

ALDO BRONDI, ORNELLA FERRETTI, BRUNO ANSELMI,
FIORENZO BENVENÙ (*)

STUDI MINERALOGICI E SEDIMENTOLOGICI
DELLA PIATTAFORMA COSTIERA CALABRESE
NEL TRATTO COMPRESO TRA BRIATICO
E LA FOCE DEL FIUME ANGITOLA

RIASSUNTO. — Studi mineralogici e sedimentologici sono stati condotti sulla piattaforma costiera della parte meridionale del Golfo di S. Eufemia, in corrispondenza di spiagge ad elevate concentrazioni di minerali pesanti, rappresentati da magnetite, ilmenite, granati, sillimanite, rutilo, ortite, zirconio e monazite. Gli studi eseguiti hanno avuto per scopo sia una valutazione della potenzialità economica della piattaforma, sia una caratterizzazione sedimentologica degli ambienti di concentrazione dei minerali pesanti.

60 campioni sono stati raccolti alle isobate 1, 5, 10 e 20 m.

La diversa distribuzione dei parametri granulometrici e delle concentrazioni dei minerali pesanti di varia natura, chiaramente correlabili con le rocce affioranti nell'entroterra, corrisponde alla distinzione fra tratti di costa in erosione e tratti di costa in formazione. Nei primi le concentrazioni di minerali pesanti più elevate sono localizzate alle isobate di 1-5 m, nei secondi alle isobate di 5-10 m.

Rispetto alle spiagge le concentrazioni medie della frazione pesante complessiva del tratto di piattaforma compreso tra 1 e 20 m sono risultate inferiori di circa 10 volte. Tale rapporto è risultato dello stesso ordine solo per alcune delle concentrazioni massime di alcuni dei minerali pesanti più comuni. Per quanto gli studi abbiano rivestito un carattere soltanto orientativo, si può concludere che il potenziale minerario della parte superficiale della piattaforma è decisamente modesto.

Attraverso la distribuzione di alcuni minerali pesanti e dall'andamento dei parametri granulometrici sono state tracciate le direzioni delle correnti costiere dominanti.

SUMMARY. — Mineralogical and sedimentological studies were carried out on offshore in the Gulf of S. Eufemia (Calabria - Southern Italy) where the beaches present high concentrations of lourd minerals such as magnetite, ilmenite garnet, sillimanite, rutile, orthite, zircon, monazite.

The purpose of these studies was the valuation of the economic potentiality of offshore as well as the sedimentological characterization of the concentration environments of heavy minerals.

(*) Laboratorio Geominerario CNEN, Roma, Italy.

Sixty samples related to 1 - 5 - 10 - 20 m isobaths were collected. The different distribution of granulometric parameters and of the concentrations of different heavy minerals, clearly correlable with the outcropping rocks of hinterland, corresponds to the distinction between the coasts in erosion and the coasts in formation. The highest concentrations are localized, on the coast in erosion, in relation with 1 - 5 m isobaths and, on the coast in formation, in relation with 5 - 10 m isobaths.

The mean concentrations of the total heavy fraction of the offshore included between 1 and 20 m, resulted ten times less than those of the beaches. Only some of the highest concentrations of more common heavy minerals resulted of the same order.

We can say that the economic potential of the offshore is very low. The directions of dominant coast currents were traced by means of the distribution of some heavy minerals as well as the granulometric parameters.

Premessa.

Ricerche radiometriche e mineralogiche condotte sulle coste calabresi hanno portato all'individuazione ed alla delimitazione di alcune spiagge con concentrazioni di minerali pesanti (Brondi ed altri, 1971). I minerali più significativi dal punto di vista industriale, riconosciuti in tali concentrazioni, sono magnetite, ilmenite, granati, sillimanite e rutilo. Associati a questi sono stati riconosciuti minerali di specifico interesse nucleare, come ortite, zirconio e monazite. In depositi che possono essere considerati come corpi minerari unitari, valutati complessivamente in 250.000 mc, sono stati stimati i contenuti dei minerali potenzialmente utili; i valori accertati sono decisamente modesti, anche se suscettibili di aumento considerevole qualora l'indagine fosse estesa ad altre situazioni geologiche, quali le paleospieagge, i sedimenti fluviali ed i banchi sabbiosi sottomarini. L'importanza di concentrazioni minerarie legate a questi ultimi sarebbe peraltro esaltata anche dai vantaggi economici offerti dalle tecniche di coltivazione subacquea.

Sulla base di tali considerazioni si è ritenuto opportuno procedere all'accertamento della presenza e della distribuzione sulla piattaforma costiera della parte meridionale del Golfo di S. Eufemia degli stessi minerali ritrovati concentrati sulle spiagge corrispondenti (figg. 1 e 2), tenendo presente, in prospettiva, le potenziali correlazioni tra i minerali contenuti nelle sabbie del fondo ed i possibili arricchimenti degli stessi in corrispondenza della bed-rock, al di sotto dei sedimenti incoerenti (Mero J. L. 1965).

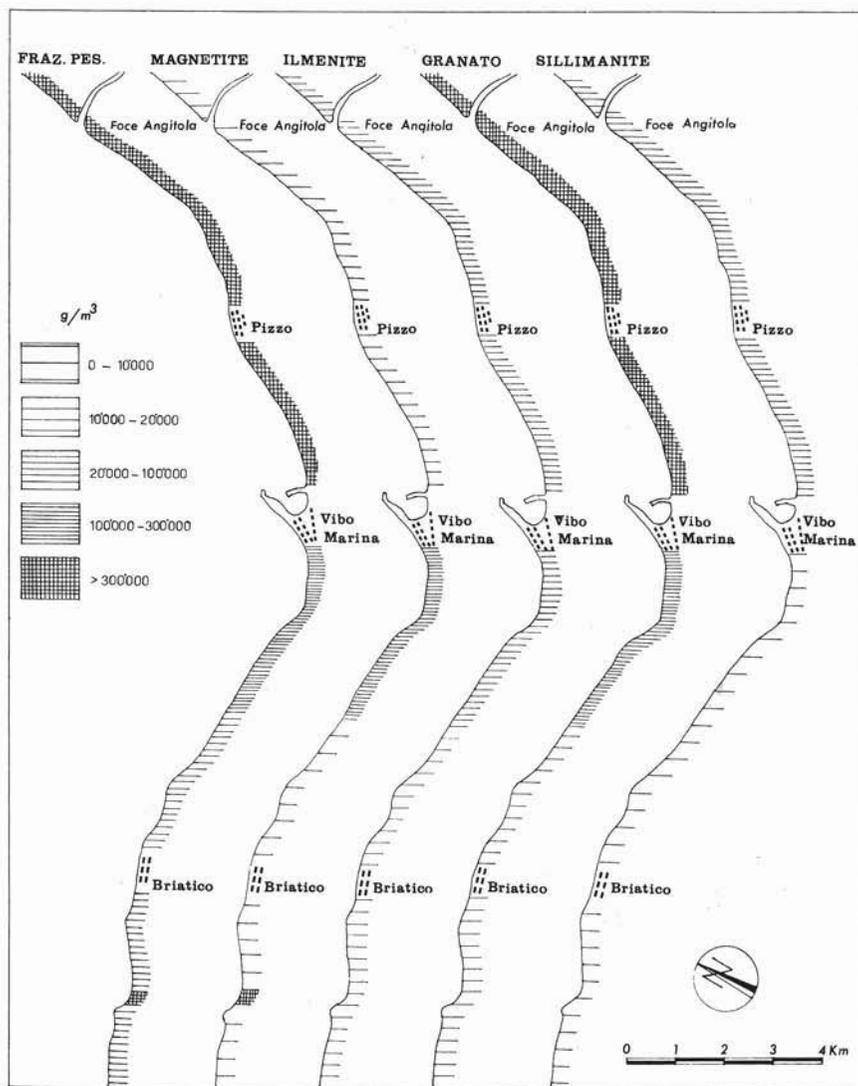


Fig. 1. — Golfo di S. Eufemia: spiagge meridionali. Profili di distribuzione media di alcuni minerali.

Nel settembre del 1968 sono stati prelevati, nel tratto compreso tra la foce dell'Angitola e Briatico, 60 campioni di sabbie marine superficiali, distribuiti in gruppi di 4 su filari con direzione normale all'andamento della spiaggia. I campioni sono stati raccolti alle profondità di 1, 5, 10 e 20 m con addensamenti di fronte alle spiagge più ricche. Il campionamento è stato effettuato mediante una benna della capacità di 3 dm³ installata a bordo di una barca di 6 m.

L'esigenza di riconoscere nell'ambiente marino costiero le situazioni più favorevoli alla costituzione di accumuli di minerali pesanti ha portato man mano allo sviluppo di studi sedimentologici, divenuti infine prevalenti rispetto all'indirizzo iniziale, orientato verso una valutazione mineraria.

Studi mineralogici.

Sono stati determinati quantitativamente gli stessi minerali presenti nelle concentrazioni di spiaggia. I metodi di preparazione e studio applicati sono stati già descritti (Brondi ed altri, 1971).

Nella figura 3 sono presentati i valori mediati dei tenori dei minerali pesanti dei campioni di ogni filare. Dal confronto della figura 3 con le figure 1 e 2 risulta un'analoga composizione mineralogica per le sabbie della piattaforma e per quelle delle spiagge prospicienti. La quantità di frazione pesante aumenta infatti nei due casi procedendo da Briatico verso la foce dell'Angitola; la magnetite presenta le minime quantità presso Briatico e le massime presso Vibo.

L'ilmenite presenta analogo andamento ma escursioni maggiori rispetto a quelle delle spiagge. Nettissimi appaiono gli incrementi delle quantità di granati, sillimanite e rutilo col progressivo avvicinarsi alla foce dell'Angitola. La presenza dell'ortite è limitata al tratto Briatico-Vibo. La distribuzione meno differenziata di zircone e monazite corrisponde al carattere di maggiore ubiquitarità di questi due minerali sulle spiagge.

La non corrispondenza in peso fra le quantità di frazione pesante e la somma delle quantità dei singoli minerali pesanti, rilevabile dal tabulato di fig. 3, dipende dal fatto che alla costituzione della prima contribuiscono minerali pesanti più comuni non determinati in questa sede, come biotiti, pirosseni, anfiboli ecc.

L'analogia di distribuzione dei minerali pesanti presentata dalle spiagge e dalla piattaforma è dovuta, a parte l'interdipendenza reciproca delle due distribuzioni, al fatto che entrambe sono direttamente

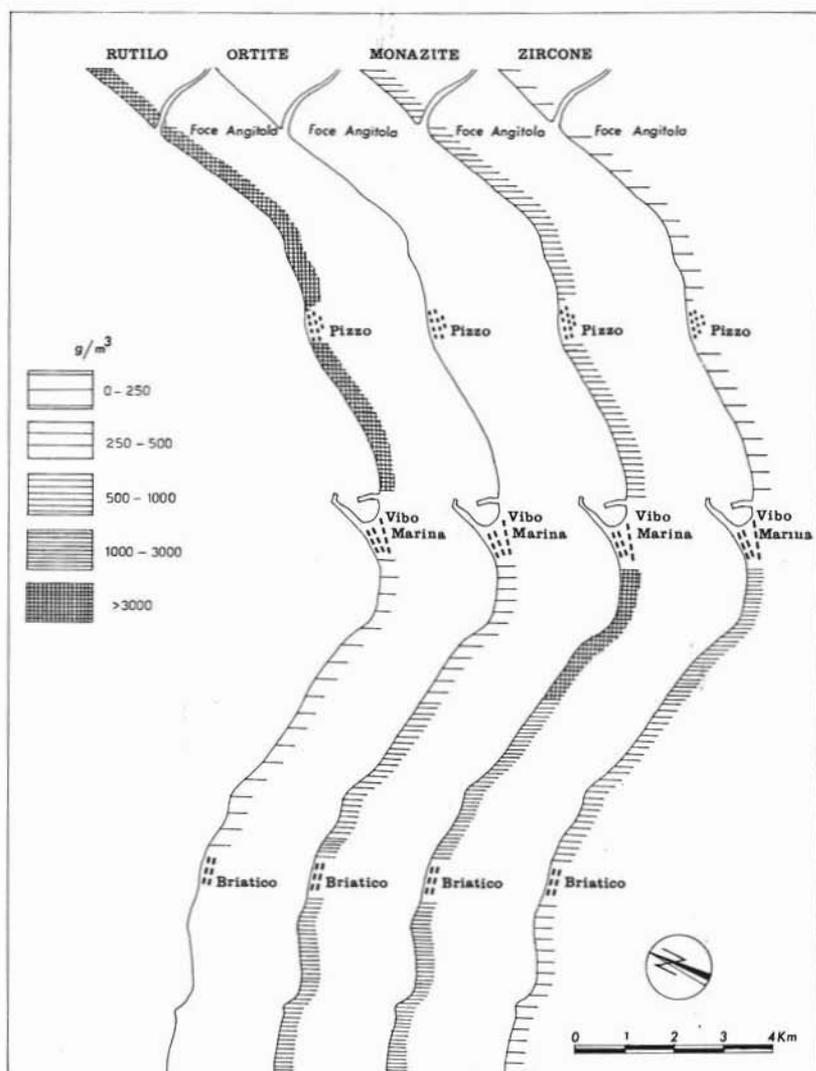


Fig. 2. — Golfo di S. Eufemia: spiagge meridionali. Profili di distribuzione media di alcuni minerali.

legate alla ripartizione geografica delle formazioni litologiche affioranti nell'entroterra. Sillimanite e rutilo sono prevalentemente distribuiti nel settore ad est di Vibo e corrispondono pertanto ad aree di affioramento nell'entroterra di rocce kinzigitiche; lo stesso andamento, ma con concentrazioni rilevanti anche nel tratto immediatamente ad ovest di Vibo, presentano il granato e l'ilmenite, mentre magnetite, monazite e zircono prevalgono nella zona ad ovest di Vibo; questi ultimi corrispondono quindi ad affioramenti, nell'entroterra, di rocce granitiche e di rocce di contatto di queste ultime con le formazioni kinzigitiche. L'ortite caratterizza in maniera decisamente univoca il tratto di piattaforma e di spiaggia corrispondente alle aree di affioramento dei graniti ad ovest di Vibo.

Dal confronto quantitativo fra le distribuzioni di spiaggia e piattaforma si ottengono per le spiagge, assunto il valore 1 per i contenuti mineralogici di piattaforma, i seguenti dati:

	fraz.	pes.	magnet.	ilmen.	gran.	sill.	rut.	ort.	mon.	zir.
Tratto ad est di Vibo	7		15	50	15	70	15	—	150	10
Tratto ad ovest di Vibo	13		100	70	150	1000	100	35	150	70

La separazione dei dati relativi alle due spiagge è stata suggerita, oltre che dalle diverse distribuzioni dei minerali, anche dalle rispettive condizioni morfologiche costiere. La prima zona presenta in media, tranne che per il tratto di Pizzo, i caratteri delle coste in equilibrio o in accrescimento. La seconda zona è attualmente quasi ovunque soggetta ad erosione. Escludendo dai conteggi il valore anomalo risultato per la sillimanite, evidentemente legato alla scarsa disponibilità locale di tale minerale, le medie di concentrazione dei minerali pesanti comuni della piattaforma presi in considerazione sono di circa 20-30 volte inferiori a quelle di spiaggia nel primo dei tratti indicati, e di circa 80 nel secondo. I rapporti di concentrazione riguardanti la frazione pesante generale sono invece di circa 1 : 10.

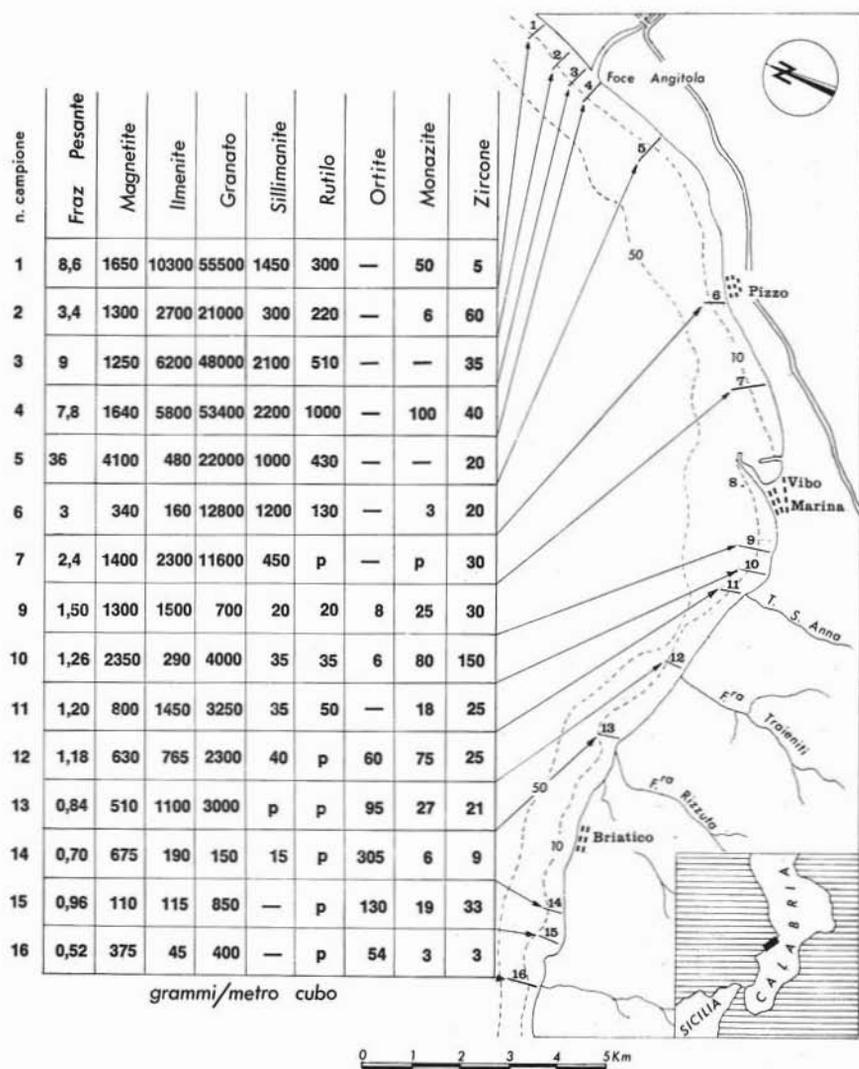


Fig. 3. — Composizione mineralogica. Valori mediati fra campioni raccolti sullo stesso filare.

Nelle figure 4, 5, 6, 7 ed 8 sono rappresentate le distribuzioni dei singoli minerali e della frazione pesante totale con tutte le variazioni di concentrazione sia normalmente che parallelamente alla costa. Come già riscontrato per i valori medi, anche le concentrazioni massime di ogni singolo minerale sono largamente al di sotto delle corrispondenti concentrazioni di spiaggia. Solo la frazione pesante totale, i granati e l'ilmenite sono presenti nei due settori in concentrazioni non eccessivamente diverse (rapporto 1:10 circa).

I tenori dei minerali di interesse nucleare che si presentano, con le punte massime, più o meno nello stesso rapporto reciproco delle concentrazioni riscontrate sulle spiagge, si collocano su valori decisamente bassi.

L'esame comparato della distribuzione dei minerali in piattaforma caratterizza sufficientemente le zone prevalentemente in erosione, come sono quelle ad ovest di Vibo ed a Pizzo, rispetto a quelle delle zone prevalentemente in equilibrio o di sedimentazione in atto, come la zona dell'Angitola. Ciò che meglio caratterizza tale differenziazione è la quantità di frazione pesante. Contrassegnando nella figura 9 i punti di massima e minima concentrazione assoluta dei minerali pesanti di ogni filare, si ottiene il seguente quadro:

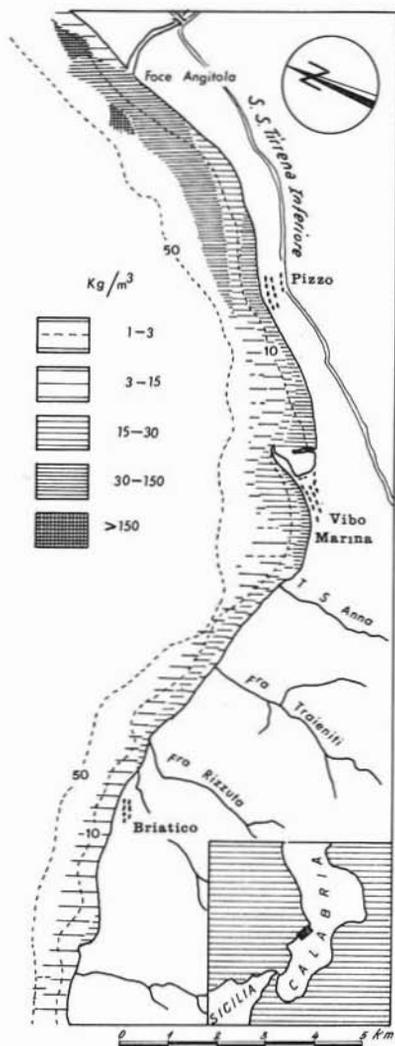


Fig. 4. — Distribuzione della frazione pesante

Costa in equilibrio od in accrescimento (Angitola): i valori minimi corrispondono alle isobate 1-5, i massimi in genere all'isobata 10, tranne

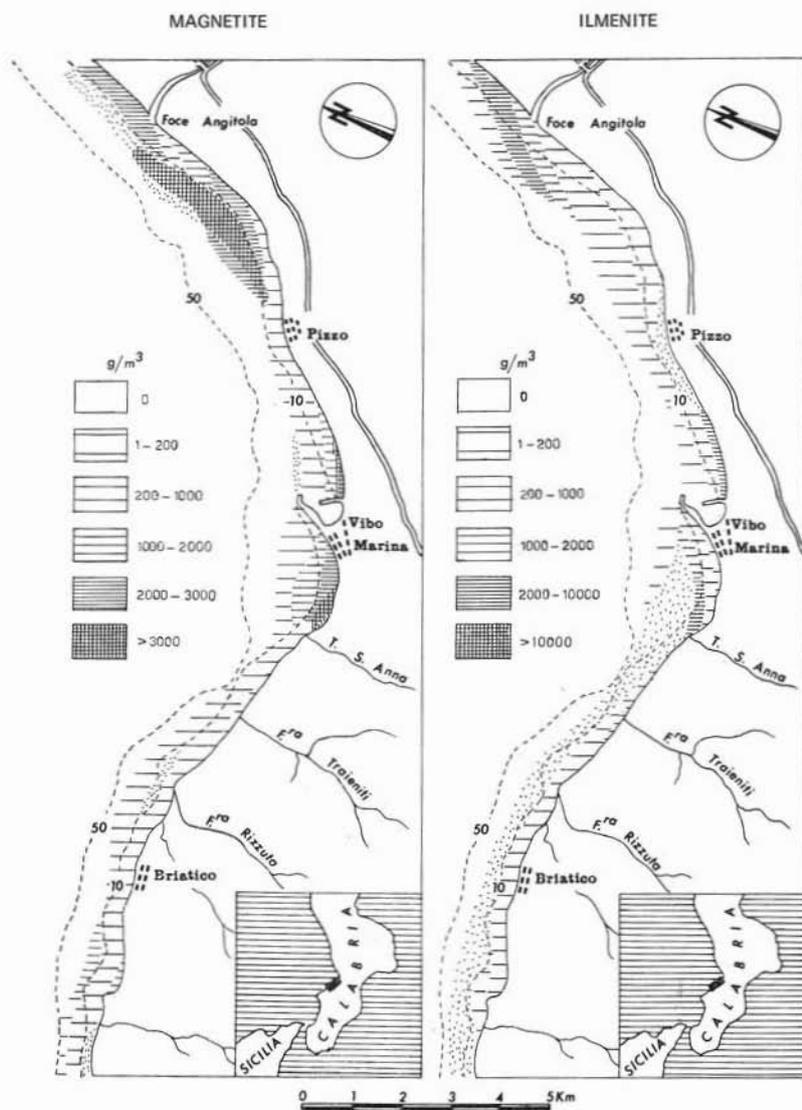


Fig. 5. — Distribuzione areale di magnetite e di ilmenite.

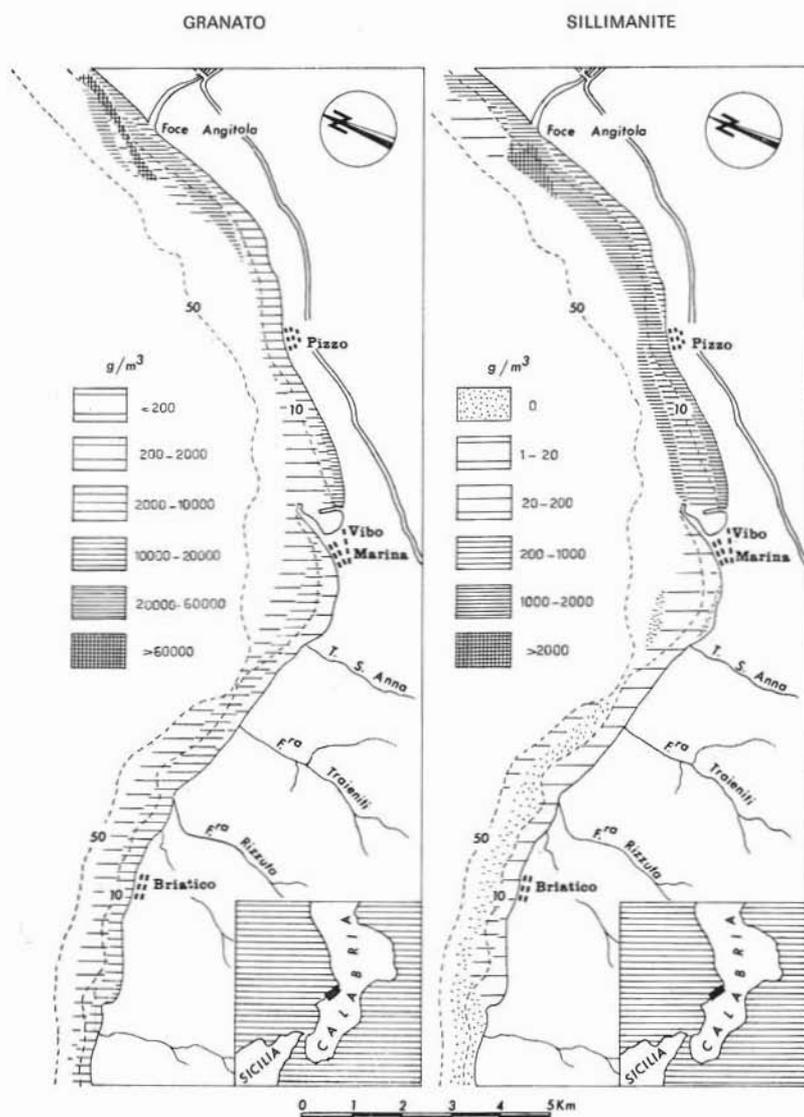


Fig. 6 — Distribuzione areale di granato e di sillimanite.

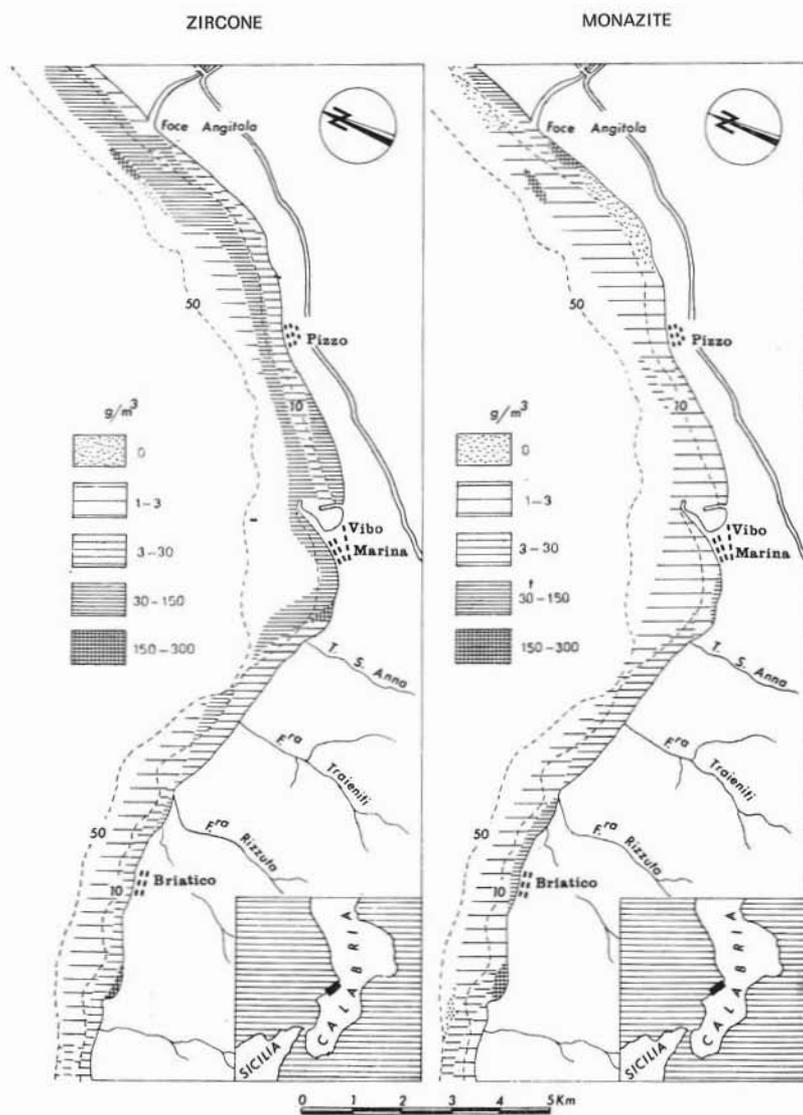


Fig. 8. — Distribuzione areale di zircon e di mozanite.

che nella zona a sud della foce dell'Angitola (filare 4) dove l'incremento di concentrazione è progressivo con l'aumento della profondità. Le alte

concentrazioni dell'isobata 10 di tale zona si prolungano verso sud giustapponendosi all'esterno di una zona nella quale la distribuzione alle isobate 1-5 presenta i caratteri tipici riscontrati nelle zone di erosione (Pizzo-filare 6).

Costa in erosione (Pizzo-Vìbo-Briatico): i valori di massima concentrazione della frazione pesante risultano corrispondere all'isobata di 1 m, i minimi o direttamente all'isobata 5 od in quelle successive. I minerali delle frazioni pesanti provengono sia dallo smantellamento di depositi di minerali pesanti delle spiagge (filari 9, 10, 15), sia dalla demolizione diretta delle falesie rocciose (filari 6, 14).

Le eccezioni alla regola distributiva indicata, cioè concentrazioni della isobata 1 inferiori a quelle delle isobate 5-10, che si verificano alle foci della fiumara Traieniti (filare 12) e del T. S. Anna (filare 11), rispondono perfettamente allo schema distributivo tipico delle zone di apporto, fluviale in questo caso, già riscontrato alla foce del torrente Angitola (filari 3-4). Gli altri corsi di acqua apportano materiali alluvionali solo stagionalmente e la di-

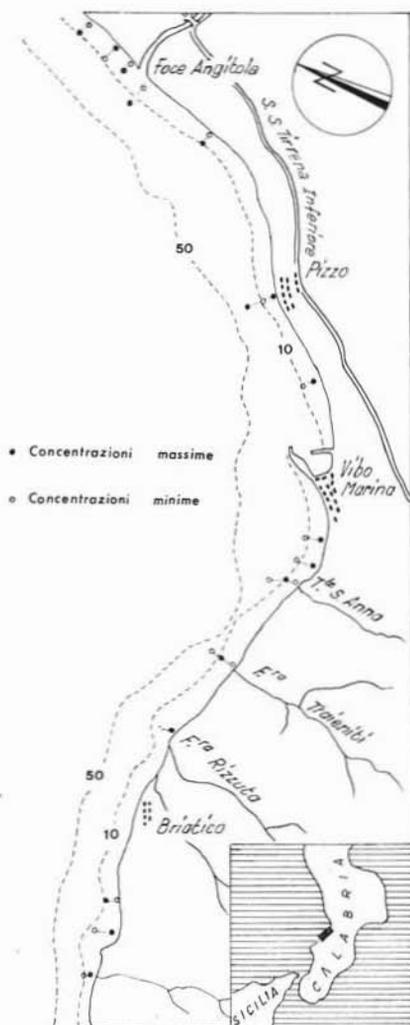


Fig. 9. — Distribuzione dei minerali pesanti nell'ambito di ciascun filare di campionamento.

distribuzione dei minerali pesanti alle loro foci varia in conseguenza.

Le osservazioni ora presentate hanno un valore puramente indicativo per quel che riguarda le profondità.

Ricordiamo infatti che il campionamento non è stato effettuato a strisciata continua dalla battaglia all'isobata di 20 m, ma con prelevamento puntiforme a ben determinate profondità.

Studi sedimentologici.

Gli stessi campioni esaminati per le determinazioni mineralogiche sono stati sottoposti ad analisi granulometriche.

Per lo studio granulometrico sono stati trattati 100 g di ogni campione. Eliminati i componenti carbonatici mediante attacco in HCl a freddo, ogni campione è stato sottoposto a setacciatura su vibratore meccanico per circa 30 minuti, con una serie di stacci aventi maglie con diametri che differiscono fra loro di 1 \emptyset . Per l'elaborazione dei dati sono stati adottati i parametri statistici proposti da Folk e Ward (1957), che permettono di definire le modalità di trasporto e deposizione dei sedimenti.

Per la discussione della scelta dei parametri si rimanda alla numerosa bibliografia esistente sull'argomento. I parametri proposti da Folk sono: dimensione media, deviazione standard, skewness e kurtosis. I dati delle analisi granulometriche effettuate sono stati elaborati su calcolatore IBM 360/44 utilizzando le formule di seguito riportate:

Dimensione media:

$$Mz = \frac{16 \emptyset + 50 \emptyset + 84 \emptyset}{3} \quad (\emptyset = -\log_2 \varepsilon \text{ con } \varepsilon = \text{diametro in mm})$$

16 \emptyset rappresenta il diametro del setaccio che trattiene il 16% del campione in esame; lo stesso vale per 50 \emptyset e 84 \emptyset .

Deviazione standard:

$$\sigma = \frac{84 \emptyset - 16 \emptyset}{4} + \frac{95 \emptyset - 5 \emptyset}{6.6}$$

La deviazione standard è una misura del grado di classazione.

Per la discussione di questo parametro Folk suggerisce una scala convenzionale su numerose analisi di campioni caratteristici di differenti ambienti; la scala adottata è la seguente:

σ	
0.35	classamento altissimo
0.35 - 0.50	classamento alto
0.50 - 1	classamento medio
1 - 2	classamento scarso
2 - 4	classamento scarsissimo

Skewness:

$$Sk_1 = \frac{16 \phi + 84 \phi - 2 \times 50 \phi}{2(84 \phi - 16 \phi)} + \frac{5 \phi + 95 \phi - 2 \times 50 \phi}{2(95 \phi + 5 \phi)}$$

Lo skewness è una misura del grado di simmetria della distribuzione granulometrica e, nella formula sopra riportata, è geometricamente indipendente dal classamento; curve con valori di $Sk = 0$ sono perfettamente simmetriche. I valori limite sono $Sk = 1$ e $Sk = -1$. La scala convenzionale adottata per lo skewness è la seguente:

SK		
-1	- 0.3	molto negativo
-0.3	- 0.1	negativo
-0.1	+ 0.1	simmetrico
+0.1	+ 0.3	positivo
+0.3	+ 1	molto positivo

Il segno dello skewness è ritenuto legato all'energia dell'ambiente; campioni ad Sk negativo sono ritenuti caratteristici di zone ad alto livello di energia (Duane D. 1964), ad esempio zone sottoposte a moto ondoso o ad altri agenti classanti; campioni a Sk positivo sono invece ritenuti in relazione a zone a bassi livelli di energia. Più in generale le aree ad Sk negativo sono ritenute aree di erosione, quelle a Sk positivo di deposizione. Le zone sottoposte a variazioni, ad esempio l'estuario di un fiume, presentano skewness alternativamente positivo e negativo.

Kurtosis:

$$Kg = \frac{95 \phi - 5 \phi}{2.44 \times (75 \phi - 25 \phi)}$$

Tale parametro misura la regolarità della distribuzione, che dovrebbe scaturire dal confronto del classamento della parte centrale della curva con il classamento delle parti estreme. Curve di distribuzione normale presentano $Kg = 1$; Kg maggiori corrispondono a curve con picco centrale accentuato, cioè a curve meglio classate nella parte centrale che nelle zone estreme. Curve appiattite presentano Kg inferiore ad 1. Le differenze maggiori nelle curve di distribuzione sono localizzate nelle zone estreme; il kurtosis quindi, come lo skewness, dovrebbe essere uno dei parametri più adatti a identificare l'ambiente di deposizione.

E' interessante esaminare l'andamento dei valori dei parametri granulometrici relativi alle quattro isobate; dal grafico della dimensione media (fig. 10) risulta che, per i campioni delle isobate di 1, 5 e 10, la

massima frequenza dal valore di Mz è accentrata sull'intervallo compreso tra 1 e 2 ϕ (0.5-0.25 mm), mentre per i campioni dell'isobata di 20 m si ha una lieve concentrazione dei valori delle dimensioni medie nell'intervallo dimensionale 2-3 ϕ (0.25-0.12 mm).

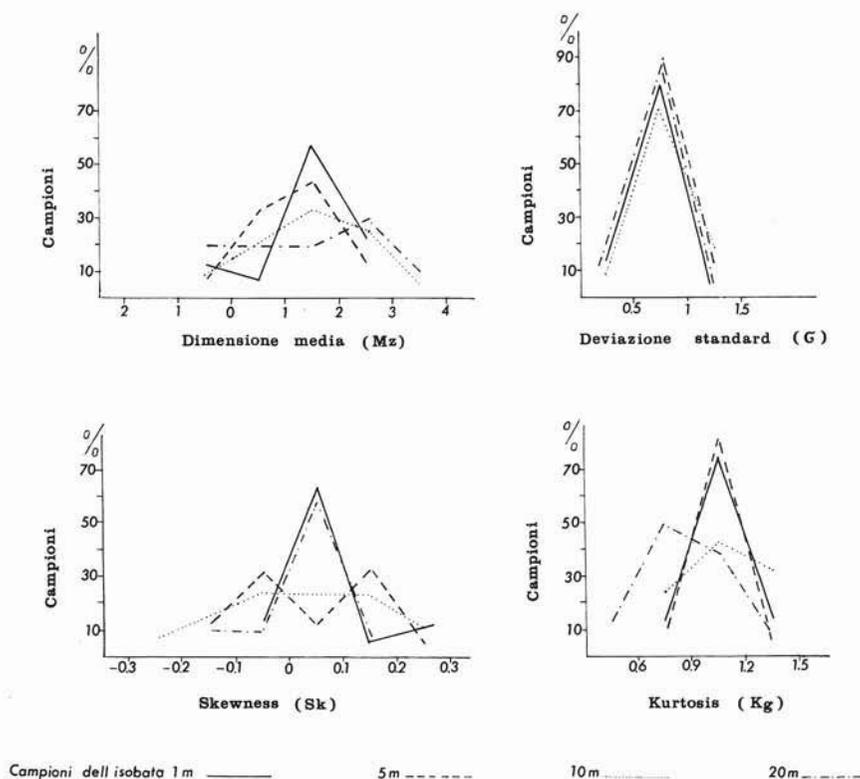


Fig. 10. — Distribuzione della frequenza dei parametri granulometrici.

Il grafico relativo al classamento (fig. 10) mostra una stessa distribuzione di frequenza per i dati delle quattro isobate con prevalente accentramento dei valori nel tratto compreso tra 0.5 od 1 ϕ ; ciò indica che la maggior parte delle sabbie della piattaforma sono mediamente classate.

Lo skewness (fig. 10) presenta addensamenti fra i valori di 0 e 0,1 per le isobate di 1 e 20 m e due addensamenti fra -0,1 e 0 e fra 0,1 e 0,2 per le isobate di 5 e 10 m. Nelle zone delle prime due isobate lo skewness presenta distribuzione simmetrica, nelle altre due è invece contrassegnato da segno variabile.

Il kurtosis (fig. 10) presenta per le isobate 1, 5, 10 massimi compresi tra 0.9 ed 1.2. L'isobata 20 presenta invece valori massimi di kurtosis compresi tra 0.6 e 0.9 questi ultimi sono quindi relativi a curve granulometriche appiattite. Le limitate variazioni di tale parametro non permettono l'identificazione di ambienti a sedimentazione differenziata.

In conclusione, i parametri granulometrici che meglio differenziano in generale le sabbie in funzione delle varie profondità sono la mediana e lo skewness. Le sabbie della isobata 20 presentano i più elevati valori di ϕ e sono pertanto caratterizzate dalle granulometrie più sottili; lo skewness identifica nella fascia intermedia, corrispondente alle isobate 5 e 10, la zona di maggiore variabilità di condizioni di deposito.

La reale variazione distributiva dei parametri indicati, e quindi delle caratteristiche ambientali, è comunque meglio evidenziata dalle singole rappresentazioni areali (fig. 11 e 12).

Dei tre parametri presentati la deviazione standard è quello meno utilizzabile per una differenziazione delle varie condizioni esistenti in questo tratto di piattaforma. Le sabbie risultano tutte mediamente classate, ad eccezione di quelle di alcuni tratti subcostieri, che risultano ben classate e di quelle al largo di Vibo e dell'Angitola corrispondenti a valori minimi di classazione.

Ben più differenziate risultano invece le distribuzioni dei valori della dimensione media e dello skewness e, soprattutto significativo ai fini del riconoscimento delle condizioni ambientali, è il confronto dei due parametri.

La distribuzione dei valori della dimensione media suddivide ancora una volta il tratto dell'Angitola, che presenta mediamente granulometrie ridotte, dalla costa di Briatico, nella quale prevalgono le granulometrie grossolane. Normalmente alla costa si nota una tendenza alla concentrazione delle granulometrie intermedie intorno all'isobata dei dieci metri e di quelle grossolane sotto la linea di battigia o a profondità inferiori ai 5 metri, tranne che nel tratto adiacente alla

foce della fiumara Traieniti. La distribuzione di sabbie a granulometria grossolana all'isobata di 20 metri nella zona di Briatico e del tratto Vibo-Pizzo è spiegabile forse con una maggiore attività delle correnti costiere.

Per il tratto ad ovest di Vibo la corrispondenza tra granulometria e variazione dell'energia presentata dall'ambiente espressa dai valori dello skewness, è abbastanza stretta. Una certa corrispondenza tra i due parametri è rilevabile anche nel tratto ad est di Pizzo; ad esempio è possibile, osservare che a valori medi dello skewness del tratto Pizzo-Angitola corrispondono generalmente granulometrie grossolane od a valori positivi dello stesso parametro corrispondono più ridotte dimensioni granulometriche delle sabbie. La corrispondenza risulta particolarmente evidente di fronte alla foce dell'Angitola.

Quanto ai rapporti tra granulometria e concentrazioni di minerali pesanti l'andamento correlativo può essere tratto dal diagramma di fig. 13 nel quale i due parametri, medi per filare, sono messi a confronto diretto. I campioni dell'area di Briatico sono caratterizzati da granulometrie grossolane e da scarsa frazione pesante; la zona di Vibo presenta invece in media sabbie sottili e quantità di frazioni pesanti medie; la foce dell'Angitola presenta sabbie di dimensioni medie ed elevate quantità di frazione pesante. L'area di Briatico risente evidente-

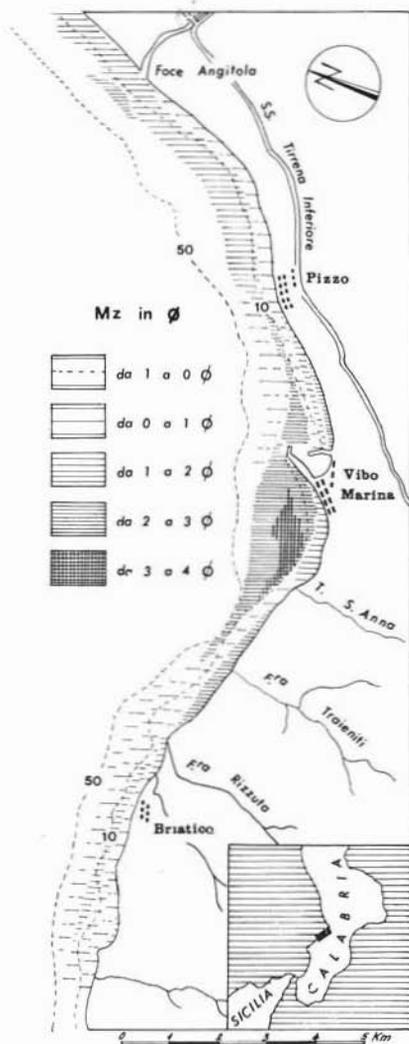


Fig. 11. — Variazione areale della dimensione media.

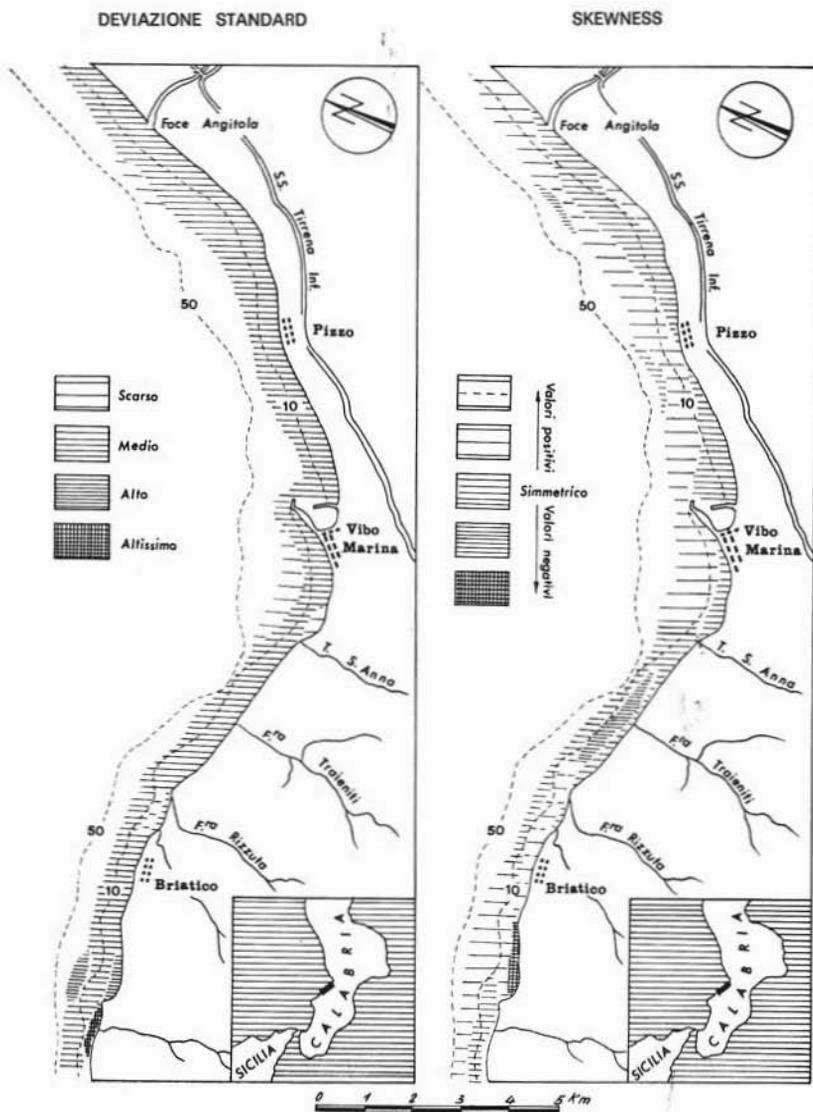


Fig. 12. — Variazione areale di deviazione standard e di skewness.

mente degli apporti dei minerali quarzoso-feldspatici, di notevoli dimensioni derivanti dall'erosione delle masse granitiche dell'entroterra. Le maggiori concentrazioni e le granulometrie più sottili riscontrate a Vibo sono conseguenti probabilmente ad un maggior grado di elaborazione degli stessi materiali spinti più ad est dal moto ondoso e dalle

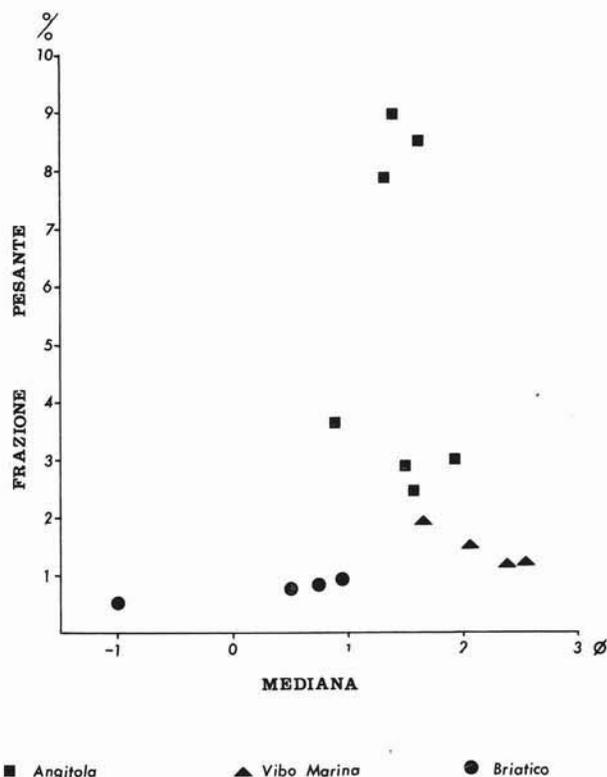


Fig. 13. — Correlazione tra frazione pesante e dimensione media.

correnti costiere. L'area dell'Angitola risente evidentemente di apporti diversi, delle kinzigiti nella fattispecie, ed anche di diverse condizioni di accumulo.

L'insieme dei dati ora presentati testimonia ulteriormente l'esistenza di una scarsa mobilità, parallelamente alla costa dei prodotti d'erosione delle formazioni rocciose dell'entroterra, convogliati al mare dai corsi d'acqua.

Interpretazione fisiografica.

Il complesso di studi sedimentologici e mineralogici eseguiti ha permesso di distinguere due tratti della fascia di piattaforma esaminata a fisionomia ben differenziata; proprio sulla base delle differenze riscontrate nelle due zone sono state tratte alcune indicazioni sulle modalità di distribuzione dei minerali pesanti in funzione dei tipi di costa e degli agenti fisici operanti.

Come risulta dalle pagine precedenti nel tratto Briatico-Vibo, prevalgono granulometrie grossolane e, dal punto di vista dinamico, la variazione dei valori di skewness da simmetrici a fortemente negativi, sia pure con una certa diffusione di valori positivi, caratterizza tale zona come generalmente soggetta ad erosione. All'interno di tale zona l'ansa a ridosso del molo di Vibo rappresenta un'area di deposizione; tale area presenta infatti valori minimi di energia ambientale, chiaramente confermati dai valori decisamente positivi dello skewness e dalla sottigliezza delle granulometrie. La variazione da ambiente di erosione ad ambiente di sedimentazione denunciata dal passaggio da granulometrie grossolane a granulometrie sottili e dal passaggio da valori simmetrici a valori positivi dello skewness, si verifica all'incirca all'altezza della foce del T.S. Anna.

La piattaforma compresa tra Vibo e l'Angitola, in particolare il tratto Pizzo-Angitola, presenta i caratteri dell'ambiente di deposizione, denunciati sia dalla grana medio-sottile delle sabbie sia, soprattutto, dai valori variabili da simmetrici a positivi dello skewness. La tendenza a valori di skewness da simmetrici a negativi, sporadicamente risultata per l'isobata di 20 m, è probabilmente dovuta al passaggio a questa profondità di una corrente costiera. Tali valori, presi nell'insieme, denunciano infatti una variabilità da condizioni di equilibrio a condizioni di erosione.

Pur riconoscendo che la variazione granulometrica dei due tratti di litorale considerati è fondamentalmente legata alla variazione litologica dell'immediato retroterra, risulta chiaramente che il molo di Vibo e l'ansa di deposizione alle spalle di questo rappresentano un ostacolo alla diffusione ad est delle sabbie grossolane, derivanti dallo smantellamento delle coste e dei loro depositi e trasportate da occidente dalle correnti litoranee. Almeno per la fascia batimetrica considerata, i minerali provenienti da ovest non superano il molo di Vibo o sono

direttamente convogliati a maggiori profondità. La stessa distribuzione dei minerali pesanti risponde chiaramente a questo modello. Ricordiamo infatti ancora la rigorosa limitazione della diffusione dell'ortite, tipico minerale dei graniti affioranti alle spalle di Briatico, al solo tratto occidentale della costa e la netta prevalenza nel tratto orientale, a causa dei vasti affioramenti di kinzigiti nel retroterra, di minerali tipici di tali rocce, quali granati, sillimanite e rutilo.

La distribuzione precedentemente delineata dai parametri granulometrici, unitamente a quella di alcuni minerali pesanti permettono di tracciare la direzione delle correnti costiere della fascia di piattaforma considerata (fig. 14). Le linee di corrente rappresentate in tale figura sono state costruite unendo i valori di skewness simmetrici o negativi. Il senso di tali correnti viene desunto dalla diminuzione della granulometria, dalla distribuzione di minerali pesanti tipici di formazioni litologiche affioranti alle spalle dei due tratti considerati e dall'orientamento delle foci fluviali.

Il differente assetto distributivo che caratterizza le concentrazioni dei minerali pesanti sulla piattaforma nei tratti in erosione ed in equilibrio può essere interpretato nella maniera che segue. Nella zona in erosione la piattaforma viene alimentata direttamente dai materiali provenienti dallo smantellamento delle falesie e delle spiagge, operato dal moto ondoso.

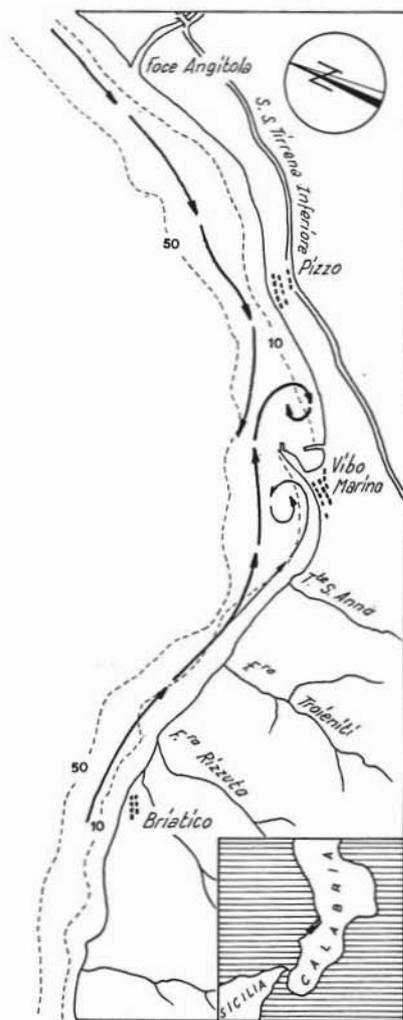


Fig. 14. — Direzioni delle correnti. Le direzioni delle correnti sono state ricavate dalle variazioni della mediana, dello skewness e dall'orientamento delle foci.

Per effetto dello stesso moto ondoso tali materiali vengono classati sia per dimensione che per peso specifico e si determinano perciò concentrazioni di minerali pesanti direttamente a ridosso della battigia, zona di maggiore energia.

Tali concentrazioni sono anche favorite dalla presenza di ostacoli sul fondo, rappresentati da scogli, che determinano il frazionamento delle correnti e del moto ondoso che tenderebbero normalmente ad allontanare da riva il materiale eroso.

Nelle zone generalmente in equilibrio, come alla foce dell'Angitola, o in zone in erosione di fronte a foci di fiumi con un certo apporto alluvionale come nel caso della fiumara Traieniti, almeno parte dei minerali pesanti viene trasportata lontano da riva direttamente dalla corrente fluviale che si immette in mare e viene ridistribuita parallelamente alla costa dalle correnti litoranee. L'acquisizione di moto traslatorio da parte delle onde a partire dalla linea dei frangenti provoca, con la formazione di correnti locali normali alla costa, una rimozione dei materiali del fondo, con conseguente separazione selettiva dei minerali a granulometria e peso specifico diversi; ne consegue la formazione di concentrazioni di minerali pesanti ad una certa distanza dalla riva, generalmente in corrispondenza appunto della linea dei frangenti.

L'aumento di velocità e quindi di forza viva dei marosi, a partire dal momento del frangimento, permette alle correnti di acquisire maggiore competenza, cioè capacità di trasportare materiali di maggiori dimensioni; con il progressivo avvicinamento a riva solo le sabbie a granulometria maggiore restano sul fondo mentre le più sottili, trasportate in sospensione, vengono depositate sulla spiaggia. Per tal motivo nel profilo della parte sommersa di una spiaggia, le sabbie a maggiore granulometria sono prevalentemente concentrate sotto la linea di battigia. La lama d'acqua discendente dalla spiaggia trascina indietro solo parte del materiale apportato dall'onda e, agendo ancora in maniera selettiva sui minerali a diverso peso specifico, lascia sulla spiaggia concentrazioni di minerali pesanti.

La formazione di concentrazioni di minerali pesanti lontano da riva può essere favorita, anche da eventuali correnti di ritorno, che possono trasportare verso il largo i materiali più sottili e più leggeri.

Dai concetti precedentemente esposti può essere tratto il seguente quadro conclusivo (fig. 15). Sulle coste in equilibrio od in formazione le concentrazioni si realizzano sulla piattaforma in corrispondenza della

linea di frangimento, sulle coste in erosione le concentrazioni si realizzano invece tra tale linea e la battigia.

E' probabile che la distribuzione indicata dipenda dalla posizione della roccia o della sabbia contenenti i minerali pesanti. Nel primo caso i minerali pesanti sono forniti dalle stesse formazioni sabbiose del

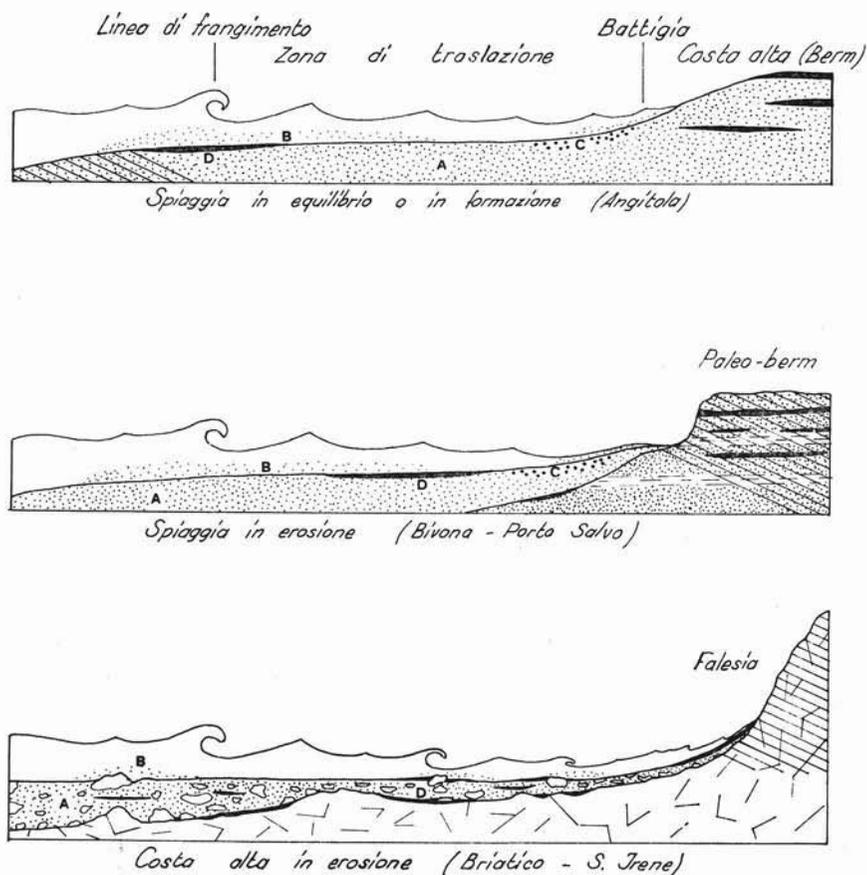


Fig. 15. — Posizione delle concentrazioni di minerali pesanti nei diversi tipi di costa.

- A Depositi di fondo.
- B Sabbie in sospensione per il moto ondoso.
- C Sabbia grossolana della battigia.
- D Concentrazioni di minerali pesanti.
- ≡ Zona di origine dei minerali pesanti.

fondo e le concentrazioni si realizzano dove si verifica la prima mobilitazione violenta subita dalle sabbie. Negli altri casi la roccia madre è situata a terra. Con la demolizione delle rocce consolidate o dei depositi sabbiosi i minerali pesanti si accumulano in zona agitata a ridosso della battigia. In tutti i casi l'ambiente di battigia è soggetto a sollecitazioni troppo violente per poter rappresentare una zona di accumulo di minerali pesanti. Questi presentano infatti dimensioni troppo ridotte per non essere asportati dal moto ondoso violento regnante in tale zona. In questo settore si accumulano quindi sabbie leggere ma grossolane.

Valutazioni economiche.

Considerando le distribuzioni particolari dei minerali esaminati risulta, come precedentemente indicato, che solo la frazione pesante in genere, i granati e l'ilmenite sono presenti in discrete concentrazioni alla foce dell'Angitola in quantità di solo 10 volte inferiori a quelle delle spiagge corrispondenti. In assoluto i granati danno luogo ad una fascia di 5 km in lunghezza per 1 km di larghezza con concentrazioni variabili da 20 ad oltre 60 kg/mc; tale fascia presenta in parte anche concentrazioni di ilmenite variabili da 2 ad oltre 10 kg/mc. A tali concentrazioni se ne associano altre più modeste di magnetite (2—3 kg/mc), sillimanite (2 kg/mc) e rutilo (1 kg/mc).

Le concentrazioni della zona di piattaforma ad ovest di Vibo sono nettamente inferiori a quelle indicate sia come tenore che come estensione.

Concludendo le concentrazioni di minerali pesanti sulla piattaforma della zona di Vibo Valentia sono in genere modeste, ed assumono un certo interesse solo nel caso del tratto di piattaforma prospiciente la foce del fiume Angitola. Tali concentrazioni elevano quindi leggermente il potenziale in minerali pesanti suscettibili di impiego industriale riscontrati presenti in forma di vistose, ma poco estese, concentrazioni sulle spiagge del litorale. Tale considerazione vale sia per minerali convenzionali che, ed in maniera più accentuata, per i minerali di interesse nucleare come monazite, ortite e zirconio.

E' comunque da tenere presente che i campioni raccolti provengono tutti dalla superficie della piattaforma e non sono pertanto rappresentativi di tutto lo spessore dei sedimenti ivi depositi. La presenza

di sia pur modeste concentrazioni a livello superficiale sulla piattaforma rende probabile la presenza di livelli ad alta concentrazione all'interno del pacco di sedimenti che ricopre le rocce del basamento. I minerali pesanti presenti sulla superficie del fondo tendono infatti (Mero J. L. 1965) sotto l'azione di pressione e depressione esercitate dal passaggio delle onde ad affossarsi nella compagine sabbiosa per raggiungere, nei casi favorevoli, le rocce del basamento, dove possono dare luogo ad accumuli anche vistosi (fig. 15).

Ovviamente i casi più interessanti sono rappresentati, nella area esaminata, dalle zone nelle quali il basamento è più vicino alla superficie del fondo marino. Nel caso in questione le zone che più delle altre dovrebbero presentare concentrazioni di minerali pesanti a livello del basamento roccioso sono quelle direttamente prospicienti a falesie come quelle di Pizzo e quelle del tratto Traieniti-Briatico. Quest'ultima dovrebbe anche essere la più indiziata per la presenza di concentrazioni di minerali di interesse nucleare.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BRONDI A., FERRETTI O., MASPERONI L., ANSELMI B., BENVENÙ F. (1971) - *Valutazione delle concentrazioni di minerali pesanti nelle spiagge calabresi*. Industria Mineraria, anno XXII, maggio, Roma.
- BRONDI A., FERRETTI O., LOCARDI E. (1972) - *Sulla provenienza dei diversi tipi di zircone e monazite contenuti nei sedimenti fluviali della Calabria*. Rendiconti della Società di Mineralogia e Petrologia, Vol. XXVIII, Fusi, Pavia.
- BRONDI A., FERRETTI O., ANSELMI B., BENVENÙ F. (1972) - *Prospezione mineralogica alluvionale applicata in Calabria alla ricerca di minerali di torio e zircono. Indagini preliminari per l'ipotesi di campagne di ricerca alluvionale di minerali convenzionali*. L'Industria Mineraria, Roma. (In corso di stampa).
- [2] C.N.E.N. - *Rapporti riservati*.
- [3] DUANE D. B. (1964) - *Significance of skewness in recent sediments western Pamlico Sound, North Carolina*. Journal of Sedimentary Petrology Vol. 34, n. 4.
- [4] FOLK R. L., WARD W. C. (1957) - *Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameters*. Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 27, n. 1.
- [5] FRIEDMAN G. M. (1961) - *Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics*. Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 31, n. 4.
- [6] INGLE J. C. Jr. (1966) - *The movement of beach sand*. Elsevier Publishing Company; Amsterdam.

-
- [7] MASON C. C., FOLK R. L. (1958) - *Differentiation of beach, dune and aeolian flat environments by size analysis. Mustang Island, Texas.* Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 28, n. 2.
- [8] MERO J. L. (1965) - *The mineral resources of the sea.* Elsevier Publishing Company-Amsterdam-London-New York.
- [9] NICOTERA P. (1959) - *Rilevamento geologico del versante settentrionale del Monte Poro (Calabria).* Memorie e note dell'Istituto di Geologia applicata, Napoli, Vol. VII.
- [10] OTTENAM F. (1965) - *Introduction à la Géologie marine et littorale.* Masson et Cie Editeurs, Paris.
- [11] VIGHI - *Determinazioni mineralogiche e granulometriche sulla sabbia del litorale di Pizzo Calabro.* Ric. Scient. e Ricostr. a. XVII, n. 12, pp. 2049-2050, C.N.R., Roma, 1947.
- [12] D'ACHIARDI A. - *Sabbia granatifera di Pizzo di Calabria.* Atti della Soc. Tosc. Sc. Nat. Proc. Verb., 1, p. 69, Pisa, 1878-79.
- [13] CHELUSSI I. - *Studio petrografico di alcune sabbie marine del litorale ionico e di quello tirrenico da Reggio Calabria a Napoli.* Boll. Soc. Geol. It., 31, pp. 259-283, Roma, 1912.