

GIAN CAMILLO CORTEMIGLIA

L'APPORTO DELL'ANALISI MORFOMETRICA  
ALLO STUDIO DEL TRASPORTO  
DEL MATERIALE GROSSOLANO (\*)

**1. - Introduzione.**

La gliptogenesi in generale, soprattutto con i fenomeni di meteorizzazione, conduce alla formazione di frammenti rocciosi che, ripresi nei vari ambienti naturali dalle azioni di mobilitazione operate dai diversi agenti esogeni, evolvono in depositi di materiali sciolti.

Il trasporto e la deposizione di tale materiale grossolano procurano però una modificazione nel volume originario del frammento roccioso, formatosi per gliptogenesi, modificandolo sia nella forma, sia nell'aspetto della sua superficie laterale (grado di elaborazione).

La dimensionalità dei frammenti rocciosi che, generatisi per gliptogenesi, risultano compresi nella classe di lunghezza tra 20 e 200 mm, evolvono così in clasti, se mantengono ancora l'aspetto a spigoli vivi, ed in ciottoli, se mostrano invece la loro superficie laterale piuttosto levigata e smussata.

L'analisi morfometrica applicata allo studio di questi clasti e ciottoli consente così, attraverso la misura di alcuni loro parametri dimensionali, di determinare appositi indici e coefficienti atti a stimare, sia la forma, sia il grado di elaborazione, acquisiti dagli originari frammenti rocciosi ad opera del mezzo in cui è avvenuta la mobilitazione ed il trasporto.

---

(\*) Ricerca eseguita con il contributo del M.U.R.S.T. e del C.N.R. e presentata alla Paper session/seance «Field Experiments and Research Methods 2» della Third International Geomorphology Conference tenutasi ad Hamilton (Ontario-Canada) dal 23 al 28 agosto 1993.

Su questa base, quindi, uno dei principali e fondamentali scopi dell'analisi morfometrica dei clasti e dei ciottoli diviene pertanto, come già indicato da Cailleux A. (1945, p. 375), quello di verificare se è possibile utilizzarla come metodo autonomo di determinazione del tipo di ambiente in cui sono avvenuti il trasporto e la mobilitazione, cioè praticamente se può essere considerata un indicatore dell'ambiente genetico di formazione.

Infatti l'analisi morfometrica, pur essendo stata talora applicata a depositi della penisola italiana per stabilirne le caratteristiche ambientali e di formazione (Farabegoli E. & Ricci Lucchi F., 1973; Salvati L., 1978; Capuano N. & Pappafico G., 1992), in realtà non ha ancora subito un'esaustiva verifica sulla sua capacità o meno di definire inequivocabili aree di pertinenza di ciascun ambiente formazionale.

Applicando quindi l'analisi morfometrica a campioni di clasti e ciottoli provenienti da vari ambienti (detritico, morenico, fluviale e marino) si è pertanto svolta una ricerca finalizzata a verificare se i risultati ottenibili permettono di discriminare l'ambiente di formazione.

## 2. - **Caratteri metodologici seguiti nell'indagine.**

La metodologia di applicazione dell'analisi morfometrica richiede innanzitutto di operare su clasti e ciottoli della stessa dimensionalità, in quanto, come mostrato da Cailleux A. & Tricart J. (1963), ogni classe dimensionale fornisce propri valori morfometrici. In particolare, nell'ambito del precitato intervallo diametrico dei clasti e ciottoli, compreso tra 20 e 200 mm, il campo di variabilità dimensionale entro cui, secondo Bluck B.J. (1967) e Dobkins J.E. & Folk R.L. (1970), si ottengono le migliori risposte dall'analisi morfometrica, risulta, in generale, quello compreso tra 38 e 128 mm, ma più specificatamente, come indicato da Cailleux A. & Tricart J. (1963), quello tra 40 e 60 mm.

Poiché nell'ambito di tale dimensionalità (40÷60 mm) anche le diverse popolazioni litologiche presentano, sotto l'effetto dello stesso agente naturale, come indicato da Cailleux A. & Tricart J. (1963) e ricavato sperimentalmente da Cortemiglia G.C. (1985), gradi diversificati di elaborazione, è necessario utilizzare nel confronto e nella correlazione la stessa litofacies di riferimento.

Pertanto, in questa indagine sulla rappresentatività ambientale dei caratteri morfometrici, è stata utilizzata la litofacies calcarea, in quanto le rocce carbonatiche, malgrado la loro grande differenza di caratteri tessiturali e composizionali, forniscono comunque, secondo Cailleux A. (1945), risultati morfometrici molto coerenti e confrontabili.

Inoltre questi clasti e ciottoli della stessa litofacies (calcari) e dimensionalità (40÷60 mm) acquisiscono però quei caratteri morfometrici corrispondenti all'effetto dei diversi agenti naturali solo dopo che questi hanno agito, come mostrato da Cortemiglia G.C. (1985), per un tempo sufficientemente lungo, per cui nel prelevamento dei campioni sono stati utilizzati affioramenti ormai sottoposti da lunga data all'azione del mezzo.

Tali campioni, prelevati in numero di 7 per l'ambiente detritico, di 5 per quello morenico alpino, di 40 per il fluviale e di 14 per il marino, essendo stati raccolti in varie località della penisola italiana possono altresì ritenersi rappresentativi del clima temperato.

Ciascun campione risulta inoltre costituito da 120 individui a classe di lunghezza compresa tra 40 e 60 mm, in quanto, come indicato da Thébaud J.Y. (1969), così si riducono, con il 95% delle probabilità, gli errori di misura al di sotto del 1% del valore medio reale, per cui, complessivamente, la ricerca è avvenuta sull'esame di 7.920 tra clasti e ciottoli.

Su ciascun individuo dei 120 costituenti la popolazione di ogni campione prelevato sono state eseguite, con il calibro digitale "CDB STORM" a risoluzione di 0,01 mm ed a precisione di  $\pm 0,01$  mm, le misure in mm dei parametri dimensionali della lunghezza (A), della larghezza (B) e dello spessore (C).

Utilizzando le indicazioni di Cailleux A. & Tricart J. (1963) è stato altresì misurato in mm il raggio di curvatura di primo ordine ( $r$ ), mentre, con l'uso di una bilancia idrostatica, è stato anche determinato il volume reale ( $V_R$ ).

Tale volume reale ( $V_R$ ), come indicato da Cortemiglia G.C. (1989), risulta ampiamente differenziato rispetto a quello calcolato ( $V_E$ ), denominato da Rosfelder A. (1961) ellissoide equivalente od ellissoide di riferimento, assimilando il clasto od il ciottolo ad un ellissoide con assi  $2a=A$ ,  $2b=B$ ,  $2c=C$ .

Per siffatto motivo, utilizzando la metodologia proposta da Cortemiglia G.C. (1989), sono stati altresì calcolati, per ciascuno dei

120 individui costituenti il campione, il volume dell'ellissoide equivalente o di riferimento ( $V_E$ ), nonché la relativa superficie laterale (SL) ed il diametro della sfera nominale o diametro di Waddell H. (1934), per ottenere così la completezza delle conoscenze dimensionali.

Con i valori di tutti questi parametri, sono stati quindi calcolati, per ciascuno dei 120 individui di ogni campione raccolto, gli indici morfometrici descrittivi sia del grado di elaborazione subita, sia della forma acquisita.

Per la determinazione del grado di elaborazione, tra i vari indici morfometrici proposti in letteratura, sono stati prescelti, perché ritenuti più probanti, l'indice d'é moussé di Cailleux A. (1947) e il Roundness Index di Kuenen Ph. D. (1956).

Per i caratteri descrittivi della forma sono stati invece calcolati l'Intercepts Sphericity (SF) di Krumbein W.C. (1941), l'Indice de portance ( $\Omega$ ) di Rosfelder A. (1961), l'Oblate-Prolate Index (OP) di Dobkins J.E. & Folk R.L. (1970), l'Indice d'Aplattissement (AP) di Cailleux A. (1945), lo Shape Parameter di Winkelmoen A.M. (1982) calcolato ed espresso come coefficiente di forma reale (CFR) da Cortemiglia G.C. (1989), ed infine il Coefficiente di forma semplificato (CFS) ed il coefficiente di forma calcolato (CFC) di Cortemiglia G.C. (1989).

Inoltre, poiché le modificazioni di volume, come indicato da Thébault J.Y. (1969, p. 31), permettono di considerare globalmente l'insieme dei parametri dimensionali e di forma, è stato calcolato anche l'Indice percentuale di dimensionalità ( $V_R < V_E$ ) di Cortemiglia G.C. (1989).

Questo indice si ricava calcolando la differenza tra il volume reale ( $V_R$ ) ed il volume dell'ellissoide equivalente ( $V_E$ ) per ognuno dei 120 individui costituenti il campione e quindi determinando la percentuale nel campione di individui che presentano il volume reale ( $V_R$ ) più piccolo di quello equivalente ( $V_E$ ).

La frequenza di quanti individui del campione presentino  $V_R < V_E$  consente quindi di stimare, in senso lato e generale, se volumetricamente prevalgono ancora le originarie caratterizzazioni parametriche del frammento roccioso prodottosi per gliptogenesi oppure se siano subentrate, per effetto degli agenti naturali, dimensionalità ormai condizionate e governate dall'ambiente di mobilizzazione e trasporto.

Infatti frequenze di  $V_R < V_E$  risulteranno molto elevate in caso di prevalenza di condizioni parametriche gliptogenetiche, mentre diverranno sempre più ridotte e basse al prevalere dell'effetto dovuto al mezzo ambiente.

Calcolati quindi, per ciascuno dei 120 individui costituenti il campione, i precitati indici e coefficienti morfometrici, si è proceduto alla determinazione delle mediane, in quanto, sulla base dei risultati ottenuti da Cailleux A. & Tricart J. (1963), ritenute il parametro della tendenza centrale più rappresentativo della popolazione esaminata.

Le mediane dei vari indici morfometrici ottenute dai 120 individui di ciascun campione, hanno permesso così di ricavare, per ogni ambiente esaminato, i valori minimo e massimo riportati nella Fig. 1.

Nell'ambito poi di ciascuna delle precitate serie di 120 valori di indici morfometrici, i cosiddetti dati campionari, è stato altresì ricavato, oltre alla mediana, secondo le indicazioni di Cailleux A. (1945) e Graulich J.M. (1951), anche il relativo istogramma della loro distribuzione.

Utilizzando quindi le frequenze (variabile  $x$ ) e i rispettivi valori centrali dell'intervallo di classe (variabile  $y$ ) è stato tracciato il relativo diagramma di dispersione della relazione tra il  $\log x$  ed il  $\log y$  (variabili trasformate), riscontrandone una relazione lineare.

Il calcolo della relativa retta interpolante, con valori del coefficiente di correlazione compresi tra 0,92 e 0,99, ha quindi fornito il coefficiente angolare o coefficiente di regressione, che è stato così assunto, unitamente alla mediana, come rappresentativo della distribuzione.

Infatti tale coefficiente di regressione presenta la proprietà di esprimere di quanto varia in media, per ciascun campione, un dato indice morfometrico al variare del suo intervallo di classe.

Anche per questi coefficienti di regressione dei vari indici morfometrici è stato riportato nella Fig. 2, per ogni ambiente esaminato, i valori minimo e massimo assoluti ritrovati.

### 3. - Risultati ottenuti.

I campioni raccolti hanno fornito 7.920 clasti e ciottoli a classe di lunghezza compresa tra 40 e 60 mm con volumi misurati ( $V_R$ ) compresi tra 80.004 mm<sup>3</sup> (ciottolo fluviale) e 2.000 mm<sup>3</sup> (ciottolo fluviale e marino).

# INDICI MORFOMETRICI

## CAMPO DI VARIABILITÀ DELLE MEDIANE

TIPO DI AMBIENTE	INDICI DI ELABORAZIONE				INDICI DI FORMA															
	E		K		SF		Ω		OP		AP		CFR		CFS		CFC		$V_r < V_e$	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
DETRITICO	43,44	124,01	0,072	0,180	0,619	0,715	1,407	1,533	+ 0,575	+ 4,887	1,687	1,969	2,674	4,461	7,679	12,667	13,687	16,927	70	100
MORENICO	72,83	122,59	0,112	0,183	0,623	0,705	1,448	1,633	+ 0,343	+ 2,833	1,794	2,151	3,996	4,659	11,826	13,422	11,913	16,073	56	84
FLUVIALE	139,69	341,95	0,211	0,520	0,536	0,705	1,441	2,216	- 3,491	+ 3,280	1,806	3,420	3,192	5,292	8,020	15,725	8,067	15,047	16	86
MARINO	215,47	362,32	0,398	0,535	0,541	0,677	1,558	2,280	- 2,267	+ 4,374	1,983	3,524	2,935	4,824	7,585	13,605	7,787	14,647	18	90

Fig. 1 - Campo di variabilità delle mediane dei principali indici e coefficienti morfometrici calcolati su 66 campioni, costituiti ciascuno da 120 clasti o ciottoli di litofacies calcarea e prelevati, con classe di lunghezza 40 ÷ 60 mm, in ambienti detritico (7 campioni), morenico (5 campioni), fluviale (40 campioni) e marino (14 campioni), di varie località della penisola italiana (fascia climatica temperata).

E =  $\delta$ , dice d'émoussé de 1° ordre di Cailleux A. (1947 e 1961); K = Roundness Index di Kuenen Ph. D. (1956); SF = Intercepts Sphericity di Krumbein W. C. (1941); Ω = Indice di portance di Rosfelder A. (1961); OP = Oblate-Prolate Index di Dobkins J. E. & Folk R. E. (1970); AP = Indice d'aplatissement di Cailleux A. (1945 e 1961); CFR = Shape parameter di Winkelmoelen A. M. (1982) o coefficiente di forma reale di Cortemiglia G. C. (1989); CFS = Coefficiente di forma semplificato di Cortemiglia G. C. (1989); CFC = Coefficiente di forma calcolato di Cortemiglia G. C. (1989);  $V_r < V_e$  = Indice di percentuale di dimensionalità di Cortemiglia G. C. (1992a, 1992b).

# INDICI MORFOMETRICI

## CAMPO DI VARIABILITÀ DEI COEFFICIENTI ANGOLARI

TIPO DI AMBIENTE	INDICI DI ELABORAZIONE				INDICI DI FORMA															
	E		K		SF		Ω		OP		AP		CFR		CFS		CFC		$V_r$	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
DETRITICO	0,039	0,626	0,252	1,711	3,166	7,046	1,496	3,310	4,275	5,484	0,307	0,812	2,755	4,107	1,280	3,707	1,722	3,239	0,948	2,400
MORENICO	0,630	1,584	0,015	3,274	3,413	5,727	2,079	3,004	1,503	5,396	0,485	0,921	2,485	3,115	1,795	2,814	2,410	3,216	1,401	1,932
FLUVIALE	0,483	2,594	1,033	2,851	2,058	7,126	1,664	4,089	1,888	5,962	0,345	2,181	1,876	3,854	1,096	3,534	1,131	3,124	0,065	2,211
MARINO	1,267	2,079	1,267	2,079	3,274	6,027	1,730	4,993	2,829	9,273	0,424	2,685	2,345	4,721	1,144	3,558	1,046	2,638	1,768	2,511

Fig. 2 - La tabella riporta, separatamente per i vari ambienti esaminati e per ciascuno dei vari indici morfometrici di cui alla fig. 1, i valori minimo e massimo del coefficiente angolare o coefficiente di regressione ritrovati nel calcolo della retta interpolante il diagramma bilogarithmico ottenuto per ciascun campione tra valori centrali di classe e relative frequenze cumulate.

Il relativo diagramma di dispersione dello scarto percentuale  $\{(V_R - V_E) 100 / V_R\}$  tra i volumi misurati ( $V_R$ ) ed i volumi equivalenti ( $V_E$ ) ha confermato la presenza di un incremento, peraltro già segnalato da Cortemiglia G.C. (1989), della differenza  $V_R - V_E$  al diminuire del volume  $V_R$ , per cui solo con volumi  $V_R > 20.000 \text{ mm}^3$  tale differenza risulta minimale.

Le mediane degli indici morfometrici descrittivi sia della elaborazione (E e K), sia della forma (SF,  $\Omega$ , OP, AP, CFR, CFS, CFA,  $V_R < V_E$ ), non sono però risultate significativamente valide per distinguere l'ambiente in cui è avvenuta la loro mobilitazione.

Infatti il campo di variabilità delle mediane degli indici morfometrici (Fig. 1) presenta, per i vari ambienti, troppo ampi intervalli comuni di sovrapposizione.

In generale, per gli indici morfometrici descrittivi dello smussamento (E e K), si può peraltro solo riconoscere una tendenza a mostrare gradi di elaborazione sempre più elevati al crescere della dinamicità del mezzo.

Tale situazione risulta quindi conforme ai dati sperimentali segnalati da Cortemiglia G.C. (1985) sulla diretta proporzionalità tra grado di elaborazione ed energia del mezzo.

Parimenti anche il campo di variabilità dei coefficienti angolari delle rette interpolanti i 120 valori argomentali di ogni indice morfometrico, come indicato nella Fig. 2, presentano analogo comportamento, mostrando anch'essi ampi intervalli comuni di sovrapposizione per i vari ambienti esaminati.

In particolare, riportando per ogni indice morfometrico, su uno stesso diagramma, i valori del campo di variabilità dei coefficienti angolari o di regressione ritrovati per i vari ambienti esaminati (Fig. 3), si configurano chiaramente i precitati intervalli comuni di sovrapposizione.

Anche la realizzazione, per ciascun indice morfometrico, di diagrammi di dispersione tra mediana e coefficiente angolare o di regressione non evidenzia, come mostra la Fig. 4, netti criteri di separazione per i vari ambienti esaminati.

Poiché i vari indici morfometrici di Figg. 1, 3 e 4 non risultano in grado di distinguere senza alcuna incertezza per clasti e ciottoli di litofacies calcarea a classe di lunghezza tra 40 e 60 mm il relativo ambiente di mobilitazione e trasporto divengono altresì in tal senso

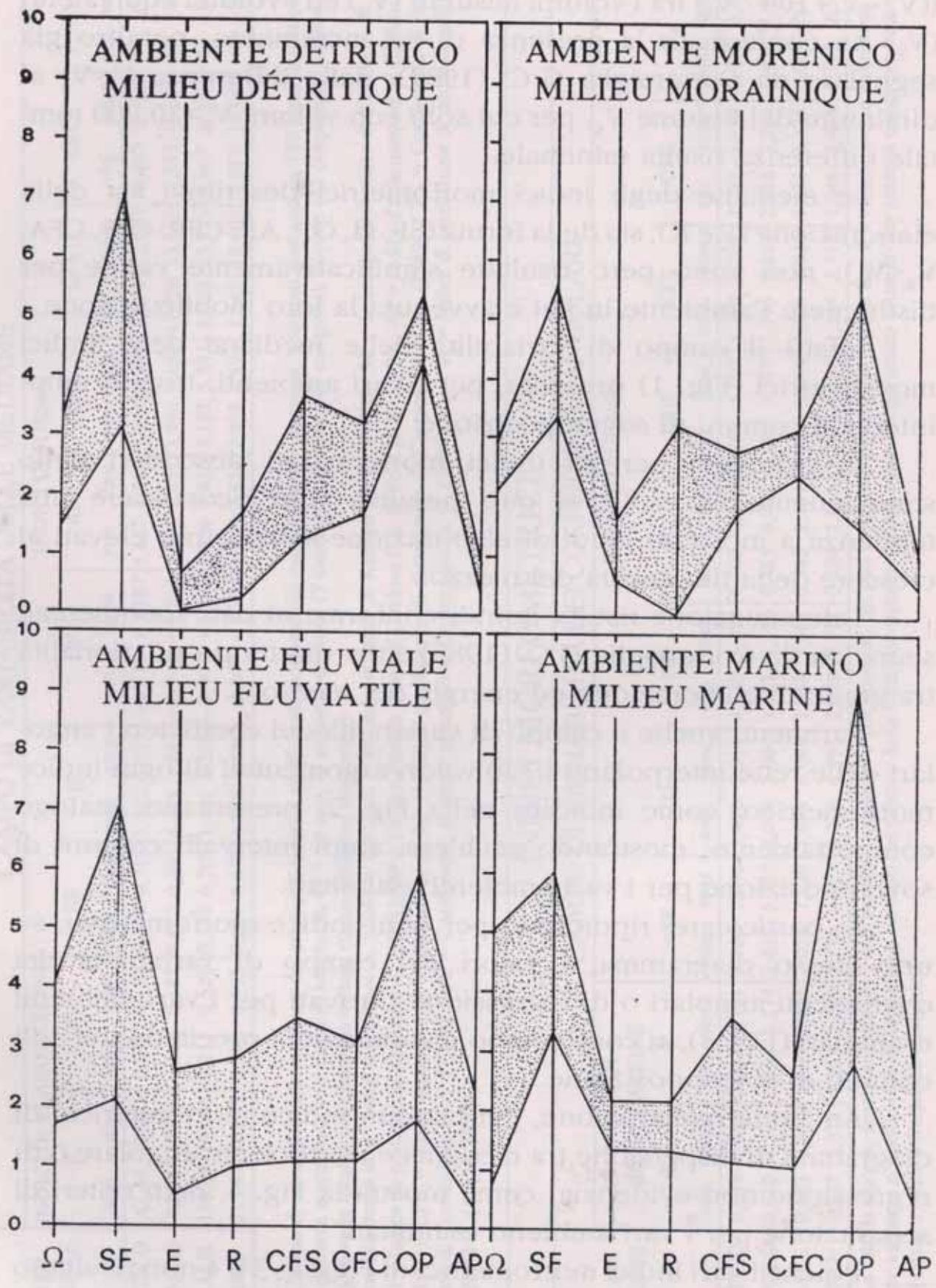


Fig. 3 - Andamento del campo di variabilità dei vari indici morfometrici della fig. 2, da cui si evince, non solo la mancanza di separati campi di pertinenza dei diversi ambienti, ma soprattutto la evidente presenza, per ogni indice morfometrico, di intervalli di valori comuni ai vari ambienti.

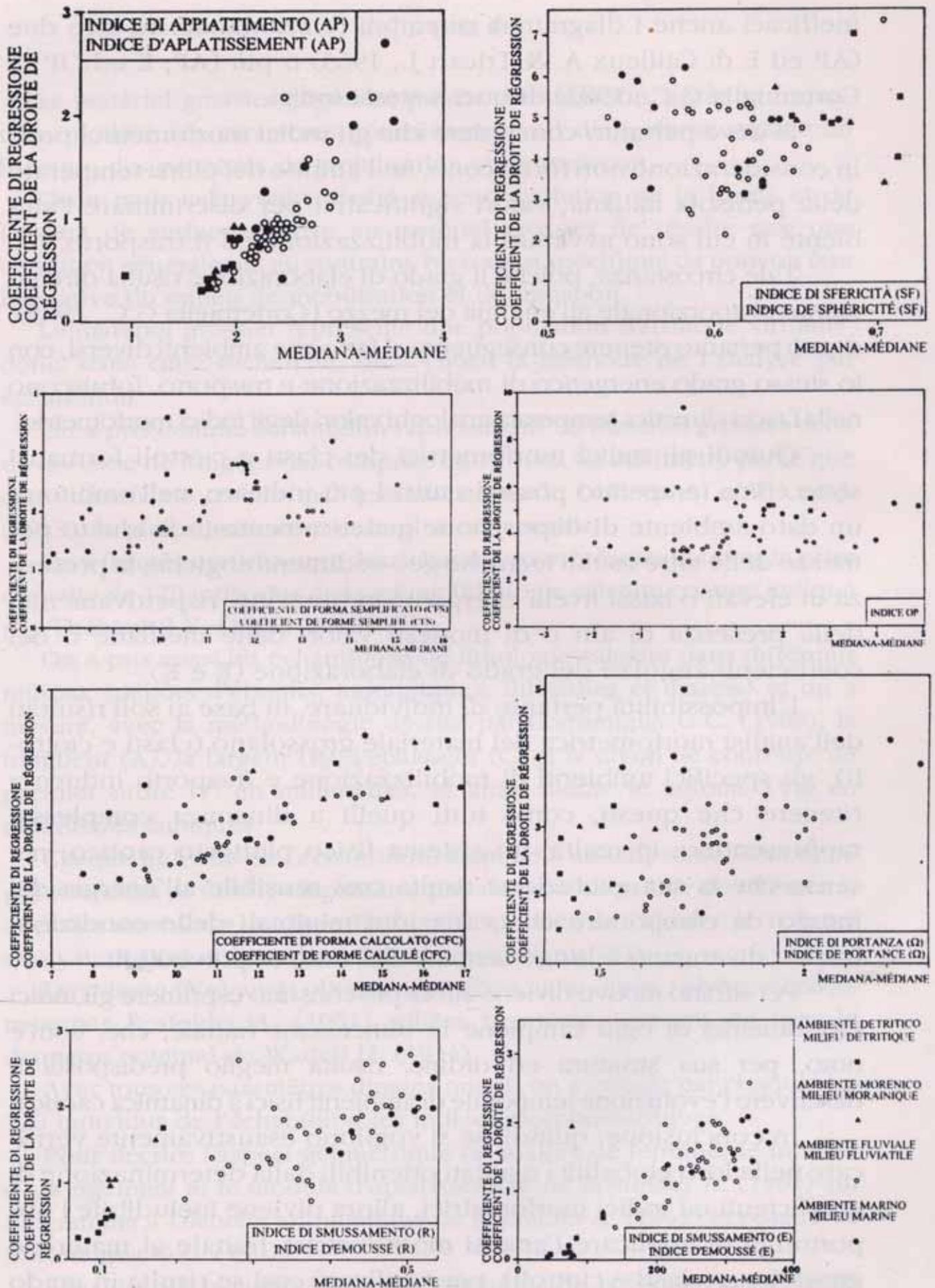


Fig. 4 - I diagrammi mostrano per ogni indice morfometrico la distribuzione tra mediana e coefficiente angolare dei vari campioni esaminati, da cui si ricava che nessuno degli indici morfometrici di fig. 1 e 2 risulta in grado di definire specifiche e separate aree di pertinenza per ciascun ambiente formazionale.

inefficaci anche i diagrammi ottenibili relazionando tra loro due (AP ed E di Cailleux A. & Tricart J., 1963) o più (AP, E ed OP di Cortemiglia G.C., 1983) di questi stessi indici.

Si deve pertanto concludere che gli indici morfometrici presi in considerazione non forniscono, nell'ambito del clima temperato della penisola italiana, valori significativi per discriminare l'ambiente in cui sono avvenuti la mobilizzazione ed il trasporto.

Tale circostanza, poiché il grado di elaborazione risulta direttamente proporzionale all'energia del mezzo (Cortemiglia G.C., 1985), si può pertanto ritenere conseguente al fatto che ambienti diversi, con lo stesso grado energetico di mobilizzazione e trasporto, forniscono nella fascia climatica temperata analoghi valori degli indici morfometrici.

Quindi gli indici morfometrici dei clasti e ciottoli formatisi sotto clima temperato possono tutt'al più indicare, nell'ambito di un dato ambiente di deposizione geneticamente individuato per mezzo delle altre usuali tecniche geo-sedimentologiche, la presenza di elevati o bassi livelli energetici in funzione, rispettivamente, della presenza di alti o di modesti valori delle mediane o dei coefficienti angolari del grado di elaborazione (E e K).

L'impossibilità pertanto di individuare, in base ai soli risultati dell'analisi morfometrica del materiale grossolano (clasti e ciottoli), gli specifici ambienti di mobilizzazione e trasporto induce a ritenere che questi, come tutti quelli a dinamica complessa, rappresentino, in realtà, un sistema fisico piuttosto caotico, nel senso che la sua evoluzione risulta così sensibile all'energia del mezzo da comportare che variazioni minimali delle condizioni iniziali divengano a lungo termine del tutto imprevedibili.

Per siffatto motivo diviene allora più consono esprimere gli indici morfometrici di ogni campione in dimensione frattale, che, com'è noto, per sua struttura ed ordine, risulta meglio predisposta a descrivere l'evoluzione temporale di ambienti fisici a dinamica caotica.

In conclusione, quindi, se si vogliono esaustivamente verificare nella loro globalità i risultati ottenibili dalla determinazione di coefficienti ed indici morfometrici, allora diviene ineludibile l'opportunità di applicare l'analisi morfometrica frattale al materiale grossolano (clasti e ciottoli), per verificare così se risulta in grado di fornire una risposta positiva alla possibilità di identificarne i relativi ambienti di mobilizzazione e trasporto.

## R É S U M É

Le matériel grossier engendré par la météorisation, après sa formation, modifiée ses caractères géométriques et l'allure de sa surface en fonction des procédés de mobilisation et de transport.

On a pour cela voulu vérifié si cette évolution de la forme et de l'aspect de surface relative au matériel grossier ne résulte que une condition générale ou, au contraire, bien aussi spécifique de pouvoir être indicative du milieu de mobilisation et de transport.

Le matériel grossier représente une population statistique virtuelle, donc, dans cette recherche, on a choisi la méthode de l'analyse par échantillon.

On a pris comme échantillon représentatif du matériel grossier celui de la classe de longueur (A) comprise entre 40 et 60 millimètre parce que cette dimension résulte, par les indications de Cailleux A. et Tricart J. (1963), la plus significative et la plus convenable.

On a formé aussi chacune des échantillons représentatifs avec la prise casuelle de 120 individus de la même lithologie calcaire comme indiqué par Thébaud J.Y. (1969).

On a pris aussi les échantillons de lithologie calcaire dans différents milieux (dépôts d'éboulis, morainiques, fluviatiles et marins) et on a mesuré, avec la méthodologie décrite par Cortemiglia G.C. (1989), la longueur (A), la largeur (B), l'épaisseur (C) et la rayon de courbure de premier ordre (r) en millimètres, et aussi même le volume (Vr) en millimètres cubiques.

Chaque individu de l'échantillon, assimilé à un ellipsöide, dénommé par Rosfelder A. (1961) ellipsöide equivalent ou ellipsöide de référence, avec les axes  $2a = A$ ,  $2b = B$ ,  $2c = C$ , permet de calculer le volume equivalent (Ve) et la surface latérale équivalente (SI).

Le volume (Ve) aussi obtenu, assimilé a celui d'une sphère, dénommée par Rosfelder A. (1961) sphère nominale, consent de tirer le diamètre nominal de Wadell H. (1934).

Avec tous ces paramètres dimensionnels on a calculé par chaque des 120 individus de l'échantillon les indices morphométriques.

Pour décrire l'aspect géométrique on a alors dé terminé: le module d'allongement et le module d'aplatissement de Rosfelder A. (1961) sur diagramme à l'échelle arithmétique de Rosfelder A. (1961) et polaire de Cortemiglia G.C. (1991).

Pour décrire le comportement dynamique de la forme on a calculé: l'indice de sphéricité (SF) de Krumbein W.C. (1941), l'indice de portance ( $\Omega$ ) de Rosfelder A. (1961), le coefficient de forme (CFR) de Winkelmoelen

A.M. (1982) et le coefficient de forme simplifié (CFS) de Cortemiglia G.C. (1989).

Pour décrire le degré d'élaboration on a déterminé: l'indice d'émoussé de premier ordre (E) de Cailleux A. (1947) et l'indice d'émoussé (R) de Kuenen Ph.D. (1956).

On a calculé par chaque échantillon la médiane des tous ces indices qui à été choisie comme représentative de la population des individus.

On a trouvé aussi pour les différents milieux (éboulis, morainique, fluviale, marin) le domaine de compétence des médianes des tous les indices calculés.

Les résultats de cette analyse morphométrique indiquent que chaque milieu ne présente pas un domaine des médianes spécifique et unique, parce que on peut avoir les mêmes valeurs des indices dans différents milieux si l'énergie en jeu c'est la même.

#### S U M M A R Y

The geometric features and surface appearance of coarse material formed through meteorisation become slowly modified in connection with mobilisation and transport processes.

It was hereby attempted to verify whether this evolution brings about an overall pattern for all kinds of medium, or a specific one, whereby pattern differences may enable us to pinpoint the mobilisation and transport medium in which the process has taken place.

Since coarse material is, from a statistical viewpoint, a virtual population, this research has been carried out through a sample investigation.

The coarse material falling within the length (A) class between 40 and 60 mm has been taken as a significant sample of this virtual population. This procedure is justified by the advice of Cailleux A. and Tricart J. (1963), who stress that such size class is the most significant and suitable for similar investigations.

Moreover, each representative sample has been collected through a random choice of 120 items of the same lithological make-up, since such a choice, as shown by Thébaud J.Y. (1969), provides an acceptable level of statistical reliability.

Samples of limestone lithofacies have been taken out of several environments (detritic, morainic, fluvial, marine) and, by means of the methods described by Cortemiglia G.C. (1989), the following basic dimensional parameters have been investigated: length (A), breadth (B),

thickness (C), and first order bending radius (r), expressed in millimetres, as well as the volume expressed in cubic millimetres.

After equating each individual clast or pebble with a tri-axial ellipsoid having axes  $2a = A$ ,  $2b = B$ ,  $2c = C$ , defined by Rosfelder A. (1961) as the "reference ellipsoid" or "ellipsoid equivalent", the relevant calculations for the measurement for the volume ( $V_e$ ) and the lateral surface (SI) have been carried out by computer. These measures were expressed in cubic or square millimetres.

Moreover, by assuming the volume ( $V_e$ ) thus calculated, to be that of a sphere, the nominal diameter according to Wadded H. (1934) has been calculated too.

After determining these dimensional parameters of the various sample items, the relevant calculations of the various morphometric indices have been carried out.

For a description of the geometric appearance, the lengthening and flattening indices of Rosfelder A. (1961) were calculated. The attendant dispersion diagrams were traced by Rosfelder's (1961) Cartesian method and by Cortemiglia's (1989) polar method.

In order to pinpoint the dynamic behaviour of the shape of clasts and pebbles, the following indices were calculated: that of sphericity (SF) by Krumbein W.C. (1941), that of aerodynamic lift index ( $\Omega$ ) by Rosfelder A. (1961), that of shape (CFR) by Winkelmoen A.M. (1982), and the simplified shape index by Cortemiglia G.C. (1989).

For a description of the wearing out level, the rounding indices (E) by Cailleux A. (1947) and (R) by Juenen Ph.D. (1956) were also calculated.

The median of the indices thus calculated for each sample were then determined, and each median was assumed to be representative of its respective sample.

In this way, the intervals of the medians for all morphometric indices were obtained for the various environments (detritic, morainic, fluvial, marine) from which samples were taken.

The results of this morphometric analysis show that none of the environments which have been examined appear to possess specific and peculiar value intervals for the medians of the various morphometric indices. Depending upon the wearing out level of the milieu, we have observed similar values for the different environments, provided these have the same mobilisation and transport energy.

## BIBLIOGRAFIA

- BLUCK B.J., *Sedimentation of Beach Gravels: Examples from South Wales*, «Journ. Sed. Petr.», Vol. 37, n. 1, 1967, pp. 128-156.
- CAILLEUX A., *Distinction des galets marins et fluviatiles*, «Bull. Soc. Géol. Fr.», s. 5, t. 15, fasc. 7-8, 1945, pp. 375-404.
- CAILLEUX A., *L'indice d'émoissé. Détermination et première application*, «C.R. Somm. Soc. Géol. Fr.», n. 13-14, 1947, pp. 251-252.
- CAILLEUX A. & TRICART J., *Initiation à l'étude des sables et des galets*, «Cent. Doc. Univ.», Tome 1, 1963, p. 369.
- CAPUANO N. & PAPPAFICO G., *Analisi morfometrica e compositiva delle ruditi plioceniche del Montefeltro (Marche)*, «Acta Nat. Aten. Parmense», Vol. 28, n. 1-2, 1992, pp. 21-36.
- CORTEMIGLIA G.C., *Il contributo della morfometria dei ciottoli ai problemi del trasporto solito*, «Atti XXIII Congr. Geogr. It.», Vol. II, Tomo I, 1983, p. 213.
- CORTEMIGLIA G.C., *Valutazione sperimentale del grado di elaborazione dei ciottoli in ambiente marino*, «Boll. Soc. Geol. It.», Vol. 104, 1985, pp. 429-443.
- CORTEMIGLIA G.C., *Modalità di determinazione pratica del coefficiente di forma nello studio della morfometria dei ciottoli di depositi olocenici*, «Mem. Soc. Geol. It.», Vol. 42, 1989, pp. 109-117.
- CORTEMIGLIA G.C., *Caratteri morfometrici generali di ciottoli raccolti su spiagge del tratto costiero orientale dell'Isola d'Elba*, «Atti 10° Congr. "A.I.O.L."», Alassio 4-6 novembre 1992, 1992a.
- CORTEMIGLIA G.C., *Morfometria di clasti calcarei appartenenti a detriti di falda ed a depositi glaciali*, «Geogr. Fis. Dinam. Quat.», Vol. 15, fasc. 1-2, 1992b, pp. 1-10.
- DOBKINS J.E. & FOLK R.L., *Shape Development on Tabiti Nui*, «Jour. Sed. Petr.», Vol. 40, n. 4, 1970, pp. 1167-1203.
- FARABEGOLI E. & RICCI LUCCHI F., *Studio sedimentologico di alcuni conglomerati messiniani dell'avansfossa padana-appenninica*, «Atti Soc. Nat. Mat. Modena», Vol. 104, 1973, pp. 193-238.
- GRAULICH J.M., *L'emploi des courbes cumulatives dans l'étude de l'indice d'émoissé des galets*, «Ann. Soc. Géol. Belg.», Tome 74, 1951, pp. 155-162.
- KRUMBEIN W.C., *Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles*, «Journ. Sed. Petr.», Vol. 11, 1941, pp. 64-72.
- KUENEN PH. D., *Experimental abrasion of pebbles, 2 Rolling by current*, «Jour. Geol.», Vol. 64, n. 4, 1956, pp. 336-368.

- ROSFELDER A., *Contributions à l'analyse texturale des sédiments*, «Serv. Carte Géol. Algér.», Vol. 29, 1961, p. 310.
- SALVATI L., *Studio litologico, dimensionale e morfometrico dei conglomerati neogenici affioranti a SW del Monte Amiata (Toscana)*, «Boll. Serv. Geol. It.», Vol. 99, 1978, pp. 311-352.
- TERMIER H. & TERMIER G., *L'évolution de la Lithosphère. III Glyptogénèse*, Masson & C. Éditeurs, Paris, 1961, p. 471.
- THÉBAULT J.Y., *Contribution à l'étude des formes des galets*, «B.R.G.M.», s. 2, sec. 4, n. 2, 1969, pp. 1-105.
- TOLA F., *Étude du transport de galets par les torrents au moyen de traceurs radioactifs*, «La Houille Blanche», n. 3-4, 1989, pp. 231-234.
- WADELL H., *Shape determination of large sedimented rock fragments*, «Pan. Amer. Geol.», Vol. 61, 1934, pp. 187-220.
- WINKELMOLEN A.M., *Critical remarks on grain parameters with special emphasis on shape*, «Sedimentology», Vol. 29, n. 2, 1982, pp. 255-265.