

TENTATIVO DI INTERPRETAZIONE EVOLUTIVA DELLA SCARPATA DI MALTA BASATA SU DATI GEOLOGICI E GEOFISICI

P. CASERO (*), M.B. CITA (**), M. CROCE (**), & A. DE MICHELI (**)

RIASSUNTO

La «scarpata di Malta» è un lineamento fisiografico e strutturale primario del Mediterraneo centrale che si estende in direzione quasi N-S, su oltre 200 km dal margine orientale della Sicilia fino ai Monti di Medina separando il plateau continentale siculo-maltese dalla piana abissale ionica. A tutt'oggi i dati analitici relativi a tale lineamento sono piuttosto scarsi: poche linee sismiche a riflessione, alcune campagne di dragaggi e carotaggi, osservazioni visuali mediante sottomarino oltre a rilevamenti batimetrici, gravimetrici e magnetometrici a carattere regionale.

Il presente lavoro da un lato offre un ulteriore contributo conoscitivo attraverso l'analisi dei campioni dragati e/o carotati durante due crociere effettuate con la nave oceanografia BANNOCK nel 1980 e nel 1981, dall'altro rappresenta un primo tentativo di integrare tutte le informazioni disponibili, e particolarmente quelle sismiche, in uno schema geologico della scarpata e di accertarne i rapporti paleogeografici e strutturali con gli adiacenti plateau continentale/Sicilia sud-orientale e piana abissale ionica. Le principali conclusioni generali raggiunte sono:

— la fisiografia della scarpata è in larga misura di origine tettonica, solo secondariamente modellata dall'erosione sottomarina (presenza di canyons trasversali) e dalla sedimentazione;

— l'individuazione della struttura è con ogni probabilità essenzialmente tortoniana (? inferiore); in epoca più recente (post-Trubi) si hanno importanti riattivazioni;

— la scarpata si imposta su un substrato (Triassico superiore a Miocene) che è litostratigraficamente differenziato a partire dal Lias secondo lineamenti ad andamento NNW-SSE, tettonicamente instabili e sede, a periodi, di importante attività vulcanica. Nel loro insieme le sequenze sono di tipo epicontinentale. Sono state individuate sette zone stratigrafico-strutturali sub-parallele, tentativamente correlate con l'entroterra siciliano;

— in linea del tutto generale la scarpata è un grande sistema strutturale (margine passivo) che rac-

orda il plateau continentale alla piana abissale jonica attraverso:

(a) un fascio deformativo superiore; (b) una zona intermedia basculata verso E; (c) un fascio di dislocazioni distensive inferiori;

— l'area di piana abissale a partire dal Tortoniano è stata sede di abbondante accumulazione terrigena (i cui prodotti derivano dallo smantellamento dell'Arco calabro in via di surrezione), evaporitica, pelitica avanzante da E (accreszione di *onlap* distali);

— lungo il decorso da N a S della scarpata si possono distinguere tre segmenti principali che hanno avuto, grazie alla presenza di importanti dislocazioni trasversali ad andamento predominante SW-NE (fasce di svincolo), evoluzione geodinamica individuale: (a) segmento settentrionale («Siracusano»), (b) segmento mediano, (c) segmento meridionale.

Ciascun segmento presenta caratteri strutturali differenziati. I segmenti mediano e meridionale si impostano secondo direttrici sub-parallele alle zone isopiche mesozoico-medio mioceniche mentre il segmento settentrionale le taglia diagonalmente verso N;

— l'evoluzione strutturale differenziata per segmenti controlla l'andamento delle fasce di *onlap* distali dei sedimenti post-scarpata.

ABSTRACT

The Malta Escarpment is a primary physiographic and structural feature in the central Mediterranean, extending for approximately 200 km from the eastern margin of Sicily to the Medina Rise, with a vertical relief in excess of 3000 m: it connects the Sicily-Malta continental plateau with the Ionian abyssal plain.

The present paper presents the results of a dredging and coring program carried out on the escarpment with R/V BANNOCK in 1980 and 1981, and tries to integrate all the information available for this area, with special reference to seismic reflection profiles, in a coherent paleogeographic and structural scheme.

The main conclusions are as follows:

Physiography of the escarpment is tectonically controlled, with minor modelling by submarine erosion and sedimentation.

Age of the structure predates the Messinian salinity crisis since evaporites distinctly pinch out at the

(*) TOTAL ITALIA, Roma.

(**) Dip. di Scienze della Terra, Università di Milano.

base of the escarpment. It is probably Tortonian (? early), post-dating the Ragusano Group, which is basically isopach in all the seismic lines investigated, and shows an important offset in line MS 112.

The stratigraphic succession that forms the substratum of the escarpment extends from the late Triassic to the Miocene; a lithostratigraphic differentiation is noticed since the Liassic, following NNW-SSE trends, tectonically unstable and affected by intense volcanism.

Seven discrete stratigraphic-structural sub-parallel zones could be distinguished, and tentatively correlated with the land record (SE Sicily).

A thick pile of terrigenous sediments (originated by the erosion of the surrecting Calabrian arc) followed upwards by evaporites and pelagites is deposited in the abyssal plain area since the Tortonian forming a westward accretion by distal onlaps.

The escarpment may be considered as a large structural system connecting the continental plateau with the Ionian abyssal plain by means of (a) an upper fault belt, (b) an intermediate eastward dipping zone and (c) a lower fault belt.

The occurrence of important transverse faults with dominant SW-NE trend permits to identify three structurally differentiated segments along the escarpment.

The distal onlaps of post-escarpment sediments are controlled by the structural evolution differentiated in the discrete segments.

INTRODUZIONE

La Scarpata di Malta è un elemento fisiografico e strutturale di grande importanza nel Mediterraneo centrale, estendendosi per oltre 200 km dal margine orientale della Sicilia ai Monti di Medina con direzione prevalente N-S.

La scarpata ha un rilievo verticale di oltre 3000 m e una pendenza regionale di circa 10°: essa separa la piattaforma continentale siculo-maltese dalla piana batiale jonica, o piano abissale di Messina.

In corrispondenza della scarpata sono state registrate anomalie magnetiche non organizzate, che sono messe in rapporto con attività vulcanica distensiva (MORELLI *et alii*, 1975). Le anomalie di Bouguer subiscono un notevole incremento passando da valori intorno a 50 mgal nel Canale di Sicilia sino a +150 mgal a est della scarpata, suggerendo un cambiamento nella natura della crosta. I valori aumentano ancora verso est fino a raggiungere 320 mgal in corrispondenza della piana abissale (FINETTI & MORELLI, 1973).

L'esplorazione geologica della scarpata iniziò verso la fine degli anni settanta: una intensa campagna di dragaggi venne effettua-

ta con la nave oceanografica EASTWARD nel 1978. I principali risultati di questa campagna vennero pubblicati da SCANDONE *et alii* (1981). Pure pubblicati sono i risultati di una breve crociera (tre giorni di tempo-nave) condotta nella primavera del 1979 con la nave posacavi SALERNUM (CITA *et alii*, 1980). Queste esplorazioni hanno documentato l'esistenza di calcari di età triassica, giurassica e cretacea, di basalti e arenarie vulcanoclastiche e di sedimenti calcarei e terrigeni di età terziaria affioranti sulla scarpata.

Una intensa esplorazione è stata condotta dal CNEXO-IFP (ESCARMED) dal 1980 al 1983. Essa comprende rilievi con sistema SEABEAM di larghe parti della scarpata, dragaggi e numerose immersioni realizzate con il sottomarino CYANA 3000. Finora sono stati pubblicati un resoconto delle campagne effettuate (BIJU-DUVAL, MOREL *et alii*, 1982) e uno studio dettagliato dei terreni del Giurassico superiore (ENAY *et alii*, 1982).

Il presente lavoro utilizza i dati geologici solo in parte pubblicati (CITA *et alii*, 1981; CROCE, 1983; DE MICHELI, 1983) raccolti durante una campagna di dragaggi e carotaggi effettuati con la nave oceanografica BANNOCK nell'autunno del 1980 e finanziata dal Progetto Finalizzato OCEANOGRAFIA e FONDI MARINI del CNR, con l'aggiunta di altri dati raccolti nell'autunno del 1981.

Ci siamo sforzati di integrare i dati geologici raccolti in mare con la stratigrafia del sottosuolo conosciuta da pozzi esistenti a terra e nell'*offshore*, e con tutti i dati di sismica e riflessione disponibili.

In questo lavoro sviluppiamo soprattutto la parte geologica, mentre quella geofisica verrà privilegiata in un'altra pubblicazione, ora in preparazione.

FISIOGRAFIA

La parte della Scarpata di Malta sulla quale si sono svolte le nostre ricerche è compresa fra 35°36' e 36°36' latitudine N e fra 15°28' e 15°54' longitudine E. La sua lunghezza in questo tratto è di 60 miglia nautiche (108 km). L'isobata superiore è la 400, quella inferiore la 3400: esiste quindi un dislivello massimo di 3000 m. La pendenza media è di 10°, ma a tratti si raggiungono 60° e vi sono pareti rocciose subverticali (v. BIJU-DUVAL, MOREL *et alii*, 1982, fig. 5).

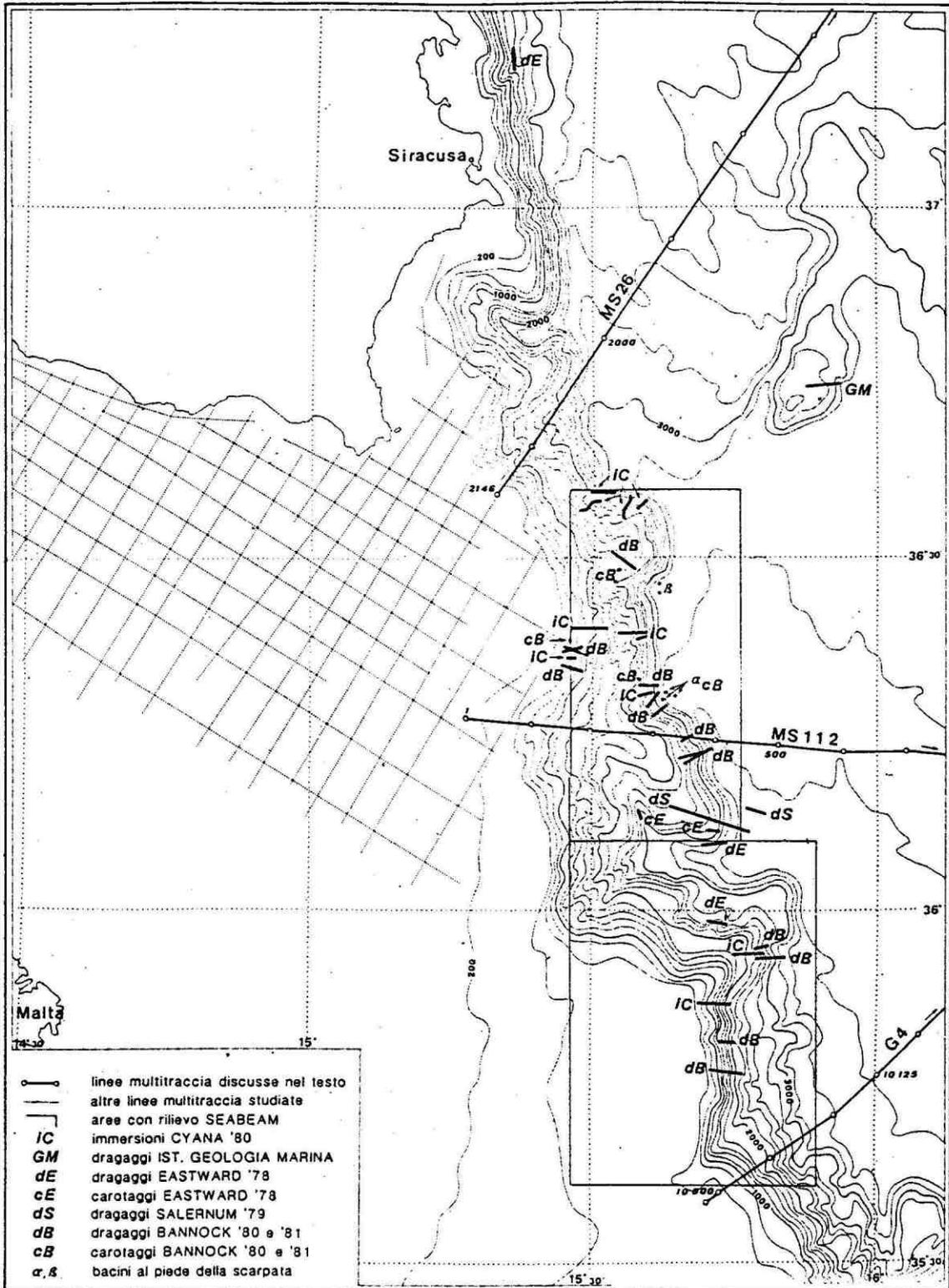


Fig. 1 - Carta indice della Scarpata di Malta con batimetria semplificata, ubicazione dei dragaggi, carotaggi ed immersioni sottomarine effettuati negli anni 1978-81, ed ubicazione delle linee sismiche discusse nel testo.

Una carta batimetrica di dettaglio alla scala 1:100.000 ricavata da rilevazioni effettuate nel gennaio 1980 dalla JEAN CHARCOT copre tutta la zona precedentemente delimitata. Essa è stata gentilmente messa a disposizione di uno di noi (M.B.C.) da parte di B Biju-Duval, tramite G. Clauzon che prese parte a entrambe le crociere della BANNOCK. Questa carta ci è stata di grande utilità per scegliere e posizionare le stazioni di dragaggio e di carotaggio: ci rammarichiamo di non essere autorizzati a riprodurla in questa sede. La batimetria è qui rappresentata in scala molto ridotta e semplificata in fig. 1.

In essa si vede come la scarpata si può dividere in una parte superiore ed una inferiore; fra di esse è interposto un tratto a minor pendenza (*Glacis*). Le massime pendenze si osservano generalmente nella scarpata inferiore.

Per comodità di trattazione suddividiamo la Scarpata di Malta in due settori geografici: (a) la parte N (lat. 36°12'-36°36'N; long. 15°28'-15°42'E) e (b) la parte S (lat. 35°36'-36°12'N; long. 15°42'-15°54'E). La massima parte delle nostre stazioni di dragaggio (13 su 17) e di carotaggio (9 su 10) si trova nella parte N.

(a) La parte N ha un andamento grosso modo rettilineo orientato N-S: si può suddividere chiaramente in una scarpata superiore (da 400 e circa 1000 m) e in una inferiore (da 2300 m alla piana abissale) separate da un tratto a minor pendenza (*Glacis*). In quest'ultimo si originano e si sviluppano diversi ampi *canyons* i quali convergono poi nella scarpata inferiore ed originano alla base di essa alcuni piccoli ma ben definiti bacini di forma tondeggiante: essi hanno un diametro di circa 1 km e costituiscono depressioni di circa 100 m, separate dalla piana abissale da piccole soglie, con un rilievo di circa 200 m. Due di questi bacinetti, che abbiamo esplorato direttamente, sono stati denominati rispettivamente α e β (fig. 1).

(b) La parte S comprende un grosso sperone con andamento NW-SE sporgente verso il piano abissale e delimitato verso SW da un enorme *canyon* largo da 2 a 4 miglia nautiche. A S di questo *canyon* non si osserva una suddivisione nei tratti morfologici della scarpata paragonabile a quella della parte N (vedi sopra). La pendenza è massima nel tratto superiore, anziché in quello inferiore. Inoltre non si notano i bacinetti isolati al piede della scarpata.

RISULTATI DEI DRAGAGGI

Sono stati da noi effettuati complessivamente 17 dragaggi, 15 dei quali nel 1980 e 2 nel 1981. Tre dragaggi hanno dato soltanto sedimenti del Quaternario e/o croste calcaree con attaccati coralli individuali. I rimanenti 14 hanno dato rocce sedimentarie, endogene e/o vulcanoclastiche: la loro età è stata documentata direttamente in base al contenuto micropaleontologico o macropaleontologico quando possibile, oppure per analogia di microfaccies con successioni conosciute in affioramento o nel sottosuolo siciliano (PATACCA *et alii*, 1979; BELLINI, comunicazione personale, 1983).

Le rocce endogene e vulcanoclastiche in genere non sono datate.

La posizione dei dragaggi è indicata approssimativamente in fig. 1. Nella Tabella 1 sono descritte sommariamente le litologie recuperate, la loro età, facies e anche — quando possibile — la formazione corrispondente nota a terra. La fig. 2 indica la successione delle formazioni note a terra (secondo PATACCA *et alii*, 1979; SCANDONE *et alii*, 1981; CASERO inedito) confrontate con la successione dell'*offshore* maltese.

Non è possibile in questa sede descrivere in dettaglio tutti i campioni dragati. Ci limiteremo a commentare e illustrare alcuni tipi più significativi, nell'ordine dal più antico al più recente, e a discuterne la distribuzione in rapporto alla fisiografia della scarpata.

Le rocce più antiche sono state dragate alla base della scarpata inferiore (parte N). Si tratta di calcari bianchi o color crema molto compatti, sonori al martello, ricoperti da patine di manganese spesse diverse millimetri, interessati da numerosi sistemi di fratture.

A volte si sono incontrati coralli individuali (pure incrostati di manganese) su un lato del campione, mentre sull'altro si avevano serpulidi. Il tutto indica una netta polarità, e suggerisce la presenza di strati sporgenti da una parete subverticale. Le microfaccies più caratteristiche comprendono strutture a *fenestrate* laminoidee a *birdseyes* con intraclasti e *pellets* o grossi oncoidi in parte ricristallizzati (Tav. 1, figg. 1, 2, 3).

Questa unità è stata dragata su uno spessore di alcune centinaia di metri: essa documenta l'esistenza di una piattaforma carbonatica ed è riferibile alla Formazione Gela del Trias superiore (Norico-Retico). Le mi-

TABELLA 1

Descrizione delle litologie dragate durante le crociere BAN 80 e BAN 81 con indicazione delle età, facies e, quando possibile, formazioni corrispondenti note a terra.

STAZIONE	COORDINATE (lat.N long.E)	PROF. (m)	FISIOGRAFIA	LITOLOGIA	ETA'	FACIES	UNITA' LITOSTRAT. CORRELATIVA
80-22	36°21.8'-36°22.5' 15°29.5'-15°29.5'	921-333	scarpata superiore	-marna grigio oliva -calcare grossolano con <u>Assilina</u>	Quaternario Eocene m.	emipelagica shelf	Cozzo Cugni(?)
80-25	36°14.7'-36°14.0' 15°41.2'-15°40.3'	2914-2187 (2650)	scarpata inferiore (promontorio)	-arenaria grigia vulcani- clastica -basalto vescicolare -dolomite -marne bianche -calcare pelletifero con intraclasti	? ? ? Pliocene inf. Lias inf. ?	vulcanica vulcanica pelagica mare sottile, bassa energia	Trubi Streppenosa(?)
80-26	36°13.1'-36°12.6' 15°41.9'-15°40.4'	3376-2177 (2300)	scarpata inferiore (promontorio)	-calcare loferitico noc- ciola -calcare dolomitico rosa ammonitifero	Trias sup.- Lias inf. ? Giurassico superiore?	piattaforma carbonatica pelagica	Gela(?) Buccheri(?)
80-27	36°13.0'-36°12.1' 15°42.0'-15°41.0'	3260-2290 (2400)	scarpata inferiore (promontorio)	-calcari nocciola a fene- strae	Trias sup.- Lias inf.	piattaforma carbonatica	Gela
80-28	36°18.7'-36°18.9' 15°36.0'-15°35.9'	2129-2111 (2900-2400) ?	parte sup. scarpata inferiore	-marna nocciola -marna grigia -calcare fossilifero -calcare nocciola fossi- lifero	Quaternario Pliocene sup. Giurassico sup. Trias sup.- Lias inf.	emipelagica emipelagica pelagica piattaforma carbonatica	Buccheri Gela(?)
80-30	36°16.9'-36°15.9' 15°37.3'-15°36.2'	3300-1990	scarpata inferiore	-marna	Quaternario	emipelagica	
80-31	36°28.1'-36°28.2' 15°37.7'-15°35.9'	3529-2927	scarpata inferiore	-grainstone bio-clastico con <u>Borelis melo</u> -marna e calcare corallino -marna oliva -mudstone dolomitico -basalto vescicolare -calcare oolitico e packe- stone bio-intra-clastico con <u>Cayeuxia</u> e <u>Involutina</u>	Miocene medio- sup. Eocene m. Tortoniano ? ? Lias	shelf shelf con copertura pelagica emipelagica vulcanica piattaforma carbonatica	Palazzolo Cozzo Cugni Tellaro(?) Siracusa
80-32	36°28.4'-36°31.3' 15°35.5'-15°28.5'	1912-1273	glacis (asse del canyon)	marna oliva	Quaternario	emipelagica	

Segue: TABELLA 1.

80-42	35°47.5'-35°47.8' 15°46.2'-15°43.6'	2133-628	scarpata superiore	-marna oliva -basalto -crosta calcitica	Quaternario	emipelagica vulcanica precipitazione in mare profon- do	
80-43	35°50.1'-35°50.3' 15°45.2'-15°44.2'	2036-1223	scarpata superiore	-basalto -crosta calcitica -calcare fossilifero	? Eocene	vulcanica precipitazione in mare profon- do shelf	Cozzo Cugni
81-01	36°26.69'-36°23.93' 15°34.82'-15°34.99'	3200-2600	scarpata inferiore	-calcare nocciola, ricristallizzato	?	?	?
81-03	36°26.8'-36°27.5' 15°35.4'-15°35.4'	3200-2500	scarpata inferiore	-calcare nocciola, ricristallizzato con oncoliti	Lias ?	piattaforma carbonatica	Siracusa(?)

gliori determinazioni di età sono fondate sul ritrovamento di *Triasina* (Tav. 2, fig. 1) nel dragaggio 9 della Campagna EASTWARD '78, in un calcare prelevato alla base della scarpata in questo settore.

Alla formazione Siracusa (Lias inferiore e medio) sono riferibili dei calcari massicci color crema che comprendono *packstones* oo-intraclastici e *packstones* oolitici contenenti *Involutina gaschei* (?) e *Cayeuxia* (Tav. 2, figg. 3 e 4) dragati dalla scarpata inferiore sulle pareti del bacino β . Si tratta di una piattaforma carbonatica di ambiente ristretto.

La presenza della Formazione Streppe-nosa, facies bacinale deposta in ambiente ristretto, eteropica della Gela e/o della Siracusa, non è ben documentata sulla scarpata, anche se alcune microfacies pellettifere a ostracodi e intraclasti non sono dissimili da alcune ritrovate nella Streppenosa. Questa formazione si chiuderebbe presso l'orlo superiore della scarpata (SCANDONE *et alii*, 1981, fig. 13).

La Formazione Buccheri, pelagica, condensata, del Giurassico medio e superiore, è stata da noi documentata nel dragaggio 28 (Tav. 1, fig. 7 e Tav. 2 figg. 5 e 6): essa affiora sulla parte più alta della scarpata inferiore a N del bacino α . Si tratta di un calcare ammonitifero contenente *Haploceras leiosoma* del Titonico (fig. 3), frammenti di Aptici, *Posidonomya*, *Protoglobigerina* e *Saccocoma* (1).

È pure documentata nei clasti centime-

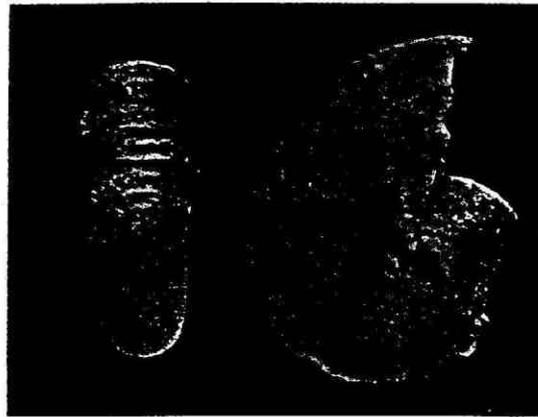


Fig. 3 - BAN 0, 28 K - lit. B *Haploceras leiosoma* (Ospel) (2X), isolata da un calcare biancastro oganogeno costituito essenzialmente da un bioaccumulo di ammoniti (Phylloceratidi).

trici del *debris flow* incontrato nella carota 80-83, sull'orlo del bacino α (vedere più avanti).

Le Formazioni del Cretaceo inferiore (Chiaromonte, Hybla) e del Cretaceo superiore (Amerillo, Porto Palo) sono mal documentate nei dragaggi dell'80 e 81, mentre erano più rappresentate in quelli del '78 (SCANDONE

(1) Il gruppo ESCARMED ha campionato questa formazione verso la sommità della scarpata inferiore in quattro stazioni effettuate dal sottomarino CYANA (immersioni 40 e 43) fra 2518 e 2458 m (ENAY *et alii*, 1982). Oltre al Titonico, è stata documentata anche la presenza dell'Oxfordiano superiore (zona a *Bimamantum*).

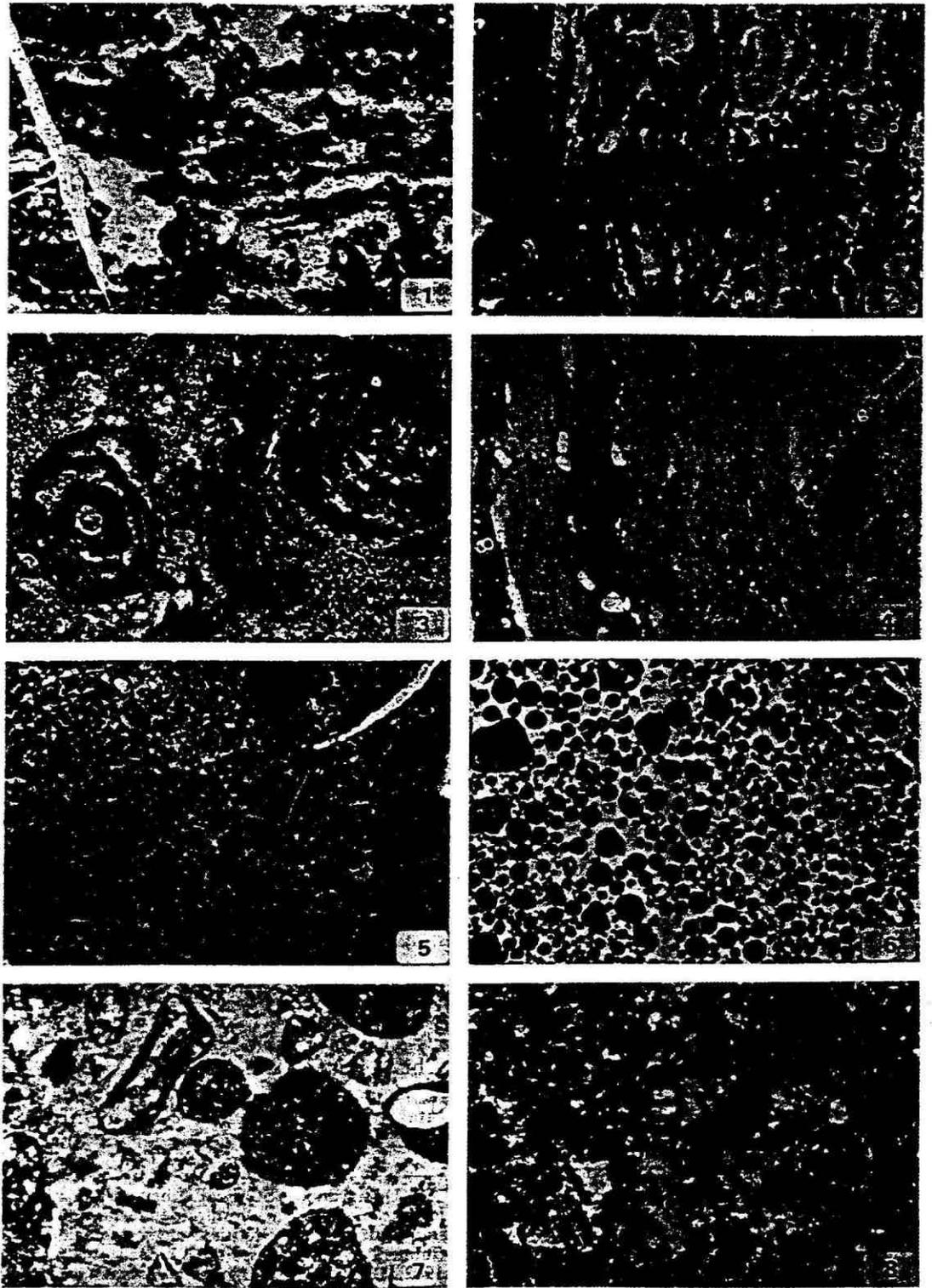


Tavola 1

et alii, 1981) e del '79 (CITA et alii, 1980). Una precisa ubicazione di quei dragaggi non è però possibile, non essendovi allora la carta SEABEAM.

Facies pelagiche di età compresa fra l'Albiano e il Maastrichtiano sono certamente presenti: esse dovrebbero affiorare nelle parti meno ripide della scarpata (*glacis*) o essere ricoperte da terreni terziari. Fra i campioni dragati nell'80, abbiamo riferito alla Formazione Porto Palo del Maastrichtiano un *boundstone* corallino dragato nella parte superiore della scarpata e un clasto contenuto nel *debris flow* della carota 81-05 (vedere più avanti). Sono certamente accompagnate da intercalazioni vulcaniche, note in affioramento e nei pozzi del sud della Sicilia (Marzameni, Pachino).

Fra le litologie non datate abbiamo — oltre ai basalti — delle arenarie vulcanoclastiche dragate alla base del grande sperone sporgente verso SE, al limite fra la zona N e la zona S (fig. 4).

Le unità terziarie sono ben poco rappresentate (vedi Tab. 1) ma vanno discusse in quanto rivestono una grande importanza per datare la formazione dell'attuale scarpata. Abbiamo riconosciuto la Formazione di Cozzo Cugni (Paleogene), calcarea, a Miliolidi, alghe corallinacee, coralli (Tav. 1, fig. 8) nella scarpata superiore sia del settore N che del S, (dragaggio 80-22 e 80-43), ma anche nella scarpata inferiore, dove appariva in posto (dragaggio 80-81, sulla parete che orla il bacino β). Lo stesso dragaggio ci ha dato delle biocalcareni a *Elphidium* e *Borelis melo* (Tav. 2, figg. 7 e 8) riferite alla Formazione Palazzolo del Miocene superiore.

Infine la Formazione Trubi, del Pliocene inferiore e medio, in facies pelagica, è stata dragata — sicuramente in posto — alla base della scarpata nel settore S. Sedimenti pelagici sono anche contenuti in fratture, riconosciute in calcari mesozoici (Tav. 1, fig. 4), di cui costituiscono il riempimento.

RISULTATI DEI CAROTAGGI

La nostra esplorazione geologica comprende anche carotaggi effettuati con carotiere a gravità (9) e a pistone (2, entrambi ubicati all'inizio della piana abissale).

Una delle carote a gravità — ubicata al centro del bacinetto α — non ha dato recupero. Restano dunque 10 carote: la Tabella 2 ne indica ubicazione, recupero ed età dei sedimenti ricavati; la fig. 5 illustra le colonne litologiche.

Benché numerose carote si estendano oltre il limite Olocene/Pleistocene (2) nessuna contiene il livello nero sapropelítico (S-I) che caratterizza l'inizio dell'Olocene e la transgressione flandriana. Dato che le carote comprendono una notevole varietà di situazioni fisiografiche (piattaforma esterna, *glacis*, bacinetti alla base della scarpata, piano abissale), ne possiamo dedurre che l'ultimo (più recente) episodio di stagnazione al quale

(2) Identificato in base alla presenza di associazioni a foraminiferi planctonici caratterizzate dalla predominanza di forme calde come *O. universa*, *H. pelagica*, *G. ruber*, *G. sacculifer* (Olocene) e di forme fredde come *G. pachyderma*, *G. bulloides*, *G. inflata*, *G. quinqueloba* (Pleistocene sup.).

Tavola 1 - Microfacies di calcari di varie età dragati sulla Scarpata di Malta. 1) BAN 80, 27 D - lit A. *Mudstone* con strutture di disseccamento (*fenestrate* laminoidi). Facies tidale correlabile con la Formazione Gela (Norico-Retico). 2) BAN 80, 27 D - lit A. *Wackestone* con *pellets*, intraclasti e *fenestrate* riempite da grossi cristalli di calcite. Facies tidale correlabile con la Formazione Gela (Norico-Retico). Si osservano fessure riempite da micrite a Globigerine. 3) BAN 80, 37 D - lit A. *Wackestone* con oncoidi di grosse dimensioni e parecchi intraclasti. La matrice è fortemente ricristallizzata. Facies tidale correlabile con la Formazione Gela (Norico-Retico). 4) BAN 80, 26 D - lit A. *Boundstone* con strutture di disseccamento, lamine algali, *pellets* ed intraclasti. Presenti vene riempite da micrite a foraminiferi planctonici recenti. Facies lagunare o di piana tidale ristretta correlabile tentativamente con la Formazione Streppenosa+Noto (Patacca, Scandone et alii, 1979) del Retico-Sinemuriano. 5) BAN 80, 31 D - lit B. *Packstone* a intraclasti, bioclasti, ooliti, Gasteropodi, Lamellibranchi ed Ostracodi; Matrice in parte ricristallizzata. Facies di piattaforma correlabile con la Formazione Siracusa (Hettangiano - (?) Domeriano). 6) BAN 80,31 D - lit B. *Packstone* ad intraclasti, ooliti, *lumps* e Foraminiferi arenacei. Matrice quasi completamente ricristallizzata. Facies di piattaforma correlabile con la Formazione Siracusa (Hettangiano - (?) Domeriano). 7) BAN 80,28 D - lit B. *Wackestone* intra-bioclastico ove i bioclasti sono costituiti da frammenti di Ammoniti ed Aptici avvolti in micrite ricristallizzata. Facies bacinale condensata correlabile con la Formazione Buccheri (Dogger-Malm). 8) BAN 80,43 D - lit A. *Wackestone* bioclastico con rari intraclasti e ricristallizzazione diffusa. I fossili sono: Miliolidi, Textulariidi, radioli di echini, Ostracodi e probabili alghe. Facies di mare basso correlabile alla Formazione Cozzo Cugni (Eocene Medio).

TABELLA 2

Descrizione sommaria delle litologie carotate durante le crociere BAN 80 e BAN 81.

Numero Carote	Coordinate	Profondità (m)	Ricupero (cm)	Fisiografia	Età	Commenti
80-21	36°22.5' N 15°28.1' E	336	292	Piattaforma	Olocene Pleistocene	
80-33	36°28.9' N 15°33.4' E	1627	173	Glacis	Olocene	
80-34	36°27.6' N 15°32.9' E	1791	173	Glacis	Olocene Pleistocene	
80-23	36°19.0' N 15°35.0' E	2027	216	Glacis	Olocene Pleistocene	
80-25	36°17.9' N 15°36.0' E	3476	352	Piccolo bacino tondeggiante	Olocene Pleistocene	Clasto di marna pelagica del Cenomaniano in un intervallo con laminazione convoluta
80-38	36°18.1' N 15°37.1' E	3296	210	Rilievo alla base della scarpata	Olocene Pleistocene	Debris flow con clasti di basalto, calcare e marne di varie età
81-05	36°28.5' N 15°36.3' E	3183	68	Rilievo alla base della scarpata	Olocene	Debris flow con clasti del Pliocene inf., Miocene inf., Cretaceo sup. e basalto
81-02	36°28.3' N 15°36.9' E	3202	570	Piano abissale	Olocene	
80-24	36°17.2' N 15°35.5' E	3556	625	Piano abissale	Olocene Pleistocene	
80-44	35°56.6' N 15°51.2' E	3434	210	Piano abissale	Olocene Pleistocene	
80-35	36°22.1'-36°22.1' 15°29.2'-15°27.9'	778-325	scarpata superiore	-marna oliva -boundstone corallino	Quaternario Cretaceo sup.	emipelagica shelf Porto Palo
80-36	36°20.9'-36°21.6' 15°27.1'-15°24.4'	950-320	scarpata superiore	-marna oliva -crosta calcitica con coralli ahermatipici	Quaternario	emipelagica
80-37	36°17.7'-36°16.9' 15°36.0'-15°36.1'	2512-2232	scarpata inferiore	-calcare nocciola paracr. ricristallizzato con oncolititi	Trias sup.- Lias inf.	piattaforma carbonatica Gela
80-39	35°56.0'-35°55.5' 15°50.8'-15°48.2'	3342-2355	scarpata inferiore	-marne indurite bianche o nocciola -marna oliva -mudstone dolomitico	Pliocene inf. Quaternario	pelagica ? Trubi
80-41	35°57.4'-35°56.6' 15°50.3'-15°48.0'	3094-2342	scarpata inferiore	-basalto vescicolare -calcilutite -calcilutite con vetro vulcanico	? ? ?	vulcanica precipitazione in mare profondo?



Fig. 4 - BAN 80, 25D - lit. B. Arenaria tufacea: roccia consolidata grigio, grigio scuro, stratificata con aumento della granulometria verso l'alto. Nell'orizzonte a grana più grossolana vi sono abbondanti frammenti di pomice alterata e di materiale vulcanico di dimensioni che vanno da quelle del silt a 2 cm.

è stato soggetto il Mediterraneo orientale non si è realizzato in corrispondenza della scarpata: attribuiamo il fenomeno a correnti sottomarine che connettevano perennemente il Mediterraneo occidentale con quello orientale: esse avrebbero impedito l'instaurarsi di condizioni stagnanti.

Le carote più interessanti per l'interpretazione geologica sono quelle ottenute in corrispondenza dei bacineti α (80-29 al centro, 80-38 sul rilievo a valle) e β (senza recupero quella al centro 81-04; 81-05 sul rilievo a valle). La carota 80-29 contiene sedimenti normali, torbiditi vulcanoclastiche e terrigene, nonché un intervallo caotico con laminazione convoluta. Nell'intervallo caotico è stato individuato un clasto angoloso di calcare bianco con *Praeglobotruncana delrioensis* ed altri foraminiferi planctonici indicativi del Cenomaniano superiore in facies pelagica (CITA, BENELLI *et alii*, 1982, p. 312).

La carota 80-38 contiene un vistoso *de-*

bris-flow (fig. 6-1), seguito verso l'alto da sedimenti indisturbati con fini strutture sedimentarie. I clasti contenuti nel *debris flow* hanno dimensioni centimetriche e contorni angolosi (specialmente i calcari) o arrotondati (specialmente i basalti). Le litologie sono varie, e corrispondono a quelle dragate «in sito» nella scarpata soprastante: basalti (fig. 6-2), calcari a *fenestrate* del Trias sup.-Lias inf. (fig. 6-3), *packstone* ad Ammoniti e *Posidonomya* del Giurassico superiore. Clasti marnosi di colore bianco, rosato, grigio, hanno fornito microfaune pelagiche di varie età: Campaniano; Maastrichtiano; Paleocene; Eocene inferiore e medio; Oligocene sup.; Miocene inf.; Pliocene inf. (CITA, BENELLI *et alii*, 1982).

La carota 81-05 prelevata sul rilievo a valle del bacinetto β — in posizione fisiografica corrispondente alla 80-38 — contiene anch'essa un intervallo con clasti grossolani costituiti da frammenti carbonatici e frammenti vulcanici. Sono stati individuati frammenti

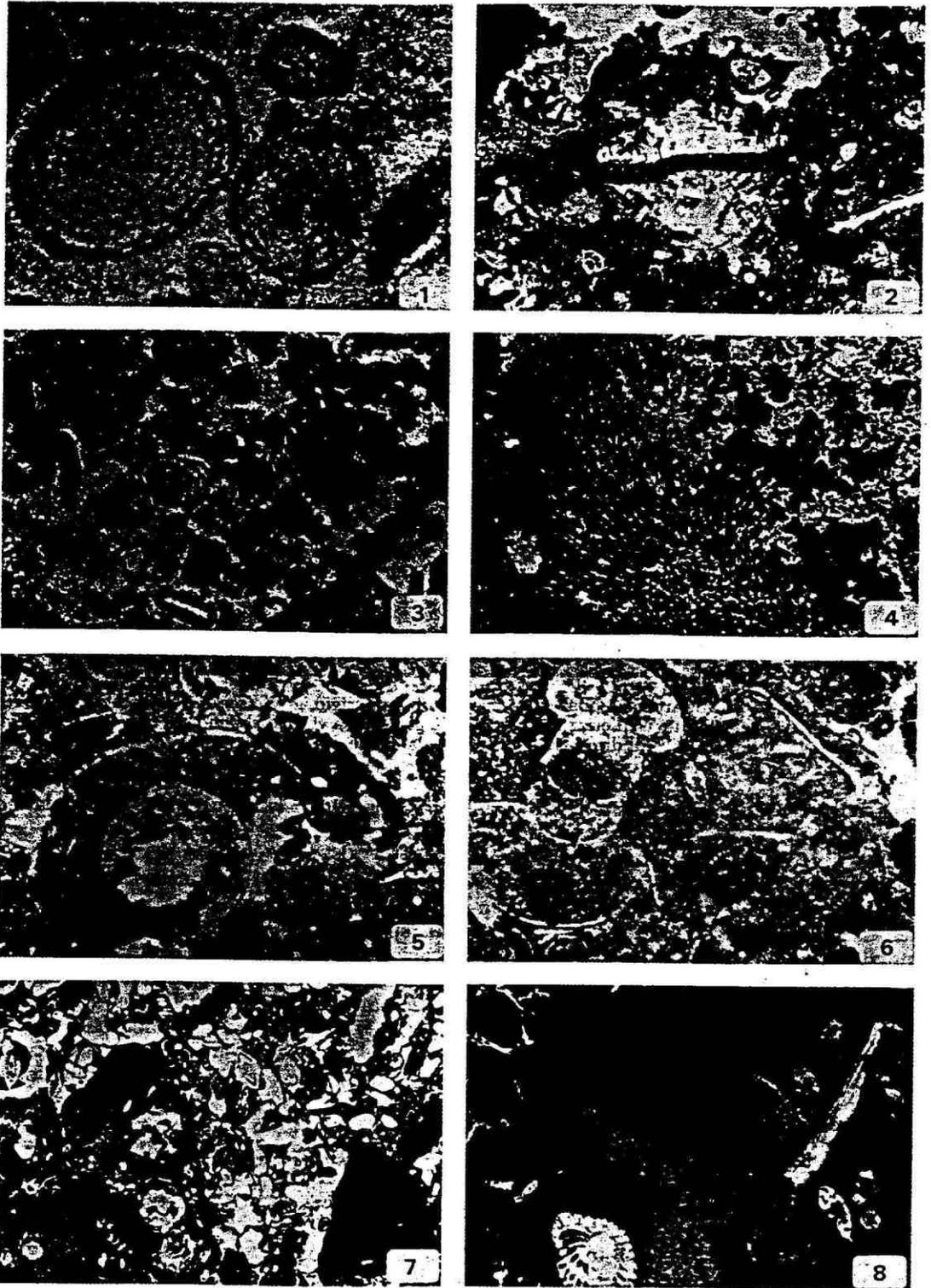


Tavola 2

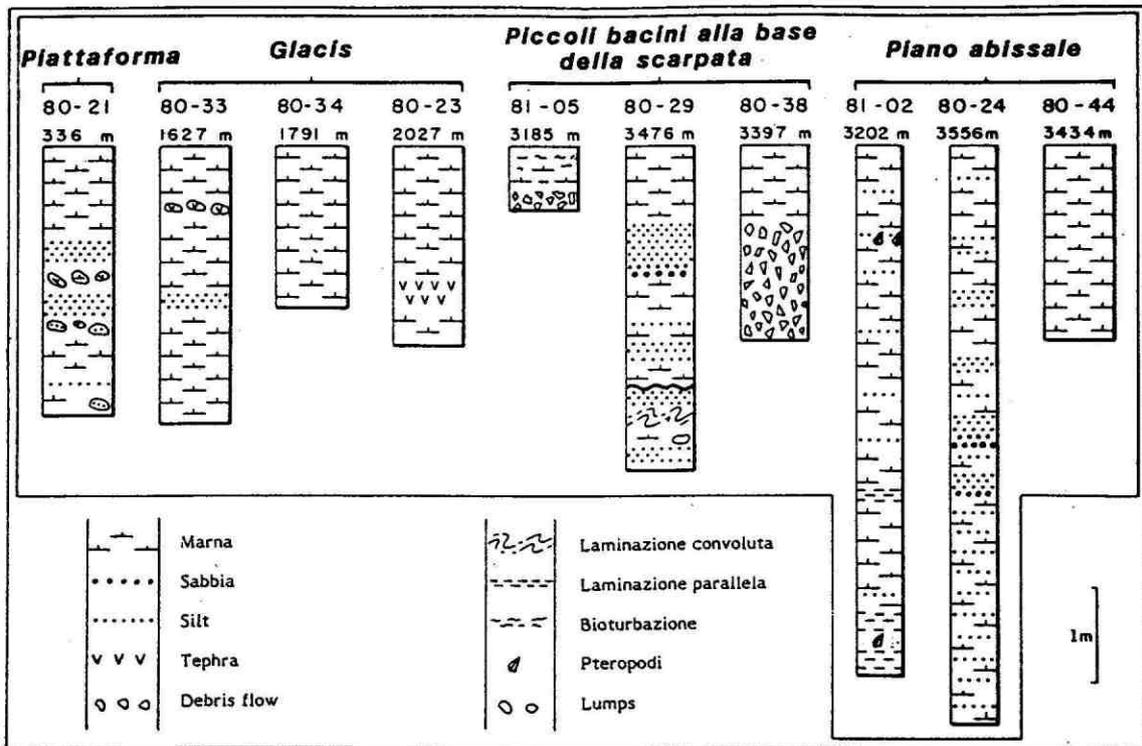


Fig. 5 - Colonne litologiche delle carote prelevate sulla Scarpata di Malta, raggruppate per batimetria. Per l'ubicazione si rimanda alla Tabella 2 e alla fig. 1.

di Rudiste con *Siderolites* e *Simplorbites* (Porto Palo) (fig. 6-4), faune pelagiche a *Globotruncana*, del Cretaceo superiore, con elementi del Miocene inferiore e Pliocene inferiore mescolati.

Dato lo scarso recupero, non è stato possibile accertare se si tratti di un vero e proprio *debris flow*. Il sedimento indisturbato soprastante è Olocenico.

DISCUSSIONE DEI DATI GEOLOGICI

Dopo sei anni di intense — anche se non ben coordinate — ricerche sulla scarpata di Malta, condotte con tutti i metodi disponibili nel campo della geologia marina (fotografie del fondo, rilievi batimetrici di dettaglio, dragaggi, carotaggi, osservazioni visuali dirette, campionamenti dal sottomarino), la co-

Tavola 2 - Microfacies e microfossili rinvenuti sulla Scarpata di Malta. 1) EASTWARD 78,9 D - lit A. *Packstone* a *Triasina* e rari intraclasti. Matrice in via di ricristallizzazione. Facies tidale correlabile con la Formazione Gela (Norico-Retico). 2) BAN 80,43 D - lit A. *Wackestone*, con massa di fondo in parte ricristallizzata. I fossili sono: *Orbitoides media* (probabilmente rimaneggiato), Foraminiferi arenacei, Miliolidi. Facies di mare poco profondo correlabile con la Formazione Cozzo Cugni (Eocene medio). 3) BAN 80,31 D - lit B. *Packstone* bio-intraclastico con accentuata ricristallizzazione. Si nota al centro *Involutina gaschei* (?) con camera tubolare ad avvolgimento irregolare. Facies di piattaforma poco profonda correlabile con la Formazione Siracusa (Hettangiano - (?) Domeriano). 4) BAN 80,31 D - lit B-Alga calcarea del genere *Cayeuxia*. Micrite in parte ricristallizzata. Facies di piattaforma poco profonda correlabile con la Formazione Siracusa (Hettangiano - (?) Domeriano). 5 e 6) BAN 80,28 D - lit B. *Wackestone* in parte ricristallizzato ricco di frammenti di bivalvi e di intraclasti. Si notano sezioni di Ammoniti. Facies bacinale correlabile con la Formazione Buccheri (Dogger-Malm). 7) BAN 80,31 D - lit G. *Packstone* bioclastico con ciottolotti di basalto. I fossili sono in prevalenza Miliolidi accompagnati da Briozoi, *Elphidium* ed *Heterostegine*. Facies correlabile con la Formazione Palazzolo (Tortoniano-Messiniano). 8) BAN 80,31 D - lit G. *Wackestone* con *Elphidium* sp., Briozoi e *Borelis melo*. La matrice è in parte ricristallizzata. Facies correlabile con la Formazione Palazzolo (Tortoniano-Messiniano).

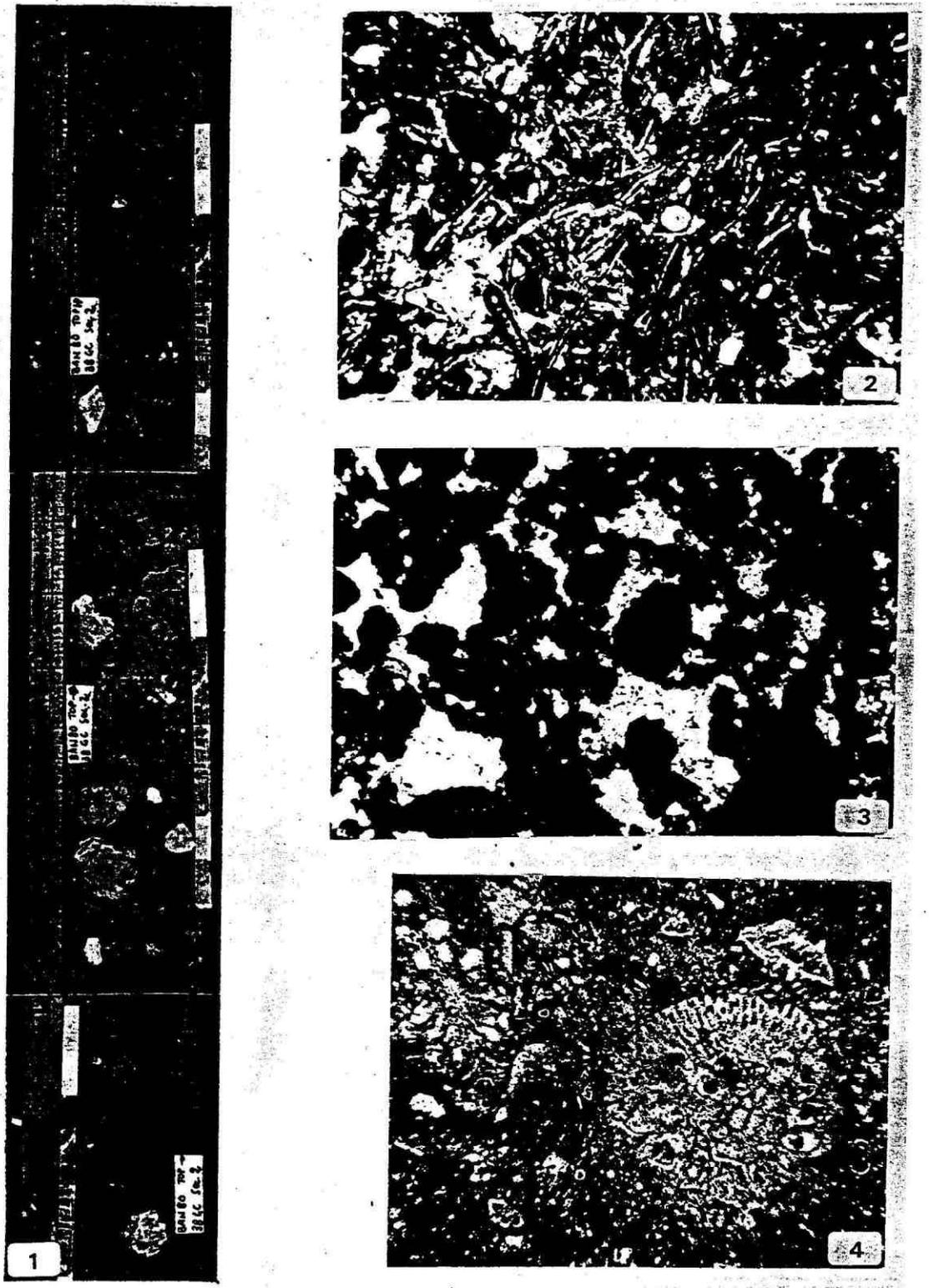


Fig. 6

stituzione geologica di questa importante struttura, e specialmente il suo significato strutturale e la sua evoluzione geodinamica, presentano ancora degli aspetti problematici.

Infatti tutti gli autori sono d'accordo nel riconoscere che la parte bassa della scarpata inferiore (> -2600 m) ripidissima, è costituita da calcari depositi in una piattaforma carbonatica, e nell'ammettere che la base della successione esposta risale al Trias superiore.

Pure concordi sono i dati sul Giurassico superiore (CITA *et alii*, 1981; BIJU-DUVAL, MOREL *et alii*, 1982; ENAY *et alii*, 1982; CASERO *et alii*, questo lavoro); esso è rappresentato da una facies pelagica e condensata che affiora alla sommità della scarpata inferiore, fra -2500 e -2400 m, e che è stata riventata anche al M. Alfeo (ROSSI & BORSETTI, 1977). Se il top del Giurassico si trova a -2400 m, che cosa affiora lungo il *glacis* e nella scarpata superiore? Non possiamo certo essere convinti della stratigrafia ricostruita da BIJU-DUVAL, MOREL, *et alii* (1982, v. loro figg. 7 e 12) dove la successione cretacea, e specialmente quella terziaria, appaiono enormemente dilatate.

Questa ricostruzione per la successione post-giurassica è in disaccordo con la stratigrafia nota per i pozzi a terra e in mare, ed è pure in disaccordo con i risultati dei nostri dragaggi precedentemente analizzati. Non si può affrontare un problema strutturale senza aver precedentemente chiarito la stratigrafia. Perciò ci siamo rivolti alla stratigrafia sismica, per poter concludere il nostro lavoro.

DATI SISMICI

Mentre la piattaforma continentale siculo-maltese, in relazione con i lavori di esplorazione petrolifera condotti negli ultimi anni, è interessata da rilevamenti sismici a riflessione relativamente intensivi e regolari, attraverso l'adiacente scarpata siracusana-

maltese sono disponibili solo poche linee sismiche, tra loro molto distanziate, appartenenti a differenti successivi rilevamenti e pertanto di carattere eterogeneo.

Più specificamente si tratta di:

— tre linee sismiche «sparker» registrate dall'Istituto di Geologia Marina di Bologna negli anni 1972-75 (Linee J) (non rappresentate in fig. 1);

— alcune linee «flexotir», registrate dall'O.G.S. di Trieste in campagne successive, a copertura 600% e 1200% (Linee MS);

— una linea «flexotir» della campagna «Gina», registrata dall'I.F.P.-S.N.P.A. nel 1970, a copertura 300% (Linea Gina 4).

La qualità dei dati è molto variabile e in particolare:

— le linee J hanno penetrazione modesta e sono presentate in scala orizzontale estremamente compressa;

— le linee MS hanno in generale buona penetrazione; fra di esse, quelle appartenenti alle prime campagne (MS26 - MS20) sono presentate in scala orizzontale molto compressa, mentre le più recenti hanno scala orizzontale estesa;

— la linea Gina 4 ha buona penetrazione e scala orizzontale mediamente compressa.

Il trattamento dei dati applicato a tutte le linee è di tipo convenzionale, in particolare per nessuna delle stesse è disponibile la versione migrata.

L'interpretazione dei dati sismici in linea generale è basata su:

— taratura litostratigrafica diretta tentata mediante le informazioni disponibili circa i pozzi petroliferi perforati sulla piattaforma continentale (estremo occidentale delle linee);

— proiezione sulla traccia delle linee sismiche dei dati relativi ai dragaggi effettuati nelle adiacenze;

— proiezione sulla traccia delle linee si-

Fig. 6 - 1) BAN 80, 38 GC - sezione 2. Materiale depositosi con meccanismo di *debris flow*. Frammenti di natura diversa e di dimensioni da 1 a 5 cm immersi in matrice argillosa contenente fauna planctonica del Pleistocene e fauna bentonica di piattaforma rimaneggiata. I clasti sono dati per la maggior parte di calcari angolosi ed in minor misura da basalti arrotondati. L'età dei clasti varia dal Trias superiore al Pliocene inferiore. 2) BAN 80, 38 GC. Sezione sottile di un ciottolo di 2 cm di alcali-olivinbasalto con vescicole riempite da calcite. 3) BAN 80, 38 GC. *Wackestone a fenestrate*. Facies tidale correlabile con le formazioni del Trias sup. - Lias della Sicilia sud-orientale. 4) BAN 81, 05 GC. *Wackestone a bioclasti (Siderolites)*. frammenti di Rudiste, foraminiferi planctonici e bentonici). La matrice è in via di ricristallizzazione. Facies correlabile con la Formazione Porto Palo (Maastrichtiano).

smiche dei risultati dell'analisi visuale in immersione degli affioramenti eseguita mediante il sottomarino CYANA dalla missione CNEXO '80;

— analisi «sequenziale» dei dati sismici («*Seismic stratigraphy*»);

— confronto delle situazioni evidenziate sismicamente con quelle conosciute nell'estremo Sud-Est della Sicilia.

A dispetto delle gravi limitazioni sopra menzionate, l'analisi dei dati sismici ha consentito una notevole massa di notazioni, talora evidenti, talora più o meno speculative.

Le linee sismiche più interessanti e la relativa interpretazione di dettaglio, peraltro, verranno illustrate in un successivo lavoro attualmente in preparazione.

Qui viene presentata una serie di tre sezioni geologiche trasversali alla scarpata, ricavate dalle linee sismiche interpretate più significative (MS 26 - MS112 - Gina 4).

La traduzione in profondità è stata eseguita attraverso l'applicazione di velocità intervallari per ciascuna sequenza sismica, mediante i valori conosciuti nei pozzi perforati nella regione (vedasi fig. 7 - Sezioni geologiche schematiche dai profili sismici).

Con riferimento a tale tavola di sezioni, vengono di seguito brevemente discusse le notazioni geologiche più interessanti deducibili dall'analisi dei dati sismici.

Si richiama preventivamente l'attenzione sul fatto che, mentre i profili MS112 e Gina 4 sono grosso modo perpendicolari alla scarpata, il profilo MS26 la taglia diagonalmente.

Procedendo da Ovest verso Est lungo le sezioni si possono riconoscere gli elementi seguenti:

a) *Margine del plateau continentale*: settore strutturale tabulare o leggermente bombato.

Vi si riconosce una sequenza ben sviluppata, lateralmente piuttosto isopaca, di età da recente a Triassico superiore, a carattere predominante di piattaforma più profonda (*deeper platform sensu* Dunham, 1962), presentante una disconformità con ampia lacuna tra il Pliocene superiore-Pleistocene e il gruppo Ragusano, ed una discordanza maggiore tra il Gruppo Ragusano e l'Eocene medio (Amerillo). Il substrato è sismicamente

«stratificato», assimilabile a una Streppeno-sa s.l. molto potente (oltre 3000 m).

b) *Fascio deformativo occidentale o superiore*: cintura instabile sede di ripetuta attività tettonica distensiva.

Si caratterizza per:

— un probabile passaggio da facies pelagiche stratificate dell'Amerillo superiore a facies neritiche delle formazioni Cozzo Cugnito Palo (Eocene medio e Maastrichtiano sup.);

— evidenze di forti accumuli vulcanici (che «digeriscono» le sequenze pelagiche cretatiche) attribuibili alla fase intramaastrichtiana;

— un probabile assottigliamento delle sequenze cretaceo inferiori-liassico medio;

— un probabile concomitante passaggio da facies pelagiche sottili della formazione Modica a facies potenti di barriera e di piattaforma aperta poco profonda della formazione Siracusa.

c) *Zona intermedia*: ampio settore (esagerato a causa dell'orientazione sulla linea MS 26) interessato da un basculamento di insieme verso E, presenta caratteri strutturali generali differenziati da sezione a sezione.

Vi si può rimarcare:

— presenza di *canyons* erosionali con probabili *debris-flows* associati, che incidono profondamente la sequenza plio-pleistocenica (sono evidenziati dalla linea MS 26 grazie alla sua orientazione obliqua al pendio);

— probabile presenza della sola parte alta del Gruppo Ragusano (relativamente isopaco) in discontinuità sul sottostante Amerillo;

— forte variabilità di spessore della formazione Amerillo, in particolare con spessori ancora importanti ai piedi della cerniera superiore e marcata riduzione verso Est;

— possibile presenza di facies di retrobarriera protetta eteropiche della formazione Siracusa.

d) *Fascio deformativo orientale o inferiore*: cintura di forte attività tettonica distensiva ripetuta nel tempo; la sua espressione strutturale si differenzia notevolmente da sezione a sezione, in particolare è di difficile indivi-

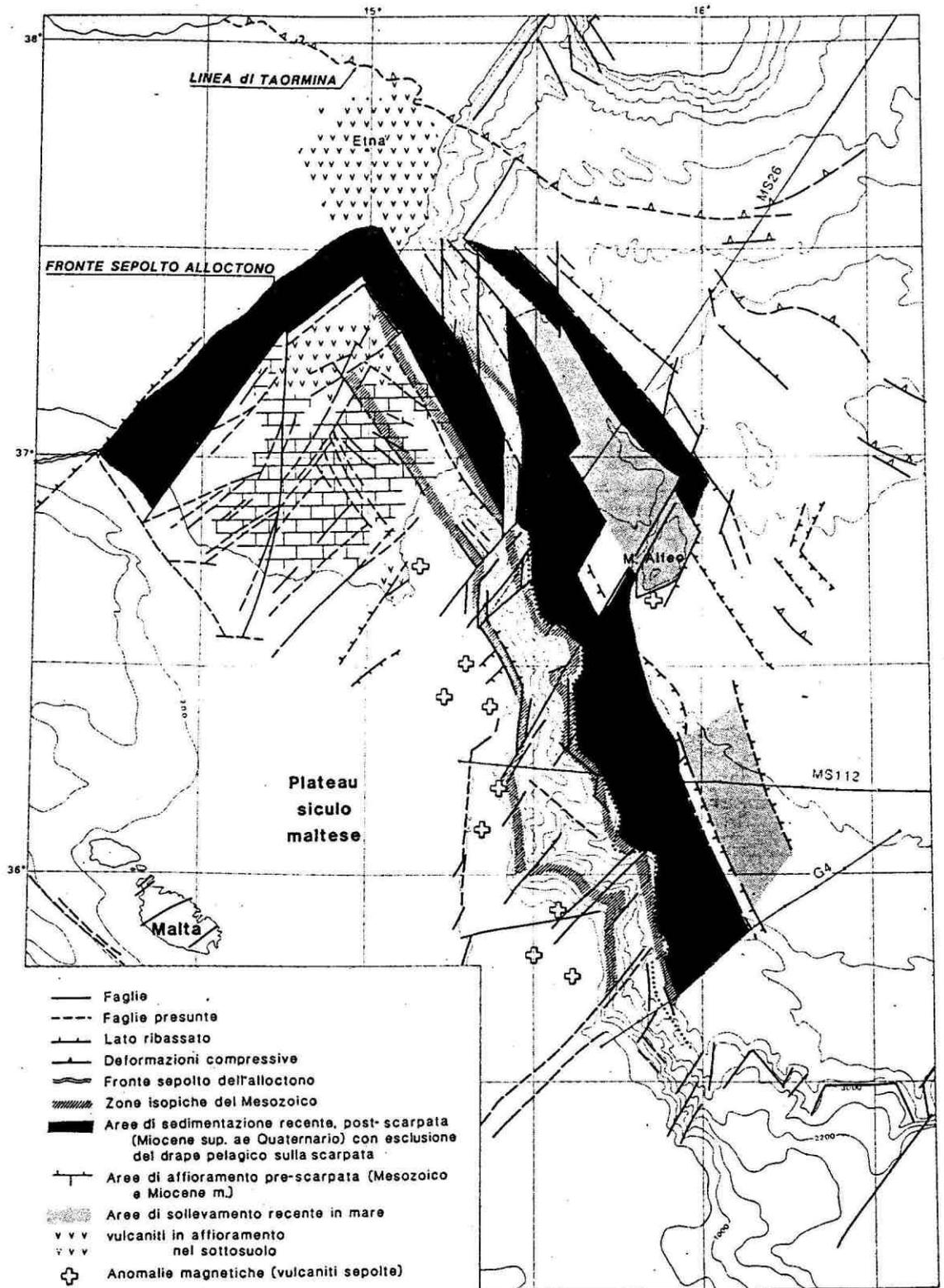


Fig. 8 - Carta strutturale sinottica della Scarpata di Malta e zone adiacenti.

duazione sulla linea MS 26. Vi si possono riconoscere:

— evidenze di forte attività vulcanica terziaria (post-Ragusano) a luoghi sovrapposta a fasi precedenti (intra-Amerillo e probabilmente intra-Giardini);

— generale riduzione di spessore delle sequenze terziario-liassiche, talora fino a possibili facies condensate e con probabili discordanze;

— presenza di facies liassiche e? triassico superiori assimilabili alla Formazione Siracusa.

e) *Area di piana abissale* (parte occidentale): occupa la metà orientale delle sezioni; in linea del tutto generale è caratterizzata strutturalmente da un aspetto di insieme sub-orizzontale e da dislocazioni distensive antiche, per quanto concerne le sequenze profonde.

Questo settore si caratterizza essenzialmente, infatti, per:

— la presenza di un gruppo di formazioni, da Tortoniano medio a pleistoceniche, avanzanti in netta discordanza, per *onlap* distali da E, su un substrato variamente basculato; la sequenza può raggiungere spessori di oltre 2500 m; nel suo ambito, sulla base dell'analisi dei caratteri sismici, si possono tentativamente riconoscere varie unità litografiche e più specificamente (dall'alto):

1) unità pleistocenico-medio pliocenica, essenzialmente argillosa;

2) unità pliocenica medio-inferiore (Trubi eq.), probabilmente marnoso-siltosa;

3) unità evaporitica messiniana, di cui è difficile individuare la base, ma che probabilmente può raggiungere spessori elevati;

4) unità pre-evaporitica messiniano-tortoniana essenzialmente argilloso-marnosa nella parte alta, costituita da alternanze di sabbie e argille nella parte medio-bassa;

— l'esistenza di importante attività vulcanica entro la parte bassa della sequenza terrigena in connessione con zone di debolezza tettonica mesozoica,

— la presenza di una sottile unità (poche centinaia di m), relativamente isopaca, discordante sulle unità sottostanti, ritenuta tentativamente rappresentativa di un Grup-

po Ragusano ridotto, a facies neritica e probabilmente lacunoso dal basso,

— la presenza di un gruppo di unità tentativamente identificabili come una sequenza calcarea eocenico-mesozoica, probabilmente a facies pelagica, di cui è difficile identificare sismicamente il substrato; queste unità, come accennato, sono coinvolte in fasi di piegamento antiche, probabilmente eocenico superiore, e si può in particolare riconoscere una fascia di forte sollevamento e troncatura erosionale.

CONCLUSIONI

L'integrazione di tutti i dati analitici disponibili (di superficie, del fondo marino, di perforazione, geofisici) ha permesso di abbozzare un modello evolutivo geodinamico schematico della regione studiata con particolare riferimento alla individuazione della «scarpata di Malta».

Tale modello, i cui tratti salienti sono indicati, per quanto graficamente possibile, nella Carta strutturale sinottica di figura 8 costituisce evidentemente, sia in ordine alla scarsità degli elementi analitici attraverso la scarpata che all'elevato grado di libertà della interpretazione degli stessi, una base iniziale di discussione e possibilmente di orientamento della futura esplorazione.

Con riferimento alla figura 8 suddetta ed altri elaborati nel testo vengono di seguito brevemente discusse le principali conclusioni di carattere generale raggiunte.

La fisiografia della scarpata di Malta è in larga misura di origine tettonica, solo secondariamente modellata dall'erosione sottomarina (in particolare presenza di *canyons* trasversali) e dalla sedimentazione (*draping* pelagico, risedimenti al piede).

In linea del tutto generale si tratta di un grande sistema strutturale distensivo che raccorda il plateau continentale siculo-maltese con la piana abissale jonica attraverso:

a) un fascio deformativo superiore

b) una zona intermedia basculata verso E

c) un fascio deformativo inferiore.

L'individuazione della struttura è con ogni probabilità essenzialmente tortoniana (?)

inferiore) e si realizza in un'unica grande fase, come indica la fondamentale assenza di discordanze entro la sequenza terrigena post-scarpata. Ad essa è connessa un'attività vulcanica localmente importante. In epoca più recente (post-Trubi) nell'area si hanno riattivazioni tettoniche che si traducono tra l'altro nel sollevamento di blocchi nell'ambito della piana abissale con individuazione di bacini recenti separati.

La scarpata si imposta su un substrato (triassico superiore a miocenico) che è litostratigraficamente differenziato, almeno a partire dal Lias, secondo sistemi di faglie sinsedimentarie ad andamento NNW-SSE cui si associano, a periodi, importanti attività vulcaniche.

Nella regione si possono in particolare individuare sette fasce stratigrafico-strutturali sub-parallele, tentativamente tracciate dal SE siciliano fino al Medina rise; da WSW verso ENE (e con particolare riferimento alla sezione geologica MS-112):

- a) margine del plateau ragusano;
- b) zona di Siracusa s.s.;
- c) zona dei M.ti Climiti (Siracusa Auct. p.p.);
- d) zona di S. Demetrio 1 (Siracusa Auct. p.p.);
- e) zona di Augusta-Maddalena 1;
- f) zona di Catania 10;
- g) zona del Golfo di Catania.

Lungo il decorso da N a S della scarpata si possono distinguere tre segmenti principali che hanno avuto, grazie alla presenza di importanti dislocazioni trasversali a direzione dominante SW-NE (fasce di svincolo) evoluzione geodinamica individuale:

- a) segmento settentrionale («Siracusano»);
- b) segmento mediano;
- c) segmento meridionale.

Ciascun segmento presenta caratteri strutturali differenziati e in particolare:

- il segmento siracusano taglia diagonalmente verso N le zone stratigrafico-strutturali mesozoico-mioceniche ed è connesso probabilmente con una importante fase di riattivazione tettonica recente che disloca fortemente anche i sedimenti quaternari; vi si riconosce con difficoltà la falesia inferiore;
- il segmento mediano si imposta pa-

rallelamente alle zone isopiche mesozoico-mioceniche; si caratterizza per un moderato basculamento a livello del fascio deformativo superiore fagliato e, per contro, per una grande importanza delle dislocazioni a livello del fascio deformativo inferiore che individuano una grande *falesia «viva»* contro la quale si arresta la sedimentazione terrigena della piana abissale;

— il segmento meridionale si installa probabilmente anch'esso parallelamente alle zone isopiche mesozoico-mioceniche; contrariamente al mediano è caratterizzato peraltro da un più importante basculamento a livello del fascio deformativo fagliato superiore e da una minore importanza delle faglie lungo il fascio deformativo inferiore, tanto che la sedimentazione terrigena di piana abissale arriva a traboccare sulla stessa (*falesia annegata*).

L'area di piana abissale a partire dal Tortoniano è sede di abbondante accumulazione terrigena post-scarpata avanzante da E, con *on-lap* distali sui sedimenti pre-scarpata e alimentati dallo smantellamento delle falde calabridi in via di progressiva messa in posto.

Nell'ambito della successione post-scarpata della piana abissale, al di sopra dei sedimenti terrigeni tortoniano-messiniani, si riconosce, sulla base del carattere sismico, la presenza di evaporiti messiniane, anche relativamente potenti, e di sedimenti argillosi plio-pleistocenici, ulteriormente avanzanti verso Ovest.

L'andamento delle fasce di *on-lap* distali dei sedimenti post-scarpata è controllato nel tempo dalla evoluzione strutturale differenziata per segmenti.

RINGRAZIAMENTI

Le ricerche in mare sono state finanziate dal CNR, Progetto Finalizzato Oceanografia e Fondi Marini (contratti 80.01340 e 81.01153): direttore di ricerca M.B. CITA. Gli studi successivi sono stati finanziati dal Ministero Pubblica Istruzione (60%) e dalla TOTAL Italia.

Ringraziamo i Comandanti PIAZZA (1980) e MANCUSO (1981) che hanno guidato la BANNOCK durante le due crociere in oggetto, gli ufficiali Papandreu e Patané, i nostromi e tutto l'equipaggio per la loro apprezzata ed efficiente collaborazione.

I componenti l'equipaggio scientifico B. BIGIOGGERO (1980), A. BOSSIO (1980 e 81), C. BROGLIA (1980 e 81), H. CHEZAR (1980), G. CLAUZON (1980 e 81), A. COLOMBO (1980 e 81), M. GIAMBASTIANI (1980 e 81), M.

GNACCOLINI (1981), K. A. KASTENS (1981), C. LECCA (1980), A. MALINVERNO (1980 e 81), F. Mc COY (1981), E. MILLER (1980) E. PARISI (1980 e 81), G. SALVATORINI (1980 e 81), P. VERCESI (1980), hanno contribuito alla riuscita dell'impresa.

Ringraziamo vivamente I. FINETTI e R. NICOLICH per averci concesso di studiare le linee sismiche MS 26 e MS 112: quest'ultima è stata essenziale per formulare l'interpretazione geologica qui presentata.

Sentiti ringraziamenti vanno all'OGS di Trieste, all'AGIP di S. Donato Milanese, all'Istituto di Geologia Marina di Bologna, all'IFP di Parigi, per averci fornito dati e documenti che ci sono stati d'aiuto nella nostra ricerca.

Per la parte micropaleontologica ci siamo avvalsi dei consigli di E. BELLINI e G. Rocco dall'AGIP, di N. FANTINI SESTINI, I. PREMOLI SILVA e E. FOIS del Dipartimento di Scienze della Terra di Milano, P. VERCESI dell'Università di Pavia. L'aiuto tecnico ci è stato fornito da S. ANTICO, G. CHIODI, I. DAMIANO, E. PARISI, S. DI JORIO.

Manoscritto consegnato il 14 ottobre 1984.

Ultime bozze restituite l'8 febbraio 1986.

LAVORI CITATI

- BIJU-DUVAL., MOREL Y., BAUDRIMONT A., BIZON G., BIZON J.J., BORSETTI A.M., BUROLLET P. F., CLAIREFOND P., CLAUZON G., COLANTONI P., MASCLE G., MONTADERT L., PERRIER R., ORSOLINI P., RAVENNO C., TAVIANI M. & WINNOCK E. (1982) - *Données nouvelles sur les marges du bassin Ionien profond (Méditerranée Orientale)*. Résultats des campagnes ESCARMED. *Rév. Inst. Franc. Pétrole*, **37** (6), 713-731.
- CITA M.B., BENELLI F., BIGIOGGERO B., CHEZAR H., COLOMBO A., FANTINI SESTINI N., FREEMAN-LYNDE R., IACCARINO S., JADOUL F., LEGNANI E., MALINVERNO A., MASSIOTTA P., PAGGI C. & PREMOLI SILVA I. (1980) - *Contribution to the geological exploration of the Malta Escarpment (Eastern Mediterranean)*. *Riv. Ital. Paleont.*, **86** (2), 317-356.
- CITA M.B., BENELLI F., BIGIOGGERO B., BOSSIO A., BROGLIA C., CHEZAR H., CLAUZON G., COLOMBO A., GIAMBASTIANI G., LECCA L., LENAZ L., MALINVERNO A., MILLER E.L., PARISI E., ROSSI A., SALVATORINI G. & VERCESI P. (1981) - *Preliminary results of a dredging and coring campaign on the Malta Escarpment*. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **27** (8), 107-109.
- CROCE M. (1983) - *Studio geologico della Scarpata di Malta, con particolare riguardo all'era Mesozoica*. Tesi di laurea inedita, pp. 1-74, Università degli Studi di Milano.
- DE MICHELI A. (1983) - *Contributo alla conoscenza della Scarpata di Malta, con particolare riferimento al Terziario*. 1983 Tesi di laurea inedita, pp. 1-252, Università degli Studi di Milano.
- DUNHAM R. J., (1962) - *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*. In - *Classification of Carbonate rocks* (HAM W.E. ed.) A.A.P.G., 108-121.
- ENAY R., BIZON J.-J., MASCLE G., MOREL U., PERRIER R. & BIJU-DUVAL B. (1982) - *Faunes du Jurassique supérieur dans les séries pélagiques de l'Escarpment de Malte (Mer Ionienne). Implications paléogéographiques*. *Rev. Inst. Franc. Pétrole*, **37** (6), 733-757.
- MORELLI C., GANTAR & PISANI (1975) - *Bathymetry, gravity and magnetism in the Strait of Sicily and in the Ionian Sea*. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, **17**, (65), 39-58.
- NICOLICH R. (1983) - Bacini sedimentari.
- PATACCA E., SCANDONE P., GIUNTA G. & LIGUORI V. (1976) - *Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa zone (South eastern Sicily)*. *Geologica Romana*, **18**, 331-369.
- ROSSI S. & BORSETTI A.M. (1977) - *Dati preliminari di stratigrafia e di sismica del Mare Ionio Settentrionale*. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, **13**, 251-259.
- SCANDONE P., PATACCA E., RADOICIC R., RYAN W.B.F., CITA M.B., RAWSON M.D., CHEZAR H., MILLER E., MAC KENZIE J. & ROSSI S. (1981) - *Mesozoic and Cenozoic rocks from Malta Escarpment (Central Mediterranean)*. *AAPG Bull.*, **65**, 1299-1319.