

Morfologie e strutture di apparati vulcanici sommersi nel canale d'Ischia (mar Tirreno)

Morphology and structure of submerged volcanic edifices in the Ischia channel (Tyrrhenian sea)

DE ALTERIIS G. (*), DONADIO C. (**), FERRANTI L. (**)

RIASSUNTO – Nel Canale d'Ischia, compreso tra l'isolotto di Vivara (Procida) e l'isola d'Ischia nel settore occidentale del Golfo di Napoli, è da tempo nota la presenza di apparati vulcanici sommersi correlabili a fasi antiche del vulcanismo flegreo. I relitti morfologici di tali edifici sono attualmente rappresentati dalle secche della Catena, delle Formiche e dei Ruommoli.

È stato esplorato un settore del fondo marino nel canale attraverso l'acquisizione di profili ecografici ed immersione con autorespiratori. L'elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire la fisiografia di questa zona e di caratterizzare gli elementi geomorfologici più significativi. La secca dei Ruommoli sembra il risultato di un'azione morfogenetica che ha agito soprattutto in ambiente subaereo. La secca delle Formiche rappresenta il relitto di un centro eruttivo indipendente rispetto all'apparato di Vivara e probabilmente più antico di quest'ultimo. Viene rilevata la presenza di una breccia vulcanica costituita in massima parte da xenoliti lavici, osservata alla base dei tufi ialoclastitici che costituiscono la sommità della secca. Localmente, poche centinaia di metri a SW della secca, è stata rilevata la presenza di corpi lavici isolati dalla forma a cupola.

È stata osservata l'esistenza di livelli marini a più quote di riferimento tra -16 e -24 m. In particolare, il livello a quota da -16 a -18m, marcato da un terrazzo d'abrasione con paleofalesia, rappresenta il risultato di un episodio morfogenetico significativo e ricorrente. Tale livello si correla perfettamente a quello rappresentato dal livello di base delle grotte sommerse della Secca delle Formiche, formatesi in ambiente costiero e riferite ad una stasi del livello marino precedente l'ultimo picco glaciale.

PAROLE-CHIAVE: Secche; Breccia vulcanica; Geomorfologia subacquea; Variazioni del livello marino; Canale d'Ischia.

ABSTRACT - In the Ischia Channel, a narrow seaway between the islands of Ischia and Vivara (Procida), in the western part of the Gulf of Naples (Southern Italy), remnants of volcanoes form the shoals of the "Ruommoli", "Catena" and "Formiche".

Sea-bottom in the channel has been partially explored by echosoundings and SCUBA-diving underwater surveys.

"Ruommoli" shoal denotes to be the relict of previous, mostly subaerial morphogenesis. The "Formiche" shoal corresponds to a volcanic vent probably older than the Vivara volcano. A volcanic breccia with trachytic elements was firstly observed beneath the hyaloclastite at the top of the shoal. Plugged lava bodies were discovered a few tens metres southwest of the shoal; they are interpreted as lava domes or necks emplaced during the late stage of activity. Submerged cliffs and associated subhorizontal terraces in the depth range of -16/-24 m appear on echographic profiles. They are related to ancient sea levels formed through prolonged stands preceding the stage 2 of the oxygen-isotope curve. The -16/-18m level is correlatable to the floor of the Grotta Grande delle Formiche and represents one of the major coastal morphogenetic episodes in the area.

KEY-WORDS: Shoal; Volcanic breccia; Underwater geomorphology; Sea-level oscillations; Ischia channel.

1. – INTRODUZIONE

La regione dei Campi Flegrei e delle isole di Ischia e Procida è stata sede di vulcanismo attivo durante il Quaternario e fino a tempi storici. In questa area, più che altrove, l'attività eruttiva e fenomeni vulcano-tettonici (ad es. bradisismi) si sono realizzati e si realizzano in stretto rapporto con l'ambiente marino. Ciò nonostante, a fronte delle dettagliate conoscenze sulla geologia e vulcanologia delle aree emerse, va rilevata una relativa esiguità delle ricerche sui settori marini se escludiamo il golfo di Pozzuoli molto studiato a seguito degli eventi bradisismici del 1970 e del 1983-84 (SEGRE

(*) Geomare Sud - CNR, Napoli.

(**) Dipartimento di Scienze della Terra, Università Federico II di Napoli.

A., 1972; PESCATORE *et alii*, 1984; DE PIPPO *et alii*, 1984) e contributi di tipo prevalentemente geofisico (LATMIRAL *et alii*, 1971; FINETTI E MORELLI, 1974).

Questo lavoro intende fornire il contributo della geologia subacquea intesa come utilizzo di rilievi acustici ed esplorazione diretta dei fondali (fino a profondità di 40-50 m) alle conoscenze finora maturate nella zona di mare posta tra Procida e Ischia (DI GIROLAMO E ROLANDI, 1975; FERRANTI *et alii*, 1994).

2. – INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il Canale di Ischia costituisce una sella morfologica tra la piattaforma continentali del Golfo di Gaeta a NW e del Golfo di Napoli a SE. Nel settore più stretto del Canale, che separa l'isola di Vivara (Procida) dal Castello d'Ischia (Ischia) il fondale non supera i 30 m di profondità (fig. 1). La topografia del fondo marino in quest'area è caratterizzata dalla presenza di numerosi resti di apparati vulcanici che sono in relazione all'attività eruttiva quaternaria delle isole di Ischia e Procida. Le lave e le piroclastiti di origine freatomagmatica affioranti sull'isola di Procida sono prevalentemente a composizione trachibasaltica (DI GIROLAMO *et alii*, 1984). Il chimismo è di tipo alcalino-potassico (trachibasalti olivini, trachiandesiti, latiti, fonoliti e trachiti alcaline) (DI GIROLAMO *et alii*, 1973), del tutto analogo a quello dei prodotti affioranti ai Campi Flegrei (ROSI & SBRANA, 1987). Secondo DI GIROLAMO *et alii* (1973) l'isola di Vivara costituisce un esempio di apparato vulcanico monogenico generatosi in un ambiente sottomarino poco profondo nel quale le dinamiche eruttive sono principalmente governate dall'interazione magma-acqua marina. L'età del vulcano di Vivara, ottenuta mediante datazione ^{14}C di un paleosuolo a tetto del tufo ialoclastitico che ne costituisce l'edificio, è superiore a 40 Ka (LIRER *et alii*, 1991; ROLANDI, com. pers.).

Nel settore orientale dell'Isola d'Ischia, tra il porto e la rada di Cartaromana, affiorano formazioni vulcaniche recenti eruttate nell'intervallo 22 Ka B.P.-1302 A.D. (VEZZOLI, 1988). Tali formazioni sono costituite prevalentemente da scorie e lave alcalitrachitiche (centro eruttivo del Porto d'Ischia, III sec. d.C.); lave e scorie latitico-trachitiche (lave dell'Arso, 1302); lave scoriacee e pomici alcalitrachitiche (centro eruttivo di S. Anna, 22 Ka B.P.). La cupola lavica domiforme del Castello d'Ischia è costituita da prodotti ad analogo chimismo, ma di età più antica (132 Ka B.P., VEZZOLI, 1988).

La distribuzione a scala regionale del vulcanismo sull'asse NE-SW Ischia-Procida mostra un evidente controllo strutturale (DI GIROLAMO *et alii*, 1984; VEZZOLI, 1988). In particolare è da ritenere che un ruolo primario nella zona del canale sia stato svolto dal sistema di faglie dirette NE-SW che, nell'isola d'Ischia, separano la parte sud-orientale in rilievo della Scarrupata di Barano dalla depressione centro orientale del Graben di Ischia dove è localizzata la maggior parte dell'attività più recente.

Le conoscenze geologiche relative ai fondali del canale sono, al contrario di quelle sulla terraferma, molto più limitate. Già RITTMANN (1930) aveva ipotizzato la presenza di apparati vulcanici in corrispondenza di alcune secche (le Formiche di Vivara, la Catena e il Banco d'Ischia). La carta morfostutturale allegata al Foglio geologico 183-184 "Isola d'Ischia-Napoli" riporta l'esistenza di recinti craterici parzialmente smembrati in corrispondenza di tali secche. Alcuni autori come MAINO *et alii* (1963) e LATMIRAL *et alii* (1971) hanno attribuito la morfologia spianata della sommità di alcuni di tali edifici a fenomeni di abrasione marina nel corso di abbassamenti del livello del mare legati a cicli glaciali.

DI GIROLAMO E ROLANDI (1975), sulla base di campionamenti e di alcuni profili ecografici, interpretano le secche delle Formiche di Vivara e della Catena come resti di vulcani ialoclastitici sommersi, dal chimismo latitebasalto-latitico. FERRANTI *et alii* (1995), attraverso indagini dirette, segnalano alla secca delle Formiche l'esistenza di un intervallo di breccie vulcaniche sottostanti la formazione tufacea e inoltre riconoscono l'esistenza di linee di riva sommerse, la più profonda delle quali associata ad ampie cavità di abrasione costiera. La genesi di questi paleolivelli è associata a stazionamenti occorsi durante la discesa del livello marino immediatamente precedente l'ultimo picco regressivo glaciale indicato dallo stadio 2 della curva isotopica dell'ossigeno (WILLIAMS *et alii*, 1988).

3. – ACQUISIZIONE DATI

La strategia seguita in fase di acquisizione ed elaborazione dei dati è schematizzata in fig. 2. Il rilevamento del fondo marino fino a circa 50 m di profondità è stato effettuato mediante un ecografo EAGLE installato a bordo di un natante leggero, munito di un radio-ricevitore satellitare GPS Magellan Nav 5000 DX in grado di accoppiare ad ogni punto di misura del fondo (FIX) le relative coordinate geografiche.

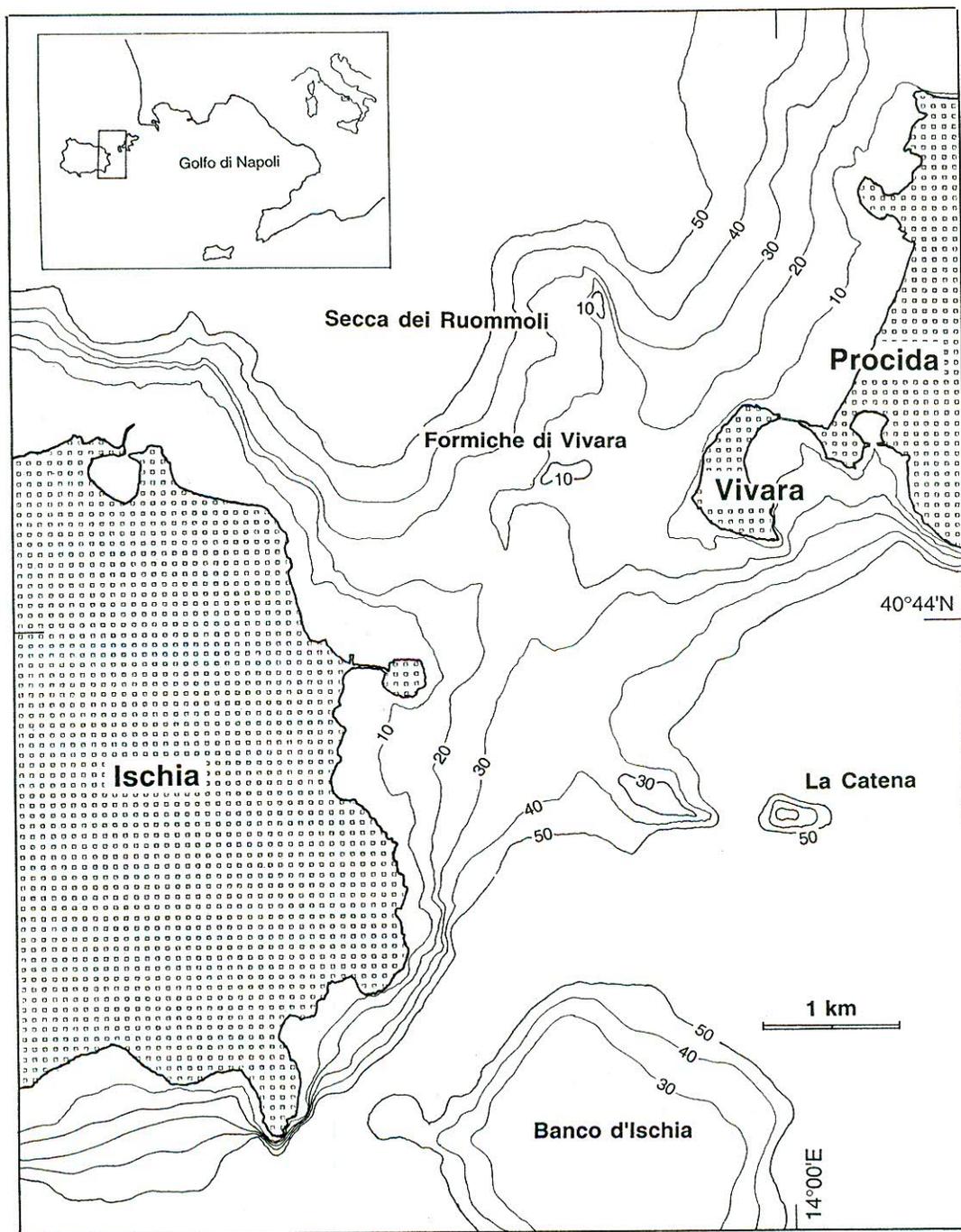


Fig. 1 – Carta batimetrica del Canale d'Ischia (profondità in metri). Sono segnalate le secche di natura vulcanica presenti nel canale.
Bathymetry of the Ischia Channel (depth in metres). Volcanic shoals are outlined.

SCHEMA DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

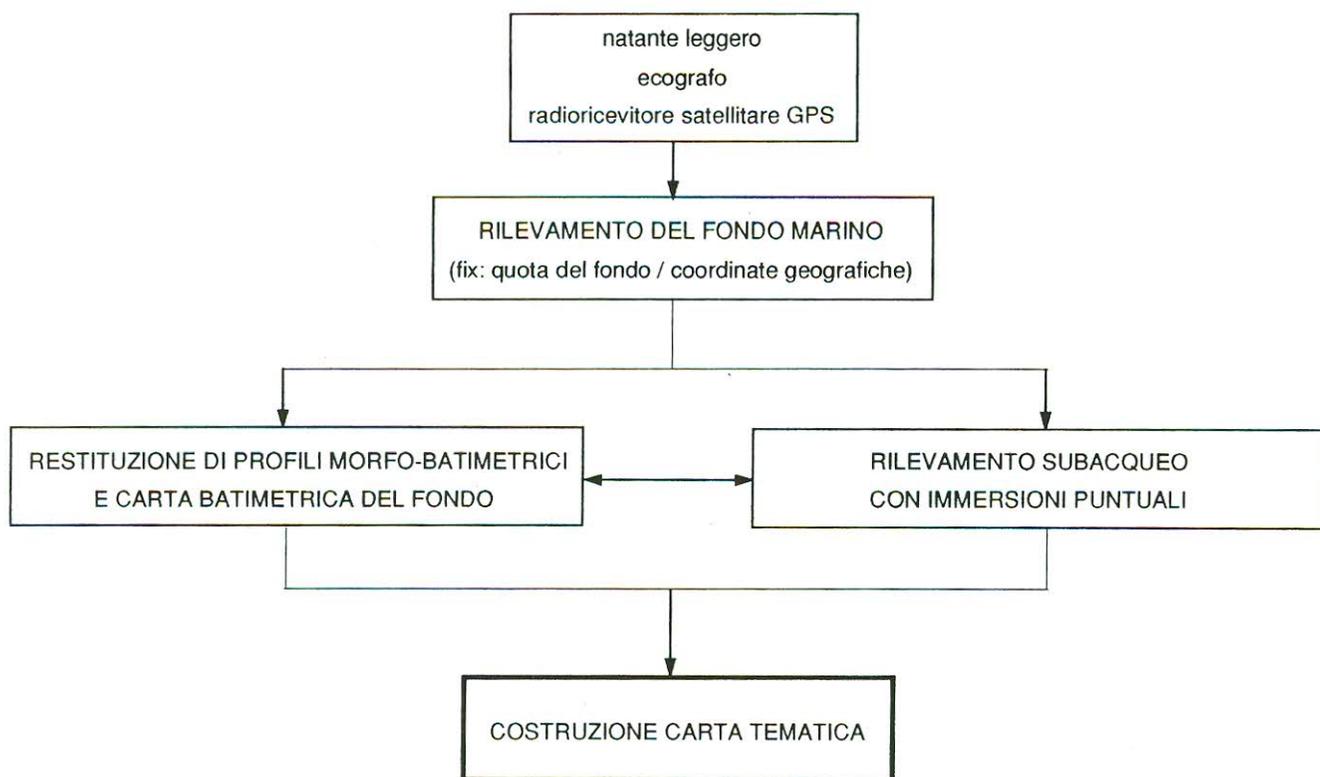


Fig. 2 – Schema di acquisizione ed elaborazione dati per realizzazione della carta dei fondali.
Flowchart of data acquisition and processing for the generation of the sea-floor map.

Il sistema di posizionamento è stato tarato sulle coordinate dei fari del porto d'Ischia (lat. 40°45'00"N; long. 013°57'00"E) e del porto di Procida (lat. 40°46'00"N; long. 014°02'00"E). I dati registrati in mare tracciando rotte N-S ed E-W hanno consentito l'ubicazione dei punti notevoli individuati sui profili registrati dall'ecografo e la costruzione infine di una dettagliata carta batimetrica di base; in totale sono stati acquisiti 12 profili ecografici secondo una maglia ad orientazione prevalente Nord-Sud (fig. 3).

L'interpretazione di tali dati ha permesso di restringere le indagini in quelle aree in cui la morfologia del fondo risultava di particolare interesse. Le aree selezionate, corrispondenti ai principali bassofondi, sono state esplorate e rilevate attraverso immersioni con autorespiratori ad aria (ARA) nell'intervallo di profondità 0-25 m, con prelievo di campioni di roccia e sedimento ed esecuzione di fotografie. La serie di osservazioni di tipo geomorfologico ed ambientale è stata infine rappresentata da una carta tematica.

4. – INTERPRETAZIONE DEI PROFILI BATIMETRICI

Gli alti batimetrici corrispondenti ai relitti di morfologie vulcaniche nel Canale d'Ischia procedendo da Nord a Sud sono: La Secca dei Ruommoli, La Secca delle Formiche di Vivara, La Secca della Catena e il Banco di Ischia. Di queste morfologie l'unica che ha conservato la fisiografia originaria dell'apparato vulcanico è il Banco di Ischia che è un edificio trachibasaltico di forma troncoconica che si eleva da una piana batiale di oltre 100 m di profondità con sommità posta a 27 m.

È stata rilevata un'area di estensione 2.5×1.5 km (fig. 1 e 6) nell'area compresa tra Vivara, la secca delle Formiche e la secca dei Ruommoli. Le caratteristiche morfologiche più significative sono mostrate in alcuni profili batimetrici selezionati. Di particolare interesse risulta il profilo F-09 in cui si osserva una struttura a cupola che si innalza da un pianoro alla profondità di -24 m circa fino a raggiungere la quota di -16 m alla sommità (fig. 4). La cupola è ubicata circa 250 m a SW della secca

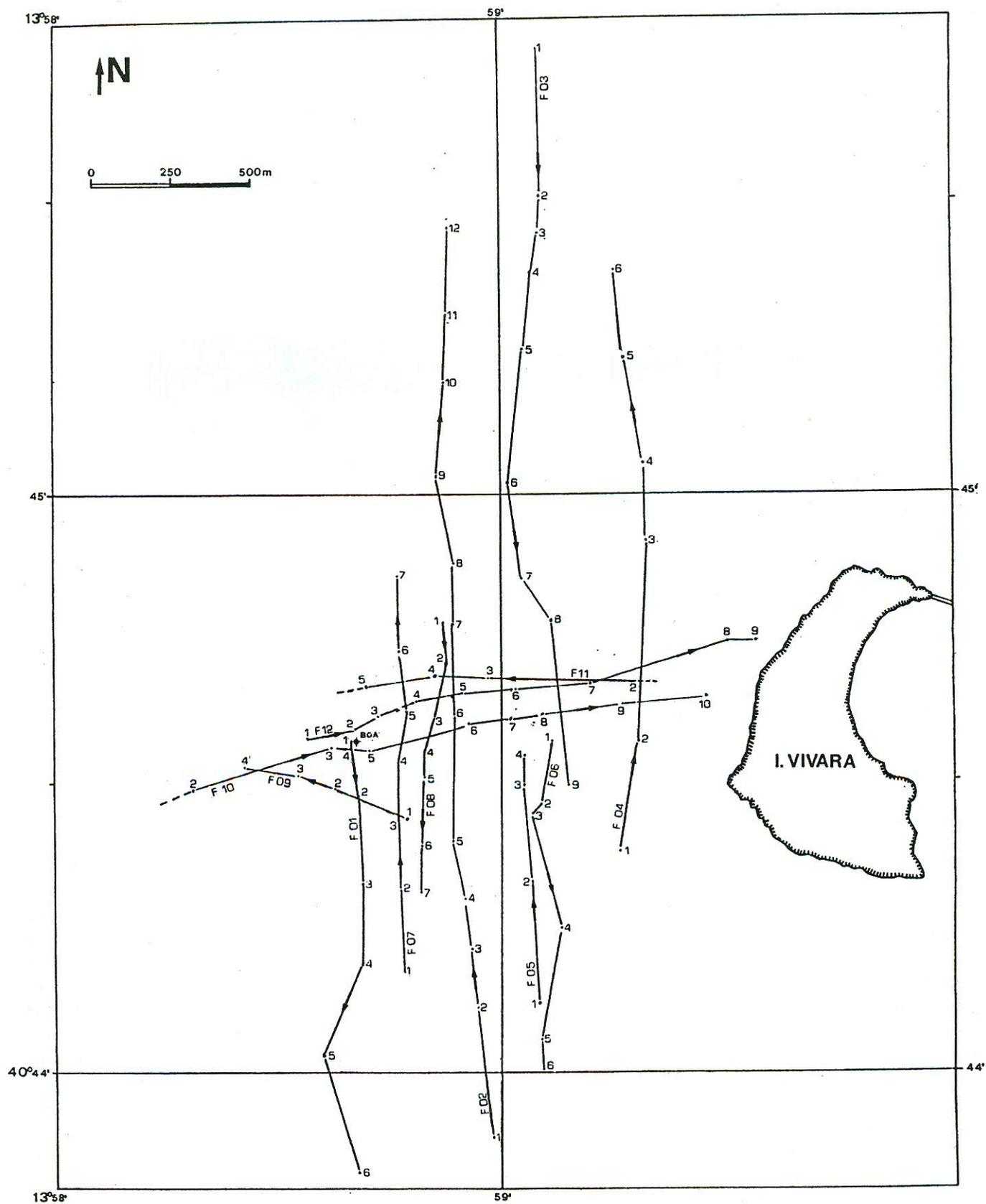


Fig. 3 – Traccia dei profili ecografici realizzati durante le campagne di acquisizione svolte nei mesi di aprile e maggio 1994.
 Tracks of echographic profiles run during 1994 April-May surveys.

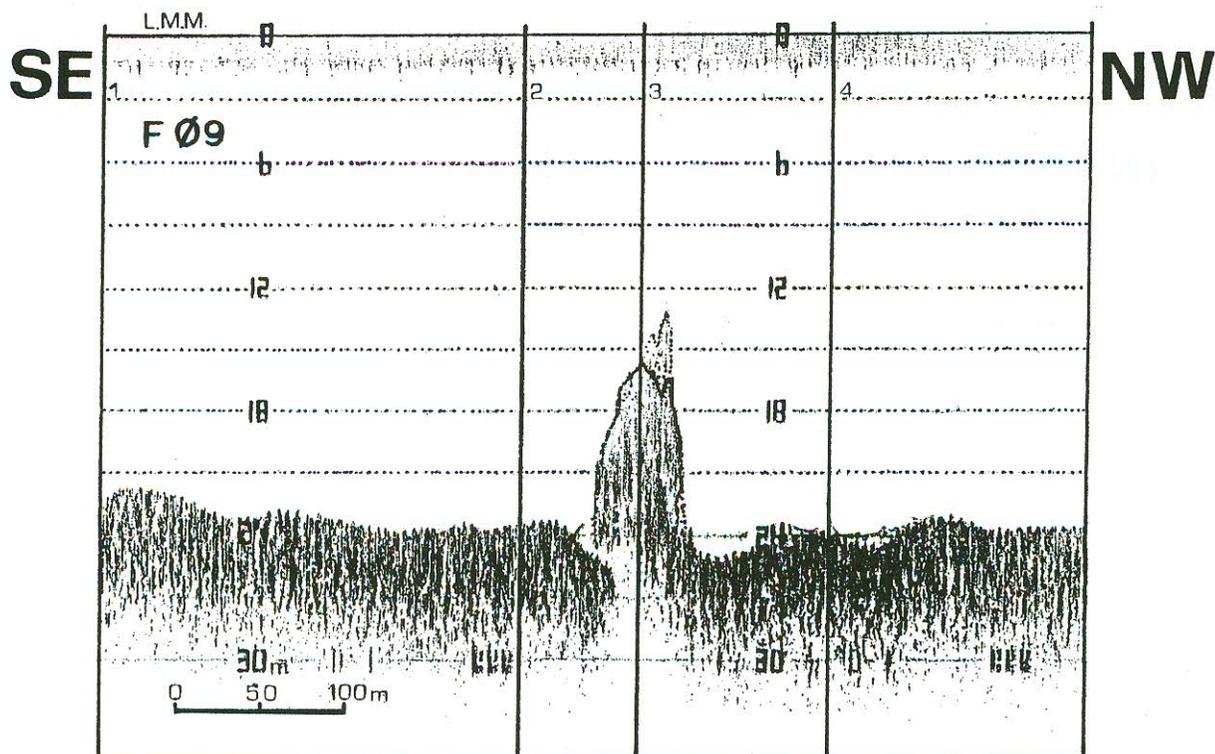


Fig. 4 – Profilo ecografico F09. È stata rinvenuta una struttura a cupola di probabile costituzione lavica e ubicata a circa 250 m a SW della Secca delle Formiche di Vivara. La sommità della cupola si trova a circa 15 m di profondità.

Echographic profile F09 revealing a domal morphology probably consisting of lava. The dome is located some 250 m SW from the Formiche shoal; its top attains -15 m of depth.

delle Formiche e rappresenta verosimilmente un'estruzione lavica da porre in relazione con le lave segnalate sul versante occidentale della secca (DI GIROLAMO & ROLANDI, 1975). Sul profilo F-10, che attraversa in senso trasversale la secca delle Formiche, si può osservare il dislivello tra un pianoro posto a -18 m ad est della secca e la superficie a -24 m situata in direzione di Ischia.

5. – MORFOLOGIA ED OSSERVAZIONI GEOLOGICO AMBIENTALI

Il fondale investigato è costituito da una spianata individuata all'incirca dall'isobata -20, dal quale si innalzano tre settori in rilievo corrispondenti ad altrettanti affioramenti del substrato, che si dispongono ai vertici di un triangolo isoscele: la secca dei Ruommoli, la secca delle Formiche e l'isolotto di Vivara. Verso sud ed ovest, dove non delimitato dagli alti rocciosi, il pianoro degrada più dolcemente con scarpate poco acclivi. La maggior parte delle immersioni è stata effettuata in corrispondenza della Secca delle Formiche e della Secca dei Ruommoli in quanto proprio quest'area presenta una batimetria piuttosto articolata e la maggior concentrazione di affioramenti rocciosi.

La spianata è ricoperta da sedimenti recenti, prevalentemente sabbie grossolane alla base degli affioramenti rocciosi e sabbie a granulometria minore al centro del pianoro o lungo le scarpate. Lo spessore dei sedimenti del pianoro non è conosciuto, ma i numerosi affioramenti sparsi del substrato roccioso suggeriscono che sia limitato all'ordine di pochi metri. Le sabbie grossolane sono ricche di elementi bioclastici fra cui prevalgono echinoidi, balanidi ed i molluschi *Haliotis lamellosa* e *Spondylus gaederopus* e con caratteri sedimentologici che indicano un basso grado di trasporto ed elaborazione. La presenza di tali sabbie è stata verificata anche all'interno di cavità nella roccia che fungono da trappole per i sedimenti. La loro distribuzione ed abbondanza è giustificata da una alimentazione in situ da parte di organismi bentonici che prosperano proprio in corrispondenza del substrato roccioso; l'elevato grado di assortimento legato all'intensità delle correnti nel canale che rimuovono le frazioni più fini.

Estremamente diffusa, in particolare a sud della congiungente Vivara-Formiche, è la prateria a *Posidonia oceanica* (L.) DELILE, già osservata nella zona del canale d'Ischia da COLANTONI *et alii* (1982), la cui matte raggiunge spessori elevati anche dell'or-

dine di 4-5 m. Questa evidenza dimostra, data la bassa velocità di accrescimento di questa *Fanerogama marina* (stimata mediamente di 1 m al secolo MAZZELLA *et alii*, 1986) una persistenza nel tempo della prateria almeno per tutto il periodo storico. La notevole diffusione attuale del posidonieto è responsabile della già riscontrata prevalenza di specie di foraminiferi caratteristiche di tale fondale (FERRANTI *et alii*, 1994)

Il vertice settentrionale del pianoro (secche dei Ruommoli) è rappresentato da due distinti rialzi orientati N-S connessi al pianoro centrale da una cresta relativamente stretta e con sommità spianata. Tale dorsale è ricoperta da sabbie via via più grossolane verso la sommità della secca, che lasciano poi il posto all'affioramento roccioso, costituito da vulcaniti stratificate e compatte, a giacitura sub-orizzontale o a luoghi con leggera immersione verso ovest. Le vulcaniti sono interessate da erosione localizzata lungo i giunti di strato e da sistemi di fratture subverticali: si isolano così blocchi subrettangolari accumulati lungo le scarpate che delimitano la secca e minuscole cavità e canali allungati in senso trasversale all'affioramento. La secca limitata sui lati orientale e settentrionale da scarpate di pochi metri, ma molto acclivi, con piede impostato sui piani di strato dove si osservano blocchi stratoidi crollati e cavità di dimensioni metriche.

La secca delle Formiche è un settore morfologicamente articolato. L'ossatura della secca è costi-

tuita da una dorsale allungata est-ovest di natura rocciosa, che rappresenta i resti smembrati dell'edificio vulcanico delle Formiche di Vivara (DI GIROLAMO *et alii*, 1975; FERRANTI *et alii*, 1994). La maggior parte dell'affioramento è costituito da tufi stratificati poggianti su una base di breccie vulcaniche; i tufi hanno giacitura quaquaversale, in quanto immergono, con inclinazione variabile, a nord sul versante settentrionale (fig. 7a) ed a ovest su quello occidentale. Sul lato occidentale, nei pressi della boa di navigazione della secca e, nel caratteristico rialzo domiforme staccato dalla dorsale ancora più ad ovest, si rinvengono affioramenti interpretabili come lave (fig. 6). Scarpate sommerse con altezza fino a 10-12 m sono presenti sui lati nord-ovest e nord-est, ed individuano versanti a franapoggio meno inclinati del pendio; questi versanti sono solcati da incisioni strette e profonde di tipo gully, da camini e da archi naturali, impostati sui sistemi di fratture trasversali agli strati. Il versante meridionale della dorsale è invece caratterizzato da una scarpata di altezza comparabile e maggiormente articolata, lungo la quale sono disseminati blocchi rocciosi di dimensioni ragguardevoli (fino ad alcune decine di m³), in molti casi ancora in posto e separati dalla dorsale principale per effetto dell'azione abrasiva. Su questo lato, il deposito detritico di piede di scarpata passa gradualmente alla prateria a posidonia. La sommità della secca è posta ad una profondità variabile tra i 4 e gli 8 m ed ha un profilo

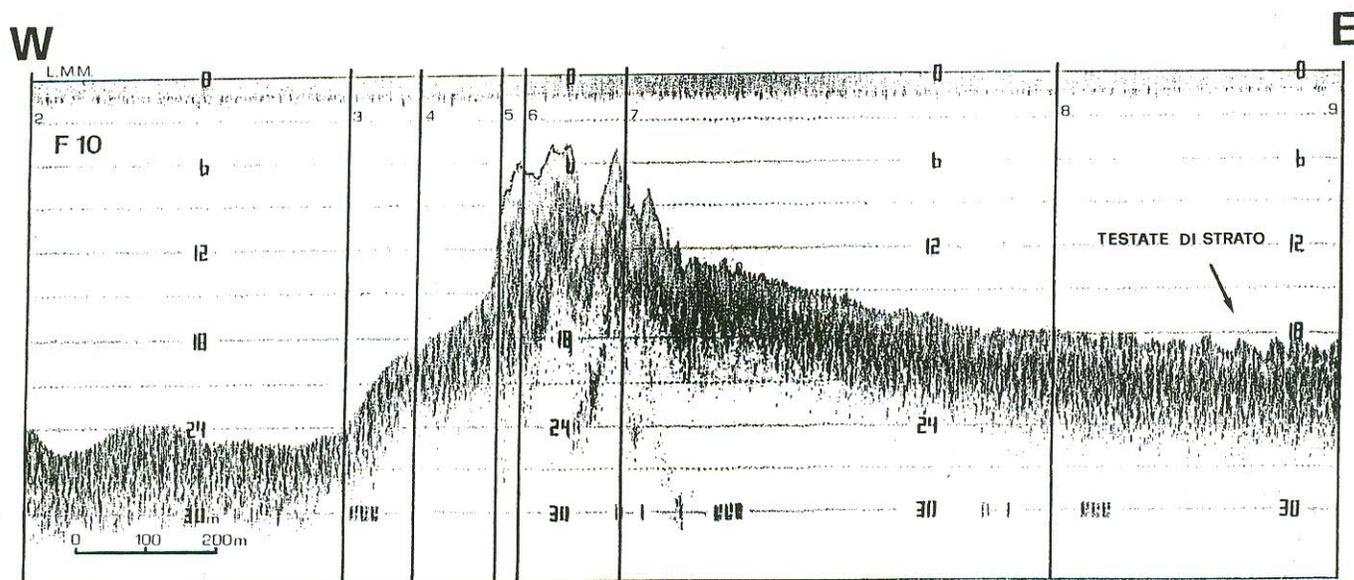


Fig. 5 - Profilo ecografico F10 attraverso la secca delle Formiche di Vivara. È evidente il dislivello di circa 6 m tra il fondale a W prospiciente l'isola d'Ischia e la spianata orientale, dove sono stati osservati strati piroclastici immergenti sotto l'edificio di Vivara.
*Echographic profile F10 crossing the Formiche shoal and revealing different sea-bottom depth between west and east side of the shoal.
 Note beds dipping beneath the Vivara volcano.*

caratteristico a gradinata, a causa dell'erosione impostata congiuntamente sulle fratture e sugli strati. Una superficie terrazzata che tronca in lieve discordanza gli strati immergenti a ovest, può essere individuata attorno a -8 m di profondità, ed è caratterizzata dalla presenza di marmitte e pozze di scogliera di dimensioni metriche, talora ospitanti clasti subarrotondati di dimensioni decimetriche (fig. 7b).

All'interno della secca si aprono alcune cavità di dimensioni significative, formatesi per l'azione abrasiva costiera a livello marino lungo le discontinuità strutturali e stratigrafiche (fig. 7c). Tali cavità si rinvencono attualmente sommerse tra -16 e -18 m (profondità del pavimento agli ingressi) (BRAVI *et alii*, 1994; FERRANTI *et alii*, 1994). La genesi della cavità principale (Grotta Grande delle Formiche), ubicata sul lato nord-est della dorsale, è stata favorita dall'azione morfoselettiva esercitata sulle breccie sottostanti i tufi stratificati e più facilmente erodibili, raggiungendo uno sviluppo di circa 50 m. Il pavimento delle cavità, in roccia è raccordato dolcemente con il pianoro all'esterno, coperto di sedimento, situato nello stesso intervallo di profondità tra -16 e -18 m.

Sul lato occidentale delle Formiche sono presenti altri ripiani a morfologia più articolata, posti a profondità maggiore (-22/-24 m) e colonizzati da posidonieto. Nella parte orientale del pianoro centrale, avvicinandosi a Vivara, dal fondo mobile spiccano delle testate di strato immergenti ad est ed inclinate fino a 20°; si tratta di piroclastiti stratificate che si seguono con continuità fino all'edificio delle Formiche. Le piroclastiti immergono al di sotto dell'edificio di Vivara, i cui strati invece immergono in senso contrario (ovest).

6. – CONCLUSIONI

Allo stato attuale delle conoscenze acquisite è prematuro giungere a conclusioni definitive sull'evoluzione geologica e geomorfologica dell'area ma è possibile sottolineare alcuni punti salienti.

– Il Canale d'Ischia costituisce una zona di transizione tra la piattaforma continentale del Golfo di Gaeta a nord e un settore relativamente più profondo posto a SE delle isole di Procida e Ischia (Golfo di Napoli). Rispetto alla congiungente Vivara-Castello d'Ischia che costituisce la stretta del canale, la batimetrica di 100 m si rinviene a circa 7 km nel Golfo di Gaeta e a sole 3 km nel Golfo di Napoli; tale asimmetria permette l'instaurarsi di un accentuato idrodinamismo, che risulta maggior-

mente complicato dalla presenza delle secche, che giungono fino a -4 m.

– Le secche all'interno del Canale (i Ruommoli, le Formiche e la Catena) sono costituite da resti di apparati vulcanici monogenici piroclastici, tutti costituiti da tufo ialoclastitico. La struttura vulcanica, i caratteri litologici e l'evoluzione di tali apparati risultano finora poco conosciuti ma le nostre indagini hanno fornito una prima documentazione diretta.

– La secca dei Ruommoli è il relitto di una struttura vulcanica la cui forma originaria non è più ricostruibile. È stata rilevata l'esistenza di una scarpata molto acclive sul lato orientale della secca tra -10 e -20 m circa, interpretabile come una falesia sommersa.

– Al contrario, i rilievi batimetrici e subacquei alla secca delle Formiche hanno confermato che essa è costituita dai resti di un edificio autonomo parzialmente smembrato la cui età di formazione è probabilmente anteriore a quella del vulcano di Vivara. Ciò è suggerito dai rapporti geometrici tra i depositi di Vivara e gli strati ialoclastitici riscontrati alla base dell'isola e che risultano in continuità con quelli della secca.

– Sono stati rilevati numerosi indicatori di oscillazioni relative del livello marino quali falesie, superfici di abrasione con marmitte, cavità, tutte dovute all'azione abrasiva a livello costiero e attualmente sommersi a varie profondità. In particolare, correlando tra loro i vari indicatori, sono riconoscibili tali elementi morfologici a tre quote ricorrenti: -8, -18, e -25 m di profondità.

– La spianata posta a -18 m tra la Secca delle Formiche e Vivara mostra una elevata continuità laterale, che presuppone un periodo di stazionamento del livello marino sufficientemente lungo per giungere alla sua formazione. Il pianoro si ritrova alla stessa profondità del pavimento delle grotte presenti alla secca delle Formiche e dunque tali morfologie sono geneticamente associate. Questa evidenza conferma che entrambe le morfologie si sono probabilmente originate durante la discesa del livello marino precedente il picco negativo wurmiano.

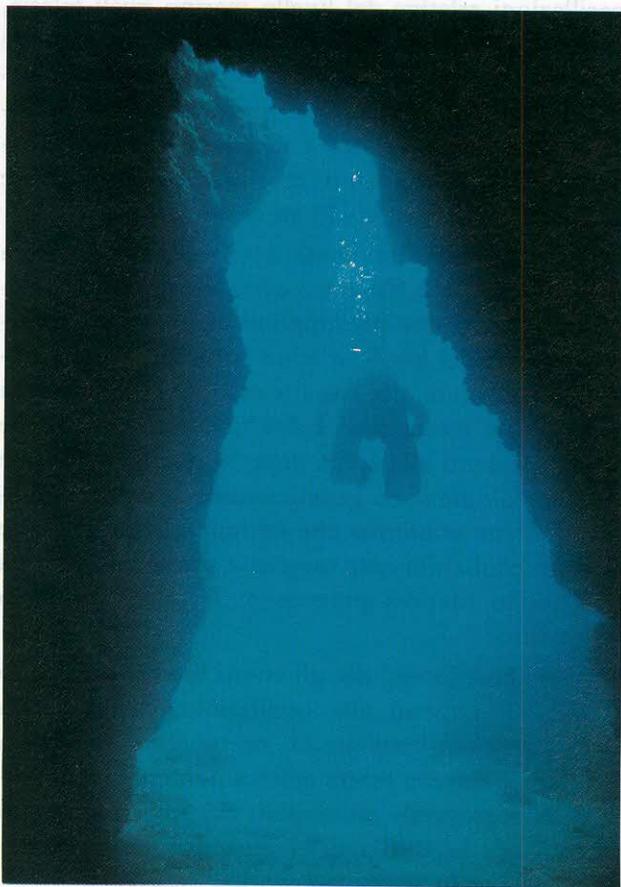
– Nell'ipotesi che gli effetti bradisismici siano tracurabili rispetto alla oscillazione eustatica alla scala temporale considerata, ne consegue che l'area del Canale doveva essere emersa durante buona parte della regressione wurmiana; ciò apre interessanti risvolti per lo studio della dinamica delle popolazioni umane in tempi preistorici.



A Fig. 7a – Stratificazione delle piroclastiti sul versante NE della secca delle Formiche; profondità - 8m.
Pyroclastite bedding at -8m of depth on NE slope of the Formiche shoal.

Fig. 7b – Pozza di scogliera a -8 m sulla superficie terrazzata sommitale della secca delle Formiche.
Submerged pot-hole at -8 m depth connected to a terraced surface on the top of the Formiche shoal.

Fig. 7c – Ingresso principale della Grotta Grande delle Formiche. Notare la morfologia a V rovescia impostata su una frattura, alla profondità di -16 metri
Main entrance of the Grotta Grande delle Formiche. Note reverse V shaped morphology formed on a preexisting joint. Entrance bottom is at -16 m depth.



B



C

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano Sergio Bravi per le proficue discussioni sugli aspetti ecologici, Mattia Guida e Giuseppe Mastrolorenzo per la revisione critica del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- BRAVI S., DE ALTERIIS G., FERRANTI L. (1993) - *Grotte sommerse della secca delle Formiche*. Notiziario Sez. Cai Napoli, **3**: 42-44.
- COLANTONI P., GALLIGNANI P., FRESI E. & CINELLI F., (1982) - *Patterns of Posidonia oceanica (L) DELILE*. Beds around the Island of Ischia (Gulf of Naples) and in adjacent waters.
- DE PIPPO T., DI CARA A., GUIDA M., PESCATORE T. & RENDA P., (1984) - *Contributi allo studio del Golfo di Pozzuoli: lineamenti di geomorfologia*. Mem. Soc. Geol. It. **27**, 151-159.
- DI GIROLAMO P. & STANZIONE D. (1973) - *Lineamenti geologici e petrologici dell'isola di Procida*. Rend. Soc. It. Min. Petr., **29**, Fasc. 1: 81-125.
- DI GIROLAMO P. & ROLANDI G. (1975) - *Vulcanismo sottomarino latitebasaltico-latitico (serie potassica) nel Canale d'Ischia (Campania)*. Rend. Acc. Sci. Fis. Mat. Accademia Nazionale Scienze Lettere Arti in Napoli, Ser. IV, **42**: 37 pp.
- DI GIROLAMO P., GHIARA M.R., LIRER L., MUNNO R., ROLANDI G., & STANZIONE D. (1984) - *Vulcanologia e petrologia dei Campi Flegrei*. Boll. Soc. Geol. It., **103**: 349-413.
- FERRANTI L., BRAVI S. & DE ALTERIIS G. (1994) - *La Secca delle Formiche di Vivara (Canale d'Ischia, Campania). Osservazioni geomorfologico-strutturali e faunistiche*. Rend. Acc. Sci. Fis. Mat. Accad. Naz. Sci. Lett. e Arti in Napoli, Ser. IV, **61**, 51-65.
- LATMIRAL G., SEGRE A. G., BERNABINI M. & MIRABILE L. (1971) - *Prospezioni sismiche per riflessione nei Golfi di Napoli e Pozzuoli ed alcuni risultati geologici*. Boll. Soc. Geol. It., **90**, 163-172.
- LIRER L., ROLANDI G. & RUBIN M. (1991) - *¹⁴C Age Of The "Museum Breccia" (Campi Flegrei) and its relevance for the origin of the Campanian Ignimbrite*. J. Volcanol. Geotherm. Res., **48**, 223-227.
- MAINO A., SEGRE A. G. & TRIBALTO G. (1963) - *Rilevamento gravimetrico dei Campi Flegrei e dell'Isola d'Ischia*. Annali Osserv. Vesuv., **5**: 229-312.
- MAZZELLA L., SCIPIONE M.B., GAMBI M.C., RUSSO G. F., DE MAIO R., LORENTI M., & RANDO A., (1986) - *La praterie sommerse del Mediterraneo*. Lab. di Ecol. del Benthos, Staz. Zool. "A. Dohrn" di Napoli, Ischia, 1986.
- PESCATORE T.S., DIPLOMATICO G., SENATORE M. R., TRAMUTOLI M. & MIRABILE L. (1984) - *Cointributi allo studio del Golfo di Pozzuoli: aspetti stratigrafici e strutturali*. Mem. Soc. Geol. It., **27**, 133-149.
- RITTMANN A. (1930) - *Geologie der Insel Ischia*. Z. f. Vulkanol. Ergänzungsband, **6**.
- ROSI M. & SBRANA A. (Ed.), (1987) - *Phlegrean Fields*. CNR Quad. Ric. Sci., **114**, **9**: 175 pp.
- VEZZOLI L. (Ed.) (1988) - *Island of Ischia*. Quaderni de "La Ricerca Scientifica". Cnr, Progetto Finalizzato Geodinamica, **10**: 126 pp.
- WILLIAMS D.F., THUNNEL R.C., TAPPA E. & RAFFI I., (1988) - *Chronology of the Pleistocene oxygen isotope record: 0-1.88 M.y.* B.P. Paleogeogr. Paleoclim. Paleoecol., **64**: 221-240.

Età, petrologia e significato geodinamico del basalto alcalino sodico di Locri (Calabria S-E, Italia)

Age, petrology and geodynamic significance of the Quaternary Naalkalibasalts from Locri (SE Calabria, Italy)

DI GIROLAMO P. (*), MELLUSO L. (*), MORRA V. (*), SGROSSO I. (*)

I numerosi frammenti di lava che si rinvennero nei resti delle mura e nella pavimentazione di «Locri Epizephyrii», di età greca e romana, a tutt'oggi possono essere interpretati come provenienti da un apparato vulcanico sprofondato in tempi relativamente recenti nel Mar Ionio, proprio nella zona prospiciente l'abitato di Locri (SGROSSO, 1981). Nell'attesa di più dettagliate ricerche finalizzate all'esatta individuazione del probabile apparato vulcanico che ha prodotto tali lave, sono stati studiati i clasti vulcanici dei detriti alluvionali dell'area in esame. Inoltre è stata effettuata una datazione assoluta (K/Ar) su tali clasti. Tale datazione ha dato un'età di 0.3-0.2 Ma che, seppur abbastanza approssimata, può essere comunque indicativa, anche se dovrà necessariamente essere integrata da nuove datazioni effettuate su un numero maggiore di campioni.

I campioni studiati sono molto freschi e mostrano una struttura porfirica con fenocristalli di olivina, clinopirosseno, plagioclasio e Ti-magnetite immersi in una pasta di fondo costituita dalle stesse fasi.

L'olivina è abbastanza ferrifera (Fo₇₀₋₇₄) e spesso contiene piccoli cristalli di Cr-bearing Ti-magnetite (Cr₂O₃ fino a 1.2 wt%, 40mol% ulvöspinello).

Il clinopirosseno, che rappresenta la fase più abbondante, è una salite titanifera (Al₂O₃ fino ad 8wt%, TiO₂ fino ad 3.3wt%) con moderata variazione in Mg (0.77-0.70).

Il plagioclasio varia da An₇₂ to An₄₇; tale ultimo valore è riferito ai microliti della pasta di fondo.

Noduli di composizione gabbroide ol+cpx+pl+mt) sono abbastanza ricorrenti e sono stati interpretati come cumulati derivanti dalla stessa roccia. Infatti la composizione delle fasi presenti nei noduli è identica a quella dei fenocristalli.

Il campione analizzato è un basalto alcalino (Ne-norm 5.8 wt%) e si differenzia, quindi, notevolmente dalle rocce dell'arco Eoliano (da tholeiiti a rocce ultrapotassiche). Esso è caratterizzato da un contenuto relativamente alto di TiO₂ (1.96 wt%) e da basso contenuto in MgO (3.39 wt%); inoltre il «pattern» normalizzato degli elementi incompatibili mostra un alto valore per il Nb, caratteristico di magmi generati in ambienti di tipo intraplacca. Inoltre nello stesso diagramma non si nota nessuna anomalia negativa del Ti, che invece è tipica dei basalti alcalini provenienti dall'isola di Ustica o dall'Etna. Il rapporto isotopico dello Sr (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0.70337 ± 1; 2sigma) è tipico di magmi generati in sorgenti di mantello «impoverite», con nessuna evidenza di eventi di arricchimento legati a fenomeni di subduzione.

I primi dati su questi basalti alcalini rinvenuti a Locri indicano chiaramente che essi sono stati generati in una sorgente di mantello che non ha subito nessuna influenza dalla subduzione della placca ionica al di sotto del blocco calabro, come è invece ben evidente nei magmi delle isole eolie (BECALUVA *et alii*, 1982); comunque l'influenza di sistemi trascorrenti, ancora evidenti nell'area calabra, non possono essere esclusi.

(*) Dipartimento Scienze della Terra- Università di Napoli «Federico II» - Largo S. Marcellino 10.

Al di là delle caratteristiche petrologiche e geodinamiche riportate è, inoltre, interessante mettere in evidenza l'importanza che uno sprofondamento in età protostorica di un apparato vulcanico può avere per le ricerche di geomorfologia e di archeologia subacquea, soprattutto in una zona come la Locride, nella quale sono già stati rinvenuti numerosi ed importanti reperti archeologici sommersi.

The very frequent lava fragments that can be found up to now in the walls and in the ground floor of "Locri Epizephyrii", of Roman and Greek age, are to be interpreted as coming from a now submerged volcanic apparatus. The sink of this volcano was probably abrupt, and occurred in very recent times in the Ionian Sea, in the zone just in front of Locri (SGROSSO, 1981). In order to begin a systematic and more detailed research about the exact location and the petrological and geodynamic significance of the volcano which supplied the clasts, we performed preliminary mineral chemical and geochemical data on volcanic clasts, belonging to the alluvial detritus of nearby area. It is also available a radiometric age determination (obtained with conventional K/Ar methods); the value obtained (0.3 ± 0.2 Ma), however, precludes a real age significance, and more detailed chronologic and stratigraphic data are needed.

The studied products are very fresh and porphyritic, with phenocrysts of olivine, clinopyroxene, plagioclase and Ti-magnetite, set into a groundmass of the same phases.

Olivine is quite Fe-rich (Fe_{70-74}), and frequently contains small amounts of Cr-bearing Ti-magnetite (Cr_2O_3 up to 1.2 wt%, 40mol% ulvöspinel).

Clinopyroxene, which is the most abundant phenocryst phase, is a green titaniferous salite (Al_2O_3 up to 8wt%, TiO_2 up to 3.3wt%), showing moderate variations in Mg# (0.77-0.70).

Plagioclase ranges from An_{72} to An_{47} , this latter value was found in microlites of the groundmass.

Nodules of gabbroic mineralogy (ol+cpx+pl+mt), with the phases having the identical compositional ranges of the phenocrysts were found, and are consequently interpreted as cumulates deriving from the same rock.

The sample analysed for major, trace elements and Sr isotopic ratio has a composition of alkalibasalt (Ne-norm 5.8 wt%); thus it is clearly different from the rocks of the Aeolian arc (tholeiites to ultrapotassic rocks). It is characterized by relatively high TiO_2 contents (1.96 wt%), and relatively low MgO (3.39 wt%); the incompatible element normalized pattern is characterized by high Nb normalized abundance, typical of basalts generated in within plate settings, but with absence of negative Ti anomalies, typical of the Etna and Ustica alkali basalts. $^{87}Sr/^{86}Sr$ is 0.70337 ± 1 (2sigma), indicating a time-integrated depleted mantle source, with no evidence for subduction-related enrichment events.

There is clear evidence, from preliminary age determinations, petrology and geochemistry that these basaltic rocks have been generated in a mantle source which did not suffer any influence from the subduction of the ionian plate beneath the Calabrian block, this evidence being clearly evident in the Aeolian volcanics (BECCALUVA *et alii*, 1982). These volcanic products may have been generated in very recent times during the strong uplift of the Calabrian area, which caused lithospheric extension and vulcanism; moreover, the influence of transcurrent systems, still evident in the Calabrian area, cannot be ignored.

Apart from the petrological and geodynamic significance of these rocks, that can be fully understood only with much more detailed data, it is very interesting the importance of a volcanic collapse in a protostoric age, in the light of geomorphological and subaqueous archaeological studies; this may be even more important in a zone like the Locride, in which numerous and important submerged archaeological evidences are repeatedly found.

Il Banco di Graham: storia, sismica storica, petrologia e geomorfologia subacquea. Nascita e scomparsa del vulcano sommerso nel canale di Sicilia

The Graham Bank: history, historical seismicity, petrology and underwater geomorphology. Birth and death of the submerged volcano in the Sicily channel, Mediterranean sea

ANTONIOLI F. (*), DONADIO C. (**), FERRANTI L. (**), MARGOTTINI C. (*), DE VITA A. (***)

RIASSUNTO – È nota l'esistenza nel canale di Sicilia dei resti sommersi di un vulcano che nel mese di luglio del 1831 è improvvisamente sorto ed in poco tempo scomparso.

Da un fondale di circa 250 metri, ubicato circa 55 chilometri a Sud di Mazara del Vallo, ingenti volumi di lave e prodotti piroclastici, riuscivano nel giro di pochi giorni a costruire un edificio vulcanico alto 63 m sopra la superficie del mare e con una circonferenza al livello del mare di quasi 5 chilometri. Le cronache dell'epoca descrivono sommovimenti delle acque, emissione di nuvole gassose venefiche, maremoti e terremoti. Gli abitanti di Sciacca all'alba del 13 Luglio, scorgono una densa colonna di fumo che si eleva dal mare 30 miglia al largo. Il magma fuoriescito si raffredda rapidamente al contatto con l'acqua marina. Nella notte tra il 16 ed il 17 Luglio cenere e lapilli ricadono incandescenti sul mare, le pomice arrivano galleggiando fino alle spiagge siciliane.

Il 17 Luglio il cono vulcanico sottomarino ha finalmente ragione del mare e compare brontolando all'orizzonte nel mezzo del Canale di Sicilia. Nei primi giorni di Agosto cessano i più evidenti fenomeni eruttivi e l'isola appare in tutta la sua consistenza. Inizia una processione di curiosi, scienziati e delegazioni ufficiali di Inglesi, Francesi e Borboni. Ferdinando II di Borbone, il 17 Agosto include la neonata isola nel Regno delle Due Sicilie denominandola Ferdinandea. Gli inglesi, a detta delle cronache, sbarcarono e posero la bandiera sulla cima dell'isola da loro denominata Graham. Anche i francesi posero la bandiera nazionale sulla cima della loro isola Giulia (così denominata da Juliet, luglio). Incurante del numeroso stuolo di «conquistatori» l'8 Dicembre dello stesso anno l'Isola ritornò da dove era venuta e sparì per sempre o quasi, visto che nel 1863 pare che per pochi giorni la lava abbia fatto nuovamente capolino sopra la superficie del mare.

Sulla base di ricerche di sismica storica si rileva che l'antico Banco Nerita, oggi Graham, sia sempre stata un'area attiva, interessata da intensi fenomeni vulcano-sismici. Lo studio della

sismicità storica nel Canale di Sicilia risulta complesso per la mancanza di molti documenti come fonti di informazioni e per la vastità dell'area. Si registrano comunque eventi sismici anche di elevato grado fin dal 1578 ed ancora nel 1652, 1724, 1727, 1740, 1817, 1828 e 1831, questi ultimi premonitori dell'emersione dell'isola, ed infine 1845 e 1846, 1890 e 1891; in questi anni si può notare come si siano verificate numerose scosse anche di forte intensità, con persistenza fino a 6 mesi. Durante tali episodi si sono manifestate più eruzioni vulcaniche sottomarine negli anni 1831, 1845, 1846, 1863, 1891 ed alcuni autori segnalano anche l'emersione di un'isola nella medesima area nell'anno 1632.

Sulla base dei rilievi subacquei diretti (effettuati nell'estate '93) vengono tracciati i lineamenti geomorfologici dell'isola sommersa. Grazie allo studio di antiche carte batimetriche (1826, 1831, 1837, 1841, 1925, 1972, 1977), viene ricostruita l'evoluzione dei fondali fino al 1993.

L'analisi petrografica di alcuni campioni prelevati sul cappello della secca, formato da una guglia bifida che rappresenta probabili necks, indica la presenza di alcali-olivino-basalto (cfr. COLANTONI *et alii*, 1975). In base a tali analisi, viene ipotizzata un'origine subcrostale delle lave del Graham, con scarsi fenomeni di inquinamento sialico. La risalita dei magmi sarebbe avvenuta attraverso fratture legate ad attività tettonica regionale a carattere distensivo. Le strette relazioni strutturali e magmatologiche fra le lave del Graham e quelle di Linosa e Pantelleria indicherebbero inoltre il perdurare nel Canale di Sicilia, che costituisce il margine settentrionale della placca africana, di una distensione in atto (COLANTONI *et alii*, 1975).

ABSTRACT - The Graham Bank represents the remnant of a volcano that formed in July, 1831, about 55 km south of Mazara del Vallo village, in the Sicily Channel.

The volcanic edifice rapidly raised up from -250 m below s.l. through explosive and effusive eruptions lasting few days,

(*) ENEA, cre, Roma.

(**) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Napoli «Federico II».

(***) Dip. di Geofisica e Vulcanologia, Università di Napoli «Federico II».

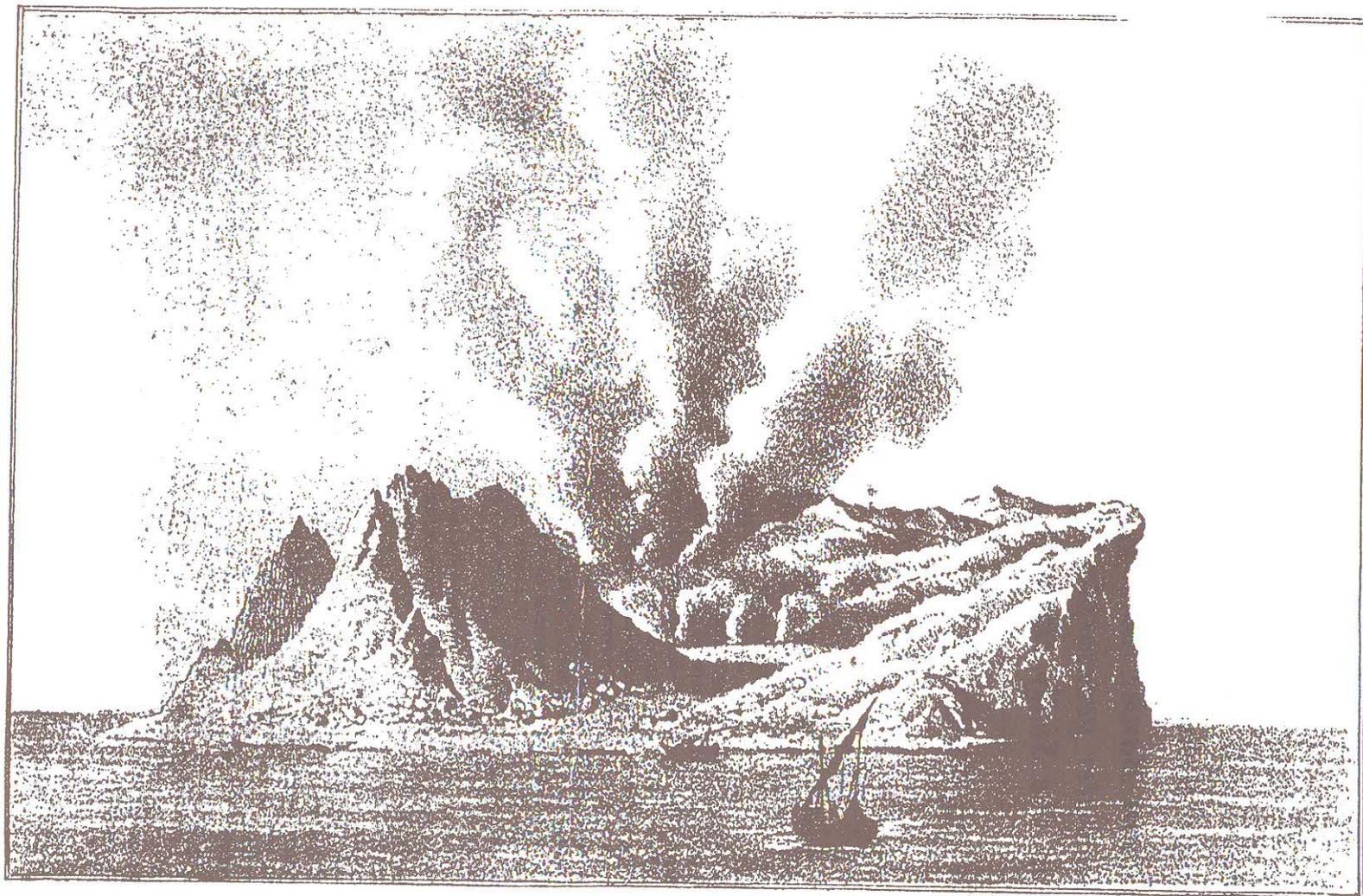
Isola Giulia Cap. 1

Fig. 1 - L'Isola Giulia veduta da E.N.E. nel 25 agosto.



Fig. 2 - Antica stampa raffigurante l'eruzione del 1831.
Old map describing the 1831 eruption.

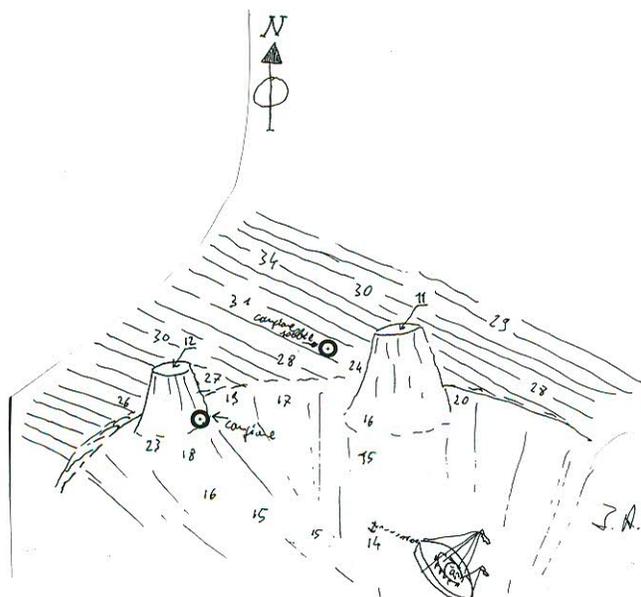


Fig. 3 - Appunti riguardanti l'assetto morfologico del Banco di Graham nell'Agosto 1993.
Graham Bank sketch regarding the submerged morphology during the summer 1993.



Fig. 4 - Il cono vulcanico sommerso, siamo a -12m.
The extinct submerged volcano, -12m.

and reached a maximum elevation of 63 m above s.l. and about 5 km of circumference at sea level.

Historical reports describe water gurgling, emission of poisonous gases, earthquakes as precursors of the eruption. The dawn of July, 13rd, the inhabitants of Sciacca town saw a dense cloud rising high 30 miles out to sea. The night between the 16th and 17th of July, ash and lapills fell out upon the shore of SW Sicily. Beneath the sea, lava flowed out and built up the volcanic vent, that came to surface the day after. At the beginning of August, the strongest eruptive events ceased, and a new island stood in the middle of the Sicily channel. Several scientists, soldiers and simple onlookers came to visit the island. English, French and Bourbon delegations claimed the sovereignty of their nations upon the newly-born land. The 17th of August the Bourbon king Ferdinando II annexed the island, named "Ferdinanda" to the Realm of Naples and Sicily. According to the chronicles, the English navy landed and hoisted her flag on the highest point of the island, named "Graham" after the commanding admiral. Subsequently, the French hoisted their flag on the top of the island that they named "Giulia" after "Juillet", July. The 8th of December, notwithstanding the "conquerers" following one another, the island, progressively dismantled by marine abrasion, sunk below the sea where she was born from. Some years later, during the 1863, the lava peeped out from underneath the sea for few days.

Historical seismicity researches indicate that the Graham Bank (formerly Nerita Bank) has always been an active area. High magnitude events have been recorded since 1578, and again in 1652, 1724, 1727, 1740, 1817, 1828 and 1831. The last

two seismic events can be considered as precursors of the 1831 eruption. After the eruptive episode, seismic events occurred in 1845, 1846, 1890 and 1891. These events are characterized by high intensity and lasted about 6 months. Seismic activity is associated to submarine eruptions in 1831, 1845, 1846, 1863, 1891. According to some reports, an island had already formed in the same area in 1632.

The geomorphology of the shoal that represents the remnant of the eruptive vent has been reconstructed by means of underwater investigations. The availability of old bathymetric maps (1826, 1831, 1837, 1841, 1925, 1972, 1977) has allowed to reconstruct the changes in sea-bottom physiography during the last 200 years.

Petrographic analyses have been carried out on samples collected on the top of the shoal (-8 m), that probably represents a neck. The rocks can be classified as alkali-basalts with olivine (hawaiiite), as also demonstrated by chemical analysis carried out on samples from the Graham Bank by COLANTONI *et alii*, (1975). The magmatologic similarity among the Graham, Linosa and Pantelleria volcanics coherently indicates an extensional stress regime active in the Straits of Sicily, that represents the northern edge of the African plate (COLANTONI *et alii*, 1975)

BIBLIOGRAFIA

- COLANTONI P., DEL MONTE M., GALLIGNANI P. & ZARUDZKI E. F. K. (1975) - Il Banco Graham: un vulcano recente del Canale di Sicilia. *Giorn. di Geol.*, **40** (1): 141-162.

A comparison of modern (Pacific Ocean and Gulf of Mexico) and fossil (Italian Apennines) cold vents

Un confronto tra la fauna delle "cold vents" attuali (Oceano Pacifico e Golfo del Messico) e fossili (Appennini, Italia)

TAVIANI M. (*)

ABSTRACT – The discovery of paleo-cold vent sites at many places of the Italian Apennine (CLARI *et alii*, 1988; AHARON *et alii*, 1993) calls for their careful comparison with modern counterparts in order to reconstruct precisely their genetic environments. The huge amount of data on recent deep-sea life oases, made available by a number of submersible surveys in the last 15 years, provides the needed background to interpret the fossil vents. The upper Miocene cold vents of the Romagna Apennine, strongly resemble, at taxonomic level, the modern ones punctuating the Louisiana-Texas slope. Similarities with the Louisiana slope assemblages (investigated by means of the Johnson Sea-Link submersible) include the presence of mussel-beds (*?Bathymodiolus*), "Lucina" clams, Vesicomid-clams (likely *Calyptogena*) and specialized gastropods (*Thalassonerita* and "Buccinum") as well as $\delta^{13}\text{C}$ -depleted authigenic carbonates.

RIASSUNTO - La scoperta di paleo-ambienti relativi a cold vents in molti luoghi dell'Appennino italiano (CLARI *et alii*, 1988; AHARON *et alii*, 1993) invita ad un attento confronto con le controparti attuali al fine di ricostruire precisamente il loro ambiente genetico. La gran quantità di dati sulle recenti oasi di vita di mare profondo, rese possibili grazie a rilievi con sommergibile negli ultimi 15 anni, fornisce il patrimonio necessario per interpretare questi ambienti. Le faune fredde del Miocene superiore dell'Appennino romagnolo assomigliano fortemente, a livello tassonomico, a quelli attuali che punteggiano la scarpata continentale della Louisiana - Texas. Le somiglianze con la comunità della scarpata della Louisiana (investigata con il sommergibile Johnson Sea-Link) includono la presenza di letti di mitili (*?Bathymodiolus*), di bivalvi «Lucina», Vesicomidi (come *Calyptogena*) e gasteropodi specializzati (*Thalassonerita* e «Buccinum») così come di carbonati autigenici a $\delta^{13}\text{C}$ molto negativo (AHARON *et alii*, 1993; TAVIANI, 1994).

REFERENCES

- CLARI P., GAGLIARDI C., GOVERNA M.E., RICCI B. & ZUPPI, G.M. (1988) - *I calcari di Marmorito: Una testimonianza di processi diagenetici in presenza di metano*. Bollettino Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino **6**: 197-216.
- AHARON P., TERZI C., RICCI LUCCHI F., VAI G.B. & TAVIANI M. (1993) - *A fossil record of hydrocarbon and fluid venting imprinted in the Miocene-age Lucina Limestones of the Northern Apennines, Italy*. A.A.P.G. 1993 Annual Convention Program, New Orleans, Abstracts: **66**.
- TAVIANI M. (1994) - *The «Calcarea a Lucina» macrofauna reconsidered: Miocene deep-sea faunal oases from Miocene-age cold vents in the Romagna Apennine, Italy*. Geo-Marine Letters (in press).

(*) Istituto per la Geologia Marina, CNR, Bologna.