

Distinzione tra spiagge in erosione ed in avanzamento mediante metodo granulometrico *

R. DAL CIN **

SOMMARIO: L'analisi granulometrica di 121 campioni di sabbie di spiaggia ha dimostrato che esiste la possibilità di individuare con metodo granulometrico, utilizzando alcuni opportuni indici, spiagge in erosione e spiagge in avanzamento. Gli indici granulometrici e le combinazioni che si sono mostrati più efficaci a questo scopo sono: Kurtosis-Diametro medio; Kurtosis-Classazione; Kurtosis-Asimmetria; Asimmetria-Diametro medio; Kurtosis-% < 0,06 mm; Classazione-Diametro medio.

Le sabbie di spiagge in erosione, a parità di Diametro medio, presentano Kurtosis e grado di selezione più elevati delle sabbie di spiagge in avanzamento; le curve cumulative di queste ultime, inoltre, mostrano Asimmetrie positive più elevate e negative meno marcate delle sabbie di spiagge in erosione.

Dopo aver illustrato le cause delle differenze granulometriche fra i due ambienti, vengono brevemente esaminate le possibilità di applicazioni pratiche di questo metodo granulometrico.

1. Premessa.

Per stabilire se una spiaggia si trova in fase di erosione o di avanzamento e comunque per studiarne le tendenze evolutive, si ricorre normalmente a metodi topografici, eseguendo misure, intervallate nel tempo, sulla posizione della linea di costa lungo sezioni opportunamente distanziate. Una siffatta tecnica presuppone naturalmente una attrezzatura costosa, personale numeroso e un periodo di osservazione assai lungo. La spesa ovviamente cresce con la lunghezza del tratto di costa che si vuole indagare e con il grado di dettaglio dell'indagine.

Ci si è posti il problema se mediante analisi granulometrica, ricorrendo cioè ad un metodo assai più rapido ed economico di quello topografico, non fosse possibile stabilire ove vi sia erosione e ove avanzamento lungo le spiagge. Sembrava logico, infatti, supporre che la diversità nelle modalità del trasporto nei due ambienti e la diversa intensità delle forze naturali in gioco dovessero riflettersi sulle caratteristiche granulometriche delle sabbie. Se queste diversità si fossero potute mettere in luce per mezzo di determinati parametri granulometrici, si sarebbe potuto stabilire istantaneamente (senza cioè ricorrere a misure intervallate nel tempo), con

semplici setacciature e alcuni rapidi calcoli, se una determinata spiaggia fosse in fase di erosione o di avanzamento.

Le ricerche eseguite hanno dimostrato, come si vedrà più avanti, l'effettiva possibilità di raggiungere egregiamente questo scopo mediante alcuni indici granulometrici.

2. Metodo di studio.

Il principio generale su cui si è basata la presente ricerca è stato quello di confrontare determinati indici granulometrici di sabbie di spiagge sicuramente in erosione e di sabbie di spiagge sicuramente in avanzamento. I campioni analizzati sono stati raccolti principalmente lungo la riviera adriatica fra la foce del Po ed Ancona, in punti in cui il processo di erosione o quello di avanzamento erano assai marcati e in atto anche al momento della campionatura. Per le spiagge in avanzamento sono state prese in considerazione sia quelle in cui il processo avveniva naturalmente e sia quelle in cui il ripascimento era ottenuto mediante dighe frangionde, pennelli o moli portuali.

I campioni, in numero di 121 (60 raccolti in spiagge in erosione e 61 in spiagge in accumulo), sono stati prelevati lungo la linea di battigia in qualsiasi condizione di marea. Ogni campione era formato da materiale raccolto in superficie o al massimo fino a 5-10 cm di profondità se le sabbie erano omogenee. La setacciatura è stata effettuata con un *Rotap* per 30 minuti.

Le dimensioni delle maglie dei setacci erano in-

* Lavoro eseguito presso l'Istituto di *Geologia* dell'Università di Ferrara, diretto dal Prof. P. LEONARDI, con il contributo del C.N.R. (Gruppo di Ricerca sul Regime dei Litorali Italiani).

** Dott. Renzo DAL CIN, Assistente alla Cattedra di *Geologia* e Incaricato di *Litologia* e *Geologia* presso l'Istituto di *Geologia* dell'Università di Ferrara.

tervallate di $\frac{1}{4} \varphi$ (sul significato di φ si veda più avanti). Secondo MOIOLA e WEISER [1968] gli indici granulometrici ottenuti con questo intervallo sono i più efficaci nel distinguere i vari ambienti di sedimentazione.

Con i dati ottenuti dalle setacciature si sono costruite le curve cumulative usando una scala aritmetica per le ordinate e una scala logaritmica per le ascisse. Per facilitare i calcoli, le dimensioni, invece che in mm, sono state espresse in φ . La relazione tra φ e mm è la seguente: $\varphi = -\log_2$ delle dimensioni espresse in mm. Così, ad esempio, le dimensioni di 2-1-0,5-0,25-0,125 mm corrispondono rispettivamente a -1, 0, 1, 2, 3 φ .

Dalle curve cumulative sono stati ricavati i seguenti parametri granulometrici di FOLK e WARD [1957]:

$$\text{Diametro medio (Mz)} = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{50} + \varphi_{84}}{3}$$

$$\text{Classazione } (\sigma_1) = \frac{\varphi_{84} - \varphi_{16}}{4} + \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{6,6}$$

$$\text{Asimmetria } (S_{K1}) = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{84} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{84} - \varphi_{16})} + \frac{\varphi_5 + \varphi_{95} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{95} - \varphi_5)}$$

$$\text{Kurtosis } (K_G) = \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{2,44(\varphi_{75} - \varphi_{25})}$$

Il simbolo φ_{16} , ecc. sta ad indicare il valore di φ (sull'ascissa) la cui ordinata è il 16%, ecc.

Il Diametro medio (Mz) esprime la grossolanità della sabbia; esso rappresenta la larghezza media dei grani del campione analizzato. La Classazione (σ_1) è in relazione con la pendenza media della curva cumulativa e sta quindi ad indicare il grado di selezione della sabbia. In realtà σ_1 è un indice di cattiva classazione poiché esso aumenta in senso inverso al grado di selezione. L'Asimmetria (S_{K1}) esprime numericamente la distribuzione più o meno simmetrica dei grani alle varie dimensioni. Quando la distribuzione è perfettamente simmetrica S_{K1} è uguale a 0; si ha invece asimmetria positiva quando la pendenza della curva cumulativa verso le frazioni più fini è minore che verso quelle più grossolane; l'asimmetria è negativa nel caso opposto. Le sabbie, quindi, con una coda di materiale più fine hanno asimmetria positiva, quelle invece con una coda di materiale più grossolano presentano una S_{K1} ne-

gativa. Il Kurtosis (K_G), infine, è il rapporto fra la pendenza della curva cumulativa nella sua parte centrale e la pendenza verso le sue estremità. Esso esprime quindi la maggior o minor prevalenza delle frazioni dimensionalmente intermedie rispetto a quelle estreme; il K_G aumenta con l'aumentare di questa prevalenza.

3. Risultati.

Mettendo variamente in relazione i diversi indici granulometrici si sono ottenuti dei diagrammi (figg. 1, 2, 3, 4) in cui risulta chiaramente separato il campo delle spiagge in erosione da quello delle spiagge in avanzamento. I casi di sovrapposizione non superano mai l'11% ad eccezione della fig. 4 in cui il 16% delle spiagge in erosione sconfinano nel campo di quelle in accumulo. Tenendo presente che siamo di fronte a processi naturali, la percentuale dei casi di sovrapposizione si può considerare bassa; di conseguenza la validità e l'utilità dei diagrammi appare soddisfacente. Bisogna poi tener conto della possibilità che qualche campione di spiaggia ritenuta in erosione sia stato invece raccolto durante una fase di avanzamento (o viceversa). È noto infatti che anche le spiagge in generale erosione presentano qualche fase di lieve avanzamento, che può avere carattere stagionale ed essere in relazione con la direzione e l'intensità del moto ondoso. Allo stesso modo, spiagge in generale avanzamento possono presentare qualche fase di erosione. Alcuni casi di sovrapposizione nei diagrammi qui riportati, potrebbero, quindi, non essere in realtà tali.

La fig. 1 mette in relazione il Kurtosis (K_G) con il Diametro medio (Mz); la linea separante i due campi mostra un andamento più o meno parabolico. A parità di Diametro medio, il Kurtosis delle spiagge in erosione risulta superiore a quello delle spiagge in avanzamento. Con $Mz > 2,55 - 2,60\varphi$ ($< 0,16 - 0,17$ mm) spiagge in erosione e spiagge in avanzamento presentano K_G analoghi e assai elevati; in questo caso il parametro veramente discriminante risulta il Diametro medio. I casi di sovrapposizione sono solo il 3% per le spiagge in erosione e l'8% per quelle in accumulo.

La fig. 2 mette in relazione Kurtosis e Classazione (σ_1). Questo diagramma, come quello di fig. 3, è valido solo per sabbie con $Mz < 2,55\varphi$ ($> 0,17$ mm); si è visto, infatti, (fig. 1) che con $Mz > 2,55\varphi$ anche le spiagge in avanzamento presentano elevati Kurtosis. I due campi risultano ben distinti; lo sconfinamento interessa, infatti, solo il 6% delle spiagge in avanzamento e l'11% di quelle in ero-

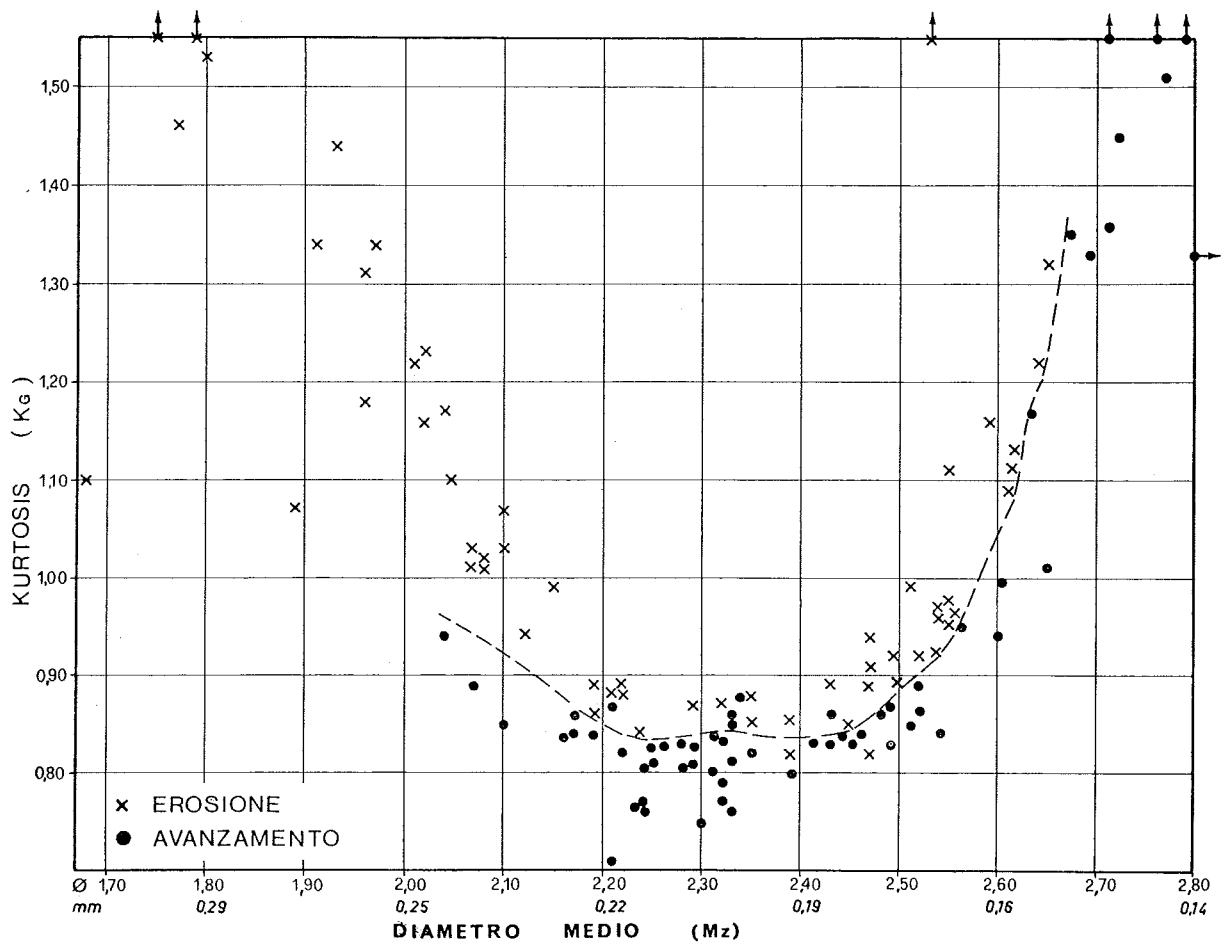


Fig. 1. - Relazione fra Kurtosis (K_G) e diametro medio (M_z) per distinguere spiagge in erosione da spiagge in avanzamento.

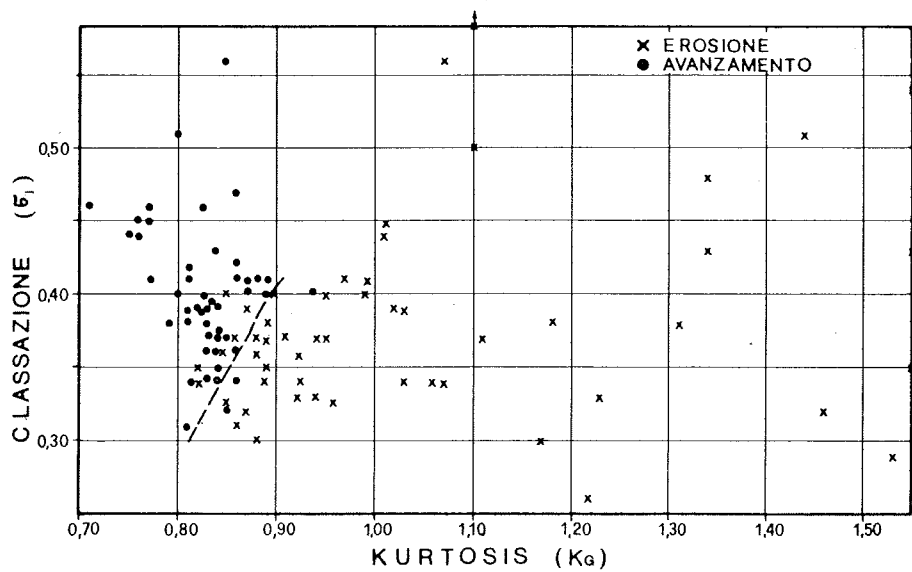


Fig. 2 - Relazione fra Kurtosis e classazione per individuare spiagge in erosione e spiagge in avanzamento. Il diagramma è valido per $M_z < 2,55 \phi (> 0,17 \text{ mm})$.

sione: Nel complesso, dunque, le sabbie di spiagge in erosione risultano meglio selezionate (con σ_1 più bassi) e con Kurtosis più elevati di quelle delle spiagge in avanzamento.

Nella fig. 3 sono stati messi in relazione Kurtosis e Asimmetria (S_{K1}). La separazione fra i due campi è ancora molto buona; infatti la sovrapposizione riguarda solo il 4% delle spiagge in erosione e il 6% di quelle in avanzamento. Dal diagramma risulta che in generale le sabbie di spiagge in avanzamento presentano Asimmetrie positive o poco marcatamente negative, mentre quelle di spiagge in erosione sia Asimmetrie positive che negative. All'aumentare del Kurtosis sembra corrispondere un aumento sia dell'Asimmetria negativa che, soprattutto, di quella positiva.

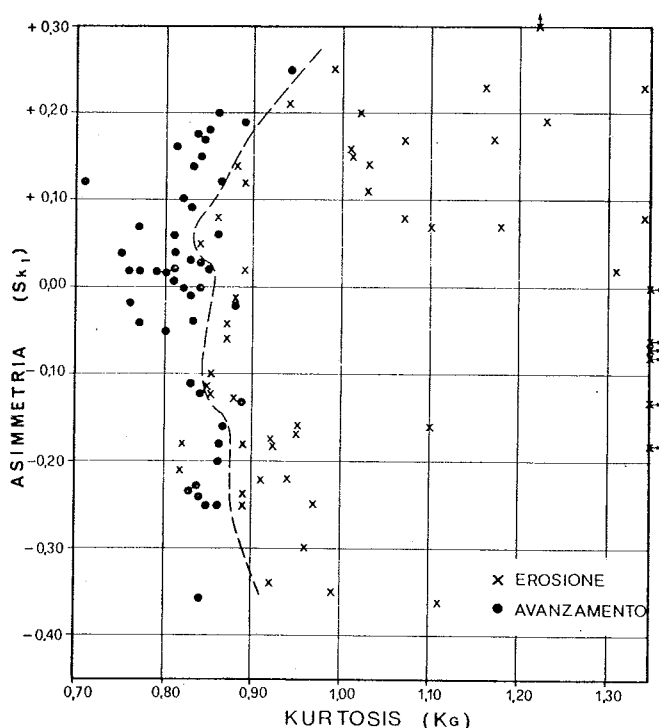


Fig. 3. - Relazione fra Kurtosis ed asimmetria per distinguere spiagge in erosione da spiagge in avanzamento. Il diagramma è valido per $M_z < 2,55 \varphi$ ($> 0,17$ mm).

La fig. 4, infine, mette in relazione Asimmetria e Diametro medio. Lo sconfinamento interessa il 16% delle spiagge in erosione e il 10% di quelle in avanzamento. Le sabbie di spiagge in erosione presentano, a parità di diametro medio, Asimmetrie positive più basse e negative più elevate di quelle delle spiagge in avanzamento. Queste ultime, perciò, risultano avere, verso le frazioni più fini, code maggiormente sviluppate delle spiagge in erosione.

Dalle analisi fin qui effettuate è risultato dunque che le sabbie di spiagge in erosione presentano, nel

complesso, Kurtosis e grado di selezione più elevati delle sabbie di spiagge in avanzamento; inoltre le loro curve cumulative risultano, verso le frazioni più fini, maggiormente raddrizzate di quelle delle spiagge in avanzamento. I parametri utilizzati si sono quindi rivelati sensibili alle diverse modalità del trasporto e dell'accumulo e alla diversa energia del mezzo trasportante nei due ambienti.

Quali sono dunque le cause delle differenze granulometriche riscontrate nelle sabbie dei due ambienti? I diagrammi qui riportati dimostrano che le differenze granulometriche fondamentali consistono nel diverso rapporto fra le frazioni più fini e le frazioni intermedie e grossolane. In particolare, nelle spiagge in erosione la percentuale delle frazioni più fini è inferiore che nelle spiagge in avanzamento. È noto [WATTS 1953; INGLE, 1966; FRIEDMAN, 1967] che lungo le spiagge, intese in senso generico, le frazioni fini ($< 0,15$ mm) vengono continuamente mantenute in sospensione dal moto ondoso e trasportate al largo dalle correnti. Nelle spiagge in erosione, a causa dell'elevata energia che in esse viene sviluppata, questo fenomeno non solo si accentua quantitativamente, ma il trasporto verso il largo interessa frazioni via via meno fini. Le sabbie di spiagge in erosione rappresentano quindi dei sedimenti residui che si impoveriscono progressivamente delle frazioni più fini. Per questa ragione le loro curve cumulative risultano più o meno troncate verso le frazioni più piccole, presentando perciò asimmetrie generalmente negative o scarsamente positive, asimmetrie comunque che se negative sono maggiori e se positive inferiori a quelle delle sabbie di spiagge in avanzamento (a parità di M_z). In queste ultime, infatti, vi è prevalenza dell'accumulo, anche di materiale fine, sulla erosione e quindi la presenza di una certa coda verso le frazioni più piccole.

La prevalenza dell'accumulo sull'erosione può essere imputata principalmente o a massiccio apporto di materiale solido da parte di un corso di acqua o all'instaurarsi lungo la spiaggia di un regime di bassa energia, che può essere generato anche artificialmente (per esempio a mezzo di dighe frangionde).

La presenza delle frazioni fini in quantità più o meno elevata condiziona un altro indice granulometrico: la classazione. Secondo FRIEDMAN [1967], il trasporto e la deposizione delle sabbie lungo le spiagge (intese in senso generico) avviene principalmente per salti; vale a dire che il trasporto interessa soprattutto una sola popolazione di grani caratterizzati da determinate dimensioni. Gli elementi più grossolani, trasportati per rotolamento e trasciamento, e soprattutto quelli più fini, trasportati

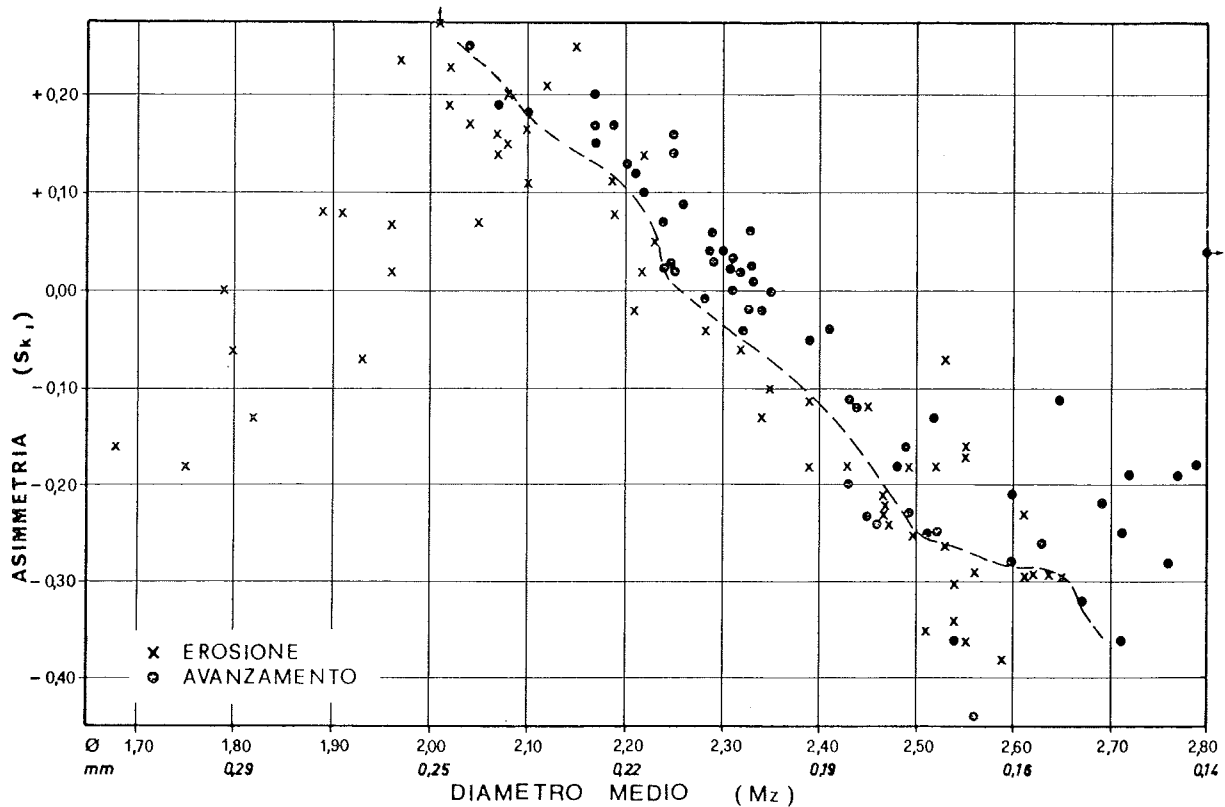


Fig. 4. - Relazione fra asimmetria e diametro medio per individuare spiagge in erosione e spiagge in avanzamento.

in sospensione, si depositano in quantità subordinate. Ora, proprio lungo le spiagge in erosione la separazione fra le diverse popolazioni di grani raggiunge i suoi limiti estremi a causa del notevole impoverimento delle frazioni più fini; per questa ragione il grado di selezione risulta assai elevato, più elevato che nelle sabbie di spiagge in avanzamento (a parità di Mz) ove, a causa della presenza di una non trascurabile percentuale di frazioni fini, vi è coesistenza di popolazioni dimensionalmente assai diverse fra loro. Quanto detto sopra influisce anche sul Kurtosis. Il fatto che nelle spiagge in erosione la prevalenza di una determinata popolazione di grani sia più accentuata che nelle spiagge in avanzamento ha per conseguenza che i Kurtosis delle prime siano più elevati di quelli delle seconde (a parità di Mz). È noto, infatti, [FOLK, 1966] che una mescolanza subeguale di più popolazioni di granuli dimensionalmente diverse dà curve cumulative con bassi valori di Kurtosis, mentre la mescolanza fra una popolazione nettamente prevalente con altre subordinate genera curve con alti valori di Kurtosis.

Oltre ai parametri granulometrici e ai diagrammi qui riportati, si sono rivelati in grado di distinguere nettamente spiagge in erosione e spiagge in avanzamento anche altri indici e altri diagrammi. Ad esempio, mettendo in relazione il Kurtosis con

la percentuale delle particelle con dimensioni $<0,06$ mm (peliti) oppure la Classazione con il Diametro medio, abbiamo ottenuto buone separazioni tra i due ambienti [DAL CIN, 1968]. Attualmente stiamo sperimentando l'efficacia, a questo stesso scopo, di altri indici granulometrici; per alcuni di questi abbiamo ottenuto risultati preliminari assai soddisfacenti.

4. Conclusioni.

L'analisi granulometrica di 121 campioni di sabbie di spiagge ha dimostrato che esiste la possibilità di individuare per mezzo di alcuni indici granulometrici spiagge in erosione e spiagge in avanzamento. Gli indici e le combinazioni risultati più efficaci a questo scopo sono: Kurtosis-diametro medio, Kurtosis-classazione, Kurtosis-asimmetria, asimmetria-diametro medio, Kurtosis, % $<0,06$ mm, classazione-diametro medio.

Le sabbie di spiagge in erosione hanno mostrato, a parità di diametro medio, Kurtosis e grado di selezione più elevati delle sabbie di spiagge in avanzamento; queste ultime, inoltre, hanno presentato asimmetrie delle curve cumulative più marcatamente positive o meno fortemente negative delle spiagge in erosione. Le cause fondamentali di queste dif-

ferenze granulometriche nei due ambienti devono essere ricercate nel fatto che mentre lungo le spiagge in erosione sono soprattutto le frazioni più fini, a causa dell'elevata energia che entra in gioco, ad essere progressivamente asportate, lungo le spiagge in avanzamento, al contrario, le frazioni più fini non solo non vengono asportate, ma addirittura possono depositarsi in percentuali non trascurabili.

Con i diagrammi qui riportati risulta quindi possibile stabilire con immediatezza, con grande facilità e con spesa modesta ove e quando si verificano processi di erosione o di avanzamento. Le possibilità di applicazioni pratiche di questi diagrammi appaiono evidenti; essi potranno venire utilmente impiegati nello studio di quelle spiagge di cui è ignota o poco conosciuta la dinamica e le tendenze evolutive; potranno servire a stabilire ove, in quali periodi e per quali direzioni e intensità del vento e quindi del moto ondoso si verificano processi di erosione e di avanzamento; permetteranno la conoscenza immediata degli effetti sulle spiagge delle difese a mare o di altre opere marittime; contribuiranno ad individuare, nello spazio e nel tempo, le fasi di avanzamento e di arretramento delle spiagge in equilibrio ed i periodi in cui si manifestano le inversioni nello spostamento; permetteranno di mettere in luce fin dal loro inizio eventuali processi di erosione lungo spiagge fino a quel momento in equilibrio, in modo da approntare con tempestività, prima cioè che il processo abbia raggiunto fasi troppo avanzate e abbia causato danni irreparabili, le opportune opere di difesa.

In definitiva la possibilità di indagare con poca spesa qualsiasi punto lungo la spiaggia, con la frequenza e il dettaglio che si desiderano e che la situazione locale impone, e inoltre la possibilità di conoscere immediatamente la tendenza evolutiva della spiaggia al momento della raccolta dei campioni, permetteranno non solo una conoscenza completa e dettagliata dell'evoluzione della spiaggia ma anche di correre con tempestività ai ripari qualora se ne presenti la necessità.

La conoscenza dettagliata e approfondita della dinamica delle spiagge potrà essere inoltre di valido aiuto anche nello studio e nella individuazione delle cause (spesso di carattere locale) degli spostamenti della linea di costa, presupposto, questo, indispensabile per l'approntamento di efficaci opere di difesa.

Naturalmente non bisogna attendersi da questo metodo granulometrico più di quanto possa dare. I dati che da esso si otterranno saranno solo qualitativi e non quantitativi sul fenomeno dell'erosione o dell'avanzamento. Inoltre esiste una certa percentuale di incertezza dato che vi sono dei casi di scon-

finamento nei diagrammi (anche se in numero assai basso, trattandosi di fenomeni naturali). Tuttavia è sperabile che una ulteriore, migliore separazione dei due campi si possa ottenere analizzando un maggior numero di campioni e prendendo in considerazione anche altri indici granulometrici, cosa che del resto si sta già facendo.

BIBLIOGRAFIA

- ANTONIAZZI A. (1968) - *L'erosione marina nel litorale forlivese*. «Pubbl. della Camera di Comm., Ind. Artig. e Agr. di Forlì», p. 67.
- BONDENSAN M. (1968) - *Nuovi dati sull'evoluzione dell'antico delta padano in epoca storica*. «Atti Ac. Sc. di Ferrara», v. 43-44, pp. 1-16.
- BORRESWARA RAO C. (1957) - *Beach erosion and concentration of heavy mineral sands*. «Journ. Sed. Petr.», v. 27, n. 2, pp. 143-147.
- BOSELLINI A. (1967) - *Erosione intercotidale presso la foce del Reno (Mare Adriatico)*. «Ann. Univ. Ferrara», Sez. IX, v. IV, n. 6, pp. 77-89.
- BRAMBATI A., VENZO G. A. (1967) - *Recent sedimentation in the Northern Sea between Venice and Trieste*. «St. Trent. Sc. Nat.», S. A, v. 44, n. 2, pp. 202-274.
- CAMOSCI A. (1964) - *La difesa e la riconquista delle spiagge erose dal mare*. Ed. Galeati, Imola, p. 209.
- DAL CIN R. (1968) - *Metodo granulometrico per individuare spiagge in erosione e spiagge in avanzamento*. «Ann. Univ. Ferrara», Sez. IX, v. IV, n. 14, pp. 213-236.
- DOEGLAS D. J. (1948) - *Old beaches in the Mediterranean*. «Int. Geol. Congr.», London.
- DOEGLAS D. J. (1949) - *The formation of beaches*. «C. R. Congr. Sedimentation et Quaternaire», pp. 81-88.
- EL-ASHRY M. T., WANLESS H. R. (1968) - *Photo interpretation of shoreline changes between Capes Hatteras and Fear (North Carolina)*. «Marine Geology», v. 6, n. 5, pp. 347-379.
- ETCHICHURY M. C., REMIRO J. R. (1967) - *Los sedimentos litorales de la provincia de Santa Cruz entre Punta Dungeness y Punta Dusengaño*. «Rev. Mus. Arg. Cien Nat.», «Bernardino Rivadavia», T. VI, n. 8, pp. 323-376.
- FOLK R. L. (1966) - *A review of grain-size parameters*. «Sedimentology», v. 6, n. 2, pp. 73-93.
- FOLK R. L., WARD W. C. (1957) - *Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters*. «Journ. Sed. Petr.», v. 27, n. 1, pp. 3-26.
- FOX W. T., LADD J. W., MARTIN M. K. (1966) - *A profile of the four moment measures perpendicular to a shore line, South Haven, Michigan*. «Journ. Sed. Petr.», v. 36, n. 4, pp. 1126-1130.
- FRIEDMAN G. M. (1961) - *Distinction between dune, beach and river sands, from their textural characteristics*. «Journ. Sed. Petr.», v. 31, n. 4, pp. 514-529.
- FRIEDMAN G. M. (1967) - *Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands*. «Journ. Sed. Petr.», v. 37, n. 2, pp. 327-354.
- GALLARETO E. (1960) - *La difesa delle spiagge e delle coste basse*. Hoepli, p. 303.
- GNACCOLINI M. (1968) - *Caratteristiche granulometriche di alcuni campioni di sabbie di spiaggia, di duna costiera,*

- di fiume, di ambiente marino epincritico e di arenarie presumibilmente deposte da correnti di torbidità. « Mem. Soc. Geol. It. », v. 2, fasc. 3, pp. 361-378.
- HAYES M. O. (1964) - *Grain-size modes in Padre Island sands*. « Gulf Coast Ass. Geol. Soc., Dep. Environ. South-Central Texas Coast », pp. 121-126.
- INGLE J. C. (1966) - *The movement of beach sand*. Dev. in Sedimentology 5, Elsevier, 221 p.
- LEONARDI P. (1960) - *Cause geologiche del graduale sprofondamento di Venezia e della sua laguna*. Atti Conv. Cons. Dif. lag. e città di Venezia, « Ist. Ven. Sc. Lett. Arti », pp. 1-21.
- MARTINS L. R. (1965) - *Significance of skewness and Kurtosis in environmental interpretation*. « Jour. Sed. Petr. », v. 35, n. 3, pp. 768-770.
- MASON C. C., FOLK R. L. (1958) - *Differentiation of beach, dune and aeolian flat environments by size analysis, Mustang Island, Texas*. « Journ. Sed. Petr. », v. 28, n. 2, pp. 211-226.
- MILLER R. L., ZEIGLER J. M. (1958) - *A model relating dynamics and sediment pattern in equilibrium in the region of shoaling waves, breaker zone and foreshore*. « Jour. Geol. », v. 66, n. 4, pp. 417-441.
- MOIOLA R. J., WEISER D. (1968) - *Textural parameters: an evaluation*. « Journ. Sed. Petr. », v. 38, n. 1, pp. 45-53.
- MOSETTI F., D'AMBROSI C. (1966) - *Cenni sulle vicissitudini costiere dell'alto Adriatico dedotte dall'attuale morfologia del fondo marino*. Atti Mem. Comm. Grotte « E. Boegan », v. VI, pp. 19-31.
- PANIZZA M. (1967) - *Confronto granulometrico di depositi fluviali e marini della Sicilia*. « Atti Ac. Gio. Sc. Nat. di Catania », s. VI, v. 19, pp. 268-288.
- PASSEGA R., RIZZINI A., BORGHETTI G. (1967) - *Transport of sediments by waves, Adriatic coastal shelf, Italy*. Am. Ass. Petr. Geol. Bull., v. 51, n. 7, pp. 1304-1319.
- PIGORINI B. (1967) - *Aspetti sedimentologici del Mare Adriatico*. « Mem. Soc. It. Sc. Nat. Mus. Civ. St. Nat. di Milano », v. 16, f. 3, pp. 131-193.
- STRAHLER A. N. (1966) - *Tidal cycle of changes in an equilibrium beach, Sandy Hook, New Jersey*. « Jour. of Geol. », v. 74, n. 3, pp. 247-268.
- VENZO G. A., STEFANINI S. (1967) - *Distribuzione dei carbonati nei sedimenti di spiaggia e marini dell'Adriatico settentrionale tra Venezia e Trieste*. « St. Trent. Sc. Nat. », s. A, v. 44, n. 2, pp. 18-201.
- VENZO G. A., BRAMBATI A. (1968) - *Evoluzione e difesa delle coste dell'alto Adriatico da Venezia a Trieste*. Riv. It. Geotecnica, n. 3, pp. 3-19.
- WATTS G. M. (1953) - *Field investigation of suspended sediment in the surf zone*. « John. J. W. ed., Proc. Fourth. Cong. Coast Engr. Coun. Wave Res. », Univ. California, Berkeley, pp. 181-199.

S U M M A R Y

Erosion and accretion of beaches determined by grain size parameters.

The size-frequency analysis of 121 samples of beach sand demonstrated that the possibility exists of distinguishing eroding beaches from ones in accretion by means of grain size parameters. The following combinations and parameters were the most efficacious for this purpose: Kurtosis-Mean diameter; Kurtosis-Standard deviation; Kurtosis-Skewness; Kurtosis-% < 0,06 mm; Skewness-Mean diameter; Standard

deviation-Mean diameter.

The sands of eroding beaches revealed a much higher Kurtosis and degree of sorting, for equal mean diameters, than the sands of advancing beaches; and the Skewness of the latter also was more decisively positive and less markedly negative than that of the sands of eroding beaches.

After the illustration of the causes of the differences of grain size distribution between the two environments, the possibilities for practical applications of this method are examined briefly.