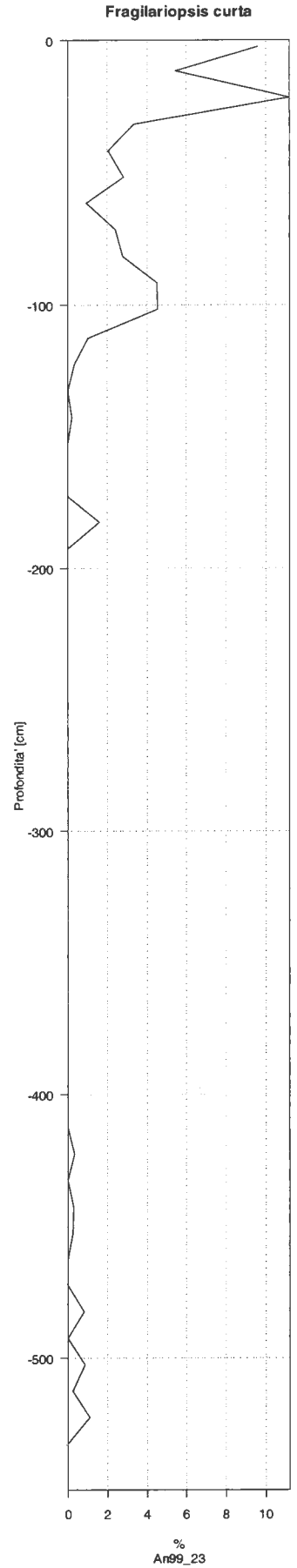
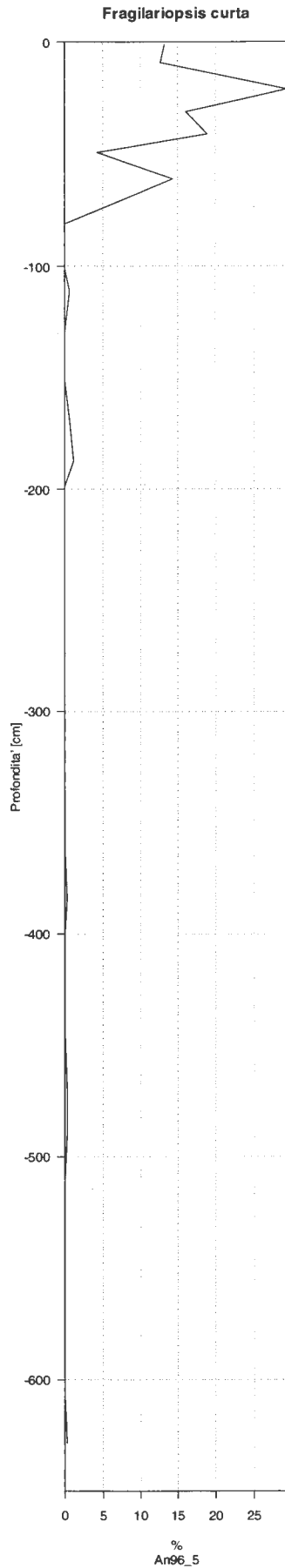
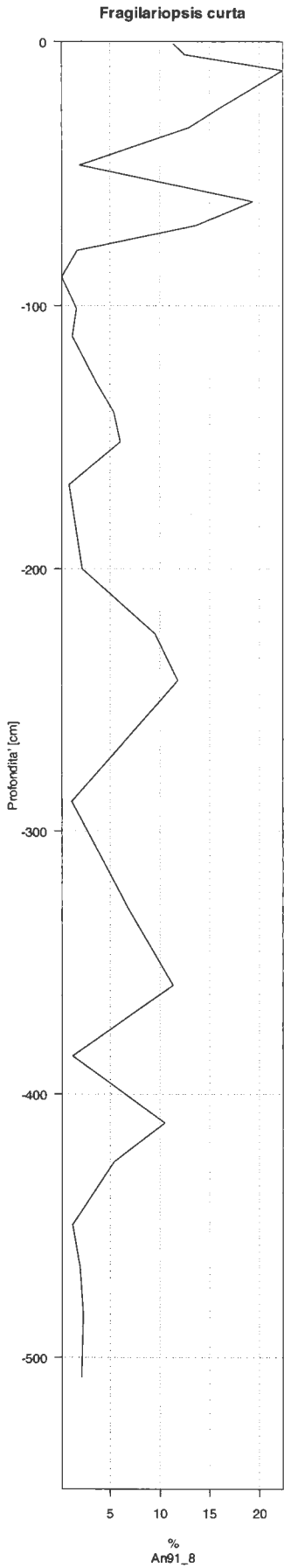


Fig. 8 - *F. curta*
 ANTA99 23 Prof. 91-92 cm. (200201 1908)

Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia	Bacillariaceae
Genere	<i>Fragilariopsis</i>
Specie	<i>kerguelensis</i> (O'Meara) Hasle, 1972
Sinonimi	<i>Fragilariopsis antarctica</i> (Castracane) Hustedt in A. Schmidt <i>Nitzschia kerguelensis</i> (O'Meara) Hasle, 1972

Descrizione:

Nella colonia le cellule adiacenti stanno unite aderendo l'una all'altra tramite gran parte della superficie valvare.

Valve lanceolate con apici arrotondati e con la faccia valvare leggermente ricurva. Gli esemplari più grandi (40-70 µm) sono spesso leggermente eteropolari. La struttura valvare è piuttosto grossolana e facilmente distinguibile al LM: grosse interstrie trasversali e parallele tra di loro che penetrano profondamente nella parte interna della cellula; tendono a curvarsi vicino agli apici e sono formate da due file di areole.

Assenza dello pseudonodulo e raphe ininterrotto da polo a polo (distinguibile solo al SEM).

Fenner et al. (1976) individuano una varietà (*F. kerguelensis* var. *ovalis*) in base alle caratteristiche del frustulo che risulterebbe meno robusto e silicizzato con areolazioni più piccole.

Asse apicale: 10-76 µm.

Asse transapicale: 5-11 µm.

Fibulae in 10 µm: 4-7

Strie in 10 mm: 4-7

File di areolae: 2

Stile di vita ed ambiente:

Planctonica, tipica dell'Oceano Meridionale.

Tipica di oceano aperto (Cunningham and Leventer, 1998) risulta essere una delle diatomee antartiche più euritermiche presentando un range di temperatura che va dai -1° ai 13°C (Fenner et al., 1976) o ai 18° C (Zielinski & Gersonde, 1997); in ogni caso con un intervallo di massima frequenza compreso tra 0° ed 8°-10°C (Jordan and Pudsey, 1992; Zielinski & Gersonde; 1998).

Non produce spore ma fasi di crescita invernali modificando la morfologia delle cellule vegetative (Fryxell, 1990).

Sempre presente se non dominante nelle associazioni di mare aperto assieme a *Thalassiosira lentiginosa*, *T. gracilis* ed i generi *Thalassiotrix* e *Rhizosolenia*.

La sua distribuzione risulta quindi limitata dalla presenza del sea ice e risulta strettamente legata alle associazioni di ACC e di Polar Front (Zielinski and Gersonde, 1997).

La varietà *F. kerguelensis* var. *ovalis* presenta una distribuzione della abbondanza relativa che sembra legata alla temperatura (piuttosto che alla distribuzione di nutrienti) e che tende quindi ad aumentare verso Nord dell'Antarctic Convergence e diminuire a Sud (Fenner et al., 1976).

Associazione:

Tipica forma oceanica legata al Fronte Polare la cui abbondanza aumenta proporzionalmente alla distanza dal continente, sia nel plancton che nel sedimento e caratterizza con la sua dominanza nelle associazioni sia acque superficiali estive calde (tra i 52° e 63°S), sia i sedimenti di fondo relativi all'Ooze Belt (Burckle e Cirilli, 1987) sia quelli superficiali raccolti con le trappole al fondo del Drake Passage (Bárcena, 1998).

E' stata notata anche come componente delle associazioni del Branfield Basin occidentale ma in percentuali meno rilevanti rispetto altre forme oceaniche (Bárcena et al., 1998).

Leventer (1991, in Bárcena et al., 1998) collega la sua distribuzione nel Bransfield Basin ad intrusioni di acque provenienti dal settore occidentale usando il suo pattern di abbondanza come tracciante di acque superficiali; in questa zona presenta un andamento simile a *Thalassiosira antarctica*.

Variazioni nell'abbondanza relativa di *F. curta* e *F. kerguelensis* possono essere usati come traccianti

stratigrafici relativi al ritiro Olocenico dell'ice sheet dalla piattaforma (Leventer, 1992).

Gleitz & Thomas (1993) la riscontrano presente, in buone percentuali, in associazioni attuali di mare aperto o prossimali al pack a sud est del Mare di Weddell, e presente in percentuali minori in associazioni marginali al margine glaciale.

Osservazioni:

Ben rappresentata nella carota ANTA91 8 dove risulta presente in tutti i livelli con percentuali di presenza piuttosto alte e con valori massimi che raggiungono il 31%.

Decisamente poco rappresentata nella ANTA96 5bis dove risulta presente in pochissimi campioni e con percentuali di presenza che non superano il 2.3%; mentre nella ANTA99 23 è quasi del tutto assente nei livelli inferiore e medio e presenta percentuali di presenza rilevabili solo nei livelli più superficiali con valori del 19-23%.

In alcuni campioni della ANTA91 8 (482-485) e dalla ANTA99 23 sono state osservate delle variazioni morfologiche e dimensionali che potrebbero far supporre la presenza, in questi livelli, della varietà *F. kerguelensis* var. *ovalis* o di fasi di crescita invernali.

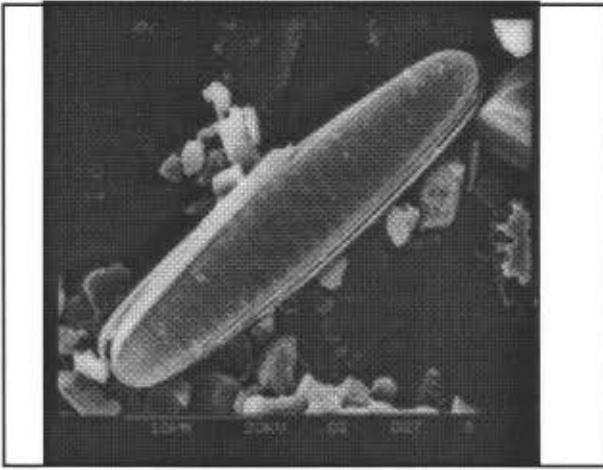


Fig.1 - *Fragilariopsis kerguelensis*
ANTA91 8 Prof. 24-26 cm. (061198 27)

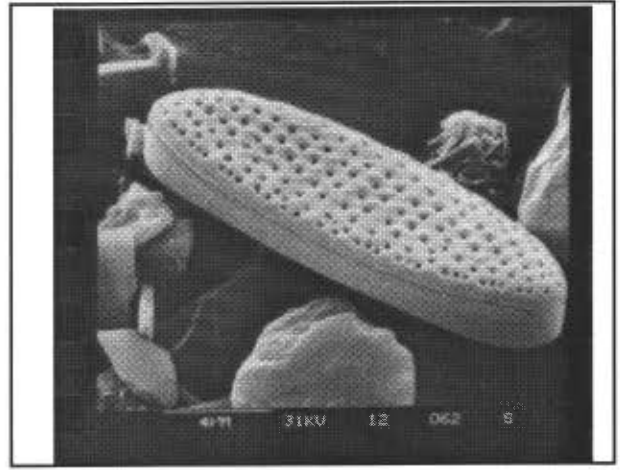


Fig.2 - *Fragilariopsis kerguelensis*
ANTA91 8 Prof. 241-244 cm. (270199 64)

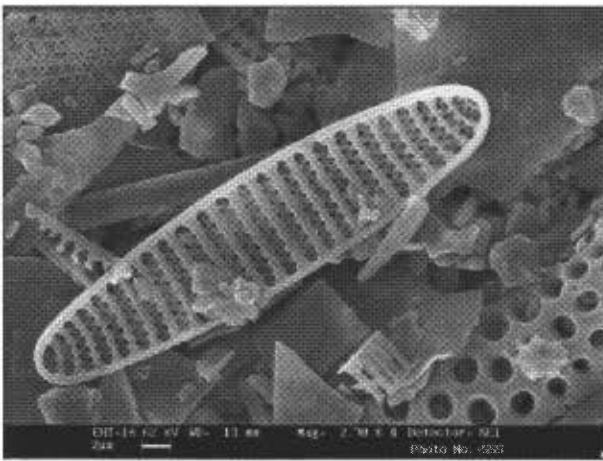


Fig. 3 - *Fragilariopsis kerguelensis*
ANTA99 23 Prof. 11-12 cm. (020301 3403)

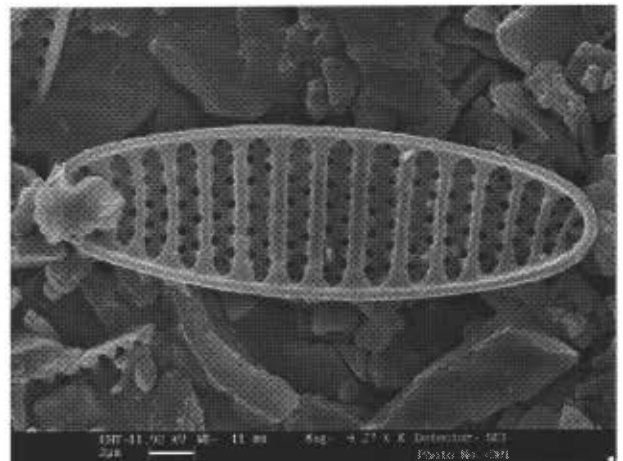


Fig. 4 - *Fragilariopsis kerguelensis*
ANTA99 23 Prof. 2-3 cm. (200201 1_39)

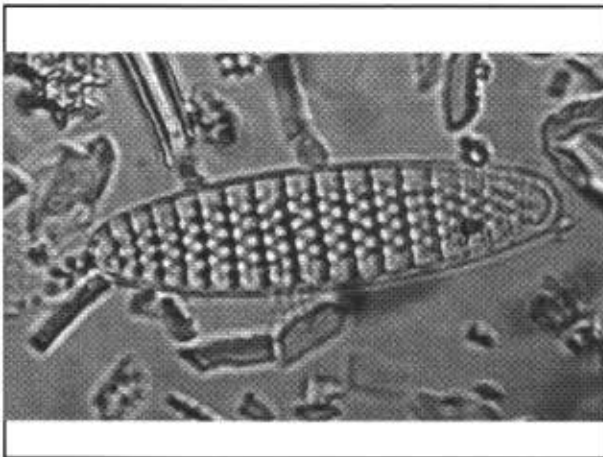
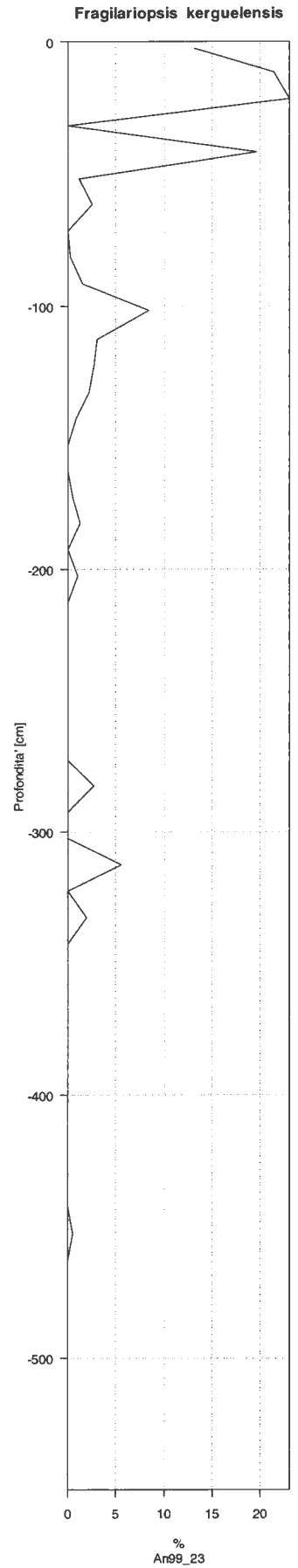
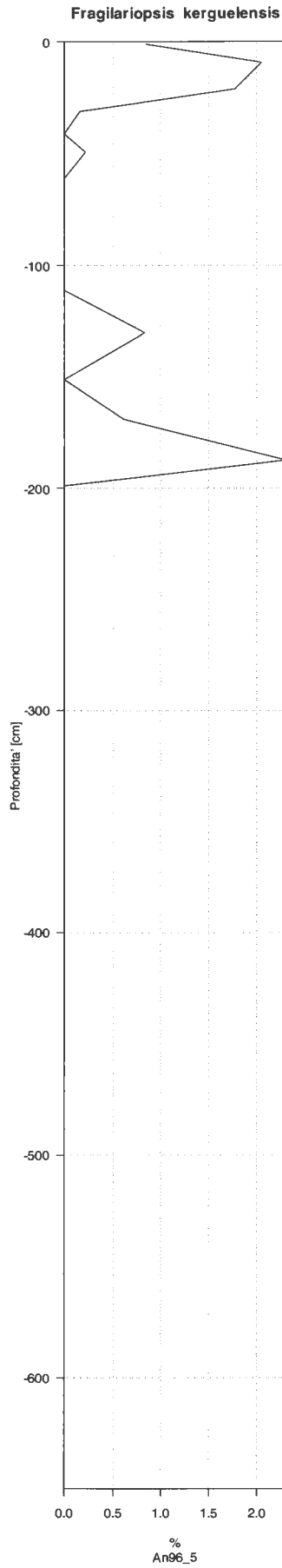
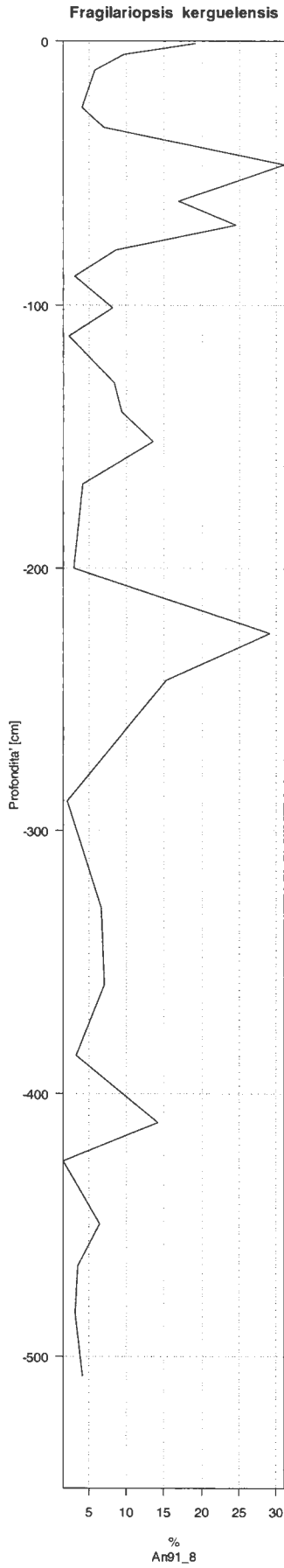


Fig. 5 - *Fragilariopsis kerguelensis*
ANTA91 8 Prof. 0-2 cm. LM 1000X fatt. 0.8

Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia	Bacillariaceae
Genere	<i>Fragilariopsis</i>
Specie	<i>linearis</i> (Castracane) Frenguelli, 1943
Sinonimi	<i>Fragilariopsis linearis</i>

Descrizione:

Valve lineari con struttura piuttosto grossa con meno di 10 strie in 10 μm .

Asse apicale isopolare con margini che si restringono verso gli apici arrotondati ed asse transapicale di 7-9 μm .

Assenza dello pseudonodulo.

Asse apicale: 40-72 μm .

Asse transapicale: 7-9 μm .

Fibulae in 10 μm : 7.5-9

Strie in 10 μm : 7.5-9

File di areolae: 2

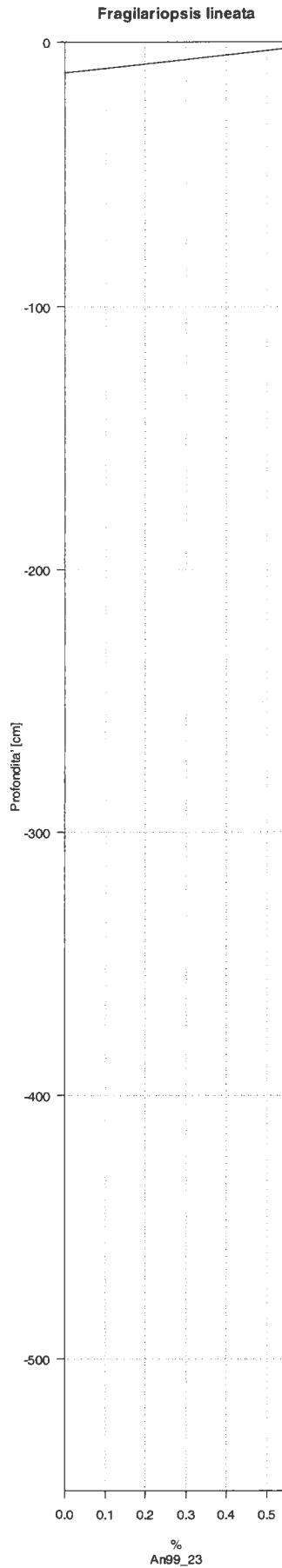
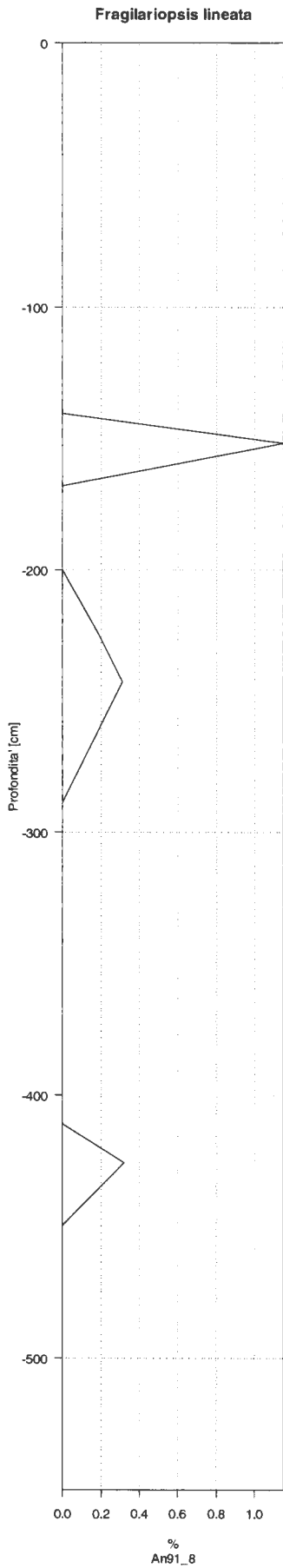
Stile di vita ed ambiente:

Planctonica, nelle regioni con acque fredde dell'Oceano Meridionale.

Associazione:

Criofila

Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia	Bacillariaceae
Genere	<i>Fragilariopsis</i>
Specie	<i>obliquecostata</i> (Van Heurck) Heiden in Heiden & Kolbe, 1928
Sinonimi	<i>Nitzschia obliquecostata</i> (Van Heurck) Hasle, 1972

Descrizione:

Valve ellittiche strette con gli esemplari di maggiori dimensioni leggermente eteropolari. Strie circa 10 o meno in 10 µm con interstrie oblique.

Asse apicale: 57-110 µm.

Asse transapicale: 8-10 µm.

Fibulae in 10 µm: 6.5-8

Strie in 10 µm: 6.5-8

File di areolae: 2-3

Stile di vita ed ambiente:

Planctonica, nelle acque fredde dell'Oceano Meridionale. L'intervallo di temperatura nel quale è stata osservata, nella colonna d'acqua, in massima presenza va generalmente da -2° a 2° C (Zielinski & Gersonde, 1997).

E' stata osservata in fioriture microalgali di sub-ice sotto al fast ice costale (Watanabe, 1988).

Associazione:

Forma criofila dall'interpretazione ancora non chiara.

Interpretata come forme di mare aperto da Barcena et al. (1998), legata ad acque fredde ed ambienti influenzati da condizioni di margine glaciale da Bohaty et al. (1998) e prossimale alle coperture glaciali ma con acque libere dal ghiaccio da Cunningham & Leventer (1998). Anche Leventer (1998) e Cunningham et al. (1999) la registrano come associata a produttività primaria in condizioni di mare aperto.

Al contrario Gersonde & Zielinski (2000) interpretano percentuali maggiori del 3% di *F. obliquecostata* nel sedimento (associata a basso tasso di sedimentazione e presenza di *F. curta* e *F. cylindrus*) come indicatrice di presenza di ghiaccio marino estivo (quindi in condizioni di copertura perenne o semiperenne).

Osservazioni:

Ben rappresentata nella ANTA91 8 con percentuali di presenza fino al 20-22%; più scarsamente rappresentata nelle altre due carote.

Nella ANTA96 5bis è presente, in percentuali maggiori, nel livello superiore della carota dove raggiunge valori del 24% di presenza.

Nella carota ANTA99 23 risulta più diffusamente distribuita ma anche in questo caso presenta le percentuali di presenza più rilevanti nel livello superiore con dei valori positivi che si aggirano attorno al 20-23%.

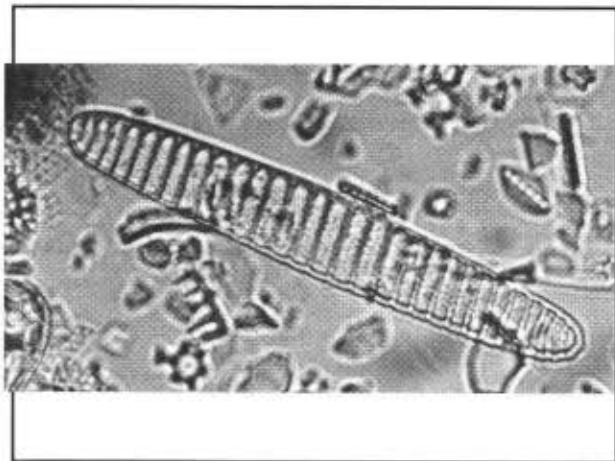


Fig. 1- *F. obliquecostata*
 ANTA91 8 Prof. 0-2 cm. 1000X fatt. 1.2

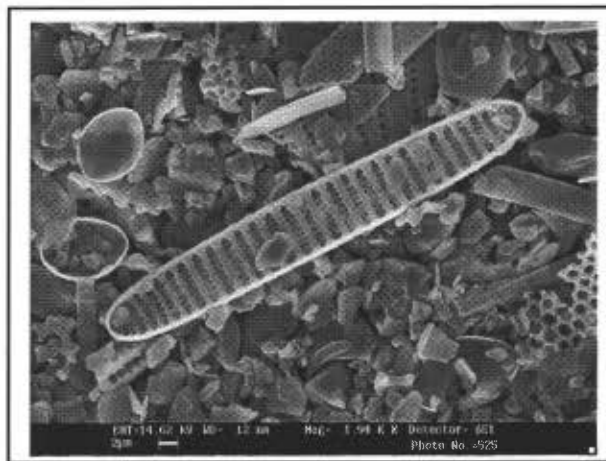


Fig. 2- *F. obliquecostata*
 ANTA99 23 Prof. 152-153 cm.

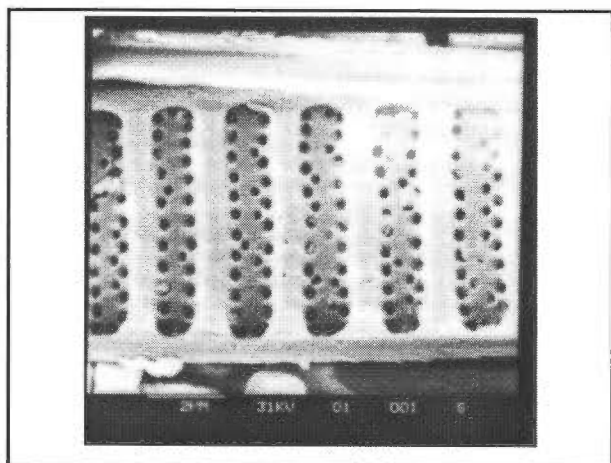


Fig. 3- *F. obliquecostata* particolare areolazione
 ANTA91 8 Prof. 10-12 cm.

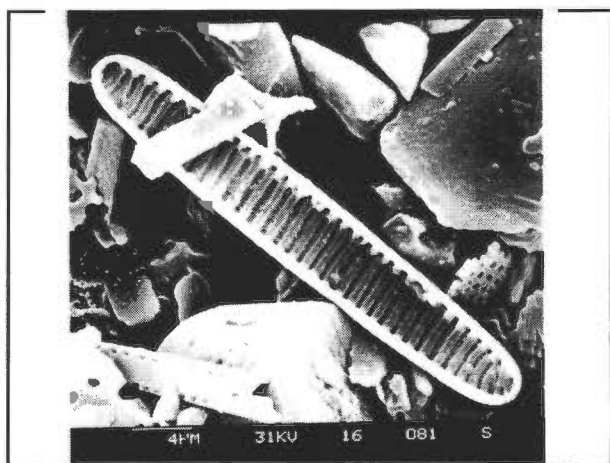
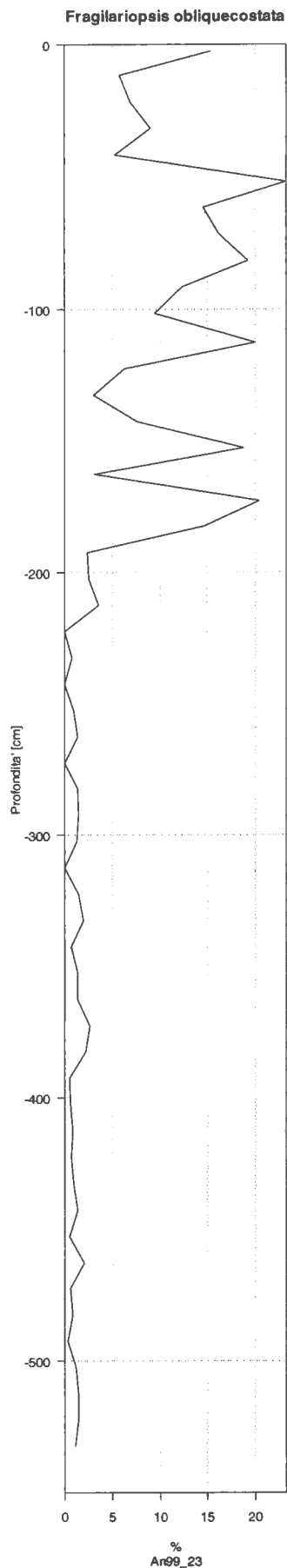
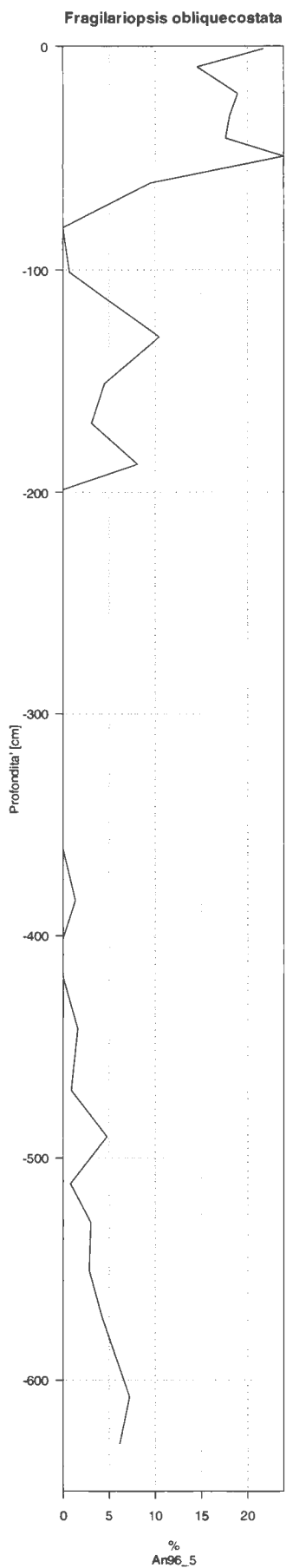
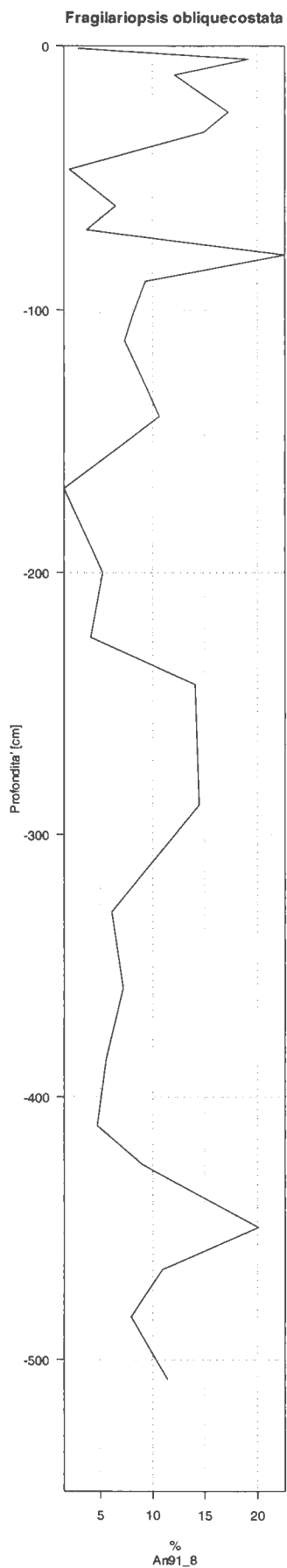


Fig. 4- *F. obliquecostata*
 ANTA91 8 Prof. 10-12 cm.

Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia	Bacillariaceae
Genere	<i>Fragilariopsis</i>
Specie	<i>separanda</i> (Hust.) Hasle, 1972
Sinonimi	<i>Nitzschia separanda</i> (Hustedt) Hasle, 1972

Descrizione:

L'asse apicale è sempre isopolare.

Gli esemplari più grandi (25-30 μm) presentano un contorno, in vista valvare, approssimativamente dritto nella parte mediana e poli appuntiti, mentre gli esemplari piccoli hanno un profilo da ellittico a lanceolato.

Struttura valvare piuttosto grossa con strie che presentano una fila di areole (unica differenza con *F. angulata*) ed in numero di 8-16 in 10 μm .

Assenza dello pseudonodulo.

Asse apicale: 10-33 μm .

Asse transapicale: 8-13 μm .

Fibulae in 10 μm : 10-14

Strie in 10 μm : 10-14

File di areolae: 1

Stile di vita ed ambiente:

Planctonica, nelle regioni con acque fredde dell'Oceano Meridionale.

Associazione:

Criofila

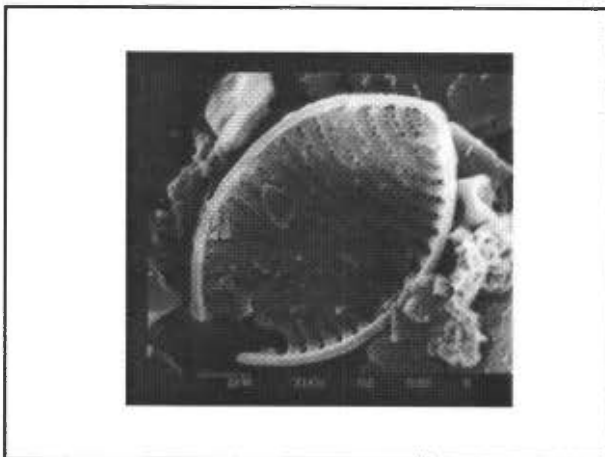


Fig. 1 - *Fragilariopsis separanda*
ANTA96 5bis Camp.20-22 cm. (27019909)

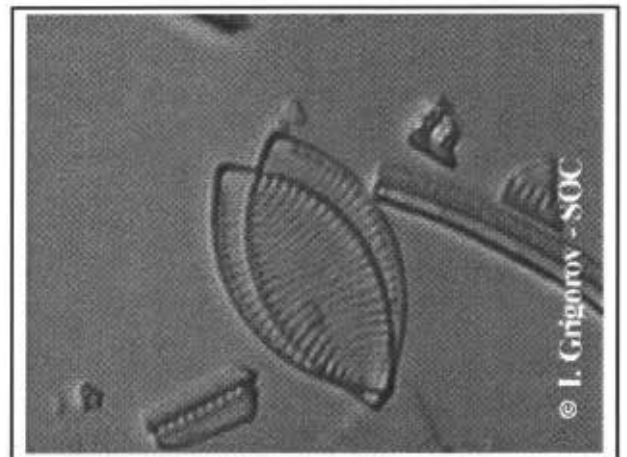
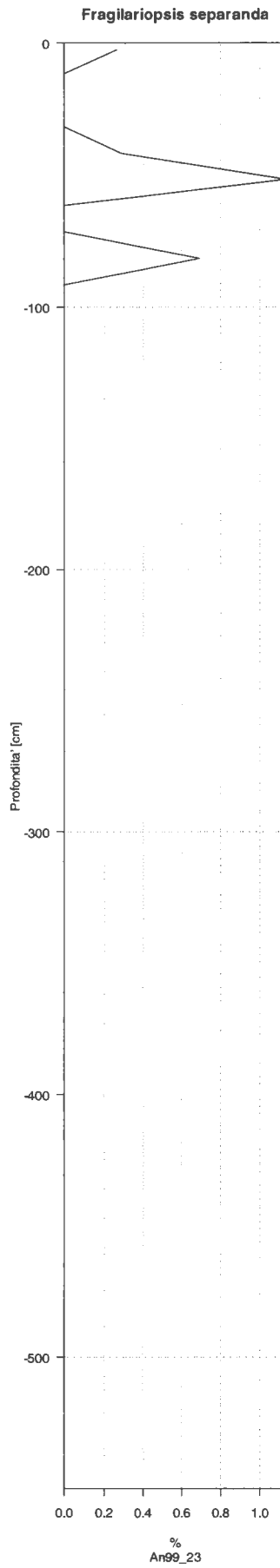
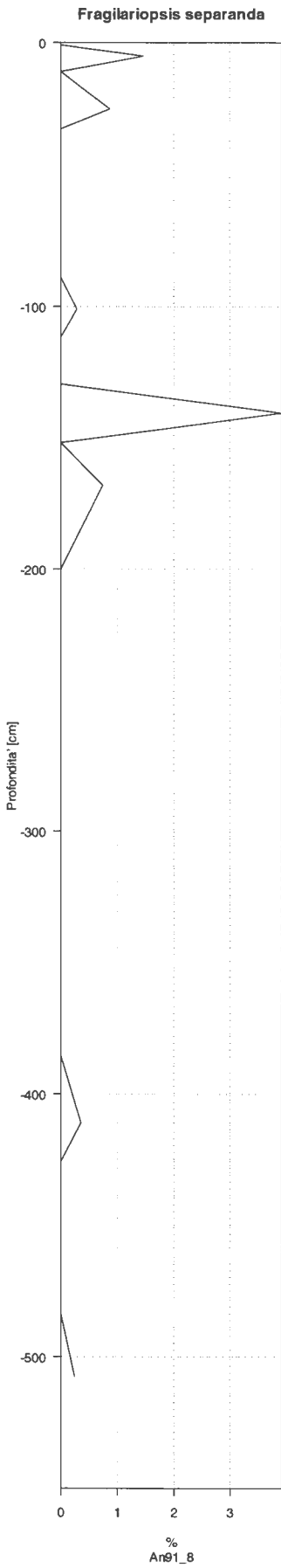


Fig. 2 - *Fragilariopsis separanda*
da British Micropal. Society (www.soton.ac.uk)

Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia	Bacillariaceae
Genere	<i>Fragilariopsis</i>
Specie	<i>sublinearis</i> (Van Heurck) Heiden, 1928
Sinonimi	<i>Fragilaria sublinearis</i> Van Heurck, 1909 <i>Nitzschia sublineata</i> (Van Heurck) Hasle, 1972

Descrizione:

Valve lineari con l'asse apicale più lungo di 20 µm; meno di 10 strie in 10 µm ed apici arrotondati.

Asse apicale: 30-92 µm.

Asse transapicale: 5.5-6.5 µm.

Fibulae in 10 µm

Strie in 10 µm:

File di areolae: 2.

Stile di vita ed ambiente:

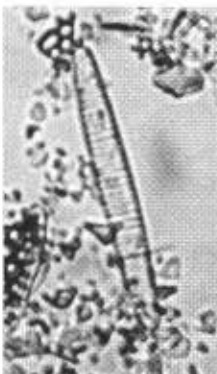
Planctonica, nelle regioni con acque fredde dell'Oceano Meridionale.

L'intervallo di temperatura nel quale è stata osservata va da -2° a 1° C, ma sembra preferire temperature inferiori a -1° C (Zielinski & Gersonde, 1997).

Associazione:

Sempre associata a *F. obliquecostata*, risulta anch'essa di interperazione contrastata.

Leventer (1998) e Cunningham et al. (1999) la registrano come associata a produttività primaria in condizioni di mare aperto, mentre Gersonde & Zielinski (2000) la considerano criofila associata a condizioni di ghiaccio marino estivo assieme a *F. obliquecostata* ed alcuni taxa di *Chaetoceros*.



Fragilariopsis sublinearis
ANTA96 5bis Camp. 60-62 cm, 1000X fatt.1

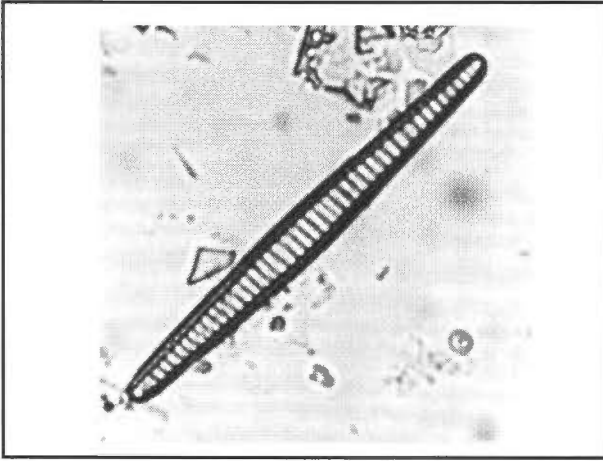


Fig. 1 - *Fragilariopsis sublinearis*
ANTA96 5bis Camp. 60-62 cm, 1000X fatt.1

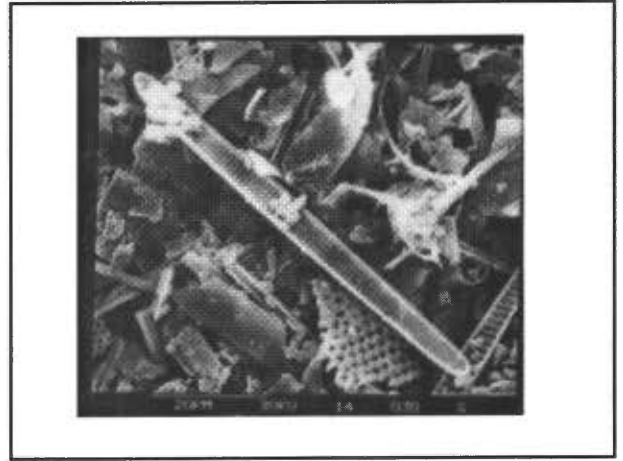


Fig. 2 - *Fragilariopsis sublinearis*
ANTA91 8 Prof. 241-244 cm. (13119830)

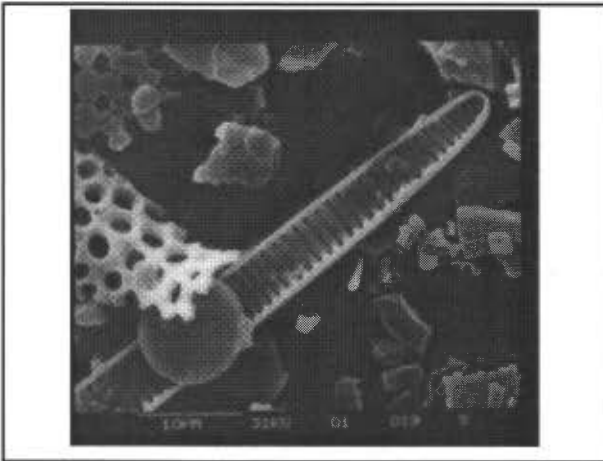
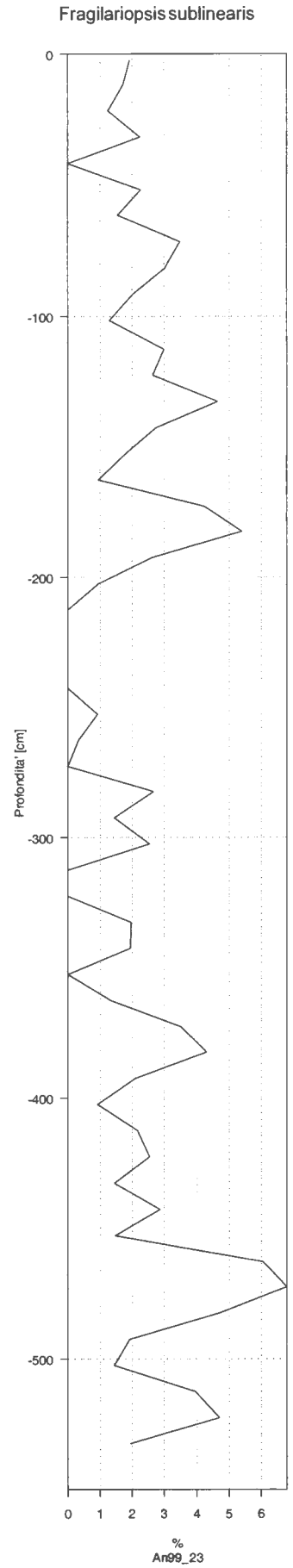
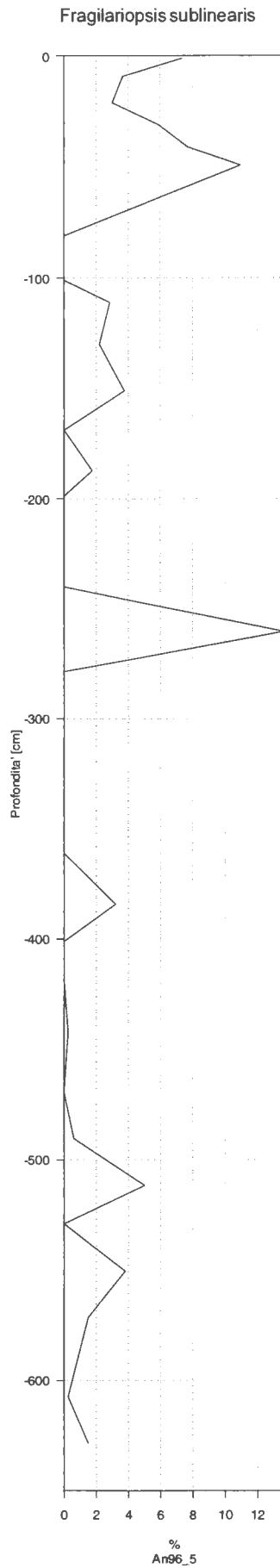
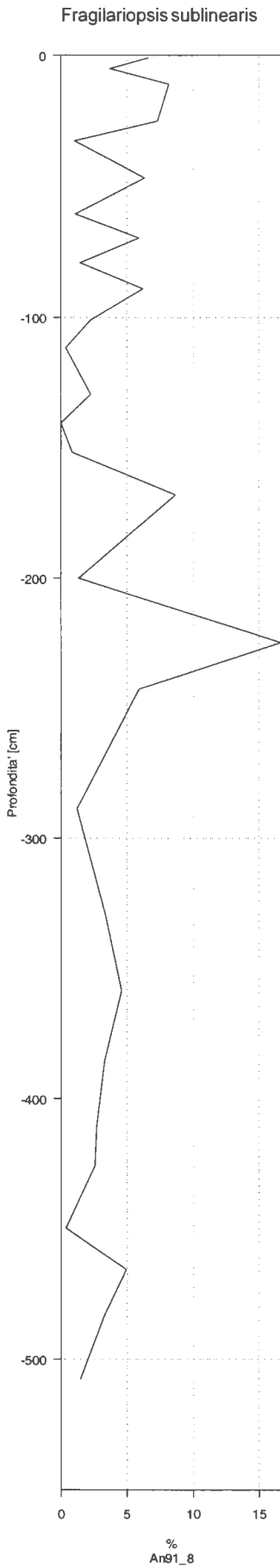


Fig. 3 - *Fragilariopsis sublinearis*
ANTA91 8 Prof. 0-2 cm. (06119818)

Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Biddulphiaceae**

Kützing, 1844

Descrizione:

Appartiene al subordine delle *Biddulphiineae* caratterizzato da valve ellittiche, bipolari, prive di processi marginali.

La struttura delle valve è caratterizzata da file di larghe areole che si irradiano da un annulus comprendente un rimoportula che mette in comunicazione la parte interna con l'esterno della valva.

Le areole presentano dei vela con tipo di cribra complessi.

Le cellule si agganciano fra di loro tramite due elevazioni apicali formando così colonie a catena.

Caratteristiche morfologiche comuni:

- catene disposte ravvicinate formate dall'apposizione delle punte delle elevazioni,
- simmetria bipolare,
- elevazioni bipolari,
- aperture tra le cellule di una colonia formate dalle elevazioni,
- un singolo processo labiato,
- areole poroidi.

Genere ***Eucampia***

Ehremberg, 1839

Descrizione

Caratteristiche generiche:

Le valve sono bipolari, da ellittiche a lineari, con due tipiche elevazioni apicali.

La struttura delle valve è caratterizzata da file di larghe areole che si irradiano da un annulus centrale, o più o meno decentrato (distante poche areole - circa 5 in Fryxell, 1990 - dal mantello valvare), al cui interno sono localizzati un rimoportula ed alcune areole.

Le areole presentano dei vela di tipo cribra complessi.

Forma colonie nastriformi più o meno lunghe e talvolta spirali a causa dello sviluppo leggermente diseguale delle valve e delle fasce connettivali.

Ogni cellula è agganciata a quella adiacente tramite due elevazioni apicali che possono presentarsi appuntite o appiattite; in particolare sono appuntite le terminazioni delle cellule terminali della colonia, mentre sono piatte quelle relative alle valve intercalari della colonia. Le terminazioni apicali delle cellule intercalari presentano, in corrispondenza degli appiattimenti, delle strutture particolari dette 'ocelli' (semplici o costati comunque morfologicamente differenti) la cui funzione è quella di aggancio con la cellula adiacente.

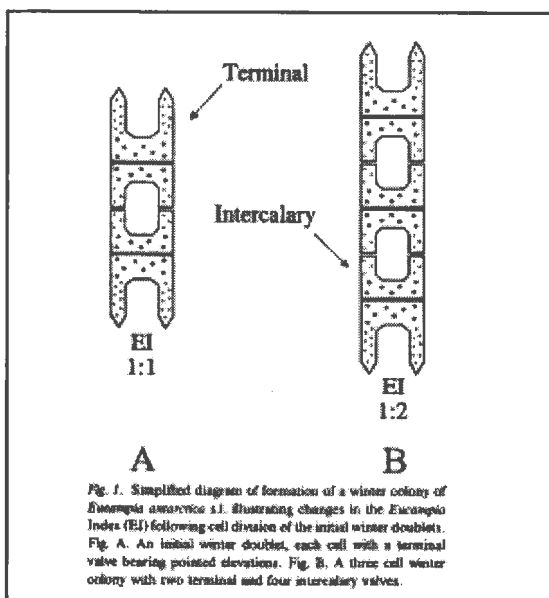


Fig. 1a - Schema di colonia di *Eucampia antarctica* con valve terminali ed intercalari (da: Kaczmarek et al., 1993)

Famiglia	Biddulphiaceae
Genere	<i>Eucampia</i>
Specie	<i>antarctica</i> (Castracane) Mangin, 1914
Sinonimi	<i>Eucampia balaustium</i> Castracane, 1886

Descrizione:

In vista connettivale generale la faccia valvare si presenta convessa o piatta. Le valve sono variabili in forma e dimensioni, sono fortemente silicizzate e possono essere leggermente ricurve; presentano areole più o meno ampie con vela di tipo cribra complessi (più o meno esterni e delicati) collegati alla membrana basale mediante filamenti radiali.

Le terminazioni apicali possono essere di lunghezza molto variabile e presentare alla fine o un ocello costato (caratterizzato da particolari strutture di aggancio) o una terminazione a spina.

Il processo (rimoportula) può essere centrale o submarginale.

Esistono due varietà morfologiche:

E. antarctica var. *antarctica* ed *E. antarctica* var. *recta*; queste due varietà differiscono per alcune caratteristiche morfologiche della valva (sia nella fase invernale sia in quella estiva- vedi 'stile di vita ed ambiente')

Inoltre hanno una distribuzione geografica differente in quanto la varietà *recta* è caratteristica di ambiente nettamente polare, mentre la varietà *antarctica* è caratteristica di ambienti subpolari a nord della ACZ (Fryxell, 1991).

E. antarctica var. *antarctica*

Simile alla var. *recta* nella sua fase di crescita estiva, differisce da questa per la presenza di spine piccole e piatte attorno agli ocelli caratteristici delle elevazioni apicali delle cellule inercalari.

I cribra sono più delicati e situati a livello intermedio-esterno rispetto alla membrana basale (sempre fortemente silicizzata).

Durante la fase di crescita invernale presenta catene spirali originate dall'assimetria delle elevazioni apicali.

La sua distribuzione risulta più settentrionale rispetto alla varietà *recta*, essendo stata rinvenuta principalmente a nord della Zona di Convergenza Antartica (ACZ).

Può essere considerata forma subpolare.

E. antarctica var. *recta*

Questa varietà, considerata esclusiva di zona polare legata alla copertura glaciale, non presenta le spine (tipiche della var. *antarctica*) attorno al campo di pori (ocellus) bensì un inspessimento di silice. Il campo di pori è caratterizzato da file di porelli alternate a coste che prendono origine, attraverso l'inspessimento siliceo che le attornia, dalla continuazione della fila di areole (vedi figura 6).

In vista connettivale si presenta più simmetrica rispetto all'altra varietà, dal momento che le elevazioni risultano di lunghezza simile.

Stile di vita ed ambiente:

Forma colonie planctoniche nastriformi più o meno lunghe e talvolta ricurve a spirale e presenta fasi stagionali di crescita una volta interpretate come spore endogene.

Interpretata come forma di ambienti neritici o pseudoneritici (Burckle, 1984) collegata al margine glaciale marino e all'apporto di detrito glaciotrasportato da parte degli ice bergs (Burckle & Cook, 1983), risulta sporadica ed abbastanza tollerante nei confronti delle temperature anche in acque delle zone subpolari (Fryxell, 1991). È stata trovata, infatti, in acque polari con un range di temperatura da -2 a 12°C con massima abbondanza tra -2 e 0° C e tra 2.5 e 5.5° C; ciò indicherebbe una sua relazione con acque superficiali antartiche e del Polar Front Zone nell'Oceano del Sud (Zielinski & Gersonde, 1997). Zielinski & Gersonde (1998) la descrivono, infatti come forma euriterma cui presenza è associata a temperature comprese tra -2° e 12° C, comunque ottimali tra -2° e circa 6°C.

Taylor et al. (2001) tuttavia trovano questa specie abbondante (oltre il 46% dell'associazione) in sedimenti

legati al sea ice ed interpretati come non soggetti a rimaneggiamento data l'assenza di evidenze di questo fenomeno.

Associazione:

Forma tipica del Mare Antartico il cui valore ecologico e paleoecologico è ancora in discussione.

Importante componente nell'associazione microalgale antartica (Arthur Harbor), assieme ad *Actinocyclus actinochilus*, relativa a picchi di fioriture estive, ma non altrettanto importante nell'associazione di ghiaccio (Krebs, 1983).

Gleitz and Thomas (1993) ad esempio la riscontrano presente in associazioni attuali prossime al margine glaciale (a sud est del Mare di Weddell) ed in percentuali comprese tra il 10 ed il 50 %

Osservazioni:

Burckle and Burack, 1995 fanno notare la corrispondenza tra la curva di abbondanza di questa specie con l'andamento del $\delta^{18}\text{O}$ nei settori Atlantico ed Indiano dell'Oceano Meridionale sia a nord che a sud del Antarctic Polar Front e propongono una stratigrafia basata sulle curve di abbondanza di *E. antarctica*.

In generale in vari studi, sia nella colonna d'acqua che nel sedimento, risulta abbondante e tipica di periodi glaciali (Burckle, 1984). Tale dato però è stato ultimamente contestato ed interpretato come fenomeno dovuto alla dissoluzione selettiva che favorirebbe questa forma a causa dell'alto tasso di silicizzazione che caratterizza il suo frustulo (Zielinski & Gersonde, 1997), mentre Taylor et al., 2001, tenendo conto dell'esistenza delle due varietà con distribuzioni biogeografiche tendenzialmente differenti la correlano ad ambienti di sea ice privi di fenomeni di rimaneggiamento o dissoluzione.

Kaczmarska et al. (1993) propongono un nuovo strumento paleoambientale basato sul rapporto tra le valve le valve invernali terminali e quelle intercalari (Fig. 1a).

Sembra infatti che le due varietà sopra descritte, differiscano anche nella lunghezza delle colonie invernali e che quindi tale rapporto, calcolato su materiale fossile, possa risultare indicativo della lunghezza delle colonie e quindi della presenza di una varietà piuttosto che dell'altra (oltre al tasso di copertura e di condizioni invernali tipiche del luogo e del periodo analizzato) (Kaczmarska et al., 1993). Questo rapporto, chiamato *Eucampia Index*, è risultato essere fino a 1:95 per la varietà subpolare ed attorno a 1:2 per la varietà polare.

E' in fase di studio, in collaborazione con un gruppo di ricercatori americani, la definizione di morfotipi che, anche da indagine preliminare effettuata in questo studio e da Piccioni (1999), sembrerebbero rivestire un notevole significato tassonomico e di distribuzione paleogeografica.

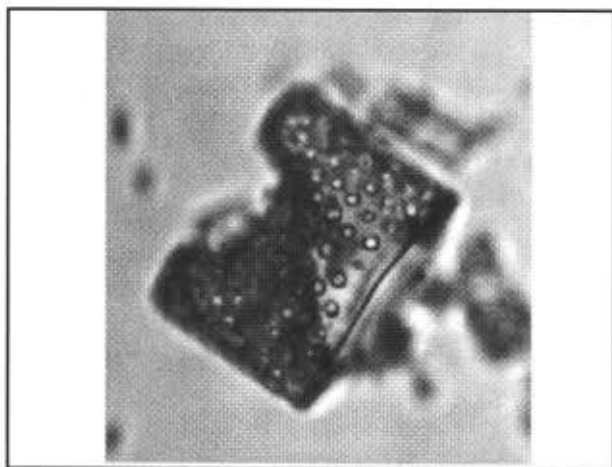


Fig. 1 - *E. antarctica* var. *recta* (valva intercalare invernale)
ANTA96 5bis Prof. 400-402 cm. 1000X fatt. 1

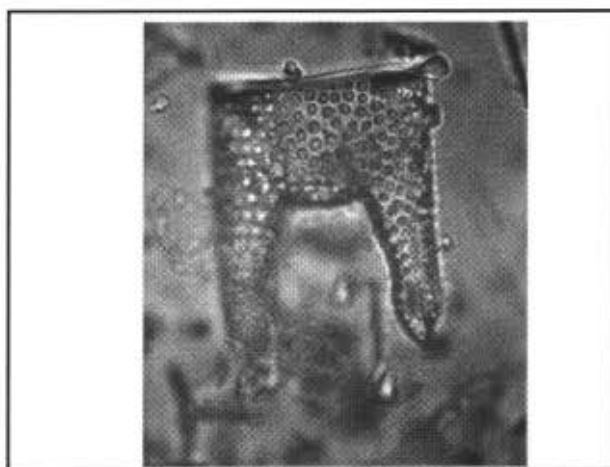


Fig. 2 - *Eucampia antarctica*
(valva terminale)
ANTA91 8 Prof. 0-2 cm. 1000X fatt. 0.8



Fig. 3 - *Eucampia antarctica* (due valve terminali ed una intercalare) ANTA91 8 Prof. 24-26 cm.



Fig. 4 - *Eucampia antarctica* (visione interna con processo centrale) ANTA91 8 Prof. 0-2 cm.

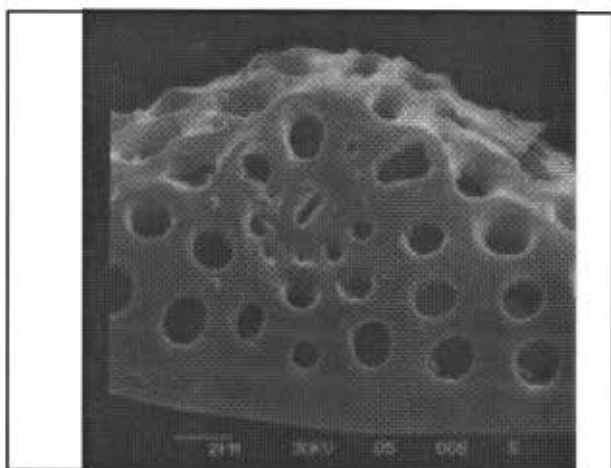


Fig. 5 - Veduta esterna del processo leggermente decentrato dal quale si dipartono le file di areole.

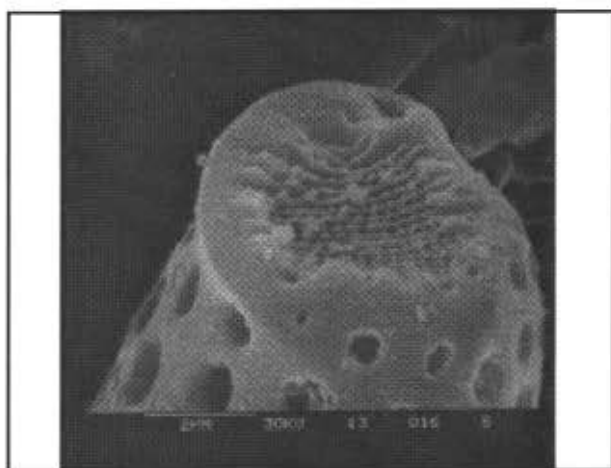


Fig. 6 - Ocellus costato al termine di una elevazione; caratteristica morfologica con valore tassonomico.

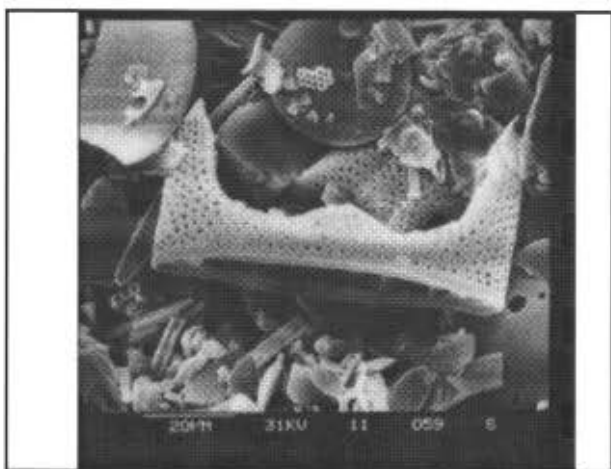


Fig. 7 - *Eucampia antarctica* (valva terminale estiva)

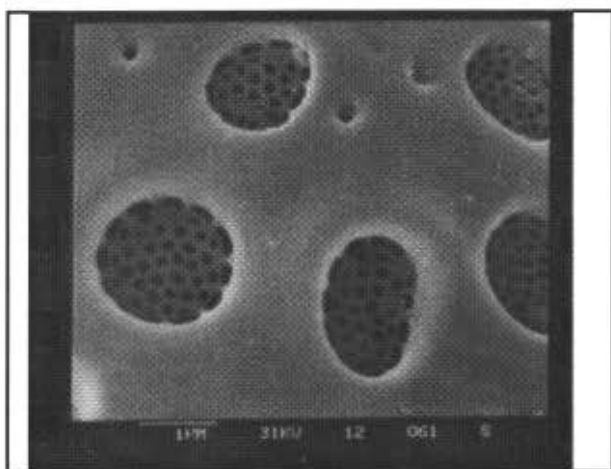


Fig. 8 - Particolare delle areole con vela cribrati

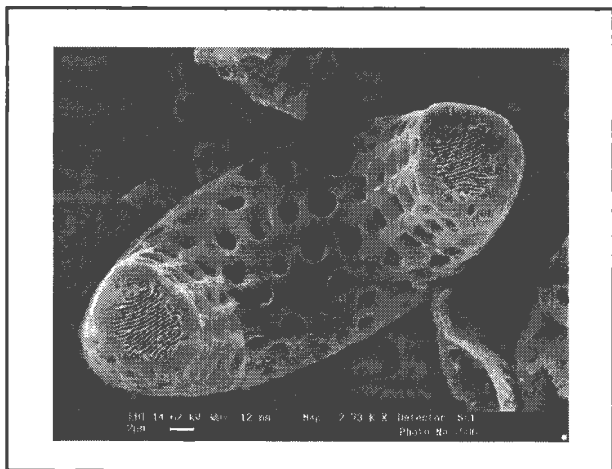


Fig. 9 - *Eucampia antarctica* var. *recta*
elevazioni caratterizzate da ocellus

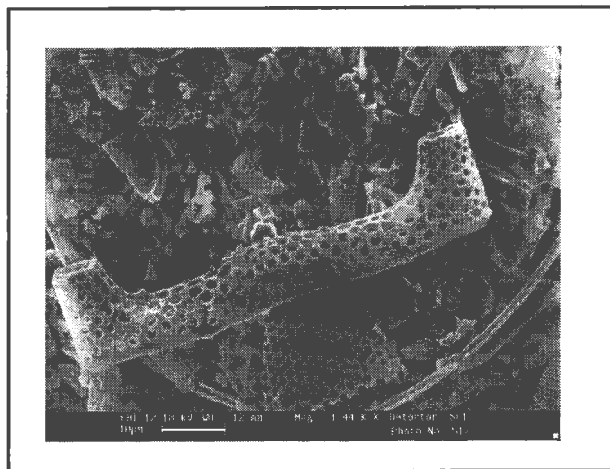


Fig. 10 - *Eucampia antarctica* cf. var. *antarctica*
ANTA99 23 Prof. 472-473 cm.

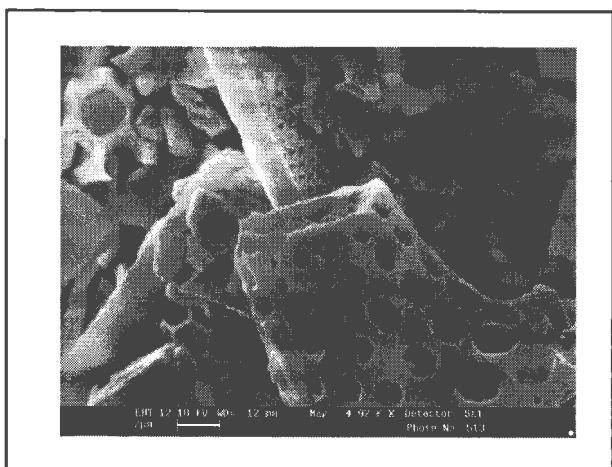


Fig. 11 - *Eucampia antarctica* cf. var. *antarctica*
particolare ocellus spinoso (?)
ANTA99 23 Prof. 472-473 cm.

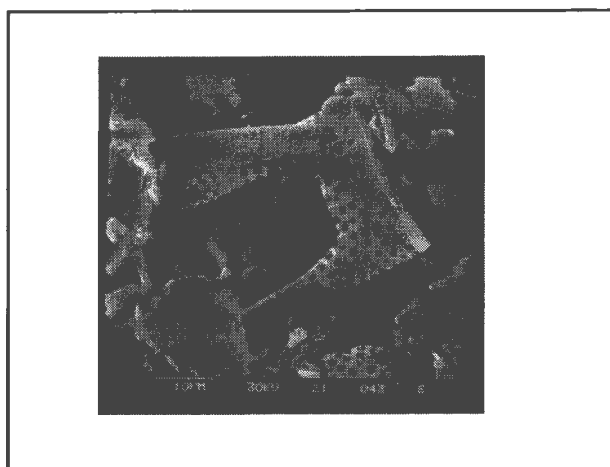


Fig. 12 - *Eucampia antarctica*
ANTA91 8 Prof. 506-509 cm.

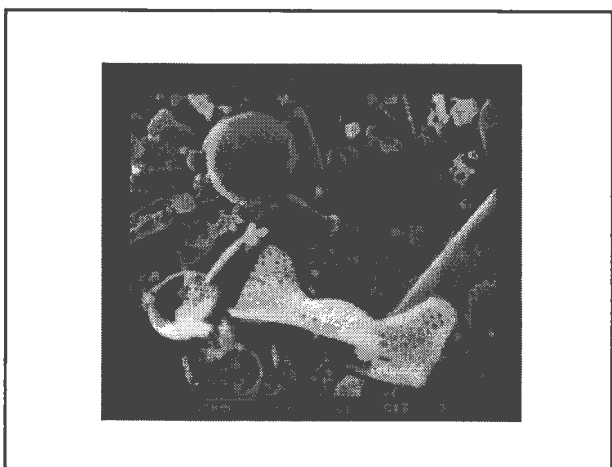


Fig. 13 - *Eucampia antarctica*
ANTA91 8 Prof. 0-2 cm.

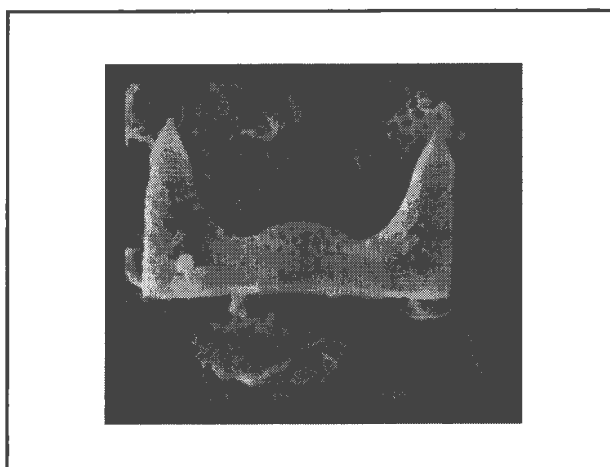


Fig. 14 - *Eucampia antarctica*
ANTA91 8 Prof. 0-2 cm.

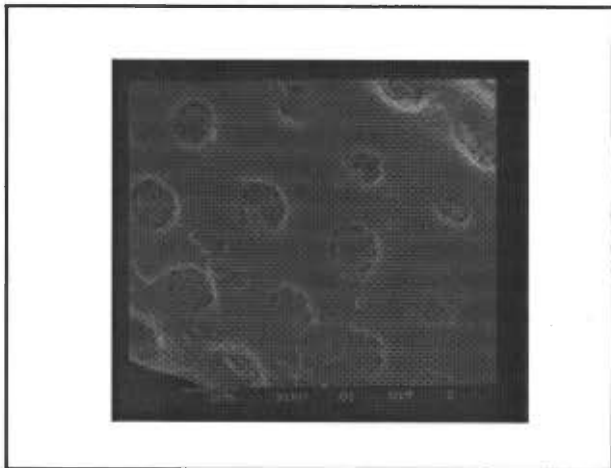


Fig. 15 - Particolare areolazione con vela

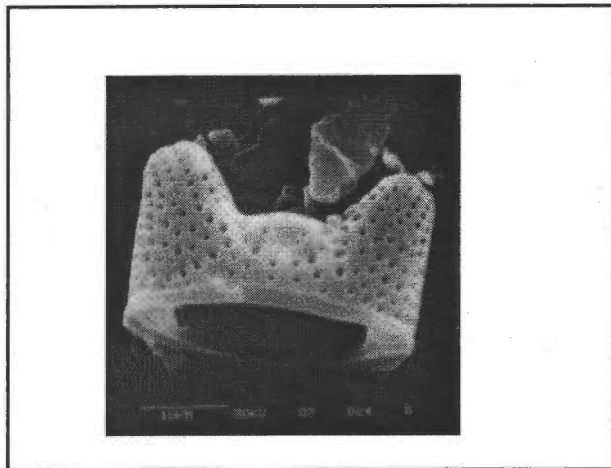


Fig. 16 - *Eucampia antarctica*
(valva intercalare invernale con processo decentrato)
ANTA91 8 Prof. 24-26 cm.

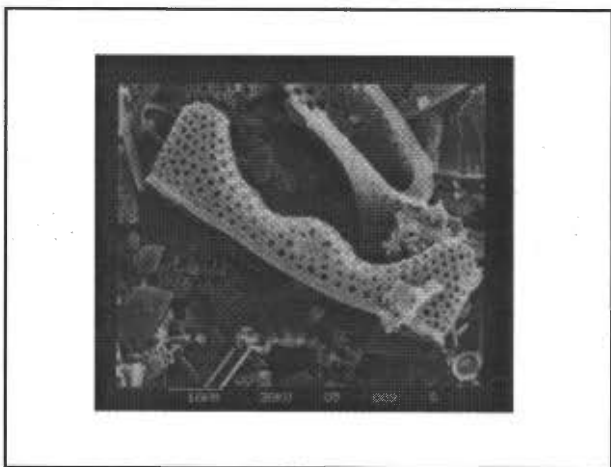


Fig. 17 - *Eucampia antarctica*
(valva intercalare estiva con processo decentrato)
ANTA91 8 Prof. 68-71 cm.

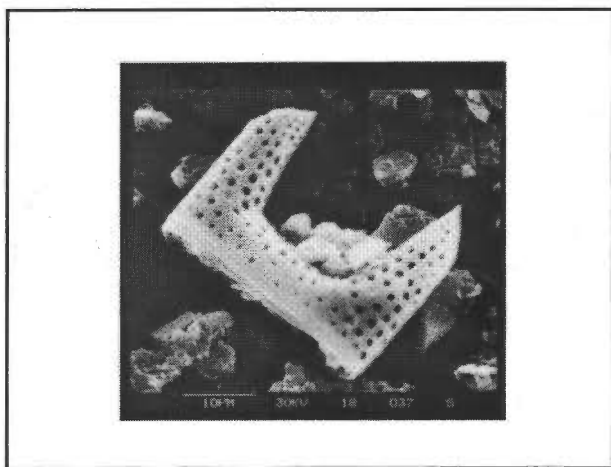


Fig. 18 - *Eucampia antarctica*
(valva terminale)
ANTA91 8 Prof. 384-387 cm.

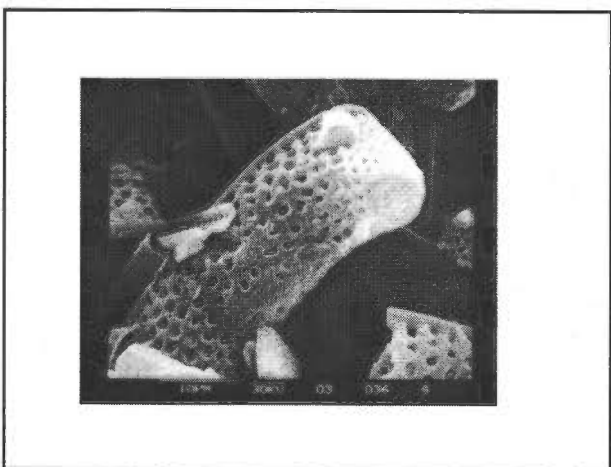


Fig. 19 - *Eucampia antarctica*
(valva intercalare)
ANTA91 8 Prof. 167-169 cm.

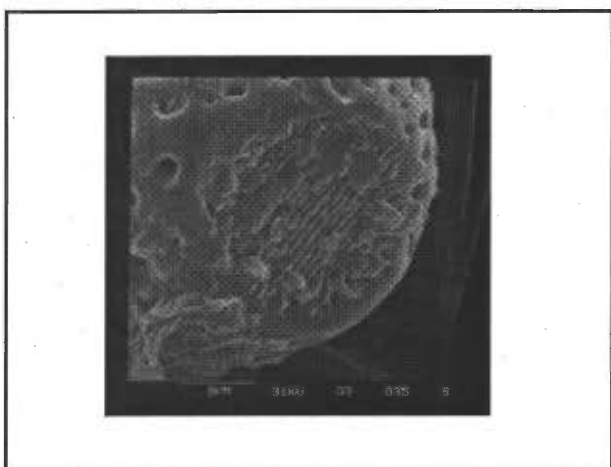


Fig. 20 - Particolare ocellus

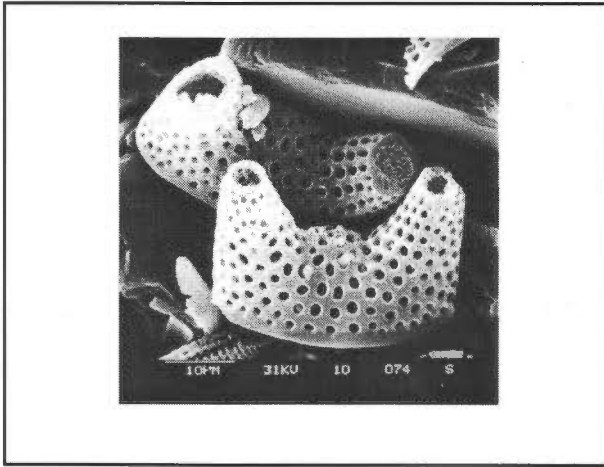


Fig. 21 - *Eucampia antarctica*
(valve intercalari)
ANTA91 8 Prof. 384-387 cm.

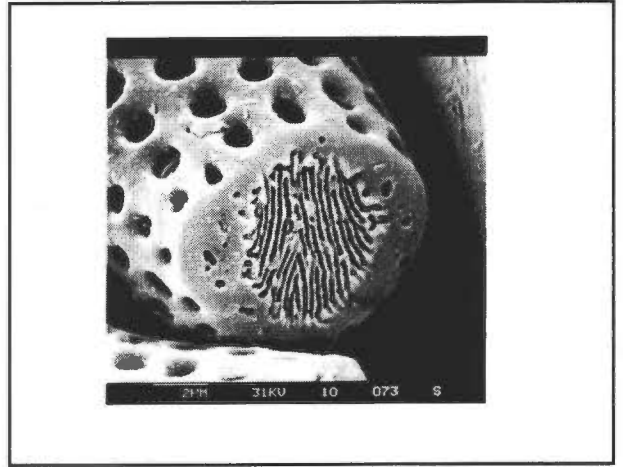


Fig. 22 - Particolare ocellus

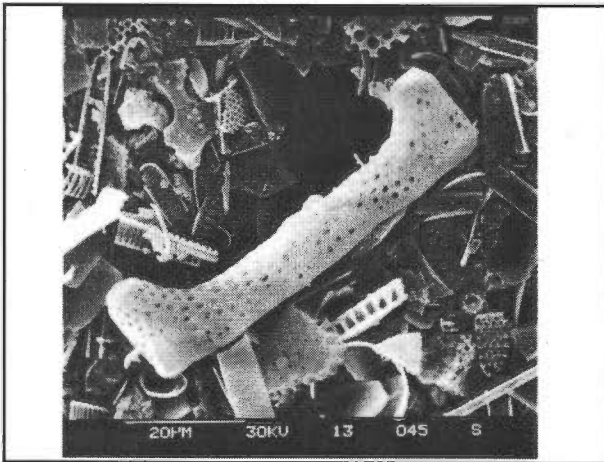


Fig. 23 - *Eucampia antarctica* (valva intercalare estiva)
ANTA91 8 Prof. 0-2 cm. (061198a0)

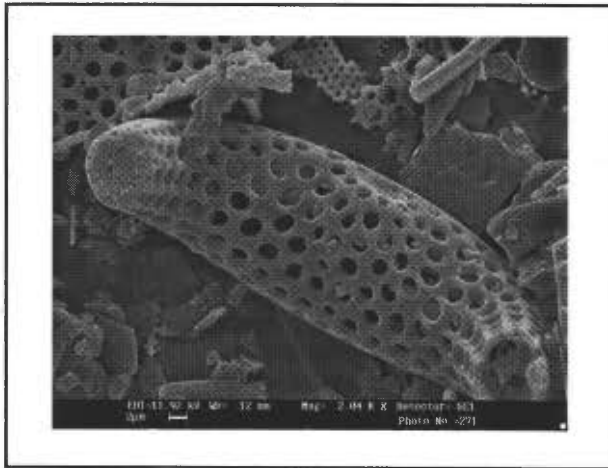


Fig. 24 - *Eucampia antarctica*
(valva intercalare estiva)
ANTA99 23 Prof. 91-92 cm.

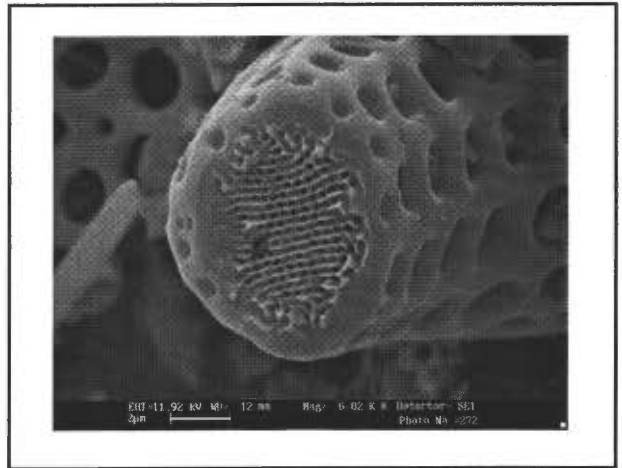


Fig. 25 - Particolare ocellus

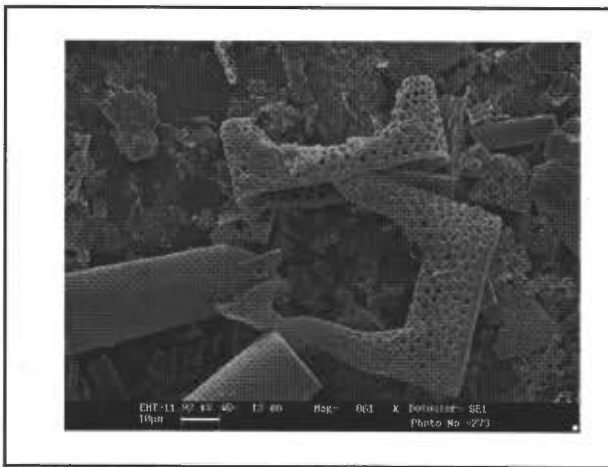


Fig. 26 - *Eucampia antarctica*
ANTA99 23 Prof. 91-92 cm.

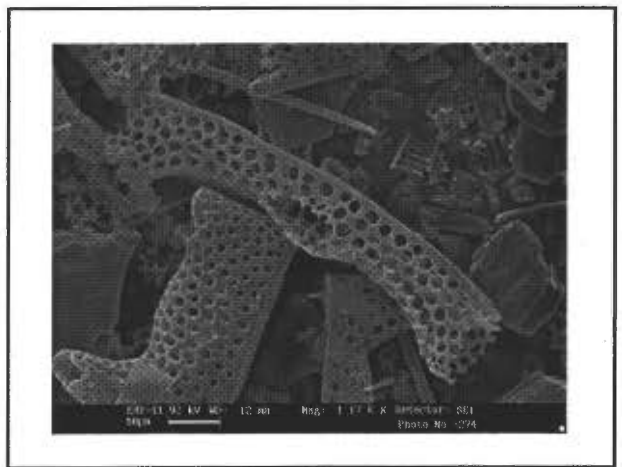


Fig. 27 - *Eucampia antarctica*
ANTA99 23 Prof. 91-92 cm.

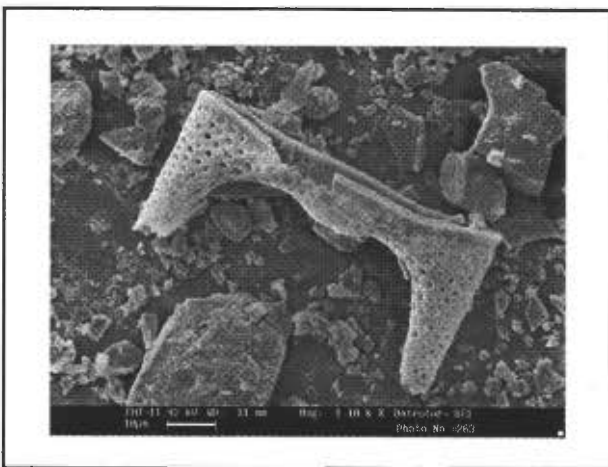


Fig. 28 - *Eucampia antarctica*
ANTA99 23 Prof. 212-213 cm.

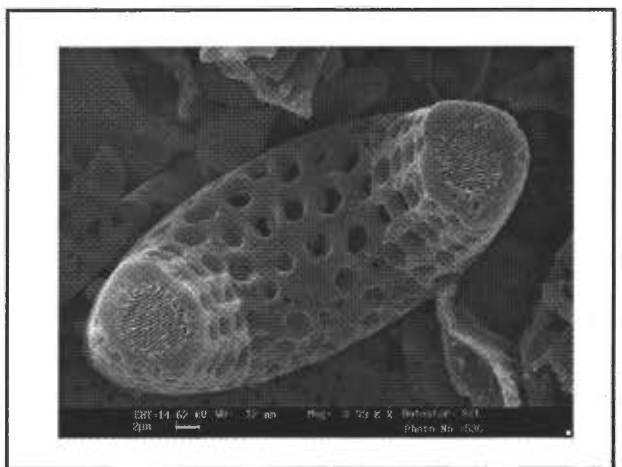


Fig. 29 - *Eucampia antarctica*
ANTA99 23 Prof. 212-213 cm.

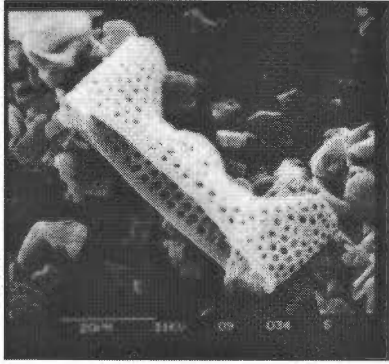


Fig. 30 - *Eucampia antarctica*
(valva intercale)
ANTA91 8 Prof. 24-26 cm. (27019933)

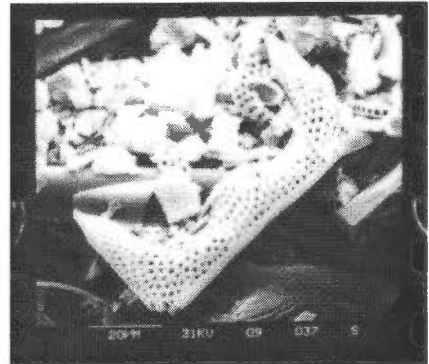


Fig. 31 - *Eucampia antarctica*
(valva terminale)
ANTA91 8 Prof. 167-169 cm. (27019936)

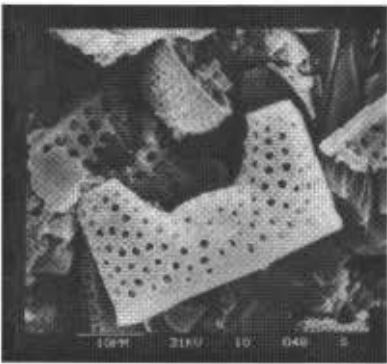


Fig. 32 - *Eucampia antarctica*
(valva intercale)
ANTA91 8 Prof. 164-169 cm. (27019950)

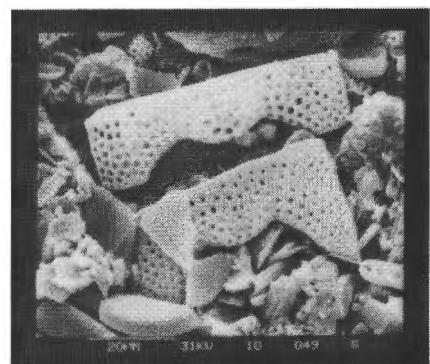


Fig. 33 - *Eucampia antarctica*
(valve intercalare e terminale)
ANTA91 8 Prof. 164-169 cm. (27019951)

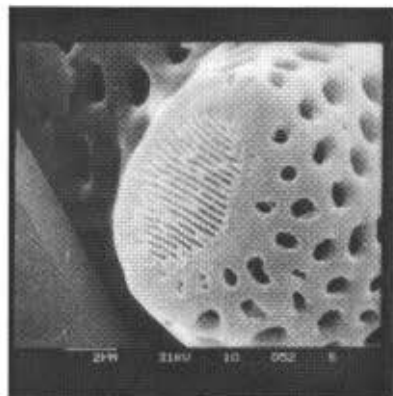


Fig. 34 - *Eucampia antarctica*
(particolare ocellus)
ANTA91 8 Prof. 164-169 cm. (27019954)

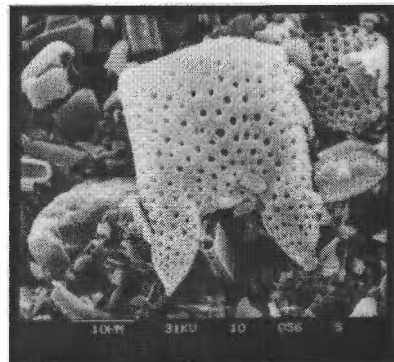
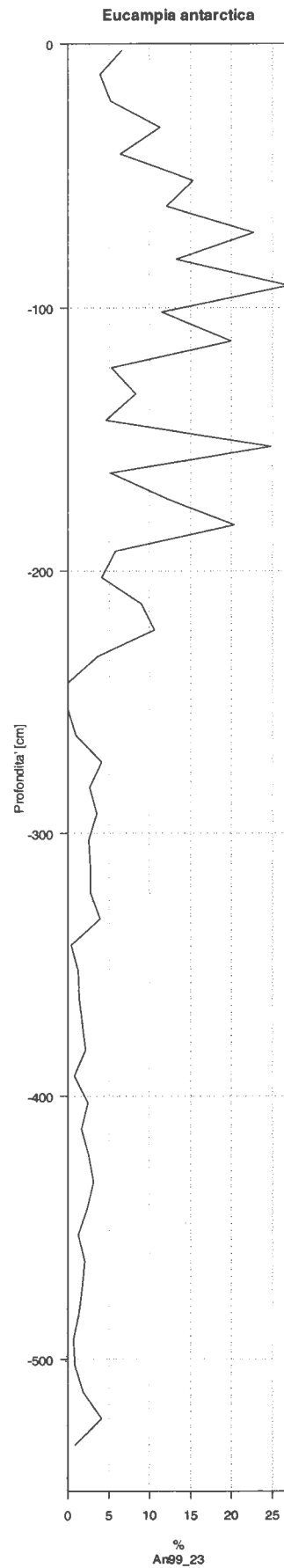
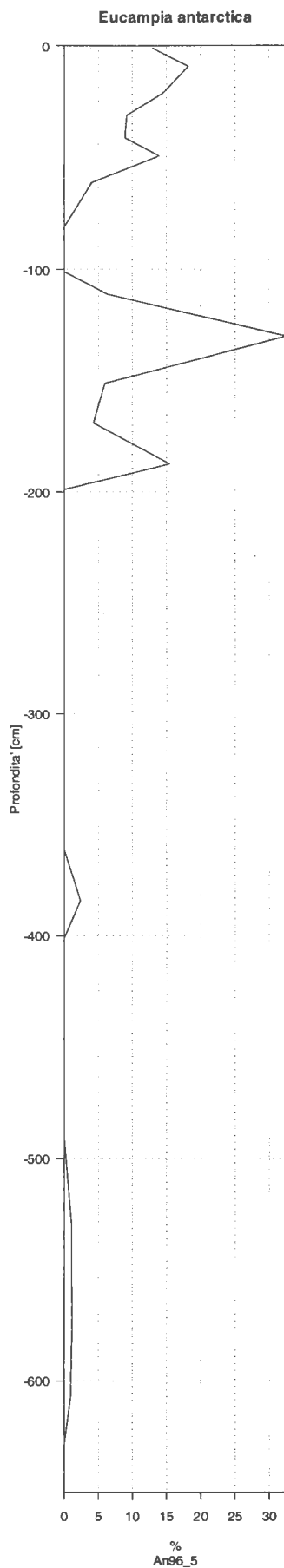
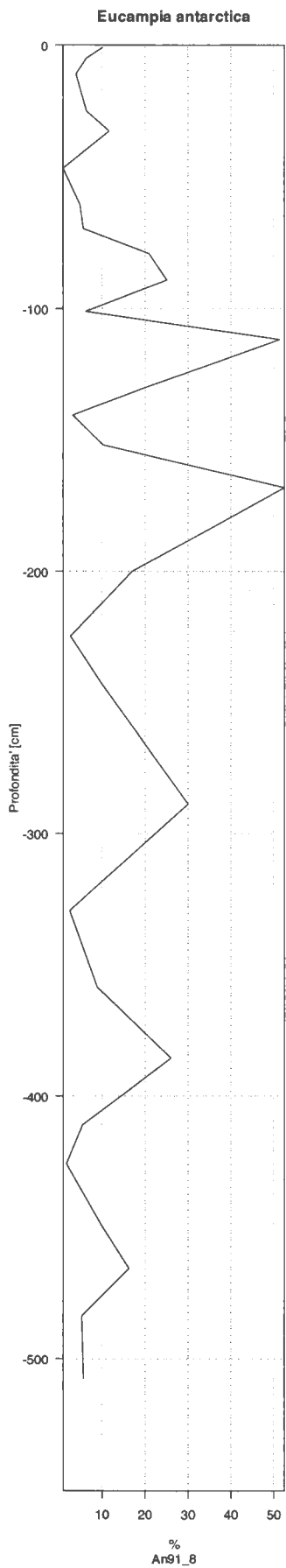
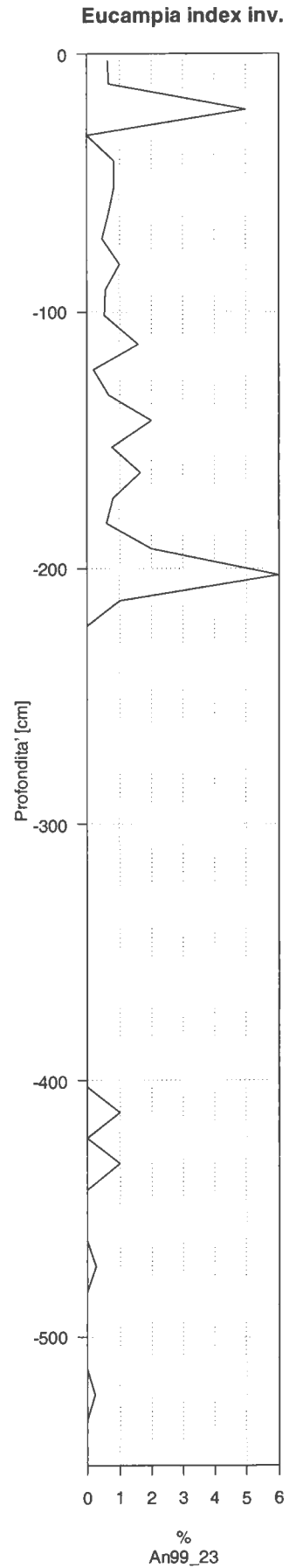
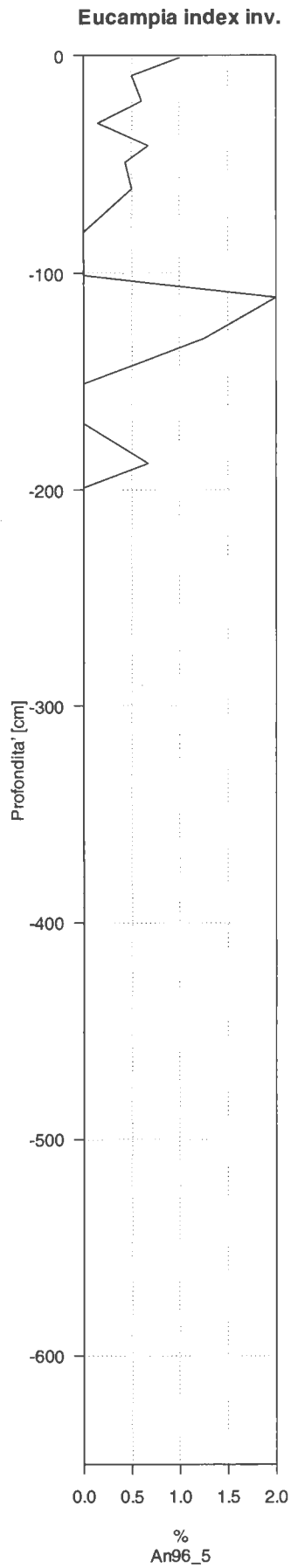
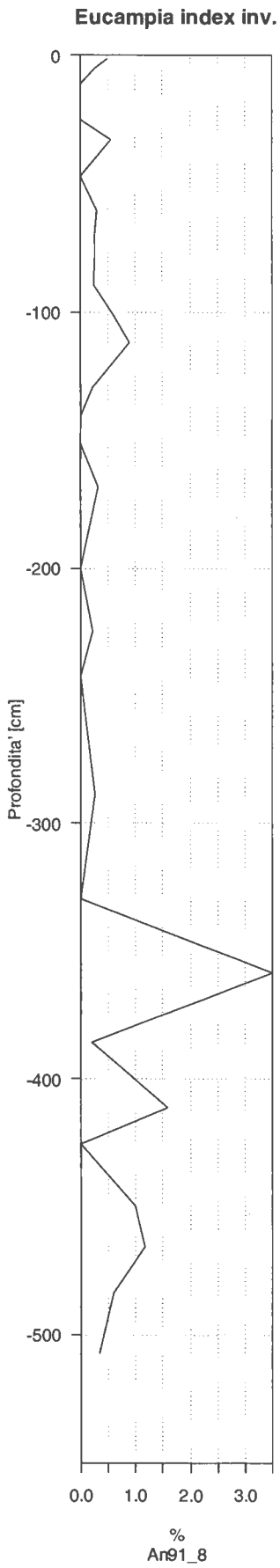


Fig. 35 - *Eucampia antarctica*
(valva terminale)
ANTA91 8 Prof. 164-169 cm. (27019958)

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Curve di andamento del dato: *Eucampia index* nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Chaetoceraceae**
Ehrenberg, 1844

Descrizione:

Questa famiglia contiene un solo genere, *Chaetoceros* Ehrenberg. E' il più ampio dei generi francamente planctonici rappresentato da più di 160 specie alcune delle quali oceaniche ma la maggior parte neritiche; da quanto noto finora una sola specie fra queste risulta sessile.

La classificazione si basa principalmente sulla posizione ed il numero di cromatofori, sulla forma dei foramina o degli spazi intercellulari e sulla struttura delle caratteristiche appendici.

In generale le valve hanno un profilo ellittico con due lunghe setole o setae che emergono dagli apici; le colonie, a catena lunga, si formano proprio grazie all'incrocio ed alla fusione delle setae corrispondenti delle cellule contigue.

E' stata fatta grande confusione tassonomica causata dall'apparente altissima variabilità morfologica dimostrata dalle stesse specie in funzione della località ed, a parità di località, in funzione dei periodi stagionali di fioritura.

L'identificazione delle cosiddette forme invernali ed estive è spesso difficile senza acquisizione di forme intermedie per completare il passaggio da una forma all'altra o senza un regolare e fitto campionamento a lungo periodo.

Alcune specie possono essere solitarie, ma generalmente sono coloniali a catena lunga per fusione delle valve o aggrovigliate assieme in dense fioriture. Alcune piccole forme, composte da singole cellule o corte catene, si inglobano in sostanze mucose altre volte vengono a formarsi dei raggruppamenti mucosi sferici contenenti un gran numero di catene cellulari. Questa tipologia di formazione di colonie viene adottata più frequentemente da specie di acqua fredda.

E' frequente la caratteristica di formare spore. Le spore hanno generalmente la forma di corpo biconvesso con superfici di curvatura ineguali, presentano frequentemente spine in ambo le parti, talvolta solo da una parte sola.

E' stata osservata per queste forme la produzione di auxospore, nelle quali il contenuto della cellula si svuota attraverso la banda connettivale e va a riempire un ricettacolo vescicolare laterale, dentro al quale viene a formarsi la cellula figlia.

I membri di questa famiglia sono rappresentati più o meno egualmente sia da forme di acque calde che di acque fredde. E' stato notato e riportato da alcuni studiosi il fatto che le forme tropicali sono caratterizzate da cellule grandi con piccole e fini appendici, mentre le specie di acque fredde presentano generalmente una taglia ridotta ma larghe e spesso complesse appendici.

Le Chaetoceraceae rivestono infine una grande importanza dal punto di vista della produttività delle acque dal momento che sono le maggiori componenti il fitoplancton marino, quindi alla base della catena alimentare soprattutto in zone neritiche costiere.

Famiglia **Chaetoceraceae**

Genere ***Chaetoceros***
Ehremberg, 1844

Sinonimi *Bacteriastrum* Shadbolt, 1853 partim.
Dicladia Ehremberg, 1844 partim.
Peragallia Shütt, 1882.

Descrizione

Il frustulo, rettangolare in vista connettivale, è caratterizzato da un piano valvare ellittico; la simmetria è bilaterale. Valve piatte, leggermente concave o leggermente convesse, con o senza annulus centrale e processo labiato (rimoportula). Se presente, il processo labiato è generalmente centrale, talvolta marginale, abitualmente presente su certe, se non su tutte, le cellule della colonia; la sua struttura va da semplice tubo esterno di lunghezza variabile, con una semplice fessura interna, a processo labiato tipico sulla faccia interna mai sprovvisto di tubulo esterno.

La faccia valvare presenta talvolta un reticolo di coste radiali, divergenti a partire da un campo centrale ialino; queste coste sono assenti da certe specie di sotto-generi di *Chaetoceros*, che presentano delle valve fortemente silicizzate.

Possono essere presenti spine solide, sia disposte ad anello lungo il bordo della valva, sia distribuite sulla faccia valvare.

Il mantello è verticale e più o meno sviluppato. Il cingolo è costituito da numerose copulae combinate in modo scalare.

In prossimità di ciascun polo di ogni valva sono situate delle setae cioè filamenti cavi che si sviluppano al di fuori del mantello valvare (Priddle & Fryxell, 1985), più o meno lunghi, la cui struttura è differente rispetto quella della valva. Le valve e setae delle cellule terminali differiscono frequentemente da quelle delle valve intercalari, più robuste e/o differentemente orientate.

Le specie appartenenti a questo genere sono abitualmente in grado di produrre delle ipnospore e delle cisti con pareti fortemente silicizzate.

Questo genere è esclusivamente marino (a parte due specie di acqua dolce) ed è tipicamente planctonico; la sua presenza è associata a temperature comprese tra -2° ed 12° C, ma risultate ottimali (nel Mare di Weddell) tra -1° ed 1° C (Zielinski & Gersonde, 1998).

Le cellule sono abitualmente coloniali e sono talvolta inglobate in una gelatina mucillaginosa; qualche specie presenta cellule solitarie.

Le specie coloniali presentano cellule riunite in catene più o meno lunghe (diritte, curve o spirali) mediante la fusione delle loro setae.

E' un genere estremamente polimorfo e tassonomicamente molto diversificato, generalmente diviso in due sotto-generi ed in sezioni (distinguibili dalla forma delle setae) comprendenti 400 specie descritte (non tutte riconosciute valide).

La variabilità morfologica all'interno dei vari taxa (soprattutto riguardo le spore) non è stata ancora ben indagata e stabilita (Scherer, com. personale).

Vivono in tutto l'Oceano Meridionale ma sono generalmente associati alle alte latitudini, alle aree costiere temperate ed a sistemi di upwelling essendo caratteristici di aree ad alta produttività fitoplanctonica. Sono stati riscontrati più comuni nel pack ice piuttosto che nel fast ice (Crosta et al., 1997).

Circa un terzo delle specie di *Chaetoceros* possiede la capacità di produrre spore (resting spores) cioè cellule dal frustulo più silicizzato e morfologicamente differenti dalla cellula della fase vegetativa, che vengono prodotte all'interno di quest'ultima (endogene).

La produzione di spore (tipica anche di altre forme) ha dimostrato di essere, nel mondo vegetale, un'ottima strategia di sopravvivenza permettendo alle specie in grado di produrle di sopravvivere durante periodi sfavorevoli allo sviluppo vegetativo e/o particolarmente stressanti.

In acque antartiche i *Chaetoceros* spp. sono molto abbondanti e spesso, specie quando presenti in colonie, troppo numerosi per essere contati. Non sono comuni in campioni di sea-ice, ma hanno una abbondanza relativa maggiore in ambienti di margine glaciale (Garrison et al., 1987).

Condizioni favorevoli per la loro fioritura sembrano essere la stabilità della colonna d'acqua favorita dall'afflusso di acque di fusione associata all'assenza, tipica della stagione estiva australe, di tempeste; in queste condizioni l'irraggiamento solare e la disponibilità di nutrienti innescano e sostengono la fioritura

(Crosta et al., 1997)

La distribuzione dell'abbondanza nei sedimenti superficiali dell'Oceano del Sud (espressa in valve/g in sedimento secco) non è uniforme e riflette le zonazioni osservate per le distribuzioni delle abbondanze delle flore a diatomee in toto. Risulta però rilevante il fatto che nelle acque profonde più di 2000 m sono state riscontrate percentuali di presenza di spore molto basse; ciò indicherebbe le abitudini costiere delle specie polari di *Chaetoceros* (Crosta et al., 1997).

Per quanto riguarda il loro record sedimentario bisogna notare che le cellule vegetative resistono difficilmente alla dissoluzione a causa del basso tasso di silicizzazione del frustulo, della facilità con cui i loro fini processi e setae tendono a frammentarsi. Inoltre l'elevato rapporto tra superficie del frustulo esposta all'acqua e tasso di silicizzazione dello stesso li rende particolarmente aggredibili dalle popolazioni microbiche che con la loro attività metabolica possono accelerare il fenomeno della dissoluzione. Nonostante ciò alti tassi di produzione della colonna d'acqua e di sedimentazione al fondo possono portare ad una conservazione post-deposizionale anche di forme vegetative delicate.

Osservazioni:

Sono state occasionalmente riconosciute cellule vegetative di *Chaetoceros bulbosus* (Ehrenberg) Heiden che sembra essere presente nelle associazioni di mare aperto, di greese ice e di pancakes ice di neoformazione (Gleitz et al., 1993). E' in fase di sviluppo un approfondimento tassonomico e paleoecologico per la definizione di morfogruppi.

Chaetoceros spore

La differenza morfologica tra cellule vegetative e spore non è stata ancora sufficientemente documentata dal momento che le cellule di *Chaetoceros* risultano spesso talmente piccole che può risultare difficile distinguerne i morfotipi al microscopio ottico.

Generalmente la distinzione viene fatta tra cellule con le setae e cellule senza setae, assumendo che le prime siano cellule vegetative e le seconde siano spore, ma rimane il dubbio in quanto le cellule con le setae, essendo fasi vegetative, dovrebbero presentare le bande connettivali e nessuno ha finora affrontato l'argomento in maniera adeguata (Scherer, com. pers.).

In ambiente antartico questa capacità permette ai *Chaetoceros* di superare le critiche condizioni ambientali (copertura glaciale, mancanza di irraggiamento solare, ecc) caratteristiche degli inverni australi. In particolare la produzione di spore sembra seguire i periodi di alta produttività primaria estiva. Al termine della stagione estiva, infatti, il cambiamento delle condizioni meteomarine e l'esaurimento dei nutrienti darebbe inizio alla produzione in massa di spore da parte dei *Chaetoceros* (Krebs, 1983; Leventer, 1992; Crosta et al., 1997).

Per quanto riguarda il loro record sedimentario le spore, più silicizzate e resistenti, sono frequentissime in sedimenti superficiali e di downcore, tanto che in alcuni studi paleoambientali e paleoecologici sono state escluse dal conteggio statistico e conteggiate a parte perchè troppo abbondanti e schiacciati rispetto la rappresentatività del resto delle associazioni (Taylor et al., 2001). Altri studiosi hanno inserito le spore nei conteggi statistici fino a che almeno 100 individui di altre specie non fossero rappresentate (Jourdan & Pudsey, 1992).

Molte delle spore di *Chaetoceros* conservate in sedimenti Pleistocenici non possono essere determinati a livello di specie e questo potrebbe portare ad una confusione tra specie correlate al ghiaccio marino e quelle invece non correlate al ghiaccio marino (Gersonde & Zielinski, 2000).

Stockwell (1991) da nota di presenza decisamente rilevante di spore di *Chaetoceros* nei sedimenti quaternari del Plateau Kerguelen e della Prydz Bay; presenti anche nel Mare di Weddell, nello Stretto di Bransfield e nella fascia costiera della Penisola Antartica. La loro abbondanza si riduce fortemente nelle acque più profonde, a sud del Plateau Kerguelen.

Analisi downcore di alcuni sedimenti subantartici hanno mostrato alte percentuali di spore (>10%); ciò è stato interpretato come dovuto a locali stratificazioni della colonna d'acqua correlate ad apporti e fusione di ice bergs (Crosta et al., 1997). Alcuni autori inoltre suggeriscono che l'abbondanza relativa di *Chaetoceros* ed il rapporto tra spore resistenti e cellule vegetative di questo genere sia un ottimo strumento per la ricostruzione del margine glaciale (Leventer, 1992, 1993).

Per quanto riguarda il Mare di Ross è stata notata una distribuzione differente di spore tra il settore

occidentale (20% dell'associazione totale a diatomee) e quello orientale (con il 60%). Questo può essere dovuto sia alla variabilità nella produttività della colonna d'acqua (che riflette probabilmente una apertura stagionale più precoce in questo settore) sia al fenomeno di risciacquo del sedimento e trasporto laterale da parte delle correnti di fondo verso la parte orientale del Mare di Ross (Crosta et al., 1997).

In ogni caso alte concentrazioni di spore di *Chaetoceros* in sedimenti antartici sono indicative di situazioni ambientali particolari e soprattutto di alta produttività primaria della colonna d'acqua (Jourdan & Pudsey, 1992; Leventer, 1992; Leventer et al., 1996).

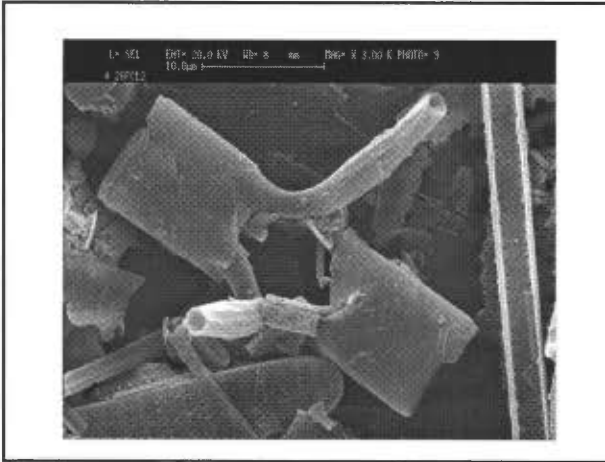


Fig. 3 - *Chaetoceros* sp.
cellule vegetative

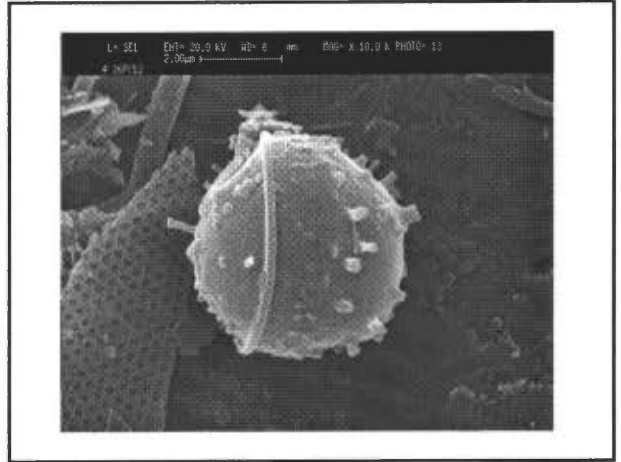


Fig. 3 - *Chaetoceros* sp.
spora

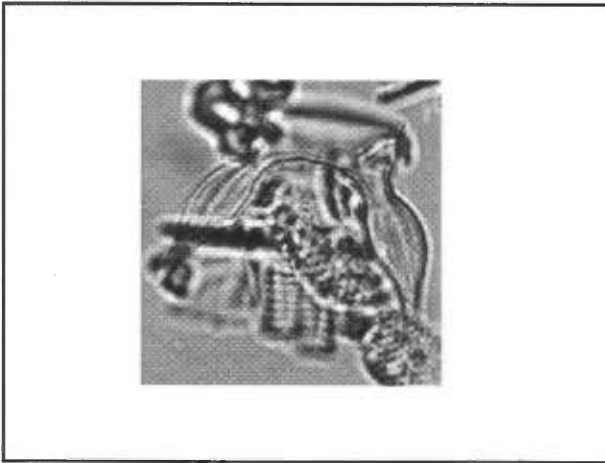


Fig. 1 - *Chaetoceros bulbosus*
cellula vegetativa

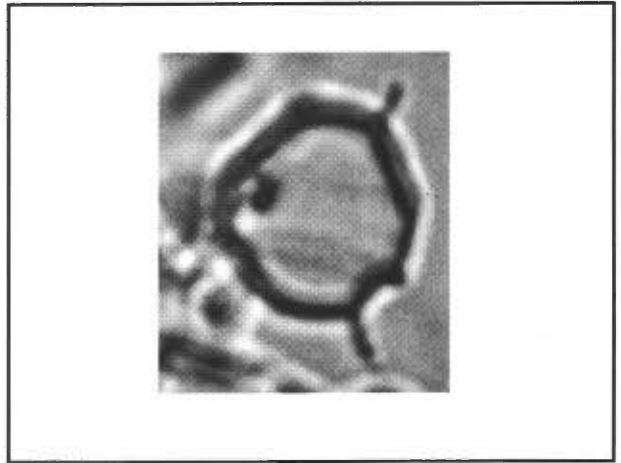


Fig. 2 - *Chaetoceros* sp. spora (?)
ANTA99 23 Prof. 11-12 cm. 1000Xfatt. 1.2



Fig. 3 - *Chaetoceros* sp. spora (?)
ANTA91 8 Prof. 167-169 cm. (061198a3)



Fig. 4 - *Chaetoceros* sp. spora (?)
ANTA91 8 Prof. 58-71 cm. (13119802)

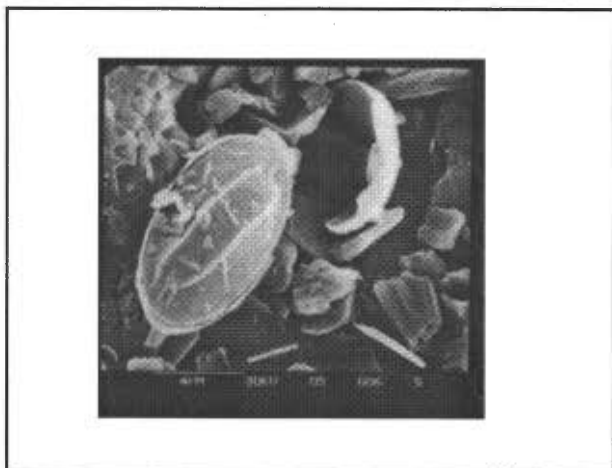


Fig. 5 - *Chaetoceros* sp. spora (?)
 ANTA91 8 Prof.68-71 cm. (13119806)

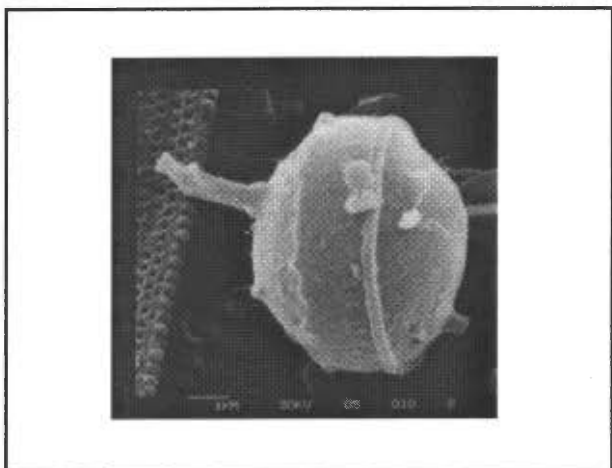


Fig. 6 - *Chaetoceros* sp. spora (?)
 ANTA91 8 Prof.68-71 cm. (13119810)

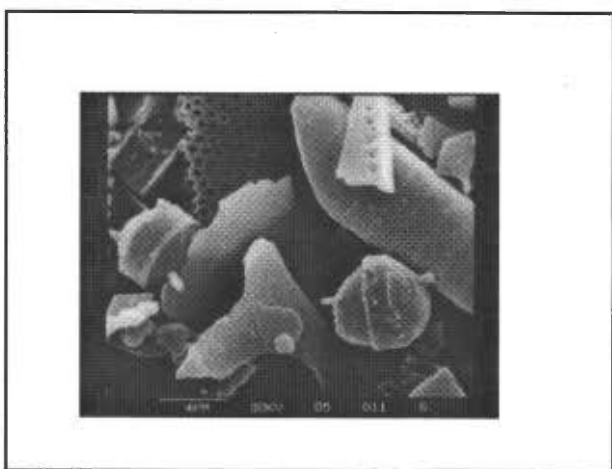


Fig. 7 - *Chaetoceros* sp. spora (?)
 ANTA91 8 Prof.68-71 cm. (13119811)

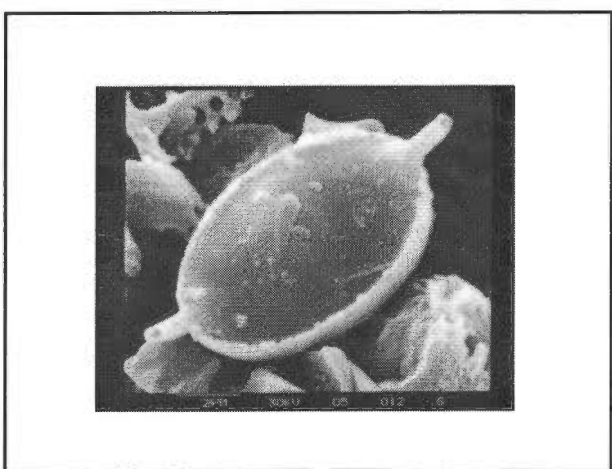


Fig. 8 - *Chaetoceros* sp. spora (?)
 ANTA91 8 Prof.68-71 cm. (13119812)

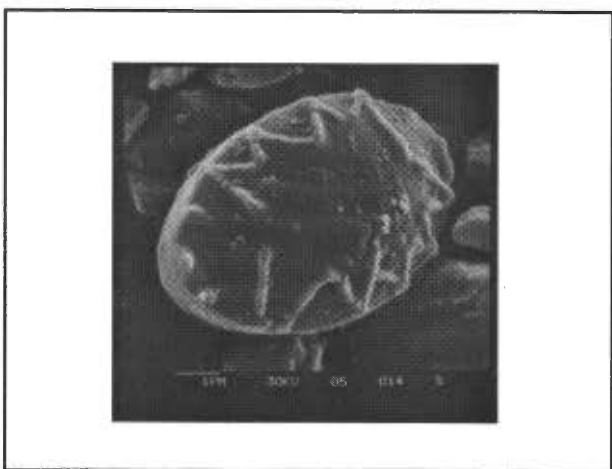


Fig. 9 - *Chaetoceros* sp. (spora ?)
 ANTA91 8 Prof.68-71 cm. (13119814)

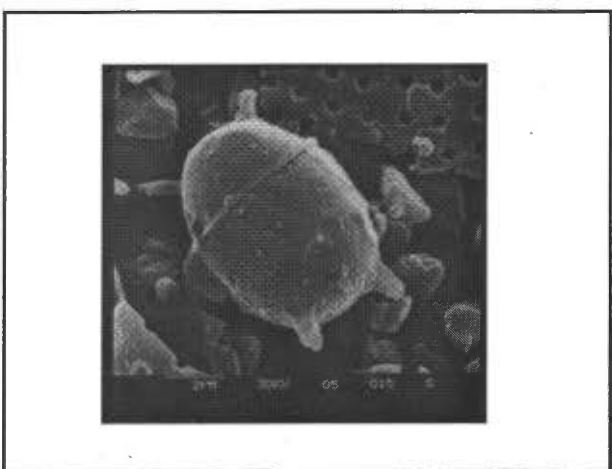


Fig. 10 - *Chaetoceros* sp. spora (?)
 ANTA91 8 Prof.68-71 cm. (13119815)

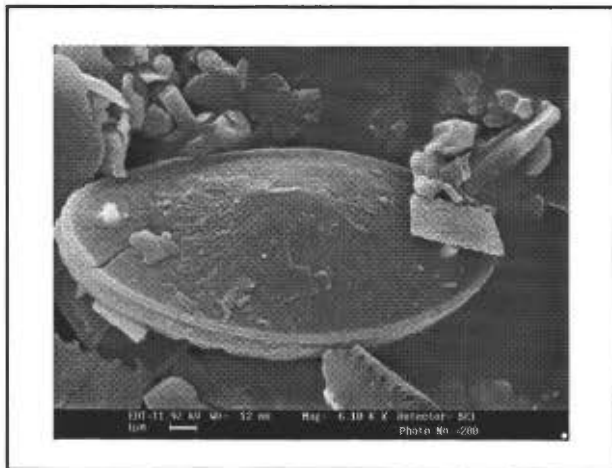


Fig. 11 - *Chaetoceros* sp.
 ANTA99 23 Prof. 91-92 cm. (200201 1918)

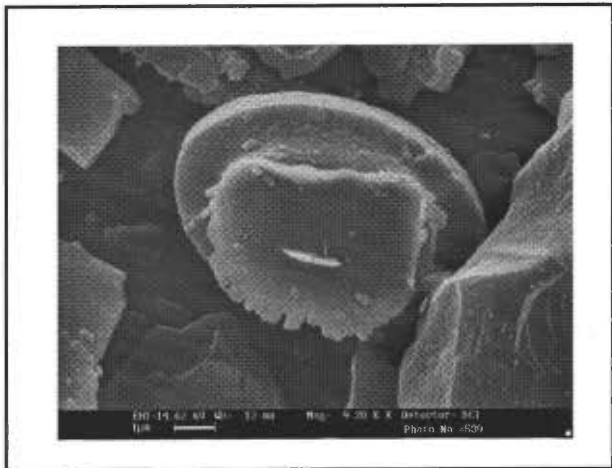


Fig. 12 - *Chaetoceros* sp.
 ANTA99 23 Prof. 91-92 cm. (020301 2328)

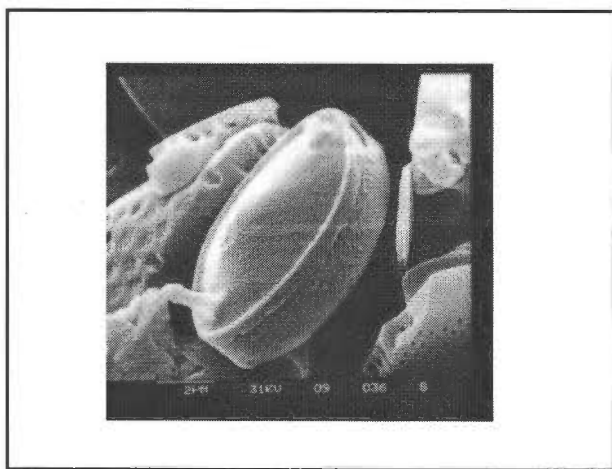


Fig. 13 - *Chaetoceros* sp. spora ?
 ANTA91 8 Prof. 241-244 cm. (27019935)

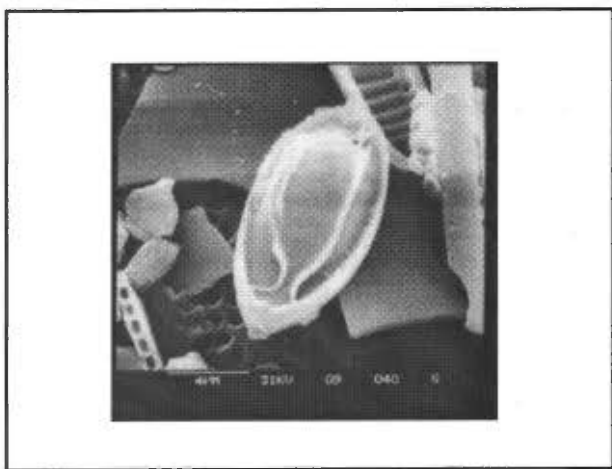


Fig. 14 - *Chaetoceros* sp. spora
 ANTA91 8 Prof. 241-244 cm. (27019942)

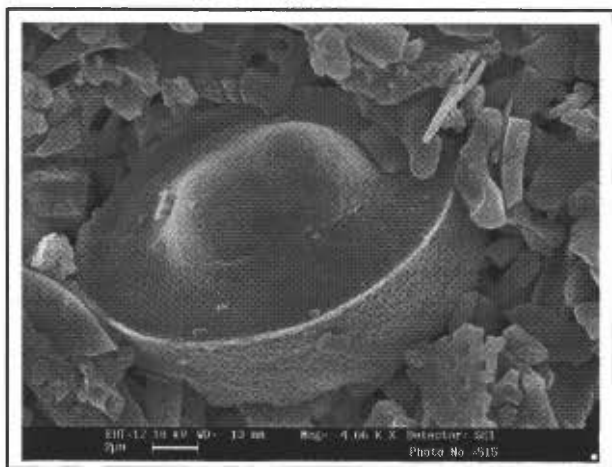


Fig. 15 - *Chaetoceros* sp.
 ANTA99 23 Prof. 472-473 cm. (020301 9505)

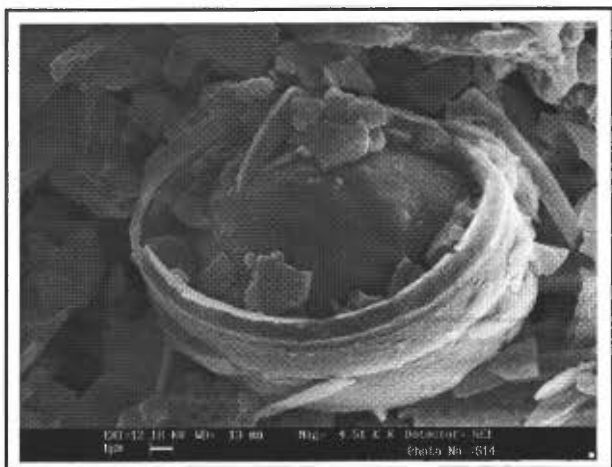
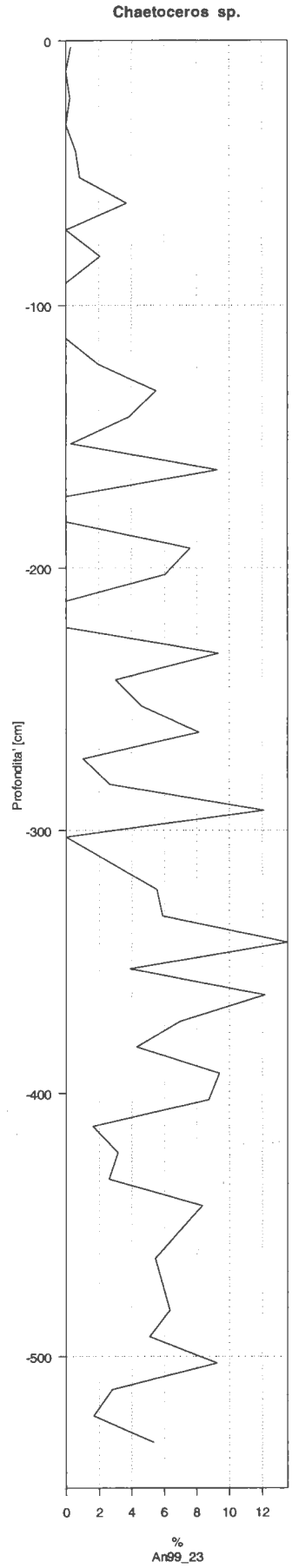
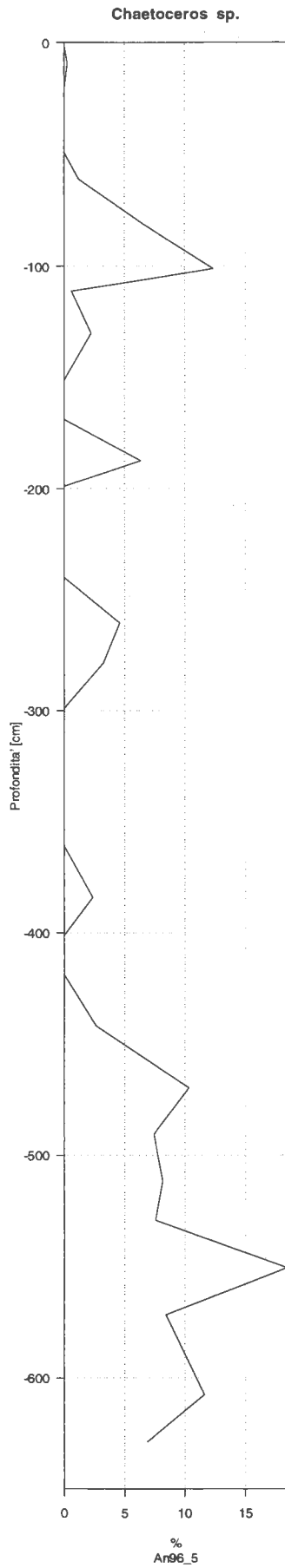
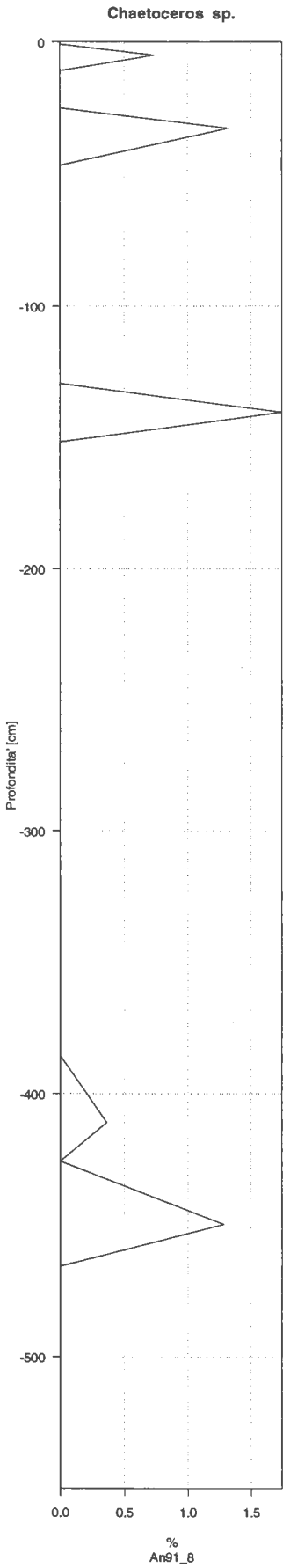
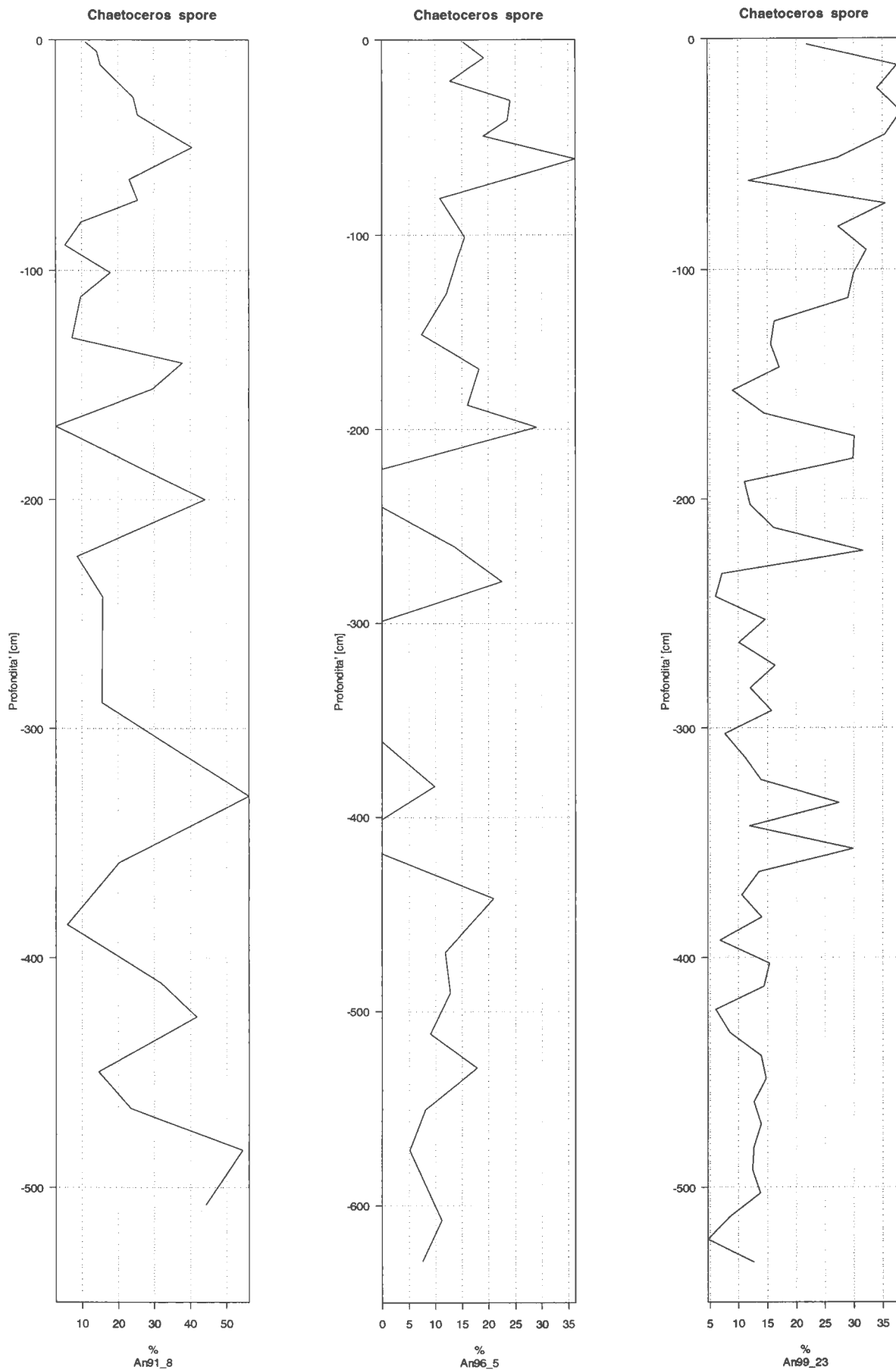


Fig. 16 - *Chaetoceros* sp.
 ANTA99 23 Prof. 472-473 cm. (020301 9506)

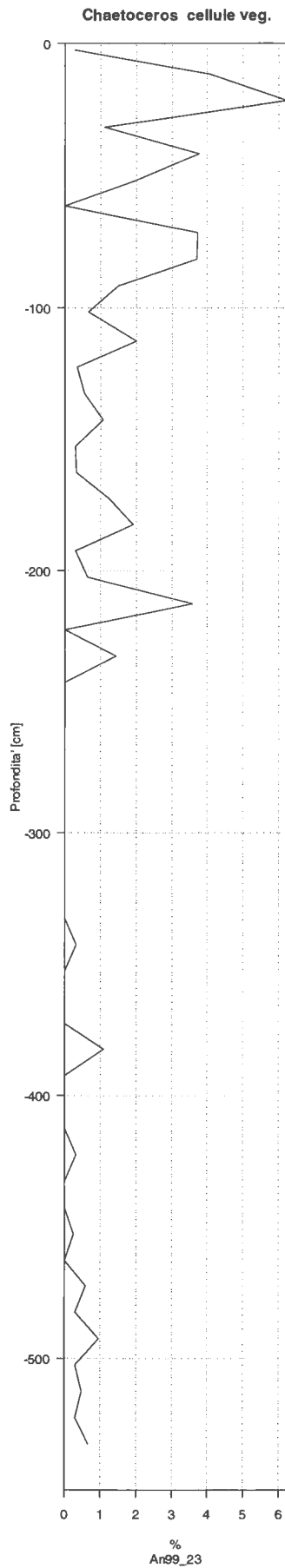
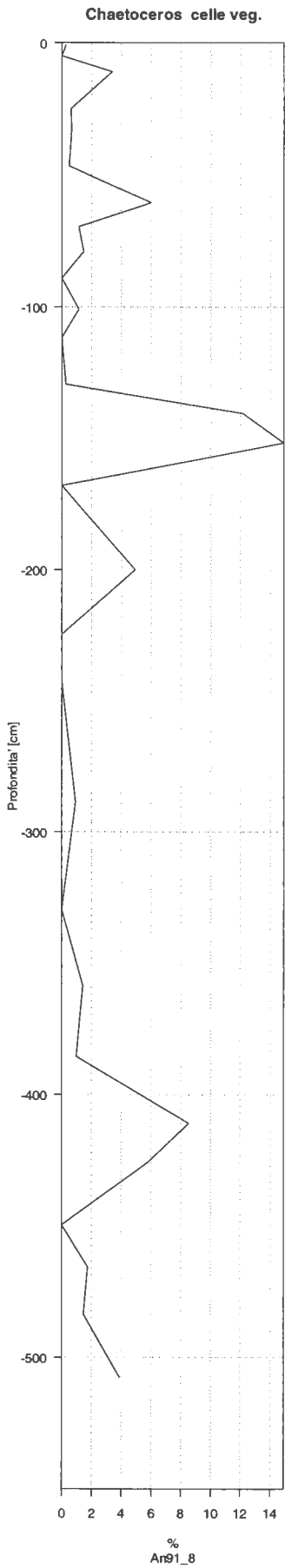
Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Coscinodiscaceae**
Kützing, 1844

Descrizione:

Cellule in genere solitarie, nessun prolungamento esterno (tubo) dei processi, processi marginali labiati talvolta in più di un anello (talvolta anche assenti); i processi labiati sono a volte presenti anche tra il centro valvare ed il margine (posizionati irregolarmente se presenti nella parte centrale della valva) e possono essere di due tipi (forma e/o dimensioni); areole loculate, cribra esterni, foramina interni (SEM).

Caratteristiche generiche:

- Cellule rettangolari o affusolate in vista connettivale, unite in catene di vario tipo o più raramente solitarie;
- Valve allungate e di profilo variabile;
- Presenza di un raphe in genere fortemente eccentrico posizionato lungo un margine valvare;
- Presenza di un canale del raphe composto da ponti di silicio aggettanti attraverso la valva al di sotto del raphe.

Non è comune la formazione di spore.

Struttura delle specie rilevate

<u>Genere</u>	<u>Specie</u>
<i>Coscinodiscus</i>	<i>oculusiridis</i>
<i>Stellarima</i>	<i>microtrias</i>

Famiglia **Coscinodiscaceae**

Genere ***Coscinodiscus***

Descrizione

Considerato uno dei generi di maggiori dimensioni tra quelli planctonici (400-500 taxa ottimamente descritti). Un gran numero di specie sono state trasferite ai generi *Thalassiosira*, *Azpeitia* e *Actinocyclus* o nuovi generi. Presenta pattern radiale delle areole, due processi marginali labiati più grossi (macrorimoportulae) ed un anello marginale di processi labiati più piccoli.

Le varie specie possono differire in:

- forma della cellula in vista cingolare,
- diametro della cellula,
- forma della valva,
- areole (dimensioni) in 10 μm vicino al centro o in periferia e pattern di distribuzione delle areole sulla superficie valvare,
- altezza del mantello, misurato in numero di areole,
- area centrale e forma (rosetta di areole più larghe o assenza di areolazione = ialina),
- presenza o assenza di allineamenti ialini (interspazi o larghe interstrie),
- forma dei processi più grandi e distanza tra di loro,
- distanza tra i processi marginali più piccoli (misurata in numero di areole),
- presenza o assenza di processi sulla superficie valvare.

Specie ***oculusiridis***

Ehrenberg, 1839 emend. Hasl & Sim, 1986

Descrizione:

Cellule discoidali con la parte centrale della valva leggermente concava. Diametro tra i 120-150 μm . Parte centrale della valva caratterizzata da una 'rosetta' di areole più larghe (3.5-4.5 areole in 10 μm) con una piccola parte centrale ialina; l'areolazione risulta leggermente più fitta vicino al margine (2.5-3.5 areole in 10 μm). Il margine valvare è stretto caratterizzato da strie radiali che corrispondono all'areola più esterna. Le aperture delle camere sono ben visibili e la membrana esterna ricoprente caratterizzata da delicati e difficilmente risolvibili poroidi. Pattern di distribuzione delle areole radiale e secondariamente spiralato ben evidente. Due processi asimmetrici piccoli ma generalmente distinguibili (Cupp, 1961).

Stile di vita ed ambiente:

Planctonica piuttosto diffusa

Associazione:

Oceanica

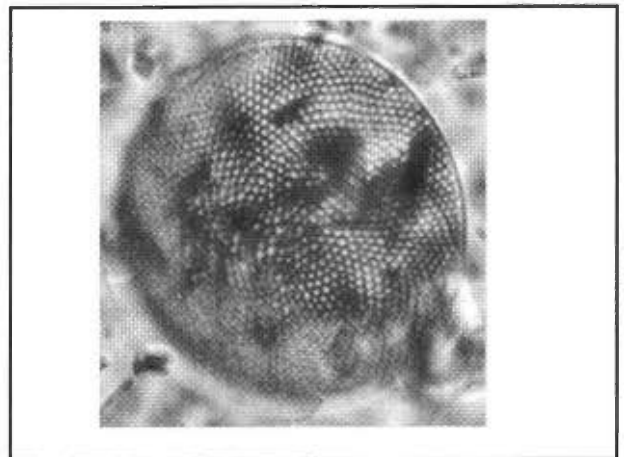
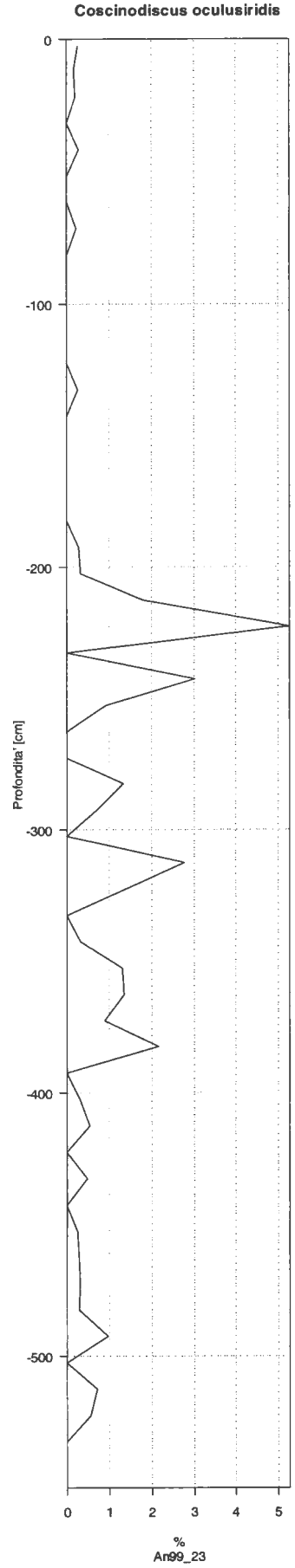
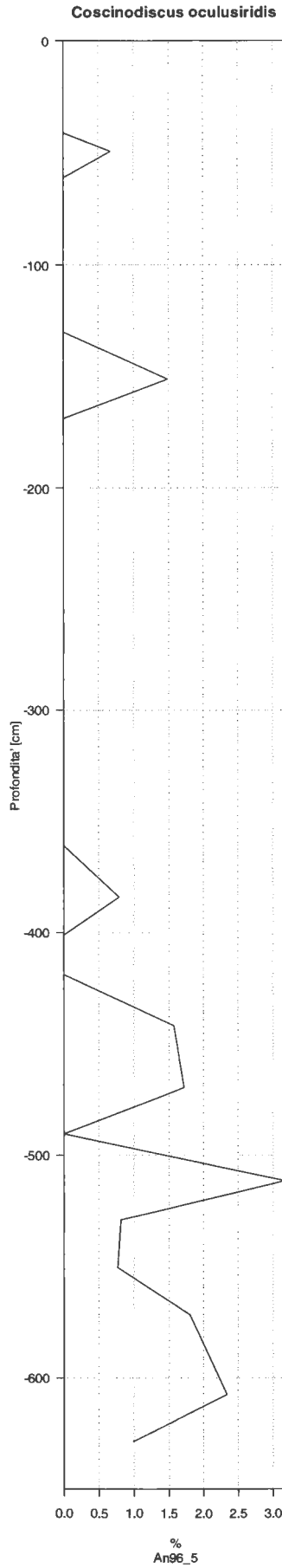
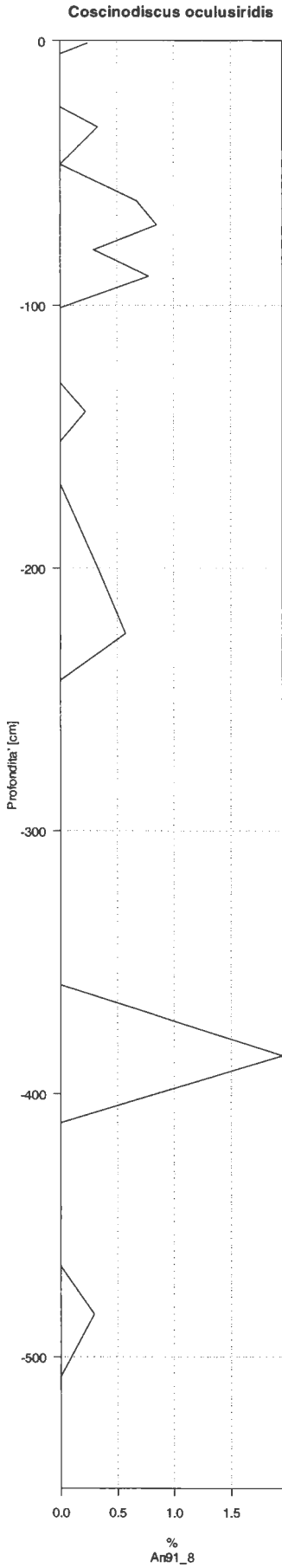


Fig. 1 - *Coscinodiscus oculusiridis*
ANTA99 23 Prof. 11-12 cm.1000Xfatt.1

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Coscinodiscaceae**

Genere ***Stellarima***
Hasle & Sims, 1986

Descrizione:

Cellula a forma di tamburo, discoidale o lenticolare; valve più o meno convesse in funzione delle dimensioni del diametro, areole in file radiali, areole loculate, cribra esterni, foramina interni (SEM), 'areole specializzate' con un particolare tipo di velum (SEM), il centro della valva con una piccola area ialina che presenta uno o un singolo gruppo di processi labiati (da uno a otto) (SEM), nessun processo marginale.

Specie ***microtrias***
(Ehrenberg) Hasle & Sims, 1986

Sinonimi *Coscinodiscus symbolophorus* Grunow
Coscinodiscus furcatus Karsten, 1905
Coscosira stellaris (Roper) Heiden var. *symbolofora* (Grunow) Heiden & Kolbe, 1928

Descrizione:

Nel materiale vivente forma lunghe catene che presentano un punto di attacco da centrale ad eccentrico per le cellule adiacenti.

I processi labiati centrali sono abbastanza ben distinguibili al LM ed hanno una disposizione caratteristica.

Questa specie forma spore endogene fortemente silicizzate, generalmente identificate come *Coscinodiscus symbolophorus* all'interno di cellule debolmente silicizzate precedentemente identificate come *Coscinodiscus furcatus* (Syvertsen, 1985).

Stile di vita ed ambiente:

Oceano Meridionale, in masse d'acqua con temperature comprese tra -2° e 2°C e massima presenza (nel Mare di Weddell) a temperature inferiori a -1°C (Zielinski & Gersonde, 1998).

Associazione:
criofila ?

Fig. 1 -*Stellarima microtrias*: a) visione del cingolo con spora endogena, b) valva con i processi labiati (da Hasle & Syvertsen, 1990c); Scala: barra =20 µm.

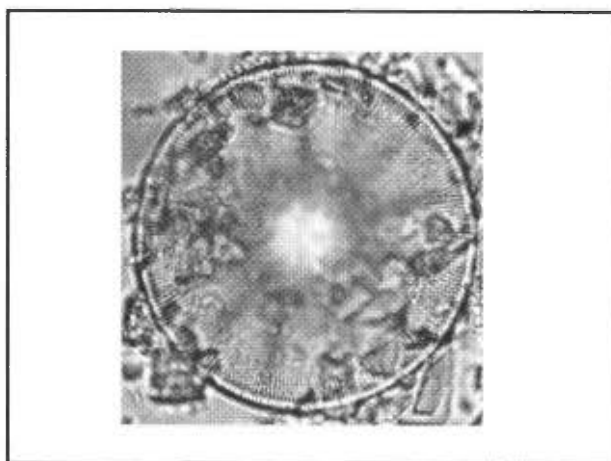
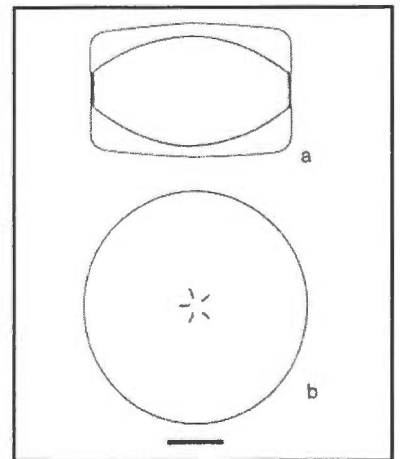


Fig. 2 - *Stellarima microtrias*
ANTA91 8 Prof. 4-6 cm.1000Xfatt.1

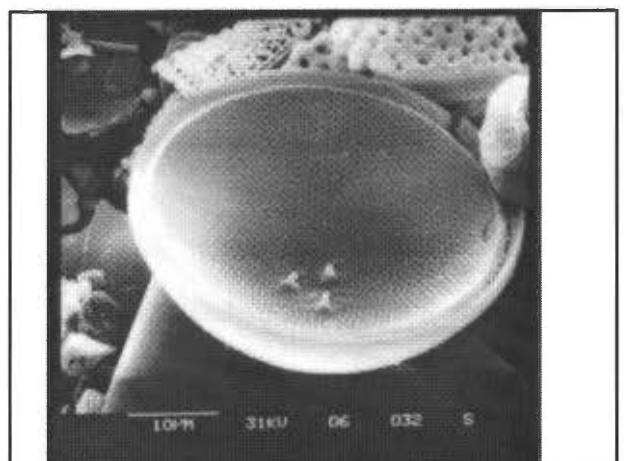
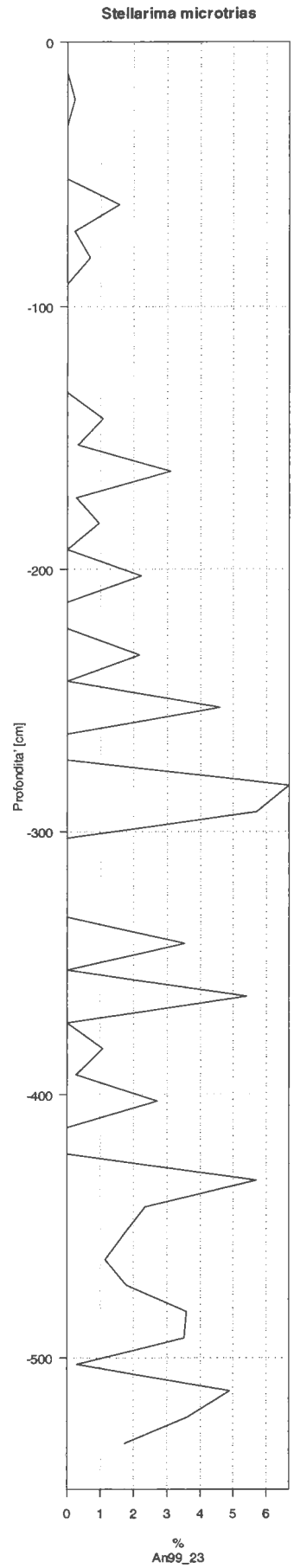
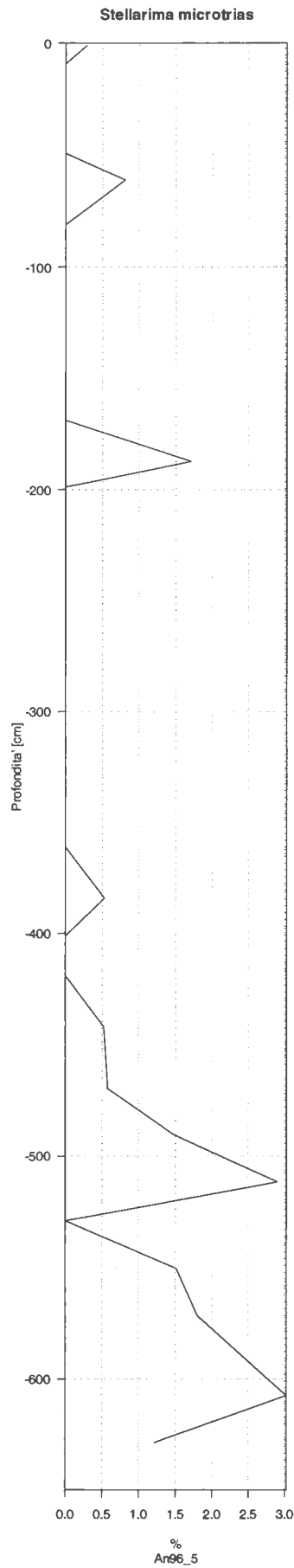
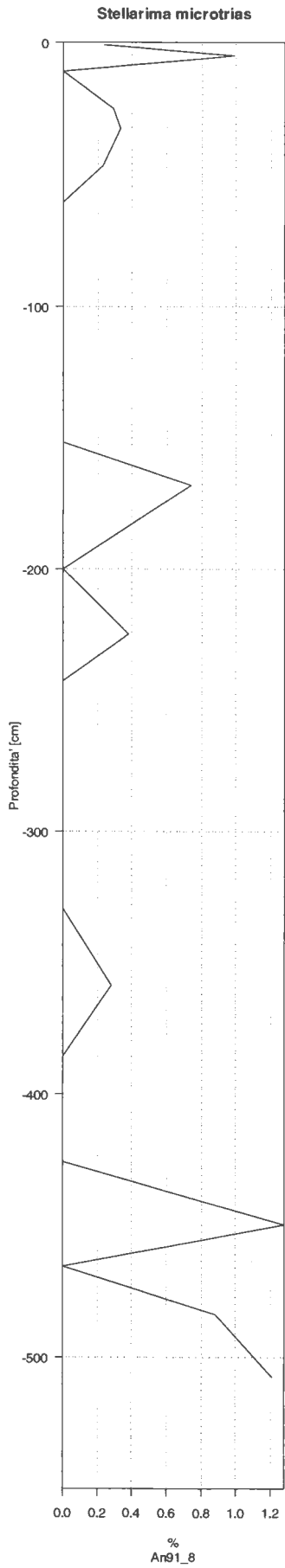


Fig. 3 -*Stellarima microtrias*
ANTA91 8 Prof. 241-244 cm.(27019931)

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Heliopeltaceae**
H.L.Smith, 1872

Descrizione:

Questa famiglia è rappresentata dai generi *Actinoptychus* ed *Aulacodiscus* (anche se Round et al. 1990 considerò *Aulacodiscus* Ehrenberg nella Famiglia Aulacodiscaceae (Schutt) Lemmermann).

I due generi sono principalmente bentonici; due sole specie sono state riscontrate e classificate nel plancton.

Genere **Actinoptychus**
Ehrenberg, 1843

Descrizione

Cellule discoidali solitarie. Valve suddivise in settori (6 nel comune *A. senarius* (= *A. undulatus*) ma più di 20 in altre) alternativamente elevati e depressi; perciò, in vista connettivale, il frustulo risulta ondulato. I settori elevati possono avere una struttura leggermente differente dal resto della valva. Area centrale piana o granulata. Areole in strie radiate, che si aprono attraverso semplici pori verso l'esterno ma su gran parte della superficie il silicio è ondulato ed granulata e caratterizzata da gruppi di areole. Internamente, le areole ben conservate sono chiuse da vela a cupola.

I tubuli esterni dei rimoportula sono prominenti generalmente localizzati nel mezzo del bordo marginale dei settori elevati, al limite tra faccia valvare e mantello dei settori elevati (Ricard, 1987); nella corrispondente posizione dei settori depressi sono presenti invece delle depressioni (chiamate pseudopores da Andrews, 1979).

Le aperture interne dei rimoportula tendono a disporsi ad angolo retto rispetto al margine valvare e sono sia diritte che curve. La struttura della valva è bullulata. Il margine della faccia valvare si trasforma spesso in un orlo inspessito o è marcato da una speciale ornamentazione al di sotto della quale si estende il pattern distintivo del mantello valvare.

Il mantello valvare ha spesso spine, escrescenza a forma di verruca, ponti silicei ecc. ed il margine si trasforma in una flangia liscia. Copulae piane, spaziate e larghe.

Un genere con numerose specie e varietà alcune delle quali necessitano di approfondimento. Anche la sua ecologia necessita studi.

Molte specie fossili.

Famiglia **Heliopeltaceae**

Genere ***Actinoptychus***

Specie ***senarius***
(Ehrenberg) Ehrenberg, 1862

Sinonimi *Actinoptychus undulatus* (Bailey) Ralfs in Pritchard, 1861

Descrizione:

Cellule solitarie discoidali con le valve suddivise in settori, generalmente sei, alternatamente in rilievo e depressi rispetto alla superficie valvare.

E' presente un'area centrale non areolata (ialina), dal conterno esagonale in vista valvare. Il margine valvare ha un bordo ben sviluppato e striato radialmente.

Ogni settore rilevato presenta un processo labiato con un prolungamento esterno. L'areolazione è grossolana ed irregolare. Diametro compreso tra 20 e 150 µm.

Produce auxospore che presentano settori molto mal definiti, ma che comunque si distinguono facilmente dalle altre forme centriche.

Stile di vita e ambiente:

Bentonico cosmopolita, molto comune in associazioni neritiche, probabile componente principale di associazioni che vivono libere o attaccate ad altre alghe in sedimenti costieri.

Associazione: Littorale

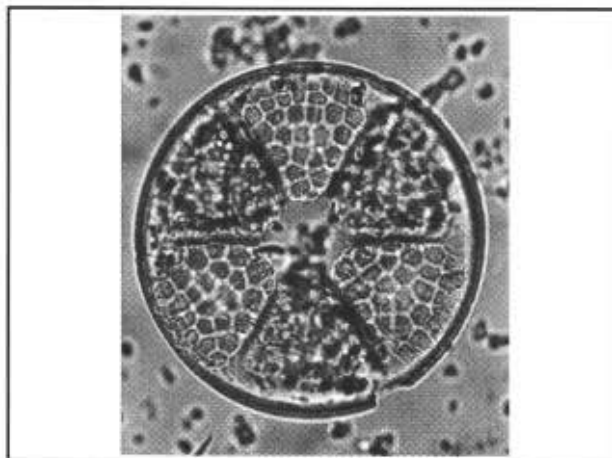


Fig. 1 - *Actinoptychus senarius*
ANTA99 23 Prof. 192-193 cm. 1000Xfatt. 1



Fig. 2 - *Actinoptychus senarius*
ANTA96 5bis Prof. 441-443 cm. 1000Xfatt. 0.8

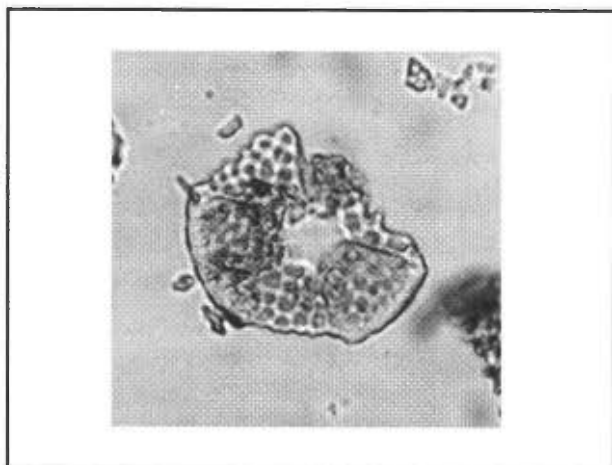


Fig. 3 - *Actinoptychus senarius*
ANTA96 5bis Prof. 168-170 cm. 1000Xfatt. 0.8

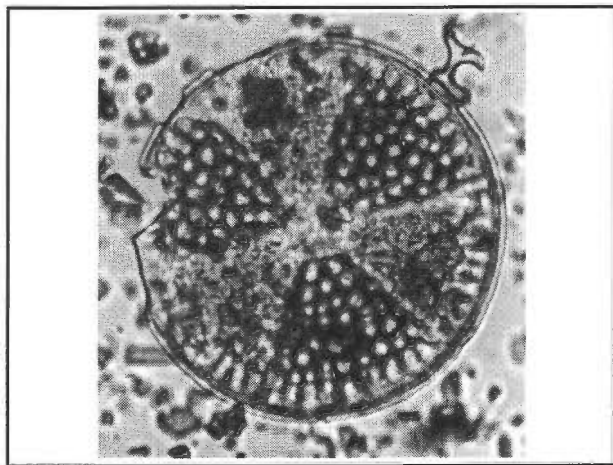
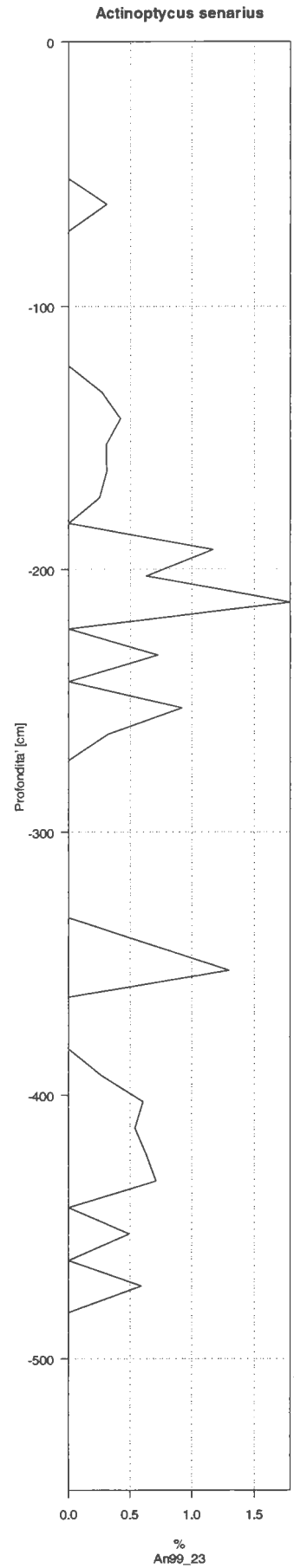
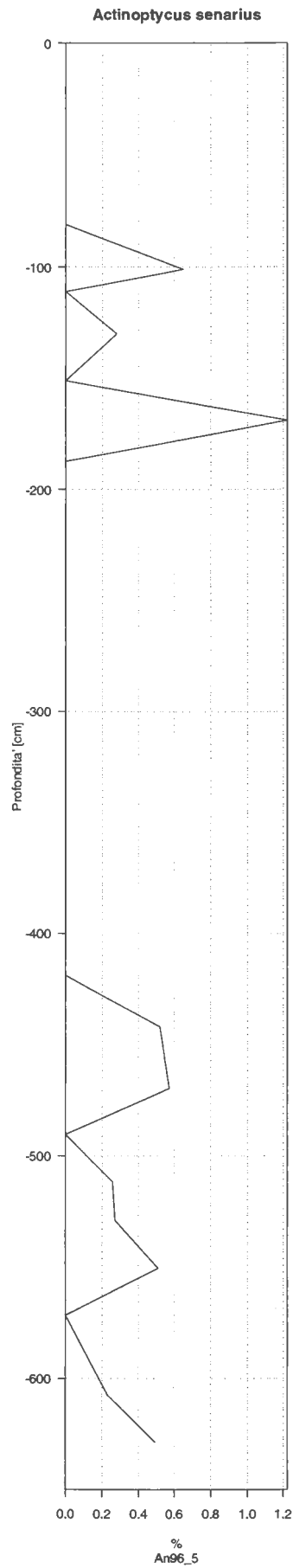
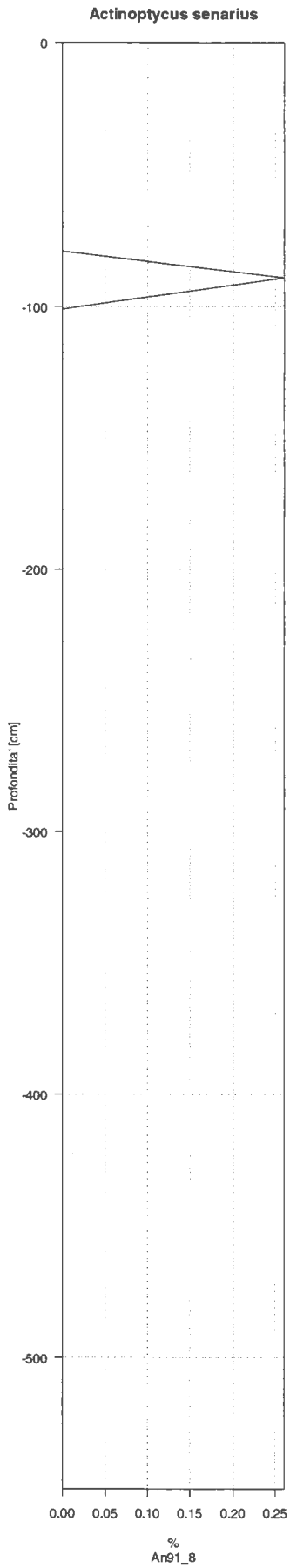


Fig. 4 - *Actinoptychus senarius*
ANTA96 5bis Prof. 441-443 cm. 1000Xfatt. 1

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia Hemidiscaceae

Hendey, 1937 emend. Simonsen, 1975

Descrizione:

Cellule da cilindriche basse a discoidali con poche bande imperforate (ialine); areole loculate (SEM) con cribra esterni e foramina interni (SEM); areolazione radiale delle valve spesso fasciculata; più o meno differente areolazione tra la faccia valvare ed il mantello; un anello marginale di processi labiati larghi, simili in forma e generalmente anche in dimensioni.

La principale caratteristica diagnostica è lo pseudonodulo: una struttura da marginale a submarginale, generalmente uno per valva; al LM risulta come un foro aperto o un'area coperta da areole più piccole densamente compattate.

Caratteristiche comuni ai generi *Actinocyclus*, *Azpeitia*, *Hemidiscus* (e *Roperia*):

cellule da cilindriche a discoidali,

alcune bande, imperforate (hyaline),

areole loculate (SEM),

cribra esterni e foramina interni (SEM),

l'areolazione delle valve è radiale spesso fasciculata,

faccia valvare e mantello più o meno differenti nell'areolazione,

un anello marginale di larghi processi labiati, simili in forma e generalmente anche in dimensioni.

Genere *Actinocyclus*

Ehremberg, 1837

Descrizione

Cellule a forma di tamburo le valve sono circolari (raramente ellittiche o triangolari) suddivise in settori radiali; la faccia valvare piana o ondulata concentricamente. Superficie corrugata con sottili pori esterni (troppo piccoli per essere visti anche al SEM) ed uno pseudonodulo marginale.

Mantello valvare distinto, profondo e diritto, caratterizzato da larghe aperture corrispondenti a rimoportula semplici. Internamente si possono notare le areole organizzate secondo vari tipi di areolazione e chiuse da vela rialzati a cupola; si possono notare inoltre i rimoportulae evidenti e larghi generalmente inclinati rispetto al margine valvare. Lo pseudonodulo risulta come un'area chiara. Il cingolo è composto da larghe copulae aperte.

Differenze interspecifiche:

- tipi di fascicolazione e posizione del processo labiato: alla fine del margine e/o areola centrale di una fila di un fascio,

- annulus distinto o indistinto,

- pseudonodulo distinto o indistinto,

- posizione dello pseudonodulo.

Generalmente vivono epifite sulle alghe, ma spesso si incontrano nel plancton costiero.

E' probabilmente una delle diverse forme marine che si sono insediate in acque dolci a causa della crescente eutrofizzazione.

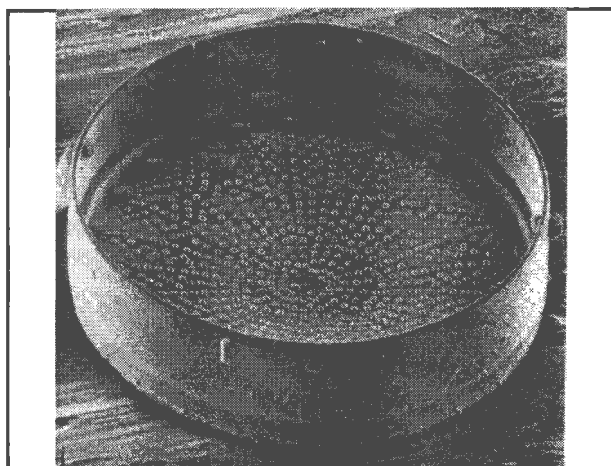


Fig. 1a - *Actinocyclus* sp.

nota areolazione ed anello di processi labiati sul margine

Famiglia Hemidiscaceae

Genere *Actinocyclus*

Specie *actinochilus*
(Ehrenberg) Simonsen, 1982

Sinonimi *Coscinodiscus actinochilus* Ehrenberg, 1854
Charcotia actinochilus Peragallo, 1921
Charcotia actinochilus Hustedt, 1958

Descrizione:

Larghi processi labiati, chiaramente visibili al LM, posizionati su una banda hyalina tra le file di areole valvari ed il margine, alla fine delle file marginali delle fascicolazioni. E' variabile la presenza e la struttura di un annulus centrale assieme alla presenza ed alla larghezza degli spazi ialini tra le file di areole radiali.

Lo pseudonodulo ha più o meno la stessa dimensione di un'areola, localizzato sulla banda ialina, evidente al LM ma difficile da riconoscere in molti esemplari; esso varia internamente (SEM) assomigliando ad una larga depressione circolare o ad un piccolo foro con una depressione centrale.

Stile di vita ed ambiente:

Forma neritica la cui presenza è associata a temperature comprese tra i -2° ed i +2° C, ma ottimale tra -1° e circa 1° C (Zielinski & Gersonde, 1998).

Associazione:

Importante componente nell'associazione microalgale antartica (Arthur Harbor), assieme a *Eucampia antarctica*, relativa a picchi di fioriture estive (Krebs, 1983).

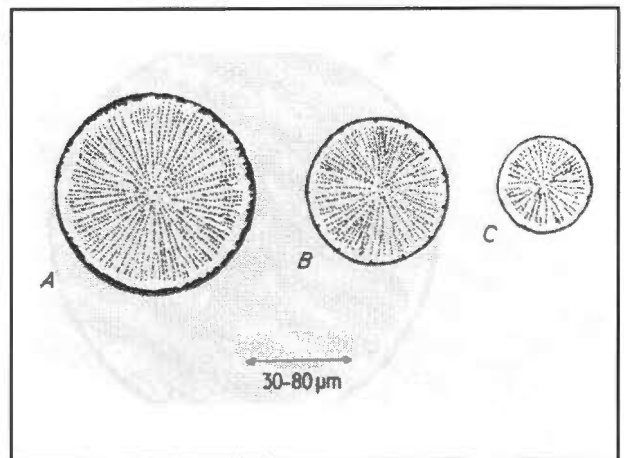


Fig. 1 - *Actinocyclus actinochilus*
Cellule in vista valvare, tutte alla stessa scala (Priddle & Fryxell, 1985)

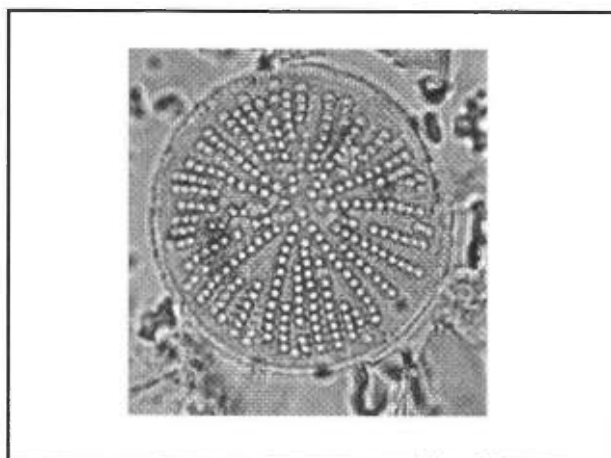


Fig. 2 - *Actinocyclus actinochilus*
ANTA91 8 Prof. 0-2 cm. 1000Xfatt. 1

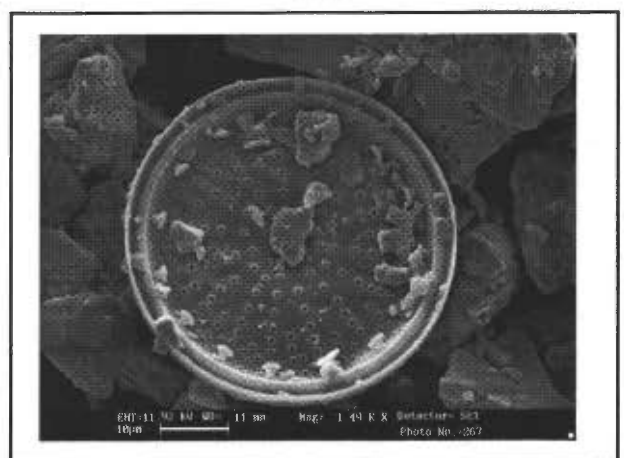
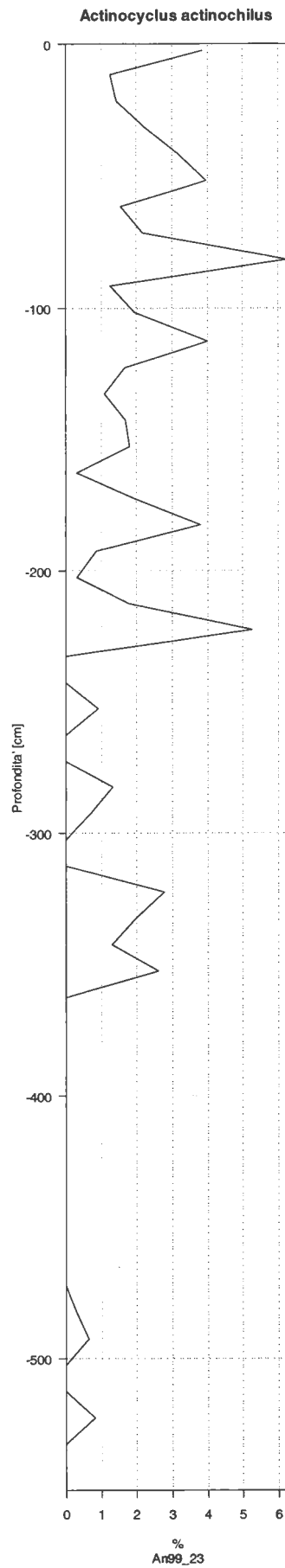
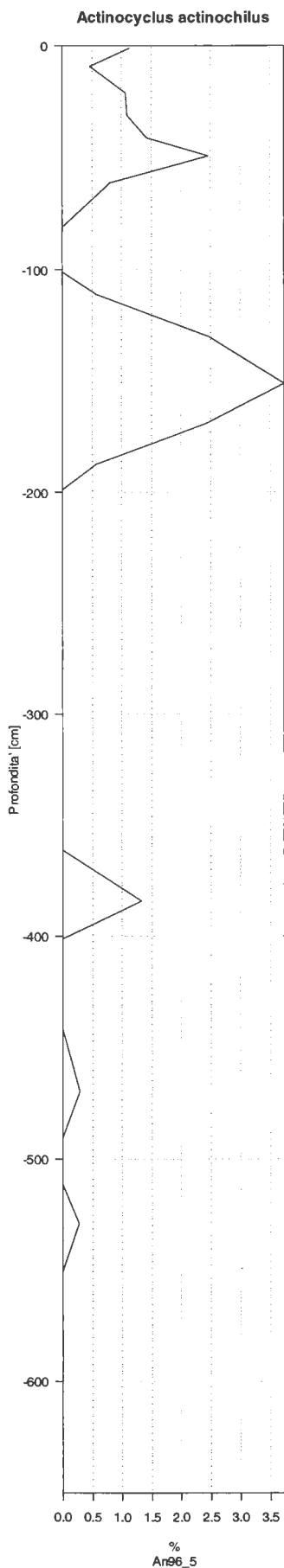
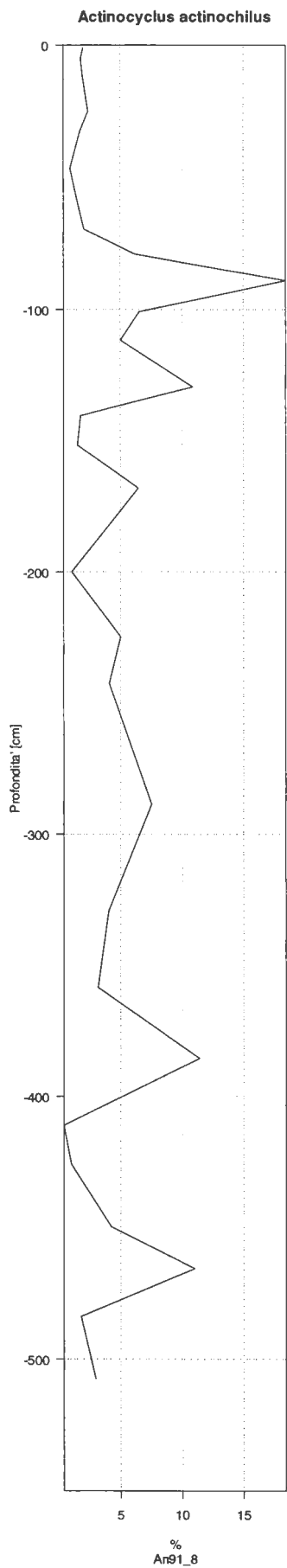


Fig. 3 - *Actinocyclus actinochilus*
ANTA99 23 Prof. 212-213 cm. (200201 4305)

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia	Hemidiscaceae
Genere	<i>Actinocyclus</i>
Specie	<i>ingens</i> Rattray, 1890
Sinonimi	<i>Coscinodiscus elegans</i> Greville, 1866 <i>Coscinodiscus novaezealandicus</i> Hanna, 1932 <i>Actinocyclus tsugaruensis</i> Kanaya, 1959 <i>Coscinodiscus margaritaceus</i> Castracane, in Muchina, 1979

Descrizione:

Frustulo fortemente silicizzato dal diametro (in aree antartiche generalmente attorno a 40-50 μm) ed ornamentazione molto variabile. Faccia valvare piatta o con una parte centrale più o meno sviluppata e depressa o rialzata. In generale le areole sono rotonde ed isolate, distribuite in file alternatamente lunghe e corte; di queste file le più lunghe (primarie) si estendono radialmente verso il centro della valva. Le dimensioni delle areole decresce dal centro della valva verso il margine. La superficie esterna della zona centrale non areolata è piatta e non ornamentata. Lo pseudonodulo è in posizione marginale sulla faccia valvare e difficilmente risolvibile al microscopio ottico. Le areole presentano esternamente cribra rotondi ed internamente dei foramina con un margine più marcatamente silicizzato. Il mantello valvare è caratterizzato da areolazione differente e più piccola rispetto alla faccia valvare. Sulla parte superiore o centrale del mantello valvare è presente un anello di processi labiati, al cui interno sono caratterizzati da una struttura a labbra parallela alla tangente marginale.

Distribuzione stratigrafica:

Questa specie risulta marker zonale del Pleistocene (Harwood & Maruyama, 1992; Gersonde & Bàrcena, 1998):

***Actinocyclus ingens* Partial Range Zone**

0.65-1.8 Ma (inizio dello stage isotopico 16)

definita alla base dal LAD di *Proboscia barboi* ed al top dalla LAD di *Actinocyclus ingens*.

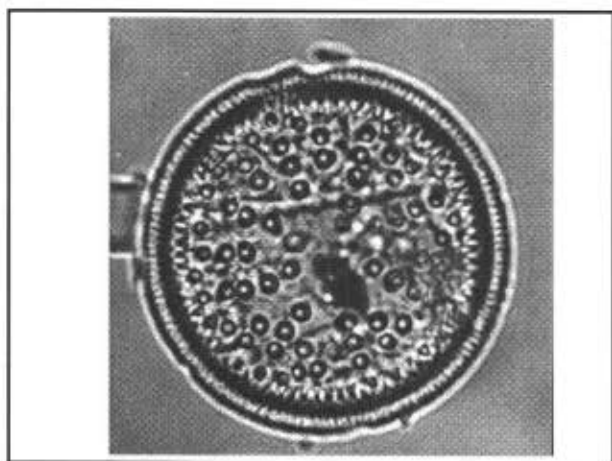


Fig. 1 - *Actinocyclus ingens*
ANTA 96 5bis Prof. 441-443 cm. 1000Xfatt1

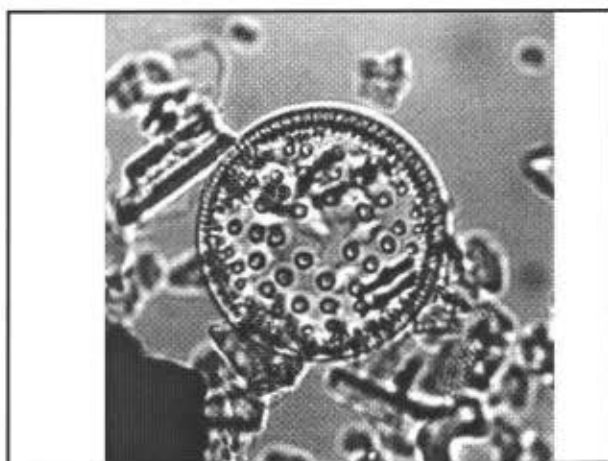
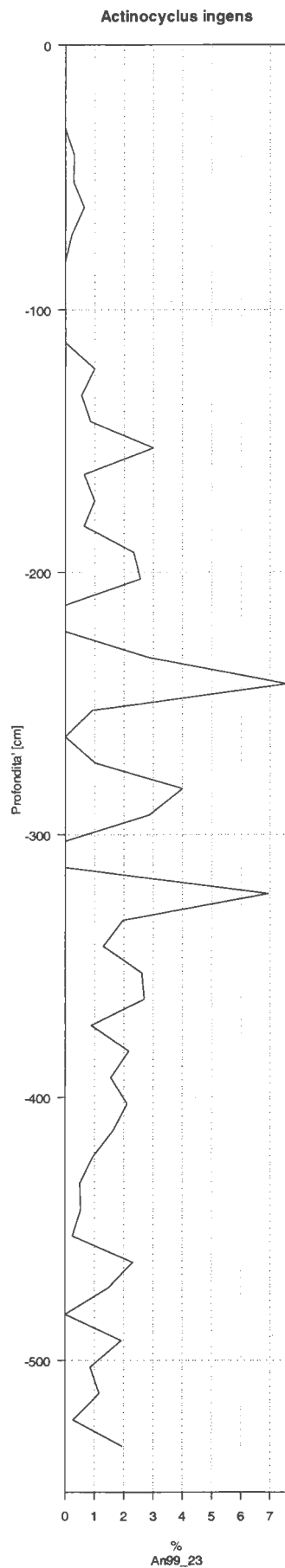
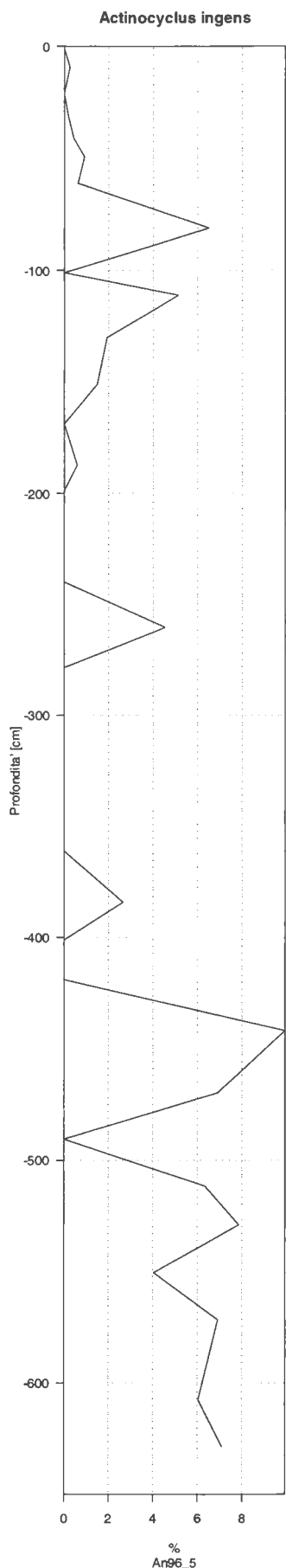
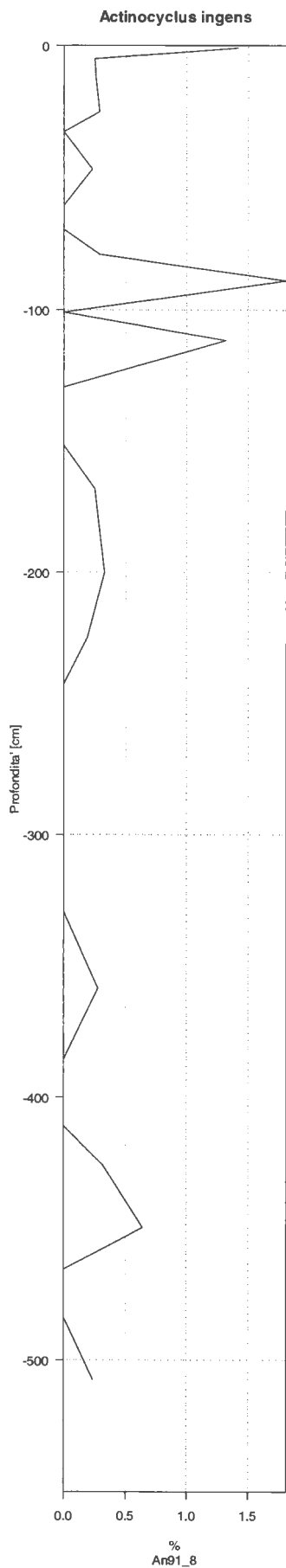


Fig. 2 - *Actinocyclus ingens*
ANTA96 5bis Prof. 418.5-419.5 cm. 1000Xfatt.0.8

Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Leptocyliindraceae****Descrizione:**

Cellule cilindriche, singole o unite assieme in catene mediante la parte piatta delle valve. Molte bande intercalari simili a collari. Presenza di un anello di spine marginali, piccole, simili a lembi (flap-like ?) o triangolari, lunghi ed unici in forma come in *Choretron*.

Genere ***Corethron***
Castracane, 1886

Descrizione

Genere 'bispecifico' (*C. criophilum* e *C. inerme*) caratterizzato dalla presenza di lunghe protuberanze silicee chiamate spine che formano il bordo della faccia valvare.

Cellule cilindriche con valve più o meno a forma di cupola, cingolo composto da molte bande, valve con spine marginali lunghe (barbate) e debolmente uncinato (pinzate).

C. criophilum è cosmopolita ma con massima presenza in acque antartiche; *C. inerme* non è per ora mai stato trovato al di fuori della zona antartica.

Precedentemente attribuito alla famiglia delle Melosiraceae (Simonsen, 1979) a causa di alcune caratteristiche morfologiche, viene qui considerato, secondo Crawford & Round (1989), ad una famiglia a se stante.

Specie ***criophilum***
Castracane, 1886

Descrizione:

Cellule cilindriche con valve più o meno a forma di cupola, cingolo composto da molte bande, valve con spine marginali lunghe (barbate) e debolmente uncinato (pinzate).

E' eterovalvare; una valva infatti è fatta a cupola con un ampio bordo dentellato e girato in su. Entro questo bordo vi sono delle cavità particolari entro le quali si inserisce la base di lunghe spine dentate e tendenti all'assottigliamento la cui sezione è a forma di T; il top dello strato a T giace adiacente al bordo valvare (vedi fig. SEM). Questa valva è caratterizzata da delicati filamenti tipo capelli (strutture difficilmente riscontrabili allo stato fossile).

L'altra valva ha un anello di spine di due tipi: spine simili a quelle sopra descritte si alternano con spine più corte con caratteristiche estremità a forma di uncino (vi sono versioni destrorse e sinistrorse di queste spine) che presentano, vicino alla base, una espansione.

Non presenta processi provvisti di tubuli ed entrambe le valve e le bande scalari del cingolo sono finemente areolate.

Stile di vita ed ambiente:

Planctonico, marino con cellule solitarie, raramente ritrovate in corti filamenti.

E' cosmopolita ma con massima presenza in acque antartiche.

(Vedere tabelle sul libro p. 97)

Associazione: criofila

Presente attualmente in buone percentuali, nelle associazioni di mare aperto, nel greese ice, nel pancake ice ed in percentuali minori vicino al margine glaciale (Gleitz & Thomas, 1993).

Osservazioni:

Nelle carote esaminate è stato riscontrato in basse percentuali non superiori al 2%.

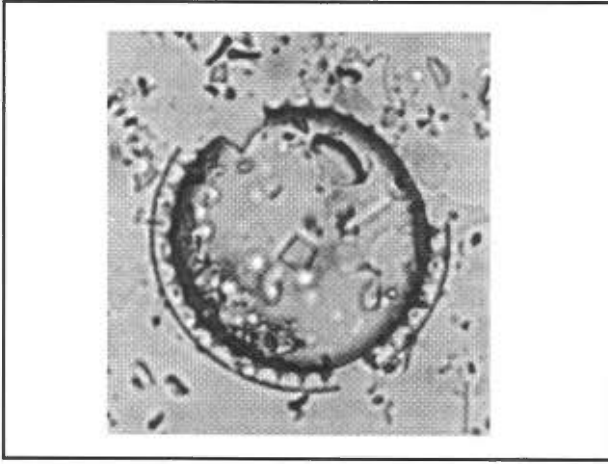


Fig. 1 - *Corethron criophilum*
ANTA91 8 Prof. 241-244 cm. 1000Xfatt. 1

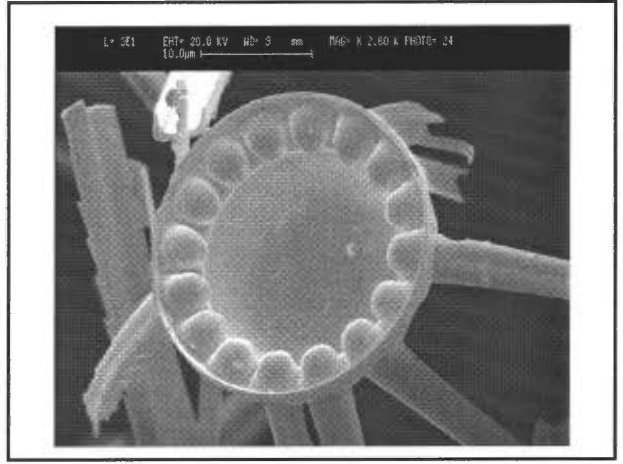


Fig. 2 - *Corethron criophilum*
(260600 ANT27103)

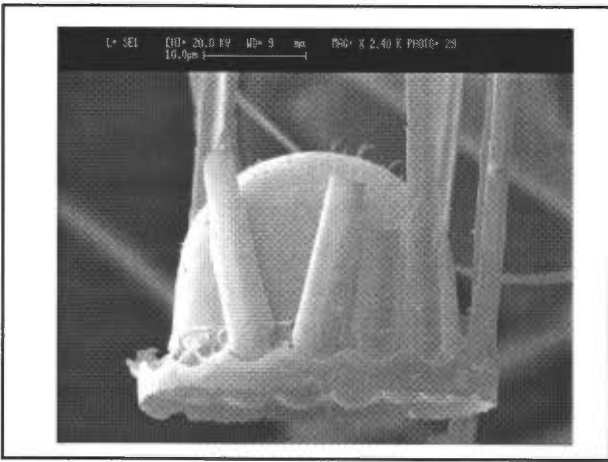
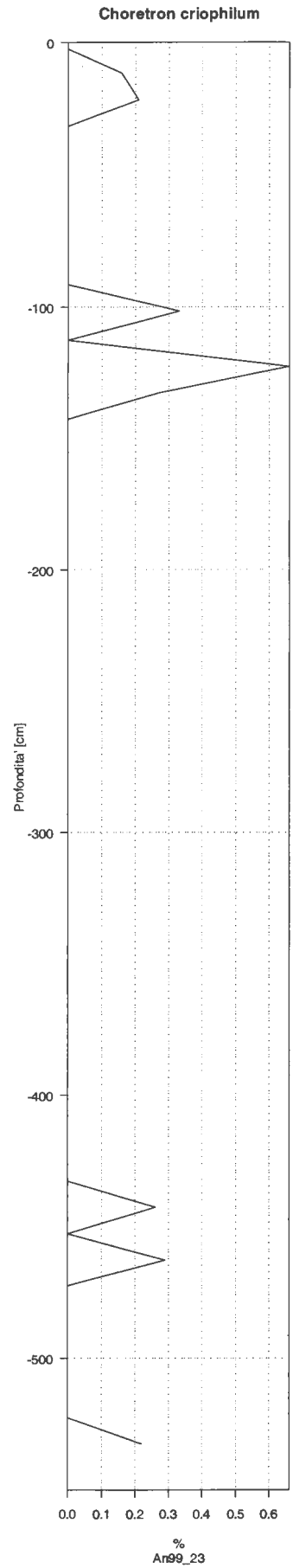
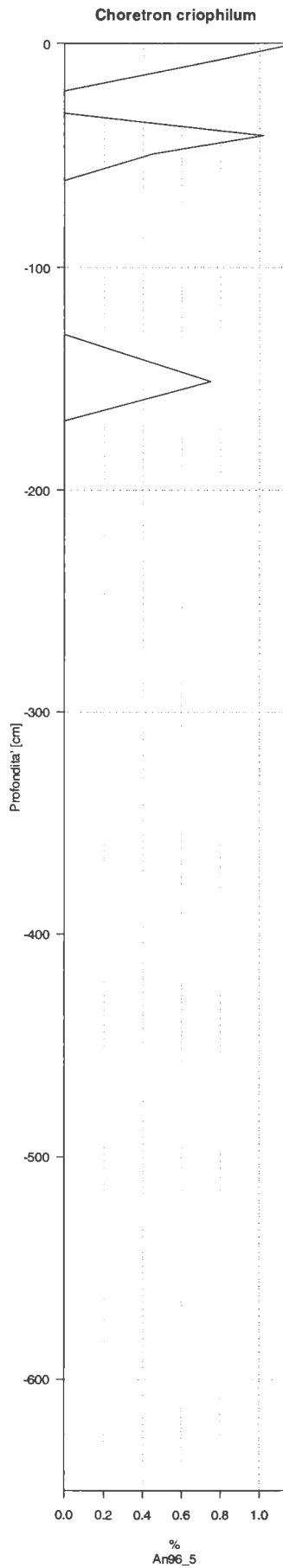
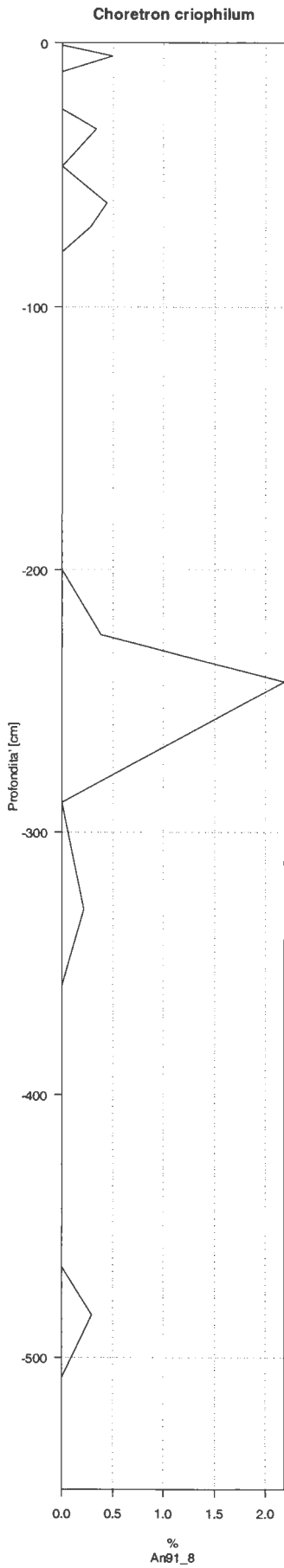


Fig. 3 - *Corethron criophilum*
(260600 ANT27108)

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Melosiraceae**
Kützing, 1844

Descrizione:

I generi di questa famiglia sono caratterizzati da un marcato sviluppo dell'asse pervalvare, un anello marginale di processi labiati (talvolta ridotti) ed un contorno in vista valvare principalmente circolare.

Genere ***Paralia***
Heiberg, 1863

Descrizione

Cellule cilindriche con asse pervalvare più corto rispetto al diametro valvare.

Valve circolari, convesse con un mantello valvare basso, diritto e corto ed un cingolo ben sviluppato; presenta eterovalvarità in quanto le valve terminali della colonia differiscono da quelle intercalari in quanto conservano delle strutture d'aggancio ridotte ed hanno un mantello più corto.

Le valve intercalari hanno una zona centrale ialina, una zona intermedia con coste e scanalature radiali alternantesi e successivamente un'altra zona ialina. La zona marginale ialina, da depressa a piana, è bordata da spine piatte in alternanza a dei 'pori' corrispondenti alle aperture esterne dei processi labiati. Le valve terminali sono convesse ed hanno una serie radiale di coste ridotte ed un anello marginale di pori. La struttura del mantello è complessa con pori, camere e tubuli interni in corrispondenza delle coste radiali.

Bande connettivali strette, forate da fessure parallele all'asse valvare ad eccezione della banda intercalare non punteggiata (Ricard, 1987).

Colonie a catena i cui elementi sono tenuti assieme dall'aggancio delle spine marginali e delle strutture radiali della faccia valvare delle due cellule adiacenti.

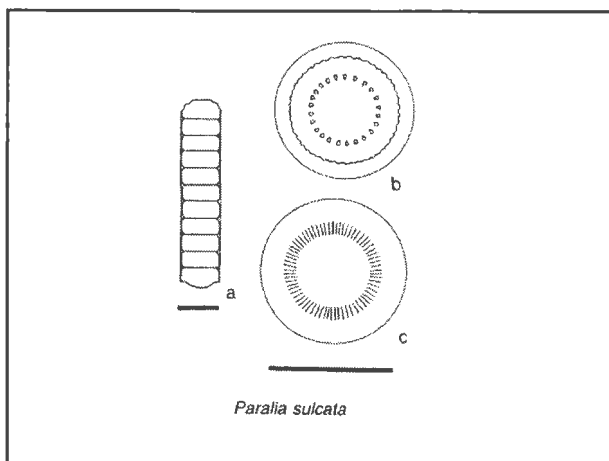


Fig. 1 - Visione schematica di *Paralia sulcata*

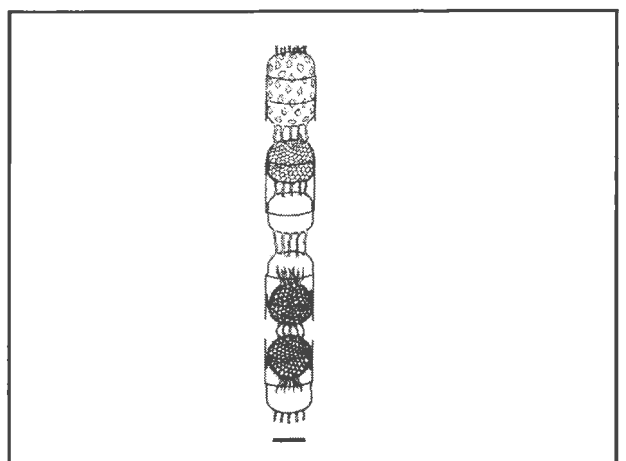


Fig. 2 - Colonia di *Stephanopyxis*

Famiglia	Melosiraceae
Genere	<i>Paralia</i>
Specie	<i>sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve, 1873
Sinonimi	<i>Melosira sulcata</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844

Descrizione:

Parete cellulare estremamente silicizzata (grossolana). Cellule più larghe che lunghe, faccia valvare appiattita. Forma eterovalvare in quanto le valve finali delle catene di cellule non presentano spine marginali ed hanno le strutture a coste e scanalature ridotte.

Asse pervalvare 3-45 µm.

Diametro 8-130 µm.

Ambiente e stile di vita:

Forma meroplanctonica con una fase di vita iniziale bentonica e successivamente planctonica.

Importante componente sia del fitoplancton sia del fitobenthos, caratteristica particolare difficilmente riscontrabile in altre specie bentoniche. Questa differenza sembra essere dovuta alla tipologia di ancoraggio al substrato; quello adottato da *P. sulcata* è più debole e perciò questa specie è più facilmente staccabile e presa in carico dalle correnti, soprattutto in periodi invernali.

Spesso associata a substrati sabbiosi ma trovata anche fiorente in sedimenti più fini.

Considerata forma marina sembra sia in grado di tollerare anche un range di salinità più ampio (5-35 ‰); inoltre alcuni autori notano una correlazione tra il diametro della valva e fattori ambientali quali salinità e temperatura nonché condizioni di luce, nutrienti e turbolenza delle acque.

In alcuni studi recenti in climi temperati è stata riscontrata nel record planctonico durante tutto l'anno dimostrando tolleranza nei confronti della temperatura e la capacità di crescere in una ampia gamma di condizioni ambientali (McQuoid & Hobson, 1998).

Associazione:

Indicatrice di ambiente neritico costiero e di piattaforma (Sancetta, 1983).

La diversità di condizioni ambientali associate a questa specie in bibliografia la rende un indicatore paleoambientale da usare con cautela.

Barker et al. (1999) la interpretano come associata, anche in sedimenti del Miocene superiore, ad ambienti neritici di piattaforma continentale caratterizzati da acque poco profonde.

McQuoid & Hobson (2001) interpretano il suo aumento in abbondanza durante l'Olocene associato ad un cambiamento nella disponibilità di ambienti bentonici correlato ad un abbassamento del livello marino.

Osservazioni:

Nonostante in climi temperati freddi abbia dimostrato di preferire acque temperate (Zong, 1997), in queste carote è stata osservata aumentare in percentuale di presenza in periodi di bassa paleoproduttività.

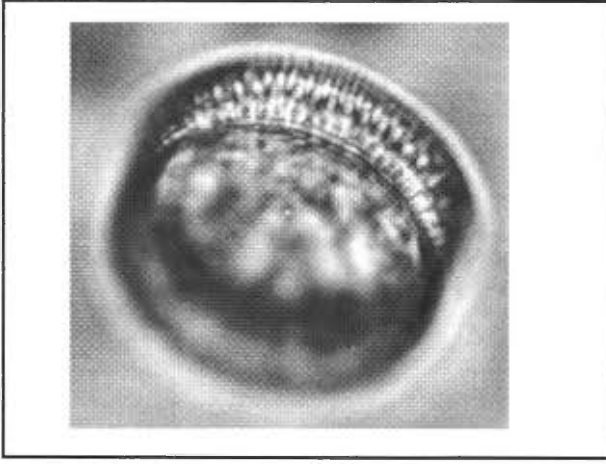


Fig. 1 - *Paralia sulcata*
ANTA 91 8 Camp. 59-62 cm. 1000Xfatt.2

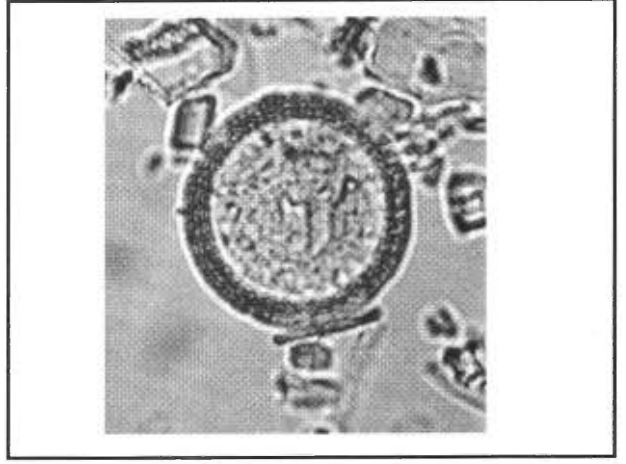


Fig. 2 - *Paralia sulcata*
ANTA 91 8 Camp. 31-34cm. 1000Xfatt.1

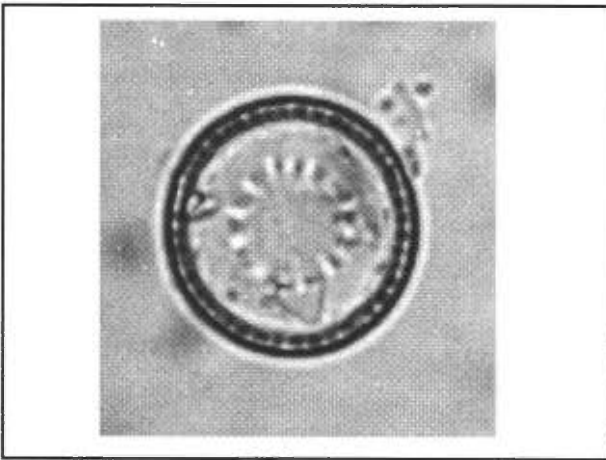


Fig. 3 - *Paralia sulcata*
ANTA 96 5bis Camp. 129-131cm. 1000Xfatt.1

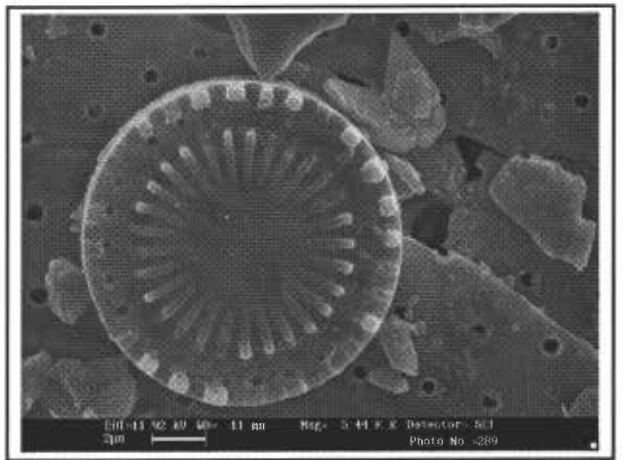
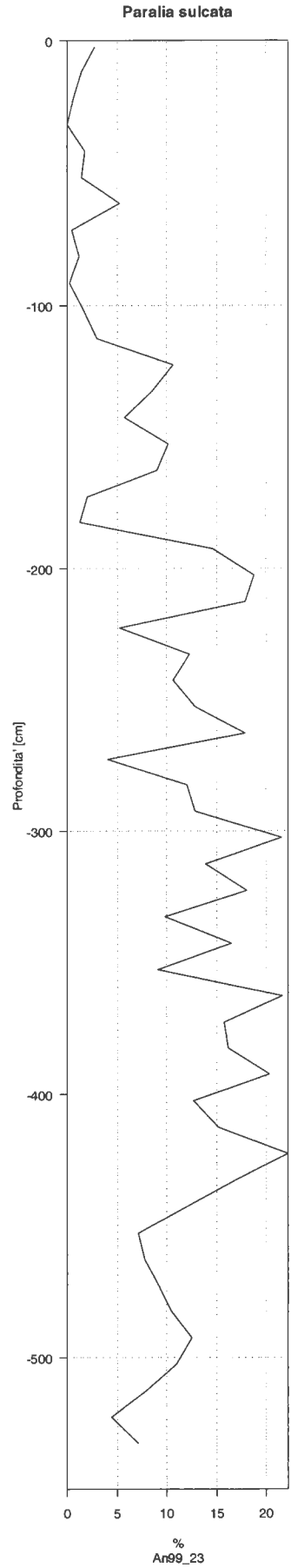
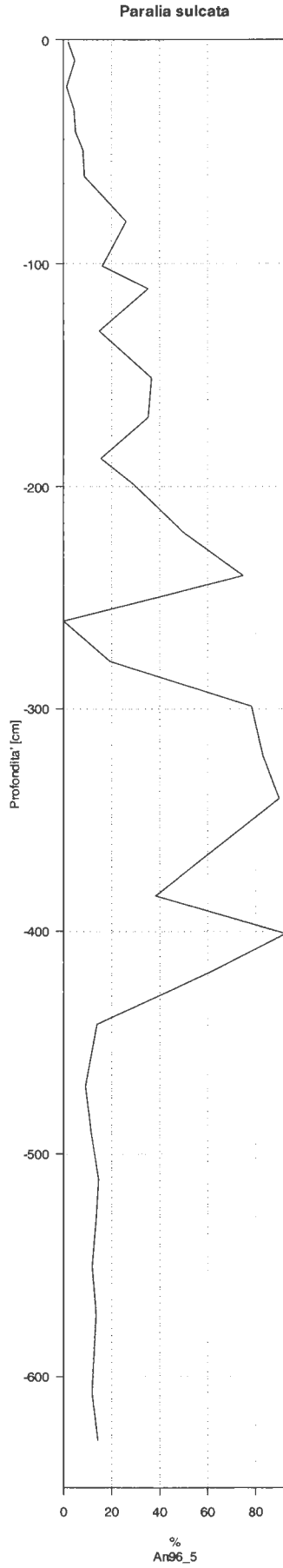
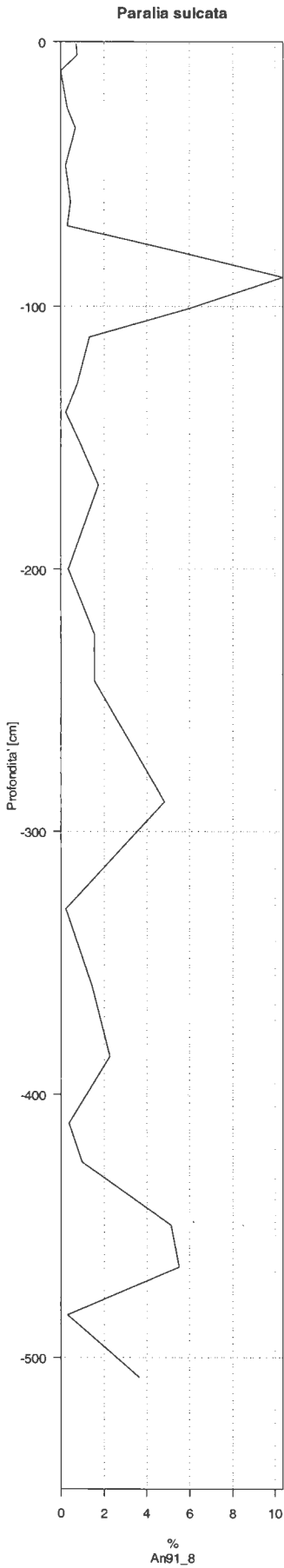


Fig. 4 - *Paralia sulcata*
ANTA 99 23 Camp. 81-82 cm.

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Melosiraceae**

Genere ***Stephanopyxis***
(Ehremberg) Ehremberg, 1845

Descrizione:

Cellule in colonie a catena tenute assieme da lunghe estensioni esterne dei processi labiati.

Mantello valvare alto, più o meno ricurvo; parete valvare con areole esagonali larghe e con larghi foramina esterni. Presenta spore resistenti (semiendogene).

Il cingolo è formato da molte bande.

Il microscopio elettronico ha rivelato strutture del mantello valvare, interpretate in vari modi, che hanno una certa similarità con gli pseudoloculi; vengono generalmente chiamate areole loculate con ampi foramina.

Genere ***Stephanopyxis***

Specie ***grunowii***
Grove & Sturt, 1888 in Schmidt et al., 1874-1959

Distribuzione stratigrafica:
forme rimaneggiate mioceniche.

Genere ***Stephanopyxis***

Specie ***turris***
(Greville & Arnott) Ralfs in Pritchard, 1961

Descrizione:

Le strutture esterne dei processi labiati si uniscono a mezza strada tra due cellule adiacenti a formare la colonia; mantello valvare alto, più o meno curvo con areole larghe esagonali tutte della stessa taglia sull'intera valva, con larghi foramina esterni.

Spore resistenti (semiendogene) presenti.

Habitat:
acque da temperate a calde (?)

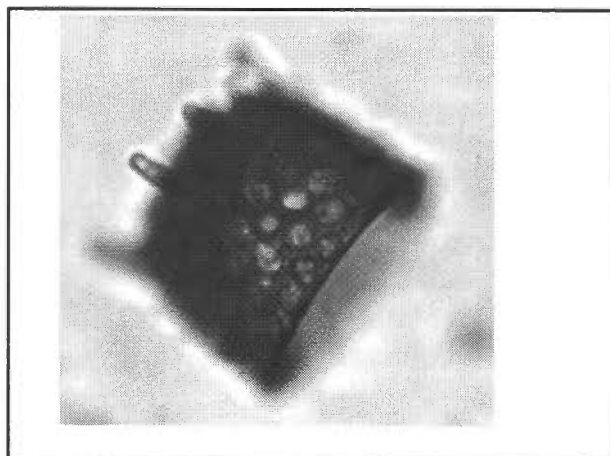


Fig. 1 - *Stephanopyxis turris*
ANTA 5bis Prof. 400-402 cm. 1000X, fatt. 1

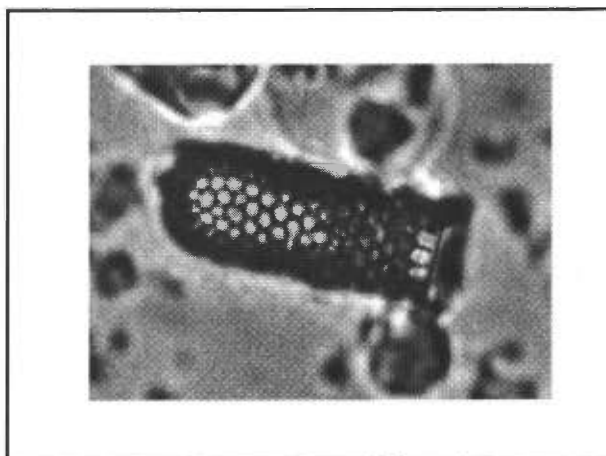
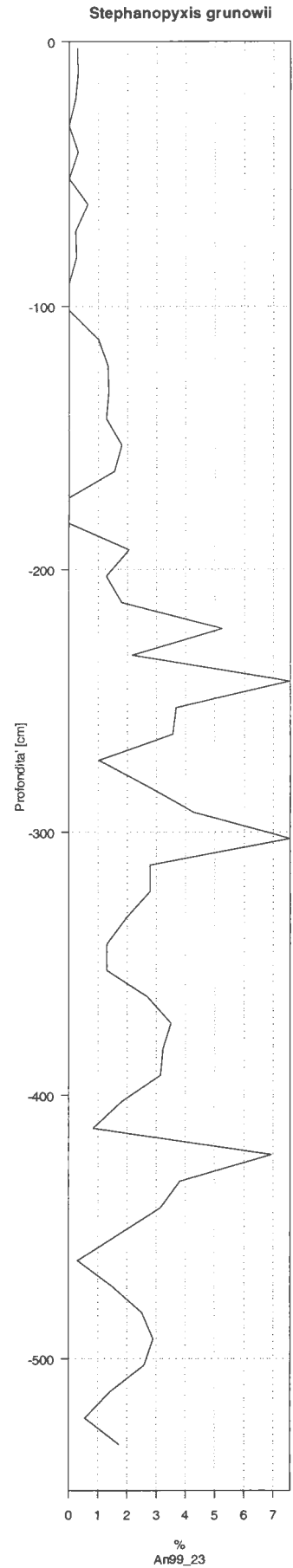
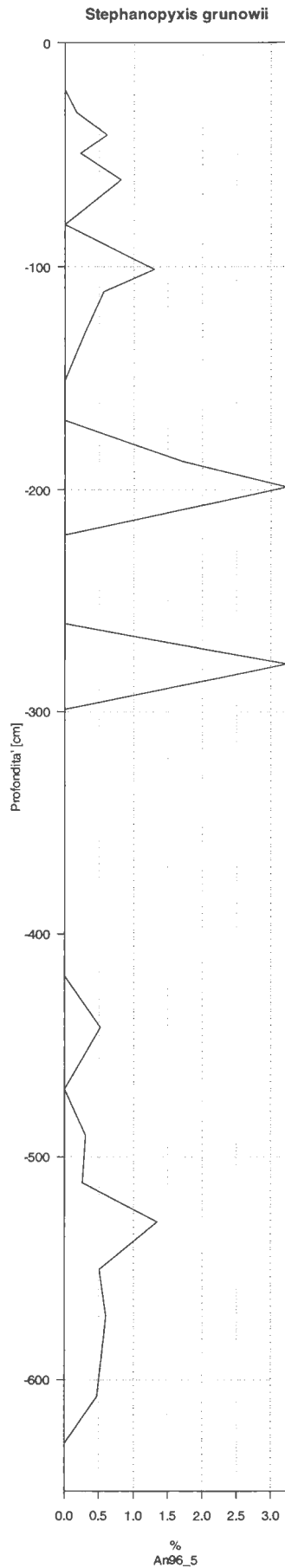
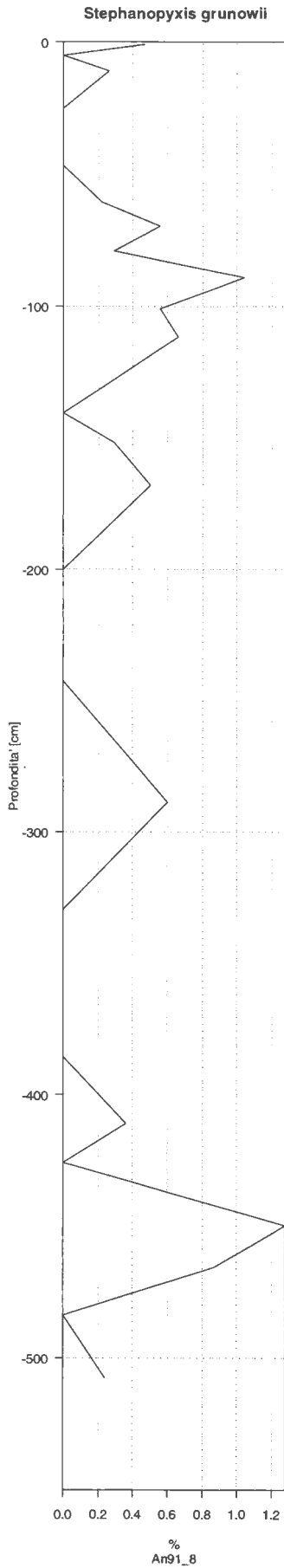
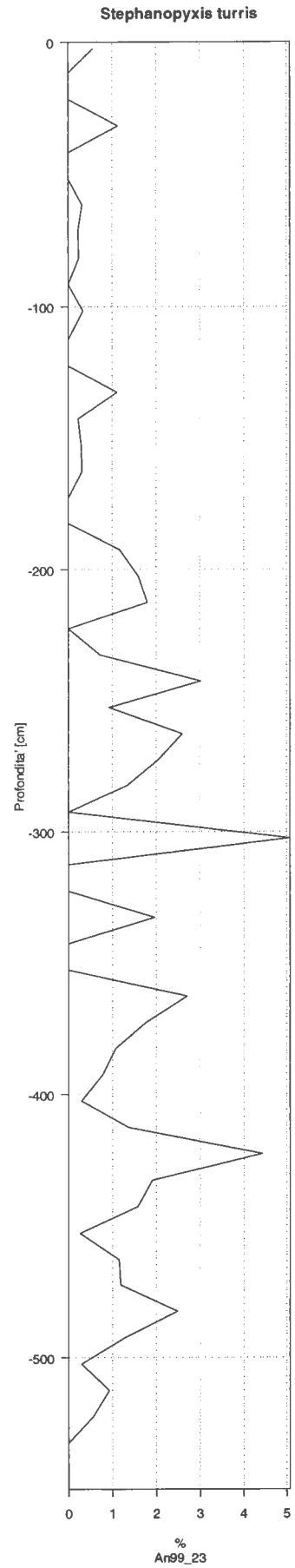
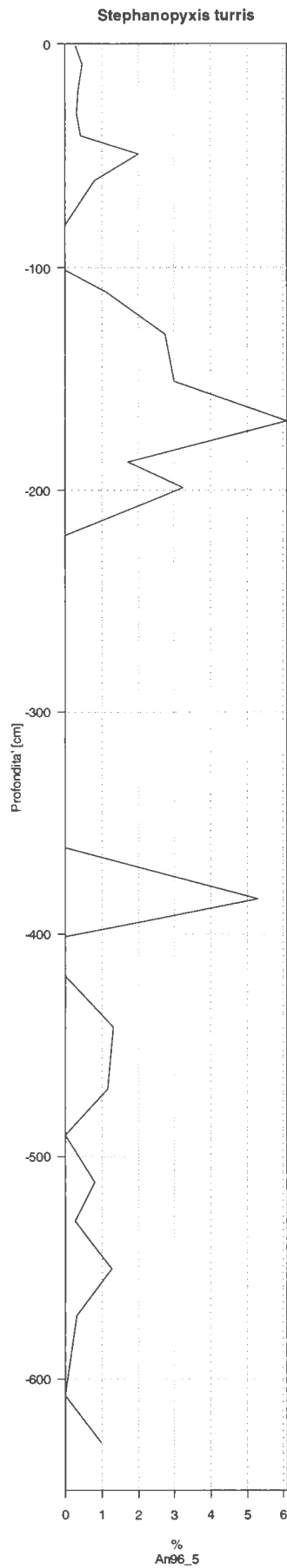
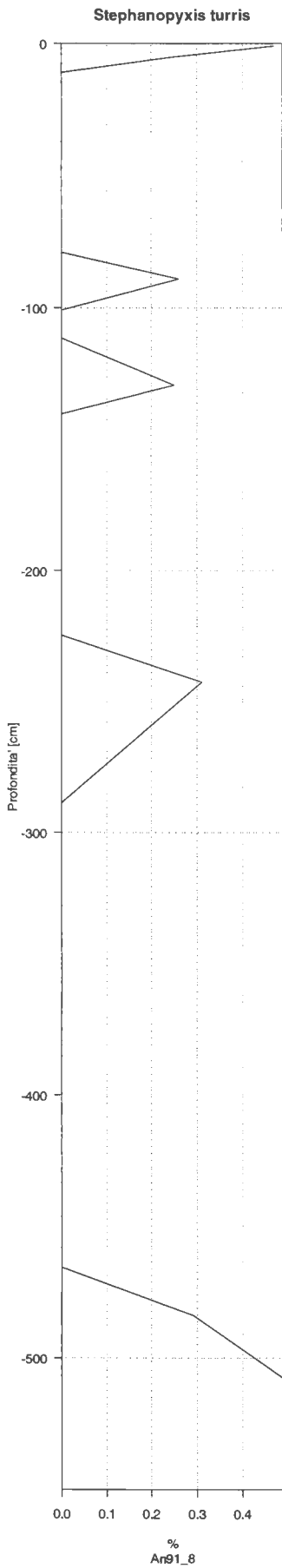


Fig. 2 - *Stephanopyxis turris*
ANTA99 23 Prof. 272-273 cm. 1000X, fatt. 0.8

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Triceratiaceae**
(Schütt) Lemmermann, 1899

Genere ***Odontella***
Agardh, 1832

Descrizione

Rappresentata da forme marine planctoniche o epifitiche.

Cellule oblunghe in vista connettivale, con lunghe spine ed elevazioni apicali rialzate. Le colonie sono spesso a catena formate dall'unione tra i processi delle cellule adiaceti, con le spine che si incrociano tra di loro.

Le valve sono da ellittiche a lanceolate, senza separazione tra faccia valvare e mantello. Faccia valvare piatta o con fini granulazioni o spine, talvolta con due 'creste' su entrambi i lati che delimitano un' area ellittica al centro. Su ciascuna terminazione c'è una elevazione talvolta bassa e smussata, alle volte a forma di corno, caratterizzata da un ocello.

La struttura della valva è loculata con fini pori esterni e rotondi foramina interni. Le spine, variabili in lunghezza, sono i tubi corrispondenti ai rimoportulae, e si trovano al centro della valva o vicino alla base delle elevazioni, diagonalmente opposte.

Alcune forme sono caratterizzate dalla possibilità di formare spore.

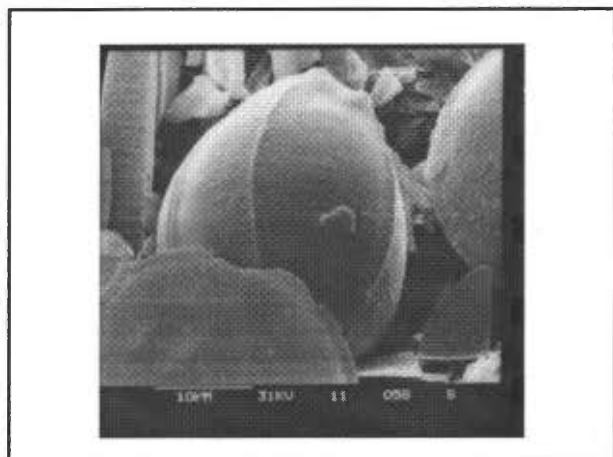


Fig. 1 - *Odontella* sp. spora?
ANTA99 23 Prof. 472-473 cm. (27019960)

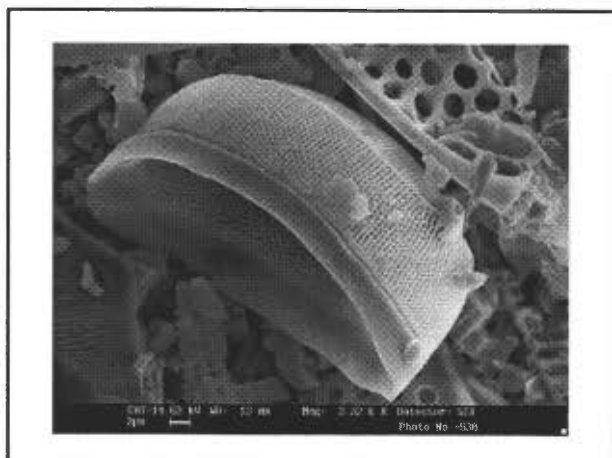


Fig. 2 - *Odontella* sp.
ANTA99 23 Prof. (020301 3120)

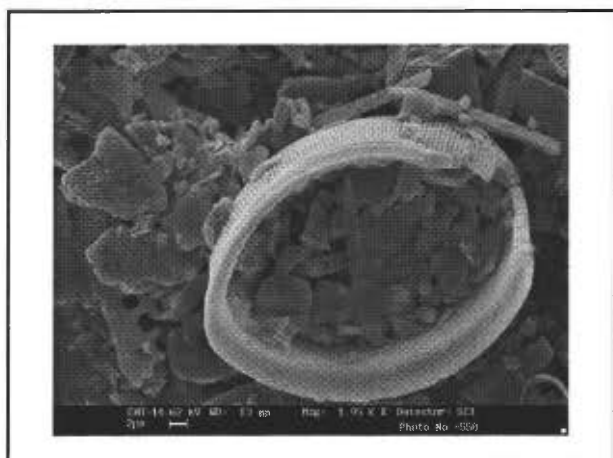


Fig. 3 - *Odontella* sp.
ANTA99 23 Prof. (020301 3538)

Famiglia	Triceratiaceae
Genere	<i>Odontella</i>
Specie	<i>weissflogii</i> (Janisch) Grunow
Sinonimi	()

Descrizione:

Cellule vegetative alcuanto rettangolari in vista connettivale, con elevazioni molto basse e mammelliformi. I processi sono labiati , generalmente 4 di numero) ed hanno dei tubi esterni prominenti. Le cellule risultano spesso fortemente silicizzate con ornamentazione marcatamente striata.

Le spore hanno una forma leggermente a losanga. Le due valve risultano ruotate rispetto all'asse pervalvare. Le cellule presentano un tasso di silicizzazione ancora più marcatoe sono caratterizzate da due soli processi labiati privi di tubi esterni.

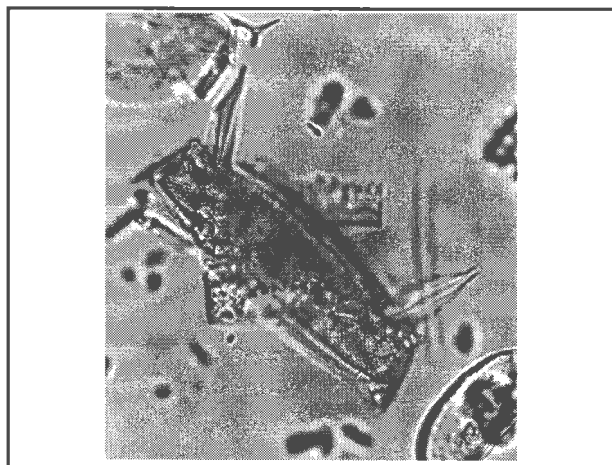


Fig. 4 - *Odontella* sp.
ANTA99 23 Prof. 522-523 cm.1000X fatt.0.8

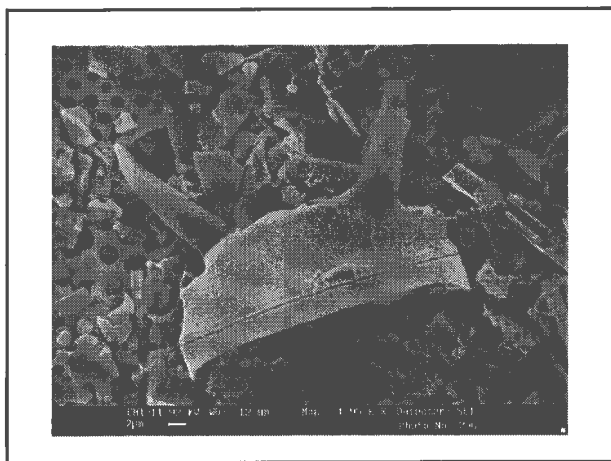


Fig. 5 - *Odontella* sp.spora?
ANTA99 23 Prof. 472-473 cm. (200201 9534)

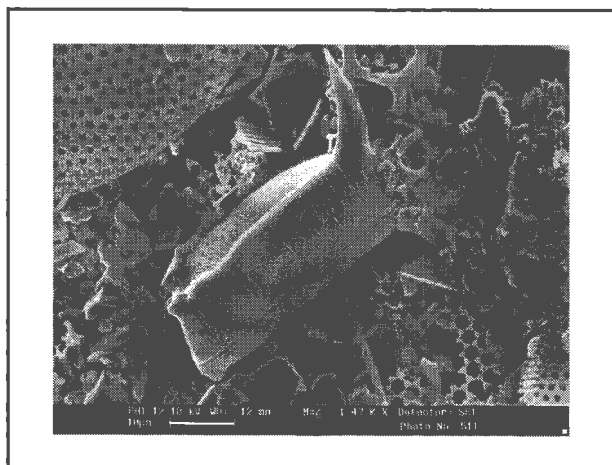


Fig. 6 - *Odontella*
ANTA99 23 Prof. (200201 95 02)

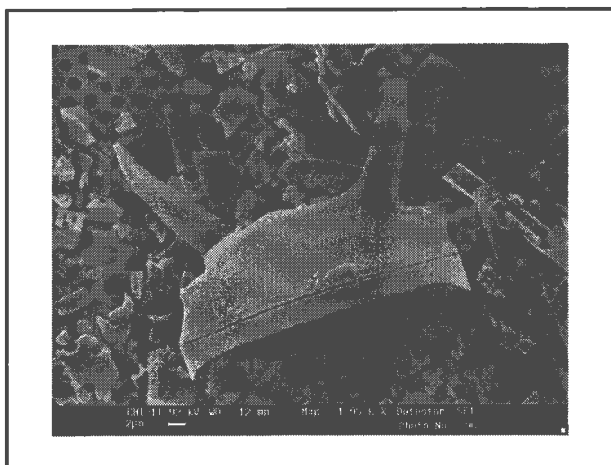
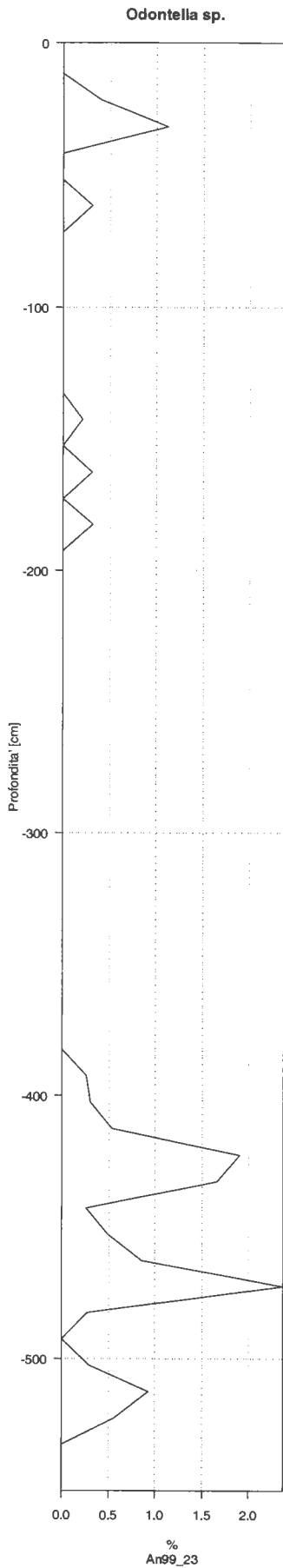


Fig. 7 - *Odontella*
ANTA99 23 Prof. (200201 95 34)

Curve di presenza della specie nelle carota:
Anta 99_23



Famiglia Rhizosoleniaceae

De Toni, 1890

Descrizione:

Fa parte del subordine Rhizosoleniinae caratterizzato da valve principalmente unipolari e prive di alcun anello di processi marginali.

Caratteristiche delle Rhizosoleniaceae seuns lato:

cellule cilindriche ed in catene,
un singolo processo con labiatura interna,
simmetria valvare unipolare,
talvolta sono presenti spore resistenti.

Terminologia specifica:

Claspers (fermagli): coppie di strutture membranose che agganciano gli otaria della valva adiacente delle cellule collegate; Otaria: paio di creste membranose che si trovano in posizione opposta l'una all'altra alla base o in vicinanza del processo esterno, chiamato in precedenza 'ala';

Proboscide: parte allungata della valva con la punta tronca; la parte distale si adatta all'interno di una scanalatura nella valva adiacente della cellule collegate;

Segmenti-bande-copula: singolo elemento del cingolo.

Non è comune la formazione di spore.

<u>Genere</u>	<u>Specie</u>
<i>Dactyliosolen</i>	<i>antacticus</i>
<i>Proboscia</i>	<i>alata</i>
<i>Rhizosolenia</i>	<i>barboi</i> <i>hebetata</i> <i>styliiformis</i>

Genere *Dactyliosolen*

Castracane, 1886

Descrizione

Caratteri generici:

Struttura delle valve composta da coste che si diramano radialmente da un singolo processo (spesso troppo delicato per essere apprezzato al LM).

Caratteristiche intraspecifiche: terminazioni delle bande oblique o diritte, bande costolate o con areole porose rettangolari e regolari, forma delle catene (serie aperta o chiusa), forma delle cellule (diritta o ricurva), forma delle valve (piatta o debolmente convessa), posizione del processo (marginale o centrale), processo con o senza il tubo esterno, forma della parte interna del tubo (che può essere assente).

Genere *Dactyliosolen*

Specie *antacticus*
Castracane, 1886

Sinonimi ()

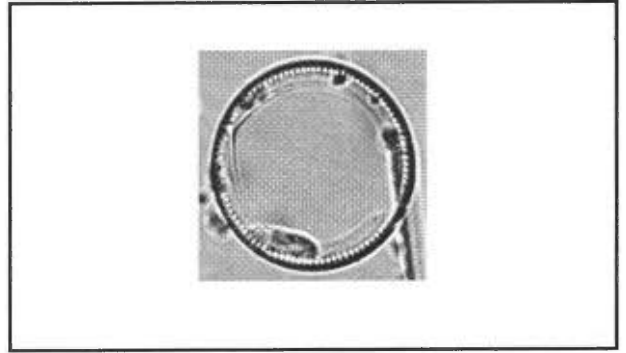


Fig. 1 - *Dactyliosolen antarcticus*

Osservazioni:

Trovate esclusivamente le bande del cingolo decisamente più silicizzate della valva.

Genere *Proboscia*

Specie *alata*
(Hasle)

Sinonimi *Rhizosolenia alata*

Descrizione:

Cellule diritte con valve che presentano corna più o meno sviluppate (anche molto corte).

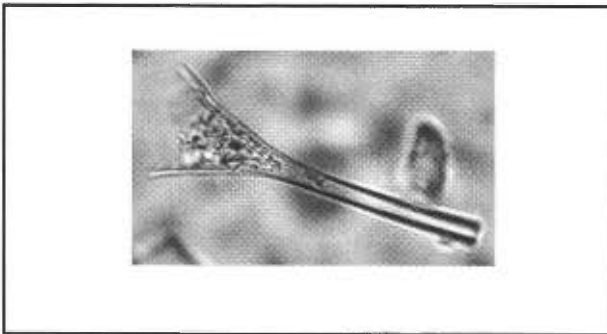


Fig.21 - *Proboscia alata*

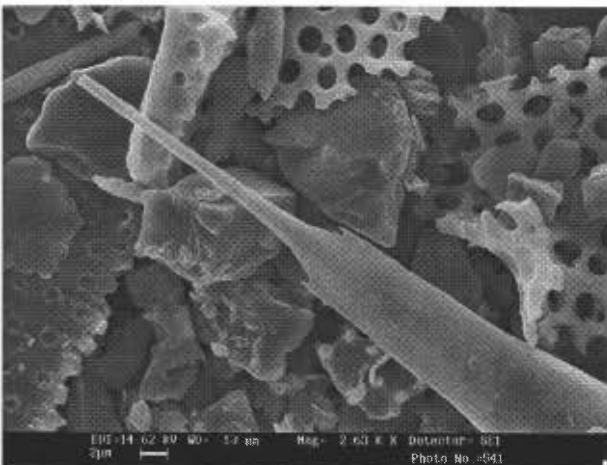


Fig. 3 - *Proboscia cf. alata*

Genere *Rhizosolenia*
Brightwell, 1858

Descrizione:

Genere comune nel plancton marino. Cellule cilindriche da corte a molto lunghe, diritte o ricurve. Vivono singolarmente o formando lunghe catene, talvolta spiralate. Riconoscibile dalle valve asimmetriche a forma di cono con una 'spina' caratterizzata da un rimoportula alla base e, talvolta, da particolari strutture (otaria), che si aggancia a quella della cellula adiacente. Areole piccole da tonde a quadrate in file verticali.

Genere *Rhizosolenia*

Specie *barboi*

Sinonimi ()

Genere *Rhizosolenia*

Specie *hebetata*

Sinonimi ()

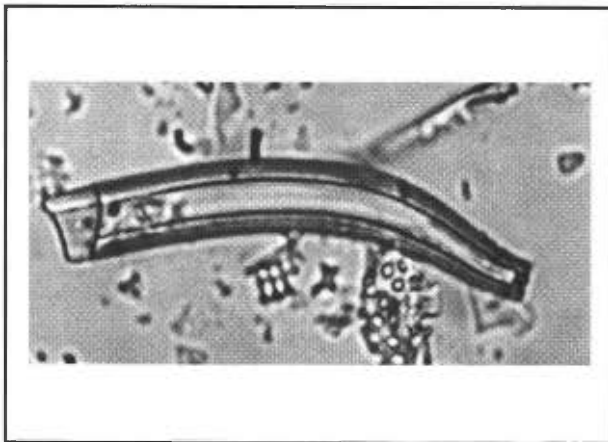


Fig. 4 - *Rhizosolenia barboi*

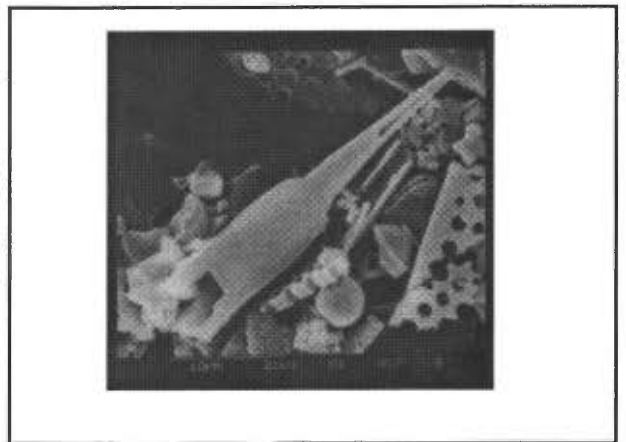


Fig. 5 - *Rhizosolenia* cf. *hebetata*

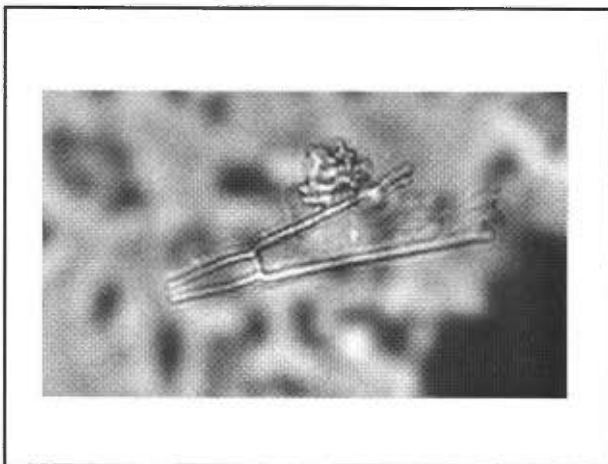


Fig. 6 - *Rhizosolenia hebetata*

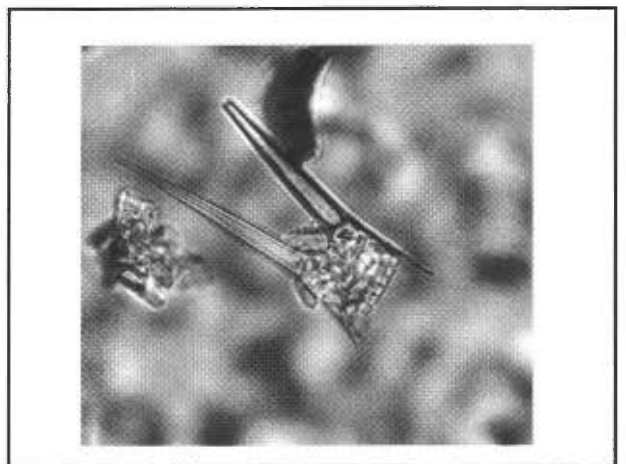


Fig. 7 - *Rhizosolenia hebetata* morf. *bidens*

Genere *Rhizosolenia*

Genere *styliformis*
Brightwell, 1858

Sinonimi ()

Descrizione

Gli otaria talvolta terminano sotto il processo base e talvolta si estendono a breve distanza lungo la parte basale del processo.

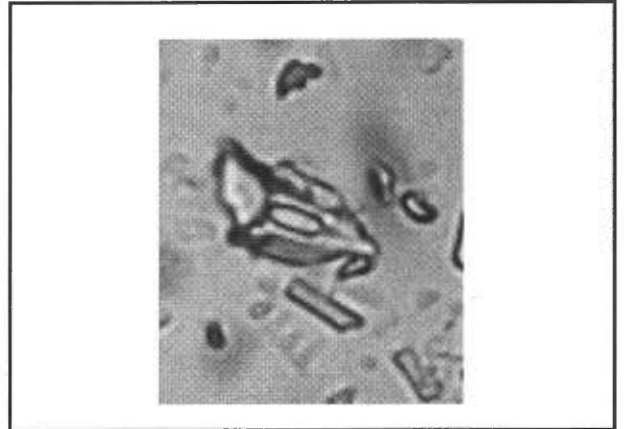
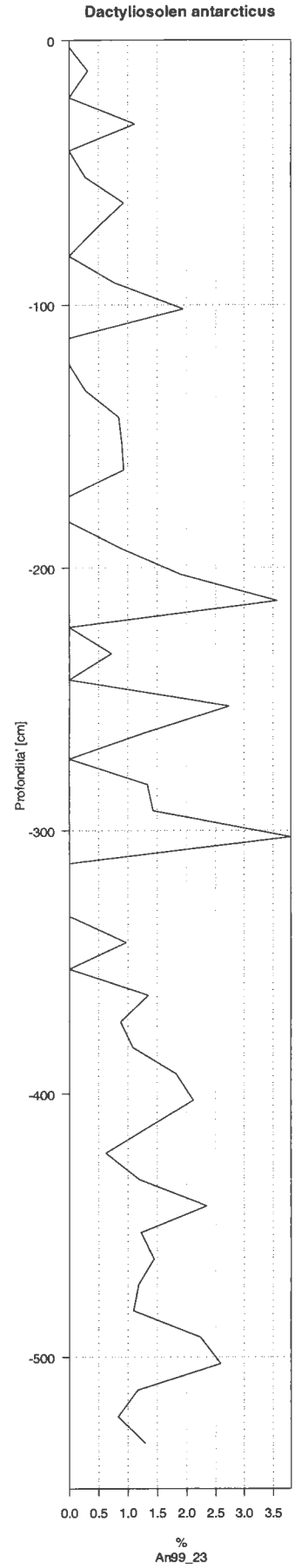
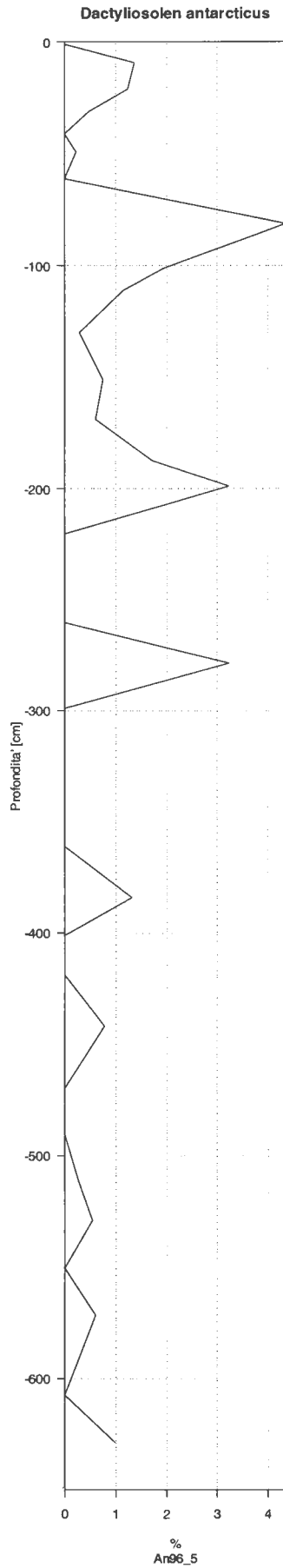
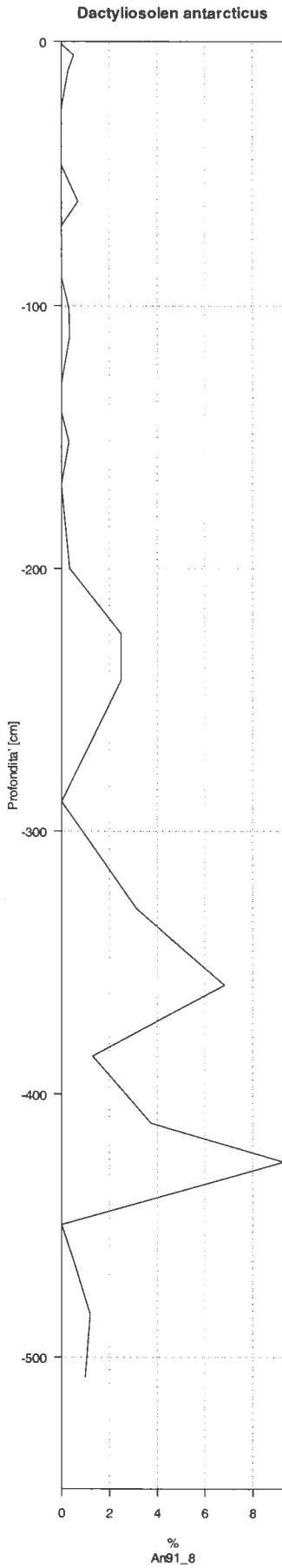


Fig. 8 - *Rhizosolenia styliformis*

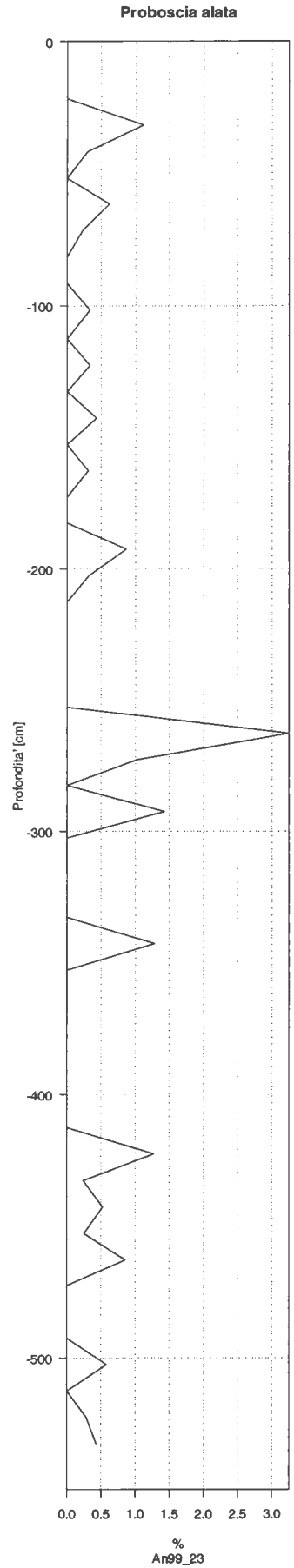
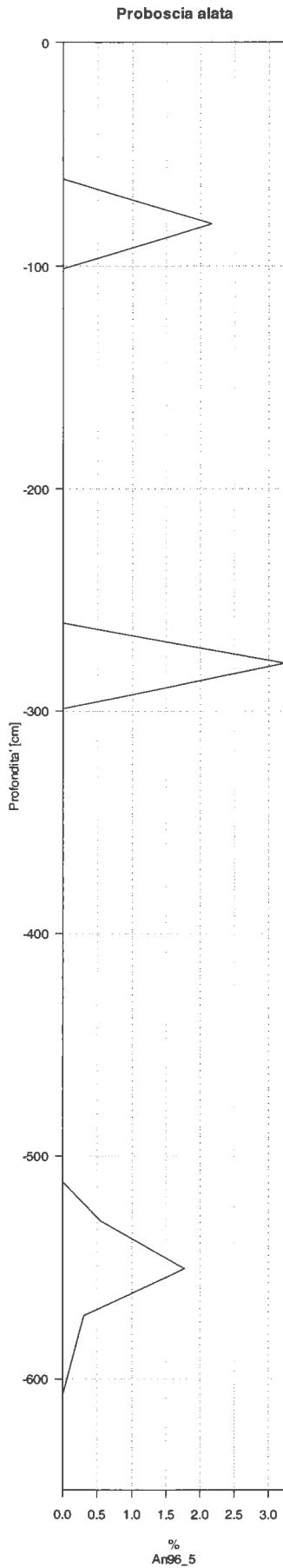
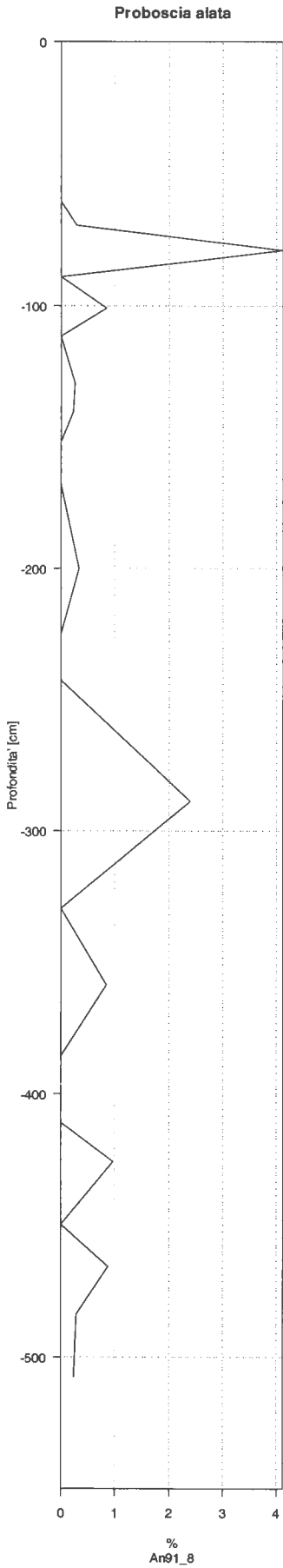
Osservazioni:

Al microscopio ottico sono state trovate sporadicamente frammenti più gradni della singola spina. Sono stati distinti in base alla presenza o meno degli otaria e della forma del processo (spina).

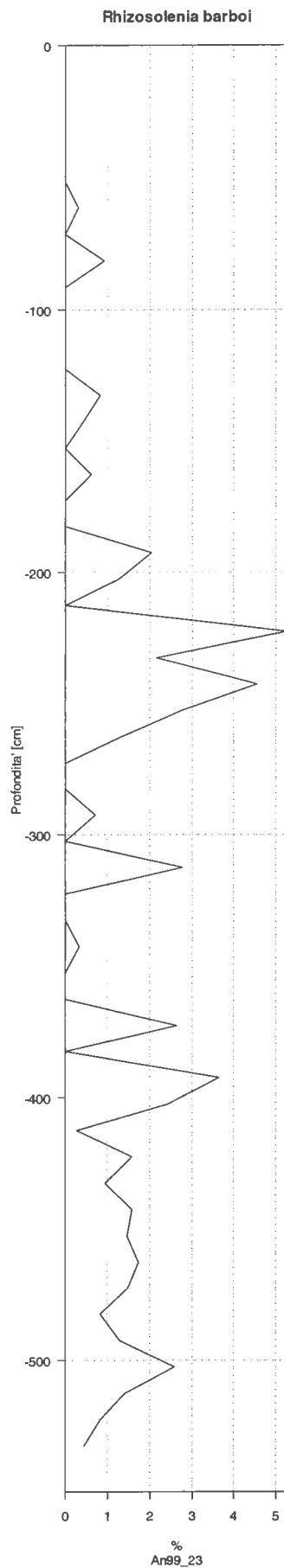
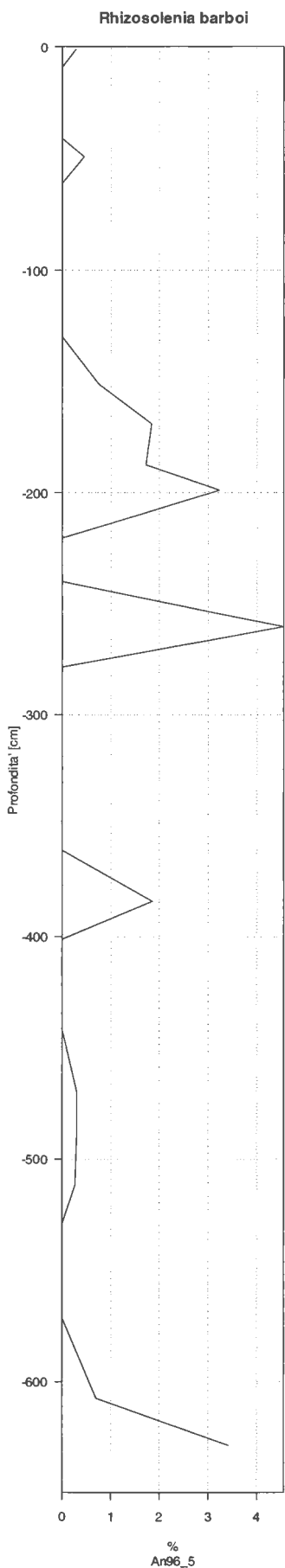
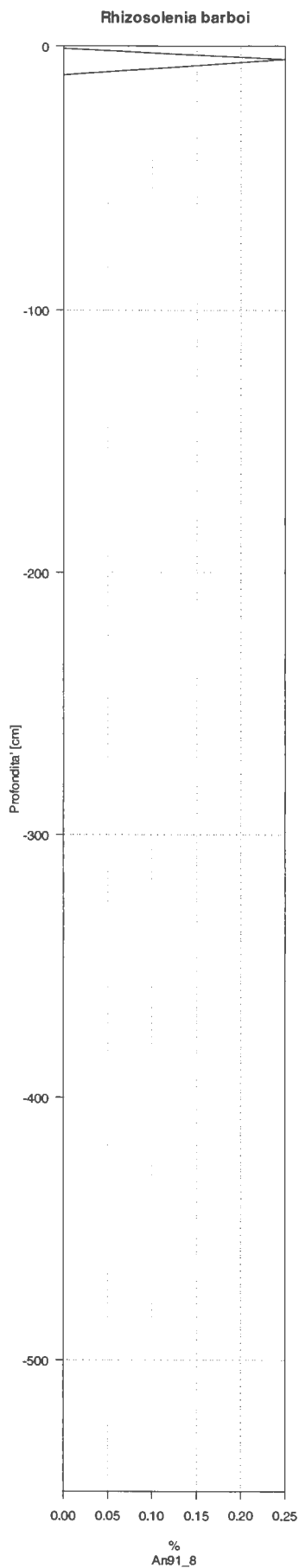
Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



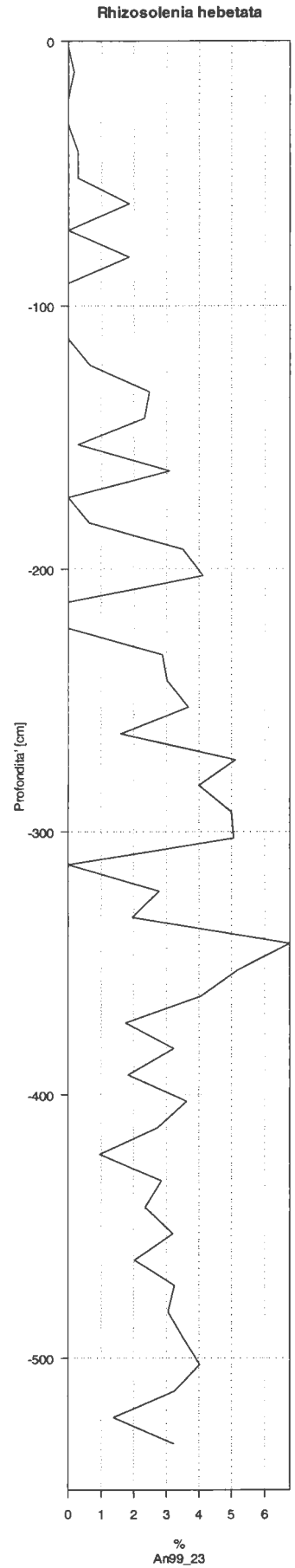
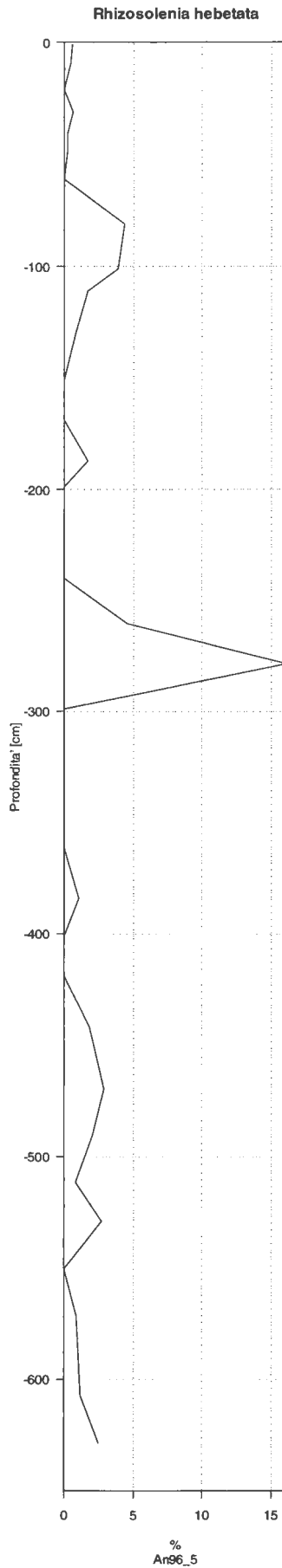
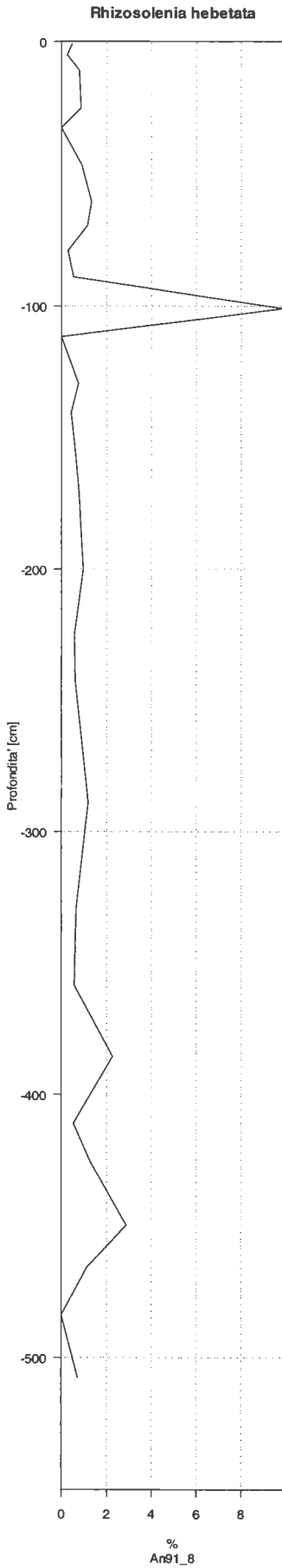
Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



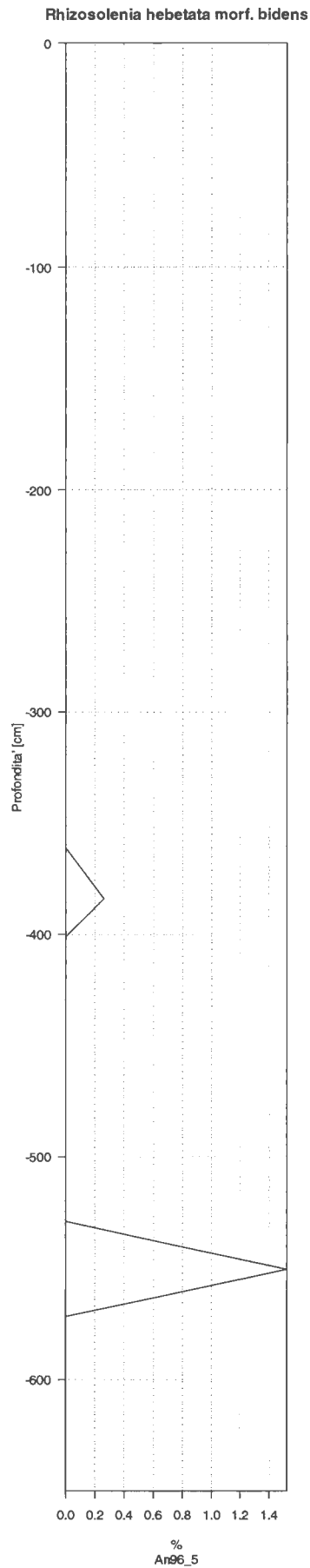
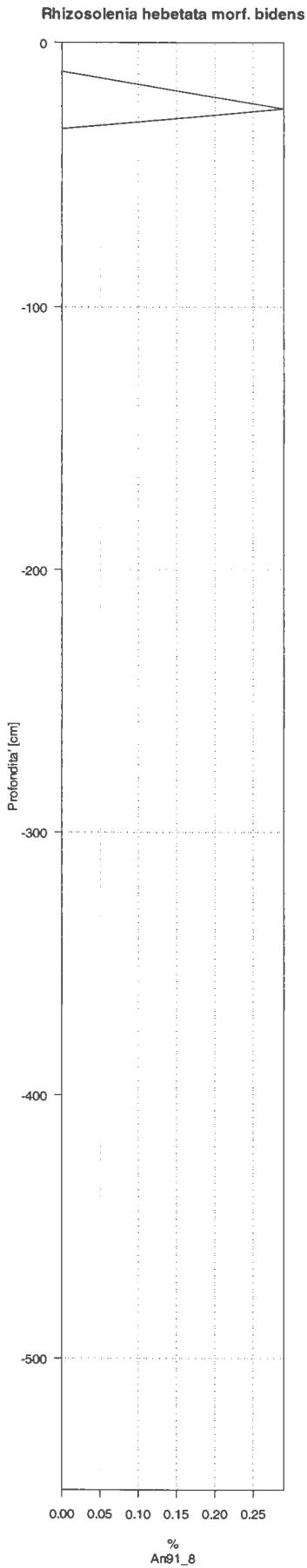
Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



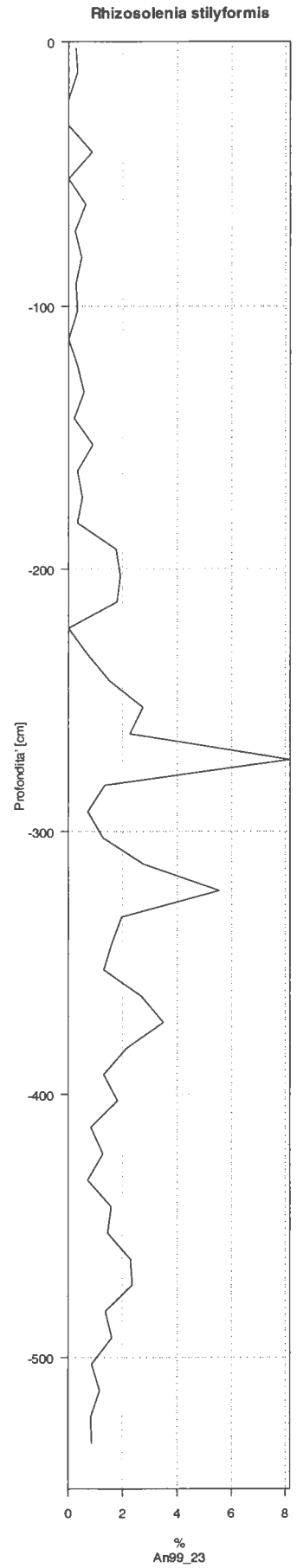
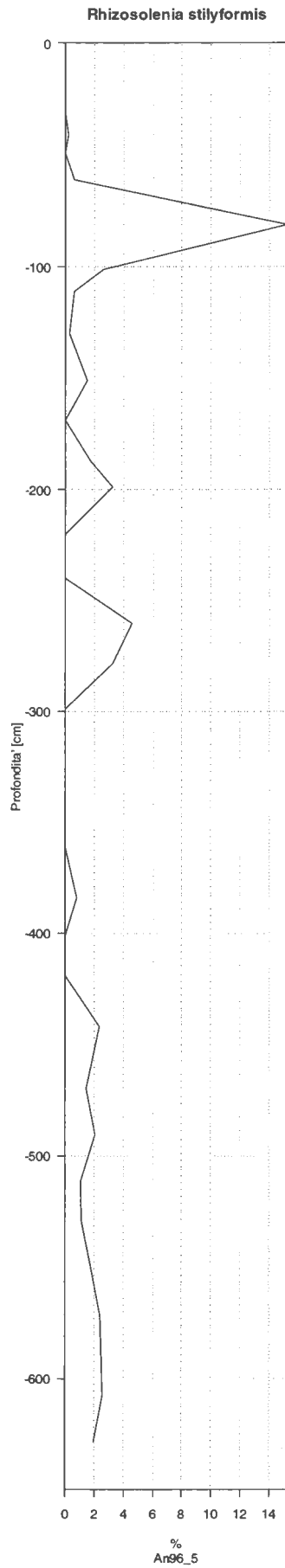
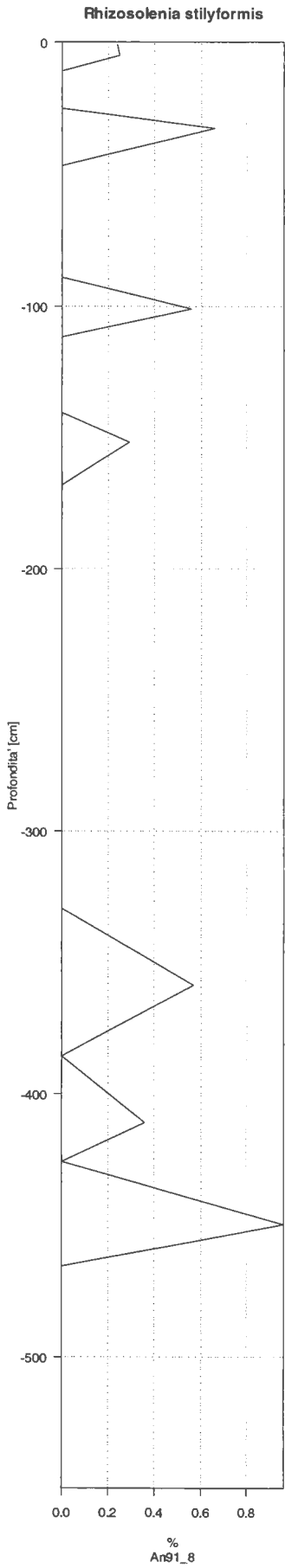
Curve di presenza della specie nelle carote:
Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia

Descrizione

Gruppo di forme caratterizzate da un range biostratigrafico (da >10 Ma a circa 0.5 Ma - Pleistocene medio) piuttosto interessante, ultimamente rivisto (Bohaty et al., 1998).

L'estinzione di *Rouxia* spp. nell'Oceano Meridionale è stato usato in passato come marker biostratigrafico (Donahue, 1970; Abbott, 1974; Akiba, 1982 in Bohaty et al., 1998). Esistono tuttavia ancora alcuni problemi tassonomici relativi a queste forme pleistoceniche. In particolare Bohaty et al. (1998) descrivono per la prima volta *Rouxia leventerae* relativa ad alcune unità litostratigrafiche del settore occidentale del McMurdo Sound, Mare di Ross. Questa specie risulta attualmente assente in acque di piattaforma. Attualmente non è noto se l'estinzione di uesto taxon corrisponda con la LO di altre *Rouxia* spp. registrata in sezioni relative ad ambienti di mare profondo.

Genere *Rouxia*
Brun & Heribaud i Heribaud, 1893

Specie *antarctica*
Heiden in Heiden and Kolbe, 1928

diploneides
Schrader, 1973a

Osservazioni:

In questo lavoro sono state individuate due specie di *Rouxia* : *Rouxia antarctica* e *Rouxia diploneides*.

Interesante potrebbe risultare il ritrovamento di *Rouxia diploneides* esclusivamente nel livello inferiore della carota ANTA99 23 (vedi grafici) mentre *R. antarctica* risulta rappresentata soprattutto nella ANTA91 8.

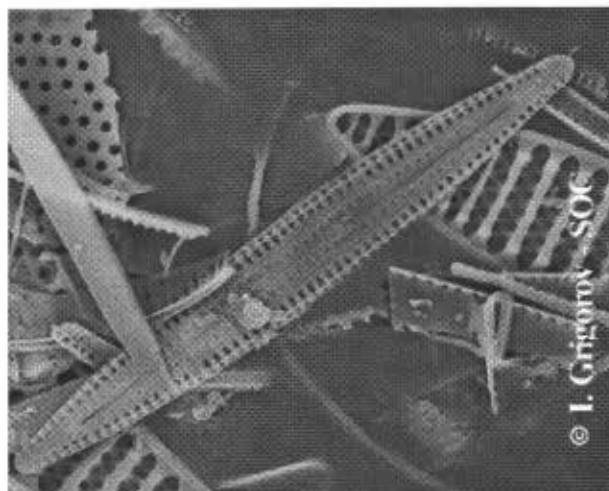


Fig. 1 - *Rouxia* sp.

British Micropal. Society (www.soton.ac.uk)



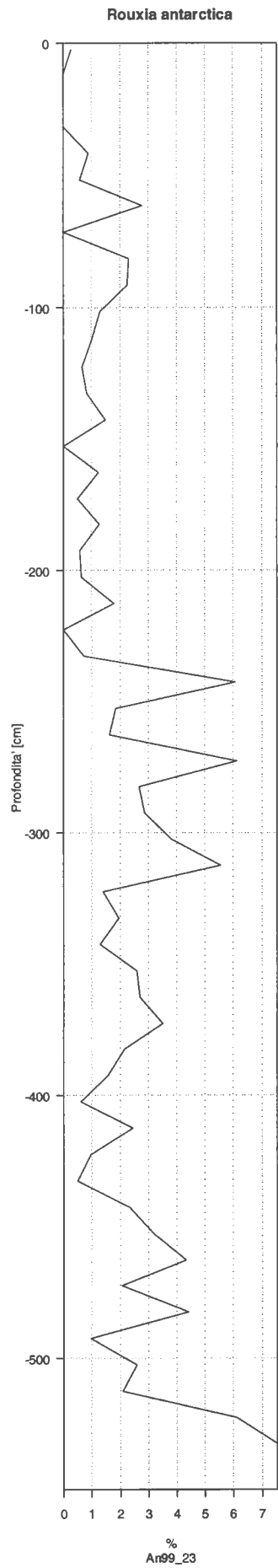
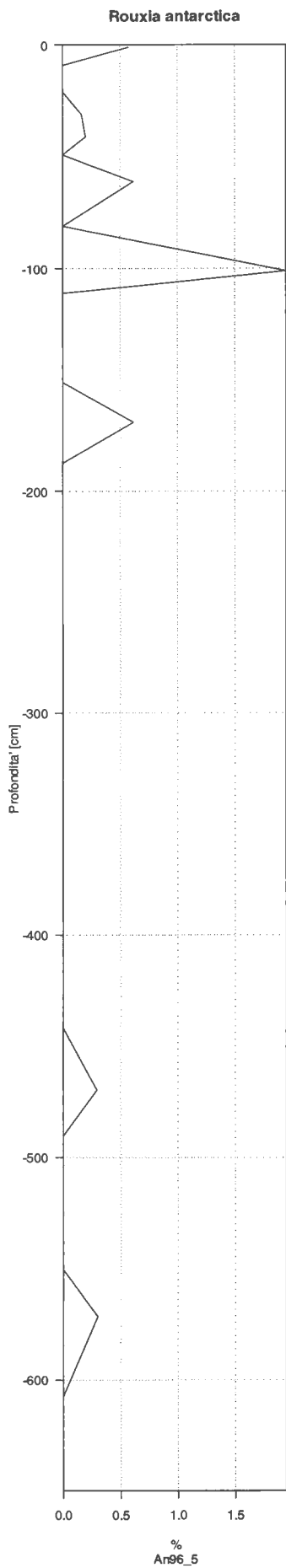
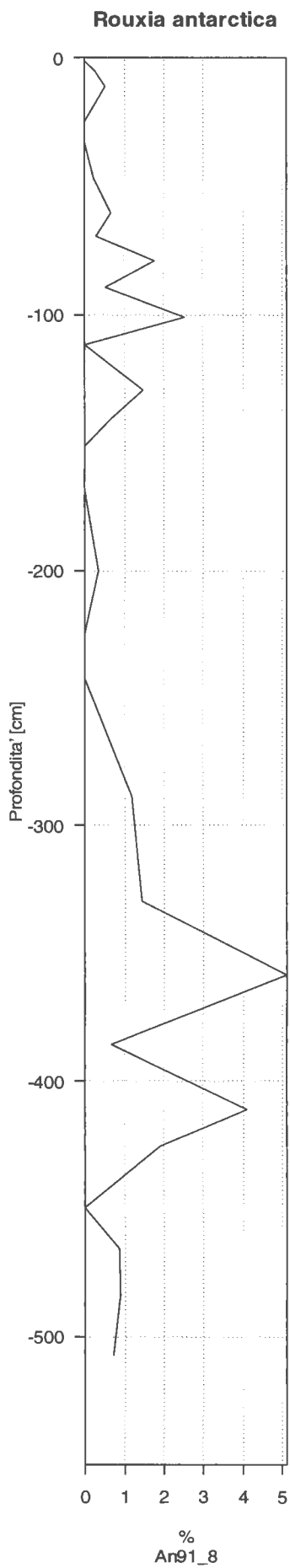
Fig. 2 - *Rouxia diploneides*

ANTA99 23 Camp. 472-473 cm. (200201 95 32)



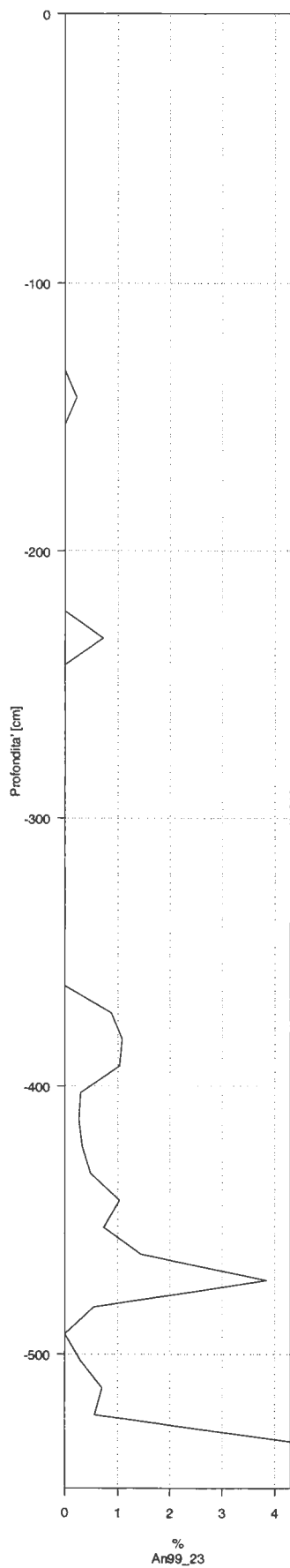
Fig. 3 - *Rouxiadiploneides*

ANTA99 23 Camp.472-473 cm. (200201 95 33)



Rouxia diploneides

Rouxia eteroploara



Famiglia **Thalassionemataceae**
Round

Descrizione

Famiglia di diatomee araphidine le cui caratteristiche sono l'assenza del raphe, le cellule a forma ad ago, talvolta arcuate e dilatate nella parte centrale, talvolta spiralate lungo l'asse apicale. Spesso le cellule risultano estremamente lunghe con alcune specie che, pur essendo larghe solo pochi μm possono di fatto raggiungere lunghezze di diversi mm.

Sono etropolari con le diversità tra un polo e l'altro più o meno evidenti.

Areole loculate o poroidi, generalmente sul bordo valvare. Le occlusioni esterne delle areole sono estremamente diversificate (semplici barre, elaborati vela o rota).

Un processo labiato (rimoportula) è presente su ciascun polo.

Non sono presenti particolari campi apicali.

Cloroplasti numerosi, piccoli e distribuiti su tutta la cellula.

Comprende generi marini, planctonici con cellule solitarie o in colonia.

Thalassiotrix e *Trichotoxon* sono state riscontrate molto abbondanti, specialmente in acque subpolari e polari.

Thalassionema può risultare abbondante dappertutto in ambienti marini, anche con specie fossili (Hasle, 2001).

Genere ***Thalassiotrix***
Cleve & Grunow, 1880

Descrizione

Genere oceanico, planctonico rappresentato da 13 specie alcune delle quali prima classificate come *Thalassionema*. Le cellule sono a volte molto lunghe, aghiformi spesso leggermente ricurve e con le terminazioni ritorte.

Possono vivere solitarie o formare colonie raggiate, stellate o a zig-zag formantesi mediante la iustapposizione delle faccie valvari presso i poli.

Le valve, estremamente lunghe, sono leggermente eteropolari con un polo basale arrotondato ed uno terminale più stretto ed appuntito con due spine prominenti. Ampio sterno eccetto che vicino agli apici; le areole possono formare due file su ciascun lato dello sterno e sono chiuse da un cribrum porellato (spesso eroso). Le spine nascono tra le due file di areole su ciascun lato della valva e sono in linea con l'asse polare.

E' presente un rimoportula su ciascuna terminazione che si apre esternamente tramite un semplice poro ed internamente con delle labbra diseguali. Le copule non presentano areolazione o presentano una singola fila di poroidi.

Una caratteristica che lo distingue da altri generi (*Thalassionema*) è la presenza di spine lungo il margine; è più facilmente legata a *Trichotoxon* (anticamente *Synedra reinboldii*).

Può essere componente principale in sedimenti diatomacei (diatom ooze) laminati denominati "diatom mats" che caratterizzano alcuni settori orientali tropicali dell'Oceano Pacifico, la parte settentrionale del Nord Atlantico, la zona sottostante il fronte polare del Nord Pacifico, il Golfo do California, settori a NW dell'Africa e la Ooze Belt circum-antartica.

Genere *Thalassionema*
Thalassionema Grunow ex Mereschkowsky, amend. Hallegraeff 1986

Genere *Trichotoxon*
Reid & Round, 1988
Genere monospecifico.

Osservazioni

:
Data la difficoltà di trovare esemplari interi ed anche terminazioni apicali si è ritenuto utile inserire queste forme nel Gruppo *Thalassiotrix longissima/antartica* (sensu Zielinski & Gersonde, 1997). I frammenti con maggiore larghezza transapicale sono stati invece riferiti a *Trichotoxon reinboldi*. In questo caso è risultato difficoltoso anche il riconoscimento al SEM durante il quale si è potuto notare il pessimo stato di conservazione dei pochi frammenti riconosciuti e la difficile individuazione delle caratteristiche morfologiche necessarie per la attribuzione non solo a livello specifico ma pure generico.

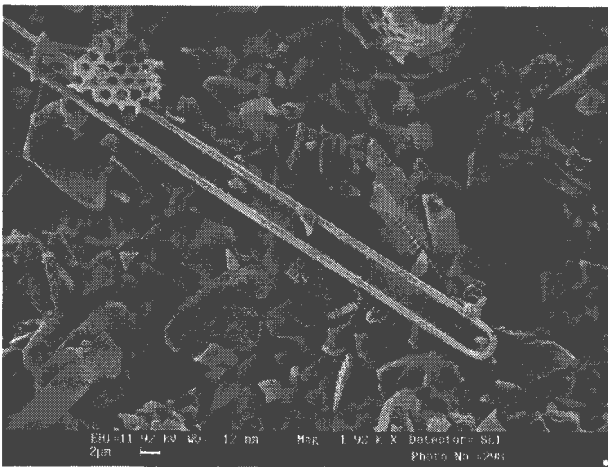


Fig. 1. *Thalassiotrix* sp.
ANTA99 23 Prof. 512-513 cm. (200201
9536)

Famiglia Thalassiosiraceae

Lebour, 1930

Descrizione:

Grande impulso nello studio di questo genere si è avuto dalla metà del secolo scorso con l'avvento dei primi microscopi prima a trasmissione elettronica (TEM) ed a scansione (SEM) poi, con conseguente istituzione di nuove specie prima attribuite ad altre Famiglie (*Coscinodiscaceae*).

Comprende forme planctoniche sia marine sia di acqua dolce; la principale caratteristica morfologica e tassonomica è la presenza di processi rinforzati, che possono presentarsi come fultuportulae o anche come processi occlusi (tubuli esterni cavi che non attraversano il muro valvare).

Una delle caratteristiche di questo genere è la presenza di cellule in catene o inglobate in mucillaggine; nelle colonie a catena le cellule sono attaccate tra di loro tramite dei filamenti di sostanza organica che si estrudono dai processi rinforzati o dai tubuli di processi marginali (rinforzati o occlusi).

Sono presenti uno o alcuni processi labiati con parti esterne dei processi generalmente più cospicui rispetto alle parti interne.

Il profilo della valva è circolare e la superficie valvare presenta fini coste radiali, file di pori, areole loculate o alveoli. Questi ultimi presentano cribra interni e foramina esterni (SEM).

E' frequente la presenza di spore.

<u>Genere</u>	<u>Specie</u>
<i>Porosira</i>	<i>glacialis</i> <i>pseudodenticulata</i>
<i>Thalassiosira</i>	<i>antarctica</i> <i>eccentrica</i> <i>gracilis</i> <i>inura</i> <i>lentiginosa</i> <i>oestrupii</i> <i>oliverana</i> <i>ritcheri</i> <i>tumida</i>

Famiglia **Thalassiosiraceae**

Genere ***Porosira***
Jorgensen 1905

Descrizione

Cellule discoidali singole o in catene libere.

Le valve presentano un annulus centrale ed una areolazione radiale. Sono presenti un largo processo labiato nella zona marginale e numerosi processi rinforzati su tutta la faccia valvare.

In Antartide è rappresentato da due specie che sono caratterizzate da valve marcatamente convesse con areolazione fine più o meno marcata e da margine e cingolo piuttosto alti. Non sono presenti corpi mucillagginosi ad unire le cellule, caratteristica che caratterizza invece le forme tipiche di località boreali o temperate.

Genere ***Porosira***

Specie ***glacialis***
(Grunow) Jørgensen, 1905

Sinonimi *Podosira hormoides* var. *glacialis* Grunow, 1884
Podosira glacialis Bárcena, 1989

Descrizione:

Valva circolare piana che oscilla tra i 30 ed i 70 µm con 20-25 areole in 10 µm (Bárcena, 1991).

L'areolazione delle valve è poco distinguibile con strie ondulate ed annulus distinto.

E' presente un processo labiato ad una certa distanza dal margine valvare con dei processi rinforzati disposti irregolarmente vicino ad esso e su tutta la superficie valvare (Bárcena, 1991).

Stile di vita ed ambiente:

Caratteristico di acque fredde Artiche ed Antartiche. Krebs (1983) la definisce come dominante nel plancton antartico. Il grado di silicizzazione del suo frustulo è piuttosto scarso (Gersonde & Wefer, 1987) quindi soggetta ad eventuale dissoluzione selettiva.

Associazione:

Criofila e dato il basso grado di silicizzazione del suo frustulo risulta facilmente soggetta a dissoluzione selettiva.

Genere ***Porosira***

Specie ***pseudodenticulata***
(Hustedt) Jousé, 1962

Sinonimi

Descrizione:

Annulus centrale principalmente indistinto, areolazione distinta a strie radiali e spiralate, parte esterna del processo labiato corta.

Associazione: Criofila.

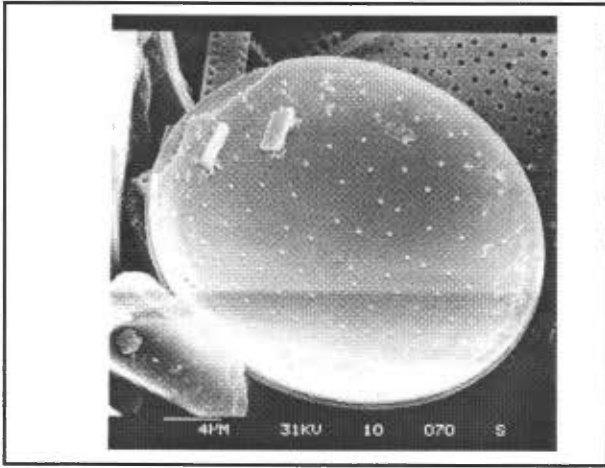


Fig.1 - *Porosira pseudodenticulata*
ANTA91 8 Prof. 24-26 cm. (061198 27)

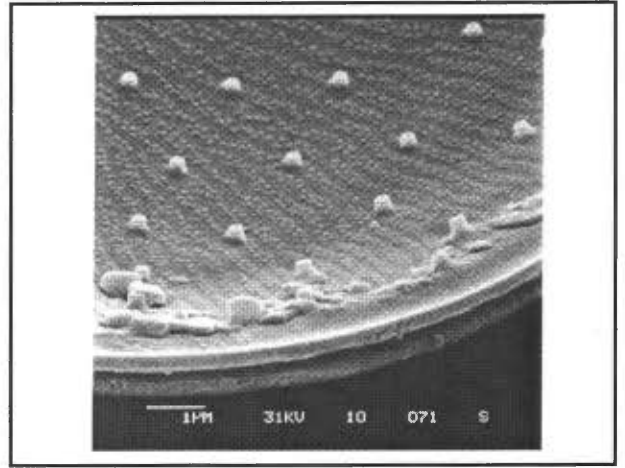


Fig.2 - *Porosira pseudodenticulata*
ANTA91 8 Prof. 24-26 cm. (270199 64)

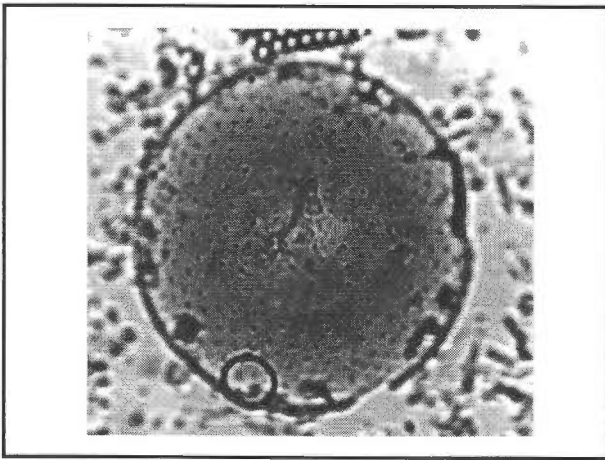
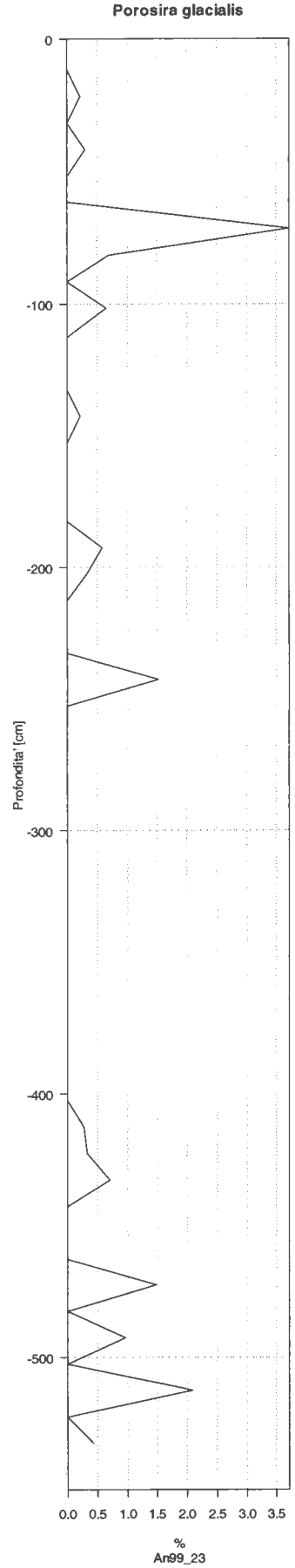
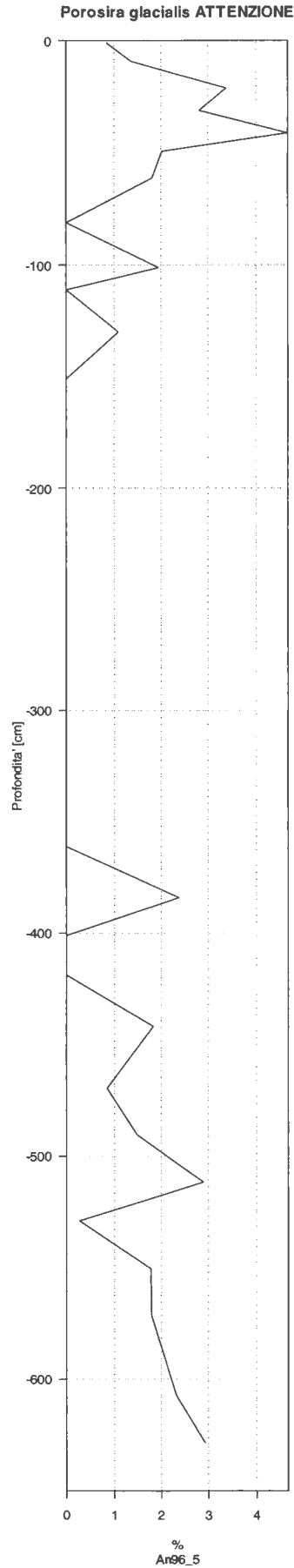
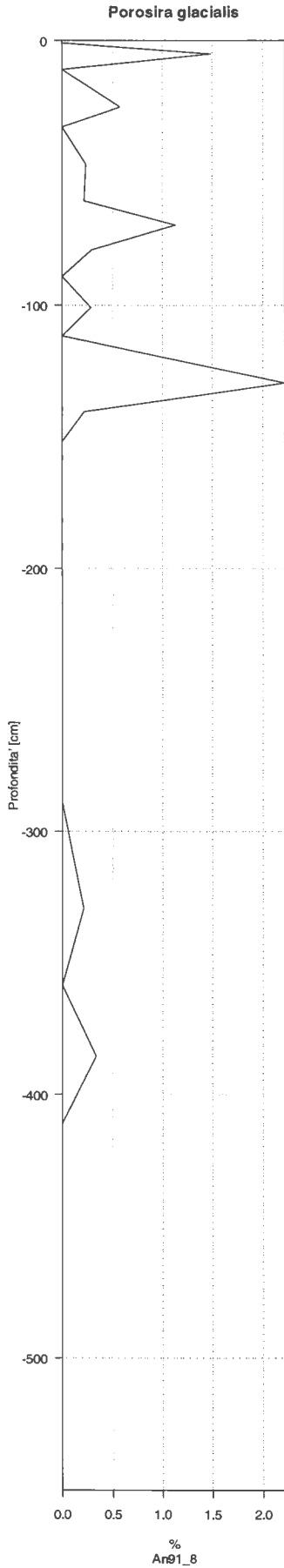
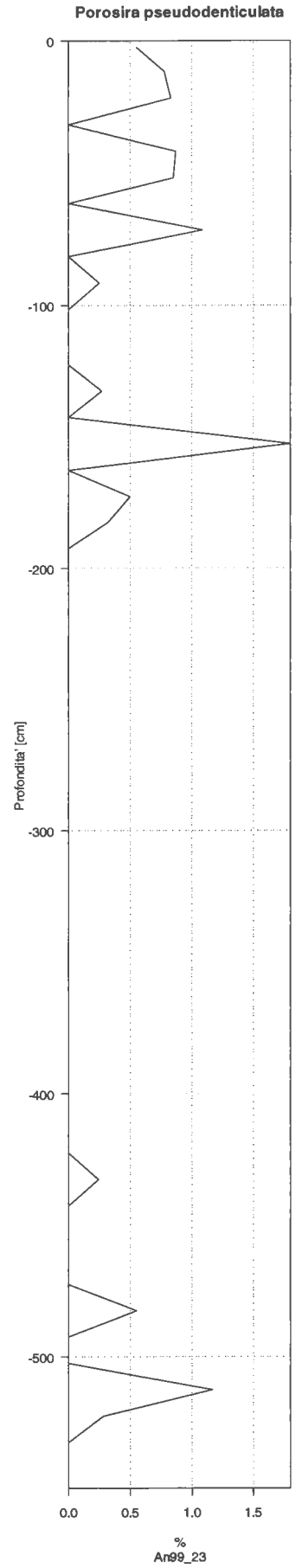
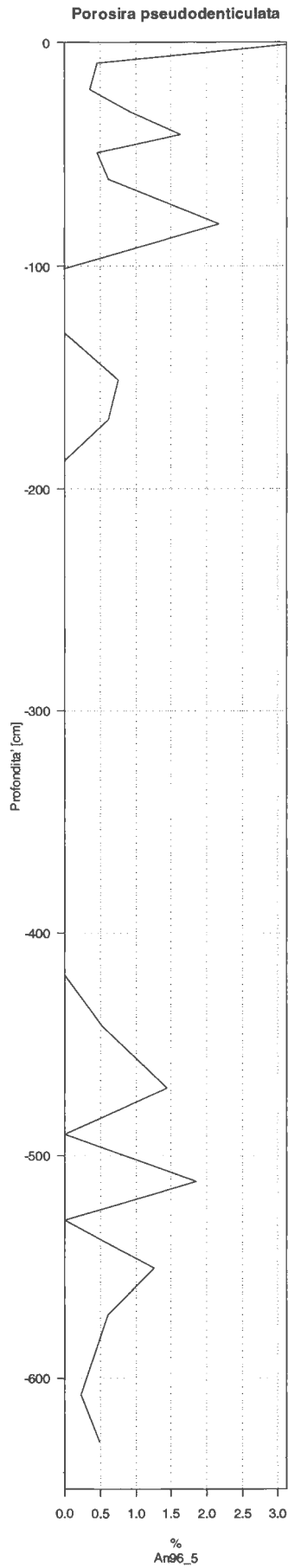
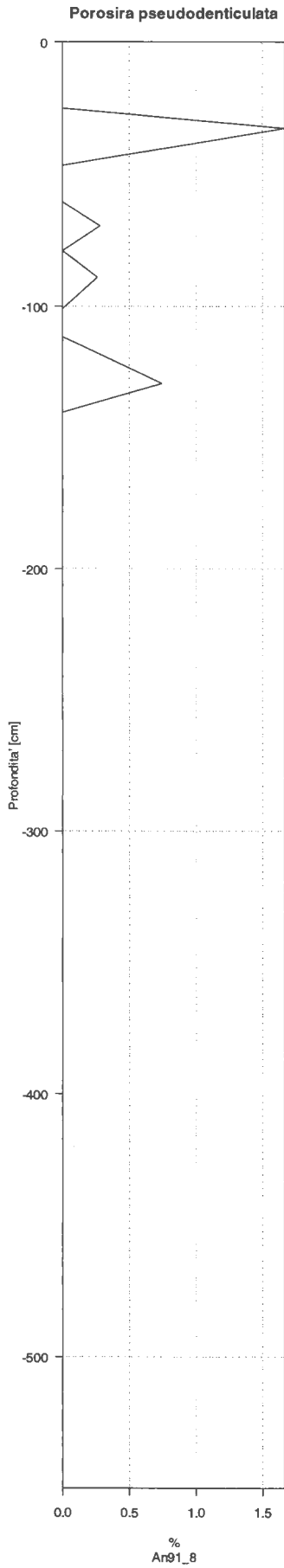


Fig. 3 - *Porosira pseudodenticulata*
ANTA96 5bis Camp.40-42, 1000X fatt. 0.8

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Thalassiosiraceae**

Genere ***Thalassiosira***
Cleve 1873 emend. Hasle 1973

Descrizione

E' rappresentata da più di 100 specie ed è probabilmente il genere planctonico marino più esaurientemente esaminato con le moderne metodologie.

Le colonie a catena o le singole cellule sono inglobate nella mucillaggine, quelle coloniali sono tenute assieme da filamenti organici estroflessi attraverso i processi rinforzati a distanza variabile.

Le cellule sono generalmente da discoidali a cilindriche costituite da valve circolari con la faccia valvare piatta mantello corto e ricurvo la cui forma ed altezza possono variare (talvolta caratterizzato da spine). Le areole sono loculate, distribuite secondo vari patterns (in file radiali, tangenziali o arcuate) o con costolature radiali o talvolta appena percettibili.

Le areole si aprono all'esterno attraverso dei foramina circolari ed internamente sono caratterizzate da cribra leggermente rialzati.

E' presente un anello attorno al mantello valvare composto da fultoportulae che si elevano esternamente formando dei tubi di lunghezza variabile; in alcune specie possono essere presenti dei processi sparsi o raggruppati sulla faccia valvare. Il numero e la posizione dei processi (specie vicino ed al centro della valva), la lunghezza e la forma delle loro parti esterne sono caratteristiche specifiche, come la presenza o l'assenza di processi occlusi.

Il cingolo presenta numerose copulae divise e ligulate.

Ha un'ampia distribuzione generica ed è stata trovata in condizioni oceanografiche diverse.

Nelle associazioni relative al record sedimentario antartico è generalmente considerato genere di mare aperto nonostante in associazioni attuali sia stata frequentemente riscontrata in colonie ampie e gelatinose durante le fioriture vegetative primaverili vicino al margine glaciale, in ambienti più littorali o vicino a particolari configurazioni idrografiche come ad esempio l'Antarctic Current. E' stata ritrovata spesso anche nel ghiaccio marino ma non in percentuali significative.

Famiglia **Thalassiosiraceae**

Genere ***Thalassiosira***

Specie ***antarctica***
Comber, 1896

Sinonimi

Descrizione:

In vista connettivale le cellule presentano un profilo rettangolare; faccia valvare piatta o leggermente convessa e mantello leggermente immergente. L'areolazione è radiale, biforcata, occasionalmente leggermente fascicolata. Sono presenti da due a diversi processi centrali, due o tre anelli di processi marginali, posizionati sul mantello valvare e difficilmente distinguibili al LM in valve intatte; è caratteristica la presenza di processi occlusi (generalmente non visibili al LM) e di un grande processo labiato posizionato vicino il mantello valvare.

Di questa specie si conoscono due varietà:

T. antarctica var. *antarctica* e var. *borealis* (Fryxell, 1981) che si differenziano per avere differenti dati morfometrici e bande connettivali (osservabili solo al SEM e che in resti fossili sono difficilmente individuabili) e per la differente distribuzione geografica essendo la varietà *antarctica* caratteristica dell'emisfero meridionale e la var. *borealis* tipica di quello settentrionale.

T. antarctica var. *antarctica*: diametro 14-50 µm, 17-20 areole in 10 µm;

T. antarctica var. *borealis*: diametro 18-43 µm, 20-24 areole in 10 µm.

Entrambe le varietà sono caratterizzate dalla formazione di spore fortemente silicizzate, morfologicamente differenti dalle cellule vegetative (una valva più convessa dell'altra Comber, 1896 in Bárcena, 1991). Tre tipi di spore (endogene, esogene e semiendogene) sono state osservate all'interno della stessa colonia della varietà *T. antarctica* var. *borealis*. Sono state osservate delle spore semiendogene che sono state descritte come *Coscinodiscus antarcticus* e talvolta confuse con *T. gravida*.

La fase vegetativa, a causa del minor grado di silicizzazione rispetto alle spore è soggetta a dissoluzione selettiva.

In alcuni studi paleoambientali recenti sulla Penisola Antartica (Taylor et al., 2001) sono state considerate come due varietà differenti due tipi morfologici di spore notati in questi sedimenti: *T. antarctica* T1 con una struttura e areolazioni più fini e *T. antarctica* T2 con struttura più grossolana, valve spesso più piccole di diametro e frequente presenza di grossi processi occlusi lungo il margine (più simile al morfotipo già descritto da Fryxell et al., 1981). Simili variazioni morfologiche tra le spore di questa specie sono state notate anche in sedimenti superficiali nel Mare di Ross e nella Penisola Antartica.

Stile di vita ed ambiente:

Specie coloniale planctonica, associata a mari freddi ma non ghiacciati (Leventer & Dunbar, 1986 in Bárcena, 1991) con fioriture al margine glaciale ed abbondante a Nord dell'Antarctic Convergence (Jordan & Pudsey, 1992).

Leventer et al. (1996) la considerano indicatrice di produttività primaria in mare aperto in sedimenti della Penisola Antartica e la mettono in relazione a *F. curta* e *F. cylindrus*.

Cunningham and Leventer (1998) la ritengono correlata al ghiaccio marino, in particolare in zone costiere di ghiaccio a cristalli sciolti (platelet ice) con probabili consistenti fioriture autunnali.

L'abbondanza di spore di *T. antarctica* (delle quali tuttora non sono state definite accuratamente le differenze morfologiche rispetto alla fase vegetativa) sembra essere maggiore in acque di inshore (costiere) e di margine glaciale dove sono minori sia la temperatura dell'acqua sia la sua salinità. Non sono presenti nel ghiaccio marino e sembra non possano sopravvivere a bassa intensità di luce caratteristica degli ambienti subglaciali e interglaciali (Taylor et al., 1997).

Associazione:

Specie dalla non facile identificazione tassonomica al LM e dal non chiaro significato ambientale.

Viene considerata indicatrice di produttività primaria in mare aperto da Jordan e Pudsey (1992) che la ritrovano abbondante, assieme ad altre specie appartenenti allo stesso genere, vicino o a Nord dell'Antarctic Convergence e da Leventer et al. (1996) che la mettono in relazione a *F. curta* e *F. cylindrus* per indicare cambiamenti associativi in sedimenti downcore relativi alla Penisola Antartica.

Bárcena et al. (1998), inoltre, la raggruppa assieme a *T. scotia* Fryxell and Hoban e la interpreta come forma di mare aperto mettendola in relazione con l'ingressione, nel Bransfield Basin, di acque superficiali calde provenienti dal Mare di Weddell. Viene in questo caso notato pure un andamento quasi ciclico ed in opposizione di fase rispetto alle spore di *Chaetoceros*.

Le spore di *Th. antarctica* caratterizzano, assieme ad alcune forme associate al ghiaccio, le associazioni di shelf (Taylor et al., 1997) e vengono ritrovate in alte percentuali, assieme a quelle di *Chaetoceros* da Rathburn et al. (1997) ed interpretate come "Associazione produttiva" associata ad alta produttività e alta variabilità nelle condizioni di ghiaccio marino e temperature superficiali delle acque.

Di parere nettamente contrario Cunningam e Leventer (1998) che, pur riconoscendo il non chiaro significato ambientale di tale forma, considerano *Th. antarctica* resting spores (rs) associata ad acque costiere e dominante, assieme ad altre forme centriche, nel platelet ice (ghiaccio di neoformazione).

Gli autori fanno notare infatti che queste forme (*T. antarctica* rs) nonostante siano state ben documentate nei sedimenti del Mare di Ross, non sono poi state riscontrate in fioriture significative nella colonna d'acqua sovrastante e perciò la loro interpretazione non è certa. Per spiegare la loro distribuzione di concentrazioni in sedimenti di determinate aree del Mare di Ross viene ipotizzata una loro possibile fioritura autunnale (non ancora riscontrata in associazioni attuali).

Osservazioni:

In ambiente antartico le sue spore sono state spesso confuse con quelle di *T. scotia* e, data l'impossibilità di distinguerle al LM, sono state raggruppate in gruppi di comodo (Bárcena et al., 1998). In questo lavoro non sono state distinte fasi vegetative e spore a causa della non cospicua presenza di questa forma nelle associazioni anche se sono state notate, soprattutto al SEM delle differenze morfologiche presenti in alcuni esemplari.

Dall'analisi delle matrici di correlazione tra le specie è stata notata un differente comportamento rispetto ad altre forme di mare aperto quali *Th. lentiginosa*.

ANTA91 8 Diffusamente rappresentata ma in percentuali di presenza mediamente inferiori al 10% con valori massimi attorno al 12%.

ANTA96 5bis Praticamente assente

ANTA99 C23 Presente in alcuni campioni con percentuali che raggiungono il 19%.

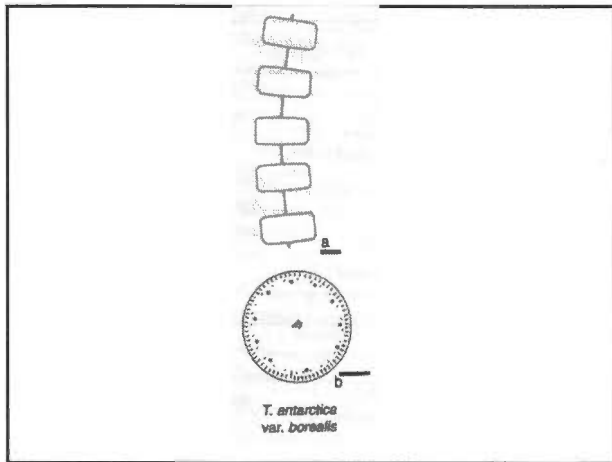


Fig. 1 - Schema di una colonia (a) e di una valva (b) di *Thalassiosira antarctica* var. *borealis* (Tomas et al., 1996)

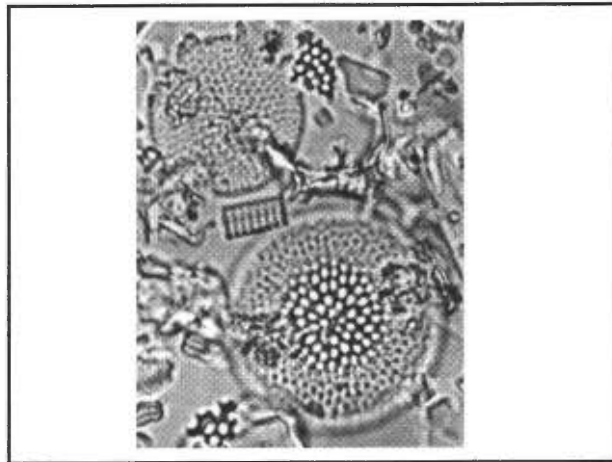


Fig. 2 - Valve di *T. antarctica*
ANTA91 8 Prof. 0-2 cm. 1000Xfatt.0.8

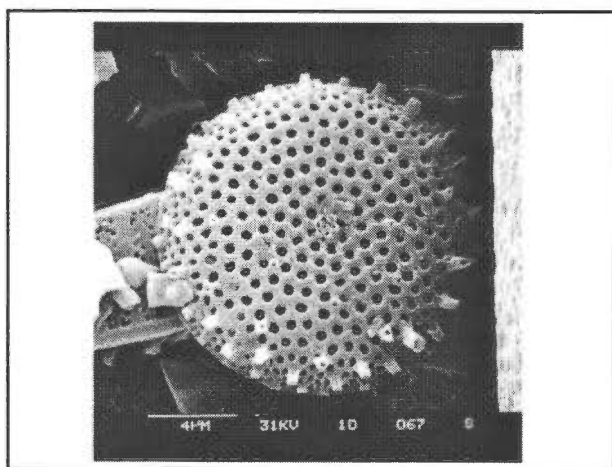


Fig. 3 - *Th. antarctica*
ANTA91 8 Prof. 167-169 cm.(061198c2)

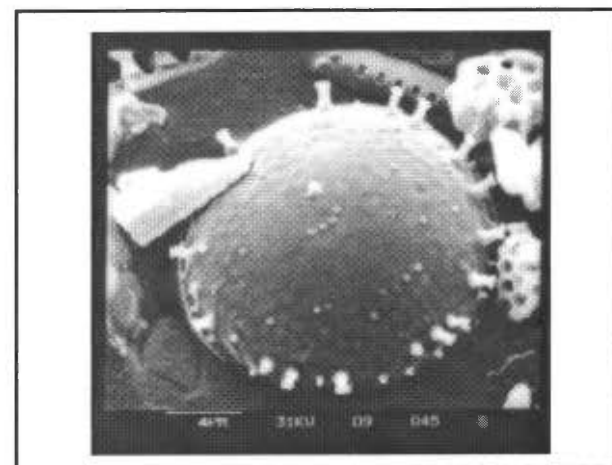


Fig. 4 - *Th. antarctica*
ANTA91 8 Prof. 139-142 cm.(27019947)

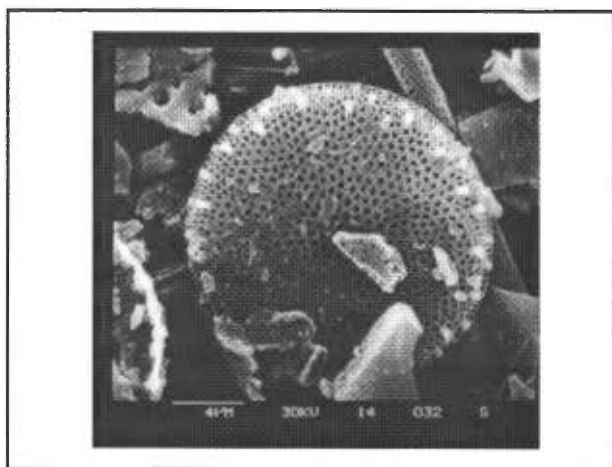


Fig. 5 - *Th. antarctica*
ANTA91 8 Prof. 241-244 cm.(13119832)

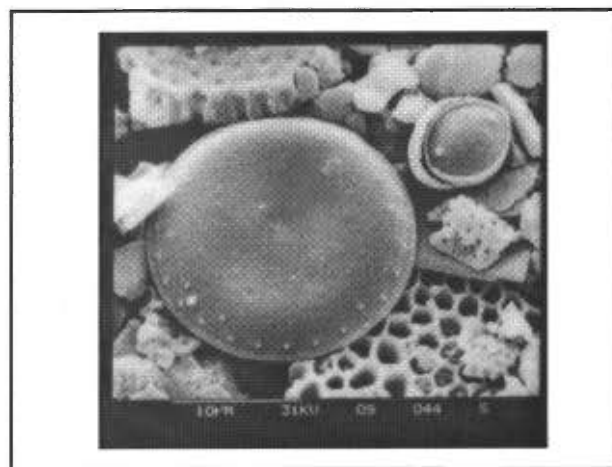
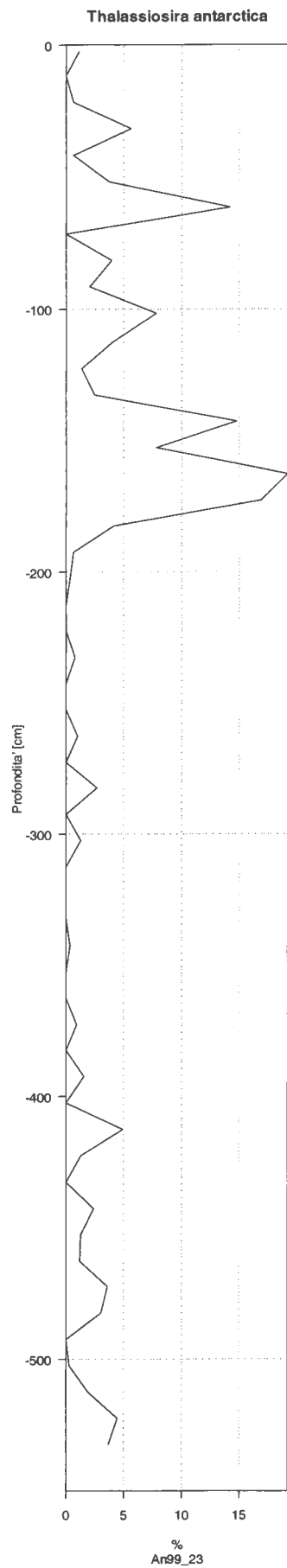
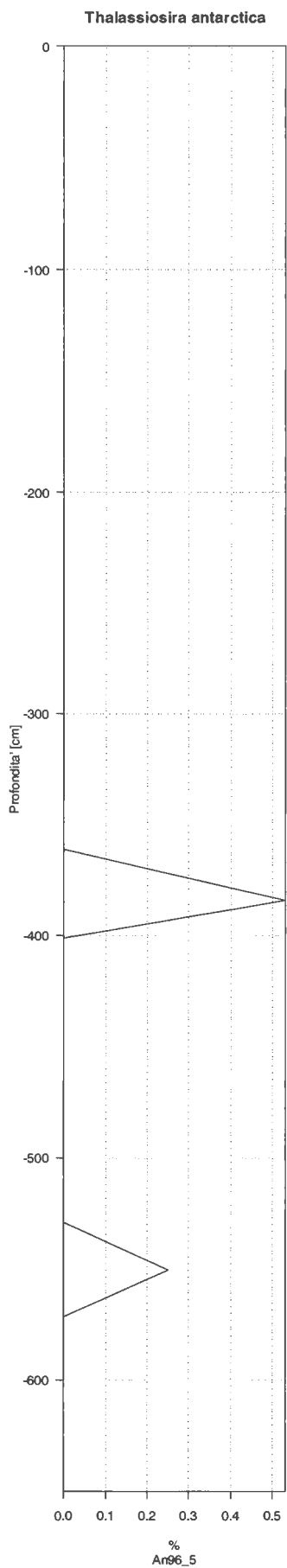
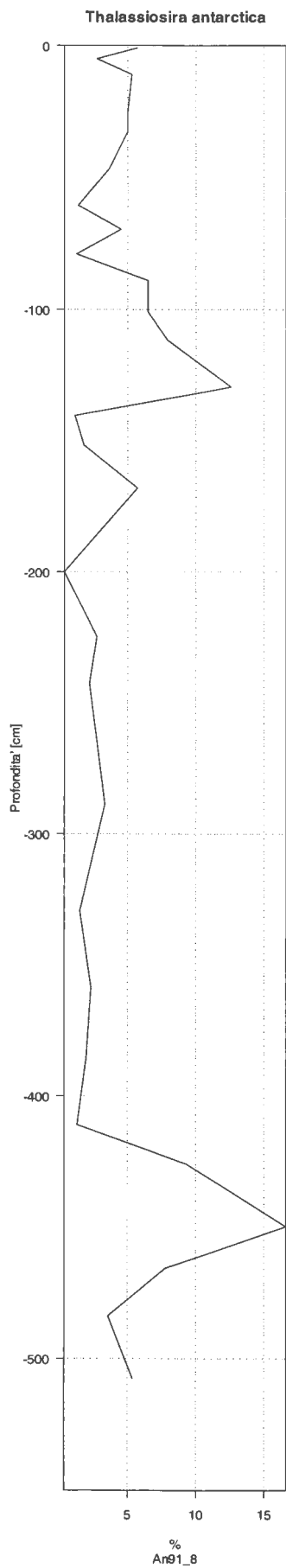


Fig. 6 - *Th. cf. antarctica* e *Chaetoceros spora* ?
ANTA91 8 Prof. 167-169 cm.(27019946)

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia	Thalassiosiraceae
Genere	<i>Thalassiosira</i>
Specie	<i>eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve, 1904
Sinonimi	<i>Coscinodiscus excentricus</i> Ehrenberg, 1839

Descrizione:

Valva circolare piana con un diametro variabile da 25 a 55 μm .

Le areole sono esagonali (ben evidenti nell'area centrale) disposti sulla faccia valvare in file parallele, in numero di 6-10 in 10 μm .

Il margine valvare, striato, è caratterizzato da più di un anello di processi rinforzati marginali (non sempre ben evidenti) (Bárcena, 1991).

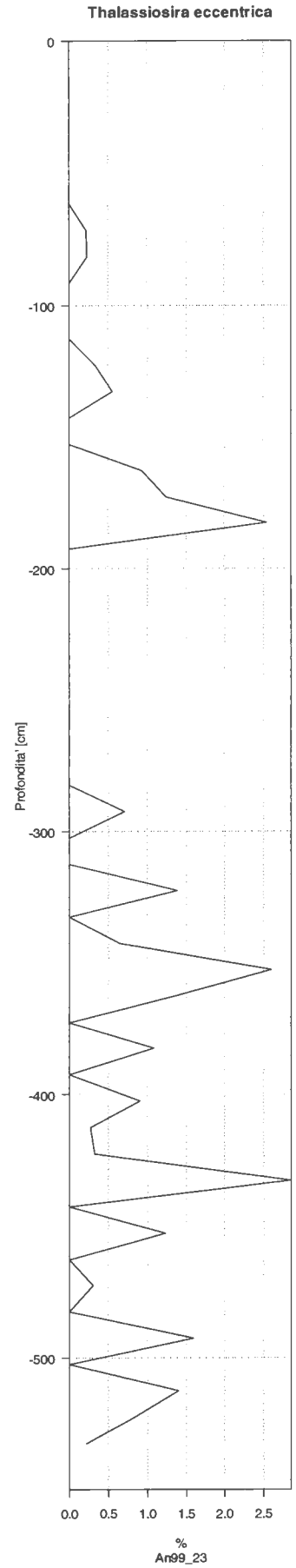
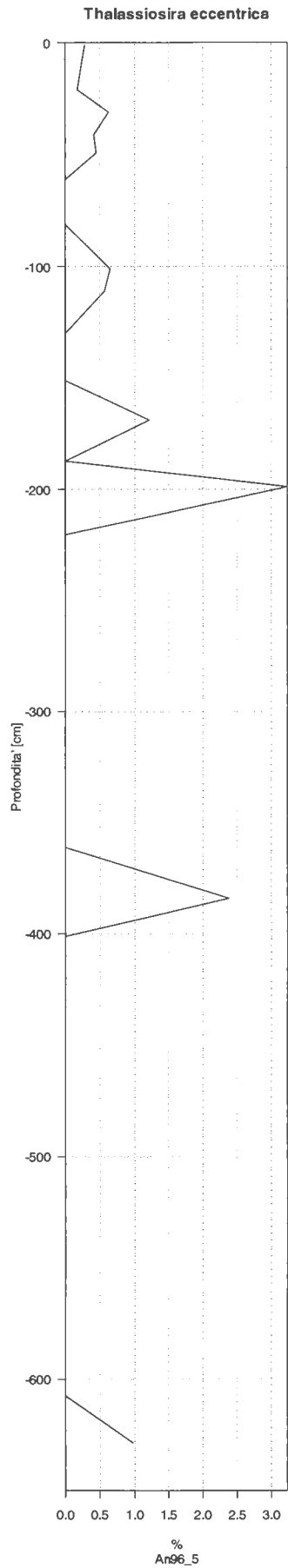
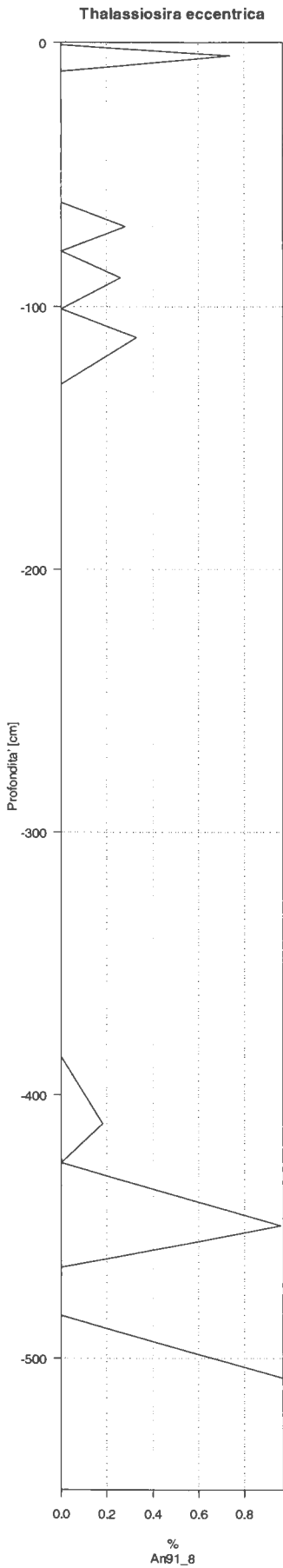
Stile di vita ed ambiente:

Cosmopolita, ben rappresentata in acque subantartiche (Fenner et al., 1976). Schrader (1978) la indica come forma tollerante acque di salinità media.

Associazione:

oceanico (?)

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia	Thalassiosiraceae
Genere	<i>Thalassiosira</i>
Specie	<i>gracilis</i> (Karsten) Hustedt, 1958
Sinonimi	<i>Coscinodiscus gracilis</i> Karsten, 1905 <i>Coscinodiscus minimum</i> Karsten, 1905

Descrizione:

Valva discoidale convessa di 8-23 µm di diametro (5-28 µm in Medlin e Priddle, 1990), il cui frustulo presenta una silicizzazione piuttosto marcata.

Un anello di processi rinforzati marginale ed un processo rinforzato centrale (con proiezioni dei tubuli interne). Un processo labiato non sul margine valvare.

Di questa specie esistono due varietà:

Thalassiosira gracilis var. *expecta* (VanLandingam) Fryxell & Hasle 1979a

In vista connettivale le cellule si presentano discoidali con il centro della valva generalmente piatto; il resto della valva è regolarmente arrotondato mentre il mantello è basso ed arrotondato. Le areole nella parte centrale sono generalmente più grandi, spaziate ed irregolarmente distribuite, mentre risultano più piccole e meno spaziate sulla parte esterna della faccia valvare e sul mantello. Processo rinforzato centrale leggermente decentrato; un singolo processo labiato sul bordo tra la faccia valvare ed il mantello (EM).

Al LM si possono vedere le parti prolungate interne dei processi.

Thalassiosira gracilis var. *gracilis* (Karsten) Husted 1958a

presenta le areole della parte centrale della valva più grandirispetto alla varietà *expecta*; i processi possono essere difficili da vedere al LM.

Stile di vita ed ambiente:

Forma comune di acque subantartiche ed antartiche in condizioni di mare aperto forse associata a condizioni di polynya e rottura primaverile precoce del pack ice.

Associazione:

Trovata ben rappresentata in sedimenti attuali prossimi alla Convergenza Antartica assieme alle spore di *Thalassiosira antartica* da Bárcena (1991).

Zielinski and Gersonde (1997) la osservano nelle sue massime percentuali di presenza in sedimenti superficiali antartici che sottostanno ad acque relativamente temperate (con temperatura comprese tra -2° e 13°C e massima presenza tra i -0,5° ed i 2°C).

In alcuni studi recenti viene considerato un taxon dalle non ben definite relazioni con parametri ambientali di riferimento (Taylor et al., 2001).

Per quanto riguarda il Mare di Ross, Cunningham and Leventer (1998) la ritrovano ben associata ad *Eucampia antarctica*.

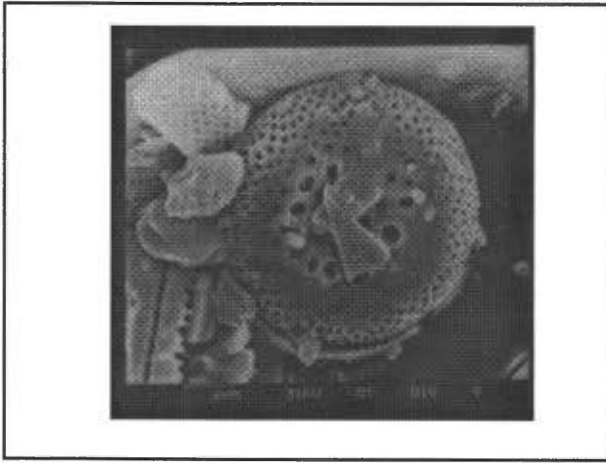


Fig. 1 - *Thalassiosira gracilis* cf. var. *gracilis*
ANTA91 8 Prof. 0-2 cm. (06119815)

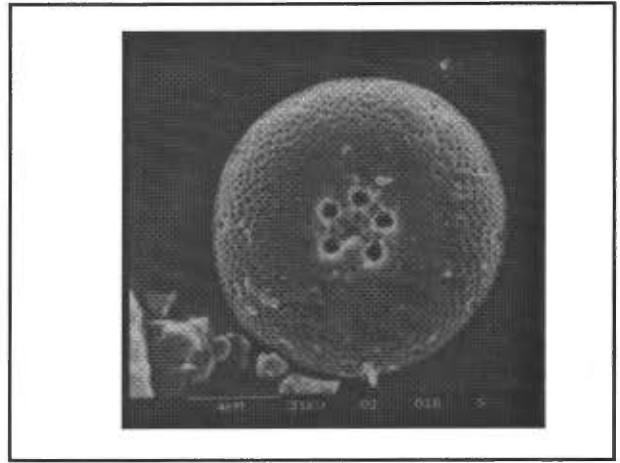


Fig. 2 - *Thalassiosira gracilis* cf. var. *expecta*
ANTA91 8 Prof. 0-2 cm. (06119817)

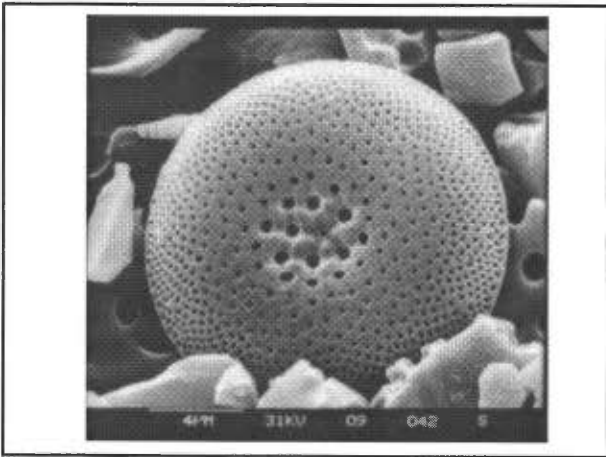


Fig. 3 - *Thalassiosira gracilis* cf. var. *expecta*
ANTA91 8 Prof. 241-244 cm. (im_0004)

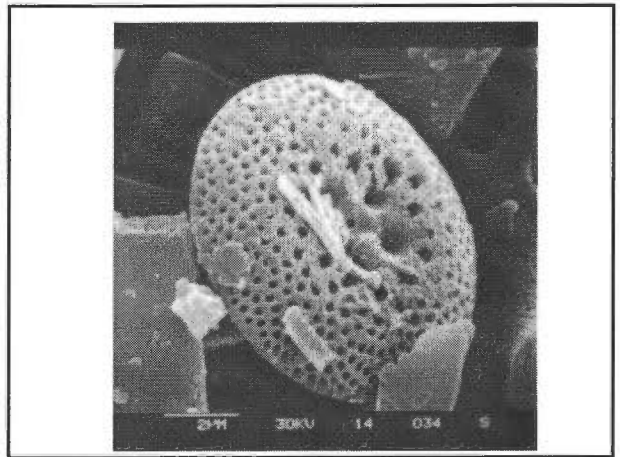
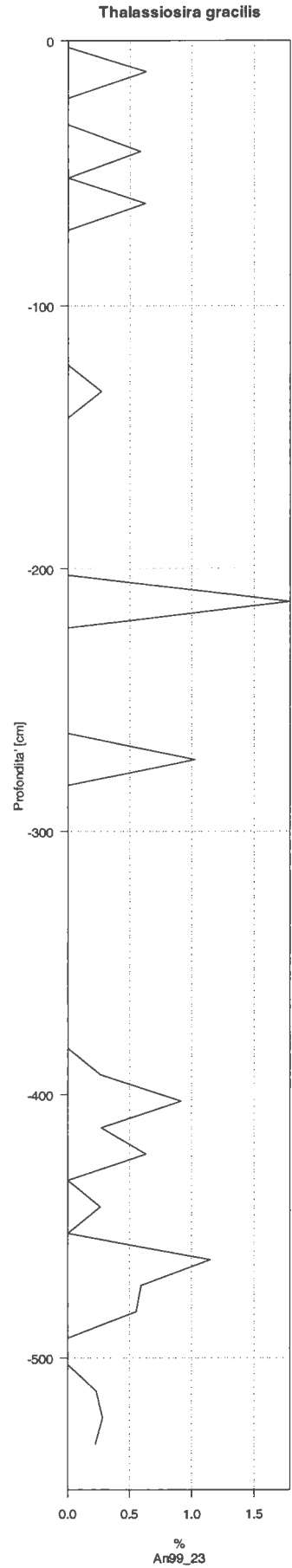
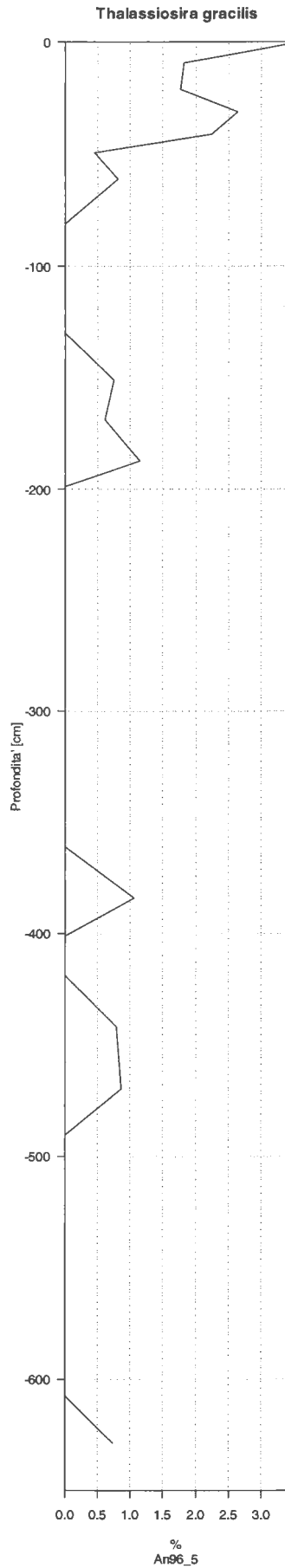
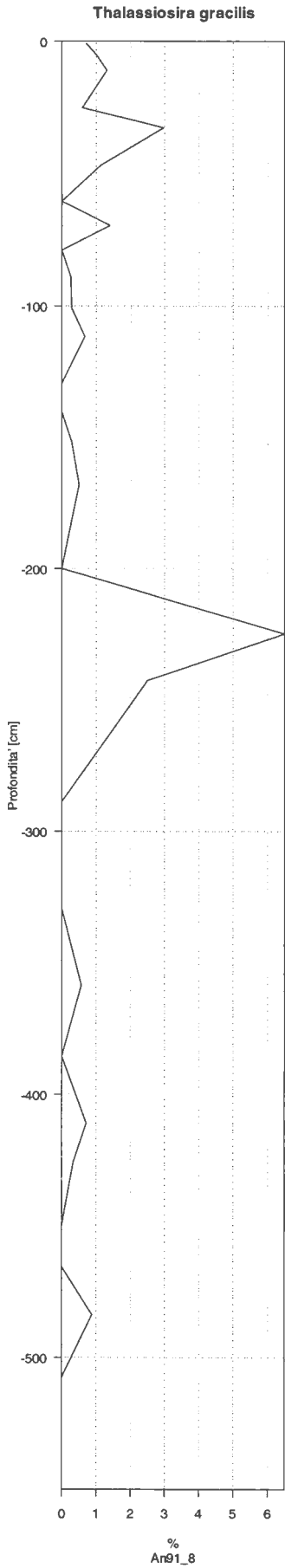


Fig. 4 - *Thalassiosira gracilis* cf. var. *gracilis*
ANTA91 8 Prof. 68-71 cm. (13119805)

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Thalassiosiraceae**

Genere ***Thalassiosira***

Specie ***inura***

Gersonde and Burckle, 1990

Sinonimi *Thalassiosira gracilis*, Jousé et al., 1963

Thalassiosira umbonatus (Castracane) Harwood, 1986a

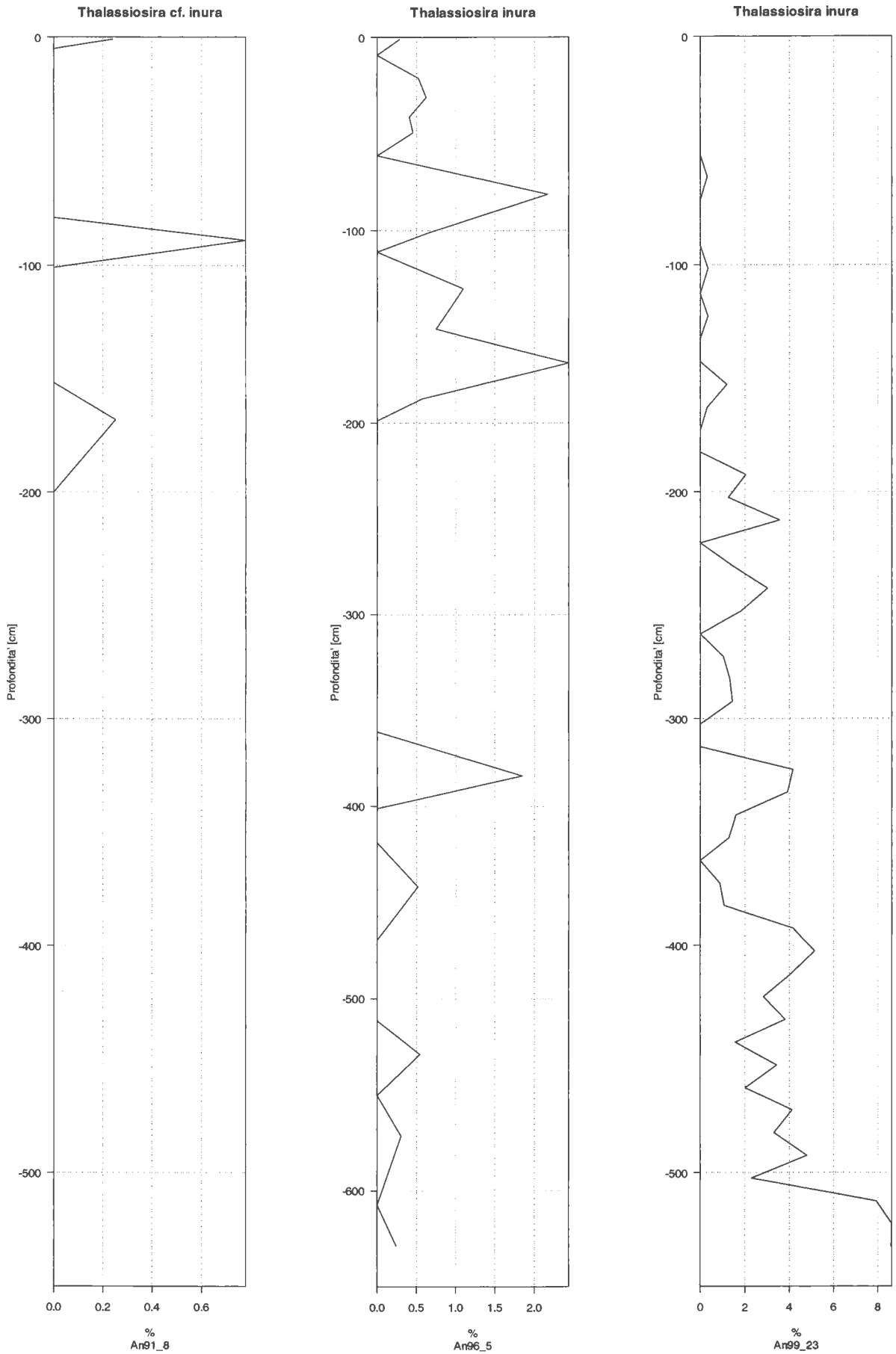
Descrizione: Gersonde, in press, pl. 6, figs. 7-14 e pl. 8, figs. 1-6; Gersonde & Burckle, 1990, pl. 3, figs. 15-17 e pl. 5, fig. 14.

Associazione: forma rimaneggiata riferibile al Pliocene inferiore (Gersonde & Burckle, 1990 in Harwood & Maruyama, 1992).



Fig. 1 - *Thalassiosira inura*
ANTA99 23 Prof. 482-483 cm. 1000Xfatt.1

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Thalassiosiraceae**

Genere ***Thalassiosira***

Specie ***lentiginosa***
(Janisch) Fryxell, 1977

Sinonimi *Coscinodiscus lentiginosus* Janisch, 1878 in Schmidt et al., 1874-1959

Descrizione:

In vista connettivale le cellule si presentano più o meno rettangolari; l'asse pervalvare è da una a quattro volte il diametro, le valve sono piatte ed a mantello basso. Il diametro valvare è compreso tra 29-120 µm.

L'areolazione generalmente è fascicolata ed alcuni processi rinforzati possono essere distribuiti su tutta la faccia valvare, senza tubuli esterni ma simili a piccole areole (strutture comunque difficilmente riconoscibili al LM). E' presente un anello di processi marginali poco visibili mancanti di tubi esterni ed un largo processo labiato marginale orientato radialmente e facilmente visibile.

Caratteri distintivi: processo labiato, struttura fascicolata delle valve.

Stile di vita ed ambiente:

Specie planctonica di mare aperto legata a temperature dell'acqua superiori a -1°C fino a 16°C, con massima presenza a temperature comprese tra 0° e 7°C (Zielinski & Gersonde, 1998).

Associazione:

Forma oceanica molto resistente alla dissoluzione (Crosta et al., 1997)

Distribuzione stratigrafica:

Questa specie risulta marker zonale del Pleistocene superiore - Olocene (Harwood & Maruyama, 1992; Gersonde & Bàrcena, 1998):

Thalassiosira lentiginosa Partial Range Zone
0 - 0.62 Ma

definita alla base dal LO di *Actinocyclus ingens* ed al top da *Thalassiosira lentiginosa*

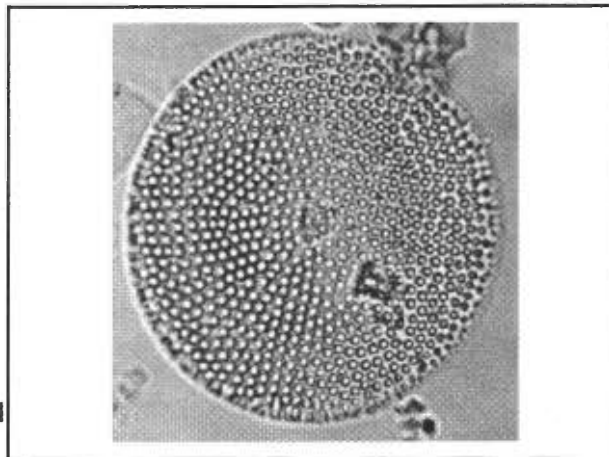


Fig. 1 - *Th. cf. lentiginosa*
ANTA96 5bis Prof. 8-10 cm. 1000Xfatt.1.2

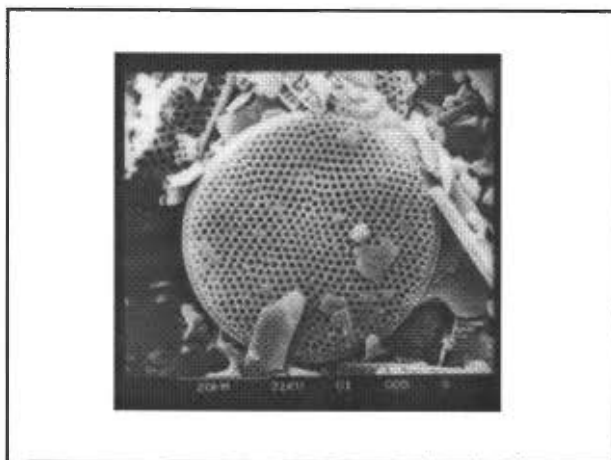


Fig. 2 - *Th. cf. lentiginosa*
ANTA96 5bis Prof. 10-12 cm. (27019904)

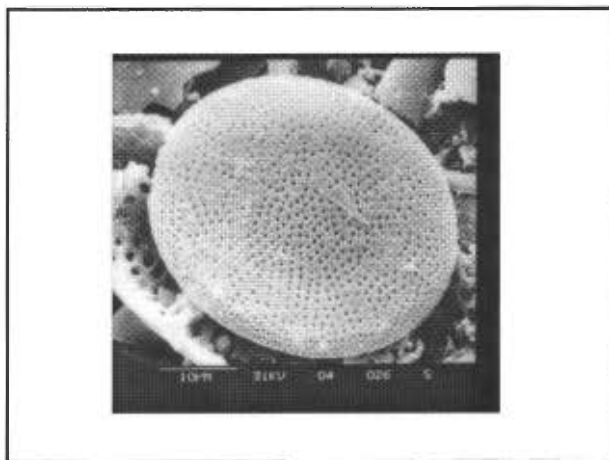
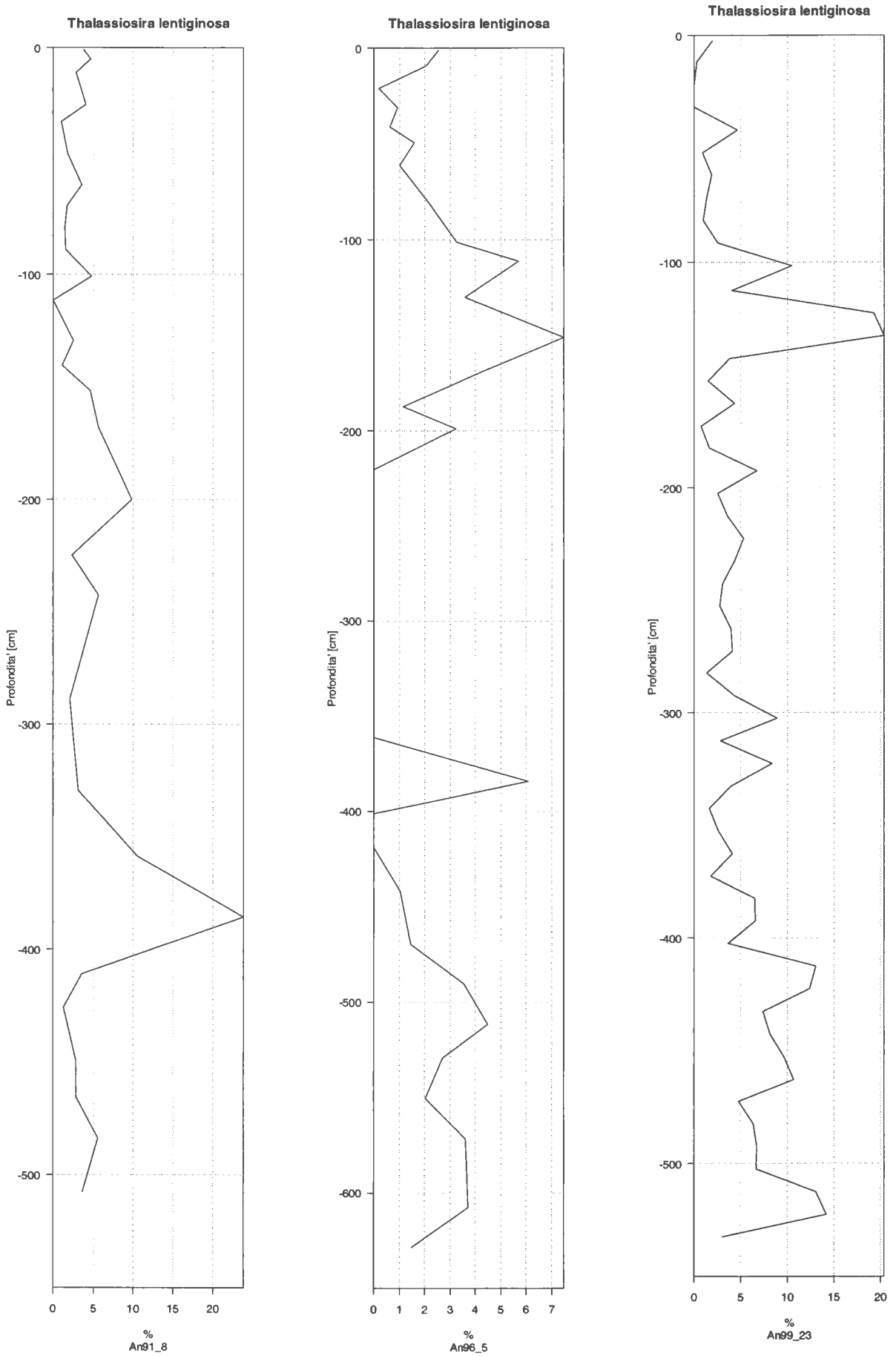


Fig. 3 - *Th. lentiginosa*
ANTA91 8 Prof. 100-102 cm. (27019925)

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia	Thalassiosiraceae
Genere	<i>Thalassiosira</i>
Specie	<i>oestrupii</i> (Ostenfeld) Proschkina-Lavrenko, 1956
Sinonimi	<i>Coscinosira oestrupii</i> Østenfeld, 1900 <i>Thalassiosira trifulta</i> Sancetta, 1982

Descrizione:

Le cellule si presentano in colonie a catena ed unite da filamenti estroflessi dai processi centrali. In vista valvare la valva si presenta circolare, leggermente concava, con un diametro variabile da 16 a 60 μm .

In vista connettivale l'asse pervalvare risulta da mezzo al doppio del diametro, la faccia valvare è piatta o leggermente convessa, il mantello è basso ed arrotondato e la valvocopula è striata.

Nella zona centrale le areole (da 2 a 4 in 10 μm) si presentano più larghe rispetto a quelle vicine ai margini (da 4 a 5 in μm) e talvolta presentano una distribuzione sublineare.

E' presente un processo rinforzato prossimo al centro ed un processo labiato generalmente una o due areole distante; i processi non presentano tubuli esterni ed è presente un anello di processi rinforzati marginale.

Stile di vita ed ambiente:

Forma cosmopolita di oceano aperto e salinità intermedia (Bárcena, 1991); presente in basse percentuali in zone antartiche-subantartiche.

Sembra essere legata a temperature dell'acqua superiori a 4°C fino a 20°C; con massima presenza a temperature superiori a 12°C (Zielinski & Gersonde, 1998).

Associazione:

Oceanica.

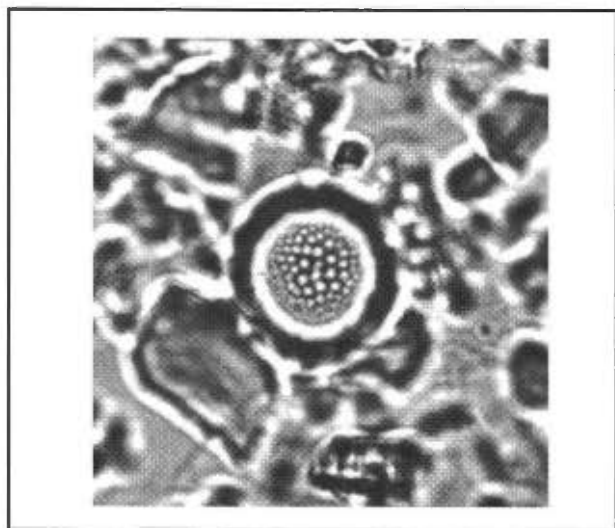
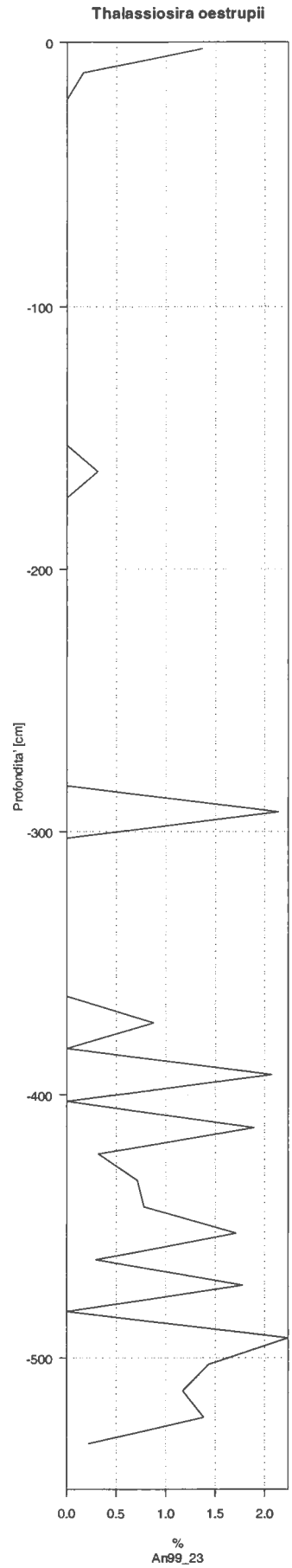
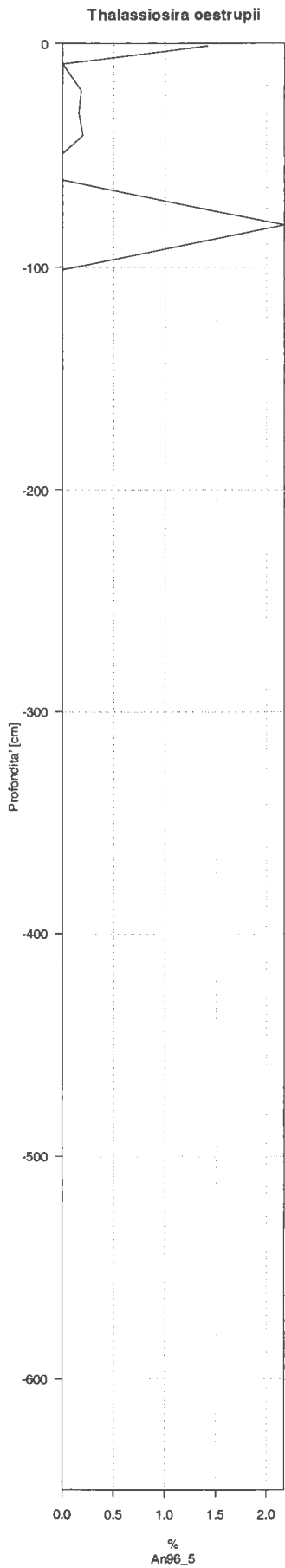
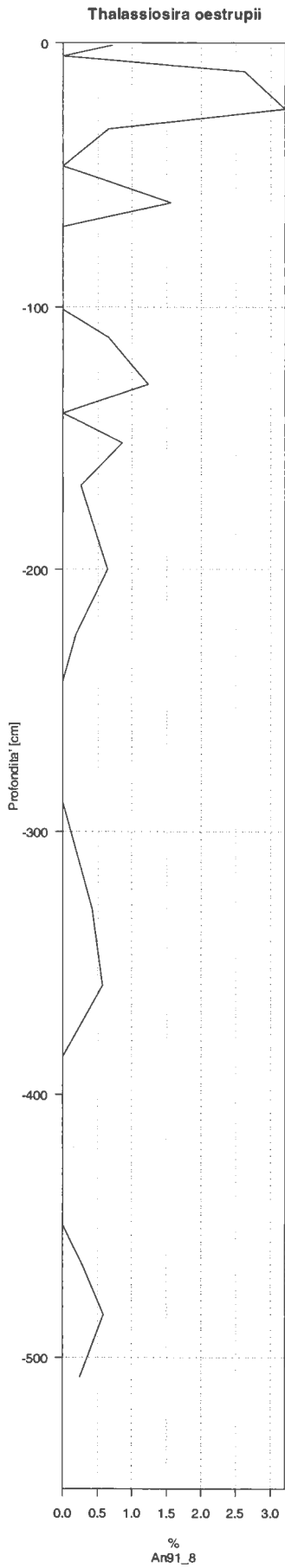


Fig. 1 - *Th. oestrupii*
ANTA91 8 Prof. 4-6 cm. 1000X fatt. 1.2

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia **Thalassiosiraceae**

Genere ***Thalassiosira***

Specie ***oliverana***
(O'Meara) Makarova & Nikolaev, 1984

Sinonimi *Actinocyclus oliveranus* O'Meara, 1876
Microdiscus oliveranus Grunow in Van Heurct, 1880; 1885
Thalassiosira umbonatus Castracane, 1886
Schimperiella antarctica Karsten, 1905
Schimperiella oliverana Sournia, 1979

Descrizione:

Diametro valvare compreso tra i 23-60 μm ; pattern di areolazione radiale o irregolare, con areolazione più fitta e striata nell'ampia zona marginale della valva. Un solo processo labiato marginale, spesso non distinguibile al LM. Processi rinforzati (fultoportulae) con le estensioni dei tubuli verso l'interno (Bàrcena, 1991; Medlin and Priddle, 1990).

Stile di vita ed ambiente:

Forma tipica di acque superficiali antartiche e subantartiche che raggiunge la massima abbondanza in corrispondenza della Convergenza Antartica, anche se non sorpassa il 5% della flora a diatomee (Bàrcena, 1991).

Forma cosmopolita di oceano aperto e salinità intermedia (Bàrcena, 1991); presente in basse percentuali in zone antartiche-subantartiche.

Sembra essere legata a temperature dell'acqua superiori a 4°C fino a 20°C; con massima presenza a temperature superiori a 12°C (Zielinski & Gersonde, 1998).

Associazione:

Oceanica.

Osservazioni:

Nella carota ANTA99 23 in alcuni campioni (camp. 532-533 cm e 522-523 cm) sono presenti dei morfotipi di *Th. oliverana* un po' diversi: simili a *Th. inura* e, nel camp. 532-533 cm, senza l'area centrale ialina e quindi con areole centrali più grandi e quasi poligonali (simili a *Stephanopyxis* sp.).

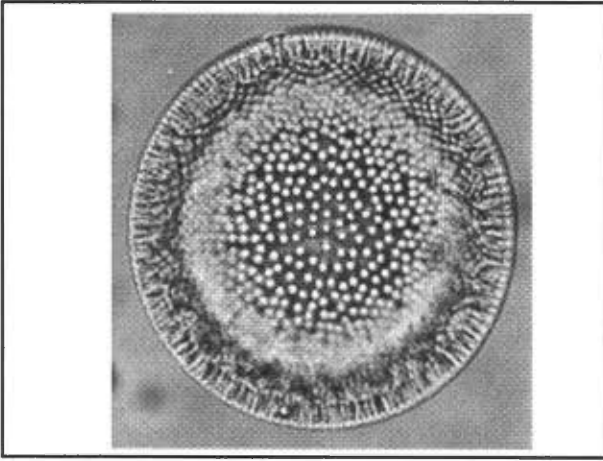


Fig. 1 - *Thalassiosira oliverana*
ANTA91 8 Prof. 10-12 cm. 1000Xfatt. 1.2

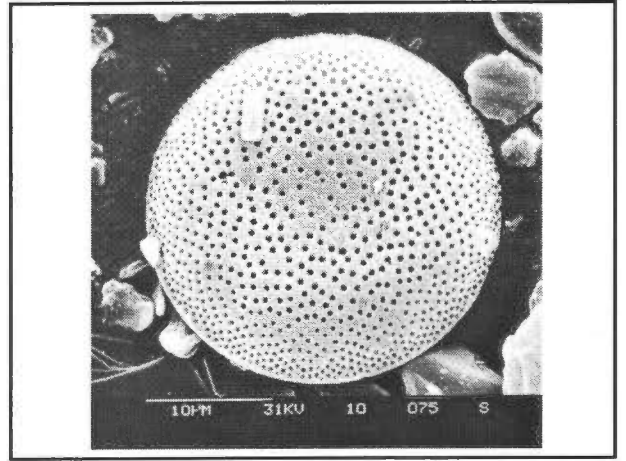


Fig. 2 - *Th. cf. oliverana*
ANTA91 8 Prof. 167-169 cm. (061198d0)

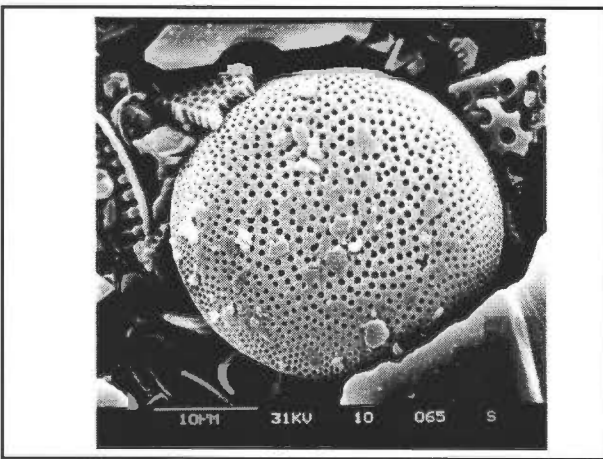


Fig. 3 - *Th. cf. oliverana*
ANTA91 8 Prof. 167-169 cm. (061198c0)

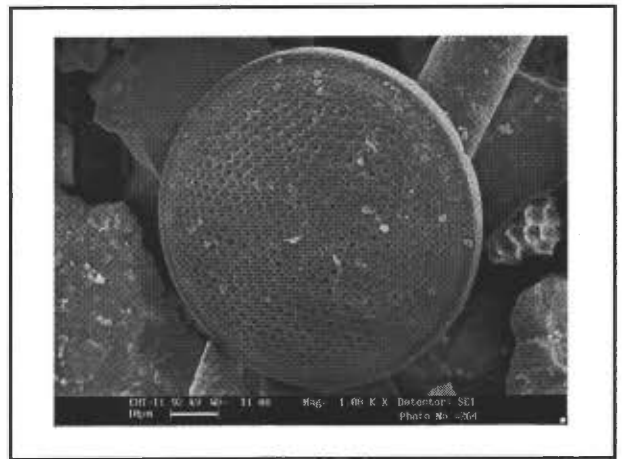


Fig. 4 - *Th. cf. oliverana*
ANTA99 23 Prof. 212-213 cm (200201 4302)

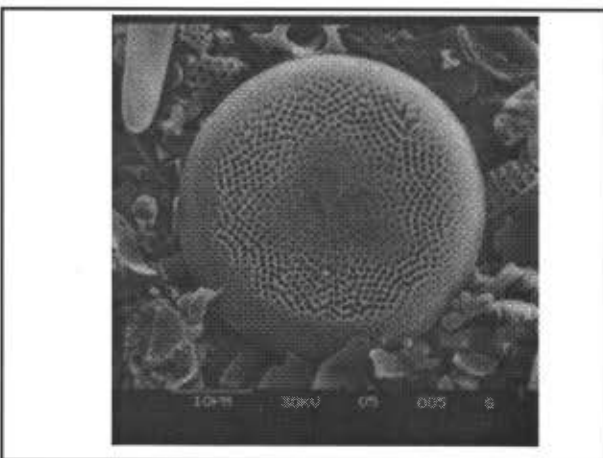
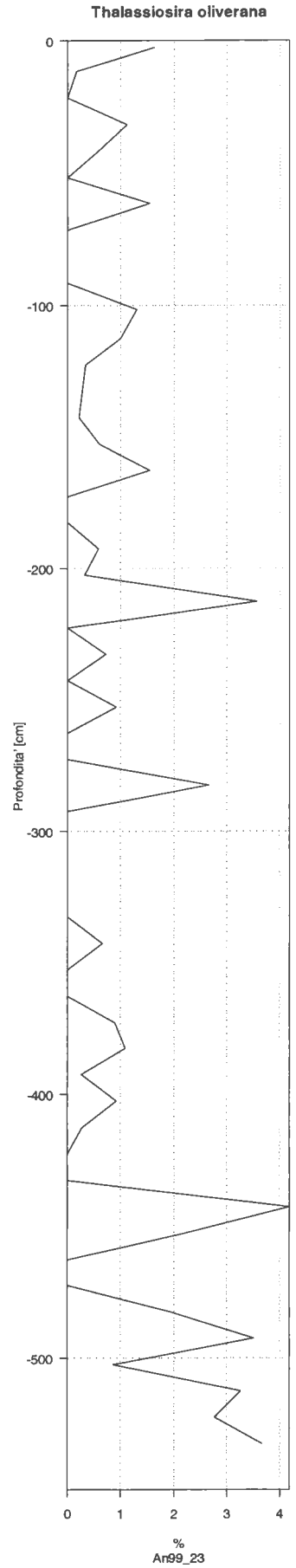
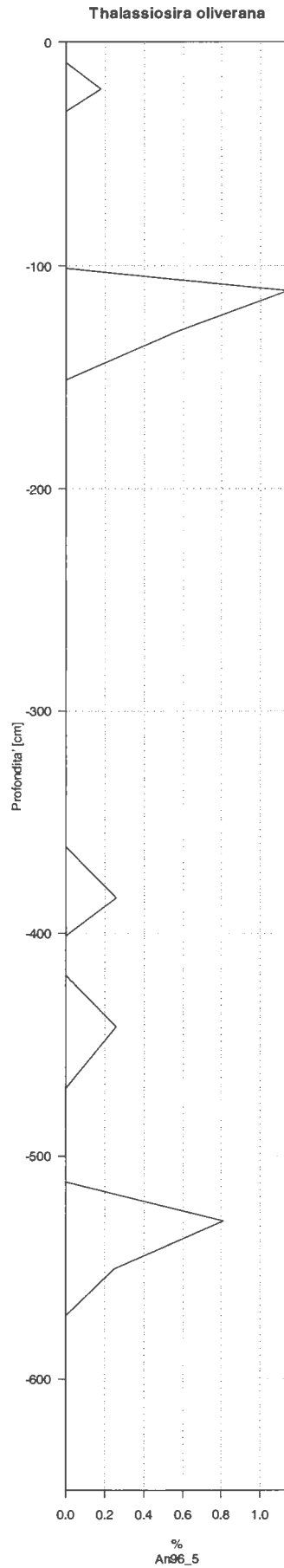
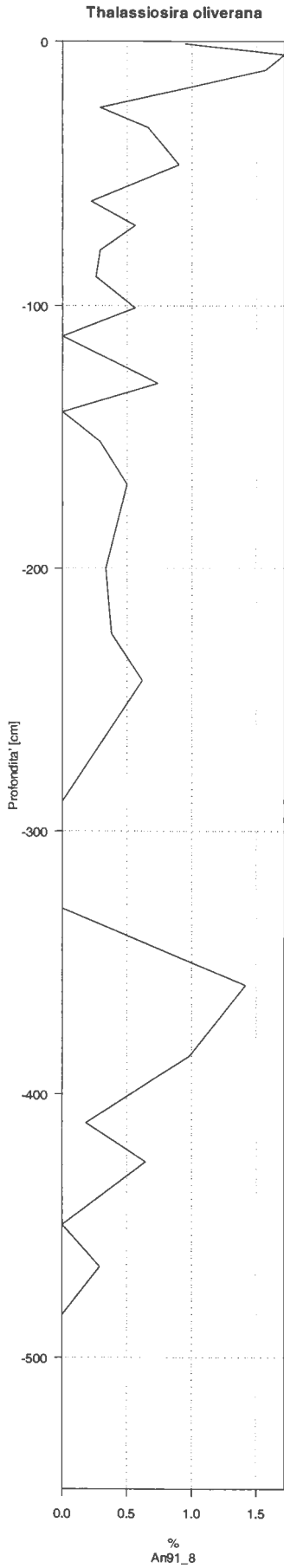


Fig. 5 - *Th. cf. oliverana*
ANTA91 8 Prof. 68-71 cm. (13119805)

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia	Thalassiosiraceae
Genere	<i>Thalassiosira</i>
Specie	<i>ritscheri</i> (Husted) Hasle, 1968
Sinonimi	<i>Coscinodiscus ritscheri</i> Hustedt, 1958

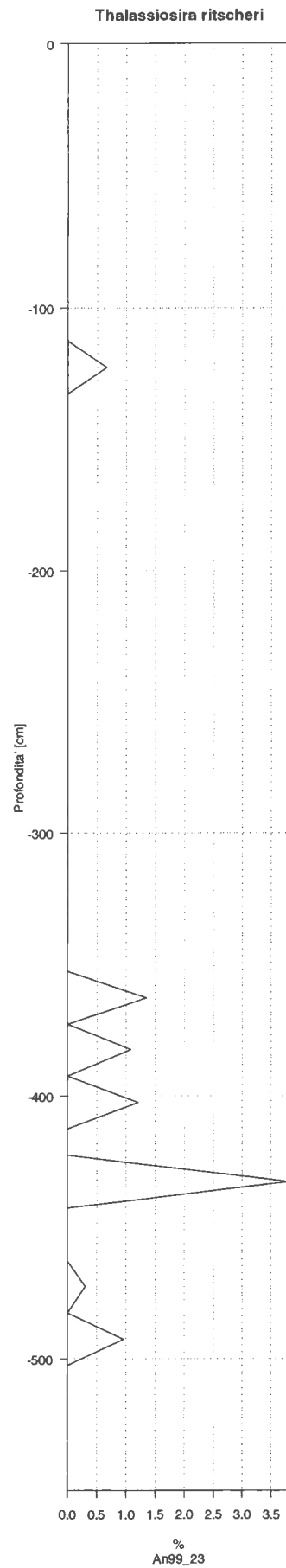
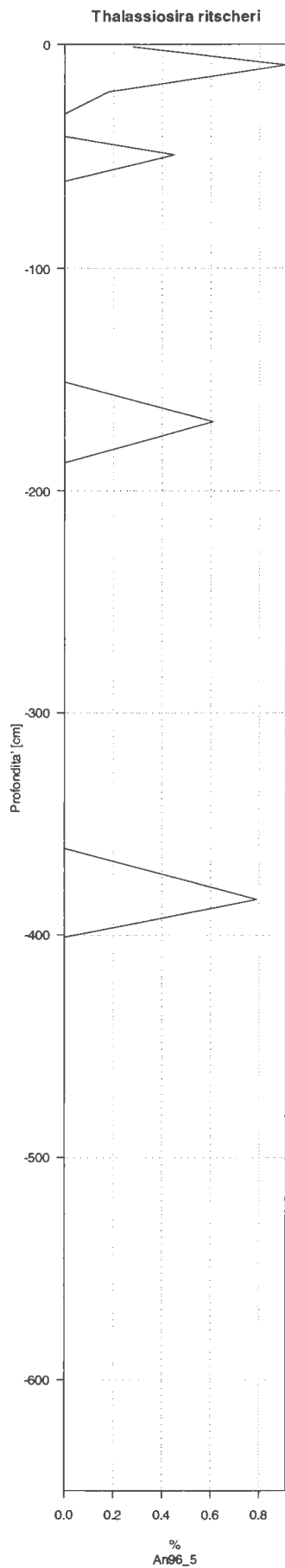
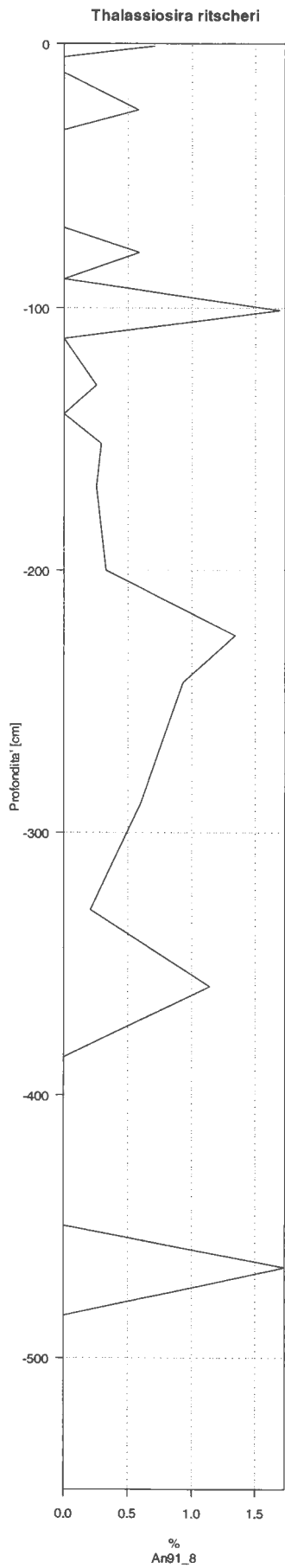
Descrizione:

Valva circolare piana con faccia valvare leggermente convessa; il diametro varia da 35 a 60 μm . L'area centrale è formata da areole disposte irregolarmente che, partendo dal centro in file si raggruppano in settori fascicolati sublinearmente o linearmente. Si osservano da 6 a 8 areole in 10 μm (Bárcena' 1991). Caratteristico è il raggruppamento centrale di processi rinforzati. Presenza di un processo labiato alcune (due o tre) areole al di fuori dal raggruppamento centrale di processi. Caratteristiche distintive: locazione dei processi rinforzati e labiati.

Associazione:

Forma criofila, debolmente silicizzata e soggetta a dissoluzione (Krebs in Bárcena, 1991).

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia	Thalassiosiraceae
Genere	<i>Thalassiosira</i>
Specie	<i>tumida</i> (Janisch) Hasle in Hasle et al., 1971
Sinonimi	<i>Coscinodiscus inflatus</i> Karsten, 1905

Descrizione:

In vista connettivale le cellule presentano un profilo rettangolare, la faccia valvare è piatta con una leggera depressione centrale o leggermente convessa ed un mantello arrotondato. In vista valvare l'areolazione varia da lineare ad eccentrica a fascicolata; sono presenti numerosi processi rinforzati al centro della valva a formare un anello irregolare, talvolta con processi anche all'interno dell'anello. Processi rinforzati sono pure distribuiti sulla faccia valvare a formare un anello regolare che include da tre a nove processi labiati.

Caratteri distintivi: arrangiamento dei processi centrali; numero dei processi labiati.

Specie estremamente variabile; si ipotizza la presenza di due varietà e si trova una certa relazione tra la temperatura e le variazioni nel pattern delle areole (Fryxell et al. 1986 a; Fryxell 1988).

Associazione:

Forma criofila, debolmente silicizzata e soggetta a dissoluzione (Krebs in Bárcena, 1991).

Oceanica.

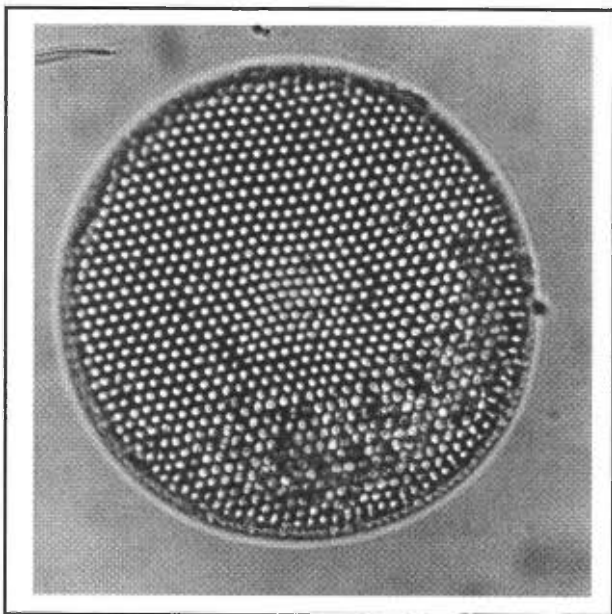
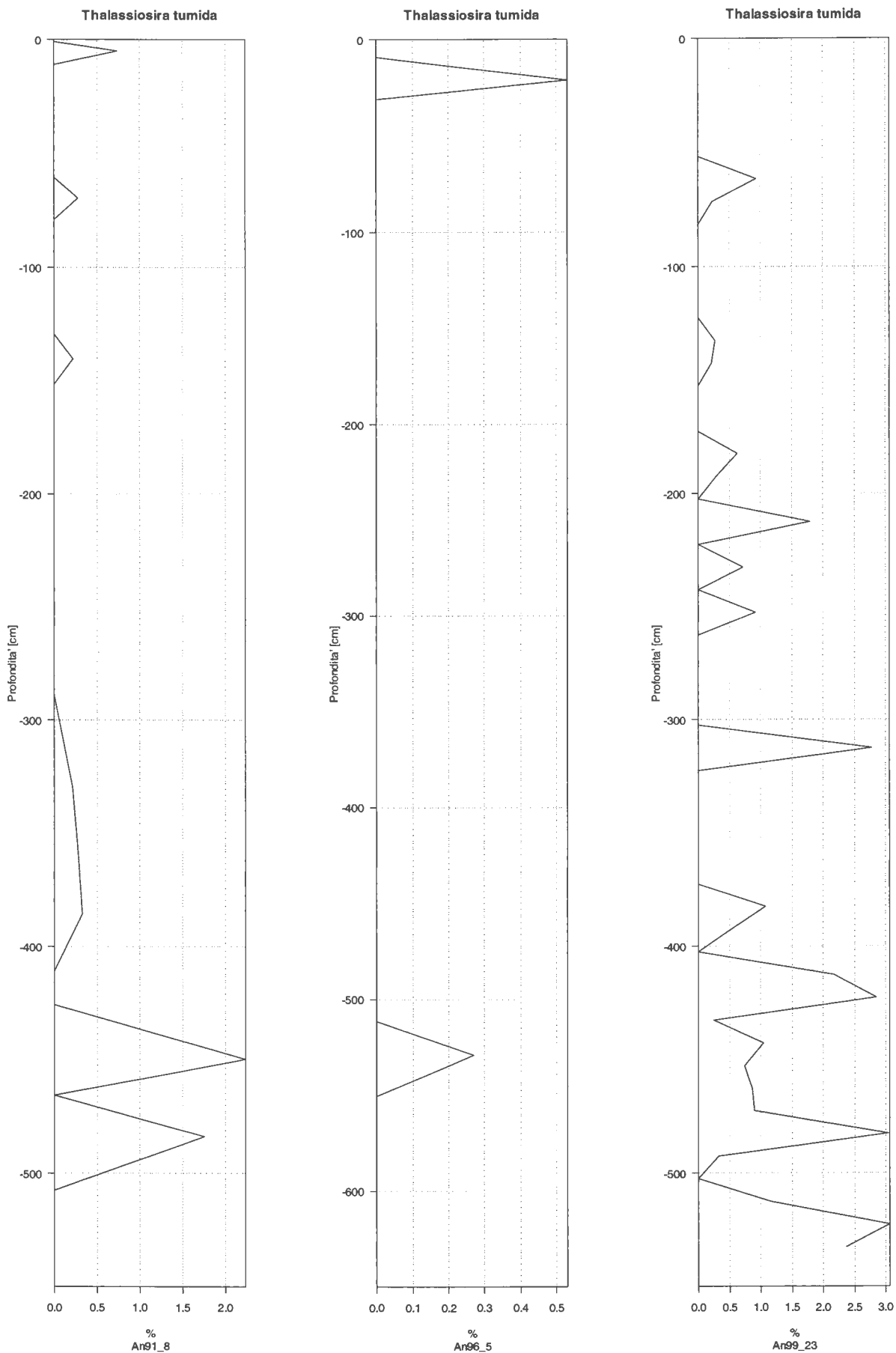


Fig. 1 - *Th. cf. tumida*
ANTA99 23 Prof. 522-523 cm. 1000 fatt. 0.8

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Famiglia**Genere** *Trinacria***Specie** *excavata*
Heiberg, 1863Stratigrafia:
Miocene inferiore e medio

Descrizione:

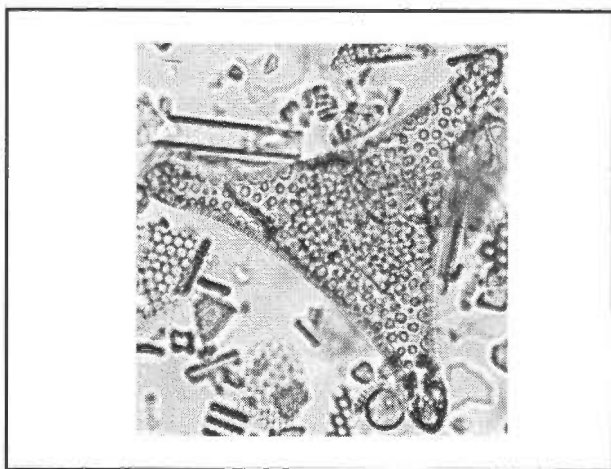
Si presenta in catene rigide, piuttosto lunghe con larghi spazi tra una cellula e l'altra. Il frustulo ha un profilo a tre angoli ed un corto asse pervalvare. La teca presenta dei lati fortemente concavi, lunghi 50-160 μm e degli angoli fortemente arrotondati; il centro è più o meno fortemente convesso ed il mantello è molto corto.

I margini valvari sono alati, caratteristica di questo genere; queste ali hanno una forma a chiglia e si sovrappongono in corrispondenza dei processi. I processi sono stretti e di lunghezza variabile ed in valve fortemente arcuate difficilmente si estendono al di sopra del centro. Agli apici sono presenti due o tre terminazioni uncinatae leggermente arrotondate.

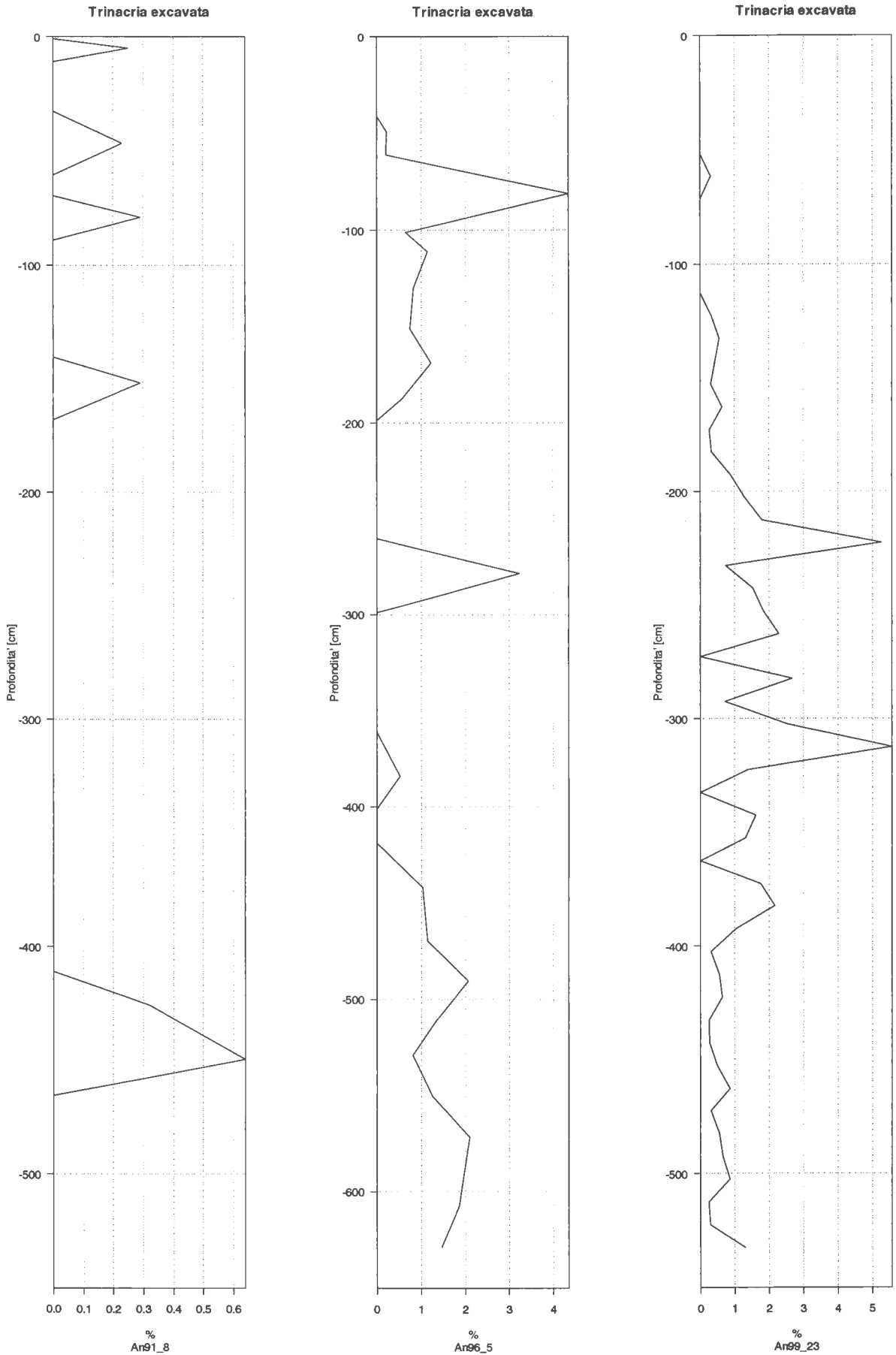
Il muro valvare è grossolanamente e densamente areolato, con areole a sè stanti, arrotondate e spesso allungate. Sulla superficie valvare le areole si distribuiscono in file radiali concentriche più o meno regolari; vicino al margine ed al mantello le areole sono leggermente più grandi (3.5 in 10 μm). All'apice del centro arcuato della valva sono presenti delle spine cave più o meno lunghe ed in numero variabile (Kellogg & Kellogg, 1986)

Genere *Trinacria***Specie** *pileolus*
(Ehrenberg) Grunow, 1884**Sinonimi** *Triceratium pileolus* Ehrenberg, 1854**Distribuzione Stratigrafica:**

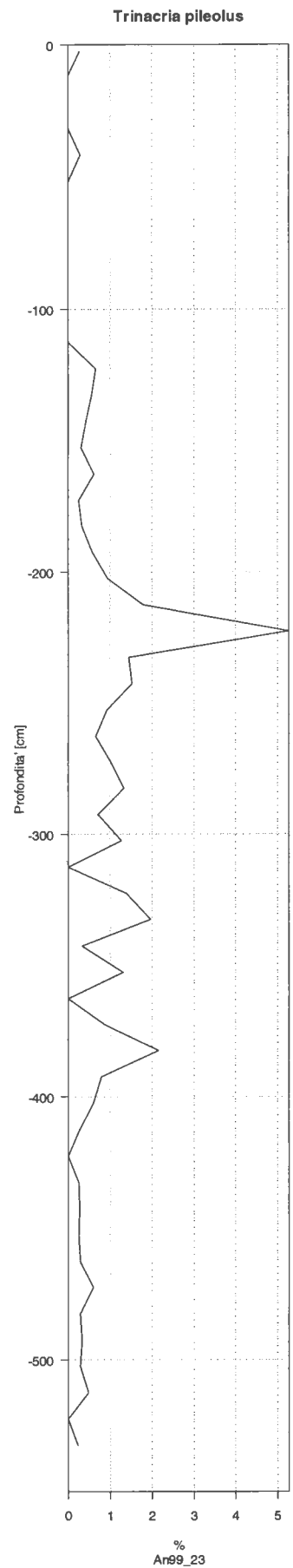
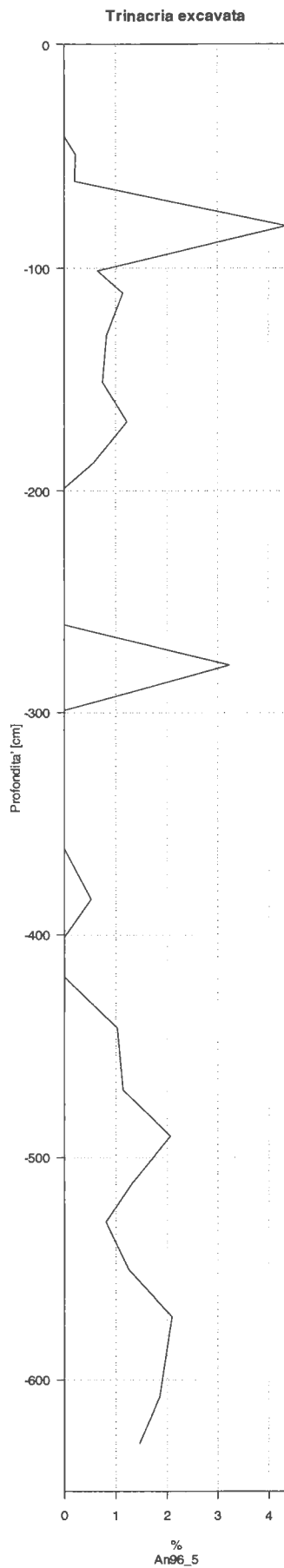
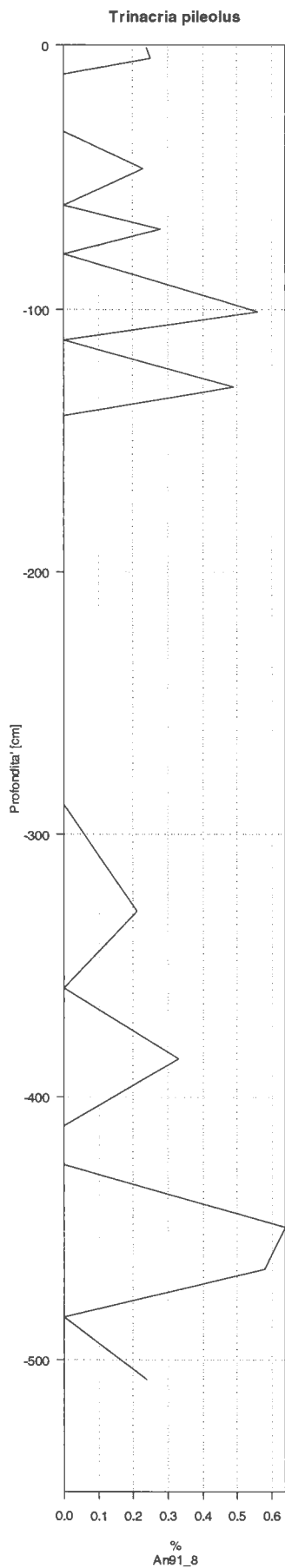
Miocene inferiore e medio (Kellogg & Kellogg, 1986).

Fig. 1 - *Trinacria excavata*

Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Curve di presenza della specie nelle carote:
 Anta 91_8, Anta 96_5 bis, Anta 99_23



Glossario dei termini

Annulus: elemento costituente il sistema primario del frustulo corrispondente ad un anello di silice da cui si irradiano delle coste.

Apertura: spazio tra valve adiacenti nelle catene,

Area longitudinale: zona ialina lungo il raphe, di larghezza variabile.

Alveolo: camera allungata o una della serie di camere che vanno dalla zona centrale o assiale fino al margine della valva. Si apre all'interno della valva tramite una larga apertura ed all'esterno tramite una superficie areolata.

Antiligula: espansione di una banda cingolare che va a colmare uno spazio in una banda adiacente, quando questo non è completamente chiuso dalla ligula.

Areole: Perforazioni, con distribuzione regolare, che attraversano la parete silicea e che generalmente sono occluse da un velum e/oda un rica. Quando sono di piccola taglia si parla di puntuazione o punctum(a).

Areole poroidi: areole semplici che attraversano una parete laminare, senza restringimenti marcati alla superficie interna o esterna della valva.

Areole loculate (loculus): areole complesse che attraversano una parete loculare, con restringimento marcato alla superficie interna o esterna della valva, il foramen e un rica e/o un velum all'altra estremità.

Areole poroidi: areole semplici che attraversano una parete laminare.

Areole loculate (loculus)

Auxospora: cellula risultante dalla fusione sessuale o (autogamia) o cellula formata da un semplice processo vegetativo ma cresciuta fino a raggiungere la taglia massima caratteristica della specie. Questa cellula permette la ripresa del ciclo vegetativo. La sua parete valvare è differente rispetto quello di una normale cellula ed ha una struttura specializzata.

Bande connettivali: elementi di silice che giacciono tra le due valve (vedi copulae)

Bullula: spazio vuoto a forma di bolla nella parete silicea della valva, tra le areole loculari (vedi in descrizione *Actynopticus senarius*: struttura bullulata).

Canale del raphe: particolare struttura che sottende il raphe, formata da più fibulae.

Campo di pori: area apicale di piccoli pori caratteristica di molte diatomee pennate con e senza raphe. Può caratterizzare certe strutture come gli ocelli presenti sulle terminazioni apicali delle valve intercalari di *Eucampia antarctica*.

Cellula iniziale: cellula formata dalla auxospora dal laying down delle valve che generalmente differiscono morfologicamente da quelle di una normale cellula vegetativa.

Cellula vegetativa: cellula formata da divisione mitotica, con frustulo completo.

Cingolo: parte del frustulo situata tra le due valve e divisa in epicingulum ed ipocingulum.

Copulae: denominazione delle bande del girdle che presentano una differenziazione morfologica tra quelle più vicine alla valva e quelle più lontane; presentano quasi sempre strutture fini superficiali. Non sono mai presenti processi o morfologie simili, possono al limite presentare delle file di pori di struttura simile a quella delle valve.

Corna: lunghe e strette elevazioni.

Cribrum: (pl. cribra) occlusioni delle areole formate da membrane con pori.

Elevazione: porzione rialzata della parete valvare, non aggettante lateralmente al di sopra del margine valvare; può presentare la stessa struttura delle valve o essere caratterizzata da strutture speciali (ocelli);

Fibula: ponte di silicio che sottende internamente il raphe. Può variare molto in forma: da stretta costola a lamina piatta o a struttura più complessa. Talvolta più fibulae hanno l'effetto di creare, al di sotto del raphe una sorta di canale (canale del raphe).

Frustulo: teca silicea costituita da una epiteca e una ipoteca.

Fultoportula: (processo rinforzato, in inglese 'strutted process') tipo di portula (processo) caratteristico dell'ordine delle Thalassiosirales (diatomee centriche). È costituito da un tubo, che attraversa la struttura silicea ed è supportato internamente da due o più supporti silicei; presenta da due a cinque pori o fessure satelliti. Il tubo, che può estroflettersi o no rispetto la faccia esterna della valva, ha quasi sempre una apertura esterna semplice. In base alla differente struttura possono essere riconosciuti almeno tre tipi di fultoportulae. La sua funzione non è ancora chiara. I fultoportulae sono generalmente posizionati attorno al mantello valvare, ma possono essere distribuiti anche sulla faccia valvare singoli o raggruppati.

Girdle: vedi cingulum.

Imene: membrana silicea molto delicata che occlude i pori di molte diatomee provviste di raphe; caratterizzato da una areolazione formata da pori da arrotondati ad allungati il cui diametro inferiore è di 5-10 nm.

Ligula ed Antiligula:

Mantello valvare: parte della valva, ben visibile in vista connettivale, più o meno inclinata, di struttura spesso diversa dalla faccia valvare.

Nodulo apicale (o terminale o polare): inspessimento della parete della valva, all'estremità apicale del raphe.

Nodulo centrale (o mediano): inspessimento centrale della valva, collocato tra i due rami.

Ocellus: area della valva caratterizzata da areole più piccole e non occluse o occluse da semplici vela (detti porelli); può essere circondato da un orlo (margine) più spesso e senza strutture. Aree di questo tipo sono generalmente posizionate in corrispondenza degli apici di cellule bi- o pluri-polari. Possono in alcuni casi sopraelevarsi dalla faccia valvare per mezzo di elevazioni.

Ocellus costato: simile ad un ocellus o pseudocellus ma con file di piccoli pori separati da coste silicee che possono attraversare oppure no l'area centrale;

Otarium: uno dei due corti inspessimenti membranosi silicei presenti, opposti l'uno all'altro alla base o in prossimità della base del processo labiato in alcune specie di *Rhizosolenia* Brightw., anticamente chiamato ala.

Parete cellulare: parete della cellula vegetativa formata da alcuni componenti di silice, che assieme costituiscono il frustulo, e componenti organici (Ross et al., 1979). Questi ultimi comprendono membrane ricoprenti che involuppano gli elementi silicei e che possono andare persi, durante lo sviluppo della cellula, nella parte interna, in quella esterna o in entrambe.

Pleurae: denominazione delle bande del cingolo escluse copula e valvocopula, situate all'estremità aperta del cingulum.

Processi: particolari pori della valva caratterizzati da caratteristiche strutture come proiezioni (tubi) della parete valvare omogeneamente silicizzati; ve ne sono di diversi tipi (vedi processo labiato, processi rinforzati, ecc). Particolarmente importanti in tassonomia.

Processo labiato: vedi Rimoportula

Processi occlusi: tubuli cavi, che generalmente non attraversano la parete valvare, di solito alla faccia esterna della valva e chiusi ad una estremità.

Processo rinforzato: vedi Fultoportula.

Pseudo-ocellus: area della valva caratterizzata da areole più piccole e non occluse o occluse da semplici vela. Non è circondato da un orlo o margine come l'ocellus ma la normale areolazione della valva passa gradualmente a quella più fina dello pseudocellus. Aree di questo tipo sono generalmente posizionate in corrispondenza degli apici di cellule bi- o pluri-polari. Possono in alcuni casi sopraelevarsi dalla faccia valvare per mezzo di elevazioni.

Pseudo-nodulo: struttura presente in alcune diatomee centriche, simile apparentemente ad ocelli e pseudocelli; sono spesso poco più che areole modificate (piastre piane, piatte, incassate nella valva oppure pori apparentemente non occlusi).

Raphe: struttura caratteristica di molte diatomee pennate costituita dalla presenza di una o due fessure longitudinali che attraversano la valva talvolta accompagnate da particolari inspessimenti e/o ornamentazioni del muro (fibulae, sternum, ecc.); se sono presenti due fessure queste sono generalmente allineate una con l'altra lungo la linea longitudinale mediana della valva e separate tra loro da un ponte di silicio talvolta più spesso del resto della valva (nodulo centrale). Nel complesso queste strutture prendono il nome di *sistema del raphe* che può anche risultare elevato rispetto al resto della faccia valvare. Il raphe può essere centrale o eccentrico, mentre le terminazioni polari e centrali delle fessure possono avere delle configurazioni particolari (diritte, ricurve, ad uncino, ecc.).

L'estensione, la posizione e la struttura del raphe sono caratteristiche importanti ai fini tassonomici.

Rica: fine strato di silice con perforazioni di piccole dimensioni.

Rimoportula: tipo di portula dalla struttura più semplice rispetto al fultoportula data l'assenza di rinforzi e pori satelliti. E' caratterizzato da un tubo che si apre all'interno della cellula attraverso una (raramente due) fessura (vedi processo labiato) ed all'esterno attraverso una apertura semplice o una struttura tubolare aperta all'apice. Anche la struttura dei rimoportulae può variare. La disposizione spaziale dei rimoportulae tende ad essere una caratteristica specifica (singoli, distribuiti ad anello o raggruppati in clusters, ecc.). La loro funzione non è ancora chiara.

Rota: (pl. rotae)occlusioni delle areole formate da dischi solidi di silice che si attaccano alla circostante struttura silicea tramite dei raggi.

Septum: foglietto o inspessimento siliceo disposto nel piano valvare, originato da una banda cingolare e proiettata verso l'interno del frustulo; perforato o no.

Setae: proiezioni valvari cave che si sviluppano al di fuori del mantello valvare caratteristiche del genere *Chaetoceros*. Sono generalmente posizionate in corrispondenza dei poli apicali del frustulo e possono essere più o meno lunghe e con struttura differente rispetto quella della valva. All'interno di una stessa specie le setae delle cellule terminali possono differire da quelle delle valve intercalari risultando più robuste e/o differentemente orientate.

Spore di riposo (resting spores): cellule specializzate che si sviluppano in catene di quattro, appiate o singole in funzione della eguale o inuguale divisione cellulare o di una mitosi citogenetica. Durante la loro formazione si ha la deposizione di uno spesso muro siliceo che in genere differisce strutturalmente da quello delle cellule vegetative che consiste in due valve, in molti casi senza in cingolo (girdle). Possono essere **endogene**, **semi-endogene**, ed **esogene**.

Valve: parti più o meno piane, opposte due a due in rapporto al cingulum e costituenti i coperchi del frustulo.

Valvocopula: banda connettivale prossima alla valva; è sempre leggermente differente rispetto le altre dato che è sempre priva di ligula. Può avere delle caratteristiche morfologiche particolari.

Associazioni a diatomee polari nel Mare di Ross (Antartide)

Velum: (pl. vela) occlusioni delle areole formati da lembi silicei dalla struttura più delicata rispetto al muro valvare; sono stati suddivisi in cribra, vola e rota in base alla loro struttura.

Vola: (pl. volae) occlusioni delle areole formate da elementi separati gli uni dagli altri, che si accrescono dai bordi dei pori e si proiettano sopra il lume dell'areola.

Desidero in primo luogo ringraziare il Prof. Nevio Pugliese per il sostegno e la fiducia concessa durante lo svolgimento del lavoro e la Prof. ssa Camilla Pirini Radrizzani per la vivace e paziente collaborazione durante le fasi di sviluppo, approfondimento e revisione del lavoro; desidero inoltre ringraziare la Dott. Maria Cristina Bonci per la disponibilità e le utili discussioni, Fabio Tartaglione per il supporto nella fase di analisi dei dati (e per l'amorevole e 'coniugale' aiuto), il Prof. Eugenio Andri per l'ospitalità ed il Dott. Massimiliano Testa per il supporto durante alcune fasi del lavoro.

Rivolgo un cordiale ringraziamento:

- al gruppo di ricercatori e colleghi di Trieste (in particolare il Dott. Tullio Quaia, Dott. Gianguido Salvi, la Dott.ssa Maria Cristina Salvi, la Dott.ssa Romana Melis ed il Dott. Massimo Presti) per la partecipazione allo svolgimento del lavoro e simpatia e

- al gruppo di ricercatori e colleghi di Genova (in particolare Dott. Deanna Piccioni, Dott. ssa Roberta Ivaldi, Prof. Nicola Corradi e la Dott.ssa Antonella Pittà) per la amichevole disponibilità ed accoglienza accordata.

Desidero inoltre ringraziare il Prof. Lloyd Burckle, il Prof. Reed Scherer, la Dott. Marina Cabrini, la Dott. Leanne Armand e la Dott. Laura de Santis per i consigli, le fruttuose discussioni ed il sostegno scientifico.