

ENNIO PENNACCHIONI (\*) & PAOLA VIVALDA (\*\*)

## VARIAZIONI MORFOLOGICHE E GRANULOMETRICHE ANNUALI DI TRE SPIAGGE GHIAIOSE DEL LITORALE MARCHIGIANO MERIDIONALE (\*\*\*)

ABSTRACT: PENNACCHIONI E. & VIVALDA P., *Annual morphology and granulometry variations of three pebble beaches of the Southern Marche (Central Italy)* (IT ISSN 0084-8948, 1985).

This note reports the results of seven surveys carried out within one year on three emerged pebble beaches along Marche Region coast-line. On the three mentioned shores morphological and grain-size studies were carried out in connection with storms which normally or exceptionally happened along this coast-line. The studied beaches showed, within the period of our surveys, a trend to erosion and sometimes a very strong one.

The morphological analysis made it possible to locate three zones along the beaches profiles which show clear variations both in the width and thickness of sediments in response to the passage of the chief coastal storms.

Really the chief damage to the shore was caused by the storms from East and South-East. The grain-size and FOLK & WARD (1957) parameters were worked out of each sample from the transverse profile of shores. The results obtained from these analysis visualized on diagrams, showed as far as the mean-size is concerned, a clear trend to reduction going towards the shoreline.

The sorting index is better for coarse sediments, really the finest sediments showed a comparatively good value of sorting only along the shoreline.

RIASSUNTO: PENNACCHIONI E. & VIVALDA P., *Variazioni morfologiche e granulometriche annuali di tre spiagge ghiaiose del litorale marchigiano meridionale* (IT ISSN 0084-8948, 1985).

Nella presente nota vengono riportati i risultati di sette campagne condotte nell'arco di un anno su tre spiagge emerse ghiaiose del litorale marchigiano. Sono stati compiuti studi sulle variazioni morfologiche e granulometriche in relazione agli eventi meteomarinari che normalmente, o eccezionalmente, interessano tali litorali.

Le spiagge indagate hanno mostrato, relativamente al periodo delle nostre osservazioni, una tendenza all'erosione a volte abbastanza accentuata.

Dall'analisi morfologica in esse sono state individuate tre zone che mostrano evidenti variazioni sia nell'ampiezza sia nello spessore dei sedimenti in funzione delle mareggiate principali. In particolare, maggiori danni ai tratti di litorale in questione sono stati arrecati dai mari provenienti da E e da SE.

(\*) Collaboratore esterno del Dipartimento di Scienze dei Materiali e della Terra - Università di Ancona.

(\*\*) Dipartimento di Scienze dei Materiali e della Terra - Università di Ancona.

(\*\*\*) Ricerca eseguita con il contributo C.U.N. 40 % Gruppo Nazionale di Ricerca sulla Dinamica dei Litorali. Si desidera ringraziare il prof. DAL CIN R. per la lettura critica del manoscritto.

Per ogni campione prelevato lungo il profilo trasversale della spiaggia sono stati ricavati sia le percentuali in peso delle varie classi granulometriche, sia i parametri statistici di FOLK & WARD (1957). I risultati ottenuti, visualizzati in diagrammi, hanno mostrato per quanto riguarda il diametro medio una sua evidente tendenza alla riduzione procedendo dalla spiaggia alta verso la battigia. L'indice di classazione è risultato migliore per i sedimenti grossolani, infatti solamente nella fascia di battigia i sedimenti più fini hanno mostrato un grado di selezione relativamente buono.

TERMINI CHIAVE: Sedimentologia, Geomorfologia, litorali, Marche.

### INTRODUZIONE

Il presente studio rientra nell'ambito di una ricerca avviata a partire dal 1981, sui litorali ghiaiosi marchigiani a Sud di Ancona (VIVALDA, 1983). In questo lavoro il nostro principale scopo è stato quello di controllare le variazioni morfologiche e granulometriche di tre spiagge ghiaiose (figg. 1-2-3-4) in funzione degli eventi meteomarinari che normalmente o eccezionalmente interessano il tratto di litorale cui le spiagge indagate appartengono.

In particolare si sono volute evidenziare sia le mareggiate che arrecano maggiori danni alle spiagge in questione, con conseguenti ripercussioni sulle loro caratteristiche sedimentologiche, sia quelle che viceversa restituiscono materiale alle stesse.

Si è voluto inoltre verificare se i tratti di spiaggia oggetto delle nostre osservazioni siano attualmente in fase di equilibrio o in fase di erosione.

Sulla base dei dati storici (AQUATER, 1982a-b; DAL CIN & alii, 1984) essi, relativamente ai periodi 1892-1948 e 1948-1978, sono risultati sottoposti in prevalenza ad un fenomeno di lenta erosione.

In particolare la spiaggia di Marina di Massignano ha mostrato una debole tendenza al ripascimento (circa 1 m/anno) nel periodo 1892-1948, mentre nel periodo successivo ha presentato una inversione di tendenza, con un tasso di erosione di circa 2 m/anno.

Il tratto di litorale relativo ai profili a N ed a S della

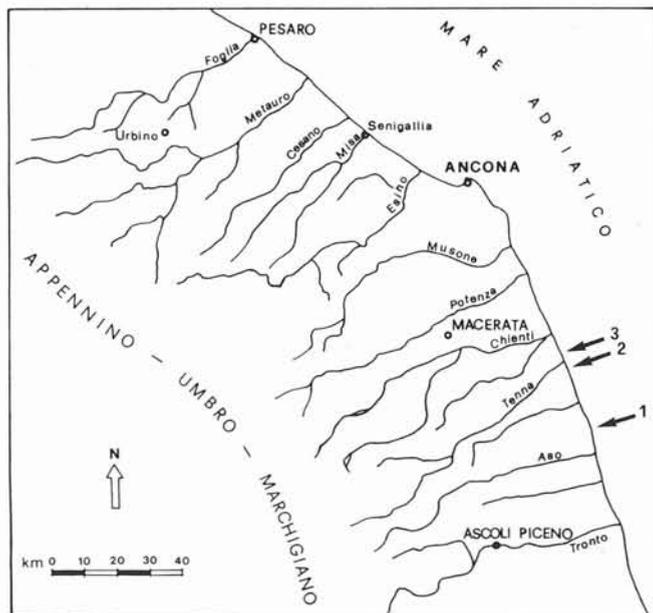


Fig. 1 - Ubicazione dei profili di spiaggia studiati: 1) Marina di Massignano; 2) Sud Tenna; 3) Nord Tenna.

foce del F. Tenna, ha mostrato invece una costante tendenza all'arretramento, che è andata attenuandosi nel periodo 1948-1978, passando da valori di circa 1,5 m/anno (1892-1948) a valori di circa 1 m/anno.

Non è stato invece possibile disporre di dati storici esaurienti circa le condizioni meteomarine che hanno contribuito nel tempo alla suddetta evoluzione dei litorali.

Altro obiettivo infine della presente ricerca è stato quello di individuare, sfruttando i dati granulometrici ed in seguito quelli morfometrici (ricerca in corso), correlazioni tali da consentire, in futuro, l'elaborazione di un modello di spiaggia ghiaiosa attuale visto pure in relazione alla presenza di foci fluviali.

Per rispondere agli scopi sopra accennati i profili di spiaggia esaminati sono stati scelti l'uno, Marina di Massignano, relativamente distante da foci fluviali di una



Fig. 2 - Profilo di spiaggia di Marina di Massignano.

certa rilevanza, gli altri rispettivamente un km a N ed un km a S dalla foce del F. Tenna.

Inoltre per ottenere un quadro evolutivo delle spiagge il più possibile rispondente a quello naturale, esse sono state scelte in zone abbastanza svincolate da importanti interventi antropici quali opere di difesa marittima, dighe foranee o porti.

Sulle spiagge prescelte sono stati ripetuti per sette volte nell'arco di un anno (Febbraio '81 - Febbraio '82) tre profili base, perpendicolari alla linea di riva.

I rilievi sono stati eseguiti non solo con scadenze stagionali, ma, quando possibile, anche dopo le principali mareggiate.

Le informazioni riguardanti la provenienza e l'intensità delle mareggiate derivano sia da osservazioni dirette in loco, sia da dati meteorologici rilevati dalla Stazione dell'Aeronautica Militare dell'Aeroporto di Ancona-Falconara.

I rilievi topografici sono stati condotti facendo uso di tacheometro e stadia a partire da un caposaldo fisso cui è stata assegnata inizialmente la quota fittizia di 0 m.

Lungo le sezioni di spiaggia sono stati prelevati, ad ogni campagna di rilievo, campioni di sedimento superficiale in corrispondenza di variazioni morfologiche e granulometriche (CORTEMIGLIA & alii, 1981), che in alcuni casi coincidevano tra loro (figg. 5-6-7) (1).

## ANALISI MORFOLOGICA DEI PROFILI DI SPIAGGIA

Per l'analisi morfologica delle spiagge in esame, si è seguito il metodo proposto da CAROBENE & BRAMBATI (1975) soprattutto per l'uso della nomenclatura e della simbologia utilizzate per la descrizione delle spiagge stesse.

Ogni profilo, comprendente in quasi tutti i casi una berma di tempesta ed una o più berme ordinarie, è compreso tra il limite superiore della spiaggia emersa e la linea di battigia, corrispondente al l.m.m. (2).

### a) MARINA DI MASSIGNANO

Dall'osservazione di fig. 8 si nota una notevole tendenza all'arretramento della linea di riva, con un sensibile asporto di sedimento lungo l'intero profilo di spiaggia.

L'arretramento, che al termine del periodo delle osservazioni risulta essere di circa 6 m, si manifesta costantemente in quasi tutto l'arco dei mesi indagati. L'asporto di sedimento invece risulta essere un fenomeno assai più evidente in concomitanza soprattutto di mareggiate provenienti da E e da SE, che interessano il litorale principalmente nei mesi autunnali-invernali; con mari invece provenienti da N, interessanti la zona con maggiore frequenza e forza nei mesi tardo primaverili ed estivi, si

(1) Per motivi tecnici mancano i dati relativi al campionamento del mese di Febbraio '81.

(2) Le correzioni di marea sono state eseguite utilizzando i dati di marea registrati dal mareografo di Ancona, elaborati e messi gentilmente a disposizione dall'Istituto di Ricerca sulla Pesca Marittima del CNR di Ancona.



FIG. 3 - Profilo di spiaggia ubicato 1 km a Sud della foce del Fiume Tenna.

osserva una minor tendenza all'asporto accompagnata a volte da un lievissimo ripascimento (es.  $2,6 \text{ m}^3$  per m lineare di spiaggia nel periodo Giugno-Settembre '81).

L'asporto di sedimento, conseguente a mareggiate dominate da venti provenienti da SE, è ben visibile dal confronto dei profili (fig. 8) eseguiti nei mesi di Febbraio-Aprile '81 ( $77,8 \text{ m}^3$ ) e Novembre '81 - Febbraio '82 ( $58,5 \text{ m}^3$ ).

In alcuni casi invece (Settembre '81 - Novembre '81) ad asporto di sedimento nella parte alta della spiaggia ( $17,8 \text{ m}^3$ ), dovuto a mari da E e da SE precedenti il periodo delle osservazioni, si accompagna un sensibile deposito nella parte più bassa ( $31,8 \text{ m}^3$ ). Tale fenomeno è da collegarsi ad un evento meteomarinico di una certa entità proveniente da NE, venutosi a verificare poco prima del giorno in cui è stato eseguito il rilievo. La tendenza generale all'erosione inoltre è evidenziata dal valore totale dell'asporto di sedimento ( $139 \text{ m}^3$ ) definibile dall'osservazione dei profili Febbraio '81 - Febbraio '82.

Osservando i profili nel loro insieme (fig. 9), sulla spiaggia in esame si possono individuare tre zone, che procedendo verso mare sono comprese:

- tra il limite verso mare della vegetazione permanente (Lse) e la cresta della berma di tempesta (Cbt). Tale tratto si identifica con la spiaggia alta;

- tra la cresta della berma di tempesta (Cbt) e la cresta della berma ordinaria (Cbo). Tale tratto si identifica con la spiaggia bassa;

- tra la cresta della berma ordinaria (Cbo) e il livello medio del mare (l.m.m.). Tale tratto si identifica con la zona di battigia.

L'ampiezza della spiaggia alta rimane pressoché costante durante tutto il periodo delle osservazioni ad eccezione dei mesi di Aprile e Novembre '81.

In questi periodi a seguito di forti mareggiate provenienti da SE interessanti la totalità della spiaggia, si osserva una riduzione a zero di tale ampiezza. Infatti la cresta della berma di tempesta coincide con il limite superiore della spiaggia. Tale tratto di spiaggia, nell'arco



FIG. 4 - Profilo di spiaggia ubicato 1 km a Nord della foce del Fiume Tenna.

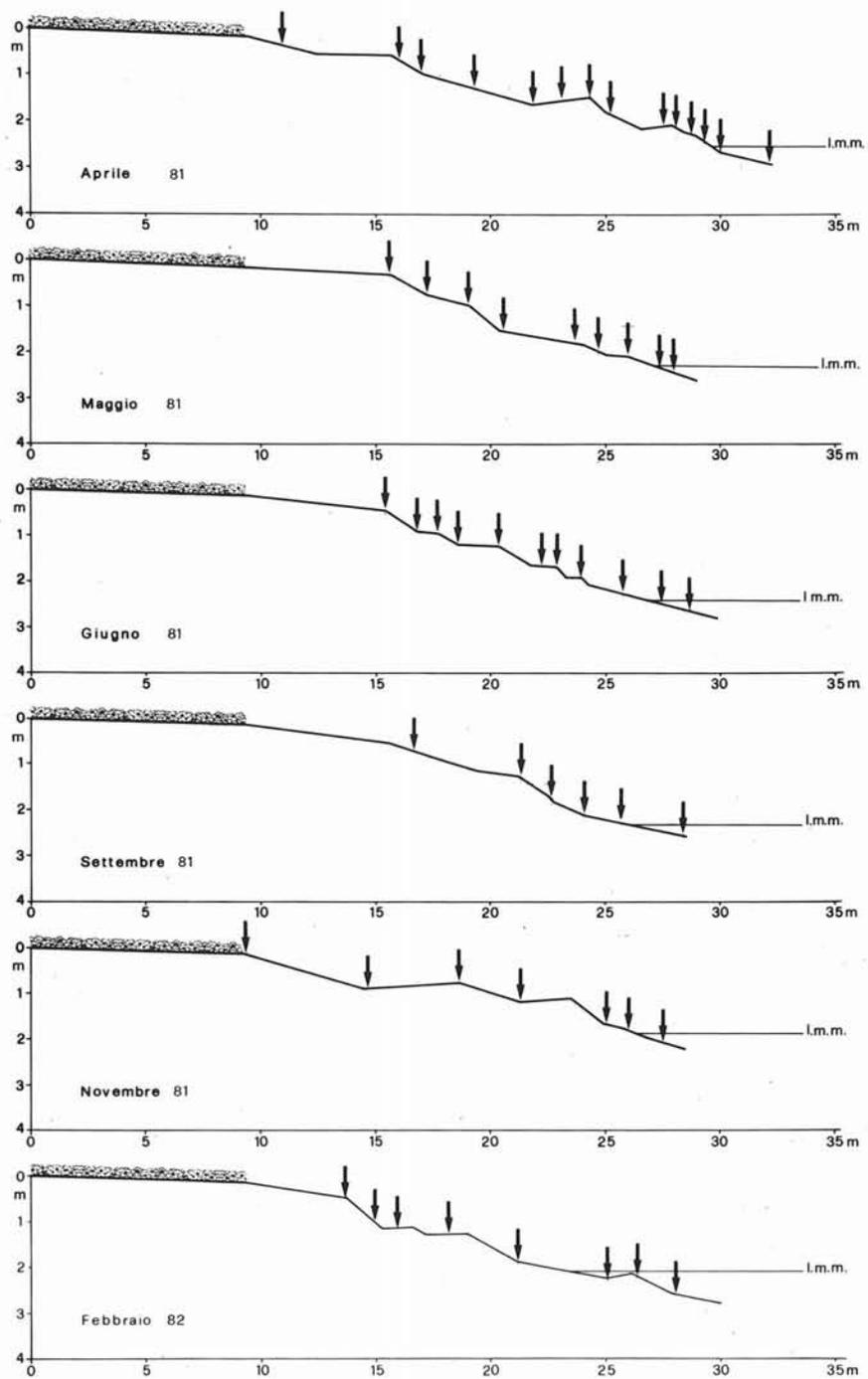


FIG. 5 - Ubicazione dei campioni prelevati stagionalmente lungo il profilo di spiaggia di Marina di Massignano.

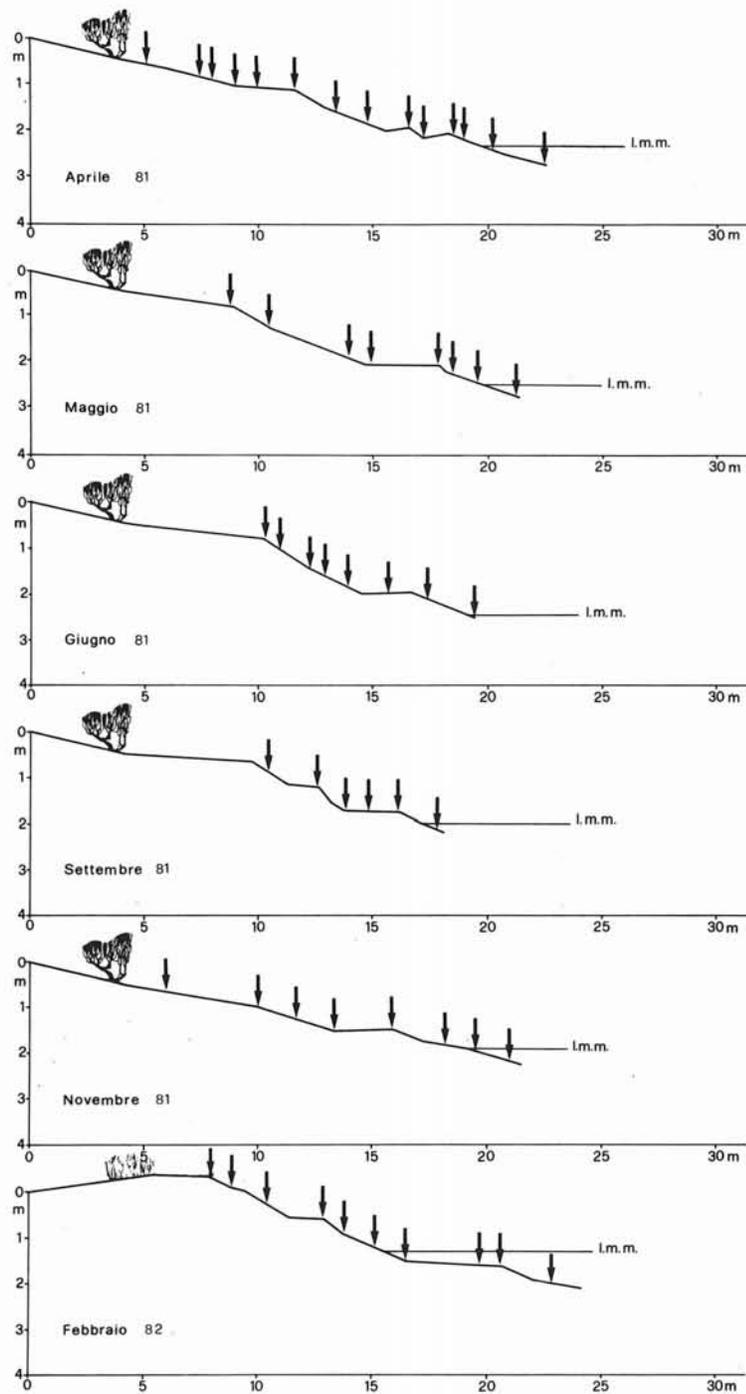


FIG. 6 - Ubicazione dei campioni prelevati stagionalmente lungo il profilo di spiaggia a Sud del Fiume Tenna.

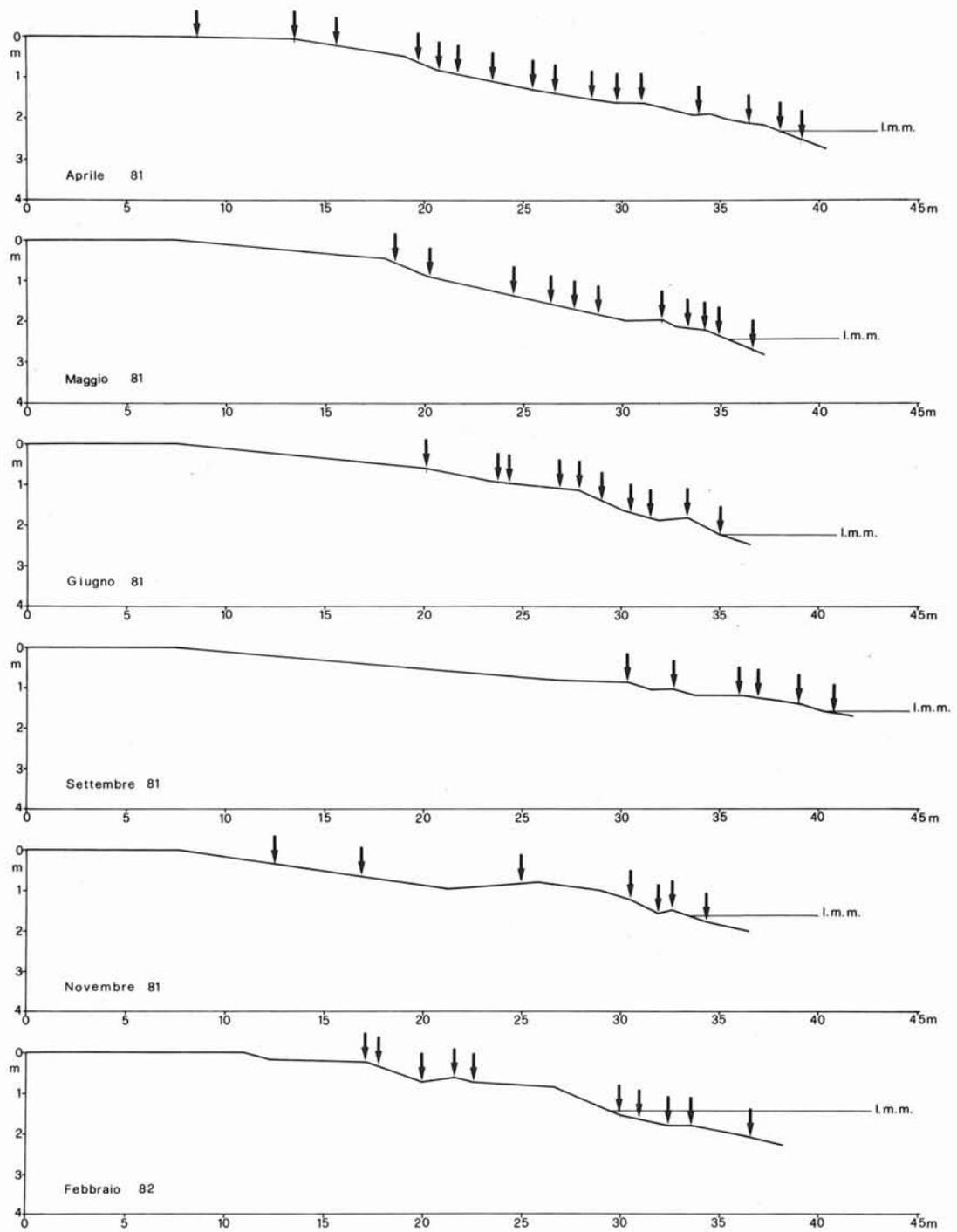


FIG. 7 - Ubicazione dei campioni prelevati stagionalmente lungo il profilo di spiaggia a Nord del Fiume Tenna.

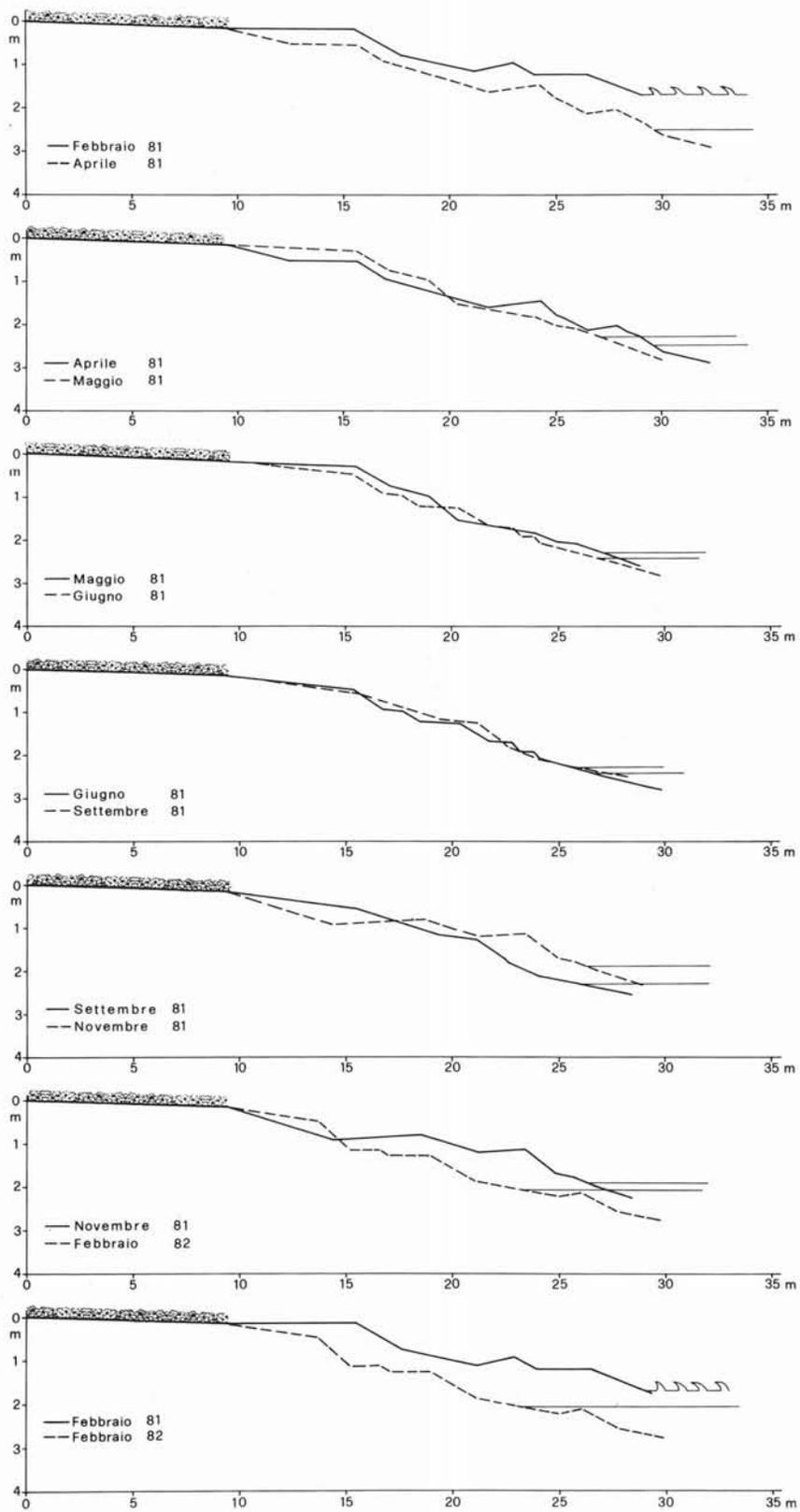


FIG. 8 - Evoluzione del profilo di spiaggia di Marina di Massignano durante il periodo delle osservazioni.

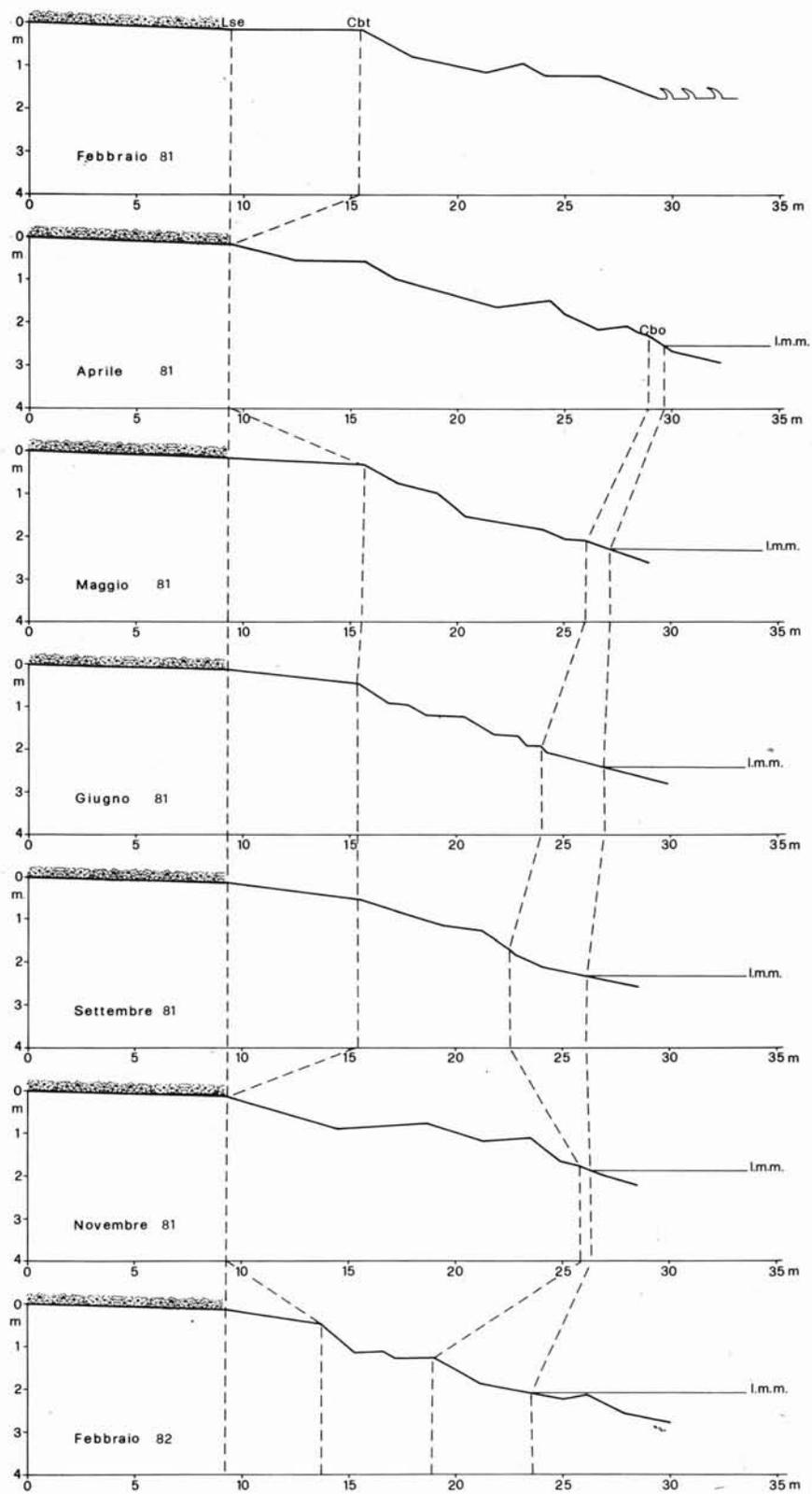


FIG. 9 - Variazioni della spiaggia alta, della spiaggia bassa e della battigia lungo il profilo di Marina di Massignano.

dell'anno, subisce anche evidenti asporti di sedimento, con conseguente approfondimento del profilo dell'ordine di decine di cm. Questo avviene a seguito di eventi meteorologici considerati quasi « eccezionali ». Successivamente a tali eventi l'ampiezza di questa zona viene generalmente riguadagnata, mentre continua invece in modo costante e graduale l'asporto di sedimento. Situazione particolare è quella riscontrata nel Febbraio '82. L'ampiezza di tale tratto è ridotta, ma tenendo conto dell'accorciamento totale della spiaggia, le proporzioni tra ampiezza di tale zona e ampiezza totale sembrano essere rispettate.

La spiaggia bassa, zona interessata sia da condizioni del mare « eccezionali » sia « ordinarie », presenta i maggiori asporti di sedimento nei periodi Febbraio-Aprile '81 e Novembre '81 - Febbraio '82 (fig. 8). Viene quindi ancora evidenziata una stretta relazione tra mareggiate provenienti da E e da SE e fenomeni di tipo erosivo. Su tale tratto gli elementi morfologici sono sempre presenti, in numero minore ma più pronunciati nei mesi invernali (Aprile '81, Novembre '81 e Febbraio '82), in numero maggiore ma più attenuati nei mesi estivi (Giugno '81).

La zona di battigia, generalmente tende ad essere più ampia durante i mesi estivi rispetto ai mesi invernali. Inoltre nel profilo eseguito nel Febbraio '82 tale zona presenta maggiore ampiezza e minore inclinazione <sup>(3)</sup>.

In tab. 1 sono riportati i dati relativi alla distanza tra il limite superiore della spiaggia emersa ed il livello medio del mare (dLse), ed alla pendenza della retta Lse-l.m.m. ( $\mu$ ) <sup>(4)</sup>.

TABELLA 1

DISTANZA (dLse) TRA IL LIMITE SUPERIORE DELLA SPIAGGIA EMERSA E IL l.m.m. E PENDENZA ( $\mu$ ) DELLA RETTA Lse-l.m.m. NELLA SPIAGGIA DI MARINA DI MASSIGNANO

	dLse (metri)	$\mu$ (gradi)
Febbraio '81	—	—
Aprile '81	20	6,1
Maggio '81	17,7	7,5
Giugno '81	17,3	7,5
Settembre '81	16,7	7,5
Novembre '81	17,0	6
Febbraio '82	13,8	7

Dal confronto di questi dati con quelli relativi agli asporti ed agli apporti lungo la sezione di spiaggia (fig. 8) si può notare che, generalmente, se la parte bassa della spiaggia, a differenza del resto della stessa, è interessata da un asporto di sedimento, si tende ad avere un arre-

tramento della linea di riva ed un aumento della pendenza  $\mu$ .

Al contrario, se la parte bassa della spiaggia è interessata da apporti, si tende ad avere un avanzamento della linea di riva ed una diminuzione della pendenza della spiaggia.

In particolare, ad esempio, nei periodi Aprile-Maggio '81 e Novembre '81 - Febbraio '82 ad apporti nella parte alta della spiaggia rispettivamente di 21,8 m<sup>3</sup> e di 8,7 m<sup>3</sup>, e ad asporti nella parte bassa della stessa (18,9 m<sup>3</sup> e 67,2 m<sup>3</sup>), fa riscontro in entrambi i casi un arretramento della linea di riva dell'ordine di 3 m, ed un aumento della pendenza di 1,4° e di 1°.

Al contrario, nel periodo Settembre-Novembre '81 in cui si osserva nella parte alta della spiaggia un asporto di 17,8 m<sup>3</sup> e nella parte bassa della stessa un apporto di 31,8 m<sup>3</sup>, si riscontra un lievissimo avanzamento della linea di riva, accompagnato da una sensibile diminuzione della pendenza della spiaggia emersa (1,5°).

#### b) SUD TENNA

Dall'osservazione di fig. 10 si nota una sensibile tendenza all'arretramento della linea di riva, accompagnata da un certo asporto di sedimento relativo soprattutto alla parte bassa della spiaggia.

L'arretramento, che al termine del periodo delle osservazioni risulta essere dell'ordine di 2-3 m circa, si manifesta costantemente durante tutto l'arco dell'anno in cui sono state compiute le indagini <sup>(5)</sup>.

L'asporto di sedimento invece si attua essenzialmente durante i mesi invernali, Febbraio-Aprile '81 (13 m<sup>3</sup>), in concomitanza di eventi meteorologici provenienti da E e da SE. Durante i mesi estivi invece, con prevalenza di mari provenienti da N, si osserva un certo deposito di sedimento: Maggio-Giugno '81 (9,3 m<sup>3</sup>), Giugno-Settembre '81 (16,8 m<sup>3</sup>). La tendenza generale all'erosione è evidenziata dal confronto dei profili Febbraio '81 - Febbraio '82 (fig. 10).

L'asporto totale risultante (36,5 m<sup>3</sup>) è però da ritenersi non troppo attendibile, per eccesso, a causa della sovrapposizione di due profili non perfettamente corrispondenti (vedi nota 5).

Dall'osservazione dei profili nel loro insieme (fig. 11) sulla spiaggia in esame si possono individuare, come per Marina di Massignano, tre zone:

- spiaggia alta;
- spiaggia bassa;
- zona di battigia.

L'ampiezza della spiaggia alta risulta minore nei mesi invernali, con un valore minimo nel Novembre '81. Infatti a seguito di mareggiate provenienti da SE la cresta della berma di tempesta viene a coincidere con il limite superiore della spiaggia.

La spiaggia bassa denota variazioni morfologiche piuttosto evidenti senza però mostrare una particolare tendenza evolutiva nell'arco del periodo delle osservazioni.

<sup>(3)</sup> La vasta zona di spiaggia intertidale rilevata nel Febbraio '82, è dovuta ad un'eccezionale bassa marea (circa 50 cm) verificatasi nel periodo della campagna di osservazione.

<sup>(4)</sup> A causa dello stato del mare non è stato possibile calcolare i dati relativi al Febbraio '81.

<sup>(5)</sup> Il profilo eseguito nel Febbraio '82 risulta diverso perché spostato di 50 m più a Sud rispetto ai precedenti, causa un forte intervento antropico. Si è ritenuto comunque accettabile il confronto.

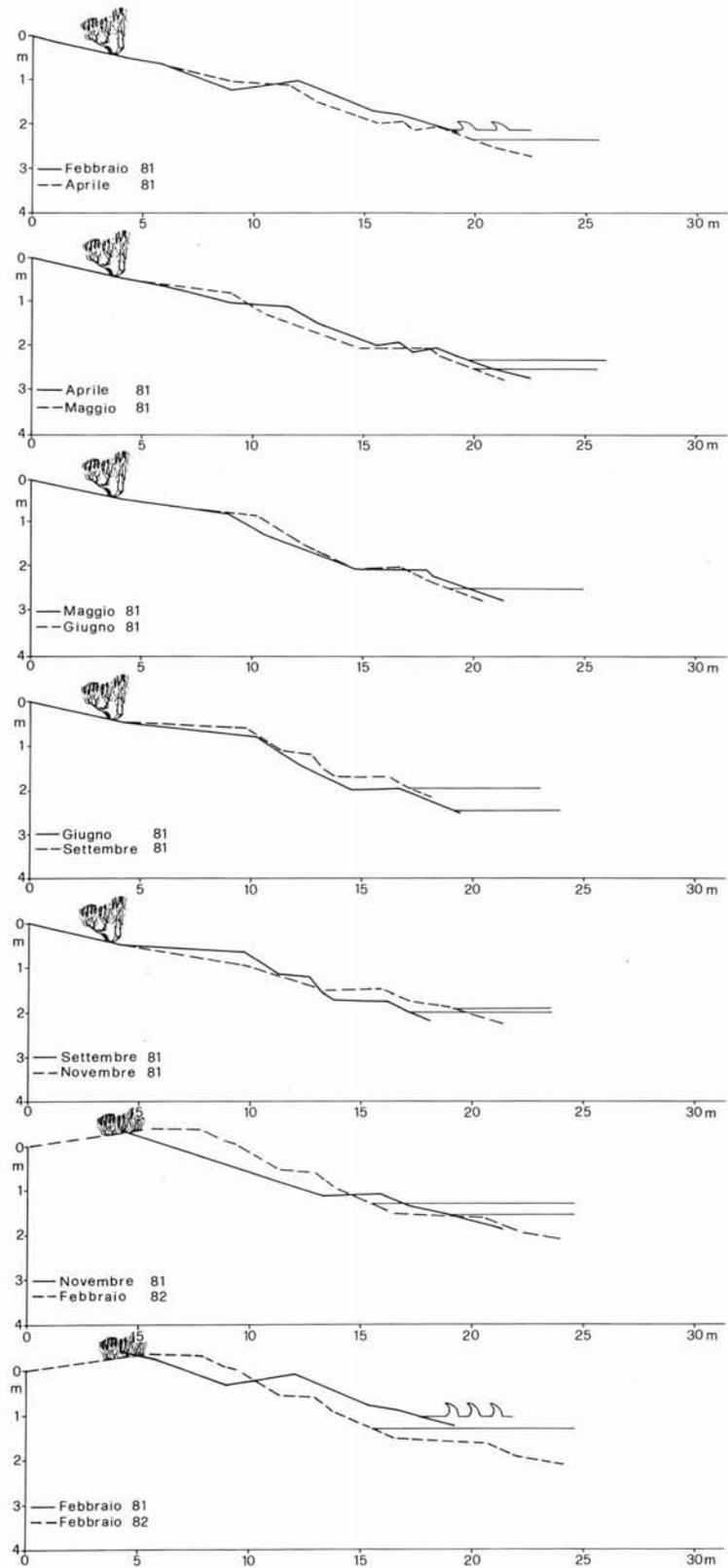


FIG. 10 - Evoluzione del profilo di spiaggia a Sud del Fiume Tenna durante il periodo delle osservazioni.

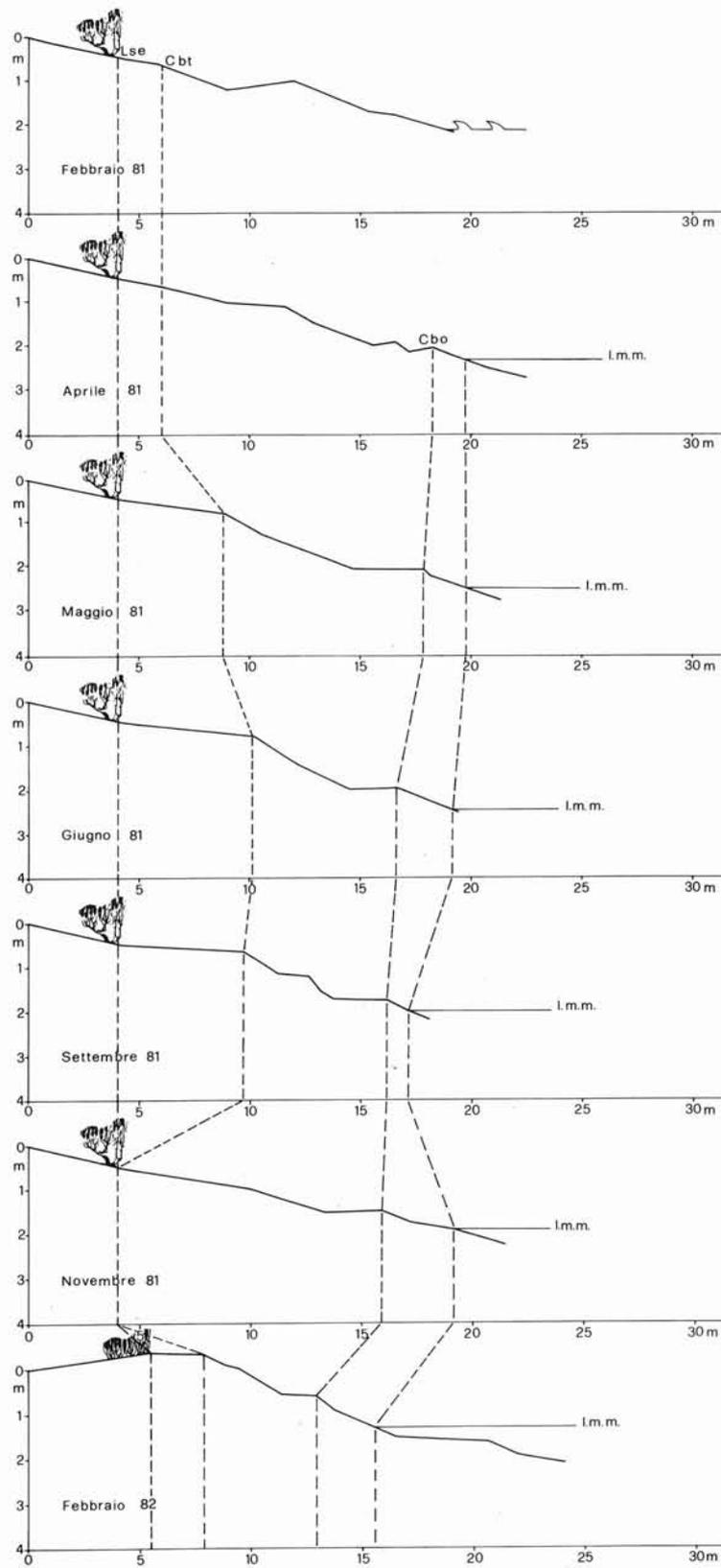


FIG. 11 - Variazioni della spiaggia alta, della spiaggia bassa e della battigia lungo il profilo a Sud del Fiume Tenna.

La zona di battigia dal punto di vista morfologico mostra una inclinazione che tende a diminuire durante i mesi estivi (vedi nota 3).

Anche per questa spiaggia sono stati ricavati e riportati in tabella 2 i dati: dLse e  $\mu$  (vedi nota 4). Dal loro confronto con i profili di fig. 10 risultano in generale valide le stesse osservazioni fatte per la spiaggia di Marina di Massignano.

TABELLA 2

DISTANZA (dLse) TRA IL LIMITE SUPERIORE DELLA SPIAGGIA EMERSA E IL l.m.m. E PENDENZA ( $\mu$ ) DELLA RETTA Lse-l.m.m. NELLA SPIAGGIA A SUD DEL FIUME TENNA

	dLse (metri)	$\mu$ (gradi)
Febbraio '81	—	—
Aprile '81	15,8	7,5
Maggio '81	15,6	7,5
Giugno '81	15,0	8,1
Settembre '81	13,0	6,3
Novembre '81	15,0	5,2
Febbraio '82	10,0	10,1

Ad esempio, infatti, nel periodo Maggio-Giugno '81 ad un apporto di sedimento di 12,2 m<sup>3</sup> nella zona centrale della spiaggia e ad un asporto localizzato soltanto nella zona della berma ordinaria e della battigia (2,9 m<sup>3</sup>), fa riscontro un lieve arretramento (0,60 m) ed un aumento della pendenza della spiaggia (0,5°).

Nel periodo Settembre-Novembre '81 invece ad un asporto (13,6 m<sup>3</sup>) nella parte alta della spiaggia, e ad un apporto (8,5 m<sup>3</sup>) nella parte bassa della stessa, fa riscontro un avanzamento della linea di riva (2 m) e una diminuzione di 1° della pendenza della spiaggia.

#### c) NORD TENNA

Dall'osservazione di fig. 12 risulta evidente una tendenza all'arretramento della linea di riva, accompagnato da asporto di sedimento, a volte notevole, dall'intero profilo della spiaggia.

L'arretramento, che al termine delle osservazioni risulta essere dell'ordine di 10-11 m, si manifesta costantemente durante tutto l'arco dell'anno, ad eccezione del mese di Settembre '81 (6°).

I maggiori asporti di sedimento, con conseguente approfondimento dei profili trasversali della spiaggia, si verificano essenzialmente durante i mesi invernali e primaverili: Febbraio-Aprile '81 (104,5 m<sup>3</sup>), Aprile-Maggio '81 (66,4 m<sup>3</sup>), Settembre-Novembre '81 (66,4 m<sup>3</sup>), in concomitanza con eventi meteomarini provenienti da E e da SE. Durante i mesi estivi si assiste a deposito di sedi-

(6) Dal rilievo eseguito nel Settembre '81, risulta un avanzamento della linea di riva di circa 5 m; fenomeno che va però imputato in parte ad un forte intervento antropico (spianamento della spiaggia per fini turistici) avvenuto in un periodo di poco precedente a quello delle osservazioni.

mento: Maggio-Giugno '81 (48,5 m<sup>3</sup>), Giugno-Settembre '81 (110 m<sup>3</sup>). Bisogna però tener conto dei forti interventi antropici verificatisi in questo periodo per scopi turistici. La tendenza generale all'erosione è osservabile dal confronto dei profili Febbraio '81 - Febbraio '82 (fig. 12), da cui si ricava un valore di asporto totale di 60 m<sup>3</sup>.

Dall'osservazione dei profili nel loro insieme (fig. 13) si possono individuare anche in questo caso tre zone:

- spiaggia alta (l'Lse coincide con il ciglio della strada litoranea);
- spiaggia bassa;
- zona di battigia.

La spiaggia alta mostra una tendenza ad ampliarsi durante i mesi estivi e a ridursi in quelli invernali. La tendenza alla riduzione è correlabile con eventi meteomarini provenienti da E e da SE, che interessano la quasi totalità della spiaggia in esame; ciò è visibile nel profilo relativo al mese di Novembre '81 da cui si osserva che l'ampiezza della spiaggia alta è di circa 7,70 m con una riduzione media di circa 7-8 m rispetto ai profili precedenti.

Riguardo la spiaggia bassa si nota come gli elementi morfologici (berme ordinarie) qui presenti, si modificano costantemente durante il periodo delle osservazioni. Questi infatti sono assai più pronunciati e più numerosi nei mesi invernali rispetto a quelli estivi, tenendo pur sempre conto che l'intervento antropico estivo potrebbe avere obliterato, o in qualche modo limitato, la formazione di nuovi elementi morfologici.

La zona di battigia non subisce alcuna modificazione né in ampiezza, né in inclinazione. Si può considerare un'eccezione il profilo di Febbraio '82, in cui la battigia si mostra più ampia e più inclinata rispetto agli altri casi. In questo stesso profilo risulta indagato anche un tratto di spiaggia intertidale per lo stesso motivo già esposto nei due paragrafi precedenti.

Come per le precedenti spiagge si è redatta una tabella (tab. 3) relativa ai dati dLse e  $\mu$ .

TABELLA 3

DISTANZA (dLse) TRA IL LIMITE SUPERIORE DELLA SPIAGGIA EMERSA E IL l.m.m. E PENDENZA ( $\mu$ ) DELLA RETTA Lse-l.m.m. NELLA SPIAGGIA A NORD DEL FIUME TENNA

	dLse (metri)	$\mu$ (gradi)
Febbraio '81	39,9	2,1
Aprile '81	38,2	3,1
Maggio '81	35,5	4,0
Giugno '81	35,0	3,7
Settembre '81	40,1	2,5
Novembre '81	33,4	3,0
Febbraio '82	29,4	3,2

Anche in questo caso dal confronto dei suddetti dati con i profili di fig. 12, risultano valide le generalizza-

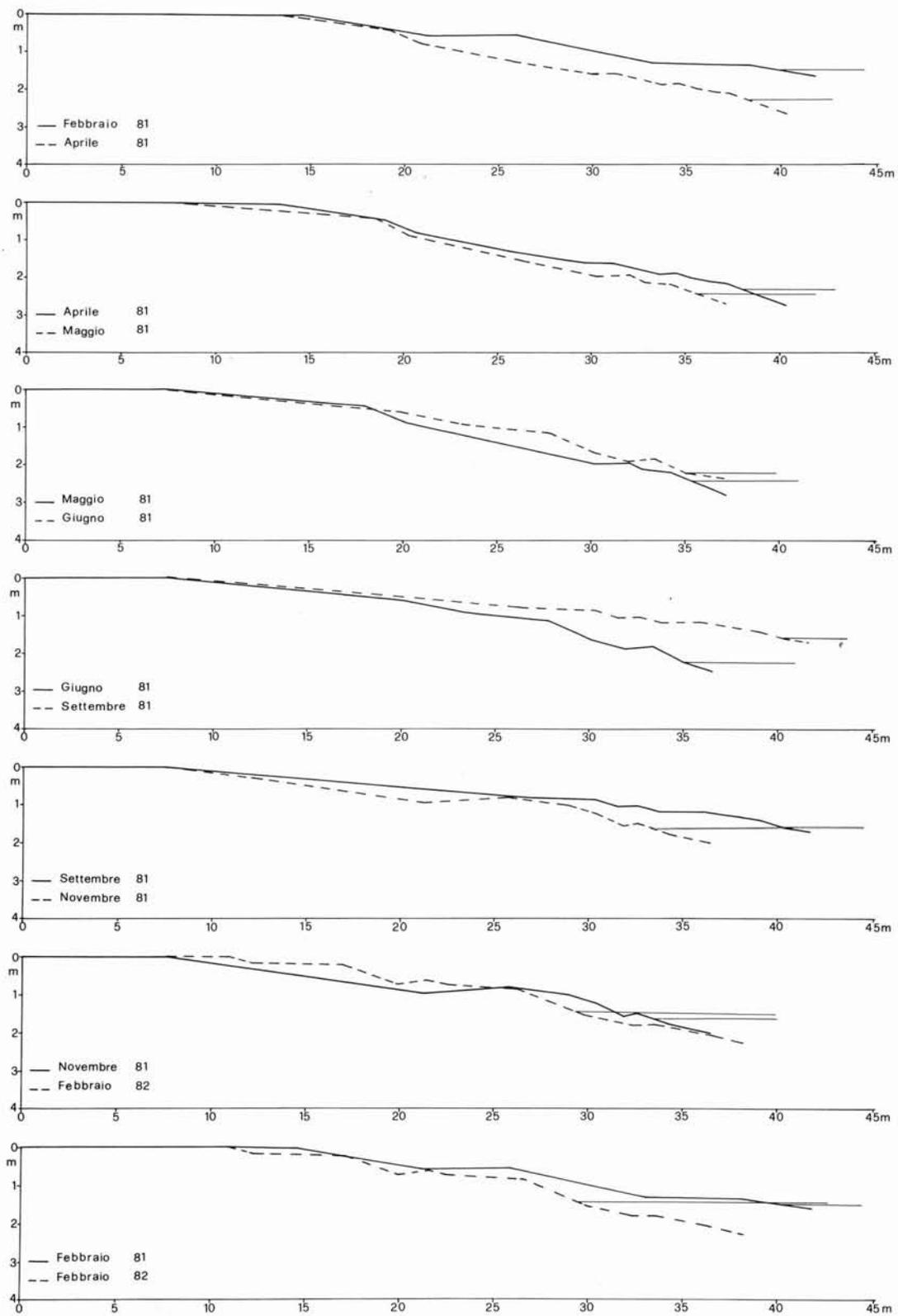


FIG. 12 - Evoluzione del profilo di spiaggia a Nord del Fiume Tenna durante il periodo delle osservazioni.

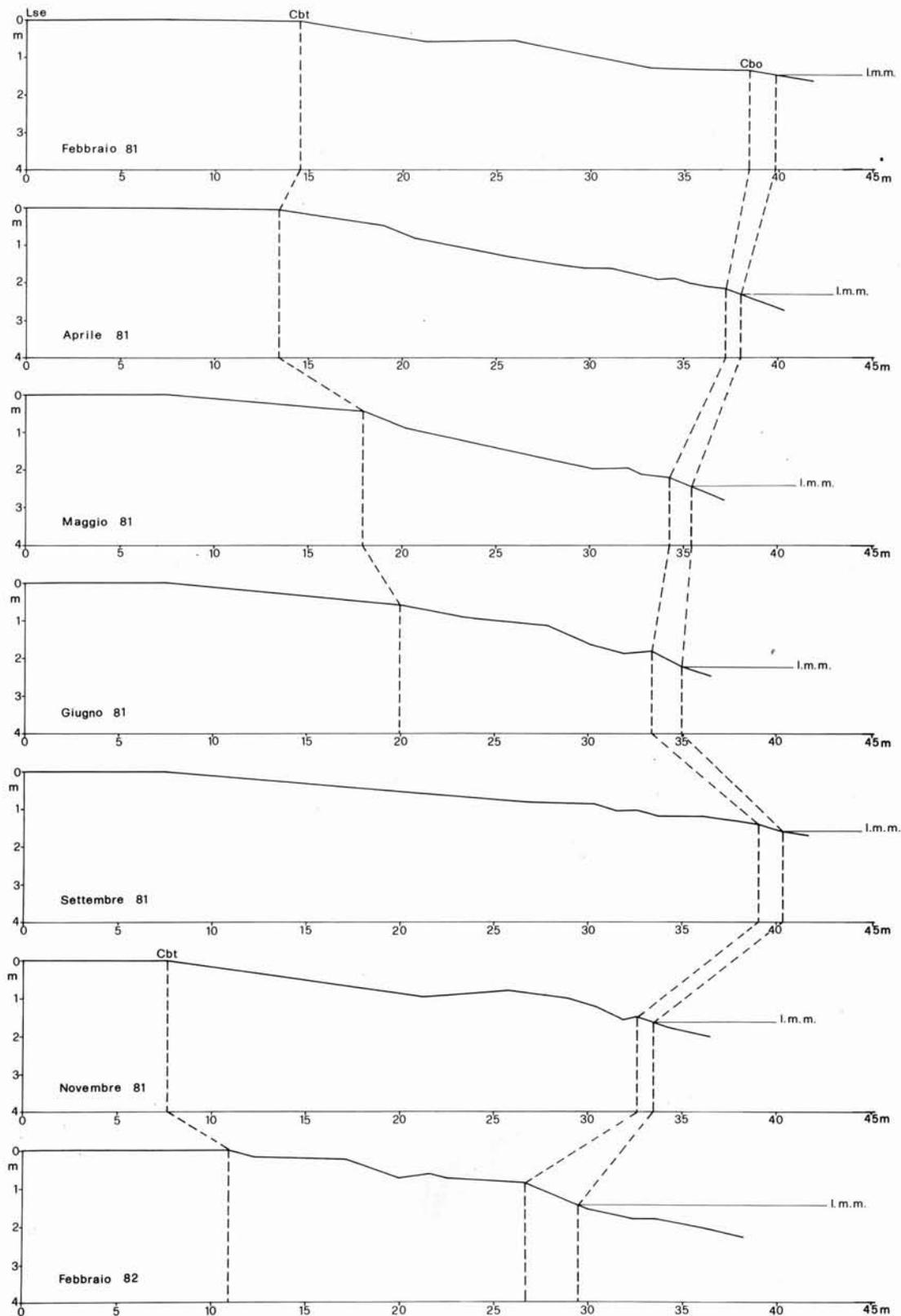


FIG. 13 - Variazioni della spiaggia alta, della spiaggia bassa e della battigia lungo il profilo a Nord del Fiume Tenna.

zioni già esposte per le spiagge di Marina di Massignano e di Sud Tenna.

Ad esempio, nei periodi Aprile-Maggio '81 e Settembre-Novembre '81, ad asporto di sedimento nella parte più bassa della spiaggia, in entrambi i casi di 66,4 m<sup>3</sup>, corrispondono arretramenti della linea di riva rispettivamente di 2,7 m e di 6,7 m ed aumenti della pendenza  $\mu$  di 0,9° e di 0,2°.

Al contrario nel periodo Giugno-Settembre '81 ad un apporto di 114 m<sup>3</sup> fa riscontro un avanzamento della linea di riva di 5,1 m e una diminuzione della pendenza media della spiaggia di 1,2°.

## GRANULOMETRIA

Le analisi granulometriche sono state condotte con setacciatura a secco; l'elaborazione dei dati, effettuata al calcolatore con il metodo illustrato da RAINONE & *alii*, 1984, ha fornito i valori dei parametri statistici di FOLK & WARD (1957). I risultati di dette analisi dopo essere stati normalizzati (7) sono stati visualizzati in diagrammi (figg. 14-15).

### a) MARINA DI MASSIGNANO

Tale spiaggia, fra le tre indagate, risulta essere quella costituita da sedimenti più grossolani (fig. 16). In particolare ghiaia grossolana (diametro medio 32 mm), è costantemente presente nella spiaggia alta fino circa la berma di tempesta. Tale sedimento nei mesi di Aprile e Novembre '81 va a costituire anche parte della spiaggia bassa. Questo fenomeno è stato messo in relazione con le forti mareggiate provenienti da E e da SE, che sono pure la causa di forti asporti di sedimento.

Generalmente la spiaggia bassa risulta invece costituita da un sedimento in cui prevalgono classi granulometriche comprese tra 8 e 32 mm. Nei mesi estivi (Giugno-Settembre '81) si osserva che le frazioni più grossolane sono spostate verso riva, mentre durante i mesi invernali e primaverili (Aprile '81 - Febbraio '82) avviene il contrario. Sulla spiaggia bassa inoltre, nella sua parte intermedia, ed a livello della berma ordinaria, in concomitanza con mareggiate da E-SE si osservano sedimenti costituiti da elementi più fini (diametro medio 8 e 2 mm).

Riguardo la zona di battigia, questa risulta essere essenzialmente costituita da sedimenti da granulari a sabbiosi, con prevalenza di questi ultimi nei mesi estivi (Giugno '81).

Dall'analisi dei dati relativi ai parametri statistici di FOLK & WARD, derivano le seguenti considerazioni:

- il diametro medio (Mz) tende ad avere valori mag-

(7) La normalizzazione, resasi necessaria per poter paragonare dati altrimenti difficilmente interpretabili se graficati in scale diverse, è stata ottenuta applicando la seguente formula:

$$X_n = \frac{X - \min}{\max - \min}$$

dove:  $X_n$  = valore normalizzato;  $X$  = valore da normalizzare;  $\min$  = minimo assoluto;  $\max$  = massimo assoluto;  $\max - \min$  = range di variazione.

giori (in  $\phi$ ) procedendo dalla spiaggia alta verso mare. Il valore maggiore (2,4  $\phi$ ) è stato riscontrato nel sedimento della zona di battigia nel Maggio '81;

- la classazione ( $\sigma_1$ ) segue tendenzialmente l'andamento del diametro medio, evidenziando che sedimenti con diametri medi maggiori risultano avere una migliore classazione; tale tendenza viene infranta a livello della zona di battigia in cui, pur essendoci presenza di sedimento più fine, la classazione migliora, pur non raggiungendo mai valori molto buoni;

- la simmetria ( $Sk_1$ ) presenta generalmente un andamento opposto a quello del diametro medio;

- il kurtosis ( $Kg$ ) mostra valori oscillanti fra il platocurtico e il mesocurtico, che generalmente non sono correlabili con quelli dei parametri succitati.

### b) SUD TENNA

Dall'osservazione di fig. 17 risulta che sedimenti ghiaiosi, con diametri medi di 32 mm, costituiscono sempre la parte alta della spiaggia. Nei mesi di Aprile e Novembre '81, in concomitanza di mareggiate provenienti da E e da SE, si osservano su tale tratto di spiaggia sedimenti più fini.

La spiaggia bassa mostra invece una variabilità di frazioni granulometriche piuttosto elevata. Sono presenti infatti su questa zona sedimenti con diametri medi compresi tra 32 e 2 mm, per i quali non è stato possibile riscontrare alcun tipo di tendenza nelle loro variazioni. Si è potuto evidenziare soltanto, una graduale riduzione in percentuale delle frazioni comprese tra 16 e 32 mm.

La zona di battigia è generalmente costituita da sedimenti da granulari a sabbiosi, con prevalenza di questi ultimi nei mesi estivi (Maggio-Giugno '81).

Dall'analisi dei dati relativi ai parametri statistici di FOLK & WARD derivano le seguenti considerazioni:

- il diametro medio (Mz) mostra una buona tendenza ad avere valori maggiori (in  $\phi$ ) procedendo dalla spiaggia alta verso mare. Il valore maggiore (1,34  $\phi$ ) è stato riscontrato nel sedimento nella zona di battigia nel Maggio '81;

- la classazione ( $\sigma_1$ ) segue tendenzialmente l'andamento del diametro medio, ad eccezione che nella zona di battigia;

- la simmetria ( $Sk_1$ ) presenta un andamento inverso a quello del diametro medio;

- il kurtosis ( $Kg$ ), oscillante attorno al platocurtico, non mostra alcun tipo di particolare relazione con i parametri sopra descritti.

### c) NORD TENNA

Dall'osservazione di fig. 18 risulta che sedimenti ghiaiosi grossolani (diametro medio 32 mm) sono sempre presenti nella parte alta della spiaggia. Mareggiate provenienti da E e da SE (Novembre '81) provocano una forte riduzione della granulometria di tale tratto di spiaggia.

Nella spiaggia bassa si osserva sempre la presenza di una fascia sabbiosa che mostra sensibili variazioni nell'ampiezza. In particolare essa tende ad ampliarsi nei casi in cui, da tale zona, si verifica asporto di sedimento (Novembre '81). Da Aprile '81 a Febbraio '82 si può notare inoltre, nella stessa zona, una graduale riduzione

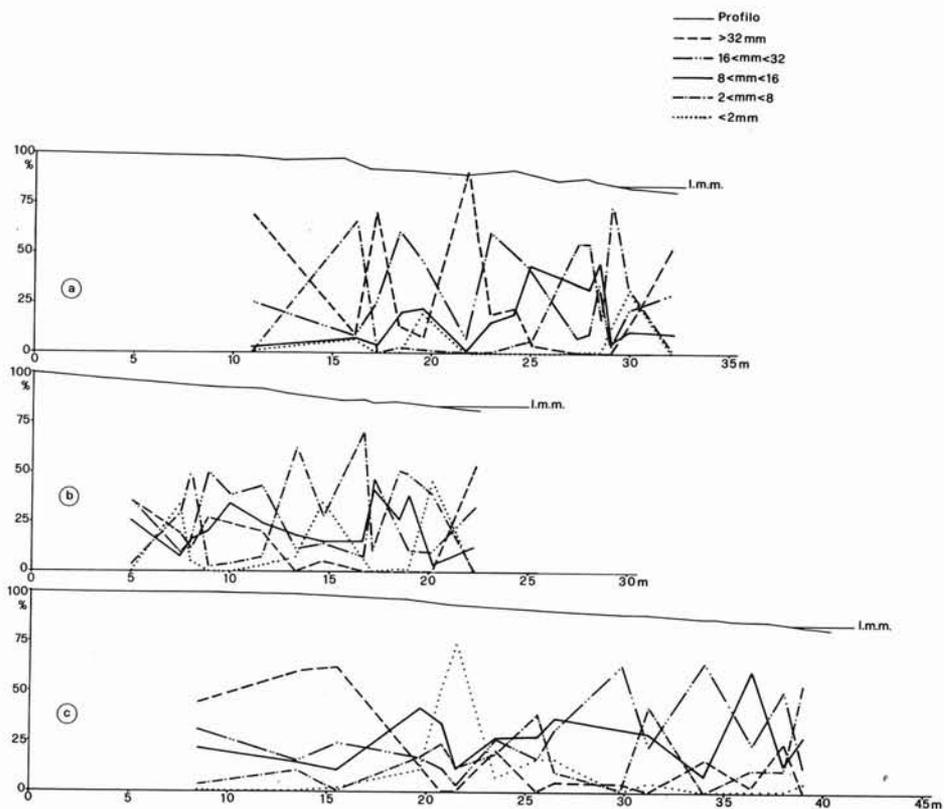


FIG. 14 - Esempio dell'andamento delle frazioni granulometriche nelle tre spiagge:  
 a) Marina di Massignano; b) Sud Tenna; c) Nord Tenna.

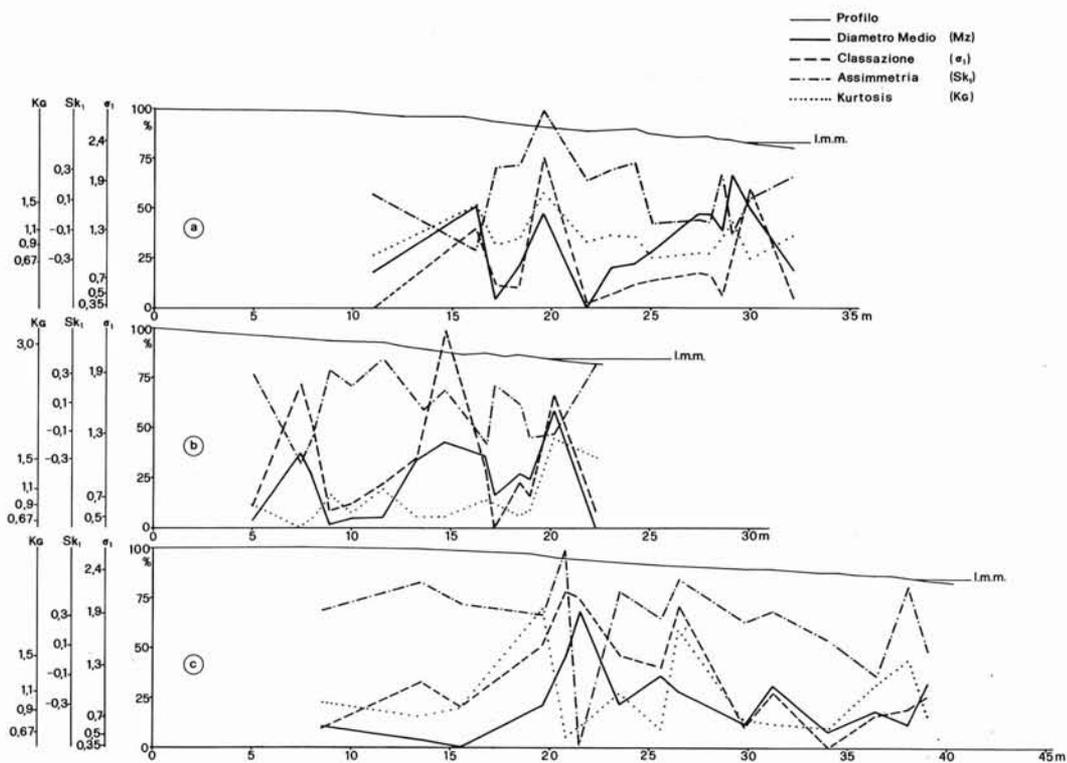


FIG. 15 - Esempio dell'andamento dei parametri di Folk e Ward nelle tre spiagge:  
 a) Marina di Massignano; b) Sud Tenna; c) Nord Tenna.

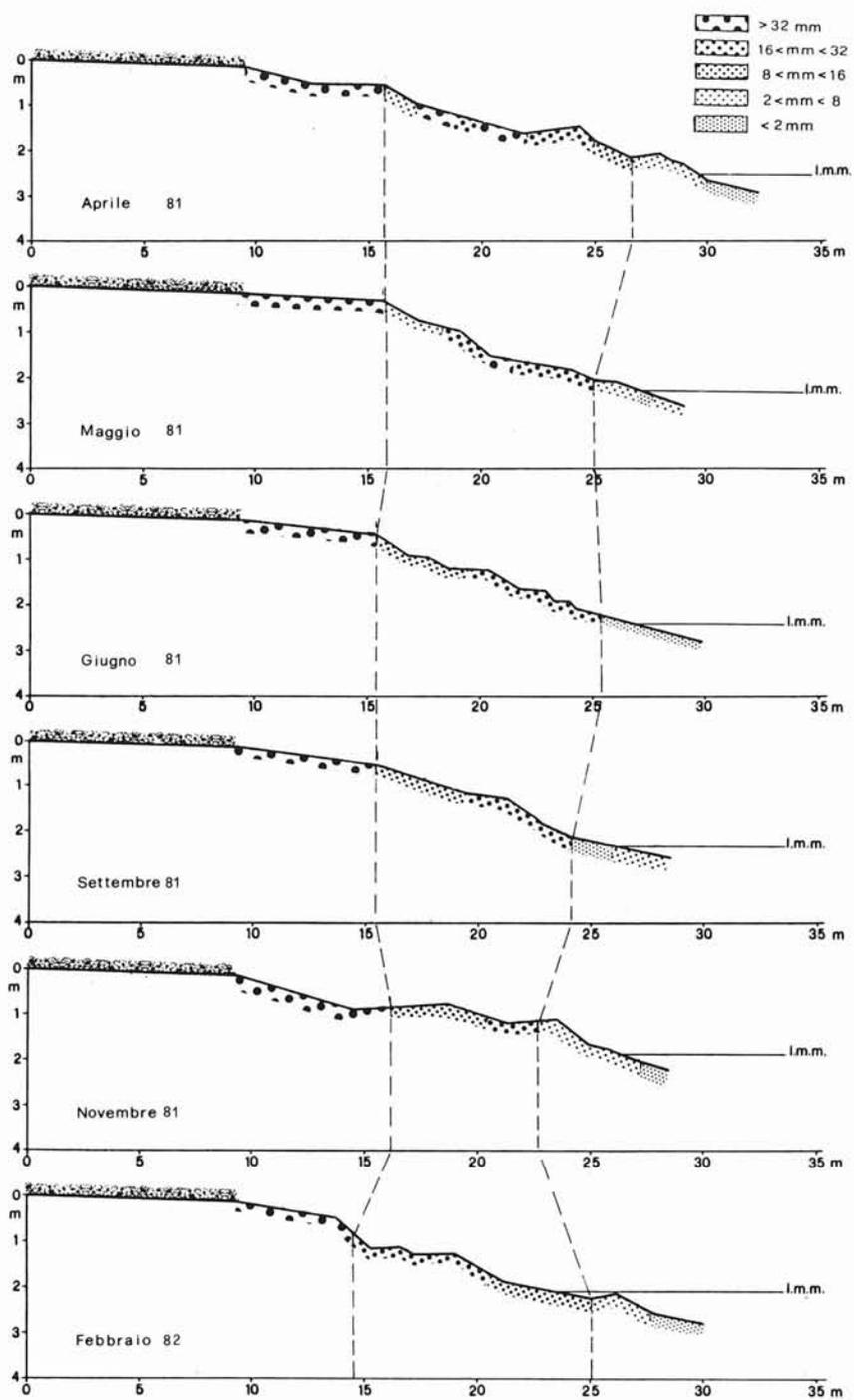


FIG. 16 - Andamento generale della granulometria lungo il profilo di spiaggia di Marina di Massignano.

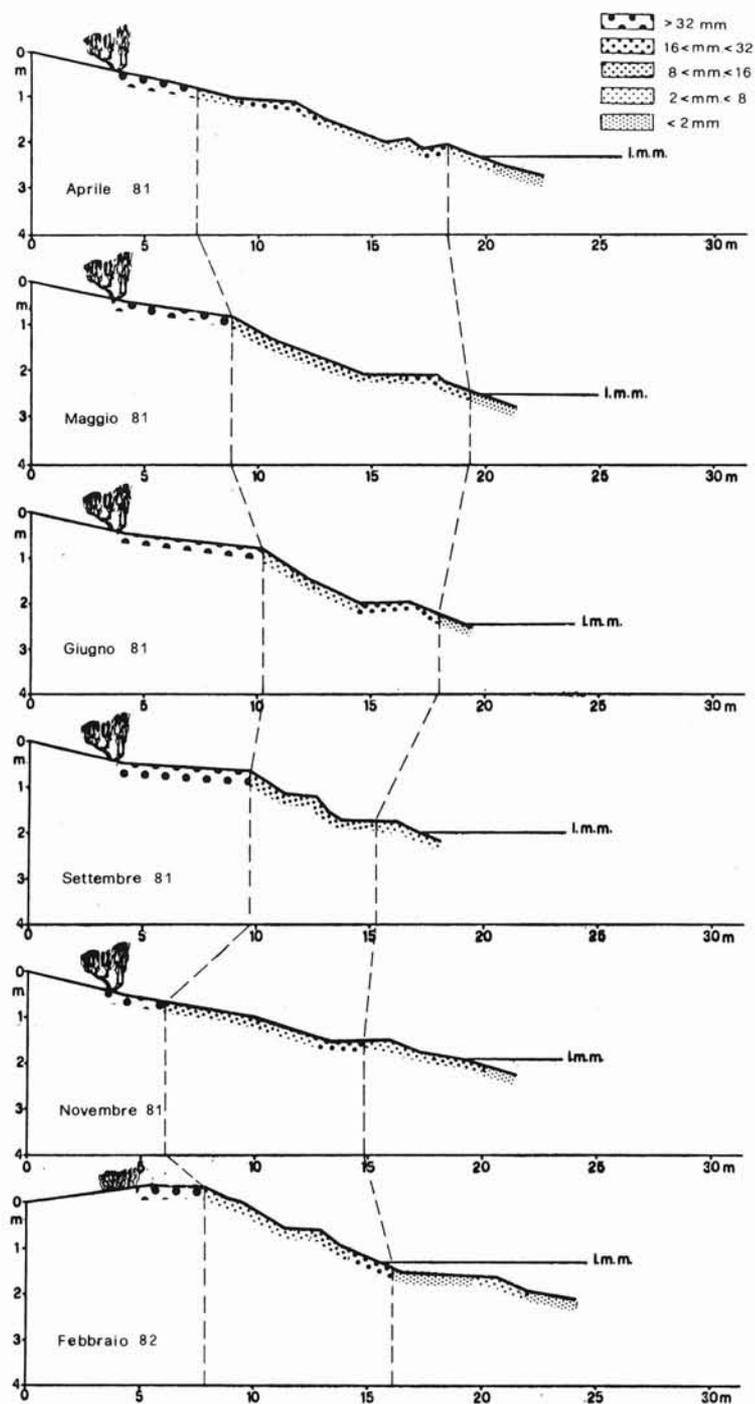


FIG. 17 - Andamento generale della granulometria lungo il profilo di spiaggia a Sud del Fiume Tenna.

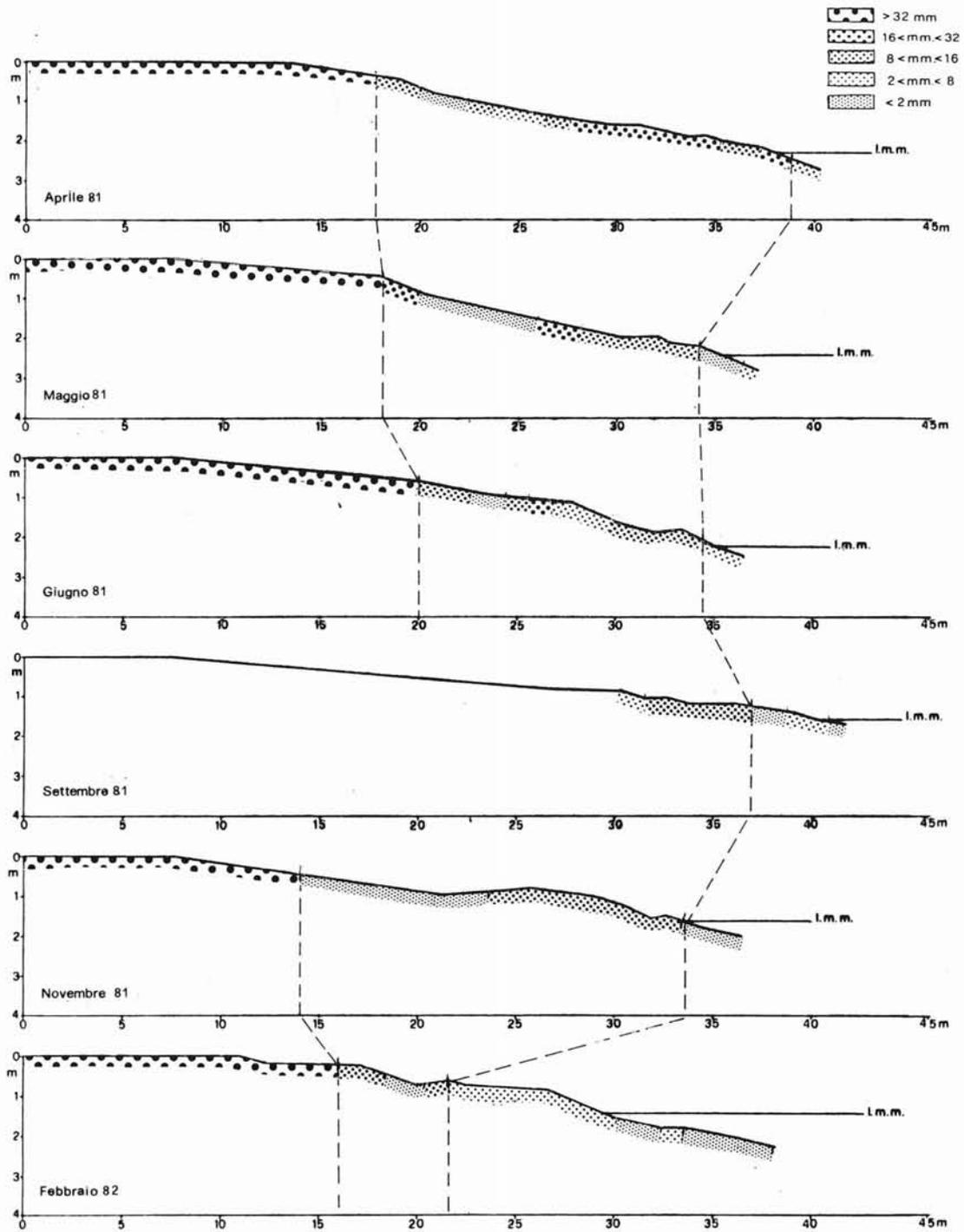


FIG. 18 - Andamento generale della granulometria lungo il profilo di spiaggia a Nord del Fiume Tenna.

della granulometria. Infatti sedimenti costituiti da classi granulometriche comprese tra 32 e 16 mm presenti nel mese di Aprile in notevole quantità, tendono a scomparire e ad essere sostituiti da sedimenti dapprima con frazioni comprese tra 16 e 8 mm, infine da altri con frazioni comprese tra 8 e 2 mm.

La zona di battigia risulta costituita da sedimenti da granulari a sabbiosi con prevalenza di quest'ultimi in Aprile '81 e Febbraio '82.

Dall'analisi dei dati relativi ai parametri statistici di FOLK & WARD, derivano le seguenti considerazioni:

– il diametro medio ( $M_z$ ) presenta valori maggiori (in  $\phi$ ) procedendo dalla spiaggia alta verso mare (ad eccezione degli alti valori riscontrati a livello della fascia sabbiosa). Il valore maggiore (2,05  $\phi$ ) è stato riscontrato nel sedimento di battigia nel Novembre '81;

– la classazione ( $\sigma_1$ ) segue l'andamento del diametro medio ad eccezione che nella zona di battigia;

– l'asimmetria ( $Sk_1$ ) ha un andamento generalmente inverso a quello del diametro medio;

– il kurtosis ( $K_g$ ) con valori oscillanti tra il platocurtico e il leptocurtico, non può essere correlato con gli altri parametri.

## CONCLUSIONI

Sulla base dei dati storici disponibili le spiagge oggetto della presente indagine, sono risultate essere in fase di continua erosione.

In particolare negli ultimi trent'anni la spiaggia di Marina di Massignano ha avuto un tasso di erosione medio di 2 m/anno, mentre quelle ubicate a N ed a S della foce del F. Tenna sono state interessate da una erosione media di 1 m/anno.

I risultati ottenuti dalle campagne di rilievo da noi condotte su queste spiagge per un anno, hanno confermato la tendenza all'erosione, ed in particolare hanno permesso di evidenziare quanto segue:

– le tre spiagge mostrano una forte tendenza all'arretramento della linea di riva, accompagnato da un continuo, anche se non sempre marcato, asporto di sedimento;

– gli eventi meteomarini che arrecano maggiori danni ai tratti di litorali indagati sono quelli provenienti da E e da SE. In concomitanza infatti di mareggiate provenienti da tali direzioni si sono potute osservare (Aprile e Novembre '81) le maggiori erosioni dovute ad asporto di ingenti quantità di sedimento;

– gli eventi meteomarini provenienti da N e da NE conducono ad un certo ripascimento delle spiagge osservate (Nord Tenna e Sud Tenna) o riducono in parte la tendenza all'erosione (Marina di Massignano);

– ad asporto di sedimento interessante in particolar modo la parte bassa della spiaggia fa riscontro una tendenza generale all'arretramento della linea di riva ed all'aumento della pendenza media della spiaggia ( $\mu$ );

– ad apporto di sedimento relativo soprattutto alla parte bassa della spiaggia corrisponde una tendenza all'avanzamento della linea di riva ed alla diminuzione della pendenza  $\mu$ .

Dai dati relativi all'analisi granulometrica si è osservato che ad asporto di sedimento sulle tre spiagge corrisponde sempre una marcata variazione della granulometria; in particolare si è evidenziato quanto segue:

– nella spiaggia di Marina di Massignano ad un asporto di sedimento corrisponde un forte aumento, lungo tutto il profilo della spiaggia, delle frazioni più grossolane. Ciò può essere connesso con il fatto che il sedimento medio fine ricopre, con uno strato superficiale, le frazioni più grossolane di cui è costituito il corpo della spiaggia; a seguito di mareggiate da E e da SE, tale strato superficiale di sedimento viene facilmente asportato, lasciando scoperti i sedimenti sottostanti più grossolani;

– nella spiaggia ubicata a Nord del Fiume Tenna ad un asporto di sedimento corrisponde una riduzione della granulometria, con un sensibile aumento della fascia sabbiosa presente nella spiaggia. Ciò si ritiene dovuto alla rimozione del sedimento grossolano, da parte di mareggiate da E e da SE, che lasciano allo scoperto la frazione sabbiosa di cui è costituito il corpo della spiaggia. La frazione grossolana asportata non viene più restituita alla spiaggia. Ciò è probabilmente dovuto al fatto che il sedimento allontanato va a rifornire la spiaggia sottomarina in zone dalle quali difficilmente potrà essere rimosso e restituito alla spiaggia emersa. Questo ha portato ad una graduale ma continua riduzione della granulometria. Poiché tale fenomeno è stato osservato pure nella spiaggia a Sud del F. Tenna, si è potuto anche ipotizzare che esso sia in parte dovuto alla mancanza di trasporto di materiali grossolani ad opera del fiume (AQUATER, 1982). L'unica fonte di sedimenti per i tratti di spiaggia adiacenti al F. Tenna può essere data dal vecchio apparato di foce del fiume stesso, cui competono essenzialmente sedimenti medio fini.

Osservando infine l'andamento dei parametri statistici di FOLK & WARD, si può notare che:

– sulle tre spiagge indagate esiste sempre una evidente tendenza alla riduzione del diametro medio procedendo dalla spiaggia alta verso la battigia;

– i sedimenti più grossolani risultano essere sempre i più selezionati, a differenza di quelli più fini che presentano una peggior classazione. Fanno sempre eccezione i sedimenti sabbiosi della battigia che generalmente hanno un grado di selezione relativamente migliore;

– i sedimenti grossolani ben classati vanno sempre a costituire la parte alta di tali spiagge ghiaiose, e da tale zona possono essere rimossi soltanto da eventi eccezionali.

Il proseguimento dello studio, integrato anche con analisi granulometriche e morfometriche di sedimenti ghiaiosi di depositi fluviali, permetterà di porre le basi per affrontare l'elaborazione di un modello di spiaggia ghiaiosa attuale.

## BIBLIOGRAFIA

AQUATER (1982) - *Studio generale per la difesa delle coste: Prima parte. Relazione generale*. Regione Marche, 1, 176 pp.

AQUATER (1982) - *Studio generale per la difesa delle coste: Prima fase. Rapporti di settore*. Regione Marche, 2, 706 pp.

- BONDESAN M. (1970) - *Aspetti geologici e geografici del territorio litoraneo emiliano-romagnolo*. In: « I beni naturali del litorale emiliano-romagnolo, Italia Nostra, Reg. Emilia-Romagna, Bologna », 15-23.
- CAROBENE L. & BRAMBATI A. (1975) - *Metodo per l'analisi morfologica quantitativa delle spiagge*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 479-493.
- CAROBENE L. & BRAMBATI A. (1977) - *Analisi morfologica delle spiagge dell'alto Adriatico tra i fiumi Brenta e Tagliamento*. Boll. Soc. Geol. It., 96, 1-36.
- CAROBENE L. (1978) - *Analisi morfologica quantitativa delle spiagge dell'alto Adriatico fra Montalcone e Lignano*. Boll. Soc. Geol. It., 87, 131-164.
- CIABATTI M. & MARABINI F. (1973) - *Un esempio di rilevamento sistematico di spiaggia*. Giorn. Geol., ser. 2, 39, 17-28.
- CORTEMIGLIA G. C., LAMBERTI A., LIBERATORE G., LUPA PALMIERI E., STURA S. & TOMMASICCHIO U. (1981) - *Raccomandazioni tecniche per la protezione delle coste*. CNR, Prog. Finaliz. Cons. Suolo, Sottoprog. Dinamica Litorali.
- DAL CIN R., PEDONE F. & SIMEONI U. (1984) - *Evolution morphologique et distribution des sédiments dans les littoraux des Marches (Adriatique Centrale, Italie)*. Soc. Hydrotechn. France, 18<sup>me</sup> Journée Hydraul., Marseille, 11, 12 et 13 Sept. 1984.
- FOLK R. L. & WARD C. (1957) - *Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameters*. Journ. Sed. Petr., 31, 514-529.
- FOLK R. L. (1966) - *A review of grain size parameters*. Sedimentology, 6, 73-93.
- GALLIGNANI P. & MAGAGNOLI A. (1972) - *Metodologie e tecniche di sedimentologia fisica*. Rapp. Tecn. n. 1, CNR, 1-34.
- ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA (1980) - *Tavole di marea (Mediterraneo-Mar Rosso) e delle Correnti di marea*. I.I.M. Genova, 89 pp.
- RAINONE M., VENIALI F. & VIVALDA P. (1984) - *L'uso del micro-computer nell'analisi granulometrica e morfometrica delle ghiaie*. Giorn. Geol., ser. 2, 50, 241-250.
- RICCI LUCCHI F. (1978) - *Sedimentologia. Parte III Ambienti sedimentari e facies*. Coop. Libr. Univ. Editrice, Bologna, 504 pp.
- RIVIERE A. (1977) - *Methods granulométriques, techniques et interprétations*. Masson-Paris, 170 pp.
- VIVALDA P. (1983) - *Variazioni morfologiche e granulometriche di una spiaggia emersa del litorale maceratese*. Studi Geol. Camerti, 79-89.