

Studi costieri

Dinamica e difesa dei litorali - Gestione integrata della fascia costiera

N. 3
2000



Studi costieri

Dinamica dei litorali - Gestione integrata della fascia costiera

Collana diretta da:

Enzo Pranzini

Dipartimento di Scienze della Terra
Via J. Nardi 2 - 50132 Firenze
Tel. 055 243486 - Fax 055 241595
E-mail epranzini@cesit1.unifi.it

Comitato scientifico

Segreteria: **Pierluigi Aminti**

Dipartimento di Ingegneria civile
Via S. Marta 3 - 50139 Firenze
Tel. 055 4796224 - Fax 055 495333
E-mail aminti@dicea.unifi.it

Carlo Bartolini - Firenze
Edoardo Benassai - Napoli
Paolo Boccotti - Reggio Calabria
Antonio Brambati - Trieste
Leandro D'Alessandro - Chieti
Giuliano Fierro - Genova
Giovanni Battista La Monica - Roma
Alberto Lamberti - Bologna
Gianfranco Liberatore - Udine
Elvidio Lupia Palmieri - Roma

Giuseppe Matteotti - Padova
Alberto Noli - Roma
Arturo Ragone - Napoli
Giulio Scarsi - Genova
Umberto Simeoni - Ferrara
Sandro Stura - Genova
Ugo Tomasicchio - Bari
Adalberto Vallega - Genova
Marcello Zunica - Padova

Editore

Lito Terrazzi s.r.l.
Via Guido Rossa, 9
Cascine del Riccio
50015 Impruneta (Firenze)

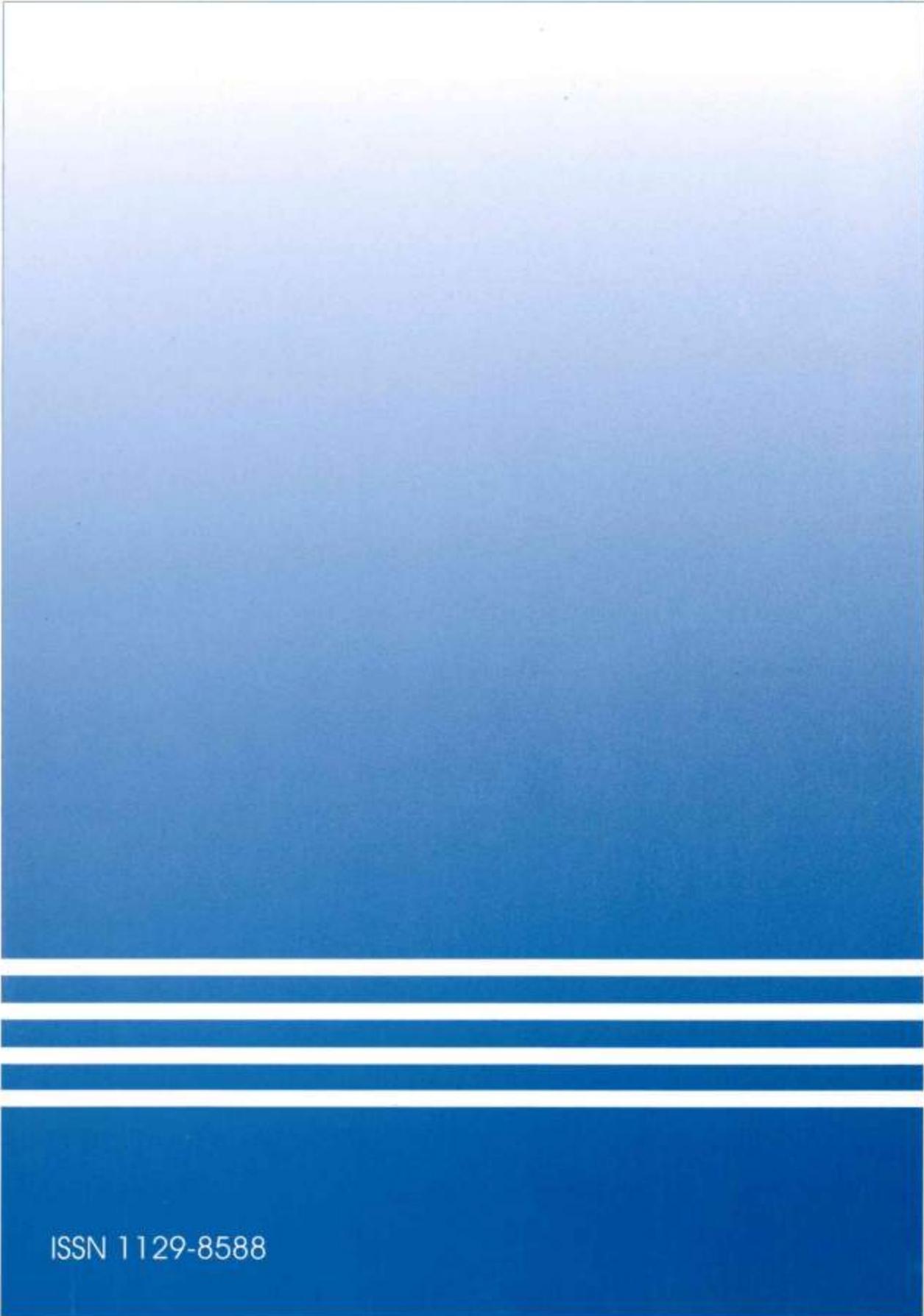
Studi costieri

Dinamica dei litorali - Gestione integrata della fascia costiera

Numero 3

Indice

L'erosione del litorale di Punta Ala: un caso di naturale riequilibrio morfologico Enzo Pranzini e Susanna Rossi	pag.	3-27
L'influenza delle opere antropiche sulla dinamica dei litorali: il caso di Loano (Liguria Occidentale) Carlo Cavallo, Ivana Delbono, Giuliano Fierro e Alessandro Maifredi	pag.	29-40
Le <i>pocket beach</i> di Vulcano (Isole Eolie, Sicilia): analisi morfo-sedimentologica Luca Antonio Dimuccio e Giuseppe Mastronuzzi	pag.	41-55
Indagine sperimentale per la ristrutturazione delle difese di Marina di Pisa Pierluigi Aminti ed Enzo Pranzini	pag.	57-70
Fenomeni d'instabilità della costa alta e rocciosa fra Riva Trigoso e Framura (Liguria Orientale): risultati preliminari Andrea Cevasco, Marco Ferrari, Giuliano Fierro e Sandro Nosengo	pag.	71-83
Lavori marittimi di dragaggio e di discarica Giuseppe Roberto Tomasicchio e Ugo Tomasicchio	pag.	85-102
Repertorio bibliografico delle pubblicazioni di dinamica dei litorali riguardanti le coste italiane a cura di Giovanni Battista La Monica ed Enzo Pranzini	pag.	103-140
Norme per gli Autori	pag.	141-142



ISSN 1129-8588

L'erosione del litorale di Punta Ala: un caso di naturale riequilibrio morfologico

Enzo Pranzini e Susanna Rossi

Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze
Via Jacopo Nardi, 2 - 50132 Firenze

Riassunto

Lo studio dell'evoluzione della linea di riva del litorale di Punta Ala ha messo in evidenza che il settore meridionale di questa unità fisiografica è caratterizzato da un processo erosivo che ha determinato un arretramento medio della linea di riva di circa 16 metri fra il 1954 e il 1996, e che nella parte centrale e settentrionale del litorale si è avuta stabilità o un avanzamento che ha superato, in un tratto, gli 11 metri.

Le caratteristiche tessiturali dei sedimenti presenti sulla spiaggia emersa e sommersa mostrano una notevole omogeneità dei materiali, eccetto che nel settore in erosione, dove sulla battigia e sui fondali immediatamente antistanti vi sono materiali più grossolani e meno classati. Lo studio dei vettori di trasporto dei sedimenti, ottenuti tramite il confronto fra i parametri tessiturali, dimostra l'esistenza di un drift prevalente diretto verso nord nel settore meridionale ed in quello centrale, mentre più a nord, in prossimità della foce del F. Alma, il suo senso risulta invertito. Nella zona di convergenza esiste un flusso sedimentario diretto verso l'esterno.

Non è stato possibile identificare alcuna causa antropica diretta per l'erosione della spiaggia nel settore meridionale, e si ritiene che l'evoluzione a cui è soggetta la linea di riva stia facendo assumere al litorale una configurazione a spirale logaritmica, stabile quando le mareggiate provengono prevalentemente da una ben determinata direzione, nel caso specifico il Canale di Piombino.

Abstract

A geomorphological and sedimentological study of Punta Ala beach (Grosseto, Italy) was carried out through the acquisition of shoreline positions from aerial photographs taken in 1938, 1954, 1973 and 1979 and with a topographic survey performed in 1996, during which the beach was surveyed from the backshore down to the depth of 10 meters. Upper berm and beach-face sediments were collected in Spring and Summer 1993 as well as in Winter 1996, whereas 25 profiles were sampled at 0, -1.5, -3, -5 and -7 meters during the bathymetric survey.

Shoreline evolution shows that the southern sector of this beach experienced a mean erosion of 16 meters during the period going from 1954 to 1996, whereas the central and northern sectors were approximately stable or even prograding up to 11 meters in that same period. Berm, beach face and nearshore sediments exhibit a great homogeneity, except for the material present in the eroded sector, where inner sediments are coarser and poorly sorted. Net sediment transport patterns inferred from textural parameters are directed northward in the southern and central parts of the beach and in the opposite way in the northern sector, where the Alma River outflows. In the prograding sector, where the drift convergence occurs, an offshore sediment direction was retrieved. As far as the causes for beach erosion are concerned, no anthropogenic factor was found and the present evolution is probably driving the shoreline to assume a log-spiral configuration, which is stable when storm waves come always from the same direction, and that is, in this case, from the Canale di Piombino.

Premessa

Il litorale di Punta Ala (Figg. 1 e 2) fa parte di quel 49 % delle spiagge toscane soggette ad erosione (Cipriani e Pranzini, 1999), anche se qui il fenomeno è limitato al solo settore meridionale e il tasso di arretramento della linea di riva è decisamente modesto. Ciò comporta comunque notevoli problemi sia di carattere ambientale che economico, in considerazione della forte pressione turistica a cui questo tratto di costa è stato soggetto negli ultimi venti anni, da quando sono stati costruiti il porto, gli stabilimenti balneari e tutto il complesso residenziale limitrofo.

Data la "giovane età" turistica della zona e l'esiguità del processo erosivo, essa non è stata ancora oggetto di uno studio geomorfologico e sedimentologico specifico. Pur senza studi di base a supporto, negli anni passati era stato fatto ugualmente qualche tentativo per frenare l'arretramento della linea di riva, principalmente da parte dei gestori degli stabilimenti balneari toccati dall'erosione, senza ottenere nessun risultato positivo di lungo termine. In particolare, sono stati effettuati due ripascimenti artificiali: il primo nella seconda metà degli anni '70, subito dopo la fine della costruzione del porto, quando furono utilizzati circa 80.000 m³ di materiale di varia origine e dimensioni, anche materiali di discarica, come testimoniano i ritrovamenti di mattoni e pezzi di cemento; il secondo, nel 1995, quando furono usati circa 13.000 m³ di sabbia prelevata a sud del porto. Durante il primo ripascimento furono costruiti anche alcuni piccoli pennelli in massi, mai più risistemati e attualmente quasi completamente distrutti.



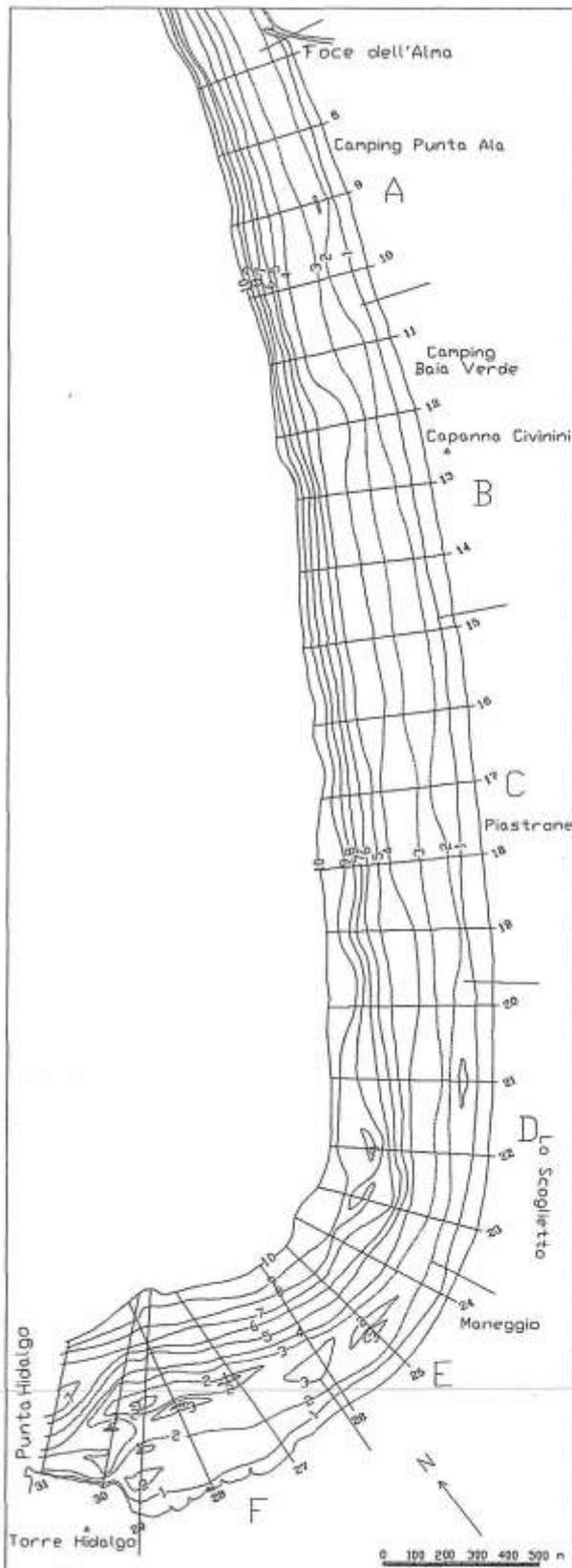
Figura 1 - Posizione dell'area di studio.

Il presente studio, effettuato nell'ambito di una convenzione di ricerca fra la Provincia di Grosseto e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, si propone di analizzare l'evoluzione recente di questo tratto di costa e la morfologia della spiaggia sommersa, nonché le caratteristiche granulometriche dei sedimenti e la loro dinamica. Tutto ciò per dare una caratterizzazione al litorale necessaria sia per la comprensione dei processi in atto che per l'eventuale impostazione di progetti tesi alla difesa del settore meridionale.

Inquadramento geografico

Il litorale di Punta Ala è posto a nord dell'omonimo promontorio e si estende per circa 6 chilometri da Punta Hidalgo alla Foce del Fiume Alma¹. Nella sua parte più meridionale guarda verso N-NW, ma una falcatura progressivamente più ampia lo porta ad una disposizione N-S e ad un andamento pressoché rettilineo (Fig. 2).

¹ Anche se la linea di riva del litorale di Punta Ala si interrompe con il piccolo promontorio di Torre Civette, a cui è appoggiata la foce dell'Alma, questa unità fisiografica si estende fino a Punta le Canne, comprendendo anche la spiaggia di Cala le Donne. Questo studio non prende però in considerazione questa spiaggia che è completamente inaccessibile da terra. Il rilievo batimetrico è stato comunque esteso anche a questa zona i cui fondali risultano in continuità morfologica con quelli del tratto studiato.



Il Fiume Alma, lungo 14 km e con un bacino idrografico di circa 55 km², sembrerebbe l'unica fonte di alimentazione del litorale, ma le caratteristiche petrografiche delle sabbie di spiaggia fanno considerare irrilevante il suo contributo all'alimentazione di questa unità fisiografica (Gandolfi e Paganelli, 1975). Gli stessi Autori escludono anche ogni apporto sedimentario da sud, dalla provincia petrografica dell'Ombrone, e da nord, da quella del Golfo di Follonica, mentre ipotizzano la presenza di *secondarie fonti di alimentazione, compatibili con litorali a regime scarsamente dinamico, come questi*. Certamente un contributo deriva dall'erosione sia del promontorio di Punta Ala (Macigno), data la notevole frequenza di ciottoli arenacei sulla spiaggia del settore meridionale, che di *un livello alluvionale quaternario la cui provenienza non è ancora chiarita* (Gandolfi e Paganelli, 1977) in affioramento al livello del mare all'estremità meridionale dell'unità fisiografica e coperto dal materiale versato negli anni '70.

La posizione della foce dell'Alma all'estremità settentrionale del litorale e la sua direzione verso nord hanno consentito di identificare un drift prevalente diretto in questo senso (Bartolini et al., 1976; Aiello et al., 1976). L'attuale asta terminale di questo corso d'acqua è comunque artificiale e racchiusa fra un molo guardiano a sud ed il piccolo rilievo di Torre Civette a nord. Il confronto fra le foto aeree del 1940 e del 1954 mostra che in questo intervallo di tempo la sua foce è stata spostata artificialmente di circa 250 metri verso nord, ma non si hanno informazioni sull'esatta data dei lavori. Mancano inoltre studi sulla bonifica di Pian d'Alma, che ha portato alla scomparsa delle ampie paludi qui ancora presenti nella prima metà di questo secolo. E' comunque poco probabile che esse abbiano influito in modo significativo sull'evoluzione di questo litorale, dato che il settore in erosione è dalla parte opposta e sopraflutto rispetto alla foce del fiume.

Figura 2 - Carta batimetrica del litorale di Punta Ala (rilievo 1996). Viene riportata anche la posizione dei profili rilevati. Le lettere indicano i settori nei quali è stato suddiviso il litorale per il calcolo degli spostamenti medi della linea di riva.

Acquisizione dei dati

Lo studio della morfologia e della dinamica dei sedimenti del litorale di Punta Ala è stato effettuato attraverso quattro campagne, realizzate fra l'aprile 1993 e il giugno 1996, che hanno interessato il tratto di costa compreso fra Punta Hidalgo e la foce del Fiume Alma:

- Aprile 1993: prelievo di campioni di battigia e di "spiaggia alta";
- Settembre 1993: prelievo di campioni di battigia e di "spiaggia alta";
- Febbraio 1996: prelievo di campioni di battigia;
- Giugno 1996: rilievo della linea di riva, campagna batimetrica, prelievo di campioni di battigia, prelievo di campioni sulla spiaggia sommersa fino all'isobata dei 7 metri.

Durante la campagna del giugno 1996 sono stati rilevati 25 (più 6 a Cala le Donne) profili batimetrici perpendicolari alla costa con equidistanza di circa 250 metri nel settore meridionale, quello colpito dall'erosione e morfologicamente meno omogeneo, e di 500 in quello settentrionale. Lungo ciascun profilo sono stati raccolti campioni di sedimenti di fondo con una benna Van Veen alla profondità di 0, 1.5, 3, 5 e 7 metri.

Il rilievo batimetrico è stato effettuato utilizzando un sistema di acquisizione e gestione dei dati automatico-digitale, con un ecoscandaglio di precisione (Ecomar mod. SWS 200 Khz) con emissione e ricezione separate e con posizionamento del natante in tempo reale (MDL mod. Lasertrack) tramite trasmissione via radio delle coordinate (sistema di riferimento Gauss-Boaga). I dati di profondità sono stati corretti in funzione dei valori di marea presenti al momento del rilievo di ogni profilo tramite le tavole di marea dell'Istituto Idrografico della Marina (Istituto Idrografico della Marina, 1995). Sono state apportate anche le correzioni in funzione della pressione atmosferica misurata per tutti i giorni della durata dei rilievi batimetrici. Si è quindi proceduto all'integrazione con i dati relativi alla posizione della linea di riva rilevata nello stesso periodo con metodi topografici tradizionali per mezzo di una stazione totale (teodolite e geodimetro) Pentax Pts II.

Evoluzione della linea di riva

Metodologia di analisi

Per lo studio della evoluzione recente del litorale è stata utilizzata la Carta in scala 1:5000 realizzata dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze (1989) in cui è riportata la posizione delle linee di riva ottenute per fotorestituzione dei rilievi aereofotogrammetrici degli anni 1954, 1973, 1979 e 1983². Esse sono state digitalizzate per mezzo di una tavoletta grafica Calcomp e georeferenziate nel sistema di riferimento Gauss-Boaga (coordinate Nord-Est). Successivamente è stata aggiunta la linea di riva del giugno 1996, rilevata con metodi topografici tradizionali contemporaneamente al rilievo batimetrico. Le linee del 1954, 1973, 1979 e 1996 sono quindi state utilizzate per la redazione di una carta delle linee di riva in scala 1:5.000 (qui riprodotta in scala circa 1:20.000 in Figg. 3 e 4). Infine sono state calcolate le aree sottese dalle coppie di linee di riva relative ai periodi 1954-1973, 1973-1979, 1979-1996 e 1954-1996. A tal fine la spiaggia in esame è stata suddivisa in 6 settori a partire dalla foce del Fiume Alma fino al lembo più meridionale del litorale (vedi Fig. 2). Per ogni settore e per ogni intervallo di tempo sono state calcolate le variazioni areali della spiaggia emersa (Tabella 1), gli spostamenti lineari medi (Tabella 2) e i tassi di spostamento annuale (Tabella 3) della linea di riva. Da questi dati sono stati ricavati quattro grafici, ognuno relativo ad uno dei quattro intervalli di tempo, in cui viene mostrata la variazione lineare media in ogni settore (Figg. 5, 7, 8 e 9).

² Un successivo controllo delle foto aeree del 1983 ha messo in evidenza che la restituzione di questo volo è affetta da un errore maggiore di quello calcolato per tutte le altre linee di riva della Carta regionale. In ciò può aver influito anche il fatto che in questo settore le linee di riva vennero tracciate inizialmente sulla carta catastale e poi trasferite sulla Carta Tecnica Regionale. In considerazione di ciò, nel presente studio si è preferito non utilizzare questi dati.

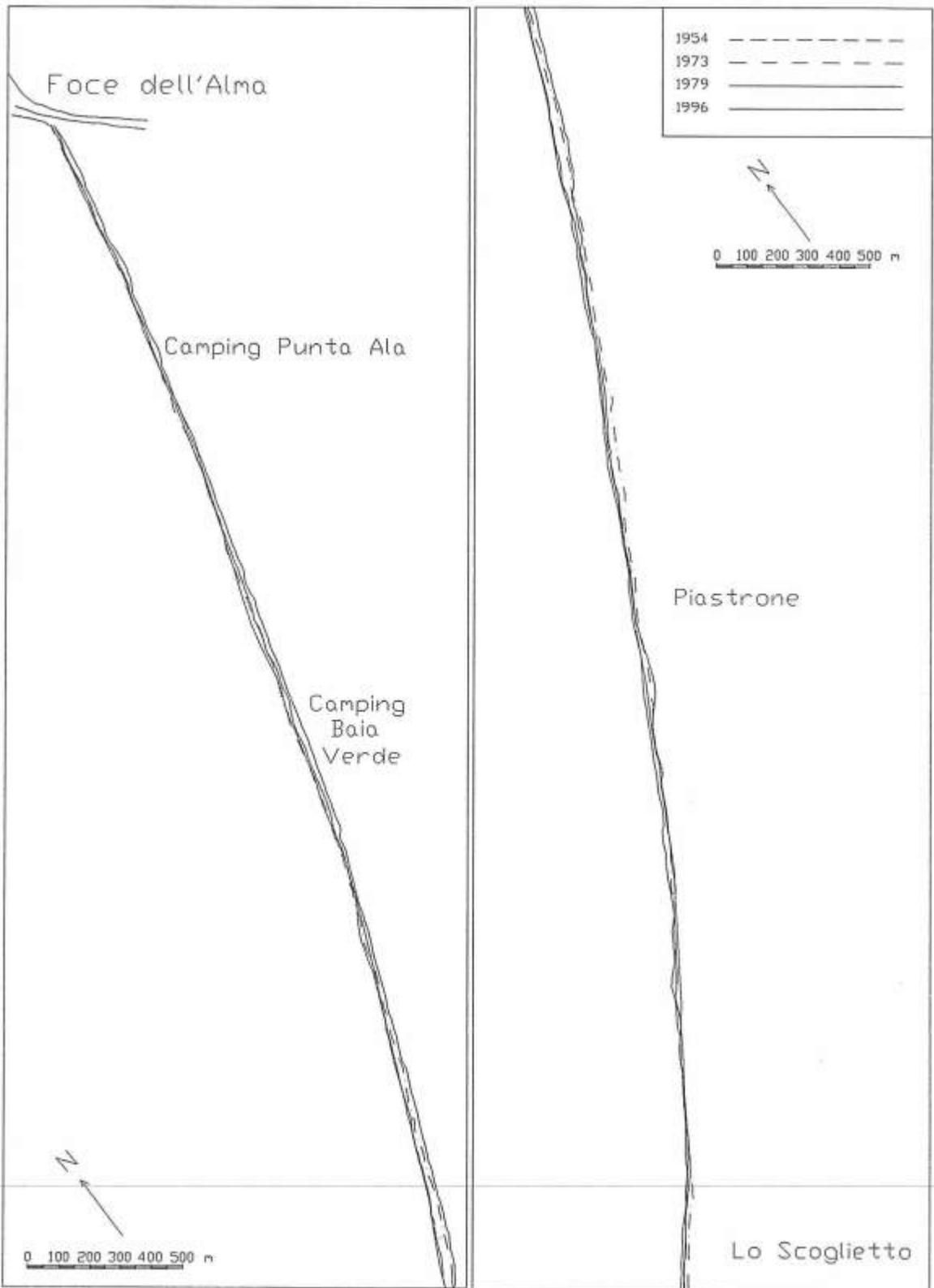


Figura 3 - Evoluzione della linea di riva nel tratto settentrionale (a sinistra) ed in quello centrale (a destra) dal 1954 al 1996 (Scala 1:20.000).

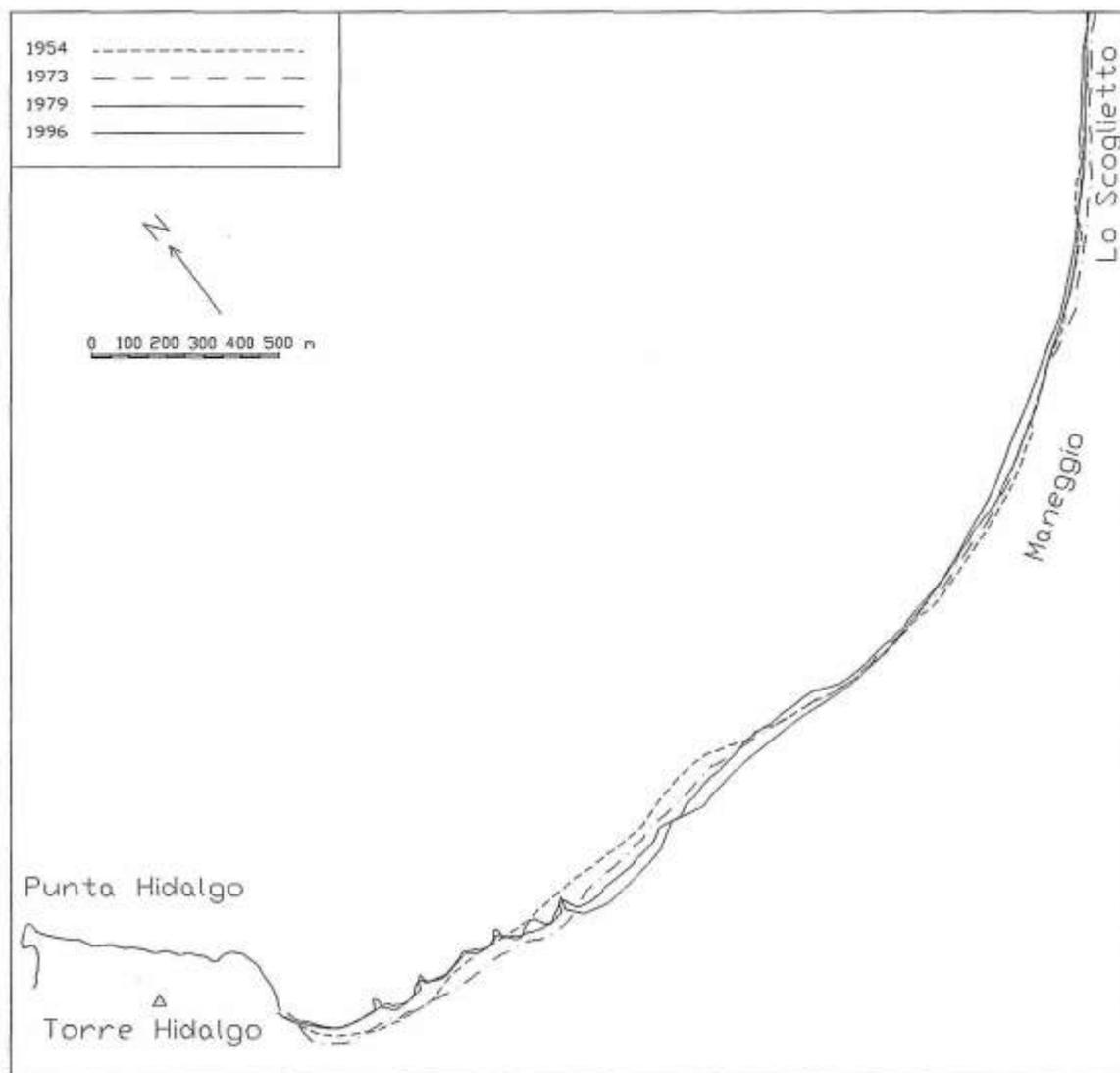


Figura 4 - Evoluzione della linea di riva nel tratto meridionale dal 1954 al 1996 (Scala 1:20.000).

Tabella 1 - Variazione areale (m^2) della spiaggia emersa nei periodi 1954-1973, 1973-1979, 1979-1996 e per l'intero periodo 1954-1996 nei 6 settori considerati.

Settori	1954 / 1973	1973 / 1979	1979 / 1996	1954 / 1996
A	+ 6683.12	- 889.32	+1012.09	+6805.89
B	+ 8841.66	+ 2848.74	+599.23	+12289.63
C	- 4088.52	+ 12623.62	-5328.98	+3206.12
D	- 4866.75	+ 5977.08	-1242.33	-132.00
E	+ 2143.34	+ 2925.26	-833.45	+4235.15
F	- 11644.11	+ 5461.92	-5665.90	-11848.09

Tabella 2 - Spostamento medio (m) della linea di riva nei periodi 1954-1973, 1973-1979, 1979-1996 e per l'intero periodo 1954-1996 nei 6 settori considerati.

Settori	1954 / 1973	1973 / 1979	1979/1996	1954 / 1996
A	+ 7.27	- 0.97	+1.10	+7.4
B	+ 8.22	+ 2.65	+0.56	+11.43
C	- 3.34	+ 10.32	-4.36	+2.62
D	- 4.98	+ 6.12	-1.27	-0.13
E	+ 3.68	+ 5.02	-1.44	+7.26
F	- 15.78	+ 7.40	-7.68	-16.05

Tabella 3 - Tasso di spostamento medio (metri/anno) della linea di riva nei periodi 1954-1973, 1973-1979, 1979-1996 e per l'intero periodo 1954-1996 nei 6 settori considerati.

Settori	1954 / 1973	1973 / 1979	1979 / 1996	1954 / 1996
A	+ 0.38	- 0.16	+0.06	+0.18
B	+ 0.43	+ 0.44	+0.03	+0.27
C	- 0.17	+ 1.72	- 0.26	+0.06
D	- 0.26	+ 1.02	- 0.07	0.00
E	+ 0.19	+ 0.84	- 0.08	+0.17
F	- 0.83	+ 1.23	- 0.45	- 0.38

Dal 1954 al 1973

In questo intervallo di tempo la fascia costiera di Punta Ala non è ancora antropizzata. Ciò nonostante, la parte meridionale del litorale (settore F) è già in netta erosione con un arretramento medio di quasi 16 metri (-0.83 m/anno) (vedi Tab. 3 e Fig. 5).

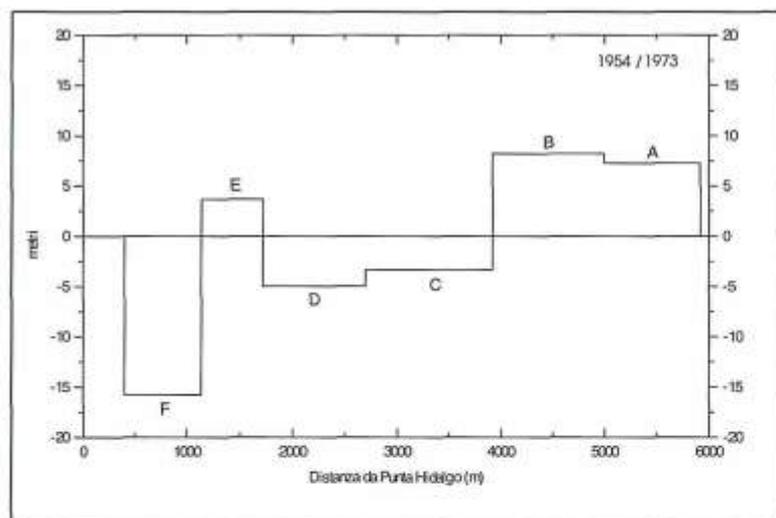


Figura 5 - Spostamento medio della linea di riva tra il 1954 ed il 1973 nei 6 settori considerati.

Questo dimostra che la spiaggia in esame era in erosione da prima che venisse effettuato qualsiasi tipo di intervento, sia sul litorale che nelle zone limitrofe (ad esempio la costruzione del porto di Punta Ala, che risale al 1976 ed alla quale si è spesso attribuita la responsabilità dei processi in atto). Una testimonianza di quanto appena detto è data anche dalla fotografia del 1947 (Fig. 6): in essa è rappresentato il tratto più meridionale della spiaggia ed è chiaramente evidente come l'erosione abbia già attaccato la duna, visibilmente scalzata alla base.

Figura 6 - La duna della spiaggia meridionale già attaccata dall'erosione in una foto del 1947. Nella foto si vedono anche i ciottoli prodotti dalla erosione del deposito continentale quaternario ancora oggi principale fonte di alimentazione di tutto il litorale. (Foto Banchi).



Come si può osservare in Figura 4, nella zona corrispondente al settore F tutte e cinque le diverse linee di riva formano una specie di convessità. Le linee del 1954 e del 1973 sono quelle che presentano questa caratteristica in modo più evidente, perché, come già detto, in quegli anni non vi era stato ancora realizzato nessun intervento di protezione. Il motivo di questa particolare morfologia può essere ricercato nella presenza, sui fondali antistanti questo tratto, di alcuni affioramenti di panchina, che costituiscono una difesa naturale della spiaggia.

L'adiacente settore E si presenta, nel periodo considerato, in accrescimento di circa 3.5 metri. I settori D e C sono invece di nuovo in erosione, rispettivamente di 5 e 3.3 metri, infine i settori B e A sono in accrescimento di 8.2 e 7.3 metri (Fig. 5). Ricordando quanto già detto a proposito della possibile imprecisione della posizione delle linee di riva, si può supporre che il loro andamento oscillante derivi in gran parte da ciò. In particolare per quanto riguarda i settori E, D e C, le loro variazioni lineari nell'intervallo di tempo 1954-1973 sono sempre al di sotto dei 5 metri, cioè minori dell'errore presunto nella determinazione della loro posizione (Bartolini et al, 1989). L'avanzamento della linea di riva nei settori A e B, rispettivamente di 7.3 metri e di 8.2 metri (0,4 metri/anno, vedi Tab. 3) è probabilmente dovuto al deposito dei sedimenti erosi nella zona meridionale del litorale.

Dal 1973 al 1979

Durante questo intervallo di tempo vengono costruiti il porto di Punta Ala, i complessi residenziali e gli stabilimenti balneari. Sul litorale, nella zona meridionale colpita dall'erosione, viene effettuato il primo grosso intervento di ripascimento (di circa 80.000 m³) utilizzando anche materiale di discarica, e contemporaneamente vengono costruiti dei piccoli pennelli in massi nel tentativo di mantenere stabile il più a lungo possibile il materiale riportato. Questo si riflette in un generale avanzamento della linea di riva (Fig. 7); infatti i settori F, E, D, C e B si presentano tutti in accrescimento, con un valore massimo di 10 metri per il settore C. Il settore più settentrionale, A, deve, al contrario, essere considerato come in equilibrio (1 metro di arretramento in quattro anni).

Dal 1979 al 1996

Nell'ultimo periodo di tempo considerato il litorale di Punta Ala è caratterizzato da una relativa stabilità, fatta eccezione per il settore F, dove l'arretramento medio risulta essere pari a circa 8 metri (Fig. 8).

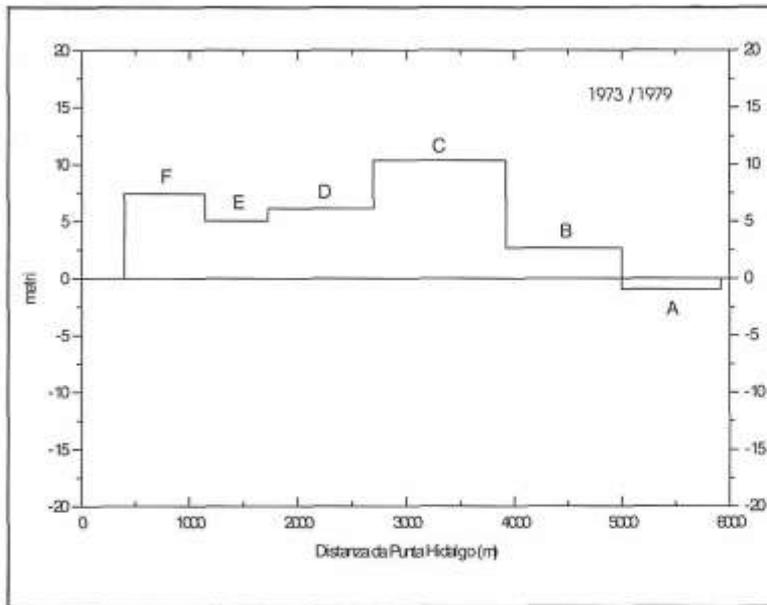


Figura 7 - Spostamento medio della linea di riva tra il 1973 ed il 1979 nei 6 settori considerati.

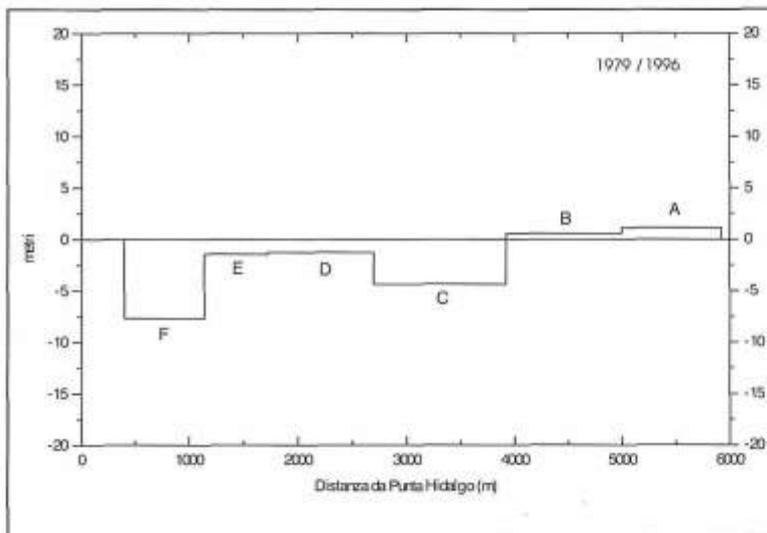


Figura 8 - Spostamento medio della linea di riva tra il 1979 ed il 1996 nei 6 settori considerati.

Gli altri settori (Fig. 8 e Tab.2) subiscono uno spostamento medio della linea di riva che rientra nell'errore previsto nel metodo di restituzione e dovrebbero quindi essere considerati come stabili, anche se i valori negativi dei settori E, D e C e positivi dei settori B ed A sono ben inquadrabili nelle tendenze evolutive generali.

In una zona compresa nel settore F, davanti ad uno stabilimento balneare che maggiormente ha risentito degli effetti dell'erosione, era stato effettuato, nella primavera del 1995, un ripascimento di circa 13 000 m³ di materiale prelevato a Sud del porto.

Nonostante ciò la linea di riva del 1996 risulta arretrata rispetto a quella del 1979, a riprova del cronico deficit sedimentario di questo settore del Golfo. L'intervento del 1976 ebbe un esito migliore, sia perché interessò un volume maggiore di materiali, sia perché venne associato alla costruzione di pennelli che ne ridussero la dispersione lungo riva. Purtroppo per entrambi non esistono dati circa la granulometria utilizzata.

Sintesi dell'evoluzione del litorale

Confrontando la posizione della più antica linea di riva disponibile (1954) con quella rilevata nel 1996 si può meglio evidenziare la tendenza evolutiva di questo tratto di litorale (Fig. 9).

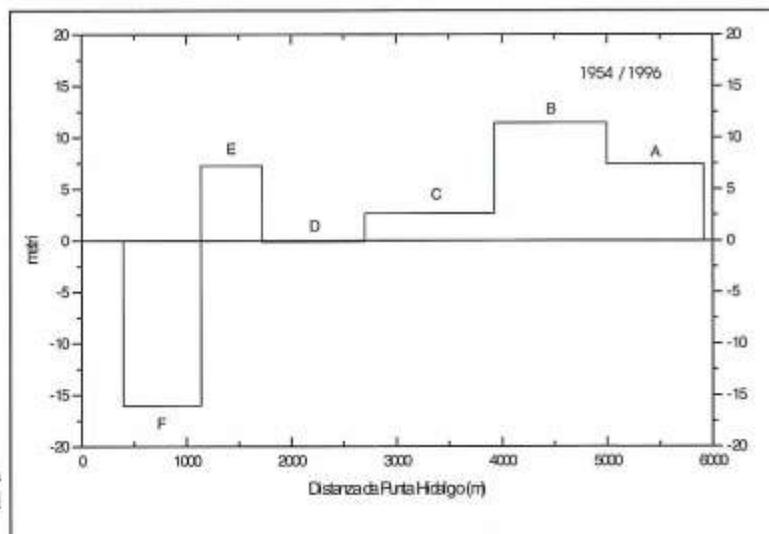


Figura 9 - Spostamento medio della linea di riva tra il 1954 ed il 1996 nei 6 settori considerati.

Come si può vedere in Figura 9 ed in Tabella 2, i settori settentrionali A, B e C si presentano in netto avanzamento, con un picco massimo di 11,4 metri nel settore B. Il settore D può essere considerato praticamente in equilibrio (arretramento di 0,1 metri; 0,03 metri/anno), mentre il settore E è in accrescimento di 7,3 metri. L'unico settore in netta erosione è quello posto all'estremità meridionale del litorale, con una perdita media di 16 metri di spiaggia.

E' evidente, anche da quanto diremo in seguito, che il materiale eroso in questa parte del litorale è andato ad alimentare i settori più settentrionali. In Figura 9 non si ha un pareggio fra le aree in erosione e quelle in progradazione, ma un bilancio paritario dell'intero litorale può essere ottenuto sia considerando che l'arretramento nel tratto meridionale implica la messa in gioco di ingenti volumi di sedimenti, per l'erosione della duna e dei depositi quaternari, sia ipotizzando un modesto apporto del Fiume Alma.

Nell'insieme questo tratto di costa più che ad un'erosione, innescata da un deficit sedimentario, è soggetto ad un riassetto della linea di riva, che porta ad una più accentuata falcatura della parte meridionale e ad una progradazione di quella settentrionale che comunque, appoggiandosi alla breve armatura di foce dell'Alma, non può avanzare indefinitamente.

Morfologia ed evoluzione della spiaggia sommersa

Lo studio morfologico della spiaggia sommersa si basa sui rilievi batimetrici effettuati nel giugno 1996, che sono consistiti, come già detto in precedenza, in 31 profili perpendicolari a costa compresi fra la battigia e l'isobata dei 10 metri.

Sulla base di questi rilievi è stata costruita una carta batimetrica in scala 1:5.000 (riprodotta in scala 1:20.000 in Fig. 2) dalla quale emerge una notevole differenza nella morfologia della spiaggia sommersa fra la parte meridionale e quella centro-settentrionale del litorale.

Il profilo della spiaggia sommersa nel settore meridionale risulta estremamente articolato a causa della presenza di piccoli scogli, probabilmente dovuti ad affioramenti di panchina (*beach rock*). Più a nord, la morfologia del fondale diventa più regolare anche se compare una serie di barre a festoni posizionate, al momento del rilievo, intorno ai 2, 4 e 6 metri di profondità.

Per quanto riguarda la pendenza media della spiaggia sommersa (vedi Fig. 2), essa risulta minore nelle zone meridionali in erosione (circa 1,7%) e maggiore nel settore più settentrionale in equilibrio

o in progradazione (circa 2.5%). Ciò può essere messo in relazione ai processi erosivi o deposizionali in atto: considerando che l'evoluzione del profilo della spiaggia sommersa può evolversi, almeno su tempi brevi, esclusivamente entro la profondità di chiusura, è evidente che l'arretramento della linea di riva tende ad "allungare" il profilo fra questo punto e la battigia, riducendone la pendenza. Dove la spiaggia è in avanzamento la distanza fra la linea di riva e la batimetrica del punto di chiusura è inferiore.

La profondità di chiusura, che avendo a disposizione dati meteomarini certi viene calcolata in base ad essi, nel nostro caso è derivabile dall'analisi del profilo della spiaggia sommersa; in particolare, nei tratti in erosione, si ritiene possibile collocarla in corrispondenza del passaggio fra la forma concava della spiaggia superiore (attiva) a quella convessa della spiaggia inferiore (passiva) dove avvengono flussi sedimentari prevalentemente per processi gravitativi. Questo passaggio avviene alla profondità di circa 5 - 6 metri, valore che utilizzeremo, in seguito, per il calcolo del volume di sedimenti spostati sui fondali a seguito dell'innalzamento del livello marino (Bruun, 1962).

Caratteristiche granulometriche dei sedimenti

Analisi dei sedimenti

L'analisi granulometrica dei sedimenti raccolti è stata fatta per mezzo di setacciatura meccanica a secco con intervallo di $1/2$ phi e per una durata di 10 minuti. Sulla base delle percentuali relative a ciascuna classe granulometrica, sono stati tracciati gli istogrammi di frequenza e le curve cumulative in scala probabilistica. Da queste sono stati ricavati, per interpolazione lineare, i percentili necessari al calcolo dei parametri grafici di Folk e Ward (1957): Media (M_z), Classazione (σ_1) ed Asimmetria (Sk_1). Si è registrato anche il valore del Primo percentile e la percentuale di frazione fine, intesa come quella avente dimensioni inferiori a 0.063 mm (4 phi).

Per le campionature che hanno interessato esclusivamente la spiaggia emersa sono stati tracciati i grafici relativi alle variazioni di ciascun parametro lungo costa. Per la campagna del giugno 1996 sono state realizzate le carte di distribuzione dei parametri statistici Media (M_z), Classazione (σ_1), 1° Percentile e Percentuale della frazione fine.

Sono stati tracciati ed analizzati anche i diagrammi bivariati delle combinazioni Media (M_z)/Profondità, Media (M_z)/Classazione (σ_1), Media (M_z)/Asimmetria (Sk_1) e Classazione (σ_1)/Asimmetria (Sk_1). E' stata infine effettuata l'analisi delle direzioni di trasporto dei sedimenti con il metodo proposto da Gao e Collins (1992).

Caratteristiche granulometriche dei sedimenti di battigia

I sedimenti che costituiscono la battigia del litorale di Punta Ala presentano una significativa variabilità della Media (M_z), sia in senso longitudinale che in senso temporale (Fig. 10). Questa variabilità è comunque da considerarsi relativa se messa a confronto con quella mostrata da sedimenti di battigia di gran parte del litorale toscano (vedi ad es. Bartolini, 1976a; Aiello et al., 1980; Pranzini, 1983). L'analisi dell'andamento del valore di M_z lungo costa mostra che la maggiore variabilità temporale si registra nel settore meridionale del Golfo, con valori che oscillano fra 0.15 phi e 2.47 phi (aprile '93 e febbraio '96 rispettivamente). La prima campionatura registra la massima variabilità spaziale che, anche in questo caso, è massima nel settore meridionale.

Complessivamente le dimensioni medie dei sedimenti mostrano una riduzione andando da Sud verso Nord, cosa che può fare ipotizzare, in prima approssimazione, una analoga direzione di trasporto prevalente dei sedimenti. In questo movimento avverrebbe anche una graduale classazione dei materiali che perderebbero le frazioni più grossolane. Ciò comporta la presenza, nel settore settentrionale, di sabbie assai più omogenee di quelle presenti più a Sud. A ciò sarebbe imputabile la minore variabilità, spaziale e temporale, presente nel tratto più settentrionale del Golfo.

La "sorgente" dei materiali grossolani presenti nel tratto meridionale è da ricercare, non solo nel deposito quaternario evidenziato da Gandolfi e Paganelli (1976) ma anche nei sedimenti che qui fu-

rono riportati alla fine degli anni '70 in occasione del ripascimento, durante il quale furono usati materiali molto eterogenei che comprendevano anche inerti provenienti da discariche. L'ipotesi che col trasporto verso Nord i sedimenti diventino più classati è avvalorata dai dati relativi alla Classazione (σ_1) che raggiunge valori estremamente bassi (sedimenti *ben classati*, secondo la classificazione di Folk e Ward, 1957) proprio nel tratto più settentrionale (Fig. 11), mentre sul lato meridionale i materiali di spiaggia si presentano, in quasi tutti i periodi analizzati da *poco classati* a *molto poco classati*.

Figura 10 - Andamento delle dimensioni medie (M_z) dei sedimenti di battigia lungo il litorale.

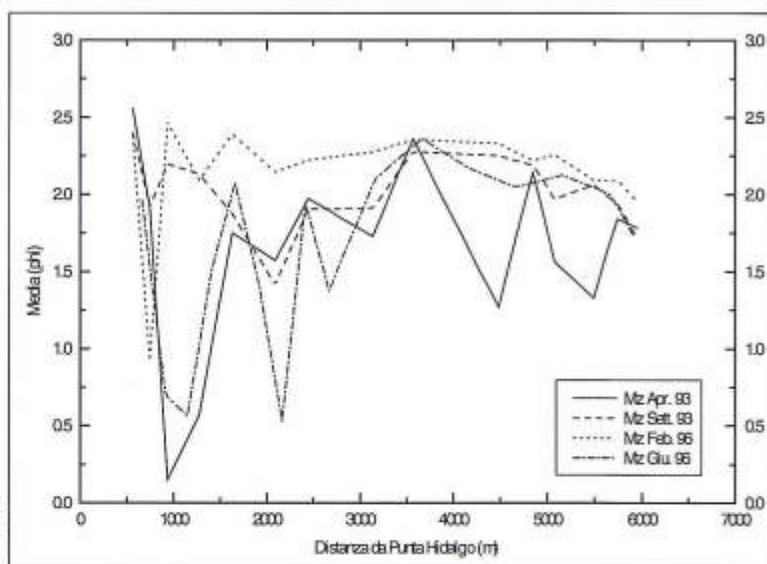
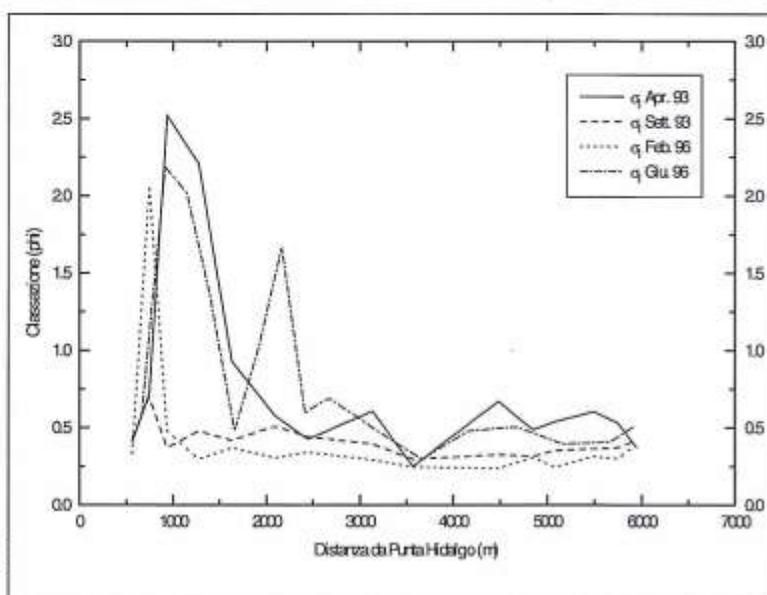


Figura 11 - Andamento della Classazione (σ_1) dei sedimenti di battigia lungo il litorale.



Per quanto riguarda l'Asimmetria (Sk_1), i sedimenti di battigia presentano valori quasi esclusivamente negativi (Fig. 12), in accordo con quanto trovato da numerosi autori (vedi ad es. Folk, 1966; Friedman, 1961), in particolare per sabbie fini.

Valori decisamente negativi si trovano nel settore più meridionale, mentre procedendo verso Nord si incontrano valori sempre più prossimi a zero.

Il confronto fra i valori della Media (M_z) e della Classazione (σ_1) per i campioni di battigia delle quattro campagne (Fig. 13) indica una discreta correlazione fra questi due parametri ($R^2 = 0.80$), con *sabbie fini ben classate e sabbie grossolane da poco a molto poco classate*. Le prime si ritrovano nel settore più settentrionale, in avanzamento, mentre le seconde nella spiaggia meridionale in erosione.

Il confronto fra i valori della Media (M_z) e quelli dell'Asimmetria (Sk_1) (Fig. 14) mostra una correlazione assai più debole, con l'unico elemento di rilievo dato da una Asimmetria più negativa per i sedimenti più grossolani, che ovviamente rappresentano il settore meridionale dell'area studiata.

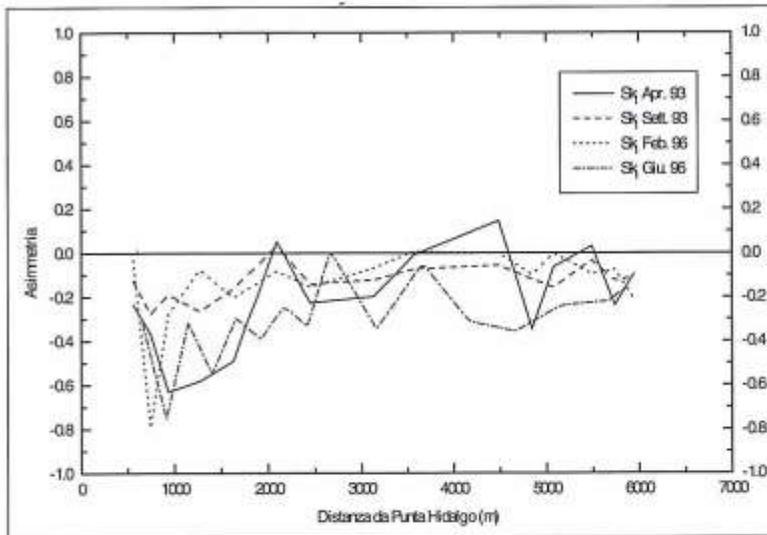


Figura 12 - Andamento dell'Asimmetria (Sk_1) dei sedimenti di battigia lungo il litorale.

Questa tendenza, presente in tutte e quattro le campagne, potrebbe essere associata alle condizioni di erosione che caratterizzano il settore meridionale. Qui l'erosione asporterebbe prevalentemente le particelle più fini lasciando un deposito con una coda più grossolana. Ciò è in buon accordo con quanto trovato da Bartolini (1976b) che giustifica valori positivi dell'Asimmetria solo in tratti di costa protetti, laddove l'energia del moto ondoso non è in grado di asportare le frazioni a granulometria minore.

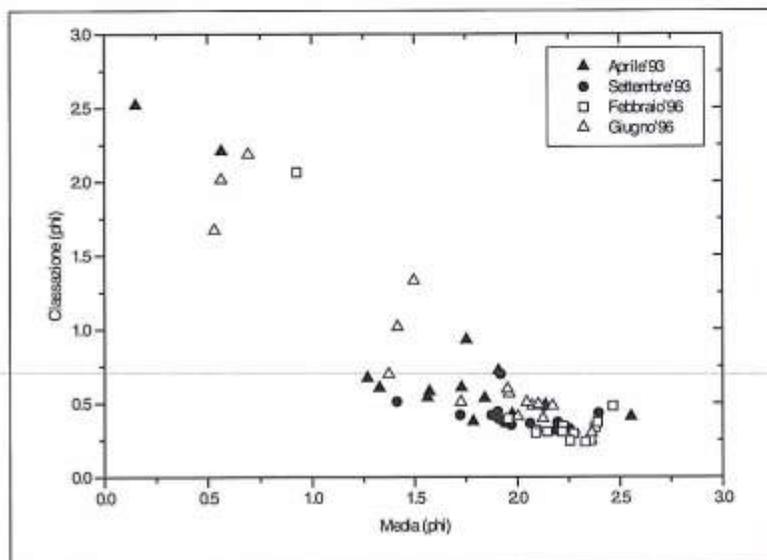


Figura 13 - Confronto tra Media (M_z) e Classazione (σ_1) per i sedimenti di battigia.

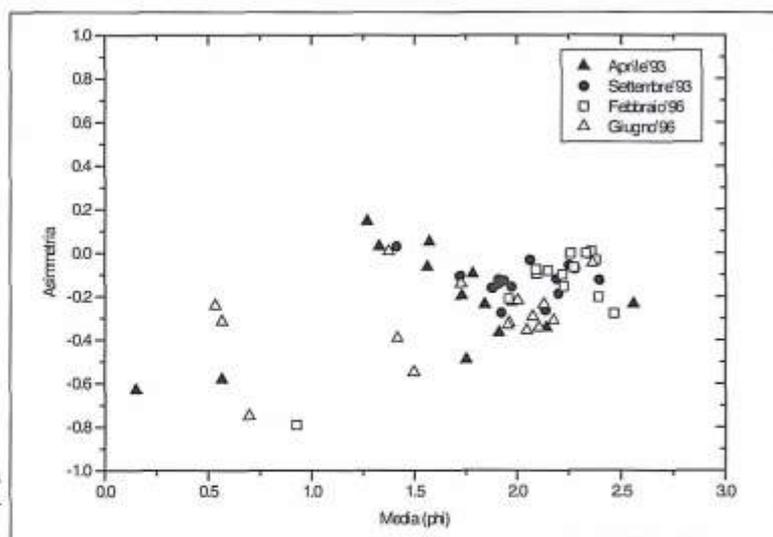


Figura 14 - Confronto tra Media (M_z) e Asimmetria (Sk_1) per i sedimenti di battigia.

Per quanto riguarda il confronto Classazione (σ_1) / Asimmetria (Sk_1) (Fig. 15), si può solo notare che i sedimenti più classati presentano una distribuzione più simmetrica e che, col peggiorare della Classazione, l'Asimmetria diventa sempre più negativa. I campioni più classati e più simmetrici derivano dalla zona settentrionale del litorale, mentre quelli meno classati e con Asimmetria più negativa rappresentano i sedimenti più grossolani appartenenti al tratto meridionale in erosione.

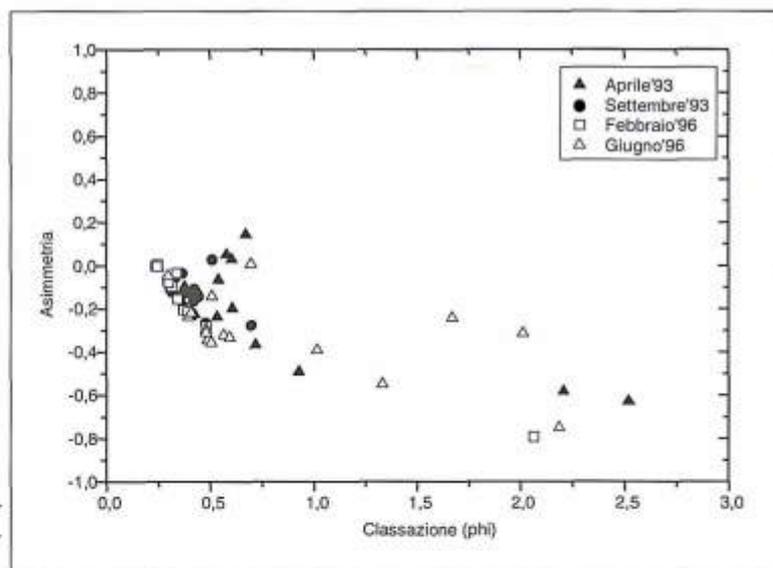


Figura 15 - Confronto tra Classazione (σ_1) e Asimmetria (Sk_1) per i sedimenti di battigia.

Caratteristiche granulometriche dei sedimenti di spiaggia alta

La spiaggia di Punta Ala è delimitata verso terra da un apparato dunale estremamente ridotto e coperto da vegetazione, ed anche nei tratti in progradazione non vi è traccia di dune di neo formazione, forse anche a causa delle operazioni di pulizia meccanica dell'arenile eseguite con eccessivo zelo. I depositi eolici attuali sono estremamente modesti e molto spesso si appoggiano a manufatti presenti sul limite interno della spiaggia. I materiali campionati rappresentano la parte più alta della

spiaggia, che dal punto di vista morfologico può in alcuni punti assomigliare più ad una berma di tempesta che non ad una vera e propria *foredune*.

La loro analisi granulometrica di fatto sembrerebbe avvalorare l'origine eolica, dato che i sedimenti si presentano tutti *fini* ($2.10 < M_z < 2.35$) e *molto ben classificati* ($0.22 < \sigma_1 < 0.38$), come risulta anche dalla Figura 16. In base a ciò e ai valori assunti dall'Asimmetria (Sk_1) (generalmente prossimi a zero; Fig. 17), secondo quanto affermato da Friedman (1961) si tratterebbe con certezza di sabbie di duna.

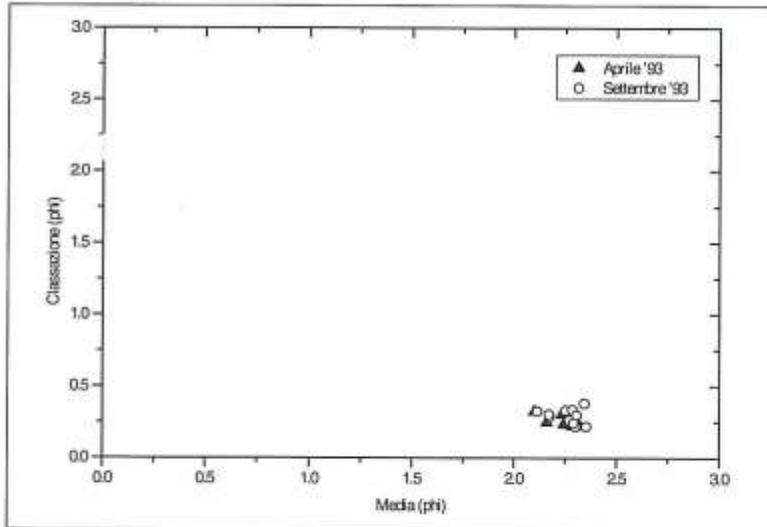


Figura 16 - Confronto tra Media (M_z) e Classazione (σ_1) per i sedimenti di spiaggia alta.

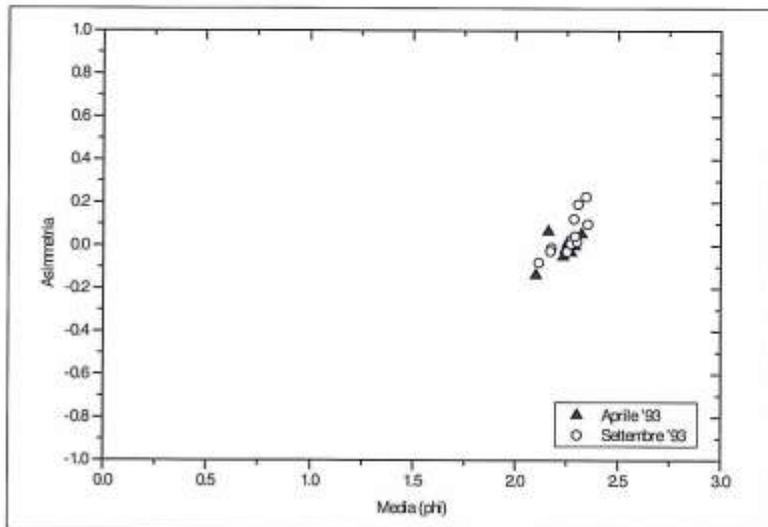


Figura 17 - Confronto tra Media (M_z) e Asimmetria (Sk_1) per i sedimenti di spiaggia alta.

L'assenza di cordoni dunali attuali, pur in presenza di una sorgente idonea alla loro formazione, quale è la spiaggia emersa del litorale in questione (costituita da sabbie fini, generalmente asciutte per motivi climatici, ed esposta a venti foranei anche forti) può essere giustificata solo dalla ridotta larghezza dell'arenile (circa 30 metri nei tratti più ampi) e dal fatto che le mareggiate maggiori riescono a risalire la berma a debole pendenza fino alla zona di sedimentazione eolica, rimettendo così in circolazione i materiali accumulati durante il periodo estivo.

Caratteristiche granulometriche dei sedimenti di spiaggia sommersa

L'analisi dei dati granulometrici dei campioni prelevati sulla spiaggia sommersa mostra come vi sia una buona correlazione fra dimensioni medie (M_d) dei sedimenti e loro posizione batimetrica (Fig. 18).

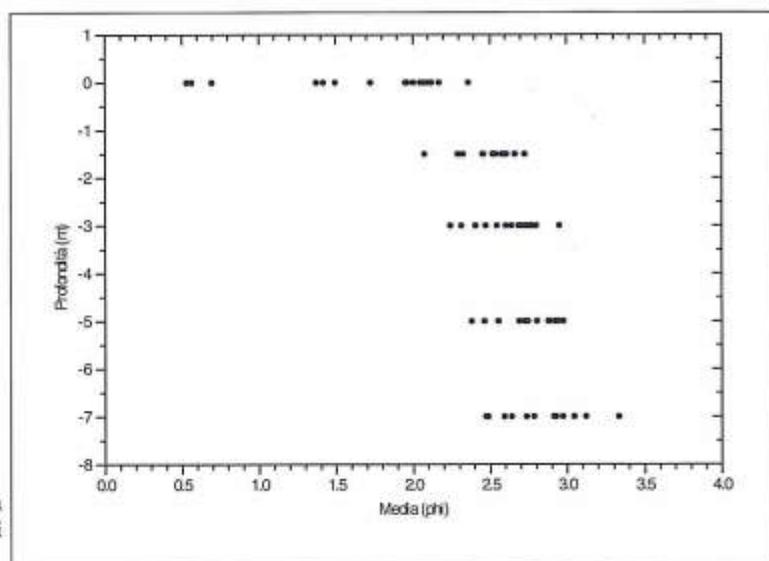


Figura 18 - Confronto tra Media (M_d) e profondità per i sedimenti di spiaggia sommersa.

Andando dalla battigia verso i fondali maggiori si assiste infatti ad una diminuzione delle dimensioni, diminuzione assai brusca nel passaggio fra 0 e -1,5 metri ed estremamente modesta e graduale verso i fondali maggiori. Lasciata la battigia, si hanno sempre sedimenti di dimensioni comprese fra 2 e 3,5, costituiti quindi da *sabbie fini* e *molto fini*. La gamma dimensionale dei materiali prelevati da ciascuna fascia batimetrica è comunque dello stesso ordine di grandezza della riduzione media registrata passando dai sedimenti prelevati a 1,5 metri a quelli prelevati a 7,5 metri di profondità. Infatti, le sabbie più fini fra tutte quelle prelevate a 1,5 metri di profondità hanno dimensioni minori dei sedimenti più grossolani fra quelli presenti sul fondale di 7 metri. Ciò consente di ipotizzare una dinamica sedimentaria in cui siano possibili spostamenti da e verso riva ed un costante rimescolamento dei materiali, processi che sembrerebbero non interessare i materiali di battigia, almeno quelli presenti nel settore meridionale, che potrebbero solo perdere le frazioni granulometriche minori a vantaggio dei fondali antistanti. Questo aspetto verrà ripreso in seguito, nel momento in cui verranno analizzati i "vettori di trasporto" con una opportuna analisi dei parametri statistici (Gao e Collins, 1992).

Anche osservando la carta delle dimensioni medie (M_d) dei sedimenti (Fig. 19) emerge l'estrema omogeneità dei materiali che costituiscono i fondali della zona di studio, assai diversi dai sedimenti di battigia, estremamente più grossolani, in particolare nel settore meridionale in erosione. Da notare è l'allontanamento da riva dell'isolina dei 2,5 phi e l'aumento delle dimensioni medie dei sedimenti di battigia nel settore settentrionale. Ciò potrebbe essere messo in relazione sia con una alimentazione del litorale da parte di questo corso d'acqua, smentita però dall'andamento regolare delle isobate, che con la provenienza da nord di materiali prodotti dall'erosione di rocce intensamente alterate analoghe a quelle presenti sul promontorio di Punta Ala.

Materiali ben più grossolani si trovano in prossimità della riva nel settore meridionale e costituiscono la più consistente fonte di alimentazione di tutto il litorale.

I materiali più fini presenti nel settore meridionale intorno alla profondità di 7 metri potrebbero essere associati alla deposizione delle frazioni a granulometria minore che, in sospensione, riescono ad uscire dall'unità fisiografica dell'Ombrone, come dimostrato, fra l'altro, dall'analisi dei dati raccolti dal Coastal Zonel Color Scanner (CZCS) fra il 1978 e il 1986 (Landi e Pranzini, in prep.). Questo

materiale non va a costituire la spiaggia emersa dove l'energia del moto ondoso non ne consente la sedimentazione, e non consente il collegamento fra la provincia petrografica dell'Alma e quella dell'Ombrone (Gandolfi e Paganelli, 1975 e 1977).

La carta relativa alle dimensioni del Primo percentile (Fig. 20) mostra, ovviamente, molte analogie con quella della Media (M_z), anche se si presenta più articolata, in particolare sui fondali. La maggiore variabilità di questo parametro è comunque insita nel fatto che differenze significative nelle code delle distribuzioni sono assai più probabili che non differenze nelle medie.

Le dimensioni del Primo percentile sono state spesso messe in relazione all'energia dell'ambiente di deposizione (Passega et al., 1967; Pranzini, 1981). Ciò porterebbe ad associare alte energie al settore meridionale dove questo parametro raggiunge il valore di -4.23ϕ (18.8 mm). Si deve però considerare che, nel nostro caso, i materiali presenti in questa zona sono di fatto residuali di un deposito grossolano e poco classato quale era quello di ripascimento. La correlazione fra dimensioni del Primo percentile ed energia dell'ambiente ha senso per materiali di ugual classazione (Pranzini, 1986), mentre nel nostro caso in questo settore abbiamo proprio materiali *molto poco classati*.

Nella carta delle dimensioni del Primo percentile si nota anche un aumento del valore di questo parametro in prossimità della Foce del Fiume Alma. Questo fatto, come già visto precedentemente per la carta della Media (M_z), potrebbe essere imputabile al contributo sedimentario di materiale più grossolano da parte di questo fiume.

Una forte variabilità è mostrata anche dalla carta della percentuale della frazione fine (<63 micron o 4ϕ), frazione granulometrica praticamente assente sulla battigia, dove l'energia del moto ondoso non consente la sedimentazione delle particelle fini (Fig. 21).

Sui fondali abbiamo concentrazioni più elevate di sedimenti fini nella parte meridionale del Golfo, dove, in base a quanto detto precedentemente, si accumulano forse quelli trasportati in sospensione dalla foce dell'Ombrone.

Per quanto riguarda il confronto fra Media (M_z) e Classazione (σ_1) dei sedimenti (Fig. 23), si nota un andamento a parabola dovuto agli alti valori della Classazione per i sedimenti più grossolani, ai valori estremamente bassi per i materiali di dimensioni prossime a 2.5ϕ e ad un nuovo aumento dei valori della Classazione per i sedimenti ancora più fini. Un simile andamento del rapporto tra Media e Classazione sembra essere una caratteristica generale dei materiali di spiaggia, come messo in evidenza già da Folk (1966), Inman (1949) e Folk e Ward (1957), i quali trovavano come le *sabbie fini* fossero ben classate e come la Classazione peggiorasse per sedimenti più fini e più grossolani. Alcuni Autori (Frank e Friedman, 1973) trovano che i materiali meno classati sono presenti in zone caratterizzate da bassa energia.

Nel nostro caso, come emerge dall'analisi della carta della Classazione (σ_1) (Fig. 22), la zona in questione sarebbe quella meridionale, in cui però i materiali devono in buona parte essere considerati come residuali e quindi non rappresentativi delle condizioni energetiche.

Un altro fatto osservabile dalla carta della Classazione è il leggero peggioramento di questo parametro nelle vicinanze del Fiume Alma. Qui infatti i sedimenti passano da *molto ben classati* a *ben classati* e questa variazione, di nuovo, potrebbe indicare sia la presenza di apporti fluviali più grossolani che l'arrivo di sabbie dal tratto costiero posto a nord della zona studiata. Quest'ultima ipotesi, che riemerge costantemente dall'analisi dei dati raccolti, non è mai stata presa in considerazione dai vari autori che si sono occupati di questo litorale e dovrebbe essere più attentamente valutata con una estensione verso nord dell'area di studio.

Per quanto riguarda l'Asimmetria (Sk_1), a differenza di quanto si è riscontrato per i sedimenti di battigia, che erano tutti con Asimmetria negativa, quelli presenti sui fondali mostrano una maggiore differenziazione, andando da -0.75 a $+0.33$ (Fig. 24). Un'analisi più dettagliata ha messo in evidenza come i sedimenti fino alla profondità di 1.5 metri conservino in genere l'Asimmetria negativa dei campioni di battigia, mentre sui fondali maggiori il valore diventa decisamente positivo.

Ciò si spiega con la presenza di una coda di materiali grossolani nelle distribuzioni granulometriche dei campioni di minore profondità, associabile con livelli energetici più elevati, mentre i sedimenti

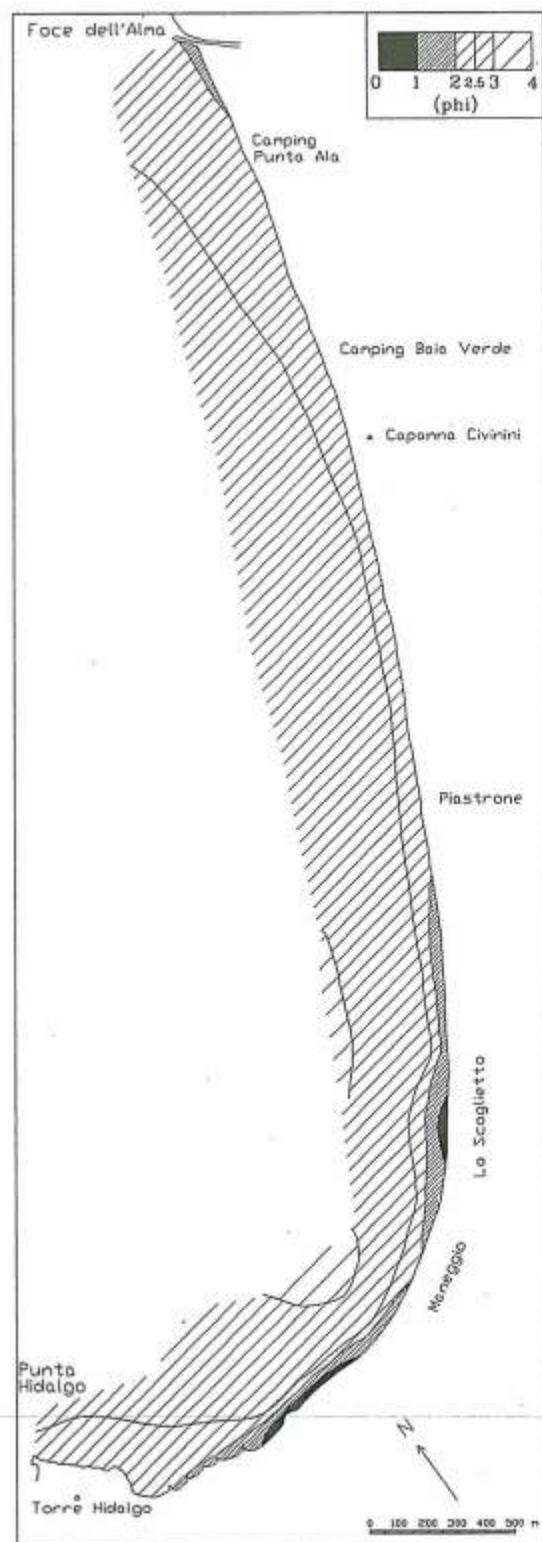


Figura 19 - Dimensioni medie (M_z) dei sedimenti del litorale di Punta Ala.

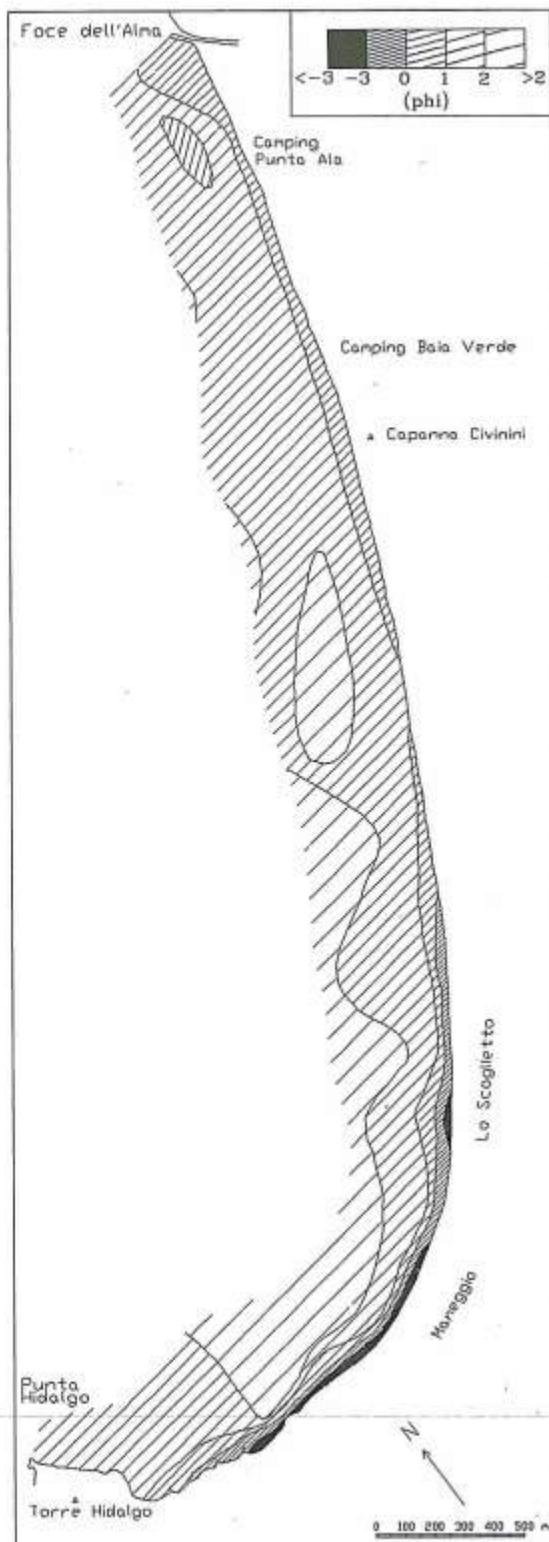


Figura 20 - Dimensioni del Primo percentile dei sedimenti del litorale di Punta Ala.

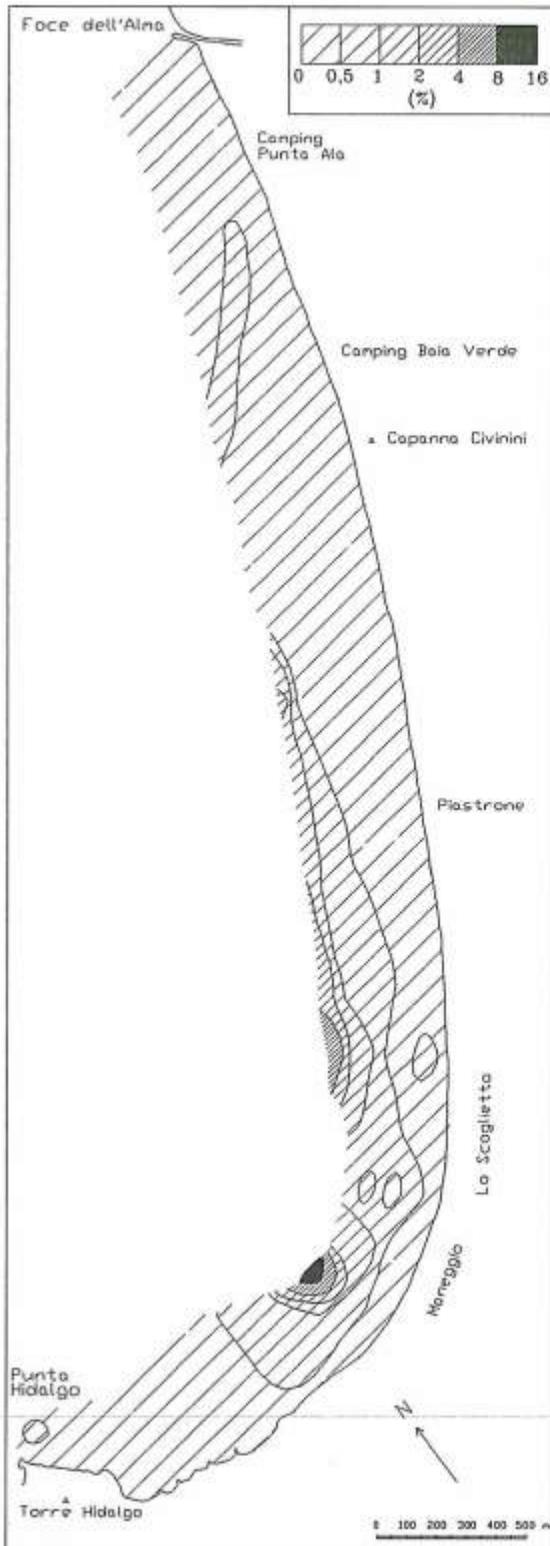


Figura 21 - Percentuale di frazione fine presente nei sedimenti del litorale di Punta Ala.

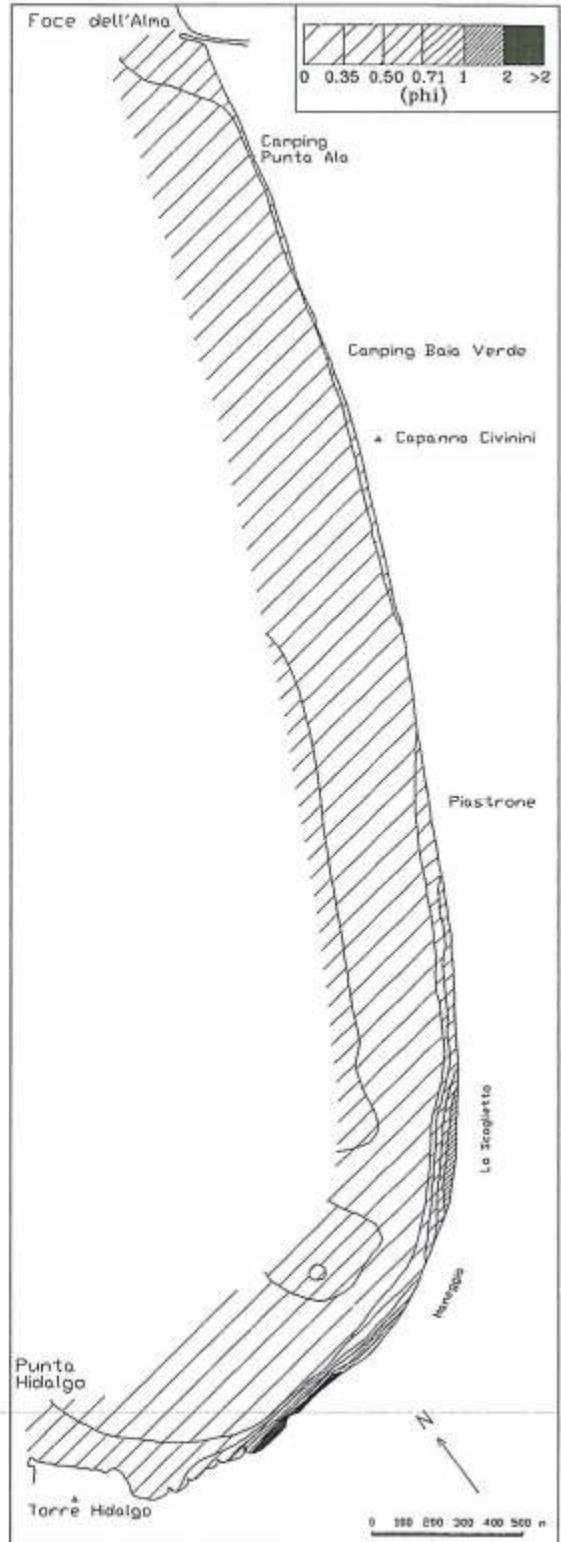


Figura 22 - Classazione dei sedimenti presenti nell'area di studio.

più profondi presentano una coda di materiali fini che possono rimanere nell'ambiente grazie ai livelli energetici decisamente modesti che caratterizzano questi fondali, anche in considerazione del fatto che l'energia del moto ondoso nel paraggio è comunque bassa, come emerso dall'analisi dei dati meteomarini.

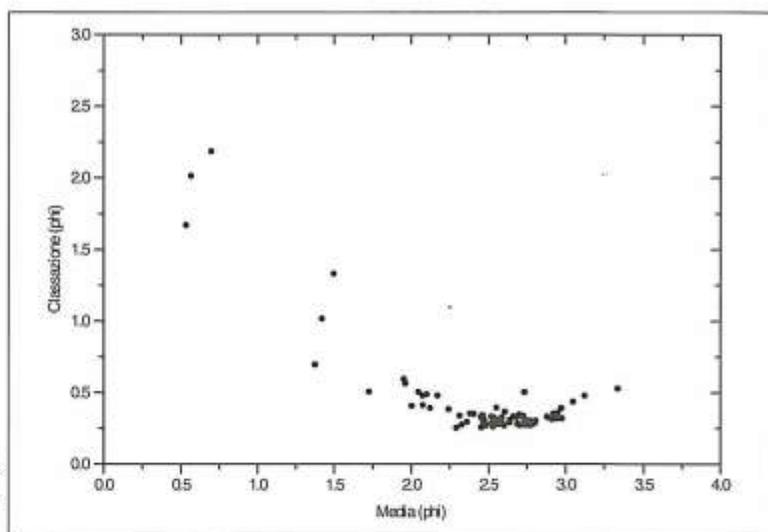


Figura 23 - Confronto tra Media (M_z) e Classazione (σ_1) per i sedimenti di spiaggia sommersa.

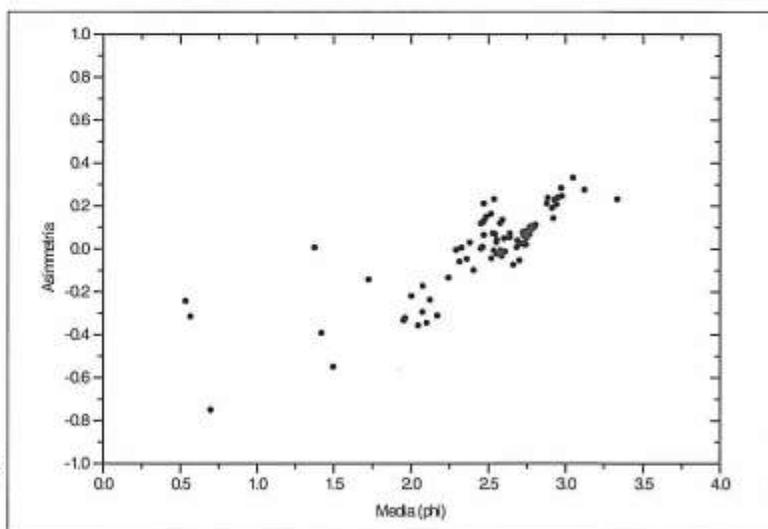


Figura 24 - Confronto tra Media (M_z) e Asimmetria (Sk_1) per i sedimenti di spiaggia sommersa.

Direzione di trasporto dei sedimenti

L'analisi delle caratteristiche granulometriche di campioni di sedimenti raccolti in una determinata area consente di formulare ipotesi sul flusso sedimentario nella zona. Questa possibilità deriva dal fatto che il trasporto dei materiali da parte di un fluido ne determina una variazione granulometrica ed è quindi possibile associare a coppie di campioni caratteristiche rispettivamente di "sorgente" e di "deposito". I presupposti teorici sono in realtà ancora oggetto di discussione e i diversi Autori riconoscono effetti diversi all'azione di trasporto (vedi Gao e Collins, 1992 per una analisi delle teorie formulate). Mentre inizialmente si pensava che durante il processo di trasporto i materiali dovessero necessariamente assumere dimensioni minori (vedi ad esempio Pettijhon e Ridge, 1932), si è

poi scoperto che è anche possibile un fenomeno inverso, nel quale i sedimenti diventano progressivamente più grossolani lungo le direzioni di trasporto, in particolare quando si ha una progressiva perdita verso il largo delle frazioni a granulometria minore (Schalk, 1938). In ogni caso la gran parte dei modelli oggi utilizzati si basa sul presupposto che i materiali che costituiscono un deposito hanno una Classazione migliore di quelli riconoscibili come sorgente. Inoltre, sono stati sviluppati modelli che si basano anche sulle variazioni di valore dell'Asimmetria (McLaren, 1981; Pranzini, 1986). In questo lavoro viene utilizzato un modello sviluppato recentemente da Gao e Collins (1992) e basato su parte dei presupposti definiti da McLaren (1981) (vedi anche Tab. 4):

- da un sedimento vengono asportate con più probabilità le sue frazioni più fini, la cui successiva sedimentazione da luogo ad un deposito più fine, meglio classato e con Asimmetria spostata verso valori negativi;
- se il processo erosivo è stato capace di asportare particelle di dimensioni superiori a quelle della media, una deposizione parziale di queste può portare ad un sedimento di dimensioni medie più grossolane dell'originario, meglio classato e con Asimmetria più positiva; mentre una deposizione totale dà luogo ad un deposito più fine, meglio classato e con Asimmetria negativa.

Tabella 4 - Rapporti fra parametri granulometrici che consentono di considerare il campione 1 come sorgente del campione 2 (Gao e Collins, 1992).

Caso 1	$Mz_2 > Mz_1$ (più fine)	$\sigma_2 \leq \sigma_1$ (meglio classato)	$Sk_2 \leq Sk_1$ (Asimmetria più negativa)
Caso 2	$Mz_2 < Mz_1$ (più grossolano)	$\sigma_2 \leq \sigma_1$ (meglio classato)	$Sk_2 \geq Sk_1$ (Asimmetria più positiva)

Dove: Mz_1 , σ_1 e Sk_1 = Media, Classazione e Asimmetria del sedimento sorgente;

Mz_2 , σ_2 e Sk_2 = Media, Classazione e Asimmetria del sedimento deposito.

Nel modello di trasporto di Gao e Collins (1992) ogni direzione possibile dà luogo ad un vettore unitario che viene sommato a tutti quelli in uscita da un punto-campione per dare un vettore di trasporto risultante, filtrando poi il risultato con l'integrazione di più punti in modo da eliminare il "rumore" ad alta frequenza. Il risultato è di tipo semi-quantitativo, in quanto il modulo dei vettori tiene conto del numero delle sorgenti possibili, ma non delle differenze numeriche fra i parametri tessiturali, alle quali sarebbe comunque difficile dare un peso in assenza di solide basi teoriche dei modelli di trasporto. Una ridistribuzione casuale, reiterata per 50 volte, assegna ai vari punti i parametri statistici degli altri campioni consentendo così una stima della significatività del primo risultato ottenuto mediante il calcolo del χ^2 .

Il modello prevede il confronto fra campioni adiacenti o fra campioni racchiusi entro una circonferenza di dimensioni opportune. Avendo a disposizione una campionatura effettuata su profili batimetrici, lungo i quali la distanza fra campioni è minore di quella fra profili adiacenti, il metodo della circonferenza non fornisce risultati credibili, dato che con essa vengono privilegiati gli spostamenti *cross-shore* rispetto a quelli *long-shore*. Si è quindi utilizzato il metodo che confronta campioni adiacenti.

I risultati (Fig. 25) mettono in evidenza un flusso sedimentario con componente lungo riva diretta prevalentemente verso nord fino al profilo 14, mentre essa risulta opposta da questo profilo fino alla foce dell'Alma. La zona di convergenza, fra i profili 14 e 12 è caratterizzata da un flusso prevalente verso riva. Risultanti di verso discorde e modulo modesto si hanno nel settore centro-meridionale, in prossimità del Maneggio, dove la linea di riva è avanzata negli ultimi anni. A Nord di questo tratto, e fino alla zona di convergenza, si osserva un flusso sedimentario diretto dalla battigia verso l'esterno, cui fa riscontro, però, un flusso con componente opposta sui fondali antistanti.

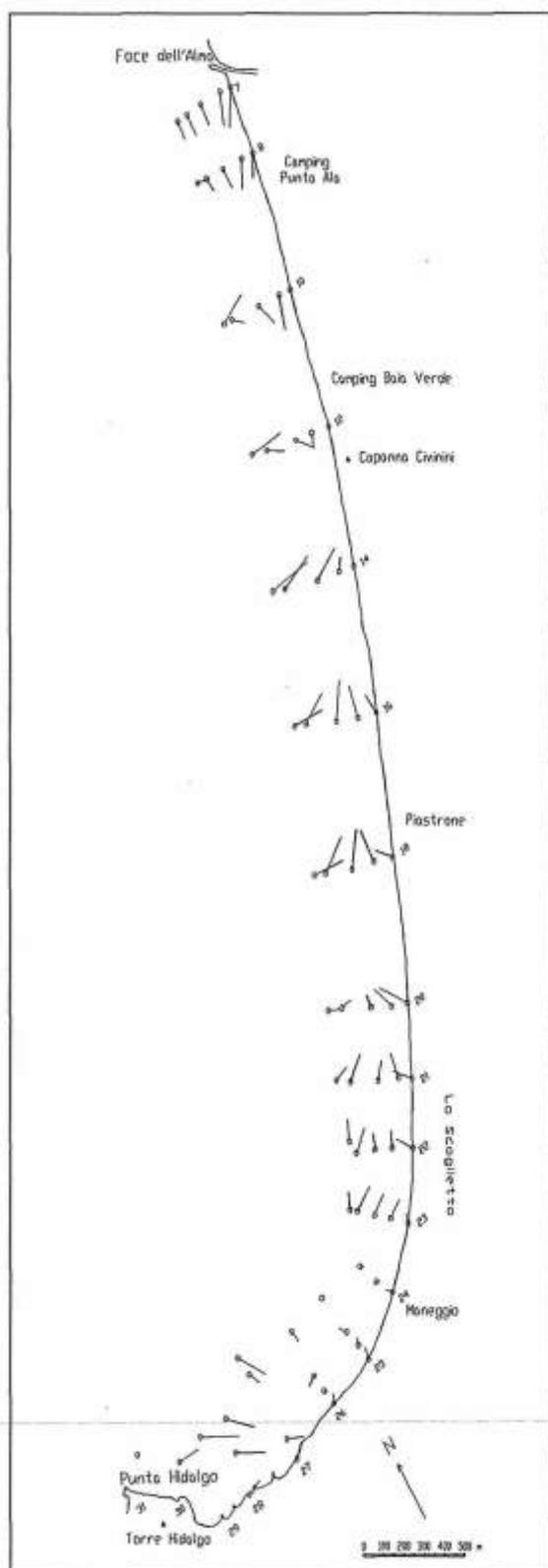


Figura 25 - Vettori di trasporto dei sedimenti ottenuti con il metodi di Gao e Collins (1992).

Il litorale di Punta Ala risulterebbe quindi alimentato prevalentemente dai materiali provenienti all'estremità meridionale, in forte erosione, anche se si evidenzia un modesto apporto da nord, che potrebbe essere associato sia ad un ipotetico input sedimentario dell'Alma che, cosa più probabile, all'erosione della costa alta settentrionale.

Le cause dell'erosione

Contrariamente a quanto accade alla maggior parte dei litorali italiani, per i quali le cause dell'erosione sono facilmente identificabili e spesso correlabili con interventi antropici effettuati all'interno dei bacini idrografici o sul litorale stesso (Pranzini, 1995), per il litorale di Punta Ala non è stato possibile trovare delle cause ai processi erosivi che lo caratterizzano, nel settore meridionale, almeno dagli anni '40. Gli apporti sedimentari dell'Alma devono essere stati sempre insignificanti se Gandolfi e Paganelli (1977) non hanno riconosciuto nelle sabbie di spiaggia elementi caratteristici provenienti dal suo bacino. Le bonifiche a cui è stata soggetta la sua pianura costiera e le conseguenti opere di regimazione idraulica non possono quindi essere chiamate in causa per una riduzione dell'input sedimentario. Ciò anche in considerazione del fatto che l'erosione non interessa le spiagge vicine alla foce, ma quelle più lontane e posizionate sul lato opposto al drift prevalente. D'altra parte, la mancanza di alimentazione da sud, dal bacino dell'Ombrone, e l'erosione preesistente alla costruzione del porto escludono quest'ultima dalle cause di erosione. Non sono stati al momento identificati altri fattori antropici ai quali sia ragionevolmente imputabile una responsabilità nei processi erosivi in atto.

Esclusi questi, è necessario ricorrere a fattori naturali o, comunque, a fattori innescati a scala globale, quali l'innalzamento del livello marino ed eventuali variazioni nel regime anemometrico. Relativamente a quest'ultime è difficile il reperimento di dati omogenei ed attendibili per un lungo periodo di tempo, quali sono quelli necessari per l'analisi di un processo che era già in atto negli anni '40.

Un fattore certamente presente è dato dall'innalzamento del livello del mare che, su spiagge a debole pendenza può giocare un ruolo

determinante (Pranzini e Rossi, 1995), sebbene in questo caso la ridotta profondità di chiusura limiti fortemente il volume di sabbia che può essere spostato perpendicolarmente a costa a seguito dei processi descritti da Bruun (1961).

Una stima dell'arretramento medio di questa spiaggia, ipotizzando una profondità di chiusura di circa 5.5 metri (identificata, come detto in precedenza, su basi puramente morfologiche) ed un tasso di innalzamento del livello marino di 1.3 mm/anno (quale è quello attuale nel Tirreno) fornisce infatti un valore di soli 0.05 metri/anno. Si tratta di un valore estremamente modesto, che può giustificare solo una piccolissima parte del deficit sedimentario dell'unità fisiografica e che verrebbe abbondantemente riassorbito, nel tratto settentrionale, dal flusso sedimentario identificato.

L'unica spiegazione che al momento è stato possibile trovare si basa sul modello di Silvester e Hsu (1993) che, in condizioni di provenienza del moto ondoso costanti ed in assenza di input sedimentario, descrive la forma di equilibrio assunta da una linea di riva delimitata da due promontori. Essa è definita da una spirale logaritmica di equazione:

$$R_2/R_1 = e^{\theta \cot \alpha}$$

dove: R_1, R_2 = raggio in due punti,

θ = angolo fra R_1 e R_2 ,

α = angolo costante fra ciascun raggio e la sua tangente alla curva.

Assumendo come direzione di provenienza del moto ondoso prevalente il settore di traversia corrispondente al Canale di Piombino ($283^\circ - 300^\circ$) e come punti fissi Punta Hidalgo (*upcoast*) e la foce dell'Alma (*downcoast*) è possibile calcolare la forma di equilibrio nella quale la diffrazione delle onde sul promontorio *upcoast* porta queste a raggiungere perpendicolarmente ogni punto della spiaggia, impedendo così il trasporto litoraneo lungo costa e ogni successiva evoluzione del litorale, se non quella di lungo periodo dovuta al flusso dei sedimenti verso il largo.

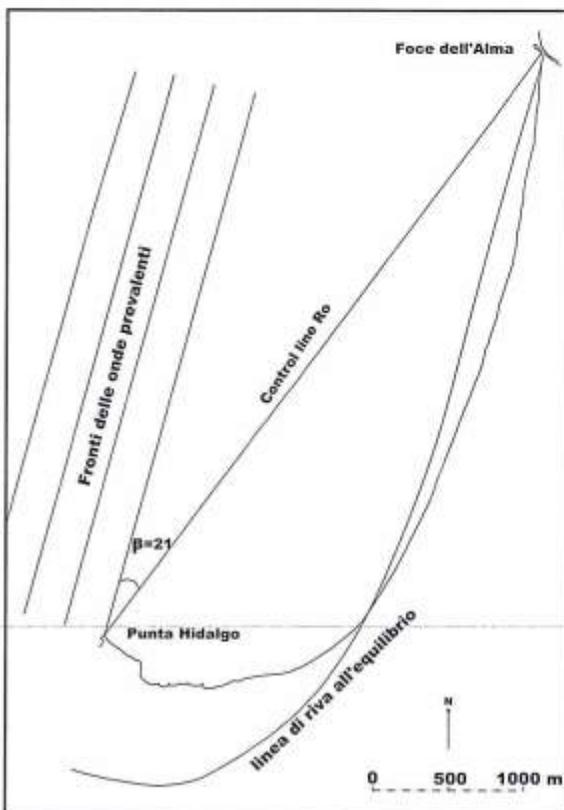


Figura 27 - Configurazione di equilibrio del litorale di Punta Ala secondo il modello di Silvester e Hsu (1993).

Il Figura 27 è tracciata questa spirale logaritmica ottenuta tramite la tabella riportata da Silverster e Hsu (1993) ipotizzando una *control line* congiungente Punta Hidalgo e la foce dell'Alma e una cresta delle onde prevalenti che forma un angolo di 21° con essa. Si vede chiaramente come, assunte queste ipotesi, il litorale di Punta Ala sia ben lontano dall'equilibrio e come l'erosione si sviluppi maggiormente proprio in quel tratto di costa più lontano dalla spirale logaritmica e come, al contrario, il settore settentrionale tenda verso una progradazione.

Al momento non ci è dato di sapere quali condizioni paleogeografiche abbiano determinato l'originaria forma del litorale, ma è evidente che esso ha oggi una configurazione instabile che "naturalmente" si evolve verso condizioni di equilibrio.

Ringraziamenti

Si ringrazia Pierluigi Aminti per l'aiuto dato nella verifica del modello di Silverster e Hsu e Lorenzo Rossi per il calcolo dell'arretramento della linea di riva dovuto all'innalzamento del livello marino.

Bibliografia

- Aiello E., Bartolini C., Caputo C., D'Alessandro L., Fanucci F., Fierro G., Gnaccolini M., La Monica G.B., Lupia Palmieri E., Piccazzo M. e Pranzini E. (1976) - *Il trasporto litoraneo lungo la costa toscana tra la foce del Fiume Magra ed i Monti dell'Uccellina*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 1519-1571.
- Aiello E., Bartolini C., Conedera C., Pranzini E. e Taccini S. (1980) - *Il litorale della provincia di Livorno fra Marina di Castagneto e Follonica*. Provincia di Livorno, 44 pp.
- Aminti P.L. (1985) - Raccolta ed analisi dei dati relativi ai venti ed al moto ondoso. In: *Coste toscane*. Regione Toscana, pp. 9-31
- Bartolini C. (1976) - *Studies of coastal geomorphology: I. Beach grain-size features of Follonica Gulf (Southern Tuscany)*. Boll. Soc. Geol. It., 96, 117-157.
- Bartolini C. (1976) - *Studies of coastal geomorphology: II. Beach changes related to wind direction and wave steepness and incidence near the town of Follonica (Southern Tuscany)*. Boll. Soc. Geol. It., 95, 89-100.
- Bartolini C., Caputo C., Cavazza S., Ceffa L., Celestre P., Cortemiglia G.C., Fanucci F., Fierro G., Gandolfi G., Gnaccolini M., Imperiale G., La Monica G.B., Lupia Palmieri E., Marone V., Mordenti A., Montano F., Nardi M., Paganelli L., Paoletti A., Piacentino G.B., Piccazzo M., Pranzini E. e Versino L. (1976) - *Area campione Alto Tirreno. Ricerche sul regime e la conservazione dei litorali. Rapporto 1974*. La Ricerca scientifica, 92, 61-126.
- Bartolini C., Cipriani L.E., Pranzini E. e Sargentini M. (1989) - *Caratteristiche geomorfologiche ed evoluzione della linea di riva del litorale toscano. Documenti e criteri di lettura*. In "Coste Toscane - studi sulla erosione, sui venti e sul moto ondoso". Giunta Regionale Toscana, 35-56.
- Cipriani L.E. e Pranzini E. (1999) - *Evoluzione recente delle spiagge toscane*. In: *Stato dell'ambiente della regione Toscana - Rapporto '98*. Regione Toscana. Pp. 77-85.
- Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze (1989) - *Carta delle linee di riva. Tavola IX*. In "Coste Toscane - studi sulla erosione, sui venti e sul moto ondoso". Giunta Regionale Toscana, 16 tavole.
- Folk R.L. (1966) - *A review of grain size parameters*. Sedimentology, 6, 73-93.
- Folk R.L. e Ward W.C. (1957) - *Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters*. Journ. Sedim. Petrol., 27, 3-26.
- Frank G.M. e Friedman G.M. (1973) - *Continental-shelf sediments off New Jersey*. Journ. Sedim. Petrol., 27, 3-26.
- Friedman G.M. (1961) - *Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics*. Journ. Sedim. Petrol., 31, 514-529.
- Gandolfi G. e Paganelli L. (1975) - *Il litorale toscano fra Piombino e la foce dell'Ombrone (Area campione Alto Tirreno). Composizione provenienza e dispersione delle sabbie*. Boll. Soc. Geol. It., 94: 1811-1832.
- Gandolfi G. e Paganelli L. (1977) - *Le province petrografiche del litorale toscano*. Boll. Soc. Geol. It., 96: 653-663.

- Gao S. e Collins M. (1992) - *Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of "transport vectors"*. Sedim. Geol., 81: 47-60.
- Istituto Idrografico della Marina (1995) - *Tavole di marea e delle correnti di marea. Mediterraneo - Mar Rosso - Venezia - Stretto di Messina*. Genova. Pp. 96.
- Inman D.L. (1949) - *Sorting of sediments in the light of fluid mechanics*. Journ. Sedim. Petrol., 19, 51-70.
- Inman D.L. (1952) - *Measures for describing the size distribution of sediments*. Journ. Sedim. Petrol., 33, 125-145.
- Krumbein W.C. (1934) - *Size frequency distribution of sediments*. Journ. Sedim. Petrol., 4, 65-77.
- Mc Laren P. (1981) - *An interpretation of trend in grain-size measures*. Journ. Sedim. Petrol., 51, 611-624.
- Passega R., Rizzini A. e Borghetti G. (1967) - *Transport of sediments by waves, Adriatic coastal shelf, Italy*. Amer. Ass. Petr. Geol. Bull., 51, 1304-1319.
- Pettijhon F.G. e Ridge J.D. (1932) - *A textural variation series of beach sands from Cedar Point, Ohio*. Journ. Sedim. Petrol., 2: 76-88.
- Pranzini E. (1981) - *Caratteristiche granulometriche e distribuzione dei sedimenti lungo riva. Ricerche sulla dinamica dei litorali della Calabria*. Pub. 127, 37-46. C.N.R., Roma.
- Pranzini E. (1983) - *Random changes in beach grain size parameters*. Boll. Soc. Geol. It., 102, 177-189.
- Pranzini E. (1986) - *La dinamica dei sedimenti nel Golfo di Campo (Isola d'Elba)*. Boll. Soc. Geol. It., 105, 253-264.
- Pranzini E. (1995) - *Cause naturali ed antropiche nelle variazioni del bilancio sedimentario dei litorali*. Riv. Geogr. It., n.s. 1: 47-62.
- Pranzini E. e Rossi L. (1995) - *A new Bruun-based model to predict shore line evolution*. MEDCOAST'95. 24-27 Ottobre 1995, Tarragona, Spagna. Pp. 1145-1159.
- Schalk M. (1938) - *A textural study of the outer beach of Cape Cod, Massachusetts*. Journ. Sedim., 8: 41-54.
- Silvester R. e Hsu J.R.C. (1993) - *Coastal Stabilization: innovative concepts*. Prentice Hall, Inc., New Jersey. Pp. 578.

Manoscritto ricevuto il 21/5/1999, accettato il 12/9/1999.

L'influenza delle opere antropiche sulla dinamica dei litorali: il caso di Loano (Liguria Occidentale)

Carlo Cavallo, Ivana Delbono, Giuliano Fierro e Alessandro Maifredi

DIP.TE.RIS - Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse
Università degli Studi di Genova, C.so Europa 26, 16132 Genova, Italia

Riassunto

Vengono presentati i risultati di uno studio sulla dinamica costiera di un tratto di litorale della Riviera Ligure di Ponente, identificabile come unità fisiografica delimitata a SW da Capo Santo Spirito e a NE da Capo Caprazoppa. L'area di studio è stata sottoposta a monitoraggio negli anni 1997-98-99-2000 tramite indagini sedimentologiche e morfologiche sulla spiaggia emersa. L'analisi dei dati sperimentali, unitamente allo studio del regime meteomarinico ed all'indagine storica delle linee di riva, ha permesso di definire le caratteristiche evolutive dei litorali e di valutare l'influenza esercitata nel tempo dalle diverse tipologie di opere antropiche che si sono susseguite nell'ultimo secolo.

In base ai dati rilevati, è stato possibile individuare tre distinti settori costieri, evidenziando come la costruzione ed il successivo ampliamento del porto turistico di Loano abbia di fatto suddiviso l'unità fisiografica in settori indipendenti dal punto di vista dell'idrodinamica costiera, provocando una notevole modificazione del regime delle spiagge. L'estremo settore orientale del tratto di costa in esame ha inoltre risentito sensibilmente di una discarica a mare, conseguente all'attività di cava presso il Capo Caprazoppa, con notevoli ripercussioni sia sul regime della spiaggia sia sull'ecosistema marino. L'accumulo sedimentario sul fondale, conseguente a tale discarica, è stato sottoposto ad indagini geofisiche e sedimentologiche ai fini di un suo possibile utilizzo per il ripascimento artificiale degli arenili.

Abstract

A detailed monitoring has been carried out, in the 4-year period 1997-2000, on the coast stretching from Capo Santo Spirito and Capo Caprazoppa (Western Ligurian Riviera). The coastal dynamics have been well defined through morphological beach profiles, sediment samples, historic shoreline and bathymetric maps, wind/waves climate data and sediment transport outputs deriving from mathematical models' simulations. In particular, the beach evolution for the last century and the relevant impact of hard coastal defence structures on the nearby coast have been analysed.

Results gained from the beach monitoring studies have highlighted three different coastal sectors inside the whole studied area. The key point affecting the shoreline evolution is the relevant enlargement of Loano's marina. Its construction has definitely modified the natural coastal dynamics and has caused serious coastal erosion problems, stopping nearly 90% of sediment transport due to long-shore currents and influencing the delicate balance of the coastal marine ecosystem. The Eastern sector (Capo Caprazoppa) has been extremely modified by the activity of a quarry, which has been active for more than a century now. The discharged material on the sea floor, deriving from that activity, has been studied with a seismic survey and sediment samples, in order to evaluate the possible sources for artificial beach nourishment. The importance of coastal monitoring, its application in design of hard coastal defence structures or softer solutions of artificial nourishment is becoming increasingly evident for a good integrated coastal management.

Inquadramento geografico e morfologico dell'area

Il tratto di litorale in esame si sviluppa da Capo Santo Spirito a Capo Caprazoppa con un andamento arcuato ed un'orientazione prevalente Sud Ovest-Nord Est, per un'estensione complessiva di circa 11 chilometri. L'area di studio si inserisce all'interno di una più ampia unità fisiografica limitata a SW dal Capo S. Croce (Albenga) ed a NE dal Capo Caprazoppa (Fig.1). Tuttavia, un attento esame in sito e un'accurata analisi dei dati bibliografici a disposizione hanno messo in luce come tale unità fisiografica sia stata interrotta dal molo costruito già all'inizio del secolo (1906) in Comune di Ceriale, circa 500 metri a Ponente del Capo S. Spirito, attualmente aggettante in mare un centinaio di metri. Le sabbie del fiume Centa che, attraverso la naturale deriva litoranea, potevano un tempo interessare l'intero arco di costa fino al Capo Caprazoppa, raggiungono oggi la spiaggia di Ceriale con la sola frazione di sabbia fine ed in quantità modesta. Tale fenomeno, imputabile sia al diminuito apporto solido, sia alla presenza degli innumerevoli ostacoli artificiali, suggerisce di considerare trascurabile il contributo sedimentario del fiume Centa alle spiagge situate a Levante del molo di Ceriale.

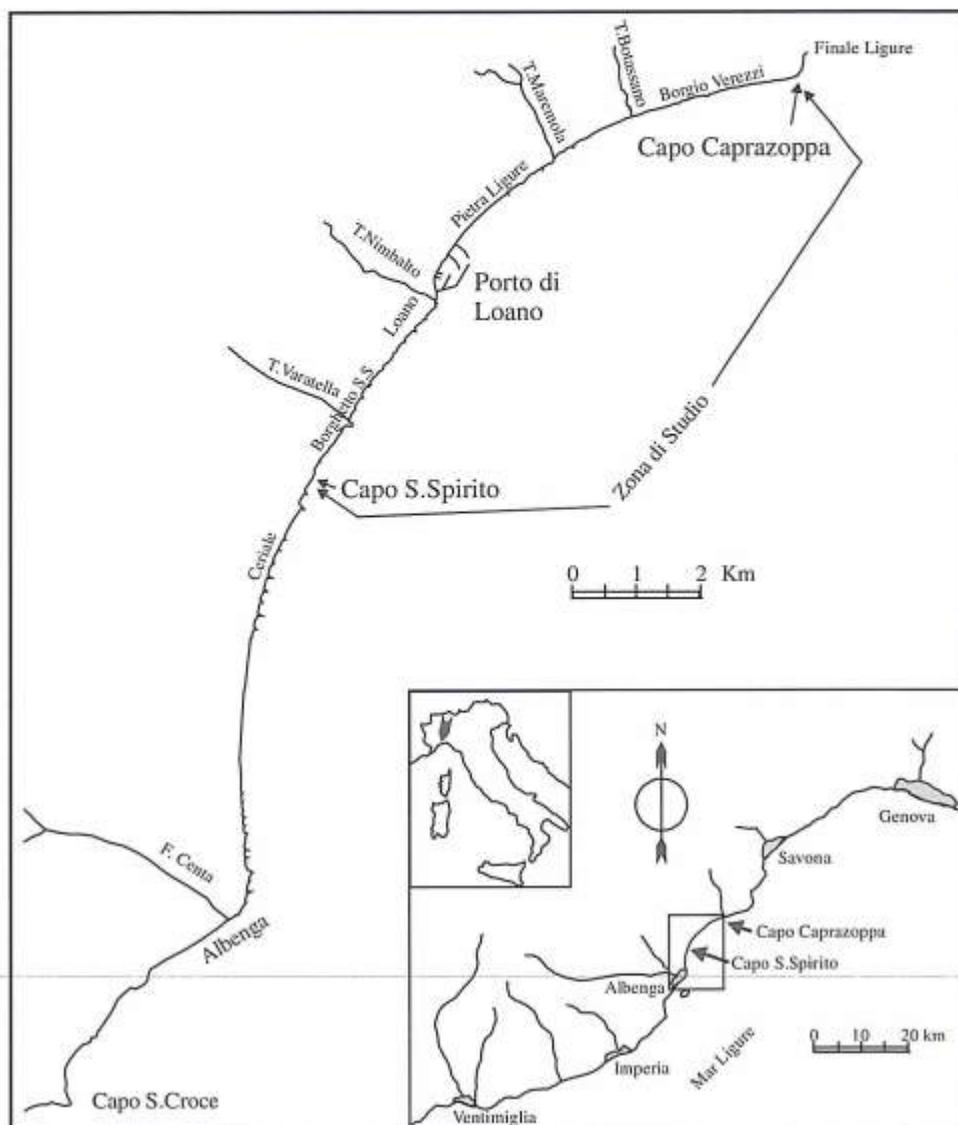


Figura 1 - Area di studio.

L'area di studio risulta pertanto essere interessata esclusivamente dagli apporti solidi dei torrenti locali (Varatella, Nimbato, Maremola e Botassano), per un bacino idrografico complessivo di circa 120 km².

La morfologia della fascia costiera è caratterizzata da costa alta rocciosa alle estremità e da costa bassa all'interno. Il porto di Loano suddivide l'area in due settori principali: il settore a ponente della struttura portuale è alimentato dai sedimenti provenienti dai bacini dei torrenti Varatella e Nimbato, la spiaggia presenta una tessitura piuttosto eterogenea ed è interessata da opere di difesa trasversali, longitudinali e distaccate; il settore a levante del porto è interessato da una successione pressoché continua di opere trasversali fino a Borgio Verezzi e la sottile spiaggia delle "Arene Candide", caratterizzata da un'estesa formazione di *beach rock*, chiude l'area al Capo Caprazoppa.

Evoluzione dei litorali ed interventi antropici

L'evoluzione storica delle linee di riva è stata ricavata su base cartografica e bibliografica (Ascarì et al., 1937), mentre l'evoluzione recente deriva dall'elaborazione aerofotogrammetrica dei voli bassi costieri, effettuati nel periodo estivo degli anni '44, '73, '83 e '93. Il trend evolutivo comune nell'area in esame è un marcato processo erosivo che si è andato accentuando progressivamente nella seconda metà del secolo scorso.

Sono significativi i seguenti interventi antropici: a Borghetto Santo Spirito fu autorizzata, negli anni '60, la prima discarica per ripascimenti artificiali presso il Capo S. Spirito ed i pennelli esistenti furono prolungati al fine di trattenere il nuovo materiale di discarica. Questi interventi portarono localmente grandi benefici al litorale, con un avanzamento generalizzato dell'arenile di circa 20 metri.

A Loano, l'evoluzione delle linee di riva è stata la diretta conseguenza di un susseguirsi a catena di interventi antropici da ponente a Levante, in direzione della deriva litoranea netta, dettata dalle condizioni di mare dominante di Libeccio. Le principali opere realizzate a difesa degli arenili risalgono al 1936 quando, al fine di proteggere la stazione ferroviaria dall'ingressione marina, si costruì un pennello che, arrestando le alluvioni del T. Varatella, causò erosione a Levante e mise in pericolo la strada a mare. Nel 1938 si costruì la scogliera distaccata parallela alla spiaggia: presto l'arenile a Levante della stazione e per tutto il fronte del centro urbano fu più che dimezzato in profondità. Nel 1955 si iniziò la costruzione del porticciolo turistico, posizionato immediatamente sottoflutto alla foce armata del Nimbato. Poiché l'ostacolo del porto determina la dispersione verso il largo delle alluvioni dei torrenti Varatella e Nimbato, quest'opera scatenò una nuova ondata di erosione verso Pietra Ligure, obbligando alla costruzione di opere di difesa aderenti della via litoranea e della sede ferroviaria.

Sulle spiagge del centro di Pietra Ligure, la linea di riva subì una forte erosione (circa 15-20 metri) dal 1944 al 1973. Al fine di arrestare tale processo erosivo, negli anni seguenti si costruirono pennelli che contrastarono localmente il processo erosivo. Negli anni '90, si effettuarono ripascimenti con materiale non selezionato ed eterogeneo, tale da rendere il litorale estremamente vulnerabile all'erosione.

Infine particolare fu l'evoluzione delle linee di riva a Borgio Verezzi e Finale Ligure, dove le dune delle Areni Candide coprivano "*di niveo lenzuolo*" il fianco sud-occidentale del Capo Caprazoppa (Isel, 1882 e 1911) fino all'altezza massima di 90 metri. Nei primi anni del Novecento, tali dune di sabbie silicee furono completamente distrutte per la produzione della calce ed impiegate nell'edilizia. Nella seconda metà del secolo scorso fino agli anni '70, si registrò un graduale avanzamento dell'arenile: questa evoluzione in controtendenza rispetto all'arco centro-occidentale dell'area di studio si spiega facilmente con l'attività di cava in località Caprazoppa, dove si smaltiva il materiale di discarica della cava direttamente a mare. Così si costituì un'alimentazione aggiuntiva al litorale che, in occasione delle mareggiate di Scirocco, era sospinta verso SW oltre la foce del torrente Botassano. La situazione si aggravò rapidamente negli ultimi decenni con la chiusura della discarica al Capo Caprazoppa e con l'ampliamento della via Aurelia (metà degli anni '80), determinando la scomparsa quasi totale della spiaggia delle Areni Candide.

Il porto di Loano

Inserendosi in un ambiente costiero già estremamente alterato nella sua dinamica litoranea naturale, la costruzione del primo porto a Loano, nel 1955, costituì un elemento catalizzatore dei fenomeni erosivi sviluppatasi all'interno dell'unità fisiografica. Nel 1990 è stato approvato il progetto di ampliamento del porto, con un aumento dello specchio acqueo interno da 45.000 a 190.000 m², per l'acquisizione di circa mille nuovi posti barca (Brizzolara et al., 1989). I lavori, in corso di ultimazione, si sono articolati in due direzioni: verso Levante, fino al confine amministrativo con il Comune di Pietra Ligure, e verso mare, con la costruzione di un nuovo molo sopraflutto, in massima parte sulla batimetrica dei 6 metri. Con la costruzione di tale molo si prevede che l'azione erosiva, dovuta al processo di diffrazione del moto ondoso sulla testata della diga sopraflutto, si concentri a Levante, nel Comune di Pietra Ligure.

Svariate sono state le indagini idraulico-marittime condotte sul porto e sull'area sottoflutto limitrofa: tra queste spiccano gli studi tramite modellazione numerica dell'Istituto di Idraulica Danese D.H.I. nel 1990 (Danish Hydraulic Institute, 1990) e nel '94 di H.R.Wallingford Ltd (HR Wallingford, 1994). Significativi sono i rispettivi risultati in termini di trasporto solido litoraneo, essendo questo uno degli agenti fondamentali nell'evoluzione della costa, direttamente correlato alla componente longitudinale del flusso di energia associata al moto ondoso in fase di frangimento.

I risultati mettono in luce come l'ampliamento portuale sia in grado di bloccare la quasi totalità del trasporto solido litoraneo entro la batimetrica dei 6.0 metri. Il volume dei sedimenti transitanti verso levante oltre la diga foranea del nuovo porto si riduce di circa il 90%, con un incremento annuo del deficit sedimentario superiore a 8000 m³/anno.

L'evoluzione della spiaggia compresa tra il molo sottoflutto del porto ed i Cantieri Navali di Pietra Ligure conferma sostanzialmente le previsioni dei modelli numerici di trasporto solido: nel 1999 tale spiaggia risultava quasi scomparsa nella zona centrale con gravi danni alle strutture degli stabilimenti balneari (Fig. 2).



Figura 2 - Panoramica del porto di Loano da levante.

La diga soffolta

Di recentissima realizzazione e in parte ancora in corso di ultimazione è una barriera soffolta a Loano. E' questa un'opera marittima sommersa progettata al fine di predisporre un profilo di spiaggia atto a trattenere i versamenti di materiali per il ripascimento delle spiagge (Idra s.s., 1997). Obiettivo del progetto è quello di far frangere le onde incidenti sulla berma della struttura, per dissipare l'energia del moto ondoso e creare le condizioni per una spiaggia artificiale. Il progetto prevede, nei suoi caratteri generali, una diga soffolta composita in scogliera, impostata su fondali di circa 4 metri di profondità, con sommità a quota di circa 1.50 m sotto il l.m.m., parallela alla costa e da essa distante mediamente 150 m. Quindi una piattaforma di *tout-venant* di cava, posteriore alla soffolta, che si estende verso costa sino ad intercettare la batimetria dei 2.0 m, al fine di contenere i versamenti artificiali. Infine una nuova spiaggia, ottenuta con opportuno materiale di riporto, con la linea di battigia a distanza di circa 70 m dal muro della passeggiata a mare. Recentemente sono stati effettuati ingenti ripascimenti della spiaggia con ghiaia di cava di dimensione media di 4-5 mm, per un volume di circa 45 m³ per metro lineare di spiaggia emersa. Seppure in tempi brevi si riesca ad incrementare l'ampiezza delle spiagge emerse, grazie a ripascimenti da effettuarsi con materiali di opportuna granulometria, ci si chiede quale sarà la risposta della spiaggia sommersa a tale intervento e quali saranno le ripercussioni sulla fascia costiera a lungo termine. Poiché il profilo morfologico di spiaggia, emersa e sommersa, evolve continuamente nel tempo in funzione delle caratteristiche meteomarine e idrodinamiche, una difesa rigida e solo parzialmente permeabile come la barriera soffolta progettata, non può che determinare al suo piede una maggiore turbolenza ed in definitiva erosione.

Evoluzione dei fondali

La sovrapposizione diretta delle configurazioni batimetriche storica del 1884 e più recente del 1979 (Delbono, 1998) ha restituito una mappa rappresentativa dell'evoluzione dei fondali e un bilancio sedimentario dell'ultimo secolo.

Lo studio morfologico delle suddette carte batimetriche ha messo in luce un progressivo aumento della pendenza dei fondali da W verso E nonché interessanti morfologie assimilabili ad incisioni dei fondali o testate di *canyons*, situate a ponente dell'attuale porto di Loano ed in prossimità dei 25 - 30 metri di profondità.

Nell'elaborato di Figura 3, sono state differenziate cinque classi di variazione, al fine di individuare aree stabili, aree in erosione e forte erosione, aree in accumulo ed in forte accumulo.

Si evidenziano così vaste aree in erosione dall'estremità occidentale considerata fino circa alla foce del torrente Maremola, entro una fascia batimetrica dei 15 - 20 metri. Tale marcato trend evolutivo di erosione è da mettere in relazione al diminuito apporto solido naturale ed all'intensificarsi degli interventi antropici sul litorale e sui bacini afferenti.

La vasta area di erosione che si estende con continuità a levante del porto di Loano fino ai fondali antistanti il comune di Borgio Verezzi, è dovuta senza dubbio al mancato apporto sedimentario, bloccato nel suo trasporto verso levante (secondo la direzione prevalente del drift litoraneo) dalla diga foranea del porto, per il quale si conferma un notevole impatto.

Per quanto riguarda le aree di accumulo, queste sono molto ridotte in numero ed estensione: a ponente del porto di Loano, sono localizzate soprattutto entro una ristretta fascia dei - 10/-20 metri, allungate perpendicolarmente alla linea di costa, probabilmente a riempimento di canali erosivi. Piccoli accumuli a profondità minori, di circa 5 metri, sono costituiti da materiali portati dal torrente Varatella.

Sui fondali antistanti il porto di Loano, tra i 4 ed i 10 metri di profondità, si trova un'area di accumulo allungata parallelamente alla linea di costa. Questa è la zona dove si deposita il materiale più grossolano proveniente da SW, per opera delle *longshore currents*. A causa della presenza del porto, tale materiale viene portato a profondità tali da non riuscire più ad essere rimobilizzato, venendo quindi sottratto alla dinamica lungo costa ed alla alimentazione della spiaggia sottoflutto.

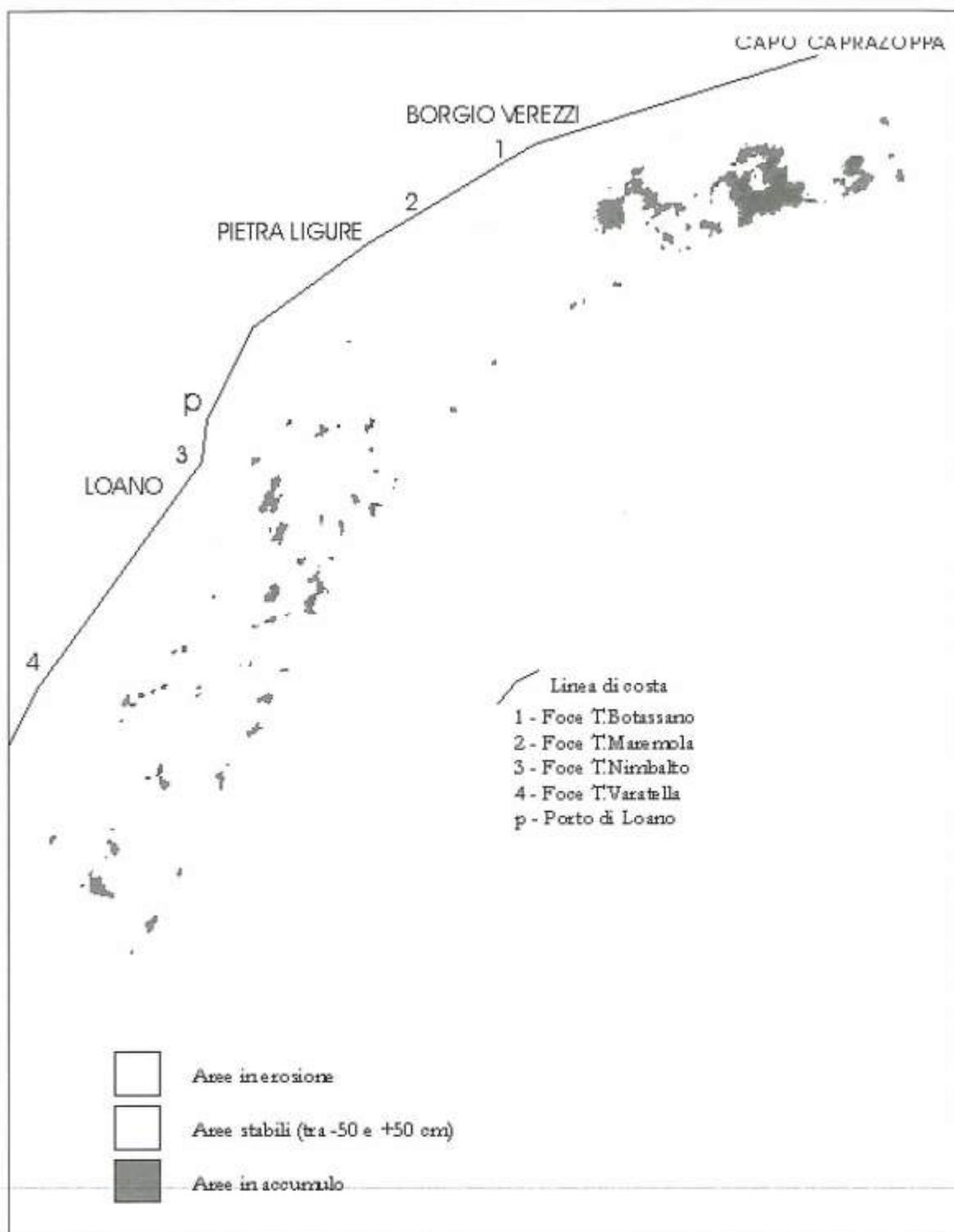


Figura 3 - Confronto fra le batimetrie del 1884 e del 1979.

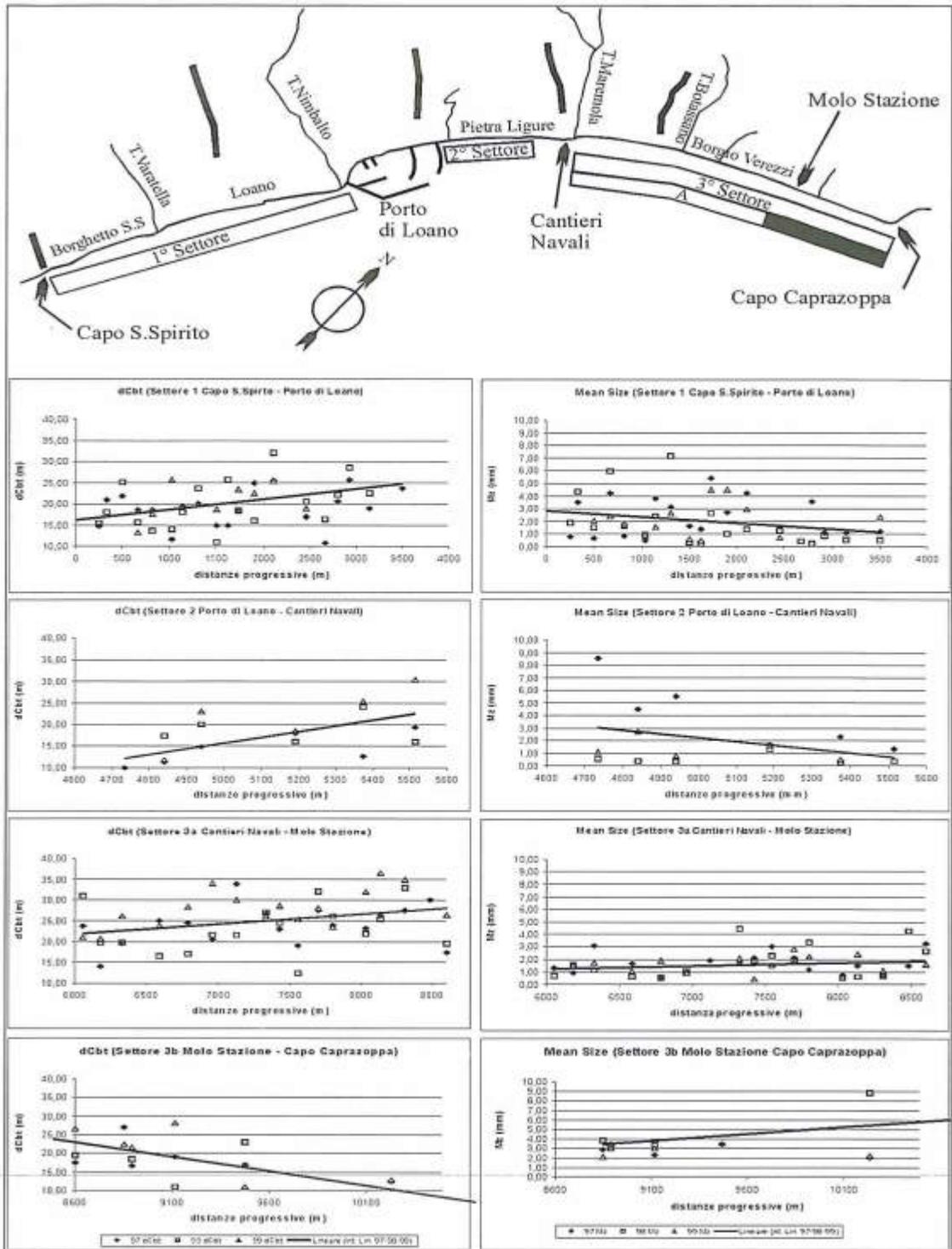


Figura 4 - Grafico a dispersione dell'andamento della Mean Size e dCbT per i settori di costa individuati.

Infine, all'estremità di levante dell'area di studio, dalla foce del torrente Botassano al Capo Caprazoppa, l'elaborato evidenzia un'ampia zona in forte accumulo, dai 5 ai 30 m di profondità. Questa suggerisce una zona di convergenza dei drift prossimali di scirocco e di libeccio, poiché si tratta di un settore costiero, orientato sulla direttrice E-W, molto esposto sia alla traversia di Libeccio che di Scirocco. Su tale accumulo sedimentario, per il quale ha senza dubbio contribuito l'attività di discarica artificiale dei materiali derivanti dalla cava Ghigliazza, che insiste sul promontorio della Caprazoppa, è stata effettuata un'indagine sismica-sedimentologica (Fig. 6).

Studio morfo-sedimentologico della spiaggia emersa

A partire dal 1997 sono state realizzate in totale sei campagne di monitoraggio costiero della spiaggia emersa: quattro invernali, durante le quali sono stati effettuati i profili morfologici (tranne per la campagna 2000) secondo il metodo delle coltellazioni, e due estive di misurazione dell'ampiezza delle spiagge, dal retrospiaggia alla battigia.

È stata realizzata una rete di 48 capisaldi con distanza media di 150 - 200 metri l'uno dall'altro: a causa della grande frequenza di opere di difesa costiera trasversali, i capisaldi sono stati posizionati in modo da effettuare profili morfologici perpendicolari al tratto mediano delle falcate di spiaggia compresa tra due pennelli consecutivi. Al fine della caratterizzazione granulometrica della spiaggia emersa, sono stati prelevati campioni di sedimento superficiale di battigia, in condizioni di moto ondoso trascurabile. Realizzate le analisi tessiturali dei campioni, dall'elaborazione statistica dei dati granulometrici si sono ricavati per ogni campione gli istogrammi costruiti con gli intervalli (proposti da Wentworth) delle classi granulometriche del trattenuto espresso in percentuale, le curve di frequenza cumulative e i principali parametri statistici delle distribuzioni granulometriche, parametri tutti fondamentali per una corretta interpretazione delle caratteristiche tessiturali dei campioni (Mc Cammon, 1962). Per caratterizzare inoltre la frazione più grossolana dei sedimenti di spiaggia emersa (Carobene e Brambati, 1975), sono stati misurati i centili di berma ordinaria e di berma di tempesta, secondo il metodo del centile o del quadrato multiplo (Cailleux, 1945).

Le analisi tessiturali dei campioni di sedimenti di spiaggia emersa e l'analisi morfologica quantitativa hanno consentito l'individuazione di tre settori di costa ben differenziati dal punto di vista dell'idrodinamica costiera. I dati sperimentali raccolti nel corso degli anni 1997-2000 sono stati messi a confronto su grafici riassuntivi: a titolo di esempio si riportano in Figura 5 i grafici a dispersione di dCbt (distanza della cresta di berma di massima tempesta dalla linea di battigia) e *Mean Size* (granulo medio), suddivisi per settori costieri. Dall'analisi comparata dei diversi parametri, si conclude quanto segue:

- 1) Il settore più occidentale, tra Capo S. Spirito e il porto di Loano, è il più riparato dalle traversie di Libeccio. È il settore più frazionato da numerosi pennelli tali da delimitare tante piccole unità a se stanti, poco comunicanti tra loro, alimentate prevalentemente da materiali di discarica e mantenute stabili o in incremento dai soli interventi antropici che si ripetono ad alta frequenza nel corso dell'anno. Le spiagge emerse sono a scarsa dinamica trasversale, hanno un marcato assetto riflettivo in regime estivo e non raggiungono pienamente un assetto dissipativo in inverno;
- 2) Il settore posto sottoflutto al porto di Loano, fino ai Cantieri Navali di Pietra Ligure, si trova in una configurazione fortemente alterata dalla presenza del porto: esso non riceve più alcuna alimentazione da SW, essendo la diga foranea del porto un ostacolo invalicabile per la maggior parte (circa il 90%) del trasporto solido litoraneo che si sviluppa entro i 6 metri di profondità e risulta pertanto in grave crisi erosiva, pur essendo riparato dalle ondatazioni di Libeccio. L'evoluzione della spiaggia compresa tra il molo sottoflutto del porto ed i Cantieri Navali di Pietra Ligure conferma sostanzialmente le previsioni dei modelli numerici di trasporto solido: nel 1999 tale spiaggia risultava quasi scomparsa nella zona centrale con gravi danni alle strutture degli stabilimenti balneari. Nel complesso è questo il settore in maggiore crisi, dove si è osservata (Maifredi, 2000) una costante diminuzione della ampiezza delle spiagge fino ad un 23% in meno rispetto al 1997 (Fig. 5). È da tenere pre-

sente che durante gli anni di monitoraggio in questo settore, contrariamente agli altri, non sono stati realizzati versamenti significativi di sedimento;

3) Complessivamente le spiagge emerse del terzo settore, a levante del porto, mantengono un assetto dissipativo, in quanto più esposte alle traversie dei mari sia del II sia del III quadrante e soggette ad una maggiore dinamica trasversale, pur essendo protette a mare da un'estesa *beach rock*. La tendenza generale di questo settore è stata di un leggero ampliamento negli anni '98 e '99 rispetto al '97, grazie ad alcuni versamenti nei pressi del T. Maremola e del molo della Stazione di Borgo V. L'ultima campagna di monitoraggio costiero del 2000 indica tuttavia una diminuzione di ampiezza di circa il 9%. Se ne deduce che la tendenza naturale sia erosiva, contenuta annualmente tramite interventi morbidi di ripascimento artificiale. Dallo studio dei parametri morfometrici ed in particolare dalle distanze delle berme di tempesta, si rileva un'importante influenza del muraglione di sostegno della Via Aurelia nel tratto precedente il Capo Caprazoppa, costruito direttamente sulla *beach rock*, contro il quale si riflette il moto ondoso.

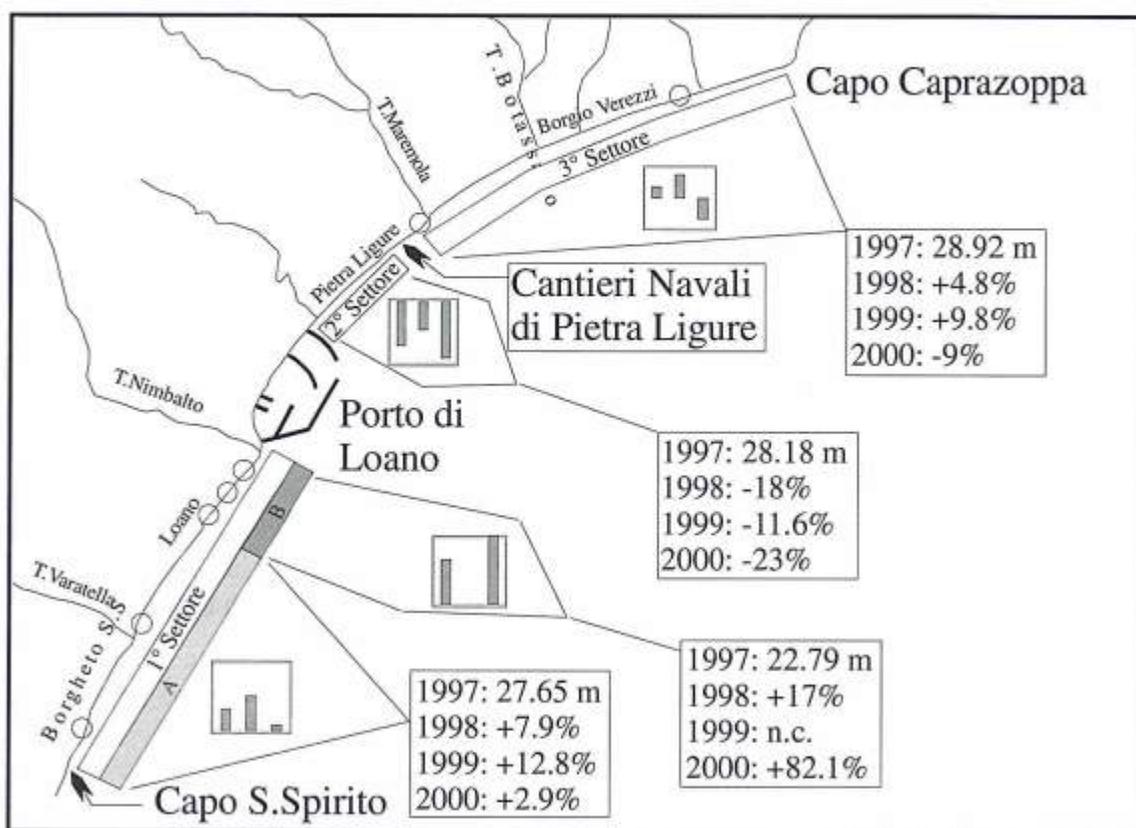


Figura 5 - Riassunto avanzamento-arretramento spiagge emerse dal 1997 al 2000.

L'accumulo sottomarino di Capo Caprazoppa

Nella principale zona di accumulo individuata dai confronti batimetrici sono stati eseguiti 13 profili sismici paralleli alla costa con interasse medio di 50 m e 5 profili perpendicolari, di verifica, con interasse di 200 m, per la caratterizzazione del sedimento costituente l'accumulo ai fini di un suo possibile prelievo per il ripascimento delle spiagge emerse in erosione.

L'analisi interpretativa condotta sui profili sismici, sia in analogico sia in digitale, ha permesso di evidenziare il prisma sedimentario superficiale e le sue caratteristiche morfologiche e sismostratigrafiche. Il corpo sedimentario è definito geometricamente dalla interfaccia acqua-sedimento al top e

da un orizzonte (definito orizzonte A) alla base. Le caratteristiche acustiche sia riferite al fondo marino sia all'orizzonte A presentano una notevole continuità spaziale del segnale anche al variare della batimetria. Ciò implica una uguale risposta di tipo acustico, che nel caso dell'interfaccia acqua-sedimento definisce una grande omogeneità tessiturale dei sedimenti. Il tipo di segnale a forte riflettività è coerente con le caratteristiche dei campioni prelevati in corrispondenza di f_x delle linee sismiche, in quanto la presenza di sedimento fortemente classato e la mancanza di materiale coesivo permette la maggiore compattazione e quindi il maggior contrasto di impedenza acustica. La facies acustica del corpo sedimentario, caratterizzata da una forte trasparenza e dalla mancanza di orizzonti interni continui, denota l'assenza di alternanze di corpi con caratteristiche differenti. Queste caratteristiche sono riassunte nel profilo-tipo di Figura 6.

L'interpretazione dei profili sismici ha permesso di definire:

- una carta delle isobate dell'orizzonte A, substrato d'appoggio del prisma sedimentario;
- una carta delle isopache (linee di uguale spessore) dei sedimenti.

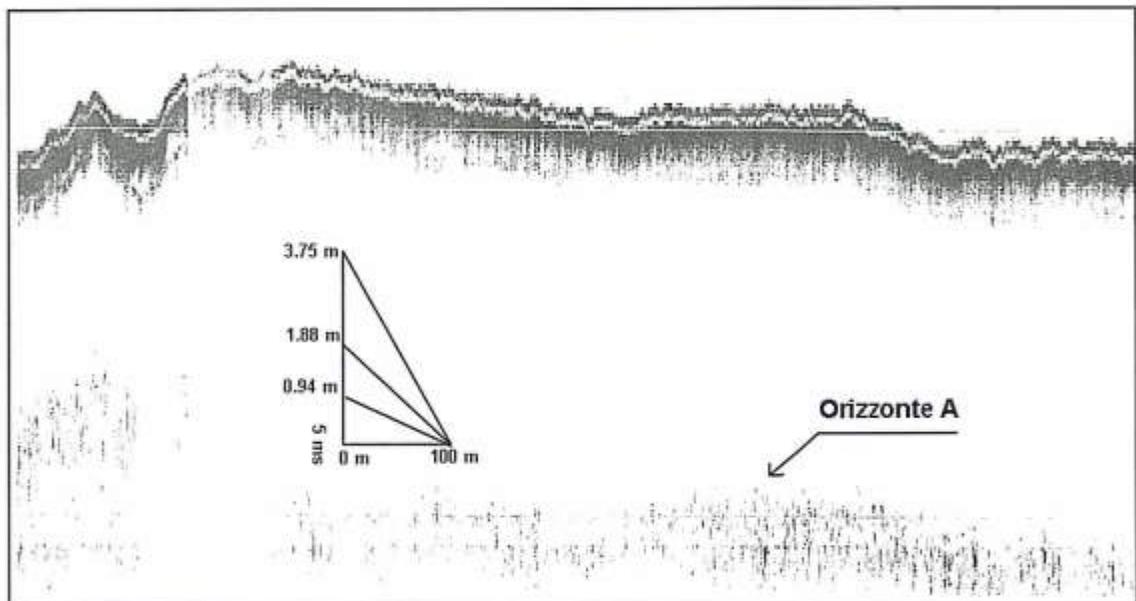


Figura 6 - Profilo sismico dell'accumulo antistante il Capo Caprazoppa (conc. Regione Liguria). Si può notare l'omogeneità del sedimento fino all'orizzonte A, riflettente.

Carta delle isopache dei sedimenti

Questa risulta essere particolarmente significativa, in quanto rappresentativa dello spessore del corpo sedimentario delimitato dall'orizzonte A. Il maggior spessore di sedimenti è situato lungo una fascia parallela alla linea di costa su batimetrie comprese tra -10 m e -15 m.

La morfologia dell'accumulo risente delle modalità di trasporto dei sedimenti e della posizione dei punti di apporto sedimentario. Si possono individuare tre zone di accumulo maggiore:

- la prima in corrispondenza della foce del Torrente Botassano;
- la seconda, di maggiore estensione, poco a levante della stazione di Borgio Verezzi;
- la terza di fronte al cimitero di Finale Ligure.

Lo spessore del corpo sedimentario individuato raggiunge un massimo di quasi 9 m. Questo dato non è da intendersi come spessore del materiale utilizzabile, ma indica soltanto la presenza di un sedimento con caratteristiche omogenee dal punto di vista fisico. Dall'andamento delle batimetrie si evince che tale sedimento va a riempire delle depressioni presenti nell'orizzonte A, rendendo il fondale morfologicamente omogeneo.

In base alle risultanze delle indagini sismica e batimetrica, si è proceduto al prelievo di 11 campioni di sedimento per poter definire le caratteristiche tessiturali dell'accumulo principale individuato. Un prelievo è stato effettuato anche nella zona di accumulo di fronte alla foce del T. Botassano per confronto con gli altri campioni. A causa della natura del sedimento, non è stato possibile utilizzare un carotiere a gravità; infatti diverse prove effettuate con questo non hanno dato esiti positivi, restituendo il carotiere vuoto. Per questo motivo il campionamento è stato effettuato tramite benna "Shipeck", prelevando solo la porzione superficiale dell'accumulo.

Analisi granulometriche

Le analisi tessiturali hanno messo in evidenza come i campioni prelevati entro la batimetrica dei 20 m siano molto omogenei e siano costituiti da sabbia finissima molto ben classata compresa tra 0,063 e 0,250 mm. Le frazioni granulometriche > 250 micron e quelle < 63 micron sono praticamente trascurabili. Particolarmente interessante il fatto che, pur rimanendo nel campo delle sabbie finissime, i sedimenti prelevati a profondità intorno ai 20 metri sono leggermente più grossolani rispetto a quelli più prossimali, compresi tra 10-12 metri. Questo fatto è riscontrabile maggiormente nel settore di levante.

Nei campioni prelevati a profondità maggiori (25-30 m) la frazione fine diventa quantitativamente importante al punto da rendere i sedimenti non utilizzabili per operazioni di prelievo ai fini di ripascimento.

Tabella 1 - Caratterizzazione sedimentologica dei campioni dell'accumulo sommerso.

Sigla Campione	Profondità [m]	% frazione fine	Mean Size [mm]
C1	-10	2,8	0,123
C2	-20	2,9	0,155
C3	-30	25,6	0,081
C4	-10	4,0	0,132
C5	-13	2,9	0,142
C6	-17	25,7	0,070
C7	-25	42,4	0,065
C8	-30	47,4	0,043
C9	-10	2,6	0,140
C10	-20	4,6	0,131
C11	-30	58,1	0,053
C12	-12	4,8	0,113

Conclusioni

Lo studio della fascia costiera compresa tra Capo S. Spirito e Capo Caprazoppa fornisce un quadro ben definito sull'evoluzione recente del litorale, in base al quale si può concludere una generale tendenza erosiva ed un'importante influenza delle opere antropiche sull'equilibrio del litorale.

In tale fascia costiera si inseriscono numerose opere antropiche di difesa costiera che hanno frazionato ed irrigidito il litorale, alterando la dinamica costiera delle *longshore currents*, spesso accentuando la tendenza erosiva comune a tutta la costa ligure. Gli interventi antropici sugli arenili, concentrati temporalmente nell'ultimo secolo, quali la costruzione della linea ferroviaria e della statale Aurelia, le opere rigide di difesa, il porto turistico di Loano ed il suo attuale ampliamento, la diga soffolta, non hanno risparmiato alcun tratto di litorale. A Ponente, più gravosi sono i danni procurati da un'intensa urbanizzazione che ha sottratto ampi spazi alla fascia dinamica del moto ondoso, mentre a Levante sono più preoccupanti le problematiche di degrado ambientale connesse ad una attività di cava ormai secolare. E' soprattutto il porto di Loano, con il suo attuale ampliamento, che influenza sensibilmente l'assetto e la dinamica costieri, poiché costituisce un grave ostacolo alla deriva litoranea, con gravi conseguenze erosive per i litorali sottoflutto.

All'alternarsi dei processi di avanzamento e arretramento della spiaggia emersa connessi ad interventi antropici, comprensivi di strutture rigide di difesa costiera e interventi morbidi di ripascimento artificiale, corrisponde un costante trend erosivo delle spiagge sommerse particolarmente marcato entro l'isobata dei 20 metri.

Bibliografia

- Aquater S.p.A. (1987) - *Quadro organico di orientamento per la formulazione di interventi per il riassetto della fascia costiera*. Regione Liguria, Servizio Pianificazione Territoriale.
- Ascari M., Baccino L., Sanguineti G. (1937) - *Variazioni storiche della linea di battigia della Riviera Ligure di Ponente*. Estr. da "Le spiagge della Riviera Ligure". CNR, Roma. 312 pp.
- Bianchi C.N., Peirano A. (1995) - *Atlante delle fanerogame marine in Liguria: Posidonia Oceanica e Cymodocea Nodosa*. ENEA, Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia.
- Brizzolara E., Gentilomo M., Stura S., Viola P. (1989) - *Progetto del porto turistico di Loano: relazione tecnica generale*. Portobello S.p.A. Milano.
- Cailleux A. (1945) - *Distinction des galets marins et fluviaux*. Bull. Soc. Geol. France, 15: 375-404.
- Carobene L., Brambati A. (1975) - *Metodo per l'analisi morfologica quantitativa delle spiagge*. Boll.Soc.Geol.It.94: 479-493.
- Danish Hydraulic Institute (1990) - *Hydraulic studies for development and extension of Loano harbour. Final report, June 1990*. Report prepared for Portobello S.p.A., DHI-6334.
- Delbono I. (1998) - *Evoluzione recente del litorale tra Capo Santo Spirito e Capo Caprazoppa (Liguria Occidentale): l'influenza del porto di Loano*. Tesi di Laurea in Scienze Ambientali ad indirizzo Marino, Università degli Studi di Genova.
- HR Wallingford (1994) - *Pietra Ligure Coastal Study*. Report prepared for Cooperativa Pietrese Concessionari del Demanio Marittimo s.r.l. Final Report EX 3091, November 1994.
- Issel A. (1882) - *Antiche linee litorali della Liguria*. Boll. Soc. Geol. It., 1: 222-232.
- Issel A. (1911) - *L'evoluzione delle rive marine in Liguria*. Boll. Soc. Geogr. It., Roma. Fasc. IX - X - XI - XII.
- Idra s.s. (1997) - *Comune di Loano (SV): opere a mare di supporto e contenimento di ripascimenti artificiali*. - Istruttoria ai sensi del D.M. 24.01.1996 All. B/1 e B/2. Relazione tecnica, Idra s.s., Ricerche e Consulenze Ambientali, Genova.
- Maifredi A. (2000) - *Evoluzione recente del litorale nella Liguria di ponente: l'impatto delle opere antropiche - Litorale tra Capo S.Spirito e Capo Caprazoppa*. - Tesi di dottorato in Scienze Ambientali (Scienza del Mare) XII Ciclo, Università degli Studi di Trieste, Consorzio Trieste, Genova, Urbino.
- Mc Cammon (1962) - *Efficiencies of percentile measures for describing the mean size and sorting of sedimentary particles*. Journal of Geology 70: 453-465.

Manoscritto ricevuto il 29/6/2000, accettato il 13/9/2000.

Le *pocket beach* di Vulcano (Isole Eolie, Sicilia): analisi morfo-sedimentologica

Luca Antonio Dimuccio¹ e Giuseppe Mastronuzzi²

¹ Departamento de Ciencias da Terra, Universidade de Coimbra, Largo Marques de Pombal, 3049 Coimbra, Portugal (luca47@hotmail.com).

² Sezione di Geografia Fisica e Geomorfologia, Dipartimento di Geologia e Geofisica, Università degli Studi di Bari, Via E.Orabona 4, 70125 Bari, Italy (g.mastrozz@geo.uniba.it).

Riassunto

Le *pocket beach* delle profonde insenature di Porto Levante e di Porto Ponente dell'Isola di Vulcano sono caratterizzate da materiale assai eterogeneo di provenienza terrigena. I sedimenti che le alimentano derivano quasi esclusivamente dall'erosione dei corpi rocciosi della fascia costiera da parte degli agenti meteorologici. L'assenza di un significativo reticolo idrografico rende pressoché nulli gli apporti fluviali.

Negli ultimi 30 anni particolarmente pesante è stata l'urbanizzazione dell'Isola; essa ha visto la costruzione di opere portuali e di difesa nelle due insenature, nonché di insediamenti abitativi ad uso stagionale sull'istmo che separa Vulcano da Vulcanello. L'analisi integrata della cartografia storica, di successive levate aereofotogrammetriche, dei caratteri morfologici e sedimentologici delle spiagge indica la presenza di fenomeni erosivi in atto, particolarmente accentuati a partire dal 1976. Essi sembrano connessi, più che a diminuzione dei contributi solidi o a variazioni del clima meteorologico non supportate da dati reali, alle recenti opere di urbanizzazione mal ubicate nonché alla probabile subsidenza dell'Isola.

Abstract

The Vulcano Island, in the Eolian Archipelago, represents a volcanic ring structure in the Tyrrhenian Sea to the NE of Sicily; its volcanism is similar to the one in the circum-pacific area. The erection of the archipelago started during the Lower Pleistocene, and the Vulcano Island was formed during the Upper Pleistocene. Its last eruption was recorded in 1888-1890. The Vulcano Mount's base is at the bottom of Tyrrhenian Sea, at a depth of 1000 m; the island is about 380 m high above m.s.l. Two calderas are recognisable: the older one, named Piano, is cut through by the younger one called La Fossa. Another eruptive centre is represented by the Vulcanello peninsula that joined to the Vulcano mount during the 1550 a.C. eruption. The island is elongated NW-SE; the highest cliffs have formed in correspondence of the tectonic features. The main inlets, Porto Ponente and Porto Levante, are bordered to the South by high cliffs, to the North by the low, rocky coast of Vulcanello and landward by the isthmus between Vulcano and Vulcanello; inside these inlets the only permanent pocket beaches of Vulcano Island can be found. The pocket beach of Porto Ponente is elongated NE-SW, exposed to the direction of the main fetch (about 330 n.m.) and winds. The bottom of the inlet (from 30 m of depth - where the local shelf break is placed - until about 10 m) is characterised by blocks and gravels coming from the cliff and by coarse sand covered by *Posidonia oceanica*; between 10 and 1.5 m of depth it is constituted by pebbles and sands. The beach is composed of coarse sand, but behind the breakwater, to the NE, and the pier, to the SW, fine sands can be found.

The pocket beaches of Porto Levante are elongated N-S; a stack near a beach rock divides them. In correspondence of the stack a little harbour was built in the 70's with one pier and one quay. The bottom of the inlet is very narrow from a depth of about 15 m, which represents the local shelf break. Sediments with *Cystoseira* sp. and *Caulerpa* no-

dosa cover the inlet. These sediments are coarse sands with pebbles to the N, whereas fine sands have been found near the stack and over the beach rock. Coarse sandy gravels and blocks coming from the cliff constitute the southernmost beach sediments. Terrigenous sediments coming from the erosion of the coast by waves and wind nourish the permanent beaches of Vulcano; the contribution of erosion by continental waters is neglectable as well as the bioclastic material. The analyses of aerial photos and cartography suggest a shoreline's retreat of about 17 metres from 1958 to 1987. At Porto Ponente the retreat rate is low but constant in time. At Porto Levante the retreat rate is higher since the end of 70's, which is when the construction of the harbour was completed; the maximum retreat rate has been of about 6-9 meters from 1978 to 1987. Only to the north of the harbour it is possible to recognise a prograding beach, which is an effect of the harbour structures on the sediment drifting from North to South. The small extent of the beaches, the isthmus orography and the subsidence trend - suggested by beach rock well below sea level - are factors of hazard. Touristic structures are exposed to a risk of erosion and sea flooding in correspondence of strong sea-storms.

Introduzione

L'Isola di Vulcano, come tutto l'arcipelago eoliano, ha subito negli ultimi decenni una forte pressione antropica. A causa delle caratteristiche fisiografiche dell'Isola, questa è stata concentrata nella lingua di terra che unisce Vulcano a Vulcanello, e si è materializzata con la costruzione di importanti strutture ricettive turistiche. L'istmo rappresenta, insieme alle falesie ed ai versanti degli edifici vulcanici, la fonte a terra dei sedimenti che alimentano le *pocket beach* di Porto Levante e Porto Ponente. Lungo queste spiagge, a partire dagli anni '60, sono state costruite le banchine e i moli che oggi consentono l'approdo all'isola e ne facilitano l'evacuazione in caso di necessità.

Il presente studio si propone di verificare l'impatto esercitato da queste opere sulla naturale dinamica delle spiagge, quantificando gli eventuali condizionamenti indotti. Nella impossibilità di costruire una mappa completa dei parametri tessiturali, data l'estrema variabilità - spaziale e temporale - dei contributi sedimentari e conseguentemente delle loro variazioni non lineari che pure condizionano il corretto campionamento del sedimento, lo studio è stato condotto attraverso il confronto della cartografia disponibile con le successive levate aereofotogrammetriche, integrato dall'analisi dei dati meteomarini, dalla caratterizzazione morfologica e biocenotica dei fondali e di quella tessiturale dei sedimenti.

Inquadramento dell'area

Le Isole Eolie sono a circa 15 miglia nautiche dalla costa settentrionale della Sicilia (Fig.1). Formano un allineamento con direzione circa E-O, da Alicudi a Stromboli, interrotto da Salina, Lipari e Vulcano disposte grosso modo in senso NNO-SSE. Con i monti sottomarini di Glauco, Sisifo, Enarete, Eolo, Lametini, Alcione e Palinuro costituiscono una struttura ad anello che si erge dai fondali del Tirreno meridionale, di natura simile a quella dei vulcani degli archi insulari circumpacifici (Beccaluva et al., 1985). L'area di subduzione è ben lontana: corre parallelamente alla costa calabrese nel Golfo di Taranto e nel Mar Ionio. Il magma è di origine sub-crosta e, con ogni probabilità, proviene dal mantello superiore (Barberi et al., 1974; Ellam et al., 1989). La costruzione dell'arcipelago è avvenuta in due fasi: fra il Pleistocene inferiore e medio si formarono Alicudi, Filicudi e Panarea; nel Pleistocene superiore si sono completate Salina e Lipari e si sono formate Stromboli e Vulcano (Cortese et al., 1986). Sono oggi attivi i vulcani di Lipari, Stromboli e Vulcano, la cui ultima eruzione risale però al 1888-1890 (Mercalli et al., 1891).

L'edificio di Vulcano ha base ad una profondità di circa 1000 m e diametro di circa 15 km, è allungato in direzione NO-SE, quella dei lineamenti morfotettonici principali (Frazzetta et al., 1982; Romagnoli et al., 1989; Rossi et al., 1990; Gabbianelli et al., 1991; Ventura, 1994; Tramontana et al., 1996). I versanti sommersi dell'edificio vulcanico sono ben differenti fra loro: quello occidentale è con pendii regolari, scarse strutture NO-SE e con un'ampia piattaforma tardo quaternaria a -115 m; quello orientale è molto irregolare per la presenza di marcate incisioni e ripide dorsali orientate in direzione NE-SO, specie dinanzi il Porto di Levante (Fig. 1).

La parte emersa è caratterizzata dalla presenza di due ampie caldere. La bocca eruttiva più importante è La Fossa, a circa 380 m nella omonima caldera che tronca quella più antica dell'isola, detta del Piano (Frazzetta e La Volpe, 1991). La parte più settentrionale dell'isola è rappresentata dalla penisola di Vulcanello, formatasi in seguito alla recente apertura di una nuova bocca eruttiva. La superficie dell'isola è segnata da lineazioni con direzione NO-SE a cui corrispondono, lungo il perimetro costiero, le più alte falesie (Fig. 1). In pianta la penisola di Vulcanello, saldata al resto dell'isola da un istmo in seguito alle fasi eruttive del 1500 d.C. (Bullard, 1976), costituisce l'unica grande articolazione di Vulcano. Essa limita a nord le due insenature di Porto Levante e Porto Ponente nelle quali sono comprese le uniche spiagge permanenti dell'isola; esse, per i propri caratteri, possono essere indicate con il termine più appropriato di *pocket beach* (Fig. 2 e Fig. 3). Le profonde insenature sub parallele ubicate lungo la costa nord-occidentale dell'isola sono caratterizzate invece da alte falesie con al piede *pocket beach* stagionali la cui presenza è funzione delle condizioni meteoromarine.

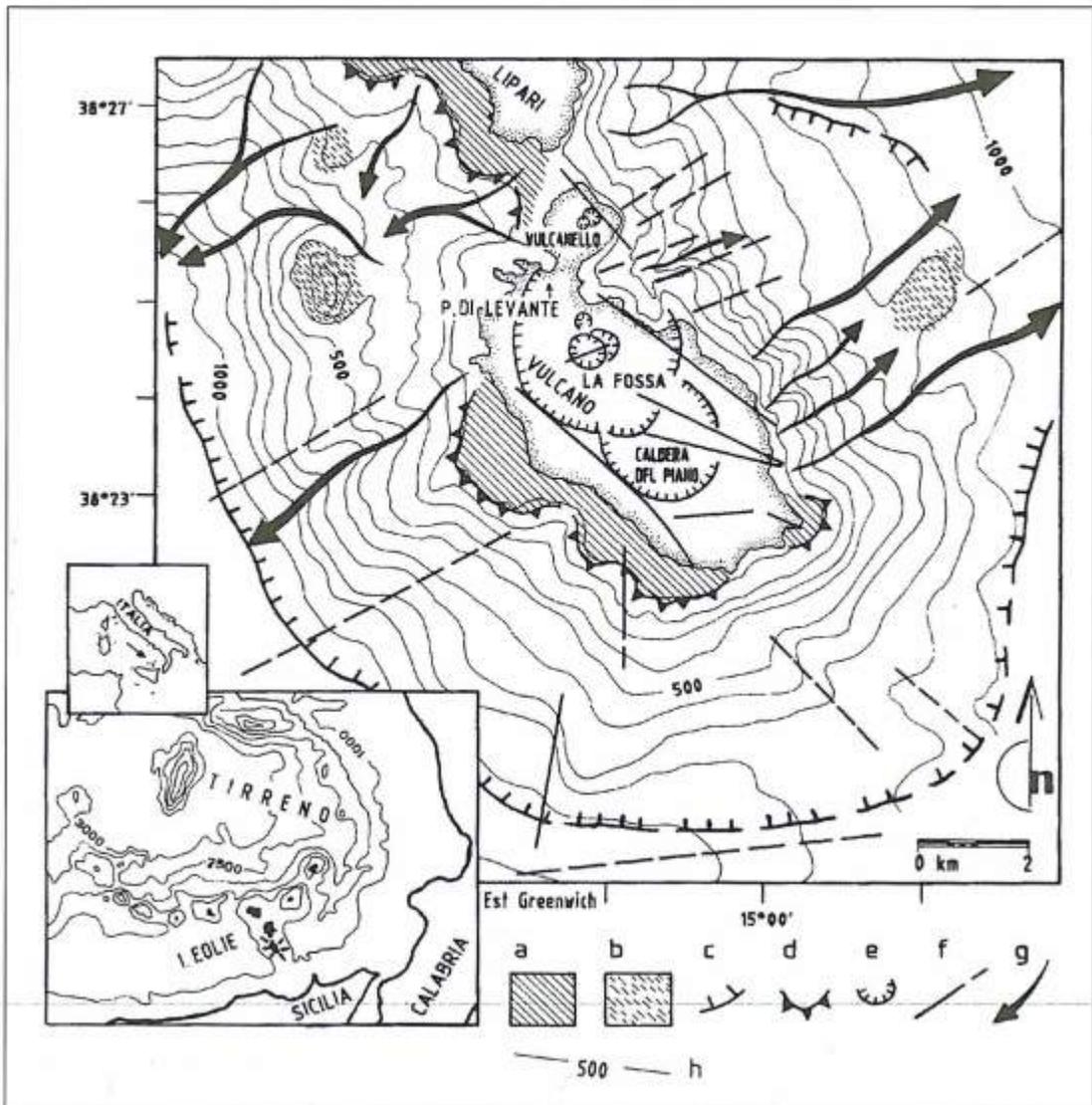


Figura 1 - Ubicazione geografica e schema morfologico dell'Isola di Vulcano: a - piattaforma; b - apparati vulcanici minori; c - base del cono vulcanico; d - limite della piattaforma; e - caldere e bocche eruttive; f - faglie; g - valli e canyons; h - batimetriche in metri (da: Gabbianelli et al, 1991 - modificata).

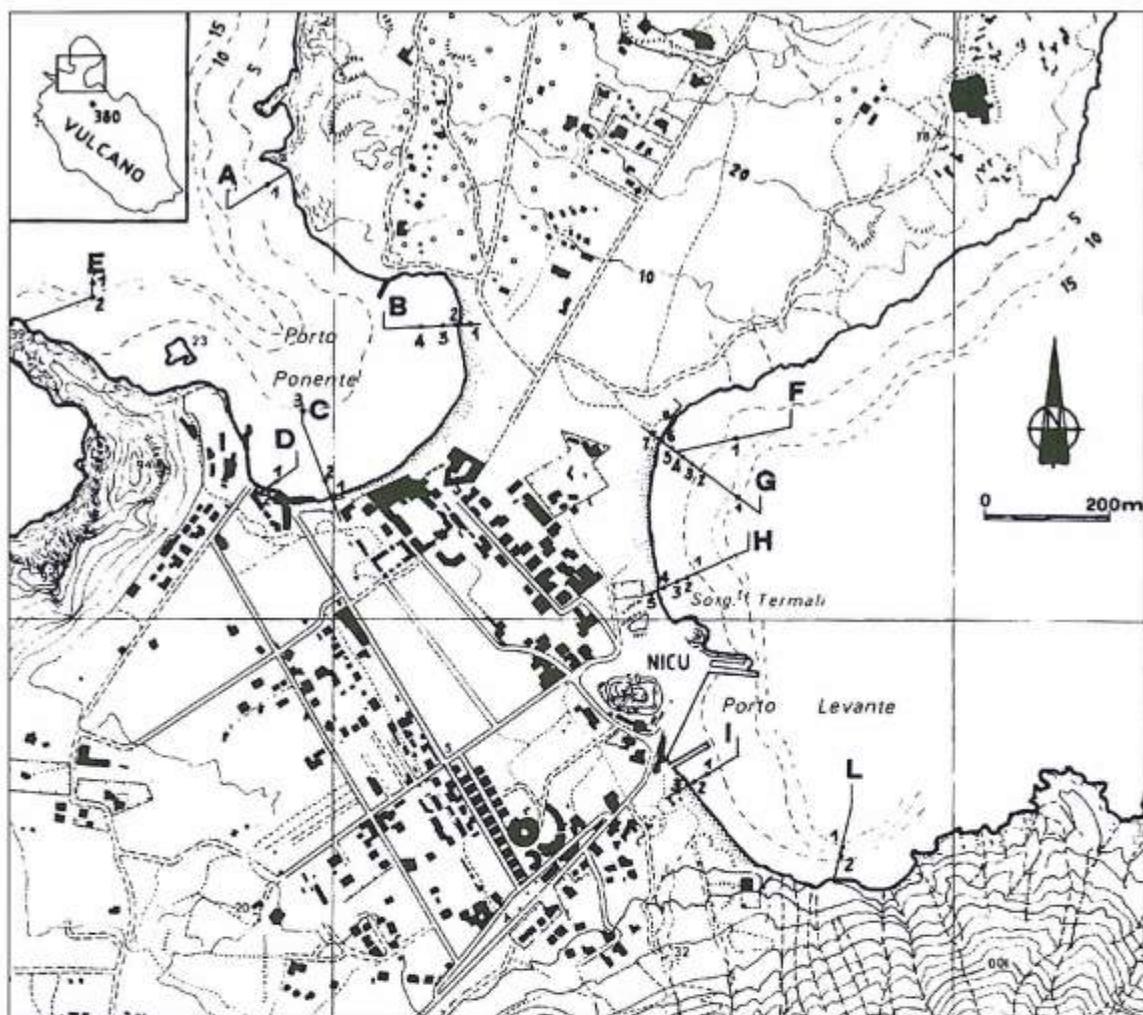


Figura 2 - Porto Levante e Porto Ponente con ubicazione dei transetti e dei relativi punti di prelievo dei campioni di sabbia studiati (le isobate a tratteggio sono riferite alla Carta Nautica del 1991). Nel Porto Levante è evidente la banchina per il servizio turistico in posizione centrale; nel Porto Ponente sono evidenziate a NE la scogliera frangionde ed a SO la banchina della Protezione Civile.



Figura 3 - Veduta aerea dell'Isola di Vulcano, ripresa da nord nel 1988, in cui sono ben evidenti, fra Vulcano a sud e Vulcanello a nord, le due insenature Porto Levante e Porto Ponente (Prop. Ris. Mimmo Belletti, Lipari 1988 - A.M.C.).

Analisi morfo-sedimentologica delle spiagge

La *pocket beach* di Porto Ponente è all'interno di una insenatura, aperta a NO, che si approfondisce per circa 800 m fra alte falesie a SO e coste basse rocciose, con alcune basse falesie all'imboccatura, a NE. La spiaggia si estende per circa 600 m con profondità che oggi solo occasionalmente raggiunge i 10 m; verso terra essa è limitata da un terrapieno naturale, vegetato, sul quale in più casi sono state costruite strutture turistiche permanenti. Le opere di antropizzazione sono rappresentate dalla banchina della Protezione Civile all'estremità sud-occidentale e da una scogliera frangionde a protezione di strutture turistiche verso quella nord-orientale (Fig. 2). L'insenatura ha fondali poco acclivi (Fig. 4); la ripida scarpata, che rappresenta il versante del cono vulcanico, parte circa in corrispondenza dell'isobata 30 m, ben oltre il limite esterno della baia. Tra la linea di riva e circa 10 m di profondità il fondale in tutta la baia è rappresentato da sabbia grossolana, ghiaia e massi dispersi. A partire dalla isobata 10 m si riconoscono anche colonizzazioni di *Posidonia oceanica* (L.) DELILE su *mattes*.

Le *pocket beach* di Porto Levante sono all'interno di un'insenatura ben più ampia, compresa fra l'edificio di Vulcano e quello di Vulcanello; alte falesie le delimitano a sud, mentre coste rocciose basse con occasionali basse falesie fanno da cornice a nord. Le spiagge, orientate circa in direzione N-S, sono interrotte e separate fra loro dal faraglione Nicu, alla cui base è stata approntata la banchina per il servizio turistico (Fig. 5). Anche in questo caso la profondità delle spiagge è limitata a circa 15 m; il terrapieno naturale, che in alcuni casi assume i caratteri di duna e che le limita verso terra, è meno interessato dalla costruzione di edifici ad uso residenziale estivo.

Nella porzione centrale della baia, a nord del faraglione, in corrispondenza di venute idrotermali sottomarine, ormai ben al di sotto il livello medio del mare, ad una profondità di circa 1,5 m, si riconosce anche un corpo roccioso tabulare, di natura sedimentaria, fratturato e caratterizzato da debole pendenza verso mare. Da un punto di vista morfologico esso presenta tutti i caratteri di una *beach rock* (Dalongeville e Sanlaville, 1982; De Muro e Orrù, 1998).

I campioni esaminati sono costituiti da clasti vulcanici di varie dimensioni, interessati da processi di continentalizzazione, evidenziati dalla presenza di patine di ossidi e/o idrossidi di ferro. Osservati al microscopio in sezione sottile i diversi clasti risultano tenuti insieme da una matrice limosa giallastra in associazione ad una meno frequente biancastra, entrambe non carbonatiche (Fig. 6). La cementazione carbonatica è molto scarsa, mentre ben evidente appare la silice opalina precipitata in ambiente subaereo. Questa tessitura, messa a confronto con quella delle *beach rocks* a cemento carbonatico (Purser, 1980), nonché l'aspetto morfologico del corpo roccioso consentono di avvalorare l'ipotesi di una *beach rock* consolidatasi già in ambiente subaereo e poi sommersa. In ambiente subacqueo si è prodotto poi l'ulteriore riempimento dei vuoti con sabbia e limo. Non sono stati rinvenuti elementi utili a definire l'età del corpo roccioso e/o il momento di sommersione.

Nell'insenatura i fondali sono poco acclivi sino alla isobata 15 m (Fig. 7); oltre di essa inizia il ripido pendio che porta a 400 m di profondità. I fondali sono colonizzati da abbondante e diffusa copertura di *Cystoseira* sp. e da macchie di *Cymodocea nodosa* (UCARIA) ARESHOUG e di *Caulerpa prolifera* (FORSSKAL). Queste ultime sono presenti in particolar modo a nord (transetti F e G, Fig. 7), mentre sono pressoché assenti in corrispondenza delle fumarole sottomarine presenti subito a nord del faraglione Nicu (transetto H, Fig. 7). Alla estremità meridionale di Porto Levante, vi sono grossi blocchi di crollo delle dimensioni massime di una decina di metri cubi, provenienti dall'alta falesia (transetto L, Fig. 7); all'estremità settentrionale i blocchi, più piccoli (transetto G, Fig. 7), sono alternati a ciottolame proveniente dallo sgretolamento dei blocchi della costa bassa e delle poco alte falesie.

Durante la campagna EOCUMM Eolie'95, condotta nel luglio del 1995, operatori subacquei supportati da gommone di appoggio, mediante carotiere a mano hanno raccolto 30 campioni di sedimento lungo transetti circa perpendicolari alla linea di riva (Fig. 2), sulla cresta della berma ordinaria, sulla battigia e, in funzione delle asperità del fondale, in corrispondenza delle principali rotture di pendenza (Figg. 4 e 7). In alcuni casi lungo lo stesso transetto non si sono potuti raccogliere ulteriori campioni poiché il fondale era caratterizzato da blocchi o da ciottolame grossolano.

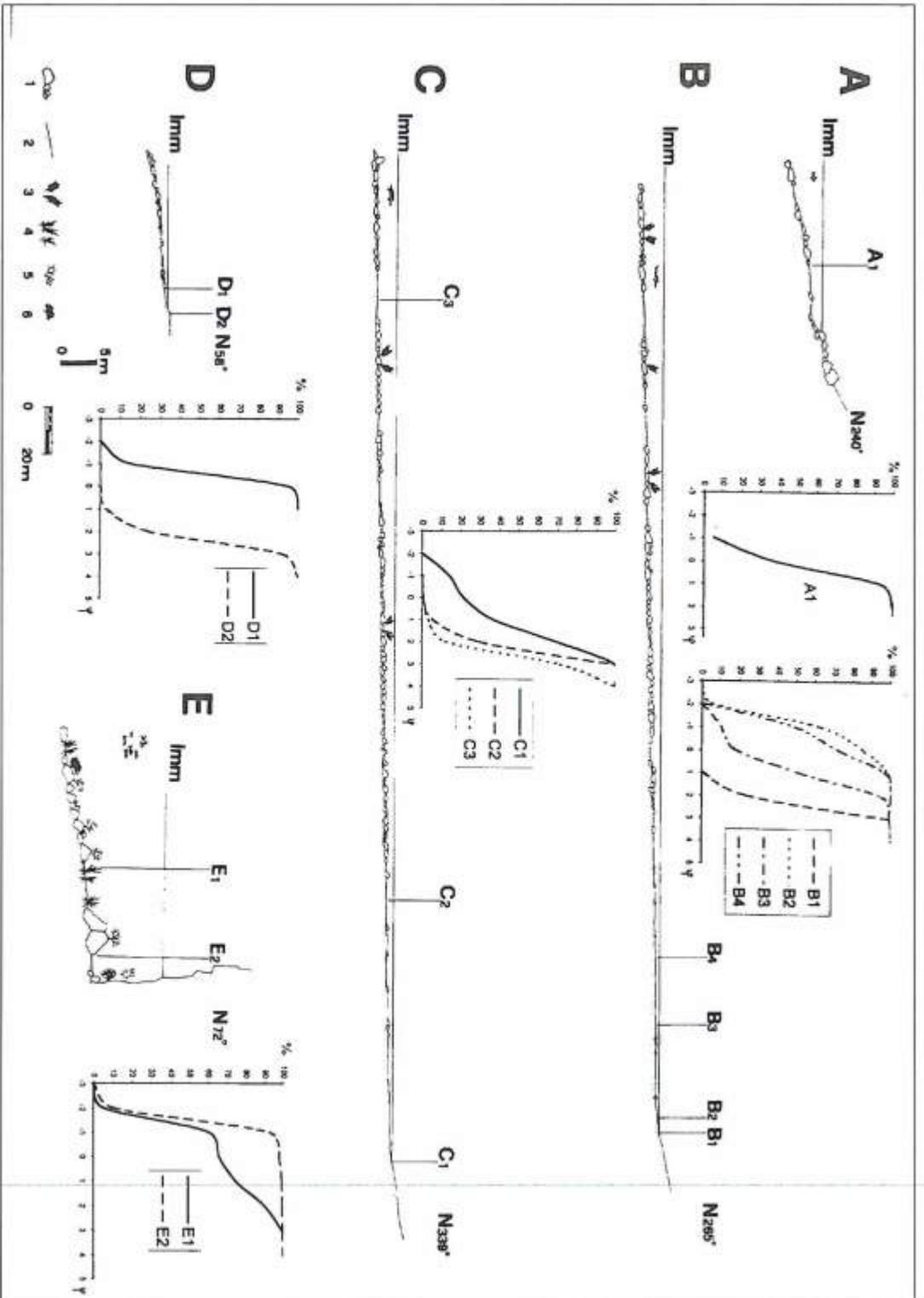


Figura 4 - Profili morfologici attuali dei fondali di Porto Ponente con ubicazione dei campioni esaminati e rispettive curve granulometriche: 1 - blocchi e ciottoli; 2 - fondale sabbioso; 3 - *Cystoseira sp.*; 4 - *Posidonia oceanica*; 5 - colonizzazioni ad Anozoi; 6 - colonizzazioni a Briozoi; N240° - direzione del transetto.

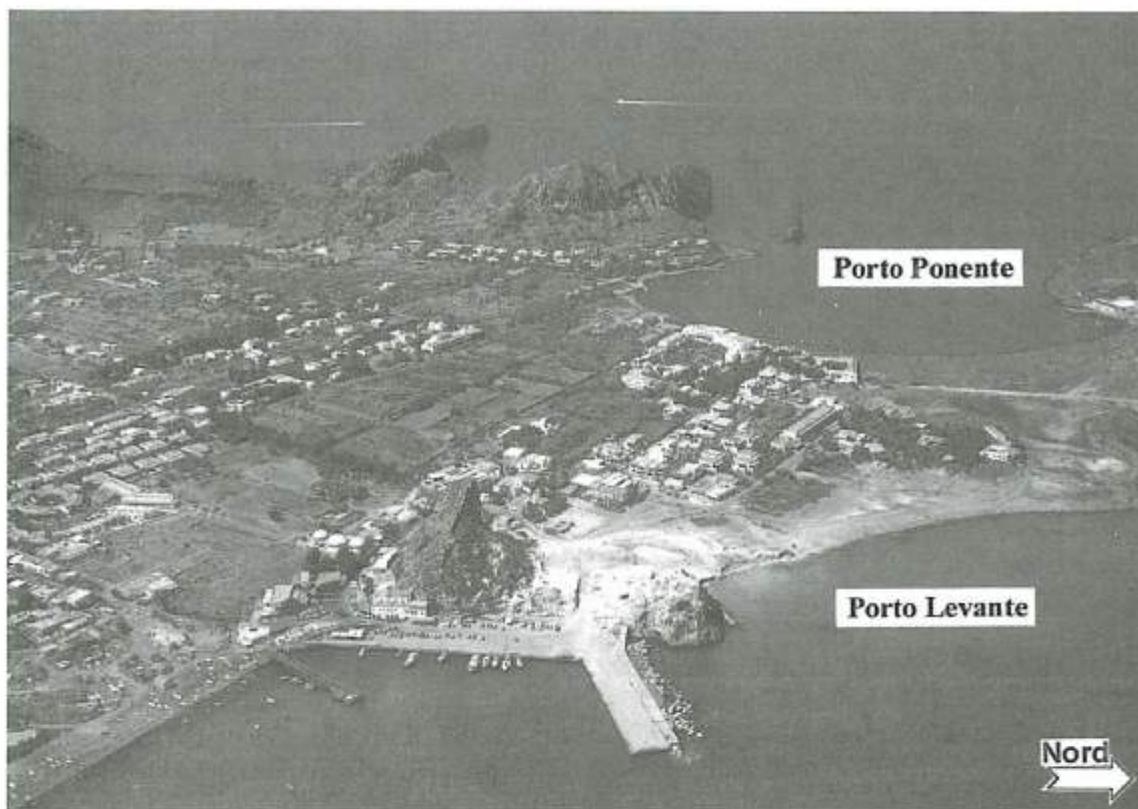


Figura 5 - Veduta aerea del 1986 dell'istmo fra Vulcano e Vulcanello. In primo piano Porto Levante in cui si riconosce la spiaggia emersa interrotta dal faraglione Nicu e dalla banchina per il servizio turistico; sullo sfondo Porto Ponente (Prop. Ris. Mimmo Belletti, Lipari 1986 - A.M.C.).

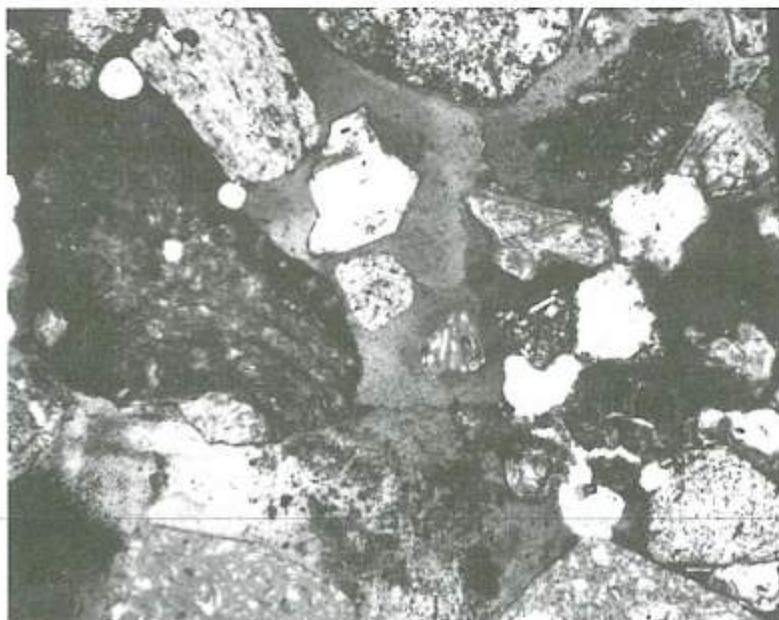


Figura 6 - Sezione sottile (38x) a nicol incrociati di *beach rock* di Porto Levante. In evidenza la matrice limosa di fango siliceo con veli di ossidazione che permea e lega i frammenti piroclastici.

L'ubicazione cartografica dei campioni è stata possibile grazie allo stendimento di transetti e di rilevamenti a terra. Dai dati granulometrici sono stati ricavati i parametri statistici (Tab. 1) utilizzando le formule di Folk e Ward (1957).

I sedimenti analizzati sono rappresentati da sabbie terrigene, con scarsissima componente bioclastica (circa 2%), con ampio spettro dimensionale, essenzialmente di tipo unimodale, da ben classate a moderatamente classate, con ampia variazione di Sk_1 ; il Kurtosis indica uno spettro di distribuzione da platicurtica a molto leptocurtica. La frazione maggiore di 4ϕ è poco rappresentativa (< 1%).

Lungo il transetto A della spiaggia di Porto Ponente (Fig. 4) si ha una sabbia grossolana, moderatamente ben classata, asimmetrica negativa e leptocurtica. Lungo il transetto B le caratteristiche delle sabbie cambiano significativamente da luogo a luogo: in corrispondenza della spiaggia emersa è una sabbia fine, molto ben classata, asimmetrica negativa e molto leptocurtica; il materiale di battigia è invece una sabbia molto grossolana, moderatamente ben classata, con asimmetria molto positiva e mesocurtica. Le stesse caratteristiche si ritrovano poi a profondità fra 1 e 2 m; fra la battigia e circa 1 m di profondità la sabbia è grossolana, discretamente classata, mesocurtica ma con asimmetria negativa. Lungo il transetto C il materiale di battigia è una sabbia medio-grossolana, mediamente classata, asimmetrica negativa e platicurtica; da circa -1 a -5 m la sabbia diventa fine, discretamente classata, con una coda di materiale grossolano, via via meno importante con l'aumentare della profondità, e leptocurtica. Lungo il transetto D è una sabbia grossolana ben classata, perfettamente simmetrica e mesocurtica in corrispondenza della battigia, e sabbia fine, discretamente classata, simmetrica e leptocurtica sulla spiaggia. Al largo il materiale è rappresentato da ghiaie grossolane e blocchi. Lungo il transetto E, il fondale a -14 m, pur essendo costituito da materiale di frana per scalzamento del piede della falesia, è rappresentato da una ghiaia discretamente classata, molto leptocurtica e priva quasi del tutto della coda sabbiosa. A -18 m invece lo stesso materiale è mescolato con una discreta quantità di sabbia, verosimilmente trasportata dalle correnti di fondo.

Nel tratto più settentrionale delle due *pocket beach* di Porto Levante (Fig. 7), sui fondali a circa -6 m, le sabbie, raccolte in sacche fra i blocchi provenienti dalla vicina costa rocciosa bassa (transetto F), sono fini, con asimmetria negativa e leptocurtiche. Lungo il transetto G c'è una netta ripartizione di tipi di materiali: uno di sabbia molto grossolana, moderatamente classata, ad asimmetria leggermente positiva e mesocurtica, in corrispondenza della battigia; un altro di sabbia fine, moderatamente classata al largo, ed infine sabbie medie o leggermente grossolane, per lo più discretamente classate e quasi sempre simmetriche e mesocurtiche, sia in zona sommersa sia in zona emersa.

Lungo il transetto H l'effetto ostacolo esercitato dalla *beach rock* condiziona la granulometria, tanto che l'osservazione delle curve indica una situazione anomala, sia in zona emersa che in quella sommersa prossima alla riva: ad esempio la presenza a -4,5 m di sabbia più grossolana di quella a -3,5 m. L'affioramento della *beach rock* entro i 3 m di profondità ostacola la deriva e contribuisce, con il farragione e le opere portuali immediatamente più a sud, a trattenere il sedimento più fine.

Per quanto riguarda la spiaggia meridionale, lungo il transetto I, in zona emersa si ha una sabbia molto grossolana, discretamente classata, simmetrica e mesocurtica; in zona di battigia si ha sabbia di uguale tessitura e classazione, ma platicurtica e con asimmetria negativa; infine in zona sommersa è un ghiaietto, discretamente classato, con asimmetria molto positiva ed accentuata leptocurticità. Lungo il transetto L il materiale dei fondali è costituito da sabbie medie moderatamente classate, da simmetriche ad asimmetriche negative e sempre leptocurtiche.

Analisi dei dati topografici

Dell'Isola di Vulcano sono disponibili le carte topografiche in scala 1:50000 del 1868, le tavolette IGM a scala 1: 25000 del 1958 e del 1978, la cartografia nautica dell'Istituto Idrografico della Marina aggiornata sino al 1991, nonché le levate aereofotogrammetriche della Regione Sicilia degli anni 1976 e 1987. Sulle tavolette e sulle foto aeree sono stati individuati capisaldi rappresentati da edifici presenti in entrambi i rilievi; da essi, lungo rilevamenti costanti, sono state misurate distanze rispetto alla linea di riva mediante uno stereoscopio rapportatore.

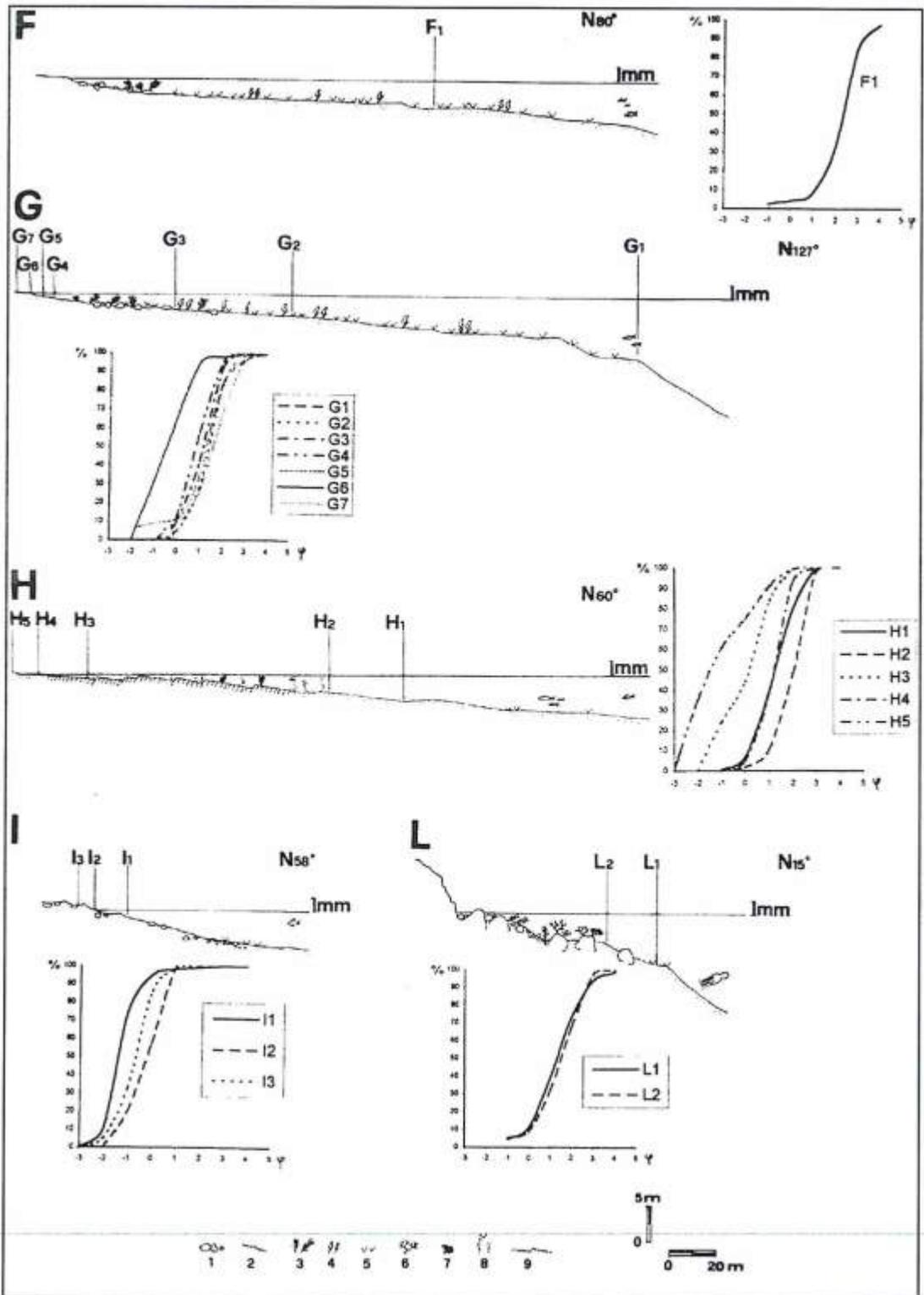


Figura 7 - Profili morfologici dei fondali attuali di Porto Levante con ubicazione dei campioni esaminati e rispettive curve granulometriche: 1 - blocchi e ciottoli; 2 - fondale sabbioso; 3 - *Cystoseira* sp.; 4 - *Caulerpa prolifera*; 5 - *Cymodocea nodosa*; 6 - colonizzazioni ad Antozoi; 7 - colonizzazioni a Briozoi; 8 - emanazioni di CO₂; 9 - beach rock; N80° - direzione del transetto.

Tabella 1 - Parametri granulometrici dei campioni esaminati secondo le formule di Folk e Wards (1957) ed indicazioni sulla profondità di prelievo dei campioni stessi. L'ubicazione dei campioni è indicata nelle Figure 2, 4 e 7.

Campione	Mz	σ_1	Sk ₁	K _G	Profondità (m)
A1	0,15	0,63	-0,13	1,15	-3,0
Porto di Ponente					
B1	2,25	0,33	-0,25	1,78	0,8
B2	-0,95	0,65	0,47	1,10	0,0
B3	0,78	1,00	-0,22	1,07	0,8
B4	-0,58	0,73	0,42	0,74	-1,5
C1	1,05	1,26	-0,38	0,84	0,0
C2	2,10	0,58	-0,31	1,49	-1,5
C3	2,68	0,66	-0,15	1,34	-5,0
D1	-0,60	0,36	0,00	0,98	0,0
D2	2,32	0,55	-0,11	1,33	0,5
E1	-0,43	1,48	0,66	0,67	-18,0
E2	-1,58	0,55	0,23	1,64	-14,0
F1	2,22	0,88	-0,23	1,47	-6,0
Porto di Levante					
G1	1,35	0,78	0,04	1,11	-13,5
G2	1,40	0,71	-0,04	1,09	-4,0
G3	1,05	0,69	-0,08	1,05	-3,0
G4	0,87	0,74	-0,12	1,10	-1,5
G5	1,48	1,12	-0,26	1,26	-1,0
G6	-0,45	0,95	0,13	0,94	0,0
G7	1,33	0,72	0,04	0,92	0,5
H1	1,28	0,81	-0,04	0,99	-4,5
H2	1,95	0,69	-0,34	1,05	-3,5
H3	0,03	0,95	-0,12	0,69	-0,5
H4	1,13	0,63	-0,04	1,08	0,0
H5	-0,83	1,05	0,53	0,78	0,5
I1	-1,32	0,72	0,35	1,95	-1,5
I2	-0,27	0,57	-0,25	0,66	0,0
I3	-0,70	0,62	0,02	1,08	1,0
L1	1,33	1,15	-0,05	1,11	-12,0
L2	1,47	1,15	-0,13	1,20	-7,5

Dal confronto dei valori misurati appare evidente che tanto le *pocket beach* del Porto Levante tanto quella di Porto Ponente mostrano, fra il 1958 e il 1987, sensibili arretramenti (Fig.8 e Tab.2); essi su rilevamenti circa perpendicolari alla linea di riva raggiungono il valore massimo di 17 m nell'insegnatura di Porto Levante (E4 e B2 in Tab. 2).

Fonti rappresentate da operatori turistici locali (Conti, comm. pers.) indicano arretramenti dell'ordine di circa quaranta metri delle spiagge di Porto Ponente, che si sarebbero manifestati a partire dagli anni sessanta; essi non sono comunque supportati da dati ufficiali.

Particolarmente sensibile all'antropizzazione è la spiaggia posta a sud del faraglione Nicu e del porto turistico. Sino alla metà degli anni '70, quando furono iniziati i lavori di costruzione della banchina e del molo, la *pocket beach* era in lento accrescimento, ma con il completamento delle opere portuali la spiaggia ha invertito la sua tendenza. A nord delle opere portuali, invece, la *pocket beach* era sostanzialmente stabile sino alla metà degli anni '70; con il completamento delle opere la parte più meridionale della spiaggia è rimasta in equilibrio o addirittura in lenta crescita, mentre quella settentrionale è sensibilmente arretrata. Le strutture portuali hanno interrotto una lenta deriva litorale diretta da nord a sud. La *pocket beach* di Porto Ponente mostra invece un arretramento, lento e continuo nel tempo, che non pare essere stato accelerato dalla costruzione della banchina della Protezione Civile.

Tabella 2 - Distanze dai capisaldi alla linea di battigia desunte dai rilievi disponibili e evidenziati in Figura 8.

	Sigla distanza(in m)	Carte storiche (anni)			
		1958	1976	1978	1987
Porto di Ponente	A6	83	67	67	61
	A7	101	90	90	85
	A8	251	248	255	248
	D6	153	138	138	134
	D7	263	260	260	255
	D8	417	417	422	430
Porto di Levante a Nord	B1	218	216	216	210
	B2	167	159	159	150
	B3	239	235	232	234
	C1	250	244	244	237
	C2	107	100	100	97
	C3	65	62	62	65
Porto di Levante a Sud	E4	114	118	103	97
	E5	175	178	166	164
	F4	143	149	140	135
	F5	159	164	152	150

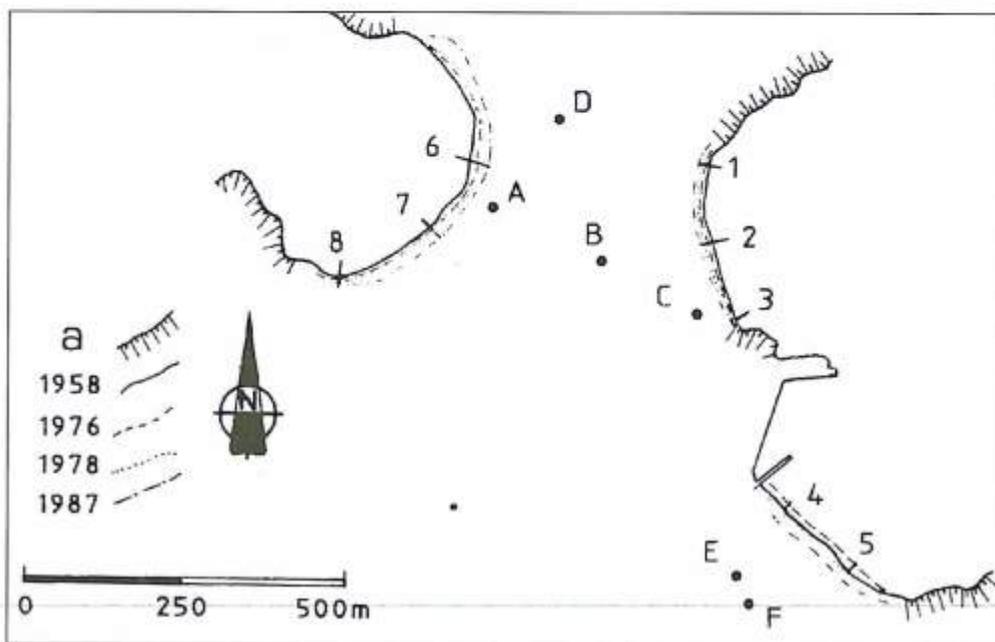


Figura 8 - Linee di riva delle spiagge di Porto Levante e Porto Ponente fra il 1958 e il 1987 ricavate dalle carte topografiche IGM al 25000 del 1958 e del 1978, e da foto aeree del 1976 e del 1987; a - coste rocciose. Le lettere maiuscole indicano i capisaldi individuati a terra in corrispondenza di costruzioni fisse nel tempo; i numeri indicano i transetti rispetto ai quali dai capisaldi sono state ottenute le misure riportate in Tabella 2.

Caratteri meteomarini

Per la definizione del regime anemometrico sono stati utilizzati i dati - rilevati direttamente sull'Isola - forniti dall'Istituto Internazionale di Vulcanologia del C.N.R. di Catania, quelli della stazione meteorologica di Lipari-Castellaro (Cicala, 1987) e quelli della stazione meteorologica dell'Isola di Stromboli (Istituto Idrografico della Marina, 1979). I venti regnanti e dominanti sono quelli occidentali, in particolare del IV quadrante (Fig. 9); ad essi corrisponde il massimo fetch della spiaggia di Porto Ponente (valutato in circa 331 miglia nautiche). In particolare i dati disponibili indicano come venti dominanti quelli da NW e solo limitatamente ai mesi di novembre, dicembre, marzo e aprile quelli da SE, comunque subordinati ai primi. Di conseguenza le mareggiate più significative (mare 6-8) sono quelle del IV quadrante (limitate quelle del III); esse raggiungono la massima intensità nei mesi di gennaio, aprile e ottobre, con frequenze massime di due giorni/mese in gennaio e febbraio (mare 7-8). Il moto ondoso che ne deriva giunge all'imboccatura dell'insenatura molto poco attenuato; alla sua energia è da imputare il veloce arretramento delle falesie, instabili per le caratteristiche del corpo litologico e per la loro altezza, e la conseguente presenza di grosse quantità di detrito e di ciottolame sul fondale. Il rifornimento continuo di materiale terrigeno grossolano, a causa della sua continua redistribuzione sul fondale, non consente l'attecchimento e la conseguente estensione areale della prateria a *P. oceanica*.

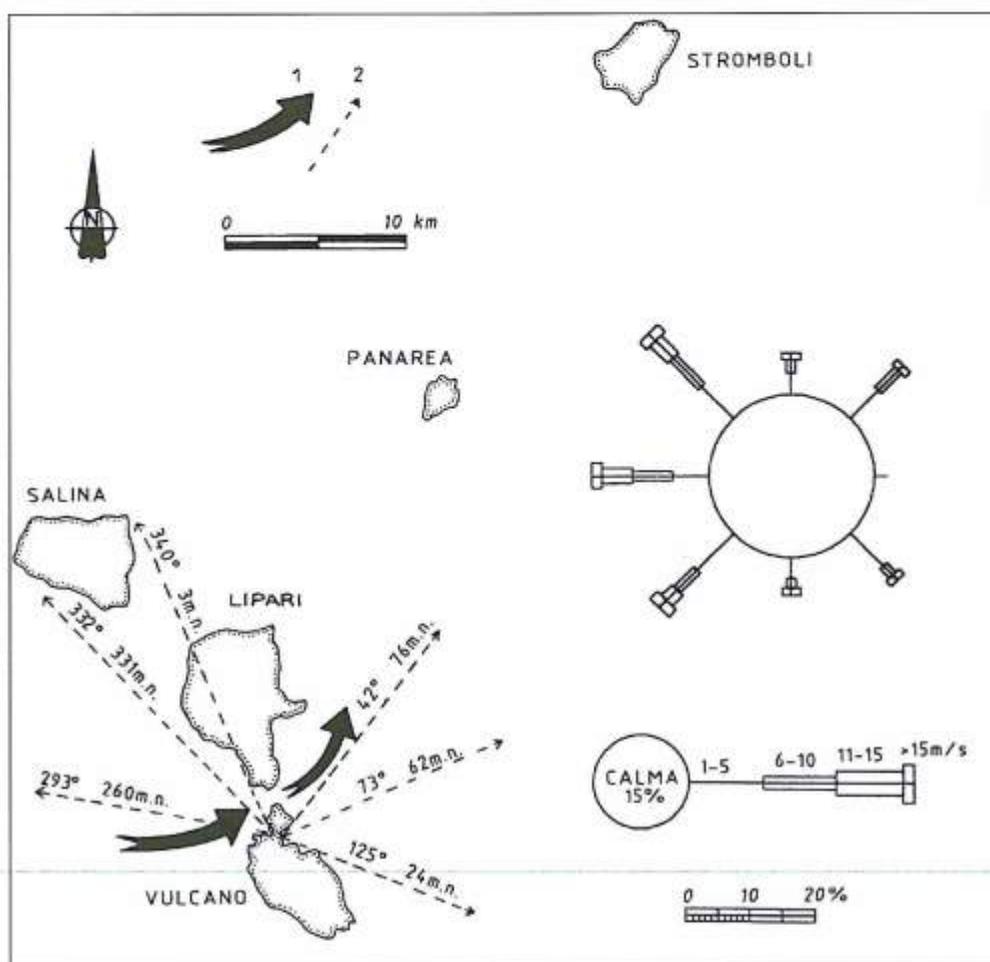


Figura 9 - Direzione dei venti, dei relativi fetch e delle correnti superficiali nel corso dell'anno (queste ultime esclusivamente nel mese di ottobre sono invertite di 180°) per le Isole Eolie (da: Istituto Idrografico della Marina, 1979): 1 - direzione prevalente delle correnti superficiali; 2 - direzione fetch principali.

Le spiagge di Porto Levante, cui corrisponde un fetch di 24-76 miglia nautiche, sono esposte a venti dei quadranti orientali, poco o nulla importanti. Le mareggiate che raggiungono direttamente tale insenatura, con moto ondoso non attenuato da Vulcanello o Vulcano, sono solo quelle nel mese di novembre con mare 6 e frequenza di 3 giorni/mese.

Discussione

L'assenza di un reticolo idrografico permanente e il regime pluviometrico di tipo mediterraneo, fanno sì che gli apporti a mare da parte dei corpi solidi superficiali siano scarsi e concentrati in corrispondenza dei soli periodi più piovosi. Il settore più interessato da questi apporti è la parte meridionale di Porto Levante; esso è limitato dai versanti di Vulcano incisi da corsi d'acqua effimeri e a carattere torrentizio. L'apporto di sedimento dovuto allo smantellamento dei corpi rocciosi della fascia costiera ad opera degli agenti meteo-marini è più importante e continuo. A causa della cementificazione a scopo edilizio dell'istmo, è ormai trascurabile il trasporto di sabbie spinte da quel bacino di ablazione verso mare, specialmente verso Porto Levante. Una volta a mare comunque il sedimento, date le caratteristiche dei fondali, viene impoverito della parte finissima che viene facilmente allontanata dal moto ondoso e dalle correnti verso la base della struttura vulcanica dell'isola. Solo una parte del materiale fine viene trattenuta dalle irregolarità del fondo dovuta alle opere antropiche, in particolare quelle di Porto Levante. La parte più grossolana, proveniente dalle falesie, tende a conservarsi alimentando le spiagge.

Nell'insenatura di Porto Ponente gli agenti meteorologici, più intensi, sono ostacolati nella loro azione di rimaneggiamento del materiale dal potere frenante delle opere antropiche e dalla presenza di una ampia piattaforma sommersa. La presenza della banchina della Protezione Civile a SO e della scogliera frangionde a NE condiziona la granulometria delle sabbie che a ridosso di queste strutture, in B1 e in D2, sono ben più fini per la deviazione del moto ondoso. Lungo transetto il B, il materiale di battigia, che è ghiaioso-sabbioso, subisce da parte del moto ondoso una discreta selezione a -0.80 m, ma non a profondità maggiori, dove si attenua la forza del moto ondoso, probabilmente per la presenza della scogliera frangionde. La distribuzione granulometrica delle sabbie lungo il transetto C sembra la più naturale di tutto Porto Ponente perché il materiale più profondo può tranquillamente derivare per rielaborazione da quello di battigia. Tuttavia, rispetto al materiale di battigia di B2 e di D1, quello sempre di battigia di C1 è più grossolano; tale anomalia è legata evidentemente ai ripetuti e localizzati ripascimenti artificiali effettuati sfruttando la reperibilità di sabbie vulcaniche sull'isola. L'analisi delle foto aeree indica arretramenti in atto della spiaggia, nonostante l'effetto freno imposto dalle strutture antropiche. I ripascimenti hanno effetto solo nelle aree più a ridosso, mentre le code e le asimmetrie negative e la leptocurticità suggeriscono, oltre al naturale trasporto verso il largo del materiale più fine, anche un trasporto preferenziale sulla spiaggia emersa del materiale più grossolano.

Nel Porto di Levante il principale elemento di disturbo alla distribuzione dei materiali di spiaggia e alla mobilità dei fondali è rappresentato dalla banchina per il servizio turistico, approntata proprio dove già esistevano altri ostacoli naturali rappresentati dalla *beach rock* e dal faraglione. A settentrione del molo infatti, si è accentuato l'arresto della deriva proveniente da nord, riconoscibile anche nelle aereofotogrammetrie, con concentrazione di sabbie fini (H4 e H2) e percepibile avanzamento della spiaggia. Anche qui la asimmetria negativa e la leptocurticità della sabbia del fondale a nord si spiega facilmente, oltre che come indice di zona di massima energia e quindi di rimozione di materiale fine, che può tranquillamente depositarsi a maggiore profondità, come effetto del materiale immesso artificialmente sulla battigia. A sud del molo, dove sono registrati da foto aerea i massimi arretramenti della linea di riva, le sabbie di battigia sono grossolane e poco rilevante è la presenza di materiale fine relegato dalla dinamica litorale, condizionata dalla presenza del molo, a profondità maggiori.

Ne deriva una notevole pendenza della spiaggia che non smorza il moto ondoso gradualmente, determinando ulteriore perdita di materiale verso i vicini altopfondali. In questa area gli apporti terrigeni (L1 e L2) che si versano direttamente in mare in occasione degli eventi piovosi, brevi ma intensi, risultano meno elaborati di quelli che si trovano sulla spiaggia (I1-I2-I3).

Conclusioni

Le *pocket beach* dell'Isola di Vulcano traggono origine dalla cattura e dall'accumulo al fondo delle insenature più protette di materiale terrigeno proveniente essenzialmente dalla distruzione delle falesie e solo marginalmente dal ruscellamento superficiale; bassissimo è il contributo bioclastico. La costruzione del molo nell'insenatura di Porto Levante ha modificato la dinamica delle due *pocket beach* di questa insenatura. L'ostacolo antropico (il molo), il cui effetto si somma a quello di ostacoli naturali - la *beach rock* e il faraglione Nicu -, impedisce la deriva litorale diretta da nord a sud determinando accumulo di materiale più fine a nord di esso; qui si riconosce l'unica area in accrescimento delle spiagge di Vulcano. La *pocket beach* posta più a sud, costituita da materiale più grossolano, è alimentata principalmente dalla distruzione delle falesie e dagli apporti torrentizi. A Porto Ponente la pur necessaria costruzione della banchina della Protezione Civile, e quella della scogliera frangiflutti a NE condizionano la distribuzione di sedimento su questa *pocket beach*.

L'impatto dell'urbanizzazione è manifesto nella tendenza generalizzata all'arretramento della linea di riva; il massimo effetto si ha a partire dalla fine degli anni '70 con il completamento delle strutture portuali ed arretramenti di circa 6-9 m sono registrati nell'ultimo decennio. L'individuazione di forme tipo *beach rock* sotto il livello del mare e mai sopra di esso è, inoltre, indicatore di lenta subsidenza, già supposta da Ventura (1994); tale fenomeno, pur non attualmente quantificabile, rappresenta una concausa della diminuzione dei volumi di spiaggia emersa e uno dei maggiori fattori per la definizione di rischio sulla fascia costiera dell'Isola di Vulcano. In questo caso l'indisponibilità di rilievi precedenti non permette purtroppo di quantificare il fenomeno di riduzione della fascia sabbiosa emersa, lamentato dagli stessi operatori turistici che sopperiscono con localizzati interventi di ripascimento artificiale di cui, peraltro, non sono in grado di fornire dati quantitativi.

Particolare minaccia all'equilibrio della sottile fascia di spiaggia emersa è quindi rappresentata dalla costruzione di opere turistiche sin quasi sulla battigia lungo i due lati dell'istmo fra Vulcano e Vulcanello; essa ha privato le spiagge di entrambe le insenature degli spazi necessari alla loro dinamica, limitando la mobilità e la quantità di materiale necessario al ripascimento naturale. La ormai limitata estensione della spiaggia emersa e le caratteristiche orografiche dell'istmo concorrono ad esporre le aree interne ad elevata pericolosità di erosione e di inondazione; le stesse strutture che hanno modificato la dinamica della spiaggia sono esposte alla possibile azione distruttiva del moto ondoso in concomitanza degli eventi meteomarini più intensi. Diviene quindi importante considerare questi fattori nelle definizioni di vulnerabilità, pericolosità e di rischio geomorfologico concernente la fascia costiera dell'isola e quindi nella più generale accezione di Rischio Ambientale.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano sentitamente il Prof. A. De Marco e la Prof.ssa A. Iannone per le proficue discussioni sull'interpretazione dei dati granulometrici e delle tessiture della *beach rock*, il Dott. Caltabiano per aver fornito i dati anemometrici a sua disposizione, il Prof. U. Simeoni per i consigli critici, il Prof. A. Tursi e il Prof. A. Matarrese coordinatori della crociera EOCUM EOLIE'95, nonché il Comandante e l'Equipaggio della nave Raffaele Paolucci della Marina Militare per il supporto tecnico e logistico.

Lavoro eseguito nell'ambito della Collaborazione Conisma - Marina Militare, EOCUM EOLIE'95, del progetto M.U.R.S.T. 40% "Modificazioni naturali ed indotte della fascia costiera" (Resp. Naz. Prof. G. Fierro; Resp. U.O. Prof. G. Palmentola) e del progetto M.U.R.S.T. 60% "Studio e cartografia delle variazioni naturali ed indotte dell'ambiente costiero sommerso" (Resp. Dott. G. Mastronuzzi).

Bibliografia

- Barberi F., Innocenti F., Ferrara G., Keller J. e Villari L. (1974) - *Evolution of Eolian arc volcanism (Southern Tyrrhenian Sea)*. Earth Plan. Sci. Letters, 2: 269-276.
- Beccaluva L., Gabbianelli G., Lucchini F., Rossi P.L. e Savelli C. (1985) - *Petrology and K/Ar ages of volcanics dredged from the Eolian seamounts: implications for geodynamic evolution of the Southern Tyrrhenian basin*. Earth Planet. Sci. Lett., 74: 187-208.
- Bullard F.M. (1976) - *I vulcani della terra*. Newton Compton Ed., Roma, pp. 636.
- Cicala A. (1987) - *Fisionomia climatica dell'Isola di Vulcano*. In: *Le Isole Lipari: Vulcano*. Eodinix Ed, Messina, pp. 178.
- Cortese M., Frazzetta G. e La Volpe L. (1986) - *Volcanic history of Lipari (Aeolian Island, Italy) during the last 10,000 years*. Jour. Volcanol. Geotherm. Res., 27: 117-133.
- Dalongeville R. e Sanlaville P. (1982) - *Le beach-rock en Méditerranée*. In: *Archéologie du Levant*. Recueil R. Saidah, Coll. Maison de l'Orient Méditerranéen, 12, Série Archéologique, 9: 9-20.
- De Muro S. e Orrù P. (1998) - *Il contributo delle beach-rock nello studio della risalita del Mare Olocenico. Le beach-rock post-glaciali della Sardegna nord-orientale*. Il Quaternario, 11 (1): 19-39.
- Ellam R.M., Hawkesworth C.J., Menzies M.A. e Rogers N.W. (1989) - *The Volcanism of Southern Italy: Role of subduction and the relationship between Potassic and Sodid Alkaline Magmatism*. Jour. Geoph. Res., 94:4589-4601.
- Folk R.L. e Ward W.C. (1957) - *Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters*. Jour. Sed. Petr., 27: 3-26.
- Frazzetta G., Lanzafame G. e Villari L. (1982) - *Deformazioni e tettonica attiva a Lipari e Vulcano*. Mem. Soc. Geol. Ital., 24:293-297.
- Frazzetta G. e La Volpe L. (1991) - *Volcanic history and maximum expected eruption at "Fossa di Vulcano" (Aeolian Island, Italy)*. Acta Volcanol., 1: 107-113.
- Gabbianelli G., Romagnoli C., Rossi P.L., Calanchi N. e Lucchini F. (1991) - *Submarine morphology and tectonics of Vulcano (Aeolian Islands, Southeastern Tyrrhenian Sea)*. Acta Vulcanologica, 1: 135-141.
- Istituto Idrografico della Marina (1979) - *Il vento e lo stato del mare lungo le coste italiane e dell'Adriatico*. Vol.3, Ist. Idrogr. 3114, Genova.
- Mercalli G., Silvestri O., Grablovitz G. e Clerici V. (1891) - *L'eruzione dell'Isola di Vulcano*. Annali dell'Ufficio Centrale di Meteor., 4-10.
- Purser B.H. (1980) - *Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents*. Publications de l'Institut Français du Pétrole, tome 1, Technip.
- Romagnoli C., Calanchi N., Gabbianelli G., Lanzafame G. e Rossi P.L. (1989) - *Contributi della geologia marina alla caratterizzazione morfostrutturale ed evolutiva dei complessi vulcanici di Salina, Lipari e Vulcano (Isole Eolie)*. Boll. GNV, 2, 971-978.
- Rossi P.L., (1990) - *Ricerche di Geologia marina nelle aree vulcaniche del Tirreno meridionale e Canale di Sicilia*. Mem. Soc. Geol. It., 45, 927-938.
- Tramontana G., Gabbianelli G., Lanzafame P., Colantoni P.V., Curzi, Fanucci P.L. e Rossi A. Morelli (1996) - *Assetto morfo-strutturale dei fondali del settore centrale dell'Arcipelago Eoliano (Isole di Vulcano, Lipari e Salina)*. Caratterizzazione ambientale marina del sistema Eolie e dei bacini limitrofi di Cefalù e di Gioia (EOCUMM95), Data Rep., 455-462.
- Ventura G. (1994) - *Tectonics, structural evolution and caldera formation on Vulcano Island (Aeolian Archipelago, southern Tyrrhenian Sea)*. Jour. Volcanology and Geothermal Res., 60: 207-224.

Manoscritto ricevuto il 15/1/2000, accettato il 9/6/2000.

Indagine sperimentale per la ristrutturazione delle difese di Marina di Pisa

Pier Luigi Aminti¹ ed Enzo Pranzini²

¹Dipartimento di Ingegneria Civile - Università degli Studi di Firenze - Via S. Marta, 3 - 50139 Firenze

²Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Firenze - Via J. Nardi, 2 - 50132 Firenze

Riassunto

Nel presente lavoro vengono presentati i risultati di un modello fisico bidimensionale realizzato per valutare l'efficacia di un intervento di ristrutturazione delle difese di Marina di Pisa, ormai non più idonee alla protezione della strada litoranea. E' stata presa in considerazione sia la riprofilatura delle scogliere parallele, innalzandone la quota di sommità dagli attuali 2.0 m circa agli originari 3.8 m, sia l'abbassamento delle stesse al livello del mare e l'assorbimento dell'energia incidente a riva da parte di una spiaggia in ghiaia.

I risultati dello studio dimostrano che quest'ultima soluzione è altrettanto efficace della prima in termini di limitazione della tracimazione sulla strada litoranea, mentre è certamente più vantaggiosa per una utilizzazione turistica del litorale. Le prove hanno inoltre dimostrato una grande stabilità della spiaggia in ghiaia, anche nell'ipotesi di un abbassamento del profilo della spiaggia sommersa sabbiosa nella zona protetta.

Abstract

The present paper shows the results obtained through a physical bi-dimensional model performed to evaluate the efficiency of a restructuration work planned on the structures protecting Marina di Pisa, which are no more able to defend the coastal road. Reshaping of the breakwater has been considered, raising its level from the present 2.4 m to the original 3.8 m. However, its lowering to the sea level has been also tested, together with the absorption of the incident energy with a gravel beach. As far as overtopping is concerned, the latter solution proved to be as efficient as the former one. In addition, it is more profitable since it produces a 30 meters wide beach, which can be used for tourism. Our tests proved great stability of gravel beaches, also in the case of a beach profile lowering.

Introduzione

Dopo una fase di rapido accrescimento, durata approssimativamente dal XIII sec. alla metà del XIX sec., il delta dell'Arno è stato interessato da una forte erosione, iniziata sull'apice deltizio e propagatasi successivamente alle spiagge laterali (Pranzini, 1989). Sul lobo settentrionale, in assenza di centri abitati, la linea di riva è stata lasciata libera di arretrare, tanto che negli ultimi 150 anni si è avuta una erosione di circa 1300 metri. Sul lobo meridionale, al contrario, è stato necessario difendere l'abitato di Marina di Pisa e la viabilità litoranea, cosa che ha comportato la costruzione, nel tempo, di opere diverse, fino al raggiungimento della configurazione attuale basata su di una scogliera radente continua e su 10 scogliere parallele, poste alla distanza di 80 - 100 m da riva, interrotte da varchi di circa 20 m in corrispondenza dei quali sono state costruite barriere sommerse (Fig.1). Vi sono inoltre alcune scogliere ortogonali che collegano la radente alla parallela, tanto che il l'insieme delle protezioni dei 2.5 km di costa sui quali insiste l'abitato è superiore a 2 Km di scogliere per chilometro di litorale.



Figura 1a - Configurazione delle opere di difesa di Marina di Pisa (scogliere emerse in nero e sommerse in bianco).



Figura 1b - Vista delle opere di difesa nel tratto centrale dell'abitato di Marina di Pisa.

L'insieme di queste opere ha certamente evitato ogni ulteriore arretramento della linea di riva, ma non ha permesso la conservazione della spiaggia che costituiva la risorsa fondamentale di Marina di Pisa.

Le scogliere, inoltre, non hanno impedito, ma anzi hanno favorito l'approfondimento dei fondali antistanti, tanto che ai loro piedi, sul lato esterno, si hanno profondità che superano anche i 7 metri (Fig. 2). Ciò ha causato un incremento delle azioni del moto ondoso sulle scogliere stesse e la necessità di costosi interventi di manutenzione, consistenti nella loro riprofilatura con massi sempre più grandi.

Le metodologie di difesa oggi disponibili sono assai più evolute rispetto a quelle adottate fin dalla fine del secolo scorso e consentono la protezione del litorale con una utilizzazione più contenuta di difese rigide e mantenendo una buona fruibilità delle spiagge. Anche il ritorno a condizioni più

naturali, con il progressivo smantellamento delle strutture rigide esistenti e la costituzione di una nuova interfaccia terra-mare, basata sul ripascimento artificiale, sembra oggi un obiettivo raggiungibile.

Il ripascimento artificiale con materiali più grossolani (ghiaia) permetterebbe di risolvere alcuni dei problemi che limitano l'impiego dei ripascimenti artificiali, in quanto la maggiore stabilità di questi sedimenti riduce la frequenza e quindi il costo di manutenzione. Inoltre la buona disponibilità di questo materiale, dovuta anche alla possibilità di ottenerlo per frantumazione di elementi di maggior dimensione, risolve in molti casi il problema dell'approvvigionamento con il risultato di una sensibile riduzione dei costi.

La risposta di una spiaggia in ghiaia alla sollecitazione di un determinato stato di mare è stata intensamente studiata con un programma di prove in canale nel laboratorio di Delft Hydraulics (da van Hijum, 1982; van Hijum e Pilarczyk, 1982; Pilarczyk e de Boer, 1983; van der Meer, 1988). In modo sostanzialmente analogo è stata condotta un'analisi sperimentale anche nel laboratorio di Wallingford (Powell, 1990). Entrambe le sperimentazioni hanno portato alla formulazione di modelli parametrici dei profili di equilibrio delle spiagge. Esistono anche modelli numerici che permettono lo studio del profilo trasversale in condizioni bidimensionali (CIRIA CUR, 1983).

Va notato che sono stati studiati profili costituiti da sola ghiaia, estesi fino a raggiungere una profondità tale da non subire modifiche al piede ed emergenti fino oltre il limite di run-up, sottoposti ad attacchi di onde di altezza non limitata dal frangimento al largo. Non è ben chiaro il comportamento di una spiaggia in ghiaia posta su un fondale relativamente basso e non si conoscono le interazioni fra la spiaggia artificiale in ghiaia ed il fondo in sabbia.

Un'indagine sperimentale su spiagge in ghiaia protette da barriere parallele segmentate, in presenza di forti escursioni di marea e di un forte trasporto lungo riva, è stata eseguita da Coates e Dodd (1994). L'analisi eseguita fornisce comunque solo informazioni utili per il progetto di barriere posizionate allo scopo di ridurre il trasporto lungo riva.

In Italia sono state eseguite alcune indagini sperimentali, talvolta di supporto alla progettazione di interventi specifici, dove è stata studiata l'evoluzione di profili di spiaggia in sabbia protetta con materiali più grossolani riportati artificialmente (Aminti, 1988; De Santis e Ruol, 1988). Sebbene le indagini sperimentali abbiano evidenziato i vantaggi, in termini di stabilità, dei ripascimenti in ghiaia, le realizzazioni sono state assai limitate e, anche se hanno raggiunto risultati positivi (Berriolo, 1999; Pacini et al., 1999), sono state comunque effettuate in contesti assai diversi da quelli qui analizzati.

Nel presente lavoro viene illustrata un'indagine sperimentale, eseguita su modello fisico bidimensionale, in cui si evidenzia l'efficacia di una spiaggia artificiale in ghiaia per la protezione di un tratto del litorale di Marina di Pisa, attualmente protetto da scogliere parallele e radenti, collegate da alcuni pennelli.

Indagine sperimentale

Geometria del modello

Le scogliere di protezione, nel tratto studiato, sono state costruite alla distanza di circa 90 m dalla strada litoranea di Marina di Pisa, hanno una lunghezza di 200 - 270 m e varchi di circa 10 m, la cui profondità non supera i 3 m per la presenza di una soglia sommersa. Il tratto di costa è stato rilevato nel 1997 con sezioni ortogonali alla riva distanziate di 50 m fino a raggiungere la profondità di 10 m.

La spiaggia sommersa, fra la scogliera radente e quella parallela, ha una profondità di circa 2 metri, mentre all'esterno si superano immediatamente i 7 metri di fondale (Fig. 2). Verso il largo il profilo della spiaggia è molto regolare e presenta solo una debole convessità la cui sommità è a circa 120 m dalla scogliera parallela, che indica l'allontanamento da riva del flusso sedimentario, dovuto proprio alla presenza delle difese rigide. Oltre questo punto il fondale degrada dolcemente, con una pendenza media dello 0.4% fino alla profondità scandagliata.

Non si dispone di rilievi dettagliati del periodo di costruzione delle scogliere, ma è certo che esse furono poste su di un fondale di circa 4 m. D'altra parte, dove ora corre l'isobata dei 10 m, nei rilievi I.I.M. del 1881 vi era l'isobata dei 5 m.

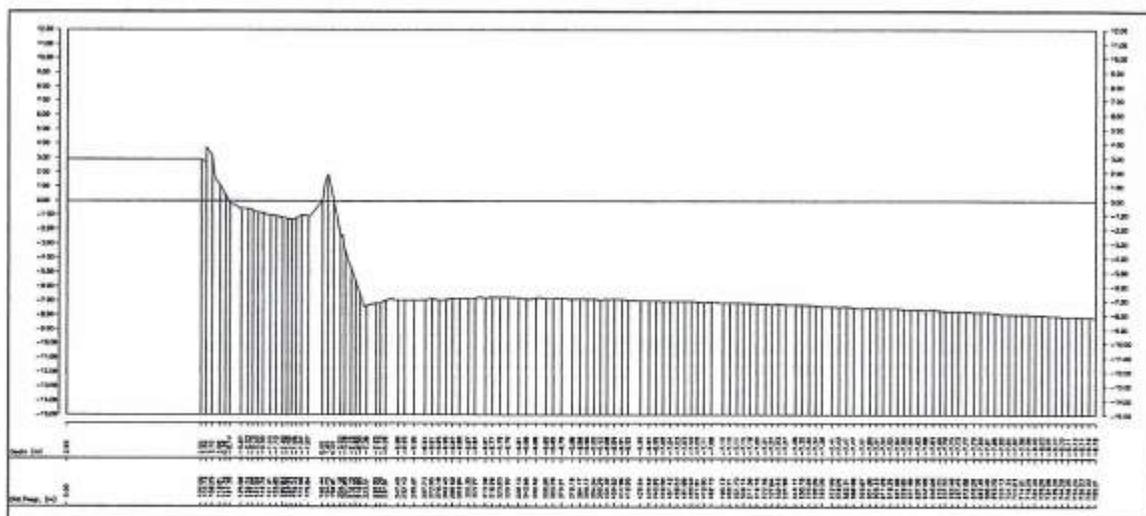


Figura 2 - Profilo di spiaggia antistante Marina di Pisa e riprodotto in modello (esagerazione verticale 1:10).

Parametri influenti e scale del modello

In letteratura esistono numerosissimi studi in cui viene evidenziata l'importanza di utilizzare un elevato numero di parametri nella riproduzione su modello di profili di spiaggia, ma i criteri più utilizzati fanno riferimento alla conservazione del numero di Froude e del parametro di Dean (Dean, 1973; Gourlay, 1980; Vellinga, 1986) :

$$N_0 = \frac{H_0}{V \cdot T} \quad [1]$$

dove H_0 è l'altezza d'onda in acque profonde, T è il relativo periodo e V è la velocità di caduta dei sedimenti in acqua ferma. Questo parametro permette di incorporare in una stessa relazione le dimensioni del materiale e la sua densità. Indicando con λ_x la scala di riduzione della grandezza x si ha che la conservazione di N_0 implica $\lambda_T = \lambda_d / \lambda_v$ mentre la conservazione del numero di Froude implica:

$$\lambda_T = \lambda_l / (\lambda_d)^{1/2} \quad [2]$$

dove con λ_l sono indicate le lunghezze orizzontali e con λ_d le verticali. Dalle due relazioni si ricava:

$$\lambda_l = (\lambda_d)^{3/2} / \lambda_v \quad [3]$$

Sulla base di questa ultima relazione sono possibili sia modelli distorti sia modelli con sedimenti di minore densità.

Per le spiagge in ghiaia è stato evidenziato, da ricerche svolte prevalentemente sulle spiagge inglesi (Powell, 1990; Coates e Dodd, 1994; Coates, 1994) che la buona riproduzione in modello della permeabilità dell'ammasso è una condizione necessaria per la fedele riproduzione della pendenza del profilo, ma questa condizione non è compatibile con la [3] se si usano sedimenti della stessa densità.

La spiaggia in ghiaia è stata riprodotta in due diversi modelli: nel primo caso è stata utilizzata sabbia grossa rispettando solo il vincolo imposto dalla riproduzione in scala della velocità di caduta, [1] mentre nel secondo è stato utilizzato PVC, riproducendo correttamente anche la porosità dell'ammasso, seguendo la procedura illustrata in dettaglio da Aminti (1998).

I risultati dei due modelli possono essere interpretati come due situazioni limite: il primo rappresenta il comportamento della spiaggia artificiale con un ridotto volume di vuoti e fornisce una stima per eccesso del livello di risalita delle onde e della tracimazione, mentre il secondo rappresenta la condizione di una spiaggia in ghiaia molto ben classata con un indice dei vuoti compreso fra 0,35 e 0,40 e quindi una condizione più favorevole per quanto riguarda il contenimento della risalita e della tracimazione.

Per la scelta del materiale di ripascimento o di costituzione di una spiaggia artificiale devono essere tenute in considerazione anche le caratteristiche di fruibilità dell'arenile. Per spiagge utilizzate a scopo turistico è sconsigliabile la presenza di elementi di dimensioni superiori a 30 mm, se non a costo di una forte penalizzazione da parte dell'utenza. Fissato quindi come diametro medio del materiale di ripascimento un valore di 16 mm, si è determinata la velocità di caduta con misure sperimentali. I valori misurati sono risultati nell'intervallo 0,5-0,6 m/s. Sono stati presi in esame sia materiali di forma molto spigolosa (provenienti da frantumazione) sia di forma arrotondata.

Date le caratteristiche dell'attrezzatura sperimentale, è stato realizzato il modello alla scala 1/25; i materiali di prototipo simulati ed il materiale utilizzato nel modello hanno le velocità di caduta determinate sperimentalmente, riportate nella Tabella 1.

Tabella 1 - Caratteristiche fisiche dei materiali di prototipo simulati e di quelli utilizzati nel modello.

Materiale	Densità (g/cm ³)	Diametro in modello (mm)	Velocità di caduta modello (m/s)	Velocità di caduta scalata (m/s)	Peso medio modello 1 grano (g)	Diametro in prototipo (mm)
Sabbia	2.65	1.20	0.12	0.60		16
PVC	1.344	3.80	0.11	0.55	0.031	16

La velocità di caduta della sabbia del modello si colloca in un regime intermedio fra il regime di Stokes e quello di Newton, mentre quella del materiale della spiaggia artificiale è certamente nel campo newtoniano. Il diverso contributo delle forze viscosi in modello e in prototipo lascia prevedere non trascurabili effetti di scala, che si tradurranno in una maggiore mobilità dei sedimenti ed in una minore pendenza dei profili. Quest'ultimo fattore, unito alla minore permeabilità riprodotta nel modello, è la principale causa della sovrastima dei livelli di risalita e quindi di tracimazione.

Attrezzatura sperimentale e prove eseguite

Le prove sono state effettuate nel canale bidimensionale del laboratorio di Idraulica del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Firenze, avente una lunghezza di 50 m, una larghezza di 0,8 m ed una profondità di 0,8 m (Fig. 3).

La simulazione del moto ondoso è stata effettuata mediante un generatore ad attuazione oleodinamica, comandato da un sistema integrato di generazione/acquisizione. Il sistema, che utilizza un personale computer dotato di schede elettroniche A/D e D/A a 12 bit, oltre a permettere la generazione di una qualsiasi forma d'onda, incluse quelle random a spettro assegnato, permette la visualizzazione in tempo reale sia del segnale generato sia dei profili d'onda acquisiti da ciascuno dei punti di misura. Le prove sono state effettuate simulando attacchi ondosi di tipo irregolare, caratterizzati da spettri di tipo JONSWAP, ricercando, per ciascun attacco, lo spettro che riproducesse le caratteristiche d'onda incidente $H_{1/3}$ e $T_{1/3}$ riportate in Tabella 2.

La durata di ciascuna prova in modello è stata fissata in 45', rappresentativi di circa 4 ore reali secondo la similitudine di Froude; oltre alle misure di altezza d'onda è stato misurato il volume tracciato oltre la scogliera di protezione della strada con il raccoglitore raffigurato in Figura 3.

Il moto ondoso generato è stato misurato mediante cinque sonde, disposte a distanza variabile dalla pala meccanica del generatore d'onda e quindi a profondità d'acqua variabile, come indicato nella Figura 3.

Le registrazioni delle sonde 1 e 2 sono state analizzate col metodo zero crossing; le prime per il controllo della correttezza della generazione, mentre quelle della sonda 2 sono state utilizzate per definire le caratteristiche del moto ondoso incidente sulle opere.

I livelli rilevati dalle sonde, acquisiti con una frequenza di campionamento di 20 Hz, sono stati elaborati, oltre che nel dominio del tempo (analisi zero-up-crossing), anche in quello delle frequenze (analisi spettrale).

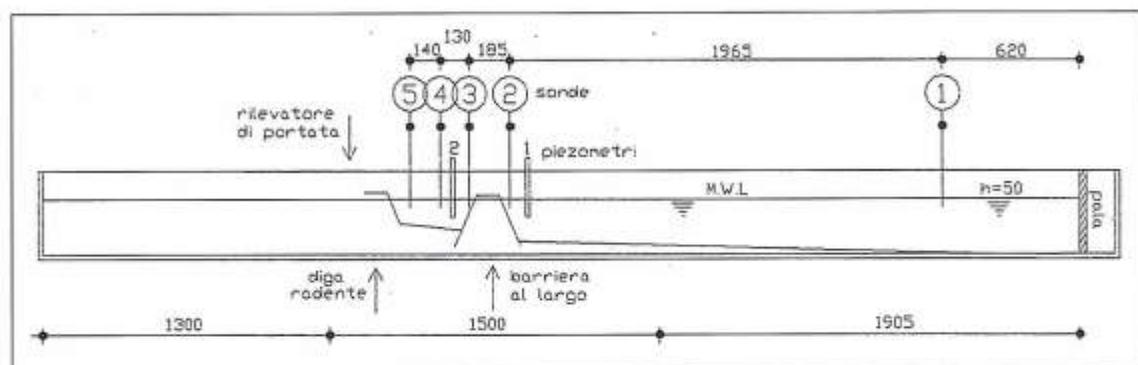


Figura 3 - Schema dell'attrezzatura sperimentale.

Tabella 2 - Caratteristiche d'onda. I pedici 1 e 2 indicano che i valori si riferiscono a misure effettuate, tramite le sonde, poste rispettivamente in corrispondenza della pala generatrice ed in prossimità della scogliera parallela (vedi Fig. 3).

H_{0s} [m]	$(H_{1/3})_1$ [m]	$(H_{1/3})_2$ [m]	$(T_{1/3})_2$ [s]	$(H_{1/10})_2$ [m]
2.60	2.34	1.89	6.3	2.30
3.50	3.36	3.00	7.7	3.50
4.00	3.81	3.32	8.4	3.79
4.50	4.25	3.45	8.9	3.91
5.30	4.98	3.69	9.95	4.13

In Tabella 2 sono riportati i valori di altezza d'onda al largo H_{0s} , i valori alla profondità di 12.5 m corrispondenti alla profondità di generazione nel canale $(H_{1/3})_1$ e quelli in prossimità della scogliera alla profondità di 7 m $(H_{1/3})_2$. I valori osservati di $(H_{1/3})_2$ e di $(H_{1/10})_2$ indicano che le onde più alte frangono prima di raggiungere la scogliera.

Le registrazioni delle sonde 3, 4 e 5 sono state analizzate col metodo zero crossing per determinare il livello di agitazione nella zona protetta. Su queste registrazioni è stata eseguita anche una media di tutti i valori misurati, escludendo i primi 10 minuti di transitorio iniziale, per la determinazione del livello medio e quindi per la determinazione del sovrizzo a tergo della scogliera durante la mareggiata.

Configurazioni di prova

Per quanto riguarda le diverse configurazioni delle opere di protezione studiate, è stata presa in esame inizialmente la situazione attuale, i cui risultati sono stati assunti quale riferimento per un giudizio sull'efficienza delle diverse alternative proposte.

Le soluzioni proposte hanno preso in esame possibili modifiche sia sulla scogliera al largo sia sulla difesa radente (Fig. 4). Le prove sono state eseguite su sistemi di difesa ottenuti apportando modifiche sia alle opere radenti (R*) sia alle scogliere al largo (L*). Nel caso del suo abbassamento, si è prevista l'utilizzazione degli scogli in esubero per il consolidamento della sua base esterna.

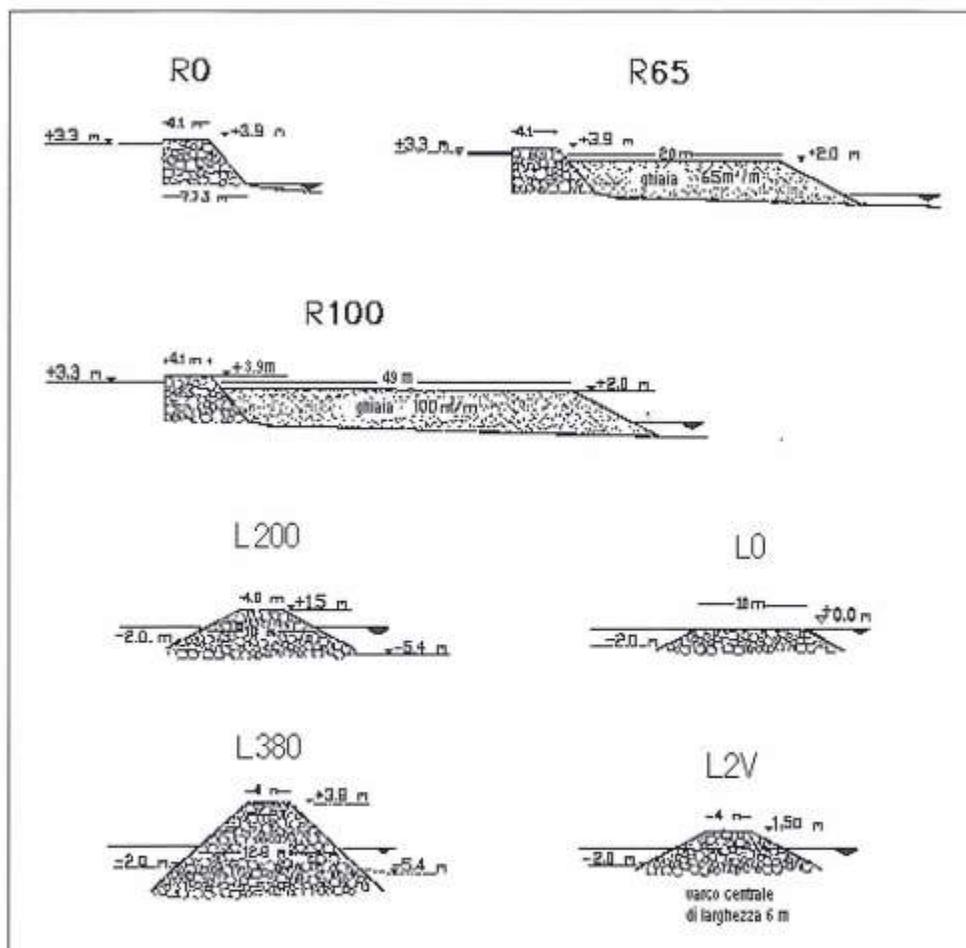


Figura 4 - Configurazioni delle opere di difesa riprodotte in modello.

A seguito di un'analisi preliminare sono state scelte le configurazioni di opere radenti e distaccate sulle quali proseguire le indagini.

Le prime due configurazioni geometriche rappresentano la situazione attuale (R0L200) e la prima proposta progettuale che prevede la sola riprofilatura della scogliera al largo alla quota di + 3.8 m s.l.m. (R0L380). Successivamente è stata costruita una spiaggia artificiale in ghiaia di 65 m³/m (R65) ed è stata modificata la scogliera al largo sia abbassandone la sommità alla quota del livello medio del mare (L0), sia aprendo dei varchi nella scogliera attuale fino alla profondità di - 0,50 m, con una lunghezza pari a quella dei tratti emersi (L2V). Sulla base dei risultati acquisiti è stato aumentato il volume della spiaggia artificiale a 100 m³/m con la quota di sommità della scogliera portata al livello del medio mare (R100L0).

Per l'esame comparativo dell'efficacia delle diverse soluzioni esaminate il principale parametro di controllo è rappresentato dalla portata media di tracimazione oltre la scogliera radente.

Nel modello bidimensionale non possono essere riprodotti i fenomeni relativi alle perdite di sedimenti attraverso i varchi ad opera delle correnti di ritorno verso il largo originate dalla differenza fra il livello che viene a formarsi nella zona protetta ed il livello al largo. Una valutazione indiretta dell'importanza di questi fenomeni è stata fatta determinando il sovrizzo del livello medio ed il valore dell'altezza d'onda presente nella zona protetta.

Analisi dei risultati

Portata di tracimazione

I valori della portata di tracimazione misurati nel corso dell'intera sperimentazione sono stati riportati nella Tabella 3.

Tabella 3 - Portata di tracimazione misurata.

Configurazione	Altezza d'onda H_{0s} [m]	Portata di overtopping Q [l/s.m]
R0 L200	4.00	0.10
R0 L200	4.50	0.43
R0 L200	5.30	2.07
R0 L380	5.30	0.00
R65 L0	4.50	0.04
R65 L0	5.30	0.14
R65 L2V	5.30	0.09
R100 L0	5.30	0.00

Si può osservare che nella situazione attuale (R0 L200) si ha tracimazione a partire da attacchi ondosi di 4.0 m, mentre per onde di 5.3 m si raggiungono valori molto elevati (2.07 l/s.m) in grado di danneggiare le pavimentazioni stradali.

Con la riprofilatura della scogliera fino alla quota di + 3.8 m s.l.m. la portata di tracimazione è sempre nulla. Questo risultato era del resto prevedibile in quanto nei tratti vicini alla foce dell'Arno, dove sono stati eseguiti alcuni anni indietro lavori di manutenzione con analoghi innalzamenti della parallela, non sono stati osservati allagamenti della sede stradale dopo l'intervento. Dalle prove eseguite risulta che la quota prevista per la sommità delle scogliere è strettamente necessaria, in quanto con gli attacchi ondosi più intensi sono state osservate limitate tracimazioni sebbene con portate non significative.

Con la costruzione di una spiaggia artificiale in ghiaia, con un volume di 65 m³/m, si ha tracimazione solo in presenza di mareggiate con H_{0s} uguale o maggiore a 4.5 m nel caso di abbassamento della scogliera al largo alla quota del medio mare (Configurazione R65L0), mentre si ha tracimazione solo con stati di mare con H_{0s} pari 5.3 m, se sulla scogliera attuale vengono aperti dei varchi di 10 m con quota di soglia alla profondità di - 0.5 m, intervallati da tratti di ugual lunghezza di scogliera alla quota attuale (Configurazione R65L2V).

Nel caso di spiaggia artificiale realizzata con 100 m³/m e scogliera con la quota di sommità al livello del mare. (Configurazione R100 L0) non è stata misurata in nessun caso tracimazione.

Altezza d'onda incidente sulla spiaggia artificiale

Il livello di agitazione, in termini di altezza d'onda significativa osservata in prossimità delle scogliere radenti o del piede delle spiagge artificiali, varia in funzione del coefficiente di trasmissione delle barriere e del coefficiente di riflessione delle opere presenti a riva.

Quando a riva è presente una spiaggia artificiale con un basso coefficiente di riflessione, l'incremento di agitazione indotto dalla riduzione di altezza delle scogliere al largo risulta solo parzialmente compensato dalla ridotta influenza delle onde riflesse dalle difese a riva. Trascurando quindi il caso della scogliera al largo con quota a + 3.8 m, per la quale la tracimazione è praticamente nulla, negli altri casi si hanno valori di altezza d'onda nella zona protetta abbastanza simili (Fig.5).

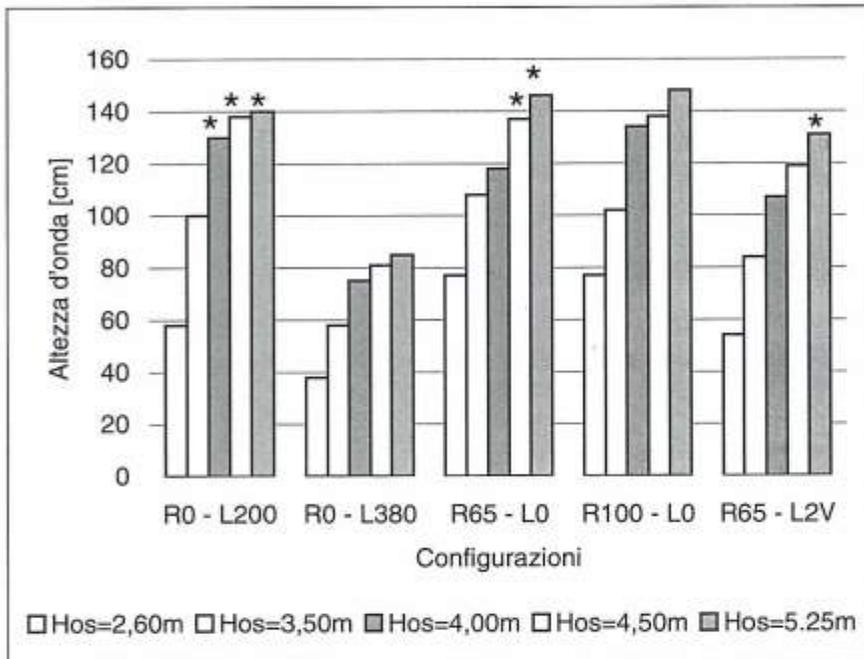


Figura 5 - Valori di altezza d'onda osservate al piede del ripascimento per diversi attacchi ondosi sulle varie configurazioni analizzate. Gli asterischi indicano i casi in cui si è verificata tracimazione sulla strada litorea.

Sovralzo

I sovralti misurati (Fig. 6) risultano chiaramente influenzati da due fattori: la tracimazione delle onde incidenti sulle opere al largo e la possibilità di riequilibrio dei livelli ad opera delle correnti di ritorno verso il largo.

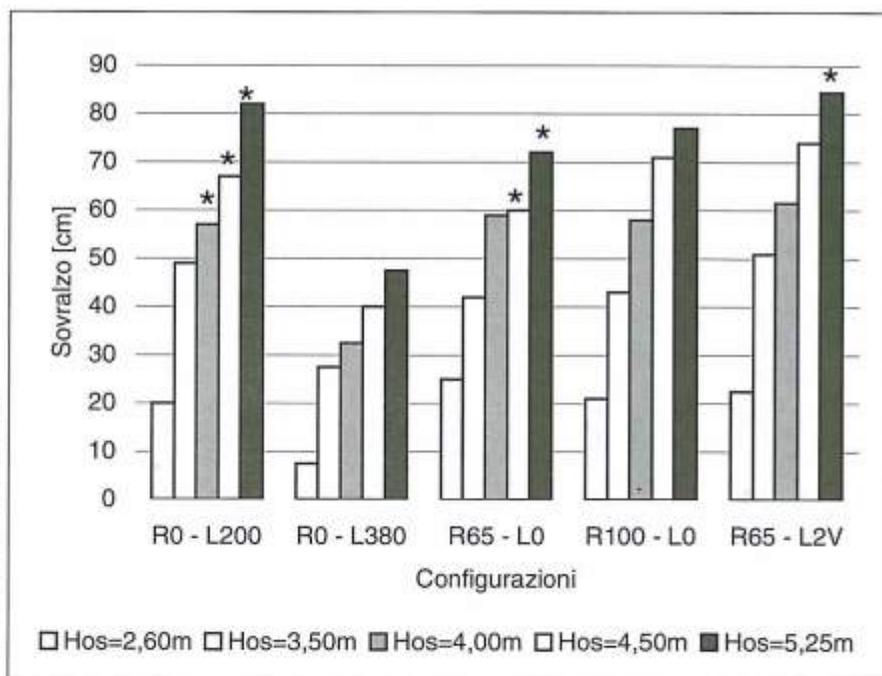
Il sovralto immediatamente dietro le scogliere ha un valore compreso fra 80 e 85 cm, quando la loro altezza è compresa fra 1.5 e 2.5 m, ed assume un valore minimo di 48 cm nel caso di scogliera alta 3.5 m, dati i valori molto limitati di tracimazione. In questo caso il riequilibrio dei livelli avviene ad opera della portata di filtrazione attraverso i massi.

Quando sono presenti scogliere basse, e quindi facilmente tracimabili, risulta facilitato anche un riequilibrio dei livelli, e quindi il sovralto assume un valore intermedio di poco superiore ai 70 cm.

Esaminando il comportamento del sovralto dietro la scogliera rimodellata con l'apertura dei varchi, (L2V) risulta prevalente l'effetto dovuto alla portata entrante nella zona protetta, ed in questo caso si è registrato il sovralto maggiore.

Questa analisi è comunque da intendersi solo indicativa della situazione di prototipo, dove risultano certamente importanti gli effetti tridimensionali ed in particolare la circolazione lungo riva, ma è evidente che a sovralti più elevati corrisponderanno correnti di ritorno più intense attraverso i varchi e quindi anche una maggiore tendenza alle escavazioni ed al trasporto di sedimenti verso il largo.

Figura 6 - Valori del sovrizzo d'onda osservati al piede del ripascimento per diversi attacchi ondosi sulle varie configurazioni analizzate. Gli asterischi indicano i casi in cui si è verificata tracimazione sulla strada litoranea.



Indagini aggiuntive sulla configurazione prescelta

Al termine della prima parte della sperimentazione è stato ritenuto che la costruzione di una spiaggia artificiale in ghiaia ottenuta con un riporto di $100 \text{ m}^3/\text{m}$, associata ad un abbassamento della scogliera al largo (Fig. 7) potesse assicurare un'adeguata protezione alla strada litoranea e nello stesso tempo creare i presupposti per una riqualificazione ed una migliore fruibilità del litorale.

Su questa configurazione sono state eseguite alcune indagini di approfondimento tese ad evidenziare le possibili variazioni dovute sia ad una diversa scelta sul materiale per la realizzazione del modello, che a differenti scelte sulle condizioni di prova.

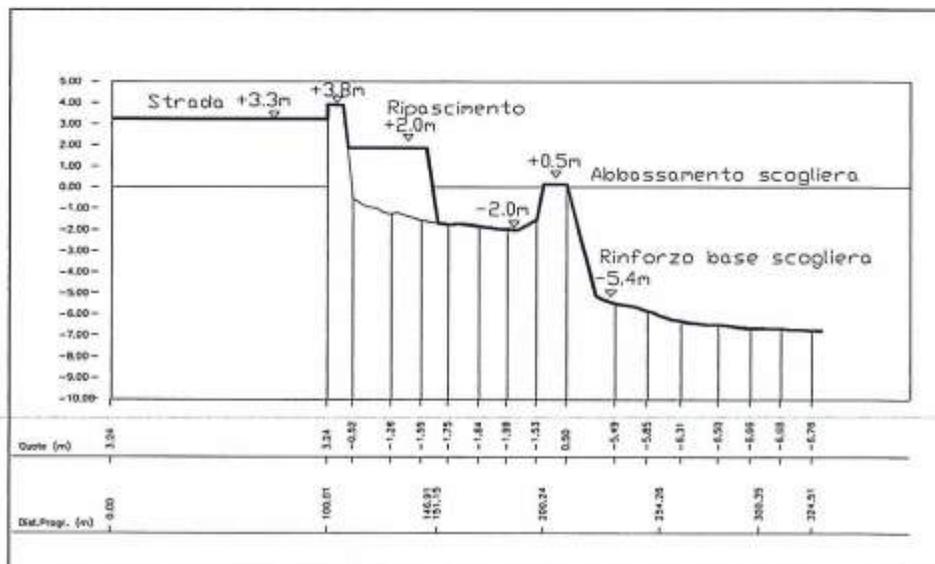


Figura 7 - Modifica proposta.

Modello in materiale leggero

Il modello in materiale leggero è stato eseguito per raccogliere ulteriori indicazioni sulla morfologia del profilo della spiaggia artificiale, nella condizione ottimale di ammasso molto permeabile (non intasato dalla sabbia del fondo).

La morfologia del profilo in PVC, rilevato al termine del ciclo di prove, è risultata sensibilmente diversa da quella ottenuta nelle prove con sabbia grossa: in generale la pendenza risulta notevolmente maggiore e si osserva la formazione di una cresta sulla spiaggia emersa di altezza tale da proteggere la spiaggia retrostante.

Il profilo della spiaggia di ghiaia, ottenuto al termine della prova, è stato confrontato con quello previsto sulla base delle relazioni di van der Meer (1988) (Fig. 8).

Il profilo è stato ottenuto utilizzando il valore dell'altezza d'onda e periodo misurati (sonda 5) alla base del ripascimento, per il diametro caratteristico del materiale quello del materiale di prototipo simulato dal PVC con un soddisfacente accordo.

Nonostante il PVC risulti più mobile della sabbia nella parte immersa del profilo, non è stata osservata neppure in questo caso una significativa dispersione verso il largo.

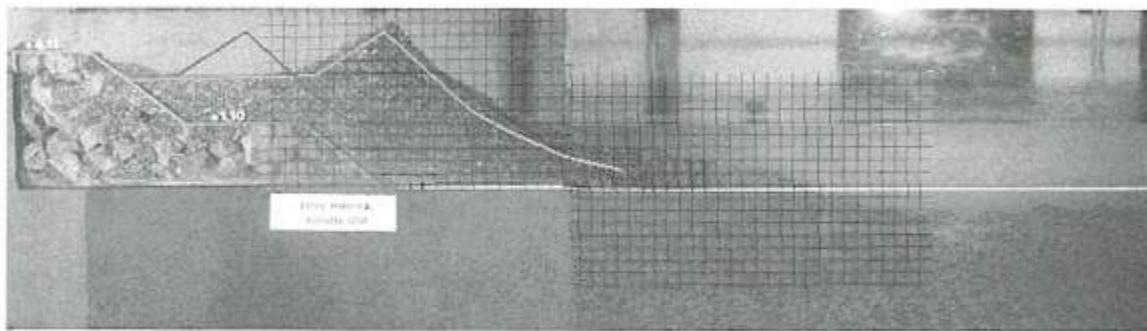


Figura 8 - Confronto fra i risultati ottenuti al termine della prova e quello previsto sulla base del modello di van der Meer.

Influenza della durata degli attacchi ondosi

Per studiare il comportamento della configurazione prescelta, sotto l'azione di una mareggiata di lunga durata, questa è stata sottoposta ad una serie ripetuta di attacchi ondosi con le onde più alte per una durata complessiva di 16 ore (circa 80 ore reali secondo la similitudine di Froude).

Le prove sono state suddivise in quattro serie, ognuna delle quali costituita da:

- 2 ore di onde $H_{ns} = 5.30$ m;
- 2 ore di onde $H_{ns} = 4.00$ m.

Al termine di ogni serie di prove è stato rilevato il profilo della spiaggia artificiale (Fig. 9). Si può osservare che dopo i primi due cicli di prove il profilo raggiunge una sostanziale stabilità.

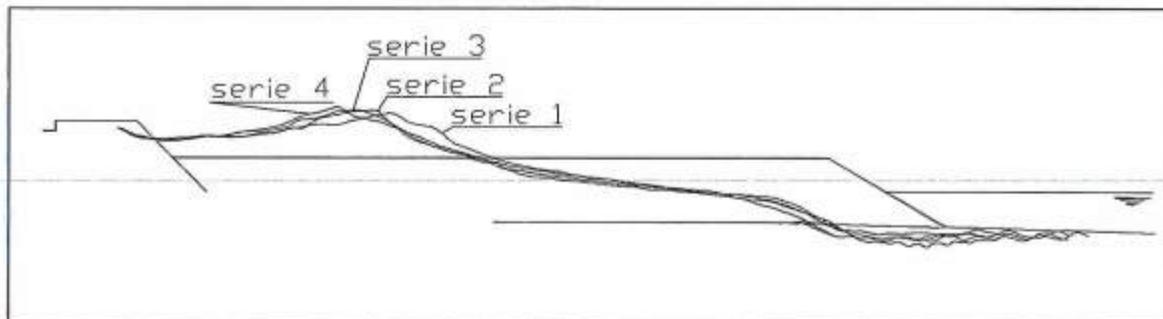


Figura 9 - Modifica dei profili di spiaggia in seguito ad un attacco ondoso di lunga durata (80 ore equivalenti).

Durante i primi due cicli di prove è stata misurata la portata di tracimazione che è risultata nulla. Le misure non sono state proseguite nei cicli successivi, in quanto la spiaggia artificiale è risultata coperta da uno strato di sabbia fine trasportata verso riva che ha ridotto a valori non realistici la permeabilità dell'ammasso.

Approfondimento dei fondali antistanti il piede del ripascimento

La configurazione R100L0 prevede un ripascimento artificiale, ma anche l'abbassamento della struttura al largo. Tenendo conto del fatto che la morfologia della spiaggia artificiale è controllata dalle caratteristiche delle onde incidenti la cui altezza è influenzata sia dall'altezza della scogliera al largo sia dalla profondità nella zona retrostante, non potendo escludere a priori che si possa verificare una perdita di sabbia dovuta all'abbassamento della scogliera, si è indagato sui possibili effetti indotti dall'approfondimento del fondo.

E' quindi stata simulata in canale una situazione di erosione: il fondale è stato approfondito progressivamente dal piede della spiaggia artificiale fino ad avere, dietro la struttura esterna, una profondità di 4 m invece degli attuali 2 m.

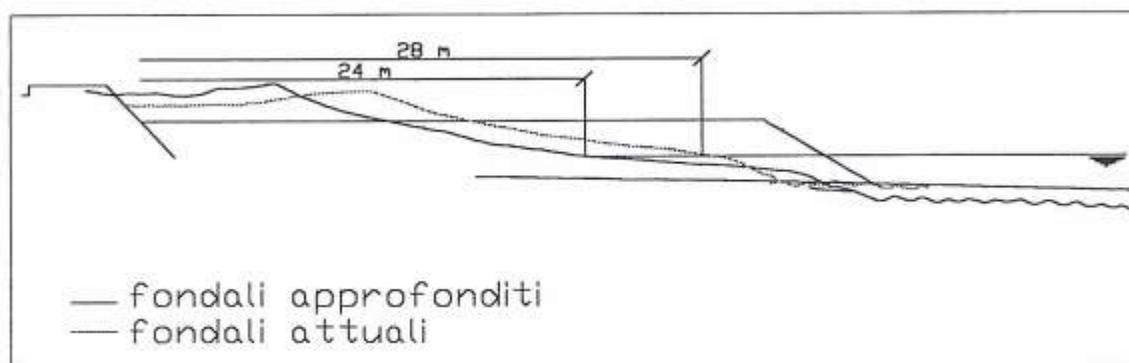


Figura 10 - Confronto fra i profili finali ottenuti con i fondali attuali e con i fondali approfonditi.

Le prove sono state condotte sul modello in sabbia con le stesse modalità. I profili finali ottenuti nella configurazione di progetto ed in quella modificata sono riportati in Figura 10, dalla quale si può osservare che il profilo finale risulta traslato verso riva ed assume una maggiore ripidità nella parte emersa, ma non si evidenziano significative differenze di stabilità; in particolare rimane evidente la netta separazione fra il materiale di ripascimento e quello di fondo al piede del profilo sommerso. La berma sulla spiaggia emersa raggiunge una quota leggermente superiore e comunque sufficiente ad impedire tracimazioni. L'ampiezza della spiaggia emersa risulta, in questo caso, ridotta di 4 m.

Conclusioni

L'indagine sperimentale ha permesso di valutare l'efficacia di una spiaggia in ghiaia per la protezione della strada litoranea in alternativa al rialzamento di una scogliera parallela. In particolare le prove hanno permesso di determinare il volume di materiale da riportare per ottenere una spiaggia stabile riducendo l'altezza della scogliera di protezione.

In accordo con quanto è possibile osservare sulle spiagge naturali (Orford e Carter, 1985), i sedimenti più grossolani rimangono confinati in prossimità della riva e non si verifica il mescolamento dei due materiali sulla spiaggia sommersa, dove è presente, alla base dello step, una evidente discontinuità granulometrica (Fig. 11).

In alcune condizioni si è verificata la risalita della sabbia del fondo naturale sulla berma; ciò può determinare l'intasamento dei pori e la conseguente riduzione della permeabilità e della porosità della spiaggia.

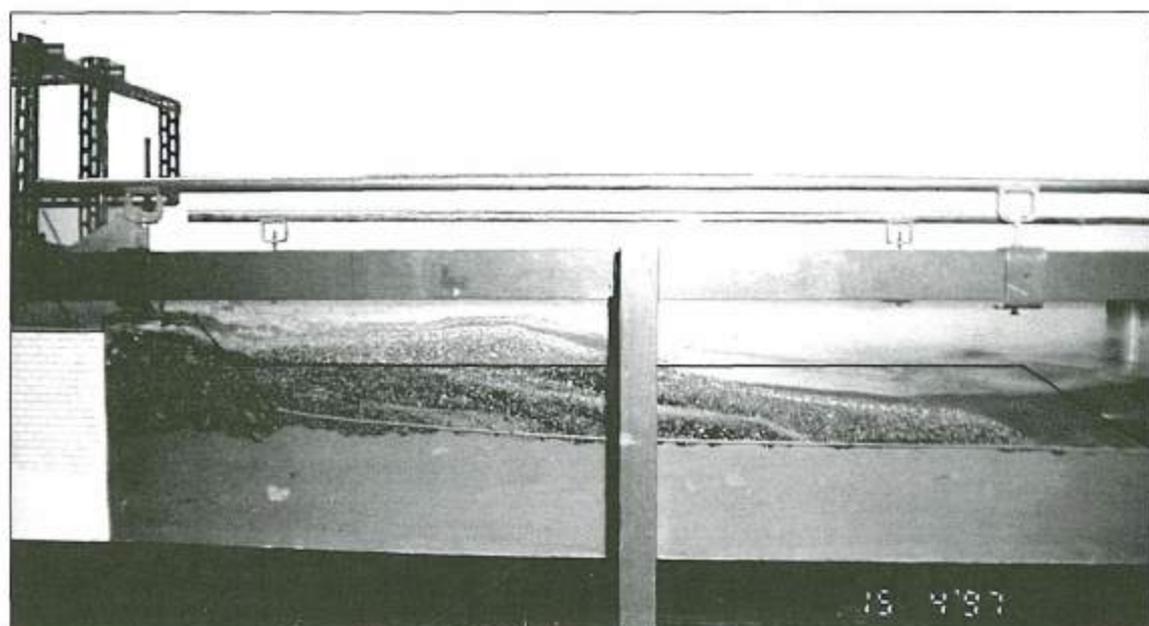


Figura 11 - Modello fisico dell'intervento; si nota la netta separazione fra i materiali di ripascimento, che simulano la ghiaia, e la sabbia nativa del fondale.

Le prove, comunque, hanno messo in evidenza la possibilità di abbassare le difese parallele presenti lungo ampi tratti di litorale, con una evidente ricaduta positiva sulla qualità delle acque costiere. Le spiagge in ghiaia potrebbero addirittura sostituire in diversi casi le scogliere radenti, anche in assenza di scogliere al largo.

Mentre le prove hanno permesso di determinare i volumi ottimali da impiegare nei ripascimenti, non è stato possibile trarre indicazioni esatte sulle dimensioni della ghiaia da utilizzare a causa degli effetti di scala presenti in un modello ridotto a 1/25. Per conoscere più in dettaglio il ruolo delle dimensioni e dell'assortimento granulometrico della ghiaia sulla morfologia del profilo, sono necessarie ulteriori informazioni che possono essere ottenute solo da modelli in scala molto più grande o dal monitoraggio di interventi sperimentali quali quelli da poco realizzati sulle coste toscane.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Ing. Francesca Agostini e la Dott.ssa Deborah Bèscsi per l'aiuto prestato nell'esecuzione delle prove di laboratorio.

La ricerca è stata condotta nell'ambito di una convenzione con il Comune di Pisa e del progetto COFIN'98 (Resp. Prof. E. Benassai), mentre la pubblicazione avviene grazie al contributo del G.N.D.C.I., Linea 2 (Resp. Prof. G.B. La Monica).

Bibliografia

- Aminti P. (1988) - *Indagine sperimentale sulla protezione delle spiagge con ripascimenti artificiali*. Conv. Idr e Costr. Idr., L'Aquila, pp. 562-575.
- Aminti P. (1998) - *Confronto fra i profili di spiaggia in ghiaia ottenuti con diverse tecniche di modellazione*. Conv. Idr e Costr. Idr., Catania, Vol.1.
- Berriolo G. (1999) - *L'intervento di riequilibrio della spiaggia di Fondi-Sperlonga*. Studi costieri, 1: 33-41.
- CIRIA-CUR (1983) - *Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering*.
- Coates T. (1994) - *Physical modelling of the response of shingle beaches in the presence of control structures*. Coa-

- stal Dynamics '94, Barcelona, pp. 924-937.
- Coates T. e Dodd N. (1994) - *The response of Gravel Beaches in the presence of Control Structures*. ICCE, pp. 1880-1993.
- De Santis M. e Ruol P. (1988) - *Studio sperimentale su un particolare intervento per la salvaguardia delle spiagge in erosione*. Ist. di Costruzioni Marittime e Geotecnica, Padova.
- Dean R.G. (1973) - *Heuristic model of sand transport in the surf zone*. Conf. on Engeneering Dynamics in the coastal zone.
- Gourlay M.R. (1980) - *Beaches profiles, process and permeability*. Coastal Eng. Conf.
- Pacini M., Pranzini E. e Siroto G. (1999) - *La ricostruzione della spiaggia di Cala Gonone*. Studi costieri, 1: 43-55.
- Orford J.D. e Carter R.W.G. (1985) - Storm-generated dune armouring on a sand-gravel barrier system, Southeast Ireland. Sed. Geol., 42: 65-82.
- Pranzini E. (1989) - *A model for cusate river delta erosion*. 6th Symp. on Coastal and Ocean Management/ASCE. Charleston, SC. Coastal Zone '89. pp. 4345-4357.
- Pilarczyk K.W. e den Boer K. (1983) - *Stability and profile development of coarse materials and their application in coastal Engineering*. Int. Conf. on Coastal and Port Eng. In developing countries, Colombo, pp. 43-60.
- Powell K.A. (1990) - *Predicting short term profile response for shingle beaches*. HR Wallingford Report R219.
- van der Meer J. (1988) - *Rock Slopes and gravel beaches under wave attack*. Delft Tech. Univ., Pubbl. N. 396.
- van der Meer J. (1992) - *Conceptual design of rubble mound breakwaters* - Short Course on Design and Reliability of Coastal Structures., Venezia.
- van Hijum E. e Pilarczyk K.W. (1982) - *Gravel beaches: equilibrium profile and longshore transport of coarse material under regular and irregular wave attack*. Delft Hydr. Lab., Pubbl. N. 274.
- Vellinga P. (1986) - *Beach and dune erosion during storm surges*. Delft Hydraulic Communication, N 372.

Manoscritto ricevuto il 20/6/2000, accettato il 30/9/2000.

Fenomeni d'instabilità della costa alta e rocciosa fra Riva Trigoso e Framura (Liguria Orientale): risultati preliminari

Andrea Cevasco¹, Marco Ferrari¹, Giuliano Fierro¹ e Sandro Nosengo¹

¹Dipartimento per lo studio del Territorio e delle sue Risorse,
Università di Genova, Corso Europa 26, 16132 Genova - Italia

Riassunto

L'instabilità delle coste alte rappresenta uno dei fattori principali che intervengono nei complessi equilibri che regolano il bilancio sedimentario. Se da un lato la morfogenesi di tali versanti può rappresentare preoccupanti fenomeni di dissesto, soprattutto per la conservazione degli insediamenti antropici, non v'è dubbio che il ripascimento litorale è spesso dovuto ai cospicui materiali che frangono lungo i versanti. Questo studio, incentrato sul settore orientale della costa ligure, mette in relazione i fenomeni gravitativi di versante con i processi erosivi sulle coste operati dal moto ondoso.

Nel tratto di litorale che qui viene presentato affiora il complesso dei litotipi che appartengono all'Unità del Gottero (Argilloscisti della Val Lavagna, Arenarie del Gottero, Argilliti di Giaiette) e, in piccola parte, alla Formazione delle Argille a Palombini. I fenomeni gravitativi sono qui particolarmente continui e sono tutti di origine naturale: all'azione dell'uomo si possono far risalire effetti di accentuazione e di accelerazione degli eventi ovvero effimeri rallentamenti laddove sono state costruite opere di difesa e di consolidamento modellati i pendii con i terrazzamenti. In circa 11 km, si riconoscono alcune centinaia di singoli eventi franosi, che implicano volumi variabili dalle decine ai milioni di metri cubi. I singoli eventi si raggruppano in "aree franose" di notevole estensione. Le tipologie sono le più varie con prevalenza di crolli e scivolamenti; spesso si osservano frane complesse. Va sottolineato che in quest'area, come in tutto il litorale ligure di levante, vi sono chiare tracce di una tettonica distensiva recente che, insieme alle conseguenze del glacioeustatismo, ne condiziona in modo rilevante l'evoluzione geomorfologica.

Abstract

The instability of high rocky coasts is one of the main factors controlling sedimentary balance. While on one hand the cliffs' morphodynamics can represent worrying instability phenomena, especially for the conservation of human installations, there's no doubt that coastal nourishment is often due to the materials falling down from the cliffs. This study, focused on a stretch of the eastern ligurian coast, relates gravity phenomena to the wave action's erosive processes. The rock complex that outcrops on the stretch of coast described here belongs to the "Unità del Gottero" (Lavagna valley shales, Gottero sandstones, Giaiette claystones) and, partly, to the formation of the "Argille (clays) a Palombini". Gravity phenomena are particularly continuous here and they are all of natural origin: only some effects of increase or acceleration of events or temporary slowing down can be ascribed to human action when protection and strengthening works have been carried out and when slopes have been artificially re-shaped by terracing. In a length of about 11 km several hundred landslides can be detected, involving volumes of materials that range from tens to millions of cubic metres. Single events are grouped in "areas subject to movements" of remarkable extension. Typologies vary but they are mainly falls and slides and often complex landslides can be observed. It must be stressed that in this area, as well as through all of the eastern coast of Liguria, there are clear traces of a recent distensive tectonic which, together with the consequences of glacial eustatism, have a deep influence on the area's geomorphological evolution.

Introduzione

L'arco ligure è rappresentato per circa il 40% da coste alte, spesso con falesie vive che costituiscono le propaggini verso mare di versanti a pendenza molto elevata. Va ricordato, infatti, che l'assetto oroidrografico è peculiare poiché esistono spartiacque locali che toccano quote elevate in posizioni assai prossime alla costa, oltre a importanti promontori come quello di Portofino dove si raggiunge l'altitudine di 639 m a distanza dal mare poco superiore ad 1 km e quello del Mesco (486 m a circa 600 m dal mare). Per quanto interessa in questa nota, il tratto in esame sottende il rilievo del Bracco (M. S. Nicolao, 847 m) che, con stretti displuvi, si raccorda al litorale verso Ovest a Riva Trigoso e verso Sudest a Framura avendo alle spalle il bacino del T. Petronio (e poi quello del F. Vara).

La piattaforma continentale ha breve sviluppo e nell'immediatezza della costa si rilevano, salvo poche eccezioni, profondità accentuate.

Nel bacino ligure antistante sono stati riconosciuti sistemi di direttrici appenniniche-antiappenniniche orientate approssimativamente NE - SW e NW - SE (Corradi et al., 1984).

Siamo in presenza perciò di una neotettonica intensa, che ha come riscontro geomorfologico il manifestarsi delle tipiche "coste di faglia" nel senso di Castiglioni (1979).

Il tema della franosità trova in queste condizioni ampie possibilità di approfondimento poiché, fra l'altro, nella Liguria orientale si alternano zone variamente antropizzate ed altre allo stato pressoché naturale e tratti dove le infrastrutture marittime e ferroviarie interferiscono in modo diretto con la dinamica dei versanti e del litorale. La progressiva trasformazione secolare dei pendii col terrazzamento se, da un lato, ne ha completamente modificato i dinamismi idrogeologici attenuando l'instabilità intrinseca, dall'altro, per la trascuratezza degli ultimi decenni e quindi per la mancata manutenzione, ha portato a traumatiche riprese accelerate del modellamento. Ulteriori motivi di scompenso sono stati generati dalla costruzione e dal successivo abbandono della ferrovia litoranea ottocentesca, nonché dalla costruzione di difese dal moto ondoso e dall'apertura di cave di prestito. Bisogna inoltre considerare gli effetti talvolta intensi prodotti, ad esempio, dai frequenti incendi di bosco che favoriscono l'erosione e il trasporto solido.

Inquadramento dell'area¹

In questo tratto costiero (Fig. 1) affiorano formazioni sedimentarie coinvolte nella strutturazione della catena appenninica riconducibili, paleogeograficamente, al Dominio Ligure Interno (Decandia e Elter, 1972a).

La formazione maggiormente rappresentata è costituita dalle Arenarie di M. Gottero, potente flysch arenaceo argilloso costituito da bancate di vario spessore (da qualche decimetro fino ad alcuni metri) di arenarie quarzose feldspatiche e micacee con intercalazioni di argilloscisti, siltiti e scisti argilloso - arenacei. La base della formazione parrebbe da riferire, secondo a recenti studi, al Maastrichtiano sup. mentre il tetto è stato datato al Paleocene.

Alle Arenarie del Gottero seguono, per un breve tratto all'estremità occidentale dell'area, le Argilliti di Giaiette (Argilloscisti policromi di Terranova, 1966) costituite da scisti argillosi di colore variabile dal beige al bruno e dal verde chiaro al grigio verde divisibili in sottili lamelle con intercalazioni di scisti argillosi rossi e verdi, siltiti e calcari. L'età della formazione, è riferita al Paleocene.

Le Arenarie del Gottero costituiscono, in questa zona, una vasta placca appoggiata sulla formazione degli Argilloscisti della Val Lavagna, qui prevalentemente rappresentata dagli Scisti zonati, costituiti da fitte alternanze di scisti argillosi grigi e da straterelli di scisti colore bruno - nocciola della potenza di pochi centimetri, che raramente superano il decimetro. Sono datati al Campaniano - Maastrichtiano inf. L'insieme appena descritto appoggia a sua volta sulla formazione delle Argille a Palombini, costituite da argilloscisti e marne argillose grigio scure con intercalazioni di calcare Palombino, la cui età parrebbe compresa tra il Berriasiano ed il Santoniano, affioranti esclusivamente nel golfo di Moneglia ed in quello di Framura.

¹ Per la geologia della zona si è fatto riferimento ai lavori di Terranova, (1966 e 1987); per quanto riguarda le datazioni ci si è riferiti a Passerini e Pirini, (1964) e Marroni, (1990).

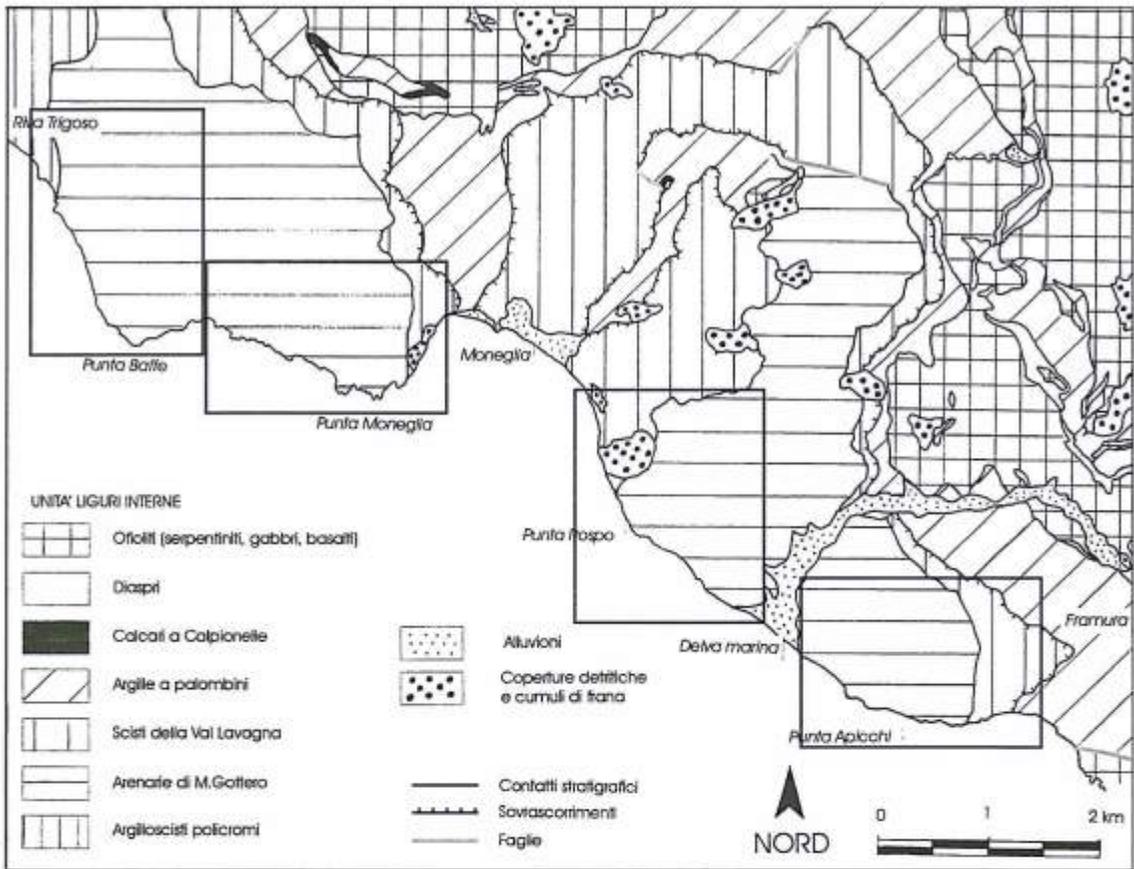


Figura 1 - Schema geologico dell'area d'indagine da Decandia F. A. ed Elter P. (1972b) mod. (le zone evidenziate indicano i settori studiati in dettaglio).

Dal punto di vista strutturale, appare evidente come l'andamento del tratto costiero in esame, sia legato in primo luogo all'interazione fra sistemi di discontinuità orientati NNW - SSE e WNW - ESE con altri ad essi ortogonali. In letteratura sono noti i sistemi di faglie normali dirette N120, immergenti verso SW, che interessano il basamento pre-pliocenico del margine continentale ligure antistante quest'area (Fanucci e Nosengo, 1977); altre faglie normali, disposte a gradinata, attive nel Plio-quaternario ed orientate NW - SE e NNW - SSE con immersione verso SW sono state rinvenute nella piattaforma da Corradi et al., 1984 (vedasi anche AA.VV., 1983; Federici, 1980 e Raggi, 1985); gli stessi autori evidenziano inoltre la presenza di sistemi ortogonali ai precedenti che individuano dislocazioni ancora in tempi recenti. Le strutture anzidette si sovrappongono sulle precedenti strutture plicative appenniniche continuando la loro attività nel Quaternario, determinando condizioni morfostrutturali nuove e divenendo cause predisponenti principali dei fenomeni franosi.

La costa rocciosa fra Riva Trigoso e Framura

Il tratto costiero oggetto di questa nota si sviluppa fra i golfi di Riva Trigoso (a NW) e Framura (a SE). La continuità della linea di costa è interrotta, approssimativamente nella sua parte centrale, dal Golfo di Moneglia, eroso nelle formazioni plastiche delle Argille a Palombini e degli Scisti zonati per cui vengono ad individuarsi verso W il promontorio di Punta Baffe - Punta Moneglia e verso E il litorale fra Moneglia e Framura, articolato nelle punte del Rospo e degli Apicchi, che costituisce un promontorio decisamente meno accentuato del precedente. I due tratti mostrano affinità sotto il profilo geologico essendo caratterizzati dall'affioramento delle Arenarie del Gottero per la maggior parte della loro estensione; i litotipi argillitici sottoposti compaiono solamente per brevi tratti nelle zone di radice.

Da Riva Trigoso a Vallegrande

Il tratto in questione (Fig. 2) è orientato secondo i lineamenti tettonici NNW - SSE ed ENE - WSW; il primo risulta evidente anche dalla disposizione del reticolo idrografico, il secondo è confermato alla mesoscala dallo studio della fratturazione. Nel tratto occidentale, a brevissima distanza dalla linea di costa, uno spartiacque locale allungato in direzione NNW - SSE (quindi parallelo a quest'ultima) di altezza compresa fra 150 m (Colle Cantagallo) e 250 m (Punta Baffe) è interessato, sul versante sudoccidentale, da un vasto ciglio quiescente di frana che raggiunge in più punti la linea di massima elevazione. L'area è oggi interessata da un generalizzato dissesto idrogeologico che si manifesta con riattivazioni in più punti. In alcuni tratti alla base del versante, già sede della ferrovia ottocentesca del litorale ligure e oggi utilizzata per il transito veicolare, sono stati eretti muri a difesa dalle mareggiate e, verso monte, difese passive che impediscono il naturale apporto di materiale solido al mare.

Figura 2 - Il tratto di costa compreso tra Riva Trigoso e Vallegrande.

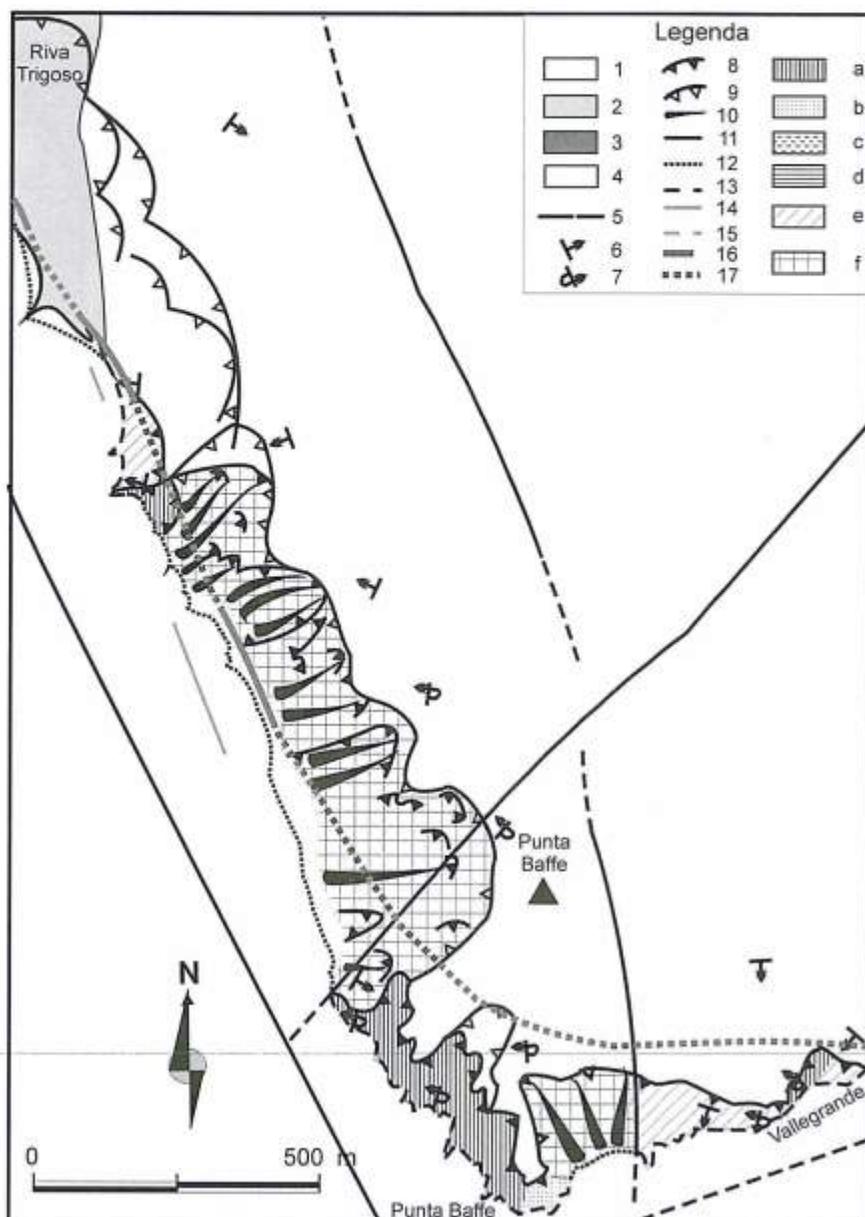
1: Arenarie del Gottero. 2: Scisti della Val Lavagna. 3: Argille a Palombini. 4: depositi quaternari. 5: lineamenti tettonici e presunti. 6: giacitura degli strati. 7: giacitura degli strati rovesciati. 8: ciglio attivo in roccia. 9: ciglio quiescente in roccia. 10: direzione del movimento. 11: litorale sabbioso. 12: litorale ciottoloso o a blocchi. 13: litorale roccioso.

14: difese aderenti in buone condizioni. 15: difese aderenti in pessime condizioni. 16: tracciato ferroviario. 17: tracciato ferroviario in galleria.

Classificazione frane in roccia (da Dikau 1999 mod.). a: crollo. b: ribaltamento. c: flessione.

d: scivolamento rotazionale. e: scivolamento planare. f: complesse.

(La legenda è comune a tutte le carte geomorfologiche).



Fino a Punta Baffe la costa prosegue poi alta e rocciosa, in alcuni punti strapiombante, i cigli attivi raggiungono quote di 150 m; in questa zona, le arenarie del Gottero presentano una direzione circa parallela a quella dei mari dominanti di Libeccio ed inclinazione subverticale, l'azione marina tende qui a scalzare la base della falesia, causando fenomeni di crollo, nonché ad erodere gli interstrati argillitici della formazione causando isolamento dei più competenti strati arenacei che, in mancanza di contrasto laterale, danno origine a meccanismi di rottura per flessione e ribaltamento.

Fra Punta Baffe e Vallegrande (Fig. 3) si osservano esempi di megastrutture plicative ad assi ortogonali alla linea di costa, qui orientata ENE - WSW. E' evidente, in questo tratto, come la morfologia non sia influenzata dalla struttura: le pieghe vengono, infatti, tagliate perpendicolarmente al proprio asse da un piano di faglia ENE - WSW; il ciglio originario, che si spinge fino ad una quota prossima a 200 m, è interessato da riattivazioni i cui meccanismi sono riconducibili a rotture lungo superfici di frattura che svincolano blocchi isometrici ripresi successivamente dall'erosione superficiale, che ne favorisce il rotolamento lungo profondi canali nella parte occidentale (Fig. 4) e fenomeni misti di scivolamento traslazionale e crolli nella parte orientale (Fig. 5).

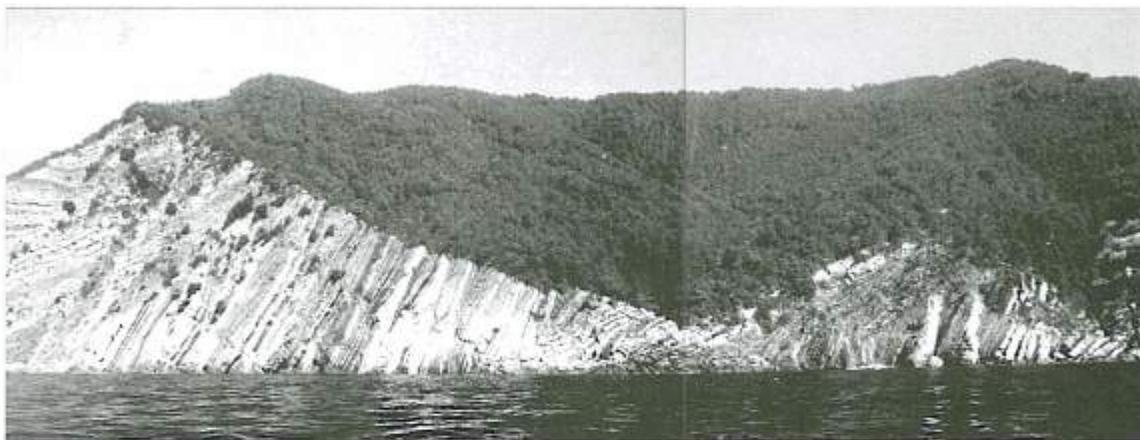


Figura 3 - Litorale fra Punta Baffe e Vallegrande: l'asimmetria delle pieghe nel flysch del Gottero non incide sull'andamento della linea di costa, legato a lineamenti tettonici ENE - WSW.



Figura 4 - Litorale di Punta Baffe (lato E): La fratturazione del l'ammasso roccioso (Arenarie del Gottero) dà origine a fenomeni gravitativi difficilmente inquadrabili in uno schema classificativo.



Figura 5 - Litorale di Punta Baffe (lato E): fenomeni misti di scivolamento traslazionale e crolli.

Da Vallegrande a Moneglia

L'andamento della linea di costa in questo caso è legato a direttrici WNW - ESE fra Vallegrande e Punta Moneglia e NNE - SSW da quest'ultima fino a Moneglia (Fig. 6); la presenza di tali lineazioni tettoniche è confermata dall'orientazione del reticolo idrografico.

Nel primo tratto le grandi bancate arenacee compaiono in assetto monoclinale, con direzione compresa fra $N130^{\circ}$ e $N150^{\circ}$ ed inclinazione compresa fra 50° ed 80° verso SW. L'interazione fra i sistemi di fratture anzidetti e la giacitura degli strati dà luogo a curiose evidenze morfologiche quali la formazione di piccole calette esposte a SE e brusche deviazioni di percorso di torrentelli quali, ad esempio, il Rio Valletta (Terranova, 1987). In questa zona i cigli di frana quiescenti, (che raggiungono altezze fino 200 m) rispecchiano ancora rotture lungo i principali piani di faglia; oggi i fenomeni proseguono con prevalenti meccanismi di scivolamento traslazionale lungo gli interstrati argillitici. Localmente, l'elevata inclinazione degli strati in concomitanza con la presenza di fratture a basso angolo ($125/24N$) favorisce rotture per flessione: un fenomeno di questo tipo è avvenuto di recente in località La Valletta, poco ad W di Punta Moneglia (Fig. 7).

Procedendo verso E la stratificazione presenta direzione prossima a 150° , inclinazione elevatissima ed immersione ancora verso SW, la falesia viva raggiunge in questo tratto l'altezza di 75 m a causa di fenomeni franosi per crollo e ribaltamento.

Oltre Punta Moneglia gli strati arenacei lasciano gradualmente spazio a sempre più potenti pacchi di argilloscisti che preludono al contatto con la sottostante Formazione degli Scisti della Val Lavagna; in prossimità del contatto stesso grandi faglie dirette WNW - ESE creano disturbo alle giaciture piuttosto monotone del tratto precedente.

In tale settore la costa si presenta rocciosa, subverticale con cigli attivi che raggiungono la quota di 80 m; l'arretramento avviene per crolli conseguenti allo scalzamento della base della falesia ad opera del moto ondoso.

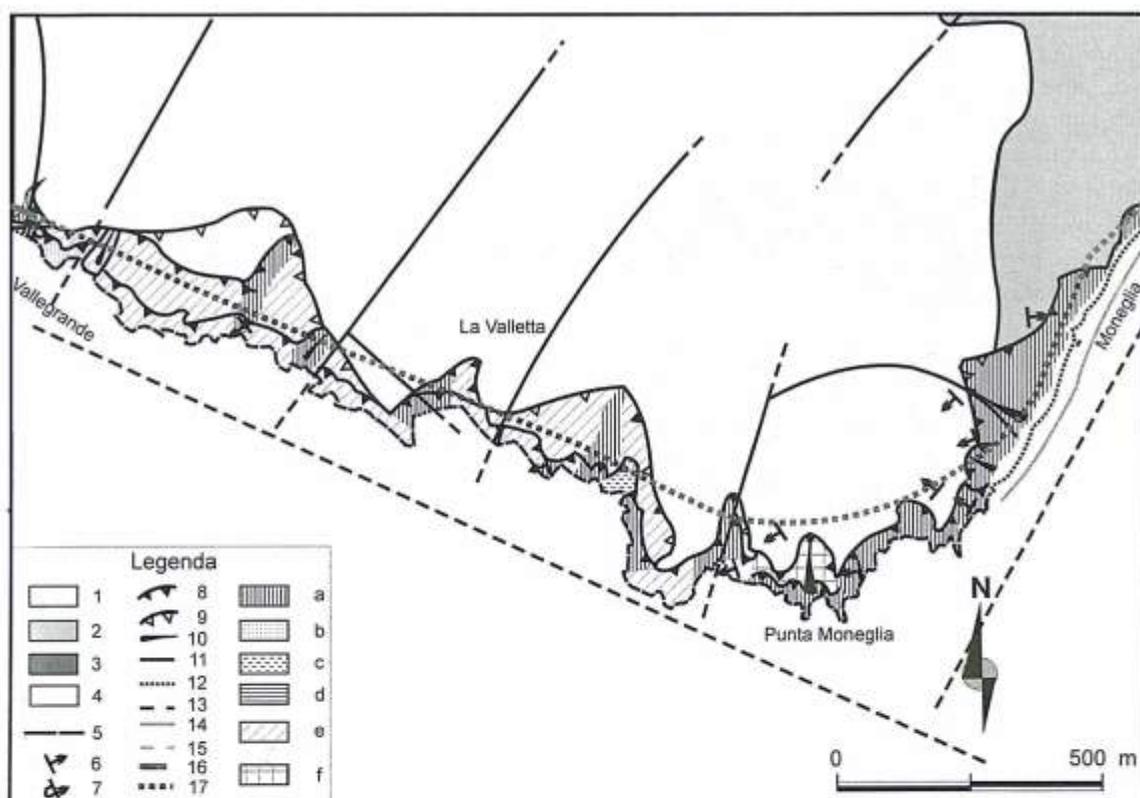


Figura 6 - Il tratto di costa compreso tra Vallegrande e Moneglia. 1: Arenarie del Gottero. 2: Scisti della Val Lavagna. 3: Argille a Palombini. 4: depositi quaternari. 5: lineamenti tettonici e presunti. 6: giacitura degli strati. 7: giacitura degli strati rovesciati. 8: ciglio attivo in roccia. 9: ciglio quiescente in roccia. 10: direzione del movimento. 11: litorale sabbioso. 12: litorale ciottoloso o a blocchi. 13: litorale roccioso. 14: difese aderenti in buone condizioni. 15: difese aderenti in pessime condizioni. 16: tracciato ferroviario. 17: tracciato ferroviario in galleria. Classificazione frane in roccia (da Dikau 1999 mod.). a: crollo. b: ribaltamento. c: flessione. d: scivolamento rotazionale. e: scivolamento planare. f: complesse. (La legenda è comune a tutte le carte geo-morfologiche).



Figura 7 - Località La Valletta: la presenza di fratture suborizzontali, a debole inclinazione verso monte favorisce rotture per flessione nelle bancate arenacee della formazione del Gottero.

Il tratto che segue è caratterizzato dal contatto fra le Arenarie del Gottero e gli Scisti zonati, affioranti fino a Moneglia: il differente comportamento meccanico delle due formazioni verso l'erosione marina è stato causa, in passato, di frane di crollo i cui accumuli hanno invaso abbondantemente il fondale marino. La parte alta del versante è stata sfruttata come cava di prestito per ricavarne blocchi di arenaria e successivamente abbandonata. Oggi alla base dell'accumulo si trova un campeggio molto frequentato da turisti durante la stagione estiva. E' bene ricordare, comunque, che per quanto il mare (poiché causa scatenante l'originario dissesto) non lambisca più direttamente la base della falesia, l'originario ciglio di frana presenta riattivazioni in più punti costituendo un rischio per l'incolumità dei turisti stessi.

Da Moneglia a Deiva Marina

L'intero tratto di costa compreso fra Moneglia e Deiva ha subito, dal 1874, profonde modificazioni antropiche che hanno variato i naturali equilibri fra dinamica dei versanti ed erosione del litorale (Fig. 8). La zona è stata, infatti, scelta quale percorso per la ferrovia del litorale ligure, per lunghi tratti vi sono state erette potenti opere di difesa dalle mareggiate nonché, nei punti maggiormente franosi, gallerie artificiali e muri passivi verso monte. Oggi la ferrovia è stata spostata più a monte ma il vecchio percorso è utilizzato per il transito veicolare; le difese sul lato mare, a suo tempo protette da scogliere, mostrano, in più punti, i segni dell'erosione marina, qui particolarmente efficace essendovi esposizione frontale alle mareggiate di Libeccio; in altri casi sono state distrutte da recenti fenomeni franosi.

L'appoggio solido dai versanti al mare è qui praticamente nullo.

I principali movimenti franosi in questo tratto sono così riassumibili:

- fra Lemoglio e Punta Rospo (Fig. 9) si estende una vasta e potente coltre di materiali detritici di natura grossolana (arenacei ed argilloscistosi) in matrice limoso - sabbiosa alterata e poco coerente derivanti da un'antica frana già segnalata da vari Autori (Mazzuoli, 1885, Bellini e Nosengo, 1972, Maifredi e Nosengo, 1975, De Stefanis et al., 1985, Terranova, 1987) il cui ciglio, oggi quiescente, raggiunge la quota di 400 m presso il M.Crocetta. L'accumulo è attraversato alla base da una galleria della vecchia ferrovia che svolge attualmente la funzione di drenaggio per le acque che penetrano nella massa detritica dalla vasta piana denominata l'Acquario, situata a quota 135 m. Si tratta di una frana di tipo complesso a prevalente movimento rotazionale lungo una o, verosimilmente, più superfici di scivolamento sulla cui origine permangono dubbi che sarà oggetto di una nota a sé stante. Sembra, in ogni caso, che il fattore predisponente principale sia rappresentato dalle differenti caratteristiche meccaniche fra gli Scisti zonati e le Arenarie del Gottero che li sovrastano. L'accumulo è, in parte, protetto al piede dall'erosione marina con difese aderenti che mostrano lesioni, soprattutto nella zona nordoccidentale, che paiono confermare un'evoluzione lenta, ma continua, del fenomeno.

l'intero versante fra Punta Rospo e Deiva Marina (Fig. 10), delimitato da un vasto ciglio quiescente presenta numerosi tratti in attività. Le Arenarie del Gottero appaiono tettonizzate ed altamente fratturate; accumuli di frane recenti sono diffusi un po' ovunque lungo il versante in posizione pensile. Notizie certe sull'attività della zona si hanno dalla fine dell'800 (Mazzuoli, 1885) quando, ripetute cadute di blocchi (stimate all'epoca in circa 2 milioni di metri cubi) per riattivazione del ciglio principale (236 m) spinsero, per la salvaguardia della (allora) nuova ferrovia, alla costruzione di un prolungamento artificiale della galleria De Barbieri - Rospo.

I movimenti attuali sono da ricondurre a crolli e scivolamenti di blocchi ("block slides" di Dikau, 1999) legati alle condizioni di accentuata tettonizzazione e fratturazione dell'ammasso.

In prossimità dell'abitato di Deiva, alcune frane in roccia sono state stabilizzate artificialmente (De Stefanis e Terranova, 1970) perché la zona, nei primi anni '70 ha subito una notevole espansione edilizia.

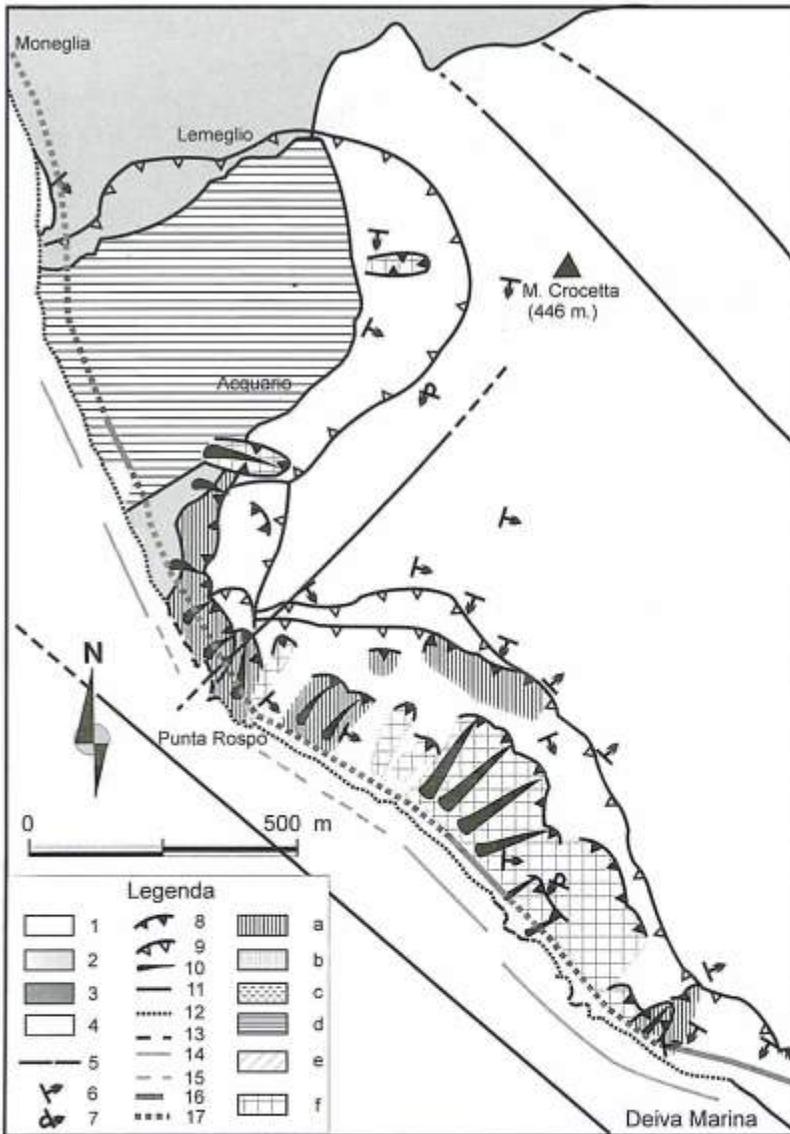


Figura 8 - Il tratto di costa compreso tra Moneglia e Deiva Marina. 1: Arenarie del Gottero. 2: Scisti della Val Lavagna. 3: Argille a Palombini. 4: depositi quaternari. 5: lineamenti tettonici e presunti. 6: giacitura degli strati. 7: giacitura degli strati rovesciati. 8: ciglio attivo in roccia. 9: ciglio quiescente in roccia. 10: direzione del movimento. 11: litorale sabbioso. 12: litorale ciottoloso e a blocchi. 13: litorale roccioso. 14: difese aderenti in buone condizioni. 15: difese aderenti in pessime condizioni. 16: tracciato ferroviario. 17: tracciato ferroviario in galleria. Classificazione frane in roccia (da Dikau 1999 mod.). a: crollo. b: ribaltamento. c: flessione. d: scivolamento rotazionale. e: scivolamento planare. f: complesse. (La legenda è comune a tutte le carte geomorfologiche).



Figura 9 - La frana antica di Lemeglio: il contatto fra Arenarie del Gottero e Formazione della Val Lavagna è evidenziato dalla differenza di acclività nella morfologia. Al centro si estende il vasto accumulo, oggetto negli ultimi 30 anni di espansione edilizia.



Figura 10 - Litorale Punta Rospo - Deiva Marina: le opere di presidio della ferrovia del litorale ligure mostrano lesioni legate all'erosione da parte dei mari di libeccio e di scirocco. L'attività delle frane in roccia del versante sovrastante ha subito un rallentamento in seguito alla costruzione di dette opere, ma l'apporto solido che arriva al mare, salvo rare eccezioni (a sinistra), è praticamente nullo.

Da Deiva Marina a Framura

E' il tratto dove meglio si può osservare l'interazione fra dinamica dei versanti, azione del moto ondoso ed opere antropiche (Fig. 11).

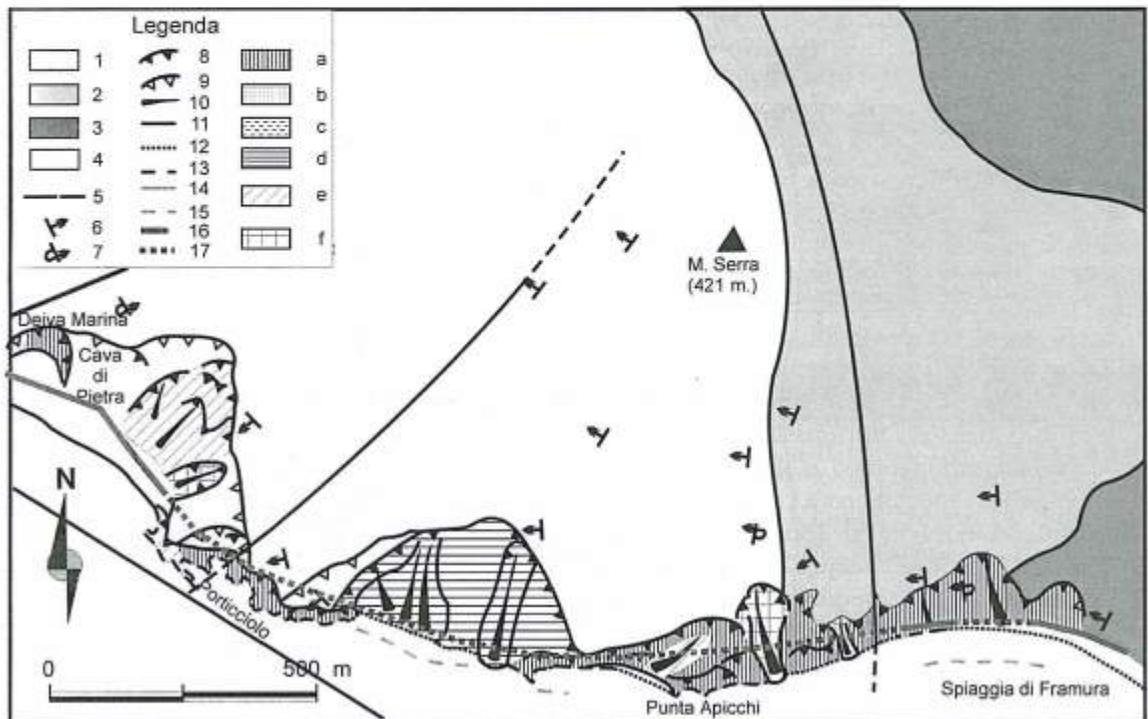


Figura 11 - Il tratto di costa compreso tra Deiva Marina e Framura. 1: Arenarie del Gottero. 2: Scisti della Val Lavagna. 3: Argille a Palombini. 4: depositi quaternari. 5: lineamenti tettonici e presunti. 6: giacitura degli strati. 7: giacitura degli strati rovesciati. 8: ciglio attivo in roccia. 9: ciglio quiescente in roccia. 10: direzione del movimento. 11: litorale sabbioso. 12: litorale ciottoloso o a blocchi. 13: litorale roccioso. 14: difese aderenti in buone condizioni. 15: difese aderenti in pessime condizioni. 16: tracciato ferroviario. 17: tracciato ferroviario in galleria. Classificazione frane in roccia (da Dikau 1999 mod.). b: crollo, b: ribaltamento, c: flessione, d: scivolamento rotazionale, e: scivolamento planare, f: complesse. (La legenda è comune a tutte le carte geo-morfologiche).

Il litorale è attraversato dalla vecchia ferrovia il cui percorso si sviluppa, in parte, in sotterraneo. Le grandi opere di presidio sono state altamente danneggiate o distrutte dalla concomitanza fra fenomeni franosi recenti ed azione erosiva dei mari di Libeccio e di Scirocco.

Si distinguono tre principali "aree franose" caratterizzate da meccanismi di innesco ed evoluzioni differenti.

In località "Cava di pietra", attuale sede di un altro campeggio, sono in atto fenomeni franosi naturale evoluzione di un'attività di escavazione nelle Arenarie del Gottero, da tempo abbandonata, operata dalle F.S. per ricavare materiale per massicciate ferroviarie ed opere di sostegno (Terranova, 1987). Alla base del versante sono state posizionate gabbionate per il contenimento degli accumuli; sul lato a mare, dove è stata ricavata una spiaggia, sono ancora riconoscibili blocchi di calcestruzzo utilizzati a difesa del rilevato ferroviario.

In questo caso la giacitura degli strati disposti a franapoggio e l'azione antropica di escavazione non regolamentata, hanno creato le condizioni perché oggi il versante si trovi in condizione di grave dissesto idrogeologico.

Le tipologie dei movimenti attivi sono rappresentate da scivolamenti traslazionali di grandi blocchi svincolati da un reticolo di fratture a spaziatura variabile ed elevata persistenza lungo superfici di strato che appaiono denudate nella parte orientale alta del versante.

Un vasto movimento franoso è attivo in località Gli Apicchi (Fig. 12), dove le Arenarie del Gottero si trovano coinvolte alla megascale in piegamenti ad assi ortogonali alla linea di costa (orientata N120°). Rilevamenti geo-strutturali effettuati nella zona mostrano, alla mesoscale, l'esistenza di campi di fratturazione orientati WNW - ESE, ENE - WSW, N - S ed E - W che scompongono l'ammasso in blocchi di varie dimensioni fra loro indipendenti. Un ruolo fondamentale nell'evoluzione del fenomeno è stato svolto, fino alla costruzione della ferrovia, dall'erosione del moto ondoso, sia di scirocco sia di libeccio che, scalzando la base del versante, vi ha creato condizioni di squilibrio predisponenti, con ogni probabilità, la formazione di superfici di scivolamento circolari in graduale arretramento, tipiche di terreni sciolti. Le gallerie artificiali della ferrovia, dotate di strutture difensive contro l'azione del moto ondoso, hanno rallentato questo processo, che è ripreso nell'ultimo secolo evolvendo in meccanismi del tipo crolli - valanghe di detrito che hanno danneggiato, ed in gran parte distrutto, le opere stesse. E' ipotizzabile che nei prossimi anni i movimenti franosi riprendano secondo i meccanismi originari, recuperando il tempo perduto ed addirittura accelerando i loro effetti.



Figura 12 - Gli Apicchi: frane recenti del tipo crollo - valanga di detrito si sovrappongono alle rotture originarie, riconducibili a scivolamenti rotazionali regressivi. Le vecchie opere di presidio della ferrovia del litorale ligure svolgono un ruolo importante nell'evoluzione dei fenomeni franosi. L'interazione fra dinamica del versante, azione antropica ed erosione marina appare qui chiara.

Da Punta Apicchi alla spiaggia di Framura la costa si presenta alta, subverticale ed interessata da cigli attivi di frana fino a 200 m di altezza: è la zona di contatto fra le Arenarie del Gottero e gli Argiloscisti della Val Lavagna, caratterizzata da rotture per crollo. Talvolta i materiali franati si accumulano alla base della falesia dando luogo ad esigue e temporanee spiagge.

In prossimità della spiaggia di Framura compaiono le Argille a Palombini ripiegate in più fasi, le cui pessime qualità meccaniche sono la causa principale di dissesti in rapida e continua evoluzione.

Conclusioni

La rappresentazione cartografica (Figg. 2, 6, 8 e 11) fornisce una panoramica dello stato attuale del tratto di litorale a costa alta fra Riva Trigoso e Framura, dominata dalla presenza di fenomeni di instabilità che appaiono significativi in quanto spesso originati da fenomeni erosivi indotti dal moto ondoso interagiscono con la dinamica litorale e, in alcuni casi, con opere antropiche (vie di comunicazione ed espansione edilizia). A tale riguardo la cartografia di dettaglio dei movimenti franosi che interessano il tratto suddetto fornisce l'ubicazione dei cigli di frana in attività, quiescenti, e le direzioni dei principali movimenti, unitamente ad indicazioni sulla natura del litorale (sabbioso, ciottoloso o a blocchi e roccioso). Infine la mappatura delle difese aderenti alla costa (e del loro stato di conservazione), in massima parte erette a fine '800 con la ferrovia del litorale ligure, ha consentito di effettuare valutazioni sulla reciproca influenza di queste ultime nell'evoluzione di alcuni fenomeni franosi.

Le frane attive sono state inserite nello schema classificativo di Dikau, 1999 (modificato); ciò ha consentito di evidenziarne l'estrema variabilità nelle tipologie sebbene tale tentativo presenti alcuni limiti legati alla risultante finale complessa della maggior parte dei fenomeni franosi rilevati, frutto, spesso, di sovrapposizione di diversi eventi.

E' possibile, seppure in via preliminare, effettuare una serie di brevi considerazioni:

- i fenomeni franosi singoli riscontrati sono dell'ordine delle centinaia ed interessano volumi di materiali da decine a milioni di metri cubi
- in genere le singole frane si trovano raggruppate all'interno di "aree franose" (i cui limiti paiono, in alcuni casi, legati a lineamenti tettonici attivi in epoca recente)
- la frequenza e la dimensione sono legate alle seguenti cause, in ordine di importanza:
 - assetto morfostrutturale dovuto alla tettonica recente, che determina elevate pendenze ed esposizione all'azione erosiva del mare;
 - litologia, mesostrutture e stato di fratturazione degli ammassi rocciosi: l'erosione marina è più intensa in corrispondenza delle formazioni argillose ed argilloscistose; gli altri fattori influiscono sui meccanismi di rottura degli ammassi;
 - casi di sovrapposizione di ammassi rocciosi a diversa deformabilità;
 - attività antropiche:
 - abbandono dei terrazzamenti spesso realizzati su frane relitte,
 - abbandono di tratti della ferrovia ottocentesca,
 - cave di prestito costiere,
 - modificazioni più recenti per urbanizzazione.

Bibliografia

- AA.VV. (1983) - *Neotectonic map of Italy*. C.N.R. Progetto finalizzato Geodinamica. Sottoprogetto Neotettonica.
- Bellini A. e Nosengo S. (1972) - *Per una politica di valorizzazione delle conoscenze geologiche nell'assetto territoriale della Liguria* - Atti del II Convegno "Cote d'Azur-Riviera dei Fiori: Pollutions et Aménagement", Genova.
- Castiglioni G.B. (1979) - *Geomorfologia*. UTET, Torino.
- Corradi N., Fanucci F., Fierro G., Firpo M., Mirabile L. e Piccazzo M. (1984) - *La piattaforma continentale ligure: caratteri, struttura ed evoluzione*. Rapporto tecnico finale del Progetto finalizzato

- “Oceanografia e fondi marini”, C.N.R., Roma, pp. 1-34.
- Decandia F.A. e Elter P. (1972a) - *La zona ofiolitifera del Bracco nel settore compreso fra Levante e la Val Graveglia (Appennino Ligure)*. Mem. Soc. Geol. It., suppl. al vol. 11, pp. 503-530.
- Decandia F.A. e Elter P. (1972b) - *Carta geologica della zona del Bracco nel settore fra Levante e M. Zatta*. Istituto di Geologia dell'Università di Pisa.
- De Stefanis A. e Terranova R. (1970) - *Esempio di pendio in arenarie predisposto al dissesto e programmazione degli interventi per la sua sistemazione (Deiva Marina - Liguria Orientale)*. Boll. Soc. Geol. It. 89: 299-315.
- De Stefanis A., Marini M. e Terranova R. (1985) - *Indagini geologiche e geomorfologiche in Liguria con particolare riguardo alle condizioni di franosità*. Memoria riepilogativa della U.O. 37. C.N.R., P.F. Conservazione del Suolo, Sottoprogetto Fenomeni Franosi. “Geologia Applicata e Idrogeologia”, XVIII, 3, pp 1-15.
- Dikau R. (1999) - *The recognition of landslides*. In Floods and landslides. Casale R e Margottini C. Eds. Springer, pp 39-44.
- Fanucci F. e Nosengo S. (1978) - *Rapporti fra la neotettonica del versante marittimo dell'Appennino Ligure e del margine continentale e fenomeni morfogenetici*. “Boll. Soc. Geol. It.”, 96: 41-51.
- Federici F. (1980) - *Note illustrative della neotettonica del foglio 95 - La Spezia e del margine del foglio 84 - Pontremoli*. C.N.R., Progetto finalizzato Geodinamica, 356, pp 1345-1364.
- Maifredi P. e Nosengo S. (1975) - *Importanza delle paleofrane nel campo della geologia applicata*. Geologia tecnica, 3.
- Marroni M. (1990) - *Le Unità Liguri Interne tra l'alta Val di Vara e il Mar Ligure (Appennino Settentrionale): evoluzione di un settore del Dominio oceanico ligure-piemontese*. Tesi di Dottorato inedita, Dip. Sc. della Terra, Univ. di Pisa.
- Mazzuoli L. (1885) - *Nota sulla frana di Deiva*. Boll. R. Comit. Geol. It., 16, pp. 75-82.
- Passerini P. e Pirini C. (1964) - *Microfanne paleoceniche nelle formazioni dell'arenaria del M. Ramaceto e degli argilloscisti di Cichero*. Boll. Soc. Geol. It., 83: 211-218.
- Raggi G. (1985) - *Neotettonica ed evoluzione paleogeografica plio-pleistocenica del bacino del fiume Magra*. Mem. Soc. Geol. It., 30, 35-62.
- Terranova R. (1966) - *La serie cretacea degli “Argilloscisti” fra le valli dei torrenti Entella e Petronio (Appennino Ligure)*. Atti Ist. Geol. Univ. Genova, IV, f.1, pp. 109-174.
- Terranova R. (1987) - *Guida all'escursione lungo la costa della Liguria orientale (25/6/87)*. Gr. Naz. Geogr. Fis. e Geomorf., Sestri Levante, 22 - 25 giu.1987. Atti della Riunione, Guida alle escursioni, in Quaderni Ist. Geol. Univ. Genova, 5: 159 - 231.

Manoscritto ricevuto il 14/6/2000, accettato il 27/10/2000

Lavori marittimi di dragaggio e di discarica

Giuseppe Roberto Tomasicchio¹ e Ugo Tomasicchio²

¹Dipartimento di Ingegneria delle Acque e delle Strutture, Università di Perugia.

²Politecnico di Bari, via Orabona, 4 - 70125 Bari.

Riassunto

Nel presente lavoro viene fatta un'analisi delle metodologie di dragaggio in uso nei secoli scorsi e di quelle attualmente adottate. Vengono quindi date indicazioni sugli studi da effettuare per l'impostazione dei progetti e sugli aspetti che determinano la scelta delle attrezzature. Dopo un'esposizione delle istruzioni tecniche per la collocazione a mare o a terra dei materiali di risulta, viene proposto un metodo per il calcolo dei costi dei lavori di dragaggio.

Abstract

After a brief historical description of the dredging methodologies adopted in the past centuries, a review of the nowadays dredging means is done. Indications concerning the necessary investigations for a correct selection of the equipment are then given. After exposing the technical instructions in use for the sea or land disposal of the dredged materials, a method for estimating the cost of dredging interventions is proposed.

Premessa

Il mare può oggi considerarsi come l'ultima frontiera per la conoscenza ed il dominio dell'Uomo sulla Terra.

Infatti, non sembra fuori luogo riflettere sul fatto che, nel momento storico attuale, in cui l'Uomo, spinto dal suo primordiale forte impulso alla scoperta, ha raggiunto la superficie della Luna e cominciato l'esplorazione dello spazio, è sceso solo per alcune decine di metri sotto la superficie dell'acqua ed ha esplorato solo parzialmente le profondità marine, pur utilizzando attrezzature molto sofisticate. Tali riflessioni vanno fatte quando si valuti l'attività finora svolta nelle costruzioni delle opere marittime sottomarine, attività in cui l'Uomo si è cimentato fin dai tempi antichi, fortemente ostacolato dalla carenza di una forza motrice e da una tecnologia dei materiali, che gli permettesse di disporre di mezzi poderosi capaci d'alto rendimento e facilmente manovrabili.

Evoluzione storica del dragaggio

E' ben accreditata la tesi che i Fenici furono costretti a lasciare le isole dell'Egeo e a trovare nel Mediterraneo più accoglienti punti d'approdo per le loro navi, a causa dell'insabbiamento dei loro porti d'origine, oggi difficilmente riconoscibili a causa del completo colmamento.

Fatti analoghi si ebbero per molti porti romani e medievali; si guardi per esempio ai porti di Traiano e di Claudio alla foce del Tevere, agli antichi porti di Pisa e di Palermo, al porto di Classe a Ravenna e ad altri ancora oggi completamente seppelliti dalle sabbie e distanti chilometri dal mare.

Il lavoro di dragaggio dei porti, sia per realizzare fondali adeguati sia per ripristinarli, risale a tempi antichi e per molti secoli è stato risolto con il sistema del "Bag and Spoon" (Sacca e cucchiaio)

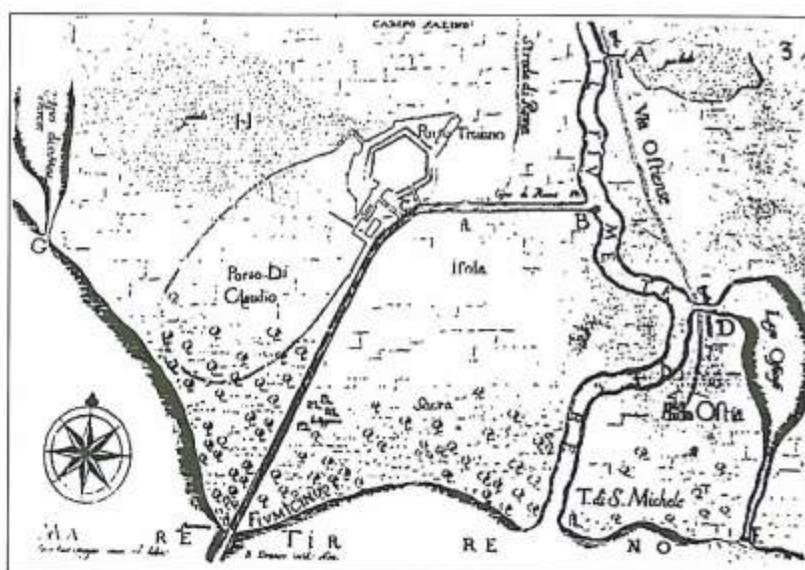


Figura 1 - L'avanzamento della linea di costa della foce del Tevere, come rilevata da de Meyer già nel 1685.

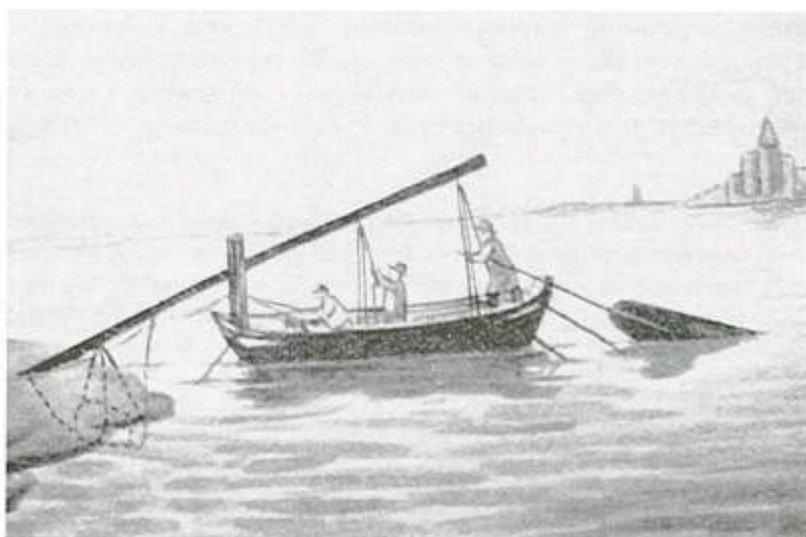


Figura 2 - Bag and Spoon in un'antica illustrazione (1565).

d'origine romana, perfezionato dagli Olandesi nel XV – XVI secolo. Tale sistema, dipinto anche da pittori cinquecenteschi, consiste in un cucchiaio con un lungo manico manovrato a mano mediante cavi. Il cucchiaio penetra nel terreno, si riempie, è quindi sollevato e vuotato, scaricando in una sacca o contenitore il materiale scavato. L'apparecchiatura, installata su piccole barche, era azionata da due uomini; evidentemente la produzione di scavo era molto limitata. Ciononostante, utilizzando la forza lavoro degli schiavi, grandi opere di dragaggio furono realizzate dai Faraoni¹, dagli Imperatori della Cina² (3000 - 2000 a.C. circa) e ai tempi dell'Impero Romano³ per la costruzione di numerosi canali, di cui alcuni destinati alla navigazione.

¹ Il Faraone Sisostri III fu ricordato come "il re che costruisce canali"; Neco II (600 a. C.) progettò il gran canale che univa il Mar Rosso al Mediterraneo.

² Kubilai Kan, il conquistatore mongolo, ricostruì e ripulì il gran canale navigabile (alla cui costruzione avrebbero lavorato ben otto milioni di schiavi per circa cento anni), come riferisce Marco Polo.

³ Nerone mobilitò una moltitudine di schiavi per realizzare l'idea di aprire il canale di Corinto.

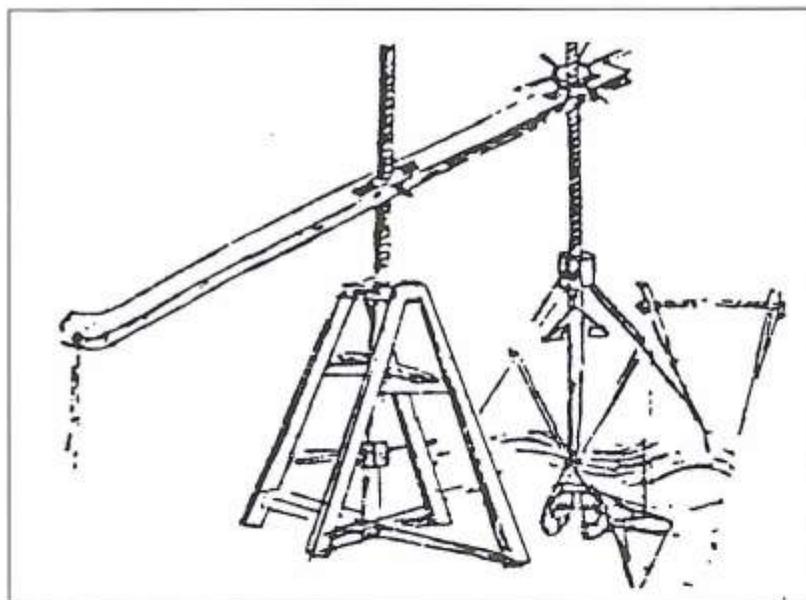


Figura 3 - Draga a cucchiaio di Leonardo.

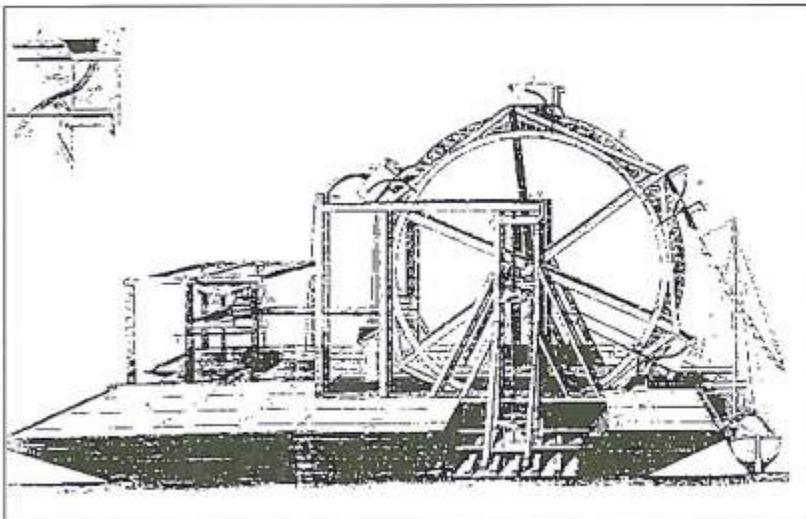


Figura 4 - Draga a ruota di M. de Balme (1718).

Si hanno notizie di un dragatore genovese incaricato nel '400 dal porto di Marsiglia, come anche di maestri veneziani operanti, numerosi, nel dragaggio dei porti dell'Adriatico ai tempi della Serenissima. Anche Leonardo ha progettato alcune draghe. Altre specie di attrezzature usate fra i secoli XVI e XVII, come le norie azionate da cavalli, non hanno prodotto miglioramenti sostanziali.

La scarsa produttività di tali vecchi mezzi rese, pertanto, non economico eseguire, nel passato, dragaggi di notevole entità, il che costringeva, come già visto, all'abbandono dei porti che subivano interrimenti notevoli. Le cose sono cambiate solo quando è stato possibile sostituire il lavoro delle braccia o dei cavalli con altre sorgenti di energia. Ed infatti, il dragaggio meccanico, nato alla fine del '700, si è sviluppato nel corso del secolo XIX, il secolo del vapore, grazie anche all'introduzione della costruzione metallica delle navi.

I lavori di escavazione

I lavori di costruzione e manutenzione dei porti, come anche quelli di difesa delle spiagge dall'azione erosiva del mare, comprendono di frequente operazioni di dragaggio. Queste, in genere,

per la quantità e la qualità dei materiali da scavare e da portare a discarica o a ripascimento, hanno una valenza economica ed ambientale tanto importante da richiedere un'approfondita ed oculata scelta dei mezzi e delle modalità di dragaggio e di trasporto dei materiali scavati, del luogo di discarica o del loro possibile diverso uso. Pertanto, il progetto dei lavori di dragaggio va sempre accompagnato da un'attenta analisi dei costi e dei benefici, una volta acquisita una buona conoscenza dell'ambiente in cui operare e dei programmi di sviluppo del territorio. Ogni operazione di dragaggio è soggetta ad autorizzazione dell'autorità marittima competente, come più diffusamente si dirà in seguito. Nel caso, poi, che i lavori di scavo comportino una variazione del piano regolatore del porto, il progetto dovrà anche essere sottoposto a valutazione di impatto ambientale (Tomasicchio, 1998).

Di seguito si forniscono alcune informazioni necessarie al progettista di lavori di dragaggio. Esse, in particolare, attengono a:

- i lavori di escavazione;
- i terreni da dragare;
- i mezzi di scavo e di trasporto ed i siti per la discarica dei materiali dragati;
- il reperimento dei materiali per il ripascimento o per la formazione di terrapieni e simili;
- la protezione dell'ambiente marino;
- le analisi dei costi;
- le misurazioni e i controlli.

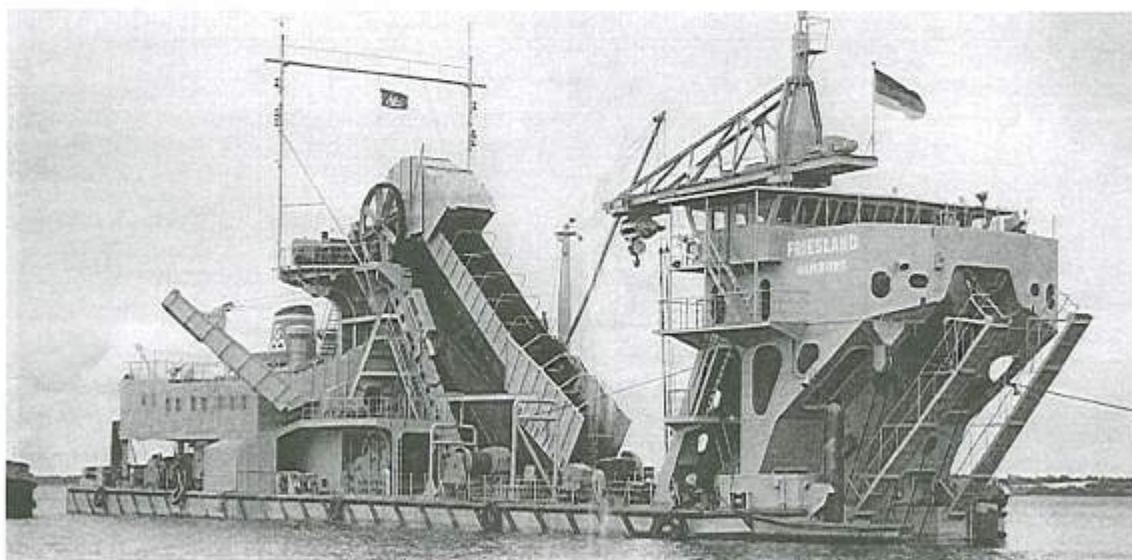


Figura 5 - Una moderna draga a secchie (BILFINGER+BERGER: Dredging B.V).

Gli obiettivi del dragaggio sono essenzialmente:

- realizzare i fondali necessari al transito delle navi nei canali di accesso ai porti e nei bacini portuali;
- facilitare la posa di condotte o di elementi di tunnel sottomarini;
- creare le cunette di fondazione per moli e banchine, dighe frangiflutti e strutture di protezione della costa;
- mantenere gli scavi anzidetti;
- migliorare od assicurare la capacità di portata di corsi d'acqua;
- reperire i materiali per ripascimenti di spiagge, formazioni di terrapieni e simili;
- creare o mantenere la capacità di raccolta dei serbatoi d'acqua.

Seppure meno comunemente, il dragaggio è anche usato per reperire minerali e metalli preziosi o per rimuovere la parte sovrabbondante che li copre (es. le zone diamantifere della vecchia foce dell'Orange, in Namibia, e del Sud Africa). Ognuna di queste operazioni richiede attrezzature adeguate e conviene quindi considerarle separatamente. Non senza ragione, quindi, il dragaggio va visto come un'attività di grande impegno per l'ingegnere, che, se vorrà evitare grosse cantonate, dovrà impegnarsi ad un continuo aggiornamento tecnologico e porre estrema attenzione alle numerosissime variabili geotecniche, meteomarine, marittime, ambientali, operative, che hanno un rilevante impatto economico sul progetto da realizzare.

I terreni da dragare

La buona conoscenza delle caratteristiche del terreno da scavare rappresenta l'elemento fondamentale del progetto di dragaggio, sia per determinare l'attrezzatura idonea, sia per calcolarne i costi. Il costo dello scavo di un metro cubo di materiale può, infatti, variare in un campo di ampiezza da uno a 100 e più volte. E' quindi indispensabile premettere un'indagine geotecnica, con il prelievo di campioni di terreno, che dia un'indicazione precisa della sua consistenza: possiamo, infatti, incontrare le argille (con il loro maggiore o minore contenuto di acqua), i limi, le sabbie, i ciottoli, la roccia (con la sua maggiore o minore compattezza). Per la definizione tecnico-economica del progetto si dovranno, quindi, preliminarmente analizzare le caratteristiche di granulometria, peso specifico, contenuto in acqua, resistenza alla compressione, resistenza al taglio del materiale da scavare.

Nella tavola che segue, sono riportati i criteri generali per l'identificazione e la classificazione dei terreni da dragare suggeriti dall'AIPCN (1984). Non si riportano i criteri per l'identificazione e la classificazione delle rocce, poiché lo scavo di roccia è meno usuale in mare; essi, comunque, non sono in nulla diversi da quelli utilizzati per le rocce in terraferma.

Prove di laboratorio ed in situ

Le prove di laboratorio ed in situ per la determinazione delle caratteristiche dei terreni da dragare, anch'esse suggerite dall'AIPCN, comprendono la determinazione:

- della granulometria;
- della forma dei granuli;
- della densità in situ;
- della compattezza (in situ);
- del tenore in acqua;
- dell'indice di plasticità;
- della resistenza al taglio;
- del tenore in CO CA;
- del tenore in materie organiche.

Tabella 1 - Criteri generali per l'identificazione dei terreni da dragare.

Tipi principali di terreno	Identificazione della dimensione dei grani (mm)	Identificazione	Aspetto dei grani e plasticità	Resistenza al taglio
Grossi ciottoli	>200 mm 200 a 60 mm	Esame e calibratura visuale	Forma dei grani: arrotondati	Non applicabile
Ghiaie	grosse 60 a 20 mm medie 20 a 6 mm fine 6 a 2 mm	Facilmente identificabile dall'esame visivo	irregolari con spigoli screpolati e allungati	Possibilità di trovare strati irregolari di ghiaie cementati che hanno l'aspetto screpolati di una roccia debolmente agglomerata. Ghiaie compatte possono trovarsi miste a sabbie

Sabbie	grosse 2 a 0.6 mm medie 0.6 a 0.2 mm fine 0.2 a 0.06 mm	I granuli sono sempre visibili ad occhio nudo. Debolissima coesione quando il terreno è secco.	Tessitura: rugosa liscia levigata		La compattezza dei depositi può variare. La struttura può essere omogenea o stratificata. La miscela con limi o argille può produrre sabbie molto compatte
Limi	grosse 0.06 a 0.02 Medie 0.02 a 0.006 fine 0.006 a 0.002	In genere i granuli sono invisibili Solo i grossi grani sono visibili ad occhio nudo. La prova di dilatazione permette la migliore determinazione possibile. Il limo può essere impastabile, ma secco, una semplice pressione delle dita polverizza la zolla secca.	Non plastico o poco plastico		In massima parte non plastico: le caratteristiche possono essere identiche a quelle delle sabbie, se la materia è prevalentemente grossa o sabbiosa. Il limo più fino si avvicina all'argilla e ha delle caratteristiche plastiche. Spesso è misto a sabbia e argilla La consistenza del limo varia dalla fase liquida al limo duro avente la consistenza di una pietra.
Argille	Al di sotto dei 0.002 mm la distinzione fra limi e argille non va fatta unicamente in base alla dimensione media dei granuli, poiché le più importanti proprietà fisiche dei limi e delle argille non hanno un rapporto indiretto con la dimensione dei granuli.	Le argille hanno una coesione e una plasticità significativa ma non reagiscono alla prova di scotimento. I frammenti secchi non si riducono in polvere, ma si fessurano presentando un'alta resistenza al taglio.	Plasticità media (argilla povera) Forte plasticità (argilla grassa)	Resistenza Molto molli Molli Compatte Tenaci Dure	Resistenza al taglio Possono essere facilmente compresse fra le dita < 20 kN/m ² Possono essere facilmente impastate con le mani. 20-40 kN/m ² Richiedono una forte pressione per essere impastate con le dita. 40-50kN/m ² Il pollice lascia la sua impronta. 75-150kN/m ² Compatte, possono difficilmente essere se-gnate dall 'unghia del pollice. 150kN/m ²
			La struttura può essere fessurata, intatta, omogenea, stratificata o alterata.		
Torbe e terreni organici					Possono essere identificate per il colore nero o bruno e spesso per il forte odore e per la presenza di materie fibrose o legnose. Possono essere compatte o spugnose.
Varie					La resistenza al taglio può variare considerevolmente secondo le direzioni verticale ed orizzontale.

Per le modalità di prova può farsi riferimento alle British Standards o a norme equivalenti. Le prove di laboratorio vanno fatte su campioni freschi; l'ideale sarebbe effettuarle subito dopo il prelievamento. In ogni modo, è essenziale che le prove semplici del terreno (in altre parole l'uso dello scissometro e del penetrometro a mano) siano fatte direttamente sul terreno per essere confrontate con le prove di laboratorio. La compattezza in situ può essere determinata con una qualsiasi prova, compresa la Standard Penetration Test.

I luoghi di prelievo e discarica

Il secondo elemento, in ordine d'importanza, da definire in fase di progettazione, è la distanza di trasporto. Essa dipende da molte variabili, una di queste variabili si riferisce nuovamente alla natura del terreno, ma con particolare attinenza agli elementi chimici e batteriologici in esso contenuti possibilmente dannosi per l'ambiente. Va, infatti, sempre posta grand'attenzione alla tutela dell'ambiente, sia nell'individuazione delle zone di prelievo di materiale, sia nella progettazione dell'opera, per non alterare l'equilibrio fisico della zona e l'ambiente di vita vegetale ed animale esistente.

E' in ogni caso importante guardare al materiale dragato come ad una risorsa, piuttosto che ad un rifiuto. Infatti, spesso, il materiale non inquinato proveniente dal dragaggio può avere utili destinazioni, quali ad esempio la formazione di zone particolarmente idonee allo sviluppo della vita animale e vegetale, la protezione ed il miglioramento ambientale delle zone "umide", la formazione di rilevati (per ampliare terrapieni negli ambiti portuali, per formare terrapieni per industrie, aeroporti, isole artificiali) per colmare delle zone basse (paludi, depressioni), per la costruzione di nuclei di dighe di difesa, per ricostituire litorali sottoposti ad erosione. Talvolta, materiali sabbiosi e ghiaiosi possono essere utilizzati per la confezione di calcestruzzi.

La discarica in mare

Proprio preoccupati del danno ambientale che lo scarico in mare può provocare, i principali Paesi costieri hanno iniziato a trattare della sua regolamentazione nella conferenza di Stoccolma del 1972, dalla quale è poi derivata la *Convenzione di Londra* dello stesso anno, che costituisce oggi il riferimento normativo di base e viene continuamente riveduta ed aggiornata. Alla Convenzione di Londra, che riporta le decisioni volta per volta adottate, aderiscono oltre 70 Stati. Le decisioni prese dai Comitati, che operano nel quadro della Convenzione stessa, vanno tradotte in leggi nazionali di ciascun Paese. Così, dal 1986 in poi, si sono susseguite numerose *Directive internazionali* per il trattamento dei prodotti del dragaggio elencati e distinti in materiali proibiti (metalli pesanti, idrocarburi, batteri, ecc.) ed in materiali che richiedono particolare attenzione. In esse è compresa una nota dei criteri da seguire per la regolamentazione delle operazioni di scavo e discarica dei materiali di dragaggio.

In Italia l'estrazione e la discarica di materiali nell'ambito del demanio marittimo e del mare territoriale è regolamentata dal Codice di Navigazione, che le vuole sottoposte alla concessione del capo del Compartimento Marittimo, concessione che oggi viene rilasciata con estrema cautela e comunque solo a seguito di una preventiva autorizzazione da parte del Ministero dell'Ambiente, secondo norme alquanto complesse. Il primo documento fondamentale è il decreto del Comitato interministeriale del 26 novembre 1980 per la tutela delle acque dall'inquinamento (riconfermato sostanzialmente dalla legge 31.12.82 n. 979). Il Ministero dell'Ambiente, cui successivamente sono state trasferite le competenze di difesa ambientale, ha emanato una circolare in data 4.7.1988, che è praticamente un'esplicazione del documento CITAI, e poi il D.M. 24.01.96 pubblicato sulla G.U. del 07.02.96⁴, nel quale è possibile trovare le indicazioni da seguire per l'ottenimento dell'autorizzazione alla discarica.

⁴ Il predetto D.M. precisa che "le attività istruttorie per il rilascio dell'autorizzazione allo scarico nelle acque del mare o in ambienti ad esso contigui di materiali provenienti da dragaggi di fondali di ambienti marini o salmastri o da dragaggi di terreni litoranei emersi, devono essere condotte in conformità alle disposizioni riportate negli allegati A, B/1 e B/2" al decreto, il punto 2 dell'allegato A elenca gli

I principi base restano comunque i seguenti:

1. le zone di discarica devono essere zone di limitata vita animale e vegetale, lontane da zone d'attività balneare e prive di vincoli di tutela biologica, ecologica, archeologica, di ricerca scientifica; i materiali di dragaggio non devono contenere componenti inquinanti in quantità apprezzabili;
2. inoltre, i tempi di dragaggio e le relative modalità devono seguire certe prescrizioni ed essere sottoposti a scrupolosi controlli.

Qualora, invece, il terreno contenesse elementi inquinanti, sarà necessario sottoporlo ad un preventivo trattamento, che, secondo i casi, può comportare aumenti di costo fino a cento e più volte. Il terreno contaminato deve in primo luogo essere trasportato a deposito in un'area isolata, che possa contenere il terreno in un ambiente impermeabile, che impedisca la fuoriuscita d'elementi inquinanti⁵. Il trattamento successivo consisterà in primo luogo nel filtraggio (per esempio con idrocycloni), in modo da separare le particelle più fini in sospensione, che sono quelle cui aderiscono la maggior parte degli elementi inquinanti. Si arriva così a separare i prodotti contaminanti da sottoporre, poi, ad un ulteriore trattamento, che, secondo i casi, potrà essere biologico, chimico, meccanico, onde fornire un prodotto finale neutro.

Un'esperienza interessante di riutilizzo del materiale dragato contenente metalli pesanti è stato fatto al porto di Ravenna (1995-96); il materiale dragato, eminentemente sabbioso, è stato depositato a terra, dove le particelle pesanti hanno potuto sedimentare naturalmente in tempi non lunghissimi, permettendo il riutilizzo del materiale sabbioso disinquinato per opere di difesa costiera ed altro ancora. L'operazione di dragaggio e di discarica, che si prevedeva onerosissima, si è così trasformata, alla fine, in un'operazione economicamente ed ambientalmente vantaggiosa.

L'esempio citato evidenzia i vantaggi derivanti da un attento esame delle possibilità di riutilizzare il terreno scavato, nei modi che si sono innanzi accennati ed in altri ancora. Utile, a questo proposito, la guida pratica allegata al bollettino n. 77 dell'AIPCN, che sviluppa questo argomento. Anche nel caso di un terreno non inquinato, la discarica dovrà avvenire in zona tale da non arrecare danni alla flora e alla fauna ittica. Vanno pertanto escluse le zone dove vegetano, per esempio, praterie di posidonia o colonie di molluschi. Il Ministero dell'Ambiente potrà anche prescrivere una limitazione all'altezza dello strato di terreno da scaricare, per non turbare la morfologia dei fondali.

In diversi Paesi, come ad esempio l'Olanda, gli Stati Uniti, il Belgio, sono stati predisposti spazi idonei, isolati dall'ambiente circostante, per ricevere materiali inquinati e i progetti di dragaggio prevedono destinazioni diverse per i materiali scavati, in funzione della quantità e qualità di componenti inquinanti.

La discarica a terra

Nel caso di scarico a terra dei prodotti dragati, si rientra nella competenza dei Comuni e delle Regioni, essendo il terreno considerato come rifiuto solido.

Per lo scarico a terra occorre predisporre, attorno alle zone di colmata, arginature adeguate a contenere il terreno rifluito e realizzare pendenze atte a far defluire l'acqua in eccesso, senza arrecare danni alle zone circostanti.

È appena il caso di ricordare che, prima di iniziare i lavori, oltre ad avere la disponibilità ad usare il terreno da parte del proprietario, occorre ottenere dal Comune la licenza edilizia e dalla Provincia l'autorizzazione alla discarica, dietro accertamento che la zona risponda ai prescritti requisiti igienico-ambientali, sulla base dei prelievi dei materiali effettuati dalle ASL.

scarichi non autorizzabili, il punto 3 indica gli scarichi autorizzabili, i punti 4 e 5 indicano le modalità della domanda di autorizzazione e dell'attività istruttoria.

⁵ Interessante l'esempio del deposito "Slufter" del porto di Rotterdam (uno dei primi e più importanti depositi di terreno contaminato): il materiale inquinato, dragato nella parte più interna e più inquinata del porto stesso, viene versato in questo grandissimo deposito ricavato nel mare e reso assolutamente impermeabile, che viene via via ricoperto di terreno non inquinato, in modo da creare un terrapieno utilizzabile come spazio a servizio del porto.

Le attrezzature di dragaggio

Le attrezzature di dragaggio vanno scelte secondo il tipo di materiale da scavare, la presenza di moto ondoso nella zona di scavo, il luogo della discarica e la quantità globale di scavo da fare. L'origine delle moderne attrezzature si può riconoscere negli U.S.A.; in Europa esse si sono sviluppate a partire dall'Olanda, facendo tesoro delle esperienze realizzate nello scavo del canale di Suez, dove esiste un'ampia gamma di condizioni diverse per il dragaggio.

Le draghe sono di diversi tipi e dimensioni ed includono le macchine operanti in acqua e quelle a terra.

Le attrezzature di dragaggio si classificano in base alle operazioni di scavo e possono essere raggruppate nei seguenti principali gruppi:

- draghe meccaniche;
- draghe idrauliche;
- draghe speciali a basso impatto;
- draghe d'altro tipo.

L'identificazione delle draghe può essere inoltre fatta in base alla propulsione, cioè semoventi o stazionarie. La scelta dell'attrezzatura di dragaggio va fatta sulla base di una combinazione di fattori, quali:

- il tipo d'ambiente fisico;
- la natura, la quantità e il livello di contaminazione del materiale da dragare;
- il metodo di posizionamento;
- la distanza dal sito di posizionamento.

Le regole di difesa ambientale, in forte evoluzione, richiedono spesso un significativo aumento delle attrezzature di dragaggio.

Fra le *draghe meccaniche* possiamo ricordare: la draga a secchie, la draga a grappolo o a benna mordente, la draga a cucchiaio e a cucchiaio rovescio, il pontone rompiroccia;

fra quelle *idrauliche*: la draga aspirante a punto fisso, la draga aspirante con disgregatore, la draga aspirante a testa raspante semovente (tralasciamo di considerare tipi di draghe non idonee per i nostri mari).

La *draga a secchie* scava il terreno con una catena di secchioni che scaricano il materiale in bette affiancate alla draga, che poi vanno a scaricarsi in mare aperto o svuotate mediante idroscaricatore. La draga opera brandeggiando su sei cavi ormeggiati su punti fissi. Può scavare qualsiasi terreno fino alla roccia tenera (secondo la potenza installata fino a carichi di rottura di circa 40 kg/cm²) e può scavare sassi e roccia preventivamente frantumata con l'uso d'esplosivo o dall'azione dello scalpello o del martello pneumatico montato su un pontone, non essendo infatti generalmente ammesso l'utilizzo di esplosivo in aree portuali o comunque in aree vicine ad abitati. Ha rendimenti bassi nell'argilla⁶ e non molto alti nella sabbia a causa di un incompleto riempimento dei secchioni: ha complessivamente un costo d'esercizio piuttosto elevato per la necessità di servirsi di una serie di bette (trainate da rimorchiatore fino alla zona di discarica o semoventi). Ingombra lo specchio d'acqua per la presenza dei cavi; è in grado di eseguire scavi di grande precisione; non può operare con moto ondoso con altezza d'onda superiore a 50 cm.

La *draga a grappolo* o *a benna bivalve* può essere anche autocaricante, se dispone di un pozzo simile a quello di una betta, oppure carica bette affiancate. Attrezzo d'uso flessibile, adatto quindi per l'esecuzione di modeste quantità di lavoro; ha costi unitari elevati e non è utilizzabile per lavori di massa. E' particolarmente adatta per roccia preventivamente frantumata con esplosivo o per interventi di scavo in zone difficilmente accessibili, e può essere usata anche nella costruzione dei moli foranei, nel qual caso la benna effettua l'operazione inversa.

⁶ L'argilla compatta provoca anche difficoltà di svuotamento delle bette, alle quali si fa fronte o con scafi che si aprono per consentire la fuoriuscita del materiale dal fondo, o con elevatori a norie che riscavano il materiale dalle bette.

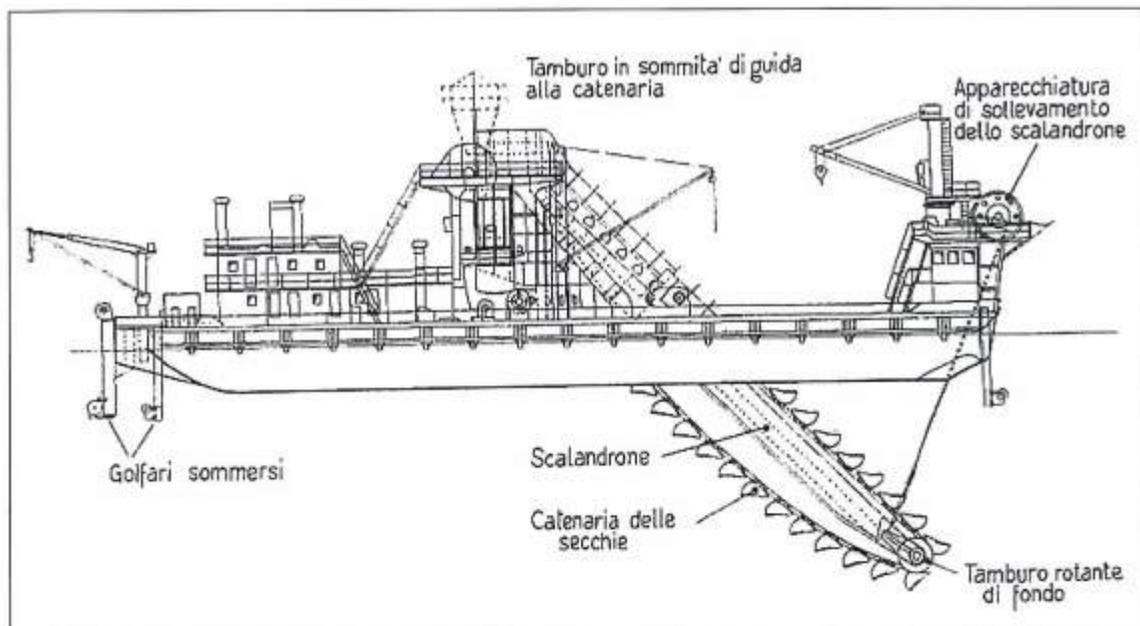


Figura 6 - Schema di una draga a secchie.

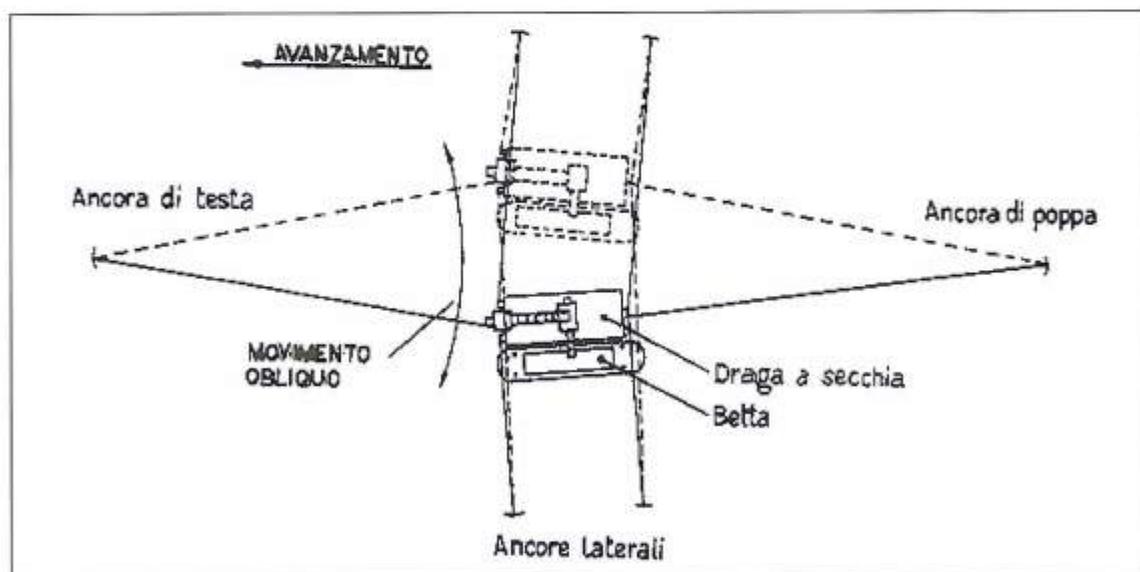


Figura 7 - Metodo di lavoro di una draga a secchie.

La *draga a cucchiaio* è un pontone munito di piloni di acciaio di ancoraggio, su cui è installato un escavatore a cucchiaio frontale o a cucchiaio rovescio, che carica le bette. È un attrezzo di uso limitato, con costo di esercizio elevato, impiegato per lo scavo di materiale compatto, eterogeneo e per scavi di trincee strette.

La draga aspirante a punto fisso è utilizzabile solo per scavo di sabbia sciolta, che non richiede il rispetto di sezioni precise. È un attrezzo di esercizio molto economico, quando può rifluire direttamente, mediante tubazioni, in una zona di colmata; può anche riempire delle bette se la sabbia ha grani grossi. L'equipaggiamento dello scafo conosce una serie di varianti secondo l'uso della draga e del tipo di terreno. In genere l'apparecchiatura di sollevamento ed abbassamento del tubo aspirante, per posizionarlo alla profondità desiderata, è installato a prua.

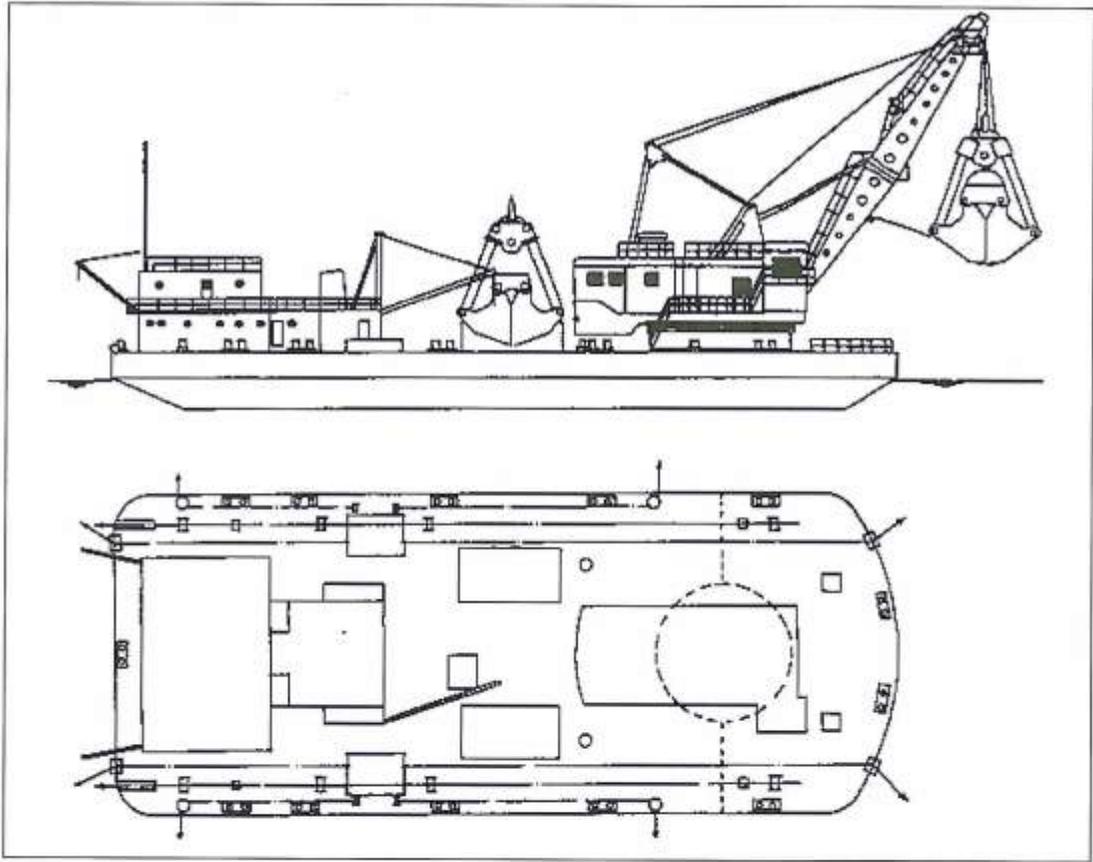


Figura 8 - Draga a grappo.

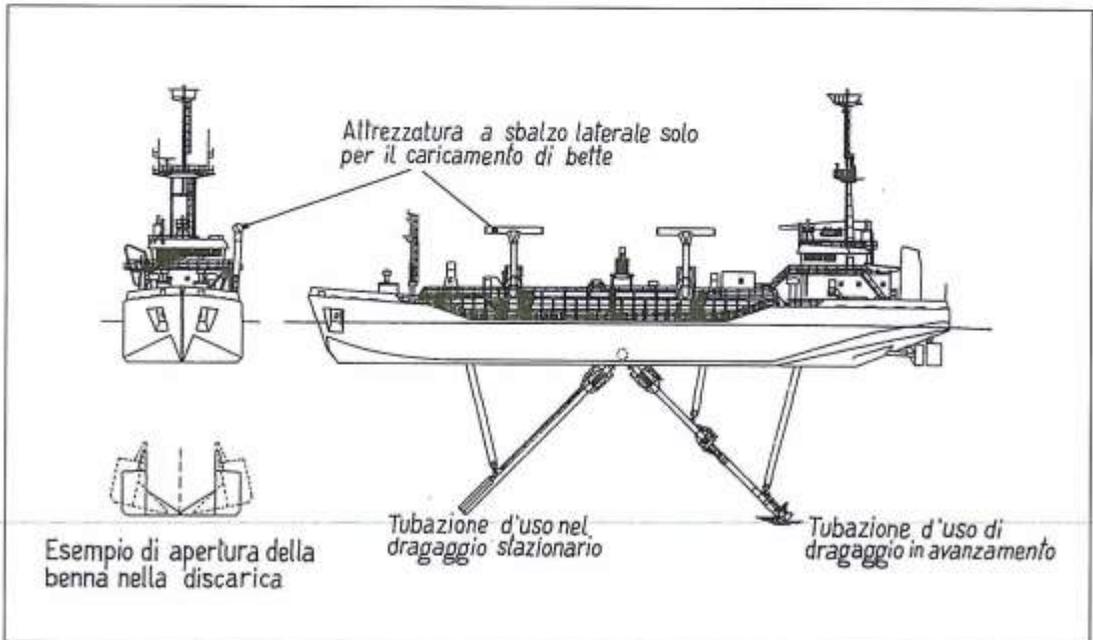


Figura 9 - Draga aspirante - rifluente.

La *draga aspirante con disgregatore* è l'attrezzo d'uso più economico per qualsiasi tipo di terreno, esclusa la roccia, quando vi è possibilità di rifluire direttamente in una zona di colmata; con l'aggiunta di stazioni di pompaggio in serie, può anche arrivare a distanze dell'ordine di una decina di chilometri. Opera brandeggiando su due cavi e avanzando su due piloni infissi nel terreno. Esistono draghe di questo tipo con potenze installate di oltre 15.000 KW. Per lavori di modesta entità, il costo del trasferimento della draga e il montaggio di una lunga tubazione di refluentamento può essere molto elevato. Per operare ha bisogno di uno stato del mare con onde di altezza non superiore a 0.50 - 0.75 m.

La *draga aspirante a testa raspante autocaricante semovente* opera come una nave, senza alcun cavo; aspira il terreno, mentre naviga, con una pompa collegata ad una specie di ruspa, che striscia sul terreno e che riempie la propria stiva (pozzo). Quando il pozzo è riempito, va nella zona di scarico e svuota il pozzo, mediante apertura del fondo o mediante pompaggio. Può operare anche in presenza di onde alte 2.50 m ed è idonea allo scavo di terreni sciolti. Ha bisogno di fondali adeguati e di specchi acquei di ampiezza sufficiente per l'evoluzione.

Per minare la roccia prima di scavarla, si impiegano dei martelli perforatori o montati su pontone o, per operare in presenza di moto ondoso, montati su piattaforme dotate di piloni, che poggiano sul terreno di fondo. Ove occorre, è possibile l'uso di microcariche (il vecchio sistema D o svedese), che permette di ridurre e quasi annullare l'effetto d'urto nell'ambiente circostante. Quando non sia consentito l'uso degli esplosivi e la roccia abbia carichi di rottura superiore a 40 kg/m², si dovrà fare ricorso alla frantumazione della roccia con mezzi di scavo meccanici, fra i quali il pontone rompi-roccia munito di scalpelli e/o martelli pneumatici; si tratta comunque di operazione laboriosa con costi elevati e produzioni modeste.

È appena il caso di ricordare che, per lo scavo delle cunette, in cui posare le condotte sottomarine (che vengono poi coperte con lo stesso materiale scavato in modo da non interferire con l'azione del moto ondoso), esistono anche particolari attrezzature costituite da macchine escavatrici sottomarine teleguidate, capaci di scavare anche roccia dura.

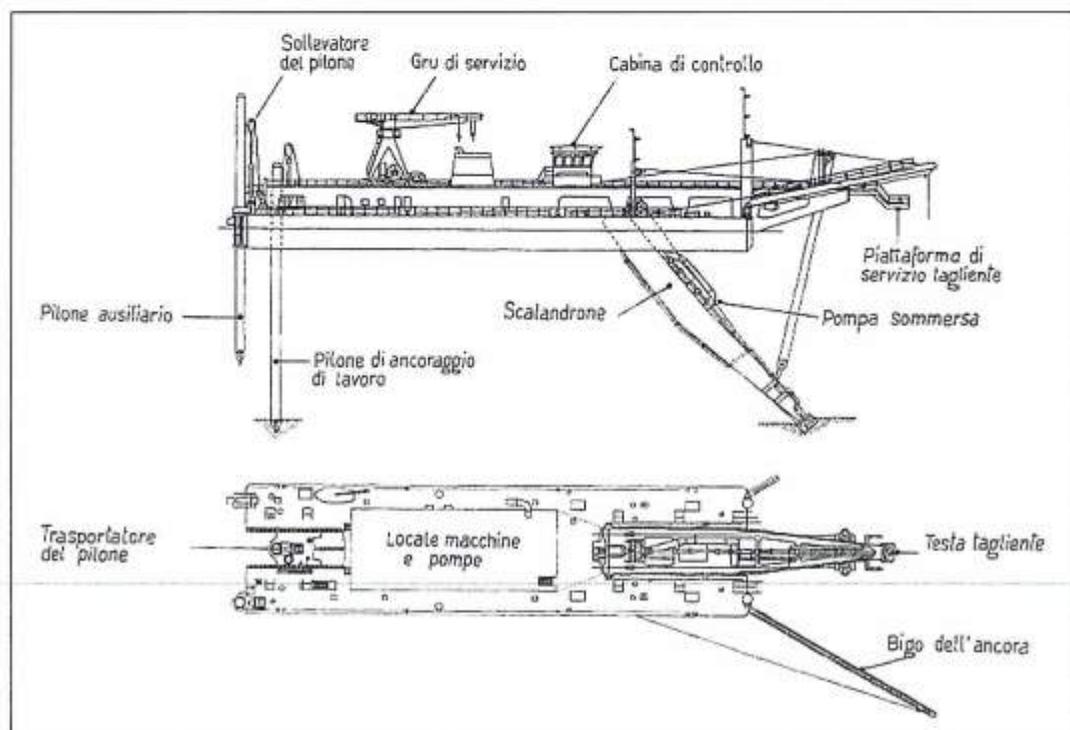


Figura 10 - Draga aspirante con disgregatore.

Scavo dei bacini portuali

Altro elemento importante per la progettazione è la presenza o meno di transito di navi nella zona da scavare. Generalmente, trattandosi di bacini portuali, non vi sarà da considerare il moto ondoso. Nel caso di *scavo in un bacino portuale nuovo*, l'assenza di transito di navi può orientare verso l'impiego di una draga aspirante rifluente con disgregatore, sempre che esista una vicina zona di colmata ed il terreno non abbia consistenza rocciosa. La convenienza economica lega infatti la distanza della colmata all'entità complessiva del dragaggio. Poiché, aumentando la distanza, aumentano i costi fissi per la formazione e posa della tubazione di refluento e delle eventuali stazioni di pompaggio intermedie, questa soluzione può non essere conveniente se il volume da scavare è limitato, nel qual caso può convenire orientarsi sull'impiego di draga aspirante autocaricante semovente (se ci sono già fondali adeguati: almeno 6 -7 metri), svuotando con pompa i pozzi della draga stessa (se si deve rifluire il terreno in colmata). Se poi il materiale è sabbioso, è preferibile caricare, con la draga aspirante a disgregatore, delle bette e poi scaricarle in mare o, se il terreno va in colmata, con ripresa mediante pompaggio. Se il materiale non è sabbioso, può infine convenire riempire le bette utilizzando una draga a secchie.

Nel caso in cui si debba operare *in un bacino portuale in esercizio*, la presenza di un'attrezzatura di dragaggio stazionaria, come la draga a disgregatore o la draga a secchie, può recare seri intralci alla navigazione e, quindi, va preferito l'utilizzo di una draga aspirante autocaricante semovente tutte le volte che il terreno lo consente (limi, argille non troppo compatte, sabbia, ciottoli, roccia preventivamente ben frantumata). Per i terreni compatti, il dragaggio è ovviamente più complesso: l'argilla può essere scavata con draghe aspiranti con disgregatori potenti o con draghe a secchie. La roccia tenera può essere dragata da una robusta draga a secchie o da draga aspirante con disgregatore particolarmente potenti. La roccia compatta richiede il preventivo minamento con esplosivo. Una volta esplosa, la roccia può essere salpata (come già visto innanzi) con grappo o draga a cucchiaio o, se la pezzatura è sufficientemente minuta, con draga a secchie o draga aspirante autocaricante. Nel caso in cui non sia consentito l'uso di esplosivi, dovrà farsi uso di sistemi meccanici, come già visto al precedente paragrafo.

I dragaggi di manutenzione

Sia i porti che i canali di accesso sono soggetti, salvo rare eccezioni, ad interrimenti. Il dragaggio di manutenzione rappresenta una costosa necessità per consentire permanentemente l'accesso e l'operatività delle navi. In questi casi il terreno è, ovviamente, sempre incoerente: limi, argille non compatte, sabbie.

Normalmente la draga aspirante, autocaricante, semovente è l'attrezzo più idoneo per questo tipo di dragaggio, purché vi siano adeguati fondali e spazi di evoluzione per la draga. In mancanza di queste condizioni, per quantitativi limitati, può essere conveniente l'impiego di una draga a grappo, che è attrezzo di poco costo e di economica mobilitazione. Per quantitativi rilevanti, come può avvenire nei porti mal progettati, che si trovano ad essere completamente interrati, la draga aspirante con disgregatore rappresenta la soluzione più economica⁷.

Una mareggiata può creare improvvisamente una barra che ostruisce l'accesso al porto, fatto che richiede interventi urgenti di dragaggio dei canali di accesso. E' ovvio che i porti, che possono trovarsi in questa condizione, devono disporre di mezzi effossori adeguati immediatamente disponibili (es. i canali di accesso al porto di Venezia). Talvolta, per dare la possibilità di assorbire senza danno gli effetti di imbonimenti provocati da improvvise forti mareggiate, si realizzano delle "trappole per sabbia": in un punto idoneo del canale si scava una fossa a profondità alquanto maggiore del fondale del canale stesso, con funzione di raccogliere un certo quantitativo di materiale di imbonimento e così consentire di procrastinare l'intervento effossorio di ripristino (i risultati sono spesso modesti).

⁷ Un particolarissimo tipo di dragaggio di manutenzione, peraltro non utilizzabile nel bacino mediterraneo, è il dragaggio per agitazione e il "dust pan" basati sullo sfruttamento di forti correnti di marea.

Scavo di fondazione per moli e banchine

Questo tipo di scavo richiede, normalmente, una grande precisione di esecuzione per evitare non desiderate eccedenze di scavo. È pertanto da prevedere l'impiego di draga aspirante a disgregatore (per terreni sciolti con possibilità di refluento diretto a colmata o, se sabbie, da scaricare in bette) oppure draga a secchie (per terreni compatti o terreni limosi - argillosi da scaricare in bette).

Reperimento di materiali per ripascimenti, terrapieni e simili

In molte circostanze, il terreno scavato può essere direttamente riutilizzato. È di tutta evidenza che bisogna sempre sforzarsi di trovare il modo di non sciupare una risorsa preziosa, reimpiegando il prodotto del dragaggio come materiale da costruzione, materiale di ripascimento, ecc., tutte le volte che sia possibile. Non si dimentichi, infatti, che spesso è necessario reperire terreno per formare terrapieni, imbasamenti di moli e banchine, nuclei di dighe, ecc. da cave a terra ed a lunga distanza (recenti esempi per la formazione di colmate nei porti di Genova - Voltri e di Bari). A solo titolo di esempio, si accenna all'impiego del materiale dragato per la formazione di "fondazioni galleggianti" costituite da materassi di sabbia su terreno fangoso, come realizzati a La Spezia, Kobe, Ravenna, ecc., o per la formazione di nuclei sabbiosi nelle dighe, come realizzato ad Augusta in un lontano passato⁸ od in altri recenti esempi di grandi porti all'estero.

Un particolare tipo di operazione è il *trasporto con by-pass di materiali sabbiosi*.

Molti porti-canale e porti con moli aggettanti in mare determinano alterazioni del litorale, per cui si hanno importanti accumuli di sabbia dal lato sopraflutto ed erosioni dal lato sottoflutto.

Per riequilibrare la situazione del litorale in questione, si procede talvolta installando un'apparecchiatura o a terra o su galleggiante. Questa è una specie di draga aspirante a punto fisso costituita essenzialmente da una pompa collegata, all'aspirazione, ad un tubo brandeggiabile che può aspirare la sabbia nella zona di accumulo e, alla mandata, ad una tubazione, che, by-passando l'imboccatura del porto con un attraversamento subacqueo, trasporta la sabbia nella zona di erosione.

L'analisi dei costi

Da quanto innanzi esposto, si può ben comprendere come il costo del dragaggio possa variare enormemente a seconda del tipo di terreno da dragare, della sua profondità, delle condizioni del mare e/o del traffico marittimo coesistente, del sito di discarica, della draga scelta o disponibile.

Il costo del dragaggio va pertanto determinato sommando alle normali voci di costo, quali la mano d'opera, i consumi, gli ammortamenti, il costo di riclassifica dei mezzi marittimi, l'assicurazione, le manutenzioni, anche il costo dell'usura delle parti della draga a contatto con il materiale dragato: per alcuni terreni, quali le sabbie abrasive e i ciottoli, questo costo può avere incidenze notevolissime, perché pompe, tubi, disgregatori, secchioni possono avere vita brevissima.

Le attrezzature di dragaggio, di norma, vengono utilizzate a ciclo continuo, a causa del loro elevato costo; qualora leggi antirumore vigenti in determinati luoghi impedissero la lavorazione continua, il costo si troverebbe gravato di questo onere. Si deve anche tenere conto che il costo subisce incrementi rilevanti per scavi a grande profondità, che necessitano dell'impiego di attrezzature particolari. Per meglio far comprendere il modo di procedere nell'analisi del costo del dragaggio, si preferisce utilizzare un esempio di calcolo del nolo orario di una draga a secchie in attività di escavazione con ciclo di produzione di otto ore giornaliere (in realtà, l'utilizzazione delle draghe supera di molto le otto ore giornaliere). Si premette una nota di riferimento per chiarire il significato di alcuni simboli e delle formule assunti per la determinazione dei noli (Tomasicchio e Maggi, 1978).

⁸ Quando il prelievo del materiale avviene in mare aperto e quindi l'attrezzo utilizzabile è la draga aspirante autocaricante semovente, questa, in relazione al fondale esistente nella zona di scarico, svuoterà il proprio pozzo con apertura diretta o pomperà il materiale attraverso una tubazione.

Schema di riferimentoQuota di ammortamento = Q_{amm} :

$$Q_{amm} = C \frac{(1+r)^n r}{(1+r)^n - 1}$$

dove:

 C = capitale da costituire ($C_s - C_r$) C_s = costo all'acquisto (costo storico) C_r = costo residuo (20% di C_s) r = tasso di interesse n = annualitàConsumo orario carburante = C :

$$C = PK_s N$$

dove:

 P = prezzo del gasolio al litro espresso in lire K_s = consumo specifico gasolio (=0.2 kg/Kw) N = potenza complessiva impiegata (Kw)Spesa complessiva di manutenzione comprensiva di mano d'opera = S :

$$S = \frac{KC_s}{h}$$

dove:

 K = coefficiente dipendente dal tipo di macchina (per i natanti = 0,15) C_s = costo all'acquisto della macchina h = numero delle ore lavorative in un annoConsumo orario lubrificanti = L :

$$L = K_1 P_L N$$

dove:

 K_1 = consumo specifico lubrificanti = 0,0055 Kg/Kw P_L = prezzo dell'olio lubrificante al Kg espresso in lire N = potenza complessiva impiegata (Kw)**Calcolo del nolo orario di una draga a secchie in attività di escavazione con ciclo di produzione di 8 ore/giorno**

Caratteristiche del mezzo, che vanno assunte direttamente dal fabbricante:

- potenza totale installata 1.600 KW;
- profondità di dragaggio: m 25 con elinda normale, m 34 con elinda allungata;
- velocità delle secchie = 33 secchie al minuto;
- costo all'acquisto della draga C_s = lire 13.000.000.000

1) Quota di ammortamento annua con tasso di interesse $r = 10\%$ e $n = 10$ annualità:Il capitale da ricostruire è determinato dalla differenza tra il costo storico ($C_s =$ lire 13.000.000.000) ed il valore residuo dopo 10 anni ($C_r =$ lire 2.600.000.000), pertanto si ricava:

$$Q_{amm} = 10.400.000.000 \frac{(1 + 0,10)^{10} 0,10}{(1 + 0,10)^{10} - 1} = \text{£ } 1.695.200.000$$

Considerando pari a 1.760 le ore d'impiego annue (220 gg x 8 ore), si ottiene la quota di ammortamento oraria: $Q_{amm} = \text{£/h } 963.182$;

2) Consumo orario carburanti, avendo posto:

P = prezzo gasolio marino = lire 289 (£ 264 alla pompa + £ 25 per il trasporto);

$K_s =$ consumo specifico gasolio = 0,20;

N = 1.600 potenza installata della macchina (KW),

C = $289 \times 0,20 \times 1.600 = \text{£/h } 92.480$.

3) Spese orarie di manutenzione comprensive di mano d'opera:

$$S = \frac{0,15 \times 13.000.000.000}{1.760} = \text{£/h } 1.107.954.$$

4) Consumo orario lubrificanti, ponendo:

$K_l = 0,0055$ Kg/KW consumo specifico lubrificanti;

P = £ 3.328 al Kg (il costo dell'olio tipo Sigma è di lire 6.050 al kg, che scontato del 45%, diviene 3.328)

e pertanto: $L = 0,0055 \times 3.322 \times 1.600 = \text{£/h } 29.233$

5) Mano d'opera:

n.1 capitano	£/h 30.304
n.1 direttore di macchina	" 30.304
n.1 ufficiale di coperta	" 30.304
n.1 motorista	" 28.871
n.3 marinai (3 x £ 27012)	" 81.036
sommano	£/h 200.819

Pertanto il costo complessivo C_{nolo} orario del nolo della draga (a caldo, cioè comprensivo di carburante e mano d'opera) è pari a: $C_{nolo} = \text{£/h } (963.182 + 92.480 + 1.107.954 + 29.233 + 200.819) = 2.393.668$, arrotondato a £/h 2.394.000.

Per ottenere il prezzo di progetto, al costo vanno aggiunte le spese generali nella misura del 13% e l'utile dell'impresa pari al 10%.

Usualmente nell'elenco prezzi di progetto si riporta il prezzo di un metro cubo di materiale scavato, questo si ricava facilmente dividendo il costo o prezzo orario, come sopra ricavato, per la capacità di scavo della draga, che, in riferimento alle caratteristiche del terreno da scavare, viene indicato dal fabbricante.

Misurazioni e controlli

Un argomento abbastanza complesso è quello della misurazione e dei controlli.

In linea generale i controlli vengono effettuati mediante scandagli di prima e seconda pianta, sia in caso di scavo che di riempimento. Al giorno d'oggi si usano ecoscandagli montati su motovedette di misurazione e controllo munite di apparecchiature elettroniche, che consentono di determinare l'esatta localizzazione del natante stesso e di calcolare direttamente il volume scavato (Fig. 11).

Uguale tipo di apparecchiature, se montato sulle draghe aspiranti autocaricanti semoventi, consente di seguire istantaneamente il lavoro eseguito e la produzione della draga stessa.

Le motovedette di misurazione e controllo possono anche essere dotate di apparecchiature per misurare la densità del fondale, per esaminare la possibilità di transito di navi su un fondale fangoso poco consistente ("fluid mud"), economizzando così il volume di terreno da asportare con il dragaggio.

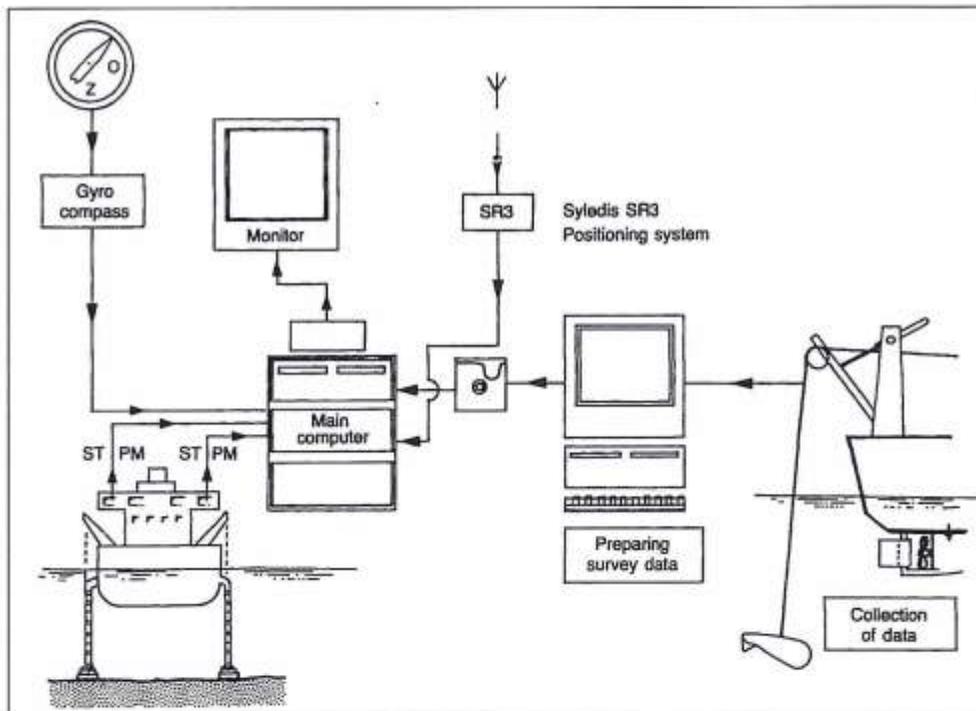


Figura 11 - Lay-out di videoplotter per il monitoraggio del dragaggio (Overseas Decloedt, Brussels).

Nel caso di terreni molto compatti, può invece essere necessario un ulteriore controllo allo scavo, controllo che viene effettuato con il passaggio di una pesante barra metallica situata ad una profondità corrispondente alla quota di progetto e trainata da due rimorchiatori.

Nei dragaggi di manutenzione, eseguiti in zone soggette a rapidi imbonimenti o in casi particolari, in cui risulta impossibile la misurazione con sezioni di prima e seconda pianta, si procede con la misurazione diretta sul mezzo di trasporto. Viene cioè misurata l'immersione del mezzo di trasporto prima di iniziare il carico e a carico compiuto; si determina così il peso del materiale trasportato in funzione della curva di carico, che indica il dislocamento del mezzo in relazione all'immersione stessa. Si esegue poi la misurazione del peso specifico del materiale trasportato e si risale quindi al volume.

Ringraziamenti

Si ringrazia il dott. ing. Edoardo Almagia, noto esperto e componente del comitato internazionale di presidenza dell'AIPCN, per il contributo offerto alla stesura di questo rapporto.

Bibliografia

- Abbot M.B. e Price W.A. (1994) - *Coastal, Estuarial and Harbour Engineers. Reference Book*. Chapman & Hall, Londra.
- AIPCN (1984) - *Rapport d'un groupe de travail du Comité Technique Permanent II*, Supplement au Bulletin n. 47, Bruxelles.
- AIPCN (1992) - *La Valorisation des produits de dragage*. Suppl. boll. 77, Bruxelles.
- AIPCN (1993) - *Bollettino n. 80*, Bruxelles.
- AIPCN (1995) - *Les chenaux d'accès*. Suppl. au Bull. 88, Bruxelles.
- AIPCN (1997) - *Manutention et traitement des matériaux de dragage contaminés*. Suppl. boll. 93, Bruxelles.
- AIPCN (1998) - *Guide de Gestion des matériaux de dragage*. Suppl. au Bull. 97, Bruxelles.
- AIPCN (1998) - *Guide de gestion des matériaux de dragage*. Bulletin 99 - Bruxelles.
- AIPCN (1999) - *Dredging: the facts*. Annex to bulletin n. 102.

- AIPCN (1999) - *Environmental management framework for ports and related industries*. Report of Working Group 4 of Permanent Environmental Commission.
- AIPCN (2000) - *Site investigation requirements for dredging works*. Supplement to bulletin no. 103.
- BHRA (1975) - Ist. Int. Symp. On Dredging technology, Canterbury.
- Cooper (1958) - *Practical Dredging*. Brown, Son & Ferguson, Glasgow.
- IARH (1991) - *Dredging for development*. Barcellona.
- IHC (1993) - *Ports and dredging, 50 years*. - IHC Holland, Sliedrecht.
- Matteotti G. (1995) - *Lineamenti di Costruzioni Marittime*. SG Editoriali Padova.
- Montevecchi M. (1995) - *Il dragaggio: il rispetto dei vincoli ambientali*. AIPCN Sez. Italiana "Giornate italiane di ingegneria costiera, 2° edizione, Ravenna.
- Poydenot (1955) - *Le Canal de Suez*. Presses Universitaires de France, Paris.
- Puertos del Estado (1996) - *Dragas y Dragados*, 1ª edición.
- Terra et Acqua (1975) - n. 8/9, Int. Ass. of Dredging Companies, Aja.
- Terra et Acqua (1975) - n.10, Int. Ass. of Dredging Companies, Aja.
- Terra et Aqua (1989) - n. 39, Int. Ass. of Dredging Companies Aja.
- Terra et Aqua (1998) - n. 72, Int. Ass. of Dredging Companies, Aya.
- Tomasicchio U. (1998) - *Manuale di ingegneria portuale e costiera*. BIOS, Cosenza.
- Tomasicchio U. e Maggi G. (1978) - *Proposta per una razionale stima, mediante modello matematico, dei costi dei trasporti e dei noli dei mezzi terrestri e marittimi operanti nel settore dei lavori pubblici, quale utile contributo ai fini della valutazione della variazione revisionale del prezzo d'appalto*. Rassegna dei Lavori Pubblici, Roma.
- US Army Corps of Engineers (1995) - *Dredging Research Program*, Technical Report DRP - 95 - 8.

Manoscritto ricevuto il 30/5/2000, accettato il 20/9/2000.

Repertorio bibliografico delle pubblicazioni di dinamica dei litorali riguardanti le coste italiane

a cura di Giovanni Battista La Monica ed Enzo Pranzini

G.N.D.C.I., Linea 2, U.O. 51

Premessa

I problemi connessi con la crescente erosione delle spiagge italiane ed un sempre maggiore interesse scientifico verso la dinamica dei litorali hanno portato ad una notevole produzione scientifica in questo settore. Purtroppo la gran parte dei lavori è stata pubblicata su riviste non specialistiche, nazionali ed internazionali, e sugli atti dei numerosi convegni svoltisi negli ultimi decenni. Questo enorme patrimonio conoscitivo, di fondamentale importanza sia per i ricercatori che per gli amministratori a cui è delegata la tutela della fascia costiera, non è quindi facilmente reperibile.

In realtà, nel 1983, Giuliano Fierro coordinò la pubblicazione della Bibliografia di quanto prodotto nell'ambito del *P.F. Conservazione del Suolo, Sottoprogetto Dinamica dei litorali* e, nel 1990, quella relativa al Progetto ministeriale *Dinamica, dissesti e tutela delle coste*. Ma ovviamente quanto pubblicato da autori non afferenti a questi progetti non venne incluso e, con la fine di quei progetti, la Bibliografia non venne più aggiornata.

Si è ritenuto quindi opportuno procedere alla raccolta ed alla pubblicazione di un Repertorio bibliografico dei lavori relativi alla dinamica costiera che hanno come area di studio il litorale italiano. Ciò è stato fatto nell'ambito delle attività promosse dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (G.N.D.C.I.), Linea 2: Vulnerabilità delle aree costiere, coordinato da Giovanni Battista la Monica.

Il reperimento dei lavori non è stato semplice, anche perché i ricercatori che si occupano di questo aspetto sono diffusi in ambiti disciplinari assai diversi e non sempre comunicanti fra loro. Inoltre, questa prima raccolta di titoli riguarda essenzialmente i lavori di geomorfologia e sedimentologia, lasciando per il momento da parte quelli di idraulica marittima. Si spera comunque che questa nostra iniziativa stimoli nei colleghi ingegneri un simile lavoro e che un domani questa bibliografia, opportunamente integrata, potrà unirsi a quella da loro prodotta.

I limiti temporali che ci siamo imposti, per motivi che riguardano anche quanto detto all'inizio, vanno dal 1982 al 1999, mentre per le pubblicazioni da inserire ci siamo limitati a quelle che hanno come esplicito oggetto di studio il territorio nazionale. Sono stati esclusi quindi molti lavori a carattere generale, sia teorici che metodologici, in alcuni dei quali vi sono forse utili riferimenti alle nostre coste, ma non vi era la possibilità di analizzarli tutti e di trovarli poi la giusta collocazione.

Questo elenco, che pure speriamo sia di una qualche utilità, vuole in realtà essere più che altro uno stimolo verso coloro che non hanno inviato la propria bibliografia e un messaggio ai molti che non sono stati raggiunti dal nostro appello. Speriamo quindi che l'elenco si allunghi di molto, tanto da giustificare una nostra iniziale intenzione di riversare tutta la bibliografia su di un CD-Rom da distribuire con un prossimo numero di Studi costieri. In quella occasione speriamo sia possibile inserire anche i lavori di idraulica marittima.

La Bibliografia è organizzata per Regioni e i lavori che si riferiscono ad archi costieri estesi su due regioni diverse dovrebbero comparire due volte. Pubblicazioni relative a settori ancora più ampi, coma ad esempio la costa adriatica, o quella del Tirreno centrale, sono incluse nella sezione Italia; qui compare anche l'Atlante delle spiagge italiane del CNR, le cui tavole non sono riportate nelle sezioni regionali.

L'analisi della Bibliografia mostra una copertura assai variabile fra regione e regione, ciò non necessariamente dipende da quanto effettivamente pubblicato, ma può essere anche dovuto ad una carenza della nostra raccolta.

Italia ed unità sopra-regionali

- Bartolini C., Carobene L. (1996) - *Italy's instability in the coastal domain*. Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd. 102: 71-94.
- Brambati A., Carbognin L., Ciabatti M., Fanzutti G.P., Gatto P., Marabini F., Marocco R. (1985) - *Examples of sediment distribution in the Italian Adriatic coast: a comparison between the Shepard and the Nota textural classifications*, IV Symposium on coastal and ocean management. Baltimore, U.S.A.. Proceedings, pp. 510-516.
- Brambati A., Ciabatti M., Fanzutti G.P., Marabini F., Marocco R. (1983) - *A new sedimentological textural map of the Northern and Central Adriatic Sea*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., 4: 267-271.
- Brambati A., Ciabatti M., Fanzutti G.P., Marabini F., Marocco R. (1988) - *Carta sedimentologico-tessiturale dell'Adriatico Centrale*. C.N.R. P.F. "Oceanografia e Fondi Marini". De Agostini - Novara.
- C.N.R. - M.U.R.S.T. (1997) - *Atlante delle spiagge italiane - Dinamismo, tendenza evolutiva, opere umane*. 108 Fogli in Scala 1:100.000, SELCA, Firenze.
- Caputo C. (1998) - *The Italian Seas and their Bottoms*. In: "Italy's Sea. Problems and Perspectives". Volume published in occasion of "The Atlantic: Past, Present and Future", IGU Regional Conference, Lisbon, August 30 - September 2, 1998, Pp.43-55.
- Caputo C., D'Alessandro L., Ulzega A. (1985) - *Coastal and continental shelf geomorphology*. In: Italian research on Physical Geography and Geomorphology: an overview. Ed. Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia del C.N.R., 17-25, Graf. Tecnoprint, Bologna, 1985.
- Caputo C., D'Alessandro L., La Monica G.B., Landini B. e Lupia Palmieri E. (1991) - *Present erosion and dynamics of Italian beaches*. Zeitschrift Geomorph. N.F. Suppl. Bd. 81, Berlin - Stuttgart.
- Caputo C., D'Alessandro L., La Monica G.B., Landini B., Lupia Palmieri E. (1991) - *Present erosion and dynamics of Italian beaches*. Zeitschr. f. Geomorphol., Suppl., 81: 31-39.
- Carbognin L., Marabini F. (1994) - *Le variazioni climatiche in tempi storici e l'evoluzione costiera dell'Alto Adriatico*. Atti del XI Congresso AIOL. Sorrento, pp. 193-202.
- Dal Cin R. (1985) - *Lo stato dei litorali italiani in relazione all'erosione e al degrado causato da opere di difesa*. Atti del convegno "Ambiente, Legislazione, Autonomie Locali", Senigallia 8-9 dicembre 1984:110-118.
- D'Alessandro L. (1991) - *Problematiche geomorfologiche delle coste italiane*. In: La difesa del mare e delle coste - Metodologie, obiettivi, attività. Ministero della Marina Mercantile, Consorzio Pelagos, Litografia Principe, Roma.
- Evangelista S., Full W.E., Tortora P. (1988) - *Sedimentation processes associated with a terrigenous clastic system, central Italy, Tyrrhenian coast*. Centennial Celebration of Geological Society of America, 31.10 - 3.11.88, Denver, Colorado (riassunto).
- Evangelista S., Full W.E., Tortora P. (1989) - *Interaction of marine and fluvial clastic sedimentation Central Italy, Tyrrhenian coast*, American Association of Petroleum Geologist, Annual Convention, (23-26 /4/1989, San Antonio, Texas (riassunto)
- Federici P.R., Zunica M. a cura di (1995) - *Lo spazio costiero italiano. Problemi di crescita, sensibilità ambientale*. Memorie Geografiche n.s., suppl. R.G.I., pp.325.
- Fierro G. (1985) - *L'Atlante delle spiagge italiane, uno strumento per la gestione delle coste*. Atti del Semin.

- Int. "Pianificazione marittima e litoranea, realtà e prospettive". Genova.
- Fierro G. (1986) - *L'Atlante delle spiagge italiane, 10 anni di ricerche del C.N.R. sul regime e la dinamica dei litorali*. Atti del Convegno "Riequilibrio della costa tirrenica, erosione ed insabbiamento". Viareggio.
- Fierro G. (1988) - *L'Atlante delle spiagge italiane*. Pianificazione delle aree costiere. Dinamica dei litorali, gestione delle risorse. CISIAC. Ed. Guerrini e Associati, Milano.
- Fierro G., Corradi N., Firpo M., Piccazzo M., Tucci S. (1990) - *Recherches sur la dynamique, l'érosion et la conservation des côtes en Italie. Avancement des connaissances*. Litoral 1990: comptes rendus du 1er symposium international dell'Association européenne EUROCOAST. Marsiglia. pp. 583-587.
- La Monica G.B., Landini B. (1983) - *Tendenza evolutiva delle coste basse della Penisola italiana*. Atti XXIII Congr. Geogr. It., Vol. II, T. III: 209-217, Catania.
- Marabini F. (1985) - *Evolutional trend of the Adriatic Coast (Italy)*. Coastal Zone 85, IV Symposium on coastal and ocean management. Baltimore, U.S.A., Proceedings. pp. 1-13.
- Marabini F. (1996) - *Erosion processes and rates. Related hazard in Italian Mediterranean climate areas*. Italy-Australia-Indonesia-Malaysia Scientific Weeks 1996. Proceedings edited by Embassy of Italy in Canberra. Riassunto.
- Marabini F. (1997) - *A proposal for the coastal safeguard: the example of the Adriatic coastal zone*. Atti di International Workshop. Tescani (Romania), pp. 1-14.
- Marabini F. (1997) - *La salvaguardia dell'ambiente costiero e attività umane nell'alto Adriatico*. Adriatico-Genti e civiltà, pp. 23-25.
- Marabini F., Veggiani A. (1993) - *The evolution of the northern Adriatic coastal zone (Italy): the climatic changes and the environment*, 8th Coastal Zone. New Orleans, pp. 1-15.
- Simeoni U., Bondesan M. (1997) - *The role and responsibility of man in the evolution of the Adriatic alluvial coasts of Italy*. In: F. Briand and A. Maldonado (Ed.), Transformations and evolution of the Mediterranean coastline; Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée (CIESM), 18, Science Series n. 3: 111-132.
- Tortora P., Bellotti P., Valeri P. (1999) - *Late-Pleistocene and Holocene deposition along the coasts and continental shelves of the Italian peninsula*. In: Anatomy of an Orogen: the Apennines and Adjacent Mediterranean Basins (eds I.P. Martini and G.B. Vai). Chapman & Hall (in press).
- Zunica M. (1987) - *Lo spazio costiero italiano - Dinamiche fisiche e umane*. Valerio Levi ed, Roma, pp.212.
- Zunica M. (1983) - *Interventi sul territorio e dinamica della costa*. Atti 23° Congr. Geogr. Ital., Catania, vol.2, t.1, pp.177-209.
- Zunica M. (1992) - *Adriatico: ambiente costa*. "Studi sull'interfaccia terra-mare", Dipartimento di Geografia, Università di Padova, n.2, pp.1-129
- Zunica M. (1992) - *Ambiente costiero e valutazione d'impatto*. Pàtron, Bologna, pp.205.
- Zunica M. (1998) - *The Italian coastline*. I.G.U. Regional Conference, Lisbona, S.G.I., Roma, pp. 31-41.
- Zunica M. (1999) - *Adriatico: costa e ambiente*. Seminario "La tutela delle coste", Boll. Italia Nostra, n.359, pp.3-4.
- Zunica M. (1985) - *57. Italy*. The World's Coastline, Van Nostrand Reinhold Comp., New York, pp.419-429.

Abruzzo

- D'Alessandro L., Genevois R., Marino A. (1998) - *Dinamica recente della costa alta fra Ortona e Vasto (Abruzzo Centro-Meridionale)*. VI Convegno Nazionale dei Giovani Ricercatori di Geologia Applicata, pp. 202-203, Riassunto.
- Dal Cin R. (1989) - *I litorali tra San Benedetto del Tronto e Ortona (medio Adriatico): sedimenti, degrado ambientale, zonazione costiera, possibili strategie d'intervento*. Boll. Soc. Geol. It., 108: 649-686.
- Dal Cin R., Simeoni U. (1989) - *Zoning and vulnerability of the coasts: application to the Middle Adriatic*. In: Sixth Symposium on Coastal and Ocean Management, Coastal Zone 89, Charleston: 98-110.

- Dal Cin R., Simeoni U. (1991) - *L'analisi multivariata applicata alla caratterizzazione ambientale dei litorali nord-abruzzesi (Medio Adriatico)*. Mem. Soc. Geol. It., 37: 379-389.
- Giorgi G., Girardi A., Marabini F., Zunica M. (1986) - *Evoluzione delle coste abruzzesi-molisane ed analisi di alcuni paraggi significativi*. Mem. Soc. Geol. It., 27: 569-577.
- Giorgi G., Girardi A., Marabini F., Secco G., Zunica M. (1987) - *Metodologie d'indagine sulla erosione costiera, il caso Abruzzo-Molise*. Quaderni del Dipartimento di Geografia, Università di Padova. fasc. n. 8: 1-32.
- Girardi A. (1982) - *Sulle variazioni storiche recenti della linea di riva tra S. Benedetto del Tronto e Giulianova*. Cronache Adriatiche, n.1-2, pp.146-149.
- Marabini F. (1983) - *Characters of the Abruzzi coast*. Congresso I.A.S., International Association of Sedimentologist, Split. Proceedings. Riassunto.
- Simeoni U. (1989) - *Rapporti fra barre e caratteri idrodinamico-geomorfologici nei litorali nord abruzzesi (Medio Adriatico)*. Boll. Soc. Geol. It., 108: 161-173.
- Zunica M. (1983) - *Esemplificazione dell'Atlante dei Litorali Italiani, il Foglio 1:100.000 n. 141 Pescara*. Atti Conv. CNR Prog. Final. Dif. Suolo, Roma, pp.363-366.

Basilicata

- Cocco E. (1982) - *Risultati delle ricerche relative all'area ionica*. Atti Convegno Conclusivo del P.F. "Conservazione del Suolo", Roma 1982, pp. 349-353.
- Cocco E., De Pippo (1988) - *Tendenze evolutive e dinamica delle spiagge della Campania e della Lucania*. Mem. Soc. Geol. It., 41: 195-204.
- Cocco E., De Pippo T., De Magistris M.A., Efaicchio M.T., Valente A. (1989) - *Coastal dynamics along the shores of the Campania and Lucania (Southern Italy)*. VI Simposio Coastal Zone (Charleston, South Caroline) Vol.3: 2794-2807.
- Colantoni P., Gabbianelli G., Rizzo V., Mastrogiovanni A. (1997) - *Prosecuzione a mare delle strutture deformative della Valle di Maratea e recente evoluzione dell'antistante piattaforma continentale*. Geogr. Fisica e Din. Quat., 20: 1- 10.
- D'Alessandro L., Davoli L., Lupia Palmieri E. (1987) - *Evoluzione storica e recente del litorale fra Capo Palinuro e Capo Bonifati (Campania, Basilicata, Calabria)*. 1 Carta, Tip. S.G.S., Roma, 1987.
- Simeoni U., Tessari U. (1996) - *Gestione e tutela dei litorali sabbiosi: conoscere per prevenire*. In: "Basilicata Regione Notizie", Consiglio Regionale di Basilicata, Potenza, Anno IX: 33-44.
- Simeoni U., Alverinho Dias J.M., De Bernardinis B., Garçia Novo F., Mazzini E., Tessari U., Ciavola P., Trivisani A., Vita M., Greco M., Santasio V., Garçia Mora M.R. (1999) - *Integrated management of the beach-dune system*. In: G. Randazzo Ed., Coastal Environment Management; Proceedings Coastlines '97, European Union for Coastal Conservation (EUCC), Italy/EUCC (CD-Rom).
- Simeoni U., Gentile G., Mastronuzzi G., Tursi A., Giannini G., Marsicano D., Tessari U., Trevisani A. (1996) - *Metaponto: erosione delle coste. Linea guida per lo studio e la gestione del litorale ionico della Basilicata*. Prologo Bernalda, Quaderno 2: 1-19.

Calabria

- Chiaravalli F., Dotti D., La Monica G.B., Landini B. (1989) - *Tendenza evolutiva e bilancio sedimentario del litorale calabro tra Gioia Tauro (RC) e Nicotera Marina (CZ)*. Geol. Tecn., 4/90: 5-13, 3 fig., 4 tab., Roma.
- Cocco E., de Magistris M.A., De Pippo T., Perna A. (1983) - *Caratteristiche sedimentologiche della spiaggia sottomarina nel tratto di litorale compreso tra Diamante e Belmonte (Mar Tirreno)*. Atti 5° Congr. AIOL, Stresa 1982, pp. 287-303.
- D'Alessandro L., Davoli L., Lupia Palmieri E. (1987) - *Evoluzione storica e recente del litorale fra Capo Palinuro e Capo Bonifati (Campania-Basilicata-Calabria)*. Tipografia S.G.S., Roma.

- D'Alessandro L., Davoli L., Lupia Palmieri E. (1991) - *Recent evolution of the beaches belonging to the Tyrrhenian side of Northern Calabria: the harbour of Cetraro*. I.G.U. - C.O.M.T.A.G. and C.N.R. Symposium on Geomorphology of Active Tect. Areas. Geodata, C.N.R. - I.R.P.I., n° 39.
- D'Alessandro L., Davoli L., E Lupia Palmieri E. (1987) - *Evoluzione storica e recente del litorale fra Capo Palinuro e Capo Bonifati (Campania, Basilicata, Calabria)*. 1 Carta, Tip. S.G.S., Roma, 1987.
- D'Alessandro L., Davoli L., Fredi P., Lupia Palmieri E. (1982) - *Il litorale calabro compreso tra il delta del F. Savuto e Capo Bonifati: evoluzione recente della spiaggia e variazioni del regime anemometrico. Ricerche sulla dinamica dei litorali della Calabria*, C.N.R., 39 pp., 18 fig., 4 tab., 1 carta f.t., Roma, 1982.
- D'Alessandro L., Davoli L., Fredi P., Lupia Palmieri E. (1982) - *Il litorale calabro compreso tra il delta del E. Savuto e Capo Bonifati: evoluzione recente della spiaggia e variazione del regime anemometrico*. Prog. Fin. "Conservazione del suolo" - Sottoprog. "Dinamica dei litorali", n° 201.
- D'Alessandro L., Davoli L., Fredi P., Lupia Palmieri E., Raffi R. (1982) - *Beach erosion on the Tyrrhenian coast of Calabria: considerations about natural and man induced causes*. In: Coastal problems in the Mediterranean Sea - Proc. of a Symp. in Venice, May 1982, 69-76, 3 fig. - I.G.U. Comm. On Coast Envir., Ed. Bird - Fabbri, Bologna, 1983.
- D'Alessandro L., Davoli L., Fredi P., Lupia Palmieri E., Raffi R. (1983) - *Beach erosion on the Tyrrhenian coast of Calabria - Considerations about natural and man induced causes*. Proceedings of the Symposium: Coastal problems in the Mediterranean Sea, held in Venice 10 - 14 May 1982, I.G.U., E. O. F. Bird and P. Fabbri Editors, Bologna.
- D'Alessandro L., Davoli L., Lupia Palmieri E., Raffi R. (1992) - *Recent dynamics of the Tyrrhenian beaches of Calabria (Southern Italy)*. Proceedings of the Symposium "Dynamical and environmental features of coastal areas", Alassio, October 3-4, 1991, Bollettino di Oceanologia Teorica e Applicata, 2-3-4, O.G.S., Trieste.
- D'Alessandro L., Davoli L., Lupia Palmieri E., Raffi R. (1992) - *Recent dynamics of the Tyrrhenian beaches of Calabria (Southern Italy)*. International Coastal Congress, Kiel. (Riassunto)
- D'Alessandro L., Davoli L., Lupia Palmieri E., Raffi R. (1997) - *Recent evolution of the beaches of Calabria (Italy)* - Geogr. Fis. Dinam. Quat. Suppl. III. Tomo I, 132.
- D'Alessandro L., Davoli L., Lupia Palmieri E., Sorriso-Valvo M. (1994) - *Costa di Cetraro (Calabria): esempi di forme di dinamica litorale in area mediterranea*. In: *Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 16.
- D'Alessandro L., Davoli L., Lupia Palmieri E., Raffi R. (1991) - *Osservazioni sulla dinamica recente delle spiagge tirreniche della Calabria*. I Seminario sulla "Dinamica e caratteri geoambientali degli spazi costieri", Alassio. (Riassunto)
- D'Alessandro L., Davoli L., Lupia Palmieri E., Raffi R. (1997) - *Recent evolution of the beaches of Calabria (Italy)*. IV Int. Conf. on Geomorphology III suppl. Geog. Fis. e Din. Quat., 132 (Riassunto).
- D'Alessandro L., Raffi R., Catizzone A. (1987) - *Il litorale del Golfo di S. Eufemia (Calabria): indagini sulle variazioni della spiaggia nell'ultimo secolo*. Progetto nazionale "Dinamica, dissesti e tutela delle coste", Ministero della Pubblica Istruzione.
- D'Alessandro L., Raffi R., Catizzone A. (1987) - *Il litorale del Golfo di S. Eufemia (Calabria): indagini sulle variazioni della spiaggia nell'ultimo secolo*. In: *Ricerche sulla dinamica dei litorali della Calabria* - Min. P.I., 15 pp., 5 fig., 2 tab., 1 tav., 1 carta f.t., tip. S.G.S., Roma, 1987.
- D'Alessandro L., Davoli L., Lupia Palmieri E. (1991) - *Recent evolution of the beaches belonging to the tyrrhenian side of northern Calabria: the harbour of Cetraro*. Symposium on Geomorphology of active tectonics areas, IGU - COMTAG & CNR. Rende (CS). C.N.R. - I.R.P.I., Geodata n. 39.
- D'Alessandro L., Davoli L., Lupia Palmieri E., Raffi R. (1993) - *Recent dynamics of the Tyrrhenian beaches of Calabria (Southern Italy)*. Bollettino di Oceanologia teorica ed applicata, vol. X, fasc. 2-3-4, Osservatorio Geofisico Sperimentale, Trieste. Special Issue: Proceedings of the Symposium "Dynamical and environmental features of coastal areas" (Alassio, October 3-4, 1991).
- Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia (1995) - *Carta geomorfologica del bacino del Trionto*. C.N.R., G.N.G.F.G., SELCA, Firenze.

- Palmentola G., Carobene L., Mastronuzzi G., Sansò P. (1990) - *I terrazzi marini pleistocenici della penisola di Crotona (Calabria)*. Geogr. Fis. e Din. Quat., 13: 75-80.
- Pirazzoli P.A., Mastronuzzi G., Saliège J.F., Sansò P. (1997) - *Late Holocene emergence in Calabria, Italy*. Marine Geology, 141: 61-70.
- Pirazzoli P.A., Mastronuzzi G., Saliège J.F., Sansò P. (1997) - *Late Holocene emergence in Calabria, Italy*. Marine Geology, 141: 61-70.
- Ricci Lucchi F., Colella A., Gabbianelli G., Rossi S., Normark W.R. (1985) - *Crati fan, Mediterranean*, In: A.H. Bouma, W.R. Normark & N.E. Barnes (Ed.): "Frontiers in Sedimentary Geology: Submarine Fan and Related Turbidite System": 51- 57.

Campania

- Cocco E. (1992) - *North Acciaroli (Cilento, Southern Italy) coastal dynamics resulting from morphological, sedimentological and hydrodynamical features as well as from the construction of two experimental groins*. Boll. Ocean. Teorica e Appl., X: 225-234, 2-3-4 April-July-October.
- Cocco E. (1999) *Problematiche geoambientali costiere nell'Isola di Capri (Marina Piccola)*. Atti 13° Cong. AIOL, Ancona, 28-30 sett.1998, (in stampa).
- Cocco E., Crimaco L., de Magistris M.A. (1994) - *Dinamica ed evoluzione del litorale campano-laziale: 5 - Variazioni della linea di riva dall'epoca romana ad oggi nel tratto compreso tra Foce Volturno e Torre S.Limato-Mondragone*. Atti del 10° Congr. A.I.O.L., Alassio, 4-6/11/1992, pp. 543-554.
- Cocco E., De Magistris M.A. (1988) - *Evoluzione storica e recente del litorale di Paestum*. Mem. Soc. Geol. It., 41, pp. 697-702.
- Cocco E., de Magistris M.A. (1998) - *L'erosione della costa cilentana dell'Arco Naturale e di Foce Mingardo, a sud di Palinuro (Cilento)*. Atti 12° Cong. A.I.O.L., Isola di Vulcano 18-21/9/1996, pp. 77-89.
- Cocco E., De Magistris M.A. e De Pippo T. (1987) - *Fenomeni erosivi del litorale dei Maronti nella isola d'Ischia (Campania)*. Mem. Soc. Geol. It., 37, pp. 459-469.
- Cocco E., de Magistris M.A., Bentivoglio C., Iacono Y., Serpico M. (1993) - *Processi erosivi, opere di difesa e riequilibrio dei litorali in Campania*. In "La difesa dei litorali in Italia" a cura di P. Aminti e E. Pranzini. Ed. delle Autonomie, vol. 34: 175-194
- Cocco E., De Magistris M.A., De Pippo T. (1987) - *Variazioni del regime litoraneo indotte da interventi antropici nell'area di Cetraro Marina*. Mem. Soc. Geol. It., 37, pp. 453-458.
- Cocco E., de Magistris M.A., De Pippo T. (1988) - *Distribuzione e dispersione dei sedimenti nella piattaforma costiera del Golfo di Pozzuoli*. Mem. Soc. Geol. It. 41: 983-993.
- Cocco E., de Magistris M.A., De Pippo T., Perna A. (1984) - *Dinamica ed evoluzione del litorale campano-laziale: 3 Il complesso di foce del F.Volturno*. Atti 6° Congr. AIOL, Livorno 1984, pp. 279-288
- Cocco E., de Magistris M.A., De Pippo T., Perna A., (1983) - *Dinamica ed evoluzione del litorale campano-laziale: 2. Il tratto a nord del F.Volturno*. Atti 5° Congr. AIOL, Stresa 1982, pp. 305-321.
- Cocco E., de Magistris M.A., Efaicchio M.T., Boscaino F. (1992) - *Geoenvironmental features of the Sele River Plain littoral (Gulf of Salerno, South Italy)*. Boll. Ocean. Teorica ed Appl., X, 2-3-4-April-July-October 1992, pp. 235-246.
- Cocco E., de Magistris M.A., Iacono Y. (1994) - *Modificazioni dell'ambiente costiero in Campania (litorale domitio, Golfo di Gaeta) in conseguenza delle opere umane*. Il Quaternario, 7 (1b): 409-414.
- Cocco E., de Magistris M.A., Iacono Y. (1995) - *Caratteri geoambientali, erosione e degrado delle coste dell'Isola d'Ischia*. Mem. Geografiche n.s. 1: 199-209.
- Cocco E., de Magistris M.A., Y. Iacono, Marra L., Serpico M. (1996) - *Le spiagge del Golfo di Policastro (Campania): caratteri morfologici, sedimentologici e dinamici; strategie d'intervento per il riequilibrio costiero*. Atti 11° congr. AIOL, Sorrento 26-28/10/1994, pp. 835-850.
- Cocco E., De Pippo (1988) - *Tendenze evolutive e dinamica delle spiagge della Campania e della Lucania*. Mem. Soc. Geol. It., 41: 195-204.
- Cocco E., De Pippo T., Massari P. (1988) - *L'uso delle sabbie fluorescenti per la valutazione del drift litoraneo lungo il litorale domitio (Golfo di Gaeta)*. Mem. Soc. Geol. It., 41: 869-876.

- Cocco E., De Pippo T., De Magistris M.A., Efaicchio M.T., Valente A. (1989) - *Coastal dynamics along the shores of the Campania and Lucania (Southern Italy)*. VI Simposio Coastal Zone (Charleston, South Caroline) Vol.3: 2794-2807.
- Cocco E., De Pippo T., Efaicchio M.T., Tarallo F. (1988) - *Caratteri morfologici della piattaforma costiera del Golfo di Pozzuoli*. Mem. Soc. Geol. It., 41: 995-1004.
- Cocco E., De Pippo T., Giulivo I. (1986) - *Dinamica ed evoluzione del litorale campano-laziale: 4. Il settore costiero compreso tra Minturno e Baia Domizia (F. Garigliano)*. Mem. Soc. Geol. It., 35: 805-809.
- Cocco E., Iuliano S. (1999) - *L'erosione del litorale in sinistra Foce Sele (Golfo di Salerno): dinamica evolutiva ed proposte di intervento a difesa e tutela della spiaggia e della pineta litoranea di Paestum*. Il Quaternario (in stampa).
- Cocco E., Iuliano S., Cappuccio D. (1999) - *Processi erosivi lungo il litorale di Salerno (Campania)*. Atti Conv. G.N.D.C.I. "Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo", Accademia dei Lincei, Roma, 1-2 ott. 1998, Pp. 271-275.
- Cocco E., Marabini F. (1997) - *A new sedimentological map of the coast of the Pozzuoli Gulf*. Coastline '97, 6th EUCC International Conference, Naples, Italy, 2-6 June 1997, pp. 1-5
- Cocco E., Marabini F. (1997) - *A new sedimentological map of the coast of the Pozzuoli gulf*. The 6th EUCC International Conference. Coastline 97. Napoli. pp. 1-5.
- Cocco E., Musella F. (1998) - *Variazioni della linea di riva e dinamica dei sedimenti tra Marina di Casalvelino e Marina di Ascea (Cilento, Campania)* Atti 12° Cong. A.I.O.L., 18-21/9/1996, Isola di Vulcano, pp. 341-350.
- D'Alessandro L., Davoli L., Lupia Palmieri E. (1987) - *Evoluzione storica e recente del litorale fra Capo Palinuro e Capo Bonifati (Campania, Basilicata, Calabria)*. 1 Carta, Tip. S.G.S., Roma, 1987.
- Iacono Y., Buccianti A., Cocco E. (1998) - *The distribution of sediments in the Pozzuoli Gulf (Naples, Italy): a multivariate approach*. Proceedings of IAMG '98. A. Buccianti, G. Nardi and R. Potenza (Eds.), Isola d'Ischia, Naples, 1998, pp. 519-525.
- La Monica G.B., Marabini F. (1998) - *La fascia costiera dei Campi Flegrei*. Atti 13° Congresso A.I.O.L.. Ancona. Riassunto.
- La Monica G.B., Marabini F. (1998) - *La fascia costiera del litorale di Fusaro*. Atti 13° Congresso A.I.O.L.. Ancona. Riassunto.
- Marabini F. (1997) - *Lineamenti della zona costiera dei Campi Flegrei*. Rapporto tecnico 46 dell'Istituto di Geologia Marina del C.N.R., Bologna, pp. 1-21.
- Marabini F. (1998) - *The Campi Flegrei Coastal zone (Italy)*. Atti VIII International Symposium. Hazards 98. Chania (Greece). Riassunto.
- Marabini F., Morigi C. (1997) - *The coastal zone between the Volturno river and the Monte di Procida promontory (Tyrrhenian Sea)*. The 6th EUCC International Conference: Coastlines 97, Napoli, pp. 1-5.

Emilia-Romagna

- Bertoni W., Carbognin L., Castelli G., Marabini F., Sabbatoni M. (1994) - *Rappresentazione grafica delle variazioni altimetriche lungo la fascia costiera romagnola*. Atti del XXX Congresso AIC, Bologna. Boll. AIC 90-91, pp. 31-34.
- Bertoni W., Carbognin L., Marabini F. (1994) - *The influence of land subsidence on the Ravenna coastal area (Adriatic Sea)*. Atti del "1st European Congress on regional geological cartography and information systems", Bologna. Vol. 3. Riassunto.
- Bondesan M. (1982) - *Assetto geologico della pianura costiera tra Adige e Bevano*. In: Il Parco del Delta Padano: una proposta regionale, nazionale, europea. Quaderni di Italia Nostra, 14: 37-44.
- Bondesan M. (1985) - *Quadro schematico dell'evoluzione geomorfologica olocenica del territorio costiero compreso fra Adria e Ravenna*. In: Atti tav. rot.: Il delta del Po, Sez. Geol. (Bologna, 24 novembre 1982), Acc. Sc. Ist. Bologna: 21-36.

- Bondesan M. (1986) - *Lineamenti di geomorfologia del Basso Ferrarese*. In: La civiltà comacchiese e pomposiana dalle origini preistoriche al tardo medioevo (Comacchio, 1984), Bologna, Nuova Alfa Editoriale: 17-28.
- Bondesan M. (1988) - *The Po Delta area and its geomorphological problems*. In: Castaldini D, Moretti S. e Rodolfi G. (eds), Guidebook for the excursion in the Toscana, Emilia, and Veneto Regions; Proc. I.G.U. Joint Meeting on Geomorphological Hazards (Firenze-Modena-Padova (Italy), May 28-June 4, 1988), Modena: 131-146.
- Bondesan M. (1989) - *Condizioni e problemi attuali del territorio ferrarese*. In: Visser A.M. e Vighi G. (eds), Terre e Acqua: Le bonifiche ferraresi nel delta del Po; Ferrara, Corbo: 221-224; 235-236.
- Bondesan M. (1989) - *Evoluzione geomorfologica e idrografica della pianura ferrarese*. In: Visser A.M. e Vighi G. (eds), Terre e Acqua: Le bonifiche ferraresi nel delta del Po; Ferrara, Corbo: 13-20.
- Bondesan M. (1989) - *Geomorphological hazards in the Po Delta and adjacent areas*. Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 2: 25-33.
- Bondesan M. (1990) - *L'area deltizia padana: caratteri geografici e geomorfologici*. In: Bondesan M (ed), Il Parco del delta del Po: studi e immagini; Ferrara, Spazio Libri Editori, 1: 9-48.
- Bondesan M. (1990) - *Le zone umide salmastre dell'Emilia-Romagna; aspetti geografici e geomorfologici*. In: Aspetti naturalistici delle zone umide salmastre dell'Emilia-Romagna, R.E.R.: 23-56.
- Bondesan M., Cantelli C., Mazzeo G. (1997) - *Fluvial and littoral geomorphology and ecology in the Po Delta*. Suppl. Geogr. Fis. e Dimam. Quater., 3, 2: 215-218.
- Bondesan M., Castiglioni G. B., Elmi C. (1990) - *Geomorphological mapping in the Po Plain (Italy), with an example in the area of Ravenna*. Zeitschr. fur Geomorphologie. N.F., suppl. Bd. 80: 35-44.
- Bondesan M., Castiglioni G.B., Elmi C., Gabbianelli G., Marocco R., Pirazzoli P.A., Tomasin A. (1995) - *Coastal areas at risk from storm surges and sea-level rise in Northeastern Italy*. Journal of Coastal Research, 11, 4: 1354-1379.
- Bondesan M., Castiglioni G.B., Gasperi G. (1989) - *Geomorphological map of the Po Plain*. Progress Report of the Working Group, in: Materiali, Dip. Geografia, Università di Padova, 8: 23.
- Bondesan M., Cocchi E. (1996) - *The Po delta*. In: MedWet - In: Morillo C e Gonzales J.L. (eds), Management of mediterranean wetlands; C.E.E. - Ministero del Medio Ambiente Spagna, 3: 257-293.
- Bondesan M., Dal Cin R., Dazzi R, Galeati G., Minarelli A., Russo P., Simeoni U., Todini E., Tommasino M. (1990) - *Evoluzione fisica del delta padano*. In: Po AcquAgricolturaAmbiente, Bologna, Il Mulino, v. 2: 281 -318; 461 -463.
- Bondesan M., Dal Cin R., Monari R. (1990). - *L'ambiente in cui si arenò la nave romana di Comacchio. Possibili modalità del suo naufragio e seppellimento*. In: Berti F. (Ed.), Fortuna Maris: la nave romana di Comacchio; Bologna, Nuova Alfa Editoriale: 13-23.
- Bondesan M., Favero V., Vignals M.J. (1995) - *New evidence on the evolution of the Po-delta coastal plain during the Holocene*. Quaternary International, 29-30: 105-110.
- Bondesan M., Gabbianelli G. (1998) - *Problemi geologici e idrogeologici nell'area del Parco del Delta del Po*. In: Atti Conv. Qualità ambientale nel Parco del Delta del Po, 11 dicembre 1977, Comacchio, ARPA - Parco del Delta: 99-109.
- Bondesan M., Gatti M., Russo P. (1997) - *Map of relief and vertical movements of Po Plain*. Suppl. di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 3, 1: 88-89.
- Bondesan M., Gatti M., Russo P. (1997) - *Movimenti verticali del suolo nella Pianura Padana orientale desumibili dai dati I.G.M. fino a tutto il 1990*. Boll. Geodesia e scienze affini, 2: 141-172.
- Bondesan M., Giovannini A. (1994) - *Evoluzione geomorfologica della Pianura Costiera fra Codigoro e Comacchio (Ferrara)*. Ann. Univ. Ferrara, n.s., Sez. Sc. Terra, 5, 3: 27-38.
- Bondesan M., Masè G. (1985) - *Spiagge, lagune e paludi della fascia costiera fra Cattolica e Monfalcone*. In: AA.VV., Stato delle conoscenze sulla Pianura Padana, Torino, M. e S. Litografia: 9-18.
- Bondesan M., Minarelli A., Russo P. (1986) - *Studio dei movimenti verticali del suolo nella provincia di Ferrara*. In: Francani V. (ed), Studi Idrogeologici sulla Pianura Padana; Milano, Clup, 2: 1.1-1.31.

- Bondesan M., Minarelli A., Russo P. (1990) - *Analisi dei movimenti verticali del suolo avvenuti nel periodo 1970-1978 lungo l'asta del Po a est di Polesella e nel delta*. In: Po AcquAgricolturaAmbiente, Bologna, Il Mulino, 2: 385-404; 461-463.
- Bondesan M., Simeoni U. (1983) - *Dinamica e analisi morfologica statistica dei litorali del delta del Po e alle foci dell'Adige e del Brenta*. Mem. Sc. Geol., 36: 1-48.
- Calderoni G., Elmi C., Nesci O. (1993) - *Ulteriori datazioni radiometriche per le alluvioni della piana costiera del Torrente Conca (Romagna)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 16: 193-196.
- Carbognin L. e Marabini F. (1995) - *Variazioni stagionali del litorale romagnolo*. Sassari. Boll. A.I.C. 93-94, pp. 103-106.
- Carbognin L., Casali O., Castelli G.F., Fontana D., Marabini F. (1991) - *Evoluzione costiera: metodi di controllo e gestione*. Atti del XXVII Congresso AIC. Todi. pp. 107-115.
- Carbognin L., Castelli G.F., Fontana D., Marabini F. (1992) - *Il fenomeno della subsidenza lungo il litorale romagnolo: un'analisi critica*. Atti del XXVIII Congresso AIC. Fabriano. Boll. AIC 84-85, pp. 101-111.
- Casali O., Castelli G.F., Fontana D., Marabini F. (1991) - *The safeguard of the coastal environment: a possibility of a preventive action against the erosive phenomena*. Paper n. 48. Proceedings of the 7th Coastal zone '91. Long Beach (California, USA). pp. 1-10.
- Cessari A., Marabini F., Morigi C. (1997) - *Carta tematica della fascia costiera dell'Emilia-Romagna*. Atti 1^a Conferenza Nazionale Asita. Parma. pp. 266-271.
- Ciabatti M., Giorgi G., Marabini F. (1996) - *Evoluzione recente del litorale ravennate*. Boll. A.I.C. 96-97, pp. 191-194.
- Ciabatti N., Marabini F., Zecchi R. (1997) - *Variations of the Emilia-Romagna litoral (Adriatic Sea)*. IV International Conference on Geomorphology. Bologna. Riassunto.
- Colantoni P., Gabbianelli G., Mancini F., Bertoni W. (1997) - *Coastal defence by breakwaters and sea-level rise: the case of the italian northern Adriatic Sea*. In: F. Briand and A. Maldonado (Ed.), Transformations and evolution of the Mediterranean coastline; Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée (CIESM), 18, Science Series n° 3: 133-150.
- Dal Cin R. (1983) - *I litorali del delta del Po e alle foci dell'Adige e del Brenta: caratteri tessiturali e dispersione dei sedimenti, cause dell'arretramento e previsioni sull'evoluzione futura*. Boll. Soc. Geol. It., 102: 9-56.
- Dal Cin R. (1994) - *Lo scannone di Goro nel Delta del Po: evoluzione morfologica e possibili interventi per conservare l'ambiente della laguna retrostante*. In: Bencivelli S., Castaldi N. & Finessi D. (eds), Sacca di Goro: Studio integrato sull'ecologia in relazione ai problemi dell'inquinamento, della conservazione e dello sviluppo; 2° anno di ricerche, Franco Angeli, Provincia di Ferrara: 291-303.
- Dal Cin R., Simeoni U. (1984) - *Variazioni volumetriche del delta padano nell'ultimo secolo, distribuzione dei sedimenti nei rami deltizi e caratteri granulometrici dei materiali cavati nel basso Po*. In: 2° Convegno di Idraulica Padana, 1-8, Parma. Pp. 255-279.
- Dal Cin R., Simeoni U. (1990) - *Caratteri granulometrici degli alvei dei rami deltizi del Po*. In: PO AcquAgricolturaAmbiente; Soc. Ed. il Molino, 2: 347-366.
- Dal Cin R., Simeoni U. (1990) - *Evoluzione morfologica del Delta dall'800 al 1982*. In: PO AcquAgricolturaAmbiente; Soc. Ed. il Molino, 2: 319-334.
- Dal Cin R., Simeoni U. (1990). - *Caratteri granulometrici delle sabbie cavate nel basso corso del Po*. In: "PO AcquAgricolturaAmbiente", Soc. Ed. il Molino, 2: 335-346.
- Dal Cin R., Simeoni U., Calderoni G. (1982) - *Caratteri dei sedimenti e tendenze evolutive dei litorali marchigiani*. In: Atti della "Conferenza nazionale per una politica ambientale di salvaguardia dei litorali", 1-2, S. Benedetto del Tronto: 141-145.
- De Santis M., Marabini F. e Ruol P. (1993) - *Dinamica evolutiva della foce del Reno: due secoli di osservazioni*. Pavia. Boll. A.I.C., 87-88, pp. 109-115.
- Del Grande C., Gabbianelli G., Simeoni U. (1997) - *Lineamenti evolutivi della moderna Sacca di Goro*. In: Abstracts of GEOITALIA 97-FIST, CLEUP, Padova: 234-235.

- Elmi C. (1984) - *Subsidenza regionale e locale nel delta del Po*. In: Quarry and Construction; Atti tav. rotonda Metano e Polesine: una proposta (Rovigo, 17 marzo 1984): 43-46.
- Elmi C., Fanucci F., Nesci O., Beer P., Pignocchi A. (1994) - *Evoluzione olocenica della linea di riva dal F. Reno al F. Potenza*. Il Quaternario, 7, lb: 305-309.
- Elmi C., Gabbianelli G., Marabini S. (1995) - *Holocene subsidences Vs coastal progradation south of the Po Delta (Ravenna, Italy)*. XIV INQUA Abs., Terra Nostra, 73, Berlino.
- Elmi C., Nesci O., Tentoni L. (1992) - *La piana del T. Conca e le pianure minori nord-marchigiane: forme, depositi ed evoluzione*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 14 (1991), 1: 113-117.
- Gabbianelli G., Elmi C. (1997) - *Submerged evidences of the Roman delta of the Po river near the Reno River mouth (North Adriatic Sea)*. IV Int. Congress of Geomorphology Abs., Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 3/1: 158.
- Gabbianelli G., Rambelli F., Rossi P.L. (1994) - *L'apporto storico- archeologico allo studio dell'evoluzione costiera emiliano - romagnola: la "scoperta" della Torre Gregoriana di Foce Reno*. In: Atti Convegno "L'antropico e l'entropico", Quaderni Flaminia, Ravenna, 3: 79- 95.
- Gasperi G., Pellegrini M. (1985) - *Lineamenti geologici della Pianura Padana in riferimento all'area del delta del fiume Po*. In: Atti della Tavola Rotonda sul tema: Il Delta del Po (Bologna, 24 Novembre 1982); Bologna, Acc. Sc. Ist. Bologna: 5-19.
- Giorgi G., Marabini F. (1983) - *La cartografia a piccola scala della variazione delle linee di riva nei periodi compresi tra il 1943 e il 1978 nel tratto costiero emiliano romagnolo*. Atti XIX A.I.C., Bologna. pp. 87-98.
- Idroser (1983) - *Il trasporto solido fluviale nei bacini tributari dell'Adriatico - Regione Emilia-Romagna, Piano progettuale per la difesa della costa Emiliano-Romagnola, volume IV, Bologna, pp. 429.*
- Idroser (1994) - *Aggiornamento ed integrazione del Piano progettuale per la difesa della costa adriatica emiliano-romagnola*. Relazione generale, Regione Emilia-Romagna, Bologna, pp. 276.
- Idroser (1995) - *Aggiornamento e integrazione del "Piano progettuale per la difesa della costa adriatica emiliano-romagnola"*. Attività di seconda fase, Relazione Generale, Regione Emilia-Romagna, Bologna, pp.130.
- Idroser (1996) - *Progetto di Piano per la Difesa dal Mare e la Riqualificazione Ambientale del Litorale della Regione Emilia-Romagna; Relazione Generale*. Regione Emilia-Romagna, Bologna, pp. 365.
- M.U.R.S.T. (1997) - *Carta Geomorfologica della Pianura Padana alla scala 1:250.000*. coord. G.B. Castiglioni. S.El.Ca., Firenze.
- Marabini F. (1997) - *Guida all'escursione sul litorale ravennate. 28/06/97*. Scuola di formazione avanzata "Fisica dei processi sedimentari". Seminario I.G.M. del C.N.R.. Bologna, pp. 1-6.
- Marabini F. (1997) - *A new type of coastal map to support the coastal zone safeguard*. Coastal zone 97. Vol. III. Boston. Riassunto.
- Marabini F. (1998) - *Variazioni climatiche ed evoluzione della fascia costiera*. Scuola di formazione avanzata "Fisica dei processi sedimentari". Seminario I.G.M. del C.N.R.. Bologna. Relazione.
- Sangiorgi F., Setti R., Gabbianelli G., Trombini C. (1998) - *Geochemical characterization of Hg-contaminated sediments of the "Piailassa Baiona" (Ravenna Lagoon, Italy)*. Commission International pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée (CIESM); In 35th CIESM Congress Proceedings, Dubrovnik (Croatie), 35: 96-97.
- Simeoni U., Bezzi A., Calderoni G., Covelli S., Fontolan G., Tesolin V., Tessari U., Zamariolo A. (1998) - *Caratteristiche dei sedimenti della Sacca di Goro*. Regione Emilia-Romagna, Obiettivo 5B - Sottoprogramma 1, Misura 7 -, Relazione del I Anno di Attività (1997-1998), pp. 87.
- Simeoni U., Bondesan M., Calderoni G., Ciavola P., Dal Cin R., Fontolan G., Mazzini E., Tessari U. (1997) - *Analisi previsionale dell'evoluzione dello Scanno e della Sacca di Goro*. Regione Emilia-Romagna, Obiettivo 5B - Sottoprogramma 1, Misura 7 -, Relazione del I Anno di Attività (1996-1997), pp. 107.
- Simeoni U., Borghesi A., Calderoni G., Ciavola P., Fontolan G., Gatti M., Gonella M., Tessari U., Zamariolo A. (1998) - *Analisi previsionale dell'evoluzione dello Scanno e della Sacca di Goro*. Regione Emilia-Romagna, Obiettivo 5B - Sottoprogramma 1, Misura 7 -, Relazione Finale, pp. 273.

- Simeoni U., Calderoni G., Ciavola P., Fontolan G., Tessari U., Zamariolo A. (1998) - *Modificazioni naturali ed antropiche del sistema scanno-laguna di Goro*. Accademia Nazionale dei Lincei, Convegno "Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo", 1-2 Ottobre Roma: 21-22.
- Simeoni U., Ciavola P., Fontolan G., Gabbianelli G., Mazzini E., Tessari U., Zamariolo A. (1997) - *Evoluzione dello Scannone di Goro (Delta del Po)*. In: Abstracts of GEOITALIA 97-FIST, CLEUP, Padova: 43-44.
- Simeoni U., Ciavola P., Fontolan G., Mazzini E., Tessari U. (1998) - *Centennial evolution of a recurved spit: a case study from the spit of the Goro lagoon Po Delta (Italy)*. Commission International pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée (CIESM); In: 35th CIESM Congress Proceedings, Dubrovnik (Croatie), 35: 100-101.
- Simeoni U., Mazzini E. (1997) - *Determinazione della vulnerabilità dell'Area Costiera. Problematiche di assetto costiero fra i fiumi Po di Volano e Reno*. Convegno di Comacchio: 127-138.

Friuli Venezia-Giulia

- Bondesan M., Masè G. (1985) - *Spiagge, lagune e paludi della fascia costiera fra Cattolica e Monfalcone*. In: AA.VV., Stato delle conoscenze sulla Pianura Padana, Torino, M. e S. Litografia; pp. 9-18.
- Bondesan M., Castiglioni G.B., Elmi C., Gabbianelli G., Marocco R., Pirazzoli P.A., Tomasin A. (1995) - *Coastal areas at risk from storm surges and sea-level rise in northeastern Italy*. Journ. Coast. Research, 11: 1354-1379.
- Brambati A. (1982) - *Criteri di intervento per migliorare la circolazione delle acque e per il ripascimento artificiale della spiaggia di Punta Barbacale (Grado, Adriatico settentrionale)*. Boll. Soc. Adriatica di Scienze, 66: 5-15.
- Brambati A. (1983) - *Erosione e difesa delle spiagge adriatiche*. Atti del Convegno Internaz. "I problemi del mare Adriatico", Trieste, 26-27 Settembre 1983, pp. 117-130.
- Brambati A. (1983) - *Modificazioni costiere nell'arco lagunare dell'Adriatico Settentrionale*. Antichità Altoadriatiche, Studi Jesolani, 27: 13-47.
- Brambati A. (1984) - *Erosione e difesa delle spiagge Adriatiche*. Boll. Ocean. Teor. Appl., vol. 2(2): 91-104.
- Brambati A. (1987) - *Studio sedimentologico e marittimo-costiero dei litorali del Friuli-Venezia Giulia (Ipotesi di intervento per il recupero ambientale e la valorizzazione della fascia costiera)*. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Direzione Regionale dei Lavori Pubblici, Servizio dell'Idraulica, Trieste. Pp. 67.
- Brambati A. (1995) - *The coastal problems of enclosed seas: the Adriatic case*. In: "Integrated coastal area management in the Mediterranean/Adriatic", Public Enterprise, Ljubljana, March-December 1995, vol. 15 (1-4): 207-216.
- Brambati A., Catani G. (1988) - *Le coste e i fondali del Golfo di Trieste dall'Isonzo a Punta Sottile: aspetti geologici, geomorfologici, sedimentologici e geotecnici*. Hydrores Information, anno V, n. 6: 13-28.
- Brambati A., Fontolan G. (1991) - *Morphological and hydraulic-sedimentological features of the Lignano tidal inlet (Northern Adriatic Sea)*. Proc. XXXIII Congrès-Assemblée Plénière C.I.E.S.M., Trieste, vol. 33: 323. Riassunto.
- Brambati A., Fontolan G. (1992) - *Abrasion of beach sands: A laboratory predictive model for northern Adriatic Sea beaches*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., vol. 10(2-4): 307-324.
- Brambati A., Catani G., Lenardon G., Marocco R. (1982) - *Rilievi sul litorale da Monfalcone alla foce dell'Adige*. CNR, Progetto Finalizzato "Conservazione del Suolo", Sottoprogetto "Dinamica dei Litorali". Pp. 1-15.
- Brambati A., DeMuro S., Montesanti A. (1997) - *Studio geologico tecnico di fattibilità di una barriera sottomarina sul Dosso di Santa Croce (Golfo di Trieste)*. Annuario 1996, Hydrores Information, anno XIII, n. 14: 7-32.
- Brambati A., DeMuro S., Marocco R., Selivanov A. (1998) - *Barrier island evolution in relation to sea-level changes: the example of the Grado Lagoon (northern Adriatic Sea, Italy)*. Boll. Geof. Teor. Appl., 39: 145-161.

- Brambati A., Fanzutti G.P., Marocco R. (1983) - *Suspended matter transport in lagoon: the Grado Lagoon*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., 1: 5-18.
- Cavallin A., Lauzi S., Marchetti M. e Padovan N. (1987) - *Carta geomorfologica della Pianura Friulana ad est del F. Tagliamento e a sud dell'anfiteatro morenico*. Atti della Riunione dei ricercatori di geologia, Milano, Politecnico di Milano: 9.1-9.12.
- Colizza E., Fontolan G., Brambati A. (1996) - *Impact of a coastal disposal site for inert wastes on the physical marine environment, Barcola-Bovedo, Trieste, Italy*. Environmental Geology, 27: 270-285.
- Fontolan G. e Quaia T. (1994) - *Processes of selective sedimentation in the Marina Punta Faro harbour (Northern Adriatic Sea, Italy)*. Proceedings of 2nd International Symposium "Littoral 94", Lisbon, 26-29 sept. 1994, vol.1: 533-547.
- Fontolan G., Quaia T. (1994) - *Sedimentary dynamics and shoaling processes in the Marina Punta Faro Harbour (Northern Adriatic Sea, Italy)*. International Association of Sedimentologists Abstracts, 15th Regional Meeting, Ischia, 13-15 april 1994, pp. 179-180. Riassunto.
- Fontolan G., Orel G., Pessa G., Zentilin A. (1995) - *Modificazioni indotte dalla venericoltura sulla struttura dei sedimenti e dei popolamenti macrozoobentonici della Laguna di Marano*. In: (Berletti M., Rossi R. e Spreafico E. Ed.) PIM per le zone lagunari dell'Adriatico settentrionale. Ricerche e Sperimentazioni 1988-1994. Regione del Veneto, Segreteria per le Attività Produttive ed Economiche del Settore Primario, Mestre (Venezia), pp. 231-243.
- Gatto F., Marocco R. (1992) - *Caratteri morfologici ed antropici della Laguna di Grado (Alto Adriatico)*. Gortania - Atti Museo Friul. St. Nat., 14: 19-42.
- Gatto F., Marocco R. (1993) - *Morfometria e geometria idraulica dei canali della laguna di Grado (Friuli Venezia-Giulia)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., n. 16: 107-120.
- Lenardon G., Marocco R. (1994) - *Le dune di Belvedere - San Marco. Una antica linea di riva? 2) Considerazioni sedimentologiche*. Gortania, 16: 5-24.
- Marocco R. (1989) - *Evoluzione quaternaria della laguna di Marano (Friuli Venezia Giulia)*. Il Quaternario, 2: 125-137.
- Marocco R. (1989) - *Lineamenti geomorfologici della costa e dei fondali del Golfo di Trieste e considerazioni sulla loro evoluzione tardo-quaternaria*. Int. Jour. Speleol., 3-4: 87-110.
- Marocco R. (1991) - *Evoluzione tardopleistocenica-olocenica del delta del F. Tagliamento e delle lagune di Marano e Grado (Golfo di Trieste)*. Il Quaternario, 4: 223-232.
- Marocco R. (1991) - *Le dune di Belvedere - San Marco. Una antica linea di riva? Considerazioni geomorfologiche*. Gortania, 13: 57-76.
- Marocco R. (1994) - *Il mare e la laguna di Grado: 10000 anni di storia di un territorio*. In "Operazione Iulia Felix", Edizioni della Laguna, Grado, pp. 19-28.
- Marocco R. (1995) - *Sediment distribution and dispersal in northern Adriatic lagoon (Marano and Grado parallel system)*. Giornale di Geologia, 57: 77-89.
- Marocco R., Pessina M. (1995) - *Il rischio litorale nell'area circumlagunare del Friuli - Venezia Giulia*. Gortania, 17: 5-35.
- Marocco R., Pugliese N., Stolfa D. (1984) - *Some remarks on the origin and evolution of the Grado lagoon (Northern Adriatic Sea)*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., 2: 11-17.
- Marocco R., Tunis G., Vio E. (1990) - *The transport of sediments along a transect of the Gulf of Trieste during the August 1988 algal bloom*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., 8: 83-92.
- Piani R., Fontolan G., Brambati A. (1996) - *Geochemical and sedimentary inputs from two tributary rivers in the Buso Lagoon Basin, Northern Adriatic Sea, Italy*. In: J.Taussik & J. Mitchell (Ed.) Partnership in Coastal Zone Management. Samara Publishing Lmt., Cardigan, pp. 425-432.

Lazio

- Alessandro V., Bartolini C., Caputo C., Pranzini E. (1990) - *Land Use Impact on Arno, Ombrone and Tiber Deltas during historical Times*. "Littoral 1990", Compte rendus 1er symposium EUROCOAST, Marseille 9-13 Juillet 1990, Pp.261-265.

- Ardizzone G.D., La Monica G.B., Raffi R. (1994) - *Carta della distribuzione dei sedimenti e delle praterie di Posidonia oceanica - Lazio settentrionale*. Stampa Borgia, Roma 1994.
- Ardizzone G.D., La Monica G.B., Raffi R. (1994) - *Carta della distribuzione dei sedimenti e delle praterie di Posidonia oceanica - Lazio centrale*. Stampa Borgia, Roma 1994.
- Ardizzone G.D., La Monica G.B., Raffi R. (1994) - *Carta della distribuzione dei sedimenti e delle praterie di Posidonia oceanica - Lazio meridionale*. Stampa Borgia, Roma 1994.
- Belfiore A., Bellotti P., Carboni M.G., Chiari M., Evangelista S., Tortora P., Valeri P. (1987) - *Il delta del Tevere: Le facies sedimentarie della conoide sommersa. Una analisi statistica sui caratteri tessiturali, micro-fannistici e mineralogici*. Boll. Soc. Geol. It., 106: 425-445.
- Belletti P., Tortora P. (1985) - *Il delta del Tevere: lineamenti batimetrici, morfologici e tessiturali della conoide sommersa e delle aree limitrofe*. Boll. Soc. Geol. It., 105: 65-80.
- Bellotti P., Biagi P.F., Della Monica G., Ermini A., Grita F., Sgrigna V., Tortora P., Valeri P. (1990) - *Prospezione geoelettrica nella piana del delta del Tevere*. Boll. Soc. Geol. It., 109: 249-258.
- Bellotti P., Biagi P.F., Tortora P., Valeri P. (1987) - *Il delta del Tevere: caratteri morfologici e sedimentologici della piana deltizia*. Giornale di Geologia, 49: 89-99.
- Bellotti P., Caputo C., Ciccacci S., De Rita D., Donati S., Fredi P., Funicello R., La Monica G.B., Landini B., Marra F., Milli S., Parotto M., Pugliese F. (1997) - *Guide for the excursion "Fundaments for a geomorphological overview on Roma and its surroundings"*. Geogr. Fis. Din. Quat., III (2): 105-121.
- Bellotti P., Caputo C., Davoli L., Evangelista S., Valeri P. (1998) - *Il delta emerso del Fiume Ombrone (Toscana meridionale): aspetti morfologici, sedimentologici, evolutivi*. Atti del 79° Congr. Naz. Della Soc. Geol. It. 21-23/9/1998. Palermo, 155-156 (riassunto).
- Bellotti P., Carboni M.G., Milli S., Tortora P., Valeri P. (1989) - *La piana deltizia del Fiume Tevere: analisi di facies ed ipotesi evolutiva dall'ultimo low stand glaciale all'attuale*. Giornale di Geologia, 51: 55-76.
- Bellotti P., Chiocci F.L., Evangelista S., Tortora P., Valeri P. (1988) - *La superficie di discordanza alla base del delta del Tevere e le sue relazioni con la geometria del corpo deltizio*. Mem. Soc. Geol. It., 37: 407-415.
- Bellotti P., Chiocci F.L., Evangelista S., Tortora P., Valeri P. (1990) - *La superficie di discordanza alla base del delta del Tevere e le sue relazioni con la geometria del corpo deltizio*. Mem. Soc. Geol. It., 37: 407-415, Roma.
- Bellotti P., Chiocci F.L., Milli S., Tortora P. (1993) - *Variabilità nel tempo della distribuzione granulometrica sui fondali del delta del Tevere*. Boll. Soc. Geol. It., 112: 143-153.
- Bellotti P., Chiocci F.L., Milli S., Tortora P., Valeri P. (1994) - *Sequence stratigraphy and depositional setting of the Tiber delta: integration of high-resolution seismics, well logs, and archeological data*. J. Sedim. Research., B64: 416-432.
- Bellotti P., Milli S., Tortora P. e Valeri P. (1995) - *Physical stratigraphy and sedimentology of the Late Pleistocene-Holocene Tiber Delta depositional sequence*. Sedimentology, 42: 617-634.
- Bellotti P., Milli S., Tortora P., Valeri P. (1989) - *Facies, evoluzione, unità stratigrafico-deposizionali della successione sedimentaria postglaciale della piana deltizia del Tevere*. Notiziario Gruppo Informale di Sedimentologia, supplemento Giornale di Geologia n 51: 7-11.
- Bellotti P., Tortora P. (1996) - *I sedimenti sul fondale del delta del Fiume Tevere*. Boll. Soc. Geol. It., 115, 449-458.
- Bellotti P., Tortora P., Valeri P. (1986) - *Le facies deposizionali e l'evoluzione olocenica del delta del Tevere*. Mem. Soc. Geol. It., 35: 797-803.
- Bellotti P., Tortora P., Valeri P. (1989) - *Sedimentological and morphological features of Tiber delta*. Poster supplement to Sedimentology, 36 (5).
- Bellotti P., Tortora P., Valeri P. (1984) - *Risultati delle indagini preliminari sulla conoide sommersa del delta del Tevere*. Atti 6° Congresso AIOL, Livorno, 235-240.
- Bellotti Tortora P., Valeri P. (1986) - *Uso di una banca dati per lo studio sedimentologico del delta del Tevere*. Boll. Soc. Geol. It., 105: 243-251.

- Borelli G.B., Tortora P., Burrigato F. (1986) - *Caratteristiche morfologiche, stratigrafiche e sedimentologiche della piattaforma continentale interna tra M.te Argentario e Torre Sant'Agostino*. Mem. Soc. Geol. It., 35, 791-795.
- Caputo C. (1988) - *Evoluzione del litorale del Lazio centrale, effetti dell'antropizzazione e ipotesi di intervento per la difesa delle spiagge*. Estratto da: Nuova città, nuova campagna spazio fisico e territorio " AGEI - Atti XXIV Congr. Geogr. It., Torino 1986", Vol. II: Pp. 441-447.
- Caputo C. (1989) - *Il litorale laziale da Capo Linaro ad Anzio: caratteristiche fisiografiche e variazioni recenti della linea di riva*. Rotary Club Viareggio - Versilia, Atti del Convegno "19° Forum: La fascia costiera tosco-ligure-laziale". Forte dei Marmi - 26/27 settembre 1987, Pp. 31-38.
- Caputo C., Chiocci F.L., Ferrante A., La Monica G.B., Landini B., Pugliese F. (1993) - *La ricostruzione dei litorali in erosione mediante ripascimento artificiale e il problema del reperimento degli inerti*. In: "Amministrare l'urbanistica - Esperienze, 34: La difesa dei litorali", Pp. 121-151, 14 fig., 1 tab., Edizioni delle Autonomie, Roma.
- Caputo C., Crea A., D'Alessandro L., Esu F., La Monica G.B., Pagani S., Pugliese F., Tancredi G. (1985) - *Indagine sul delta del Tevere*. In: Piano preliminare di coordinamento dei porti. Regione Lazio: 75-85, 5 fig., Tipolitogr. Feroce, Roma.
- Caputo C., D'Alessandro L., La Monica G.B., Landini B., Lupia Palmieri E., Pugliese F. (1983) - *Erosion Problems on the Coast of Lazio, Italy*. In: "Coastal Problems in the Mediterranean Sea", Proc. Symp. Venice 1982, I.G.U., Comm. Coast. Envir., Pp. 59-68.
- Caputo C., D'Alessandro L., La Monica G.B., Pugliese F. (1985) - *Indagini sul delta del Tevere*. In: "Regione Lazio. Piano preliminare di coordinamento dei porti". Pp. 75-85, Feroce Ed., Roma.
- Caputo C., Ferrante A., La Monica G.B., Pugliese F. (1992). *Beach nourishment by dumping at Lido di Ostia (Latium-Italy)*. Int. Coast. Congr. - ICC-Kiel. Poster.
- Caputo C., La Monica G.B., Lupia Palmieri E., Pugliese F. (1987) - *Physiographic characteristics and dynamics of the shore of Roma (Italy)*. Int. Geomorph. 1986 Part I: 1185-1198, 1 fig., 2 tab., J.Wiley & Sons Ltd, London.
- Chiocci F.L. e La Monica G.B. (1994) - *Carta dei principali lineamenti paleomorfologici e dello spessore delle peliti oloceniche - Lazio centrale*. Stampa Borgia, Roma 1994.
- Chiocci F.L., La Monica G.B. (1997) - *Present day sedimentary processes on Central Tyrrhenian continental shelf as a result of 20 kyr environmental evolution*. Poster al Int. Conf. Progress in oceanography of the Mediterranean Sea, Rome November 17-19 1997. Riassunto in Abstracts Volume. Tipografia Villaggio del Fanciullo, Opicina (Trieste).
- Chiocci F.L., La Monica G.B. (1991) - *Dinamiche deposizionali recenti e attuali nella sedimentazione di piattaforma, ricostruite attraverso prospezioni di sismica monocale ad alta risoluzione*. Riassunto esteso. C.N.R., Gruppo Naz. Geof. Terra Solida, Atti 10 Conv., Vol. 1: 545-548, 1 fig., Roma.
- Chiocci F.L., La Monica G.B. (1994) - *Carta dei principali lineamenti paleomorfologici e dello spessore delle peliti oloceniche - Lazio settentrionale*. Stampa Borgia, Roma 1994.
- Chiocci F.L., La Monica G.B. (1994) - *Carta dei principali lineamenti paleomorfologici e dello spessore delle peliti oloceniche - Lazio meridionale*. Stampa Borgia, Roma 1994.
- Chiocci F.L., La Monica G.B. (1996) - *Analisi sismostratigrafica della piattaforma continentale*. In: Il Mare del Lazio - Elementi di oceanografia fisica e chimica, biologia e geologia marina, clima meteorologico, dinamica dei sedimenti e apporti continentali, 40-61. Regione Lazio. Tip. Borgia. Roma 1996.
- Cocco E., De Magistris M.A., De Pippo T., De Matteis A. (1987) - *Il litorale del Parco nazionale del Circeo: caratteri morfologici e sedimentologici; deriva dei sedimenti*. Rendiconti dell'Acc. delle Scienze Fisiche e Matematiche, Serie IV, vol. LIV: 1-27.
- Cocco E., De Pippo T., Giulivo I. (1986) - *Dinamica ed evoluzione del litorale campano-laziale: 4. Il settore costiero compreso tra Minturno e Baia Domizia (F. Garigliano)*. Mem. Soc. Geol. It., 35: 805-809.
- Cocco E., De Pippo T., Massari P. (1988) - *L'uso delle sabbie fluorescenti per la valutazione del drift litoraneo lungo il litorale domizio (Golfo di Gaeta)*. Mem. Soc. Geol. It., 41: 869-876.

- Cortemiglia G.C., Pagliai F. (1996) - *Morfodinamica dellitorale di Terracina nell'intervallo temporale 1981-1993*. Atti XI Congresso Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia. Sorrento, pp.501-522.
- D'Alessandro L., Evangelista S., La Monica G.B., Landini B. (1988) - *Caratteristiche morfologiche e sedimentologiche del litorale fra Terracina e Sperlonga (Lazio meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 35: 811-818, 3 fig., 2 tav. f.t., Roma.
- Evangelista S., Full W. E., La Monica G. B., Nelson D. D., (1997) - *Littoral dynamics of the Terracina Circeo coastal system (Lazio meridionale)*. Atti IV International Conference on Geomorphology 28/8/97- 3/9/98. Bologna (riassunto).
- Evangelista S., Full W.E., Tortora P. (1996) - *Provenance and dispersion of fluvial, beach and shelf sands in the Bassa Maremma coastal system (Central Italy): an integrated approach using Fourier shape analysis, grain size and seismic data*. Boll.Soc.Geol.It., 115: 195-217, Roma.
- Evangelista S., La Monica G.B., Landini B. (1991) - *Artificial beach nourishment using fine crushed limestone gravel: first data about short- and long-term beach response at Terracina (Latium, Italy)*. Boll. Ocean. Teor., Appl., Vol. X, 2-3-4: 273-278, 4 fig., Trieste.
- Evangelista S., La Monica G.B., Landini B. (1992) - *Beach fill performance at Terracina (Latium-Italy)*. Int. Coast. Congr. -ICC-, Kiel. Poster
- Evangelista S., La Monica G.B., Landini B. (1992) - *Beach-fill performance at Terracina (Latium-Italy)*. International Coastal Congress ICC-Kiel '92. September 7-12,1992 (riassunto).
- Evangelista S., La Monica G.B., Landini B. (1983) - *Antropizzazione e conservazione dei litorali - L'arco sabbioso Circeo-Terracina*. Collana di Bioclimat. e Climat. Med. - Bioclimat. marina e Talassoter., 1: 93-131, 21 fig., Roma.
- La Monica G.B., Chiocci F.L., Raffi R., Almonti A., Cara P., Cristofalo G.C., De Benedetto C., Falese F., Fiorini R., Frattini L., Taliana D., Tufoni D. (1990) - *Indagini sedimentologiche e sismostratigrafiche di dettaglio della piattaforma continentale tra l'Argentario e la rada di Gaeta: illustrazione della ricerca*. C.N.R.: 8 pp., 4 fig., 3 tav., Roma.
- La Monica G.B., Raffi R. (1996) - *Morfologia e sedimentologia della spiaggia e della piattaforma continentale interna*. In: Il Mare del Lazio - Elementi di oceanografia fisica e chimica, biologia e geologia marina, clima meteomarinario, dinamica dei sedimenti e apporti continentali, 62-105. Regione Lazio. Tip. Borgia. Roma 1996.
- Mikhailova M.V., Bellotti P., Tortora P., Valeri P. (1998) - *The Tiber River delta and hydrological and morphological features of its formation*. Water Resources, 25/5: 572-582.
- Tortora P. (1989) - *I fondali antistanti la costa di Montalto di Castro (alto Lazio): caratteristiche ed evoluzione tardo-quadernaria*. Il Quaternario, 2: 175-187.
- Tortora P. (1989) - *La sedimentazione olocenica nella piattaforma continentale interna tra il promontorio di M. Argentario e la foce del Fiume Mignone (Tirreno centrale)*. Giornale di Geologia, ser. 3, 51: 93-117.
- Tortora P. (1992) - *Contributo dell'indagine sedimentologica al ripascimento dei litorali in erosione: ipotesi di ricostruzione della spiaggia di Marina di Tarquinia (Lazio settentrionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 111: 315-333.
- Tortora P. (1995) - *La superficie deposizionale del delta sottomarino del Tevere: zonazione del sedimento e processi associati*. Boll. Soc. Geol. It., 113: 89-105.
- Tortora P. (1996) - *Utilizzazione di carte granulometriche vettoriali nelle indagini sulla provenienza e dispersione del sedimento: un esempio dal fondale ad est del promontorio di Monte Argentario (piattaforma toscana)*. Boll. Soc. Geol. It., 115: 219-240.

Liguria

- Berriolo G. (1985) - *Metodi di difesa delle spiagge*. In: La gestione delle aree costiere. A cura di E. Pranzini, Ed. delle Autonomie, Roma. pp. 145-171.
- Berriolo G., Siroto G. (1985) - *Assetto costiero*. Quaderni di ricerca e di documentazione dell'Amministrazione Provinciale di Savona.
- Berriolo G., Siroto G. (1985) - *Ricerca preliminare sull'assetto costiero*. Quaderni di ricerca e di documen-

- tazione dell'Amm. Prov. di Savona.
- Biancotti A., Brandolini P., Cassimatis M., Firpo M., Massaglia L., Piccazzo M., Terranova R. (1996) - *Morfologia ed evoluzione della fascia costiera tra Capo Berta e Capo Cervo (Liguria occidentale)*. Atti XI Congresso Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia. Sorrento. pp. 411-422.
- Brambati A., Colizza E. (1991) - *Impact of a coastal disposal site for inert wastes on the physical marine environment: the Riva Ligure case*. Proc. XXXIII Congrès-Assemblée Plénière C.I.E.S.M, Trieste, vol. 33, p. 168. "Riassunto".
- Brandolini P. (1995) - *Modificazione della fascia costiera compresa tra Portofino e Zoagli (Liguria orientale) a seguito dello sviluppo turistico*. Mem. Geografiche, n.s. 1: 243-252.
- Brandolini P., De Stefanis E.G. (1998) - *Caratteri geomorfologici ed evoluzione recente del tratto di costa compreso fra Capo S. Ampelio e Capo Nero (Liguria Occidentale)*. Atti XII congresso Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia. Isola di Vulcano. pp. 239-249.
- Brandolini P., Fierro G., Firpo M., Piccazzo M., Terranova R. (1994) - *Esempi di interazione tra fattori naturali ed interventi antropici nell'evoluzione recente della fascia costiera ligure*. Studi geografici in onore di Domenico Ruocco. Loffredo Editore, Napoli. Vol. I: 41-55.
- Brandolini P., Firpo M., Piccazzo M., Terranova M. (1996) - *Geomorphology of rock coasts in Liguria (Italy)*. XXVIII Int. Geogr. Cong. The Hague.
- Brandolini P., Ramella A., Terranova R. (1992) - *Evoluzione geomorfologico-ambientale della fascia costiera compresa tra Genova e Voltri a seguito degli interventi antropici*. Atti XXVI Congresso Geogr. It. Genova.
- Brandolini P., Repetto A., Rollando A., Terranova R. (1992) - *Condizioni ambientali delle spiagge da Sestri Levante a Levanto e le loro utilizzazioni (Liguria orientale)*. Atti XXVI Congresso Geogr. It. Genova.
- Brandolini P., Spotorno M. (1996) - *Evoluzione recente del litorale compreso tra Capo Noli e Punta Bergeggi (Liguria occidentale)*. Atti XI congresso A.I.O.L.. Sorrento. pp. 201-208.
- Brandolini P., Spotorno M. (1996) - *Evoluzione recente della costa alta e della costa deposita compresa tra Punta di Bergeggi e Capo Noli*. Atti XI Congresso Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia. Sorrento. pp. 679-690.
- Corradi N., Brandolini P., Spotorno M. (1994) - *Variazioni del litorale e utilizzo del suolo: il tratto compreso tra Capo Vado e il Promontorio del Priamar (Liguria Occidentale)*. Atti X Congresso Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia. Alassio, pp. 233-244.
- Corradi N., Cortemiglia G. C. (1990) - *Sistemazione sulla spiaggia sommersa di Lavagna (Liguria orientale) di uno strumento per la rilevazione automatica del moto ondoso al pre-frangimento*. Atti VIII Congresso Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia. Pallanza. pp. 317-328.
- Corradi N., Piccazzo M., Tucci S., Ferrari M., Cavallo C., Rosso F. (1994) - *Evoluzione delle spiagge nel tratto di costa compreso tra Varazze e Voltri (Liguria occidentale)*. Il Quaternario, 7: 515-522.
- Cortemiglia G. C. (1987) - *Alcuni dati sulla progradazione della piana dell'Entella (Liguria orientale) in epoca storica*. Geogr. Fis. Dinam. Quat, 10: 93-102.
- Cortemiglia G. C. (1987) - *Evoluzione della piana di Sestri Levante (Liguria orientale) dal secolo XVIII d.C. alla situazione attuale*. Geogr. Fis. Dinam. Quat, 10: 122-131.
- Cortemiglia G. C. (1988) - *Impatto ambientale delle strutture a mare sulla costa ligure*. Mari e coste italiani: usi e tutela. Pàtron Editore, Bologna. pp. 79-89
- Cortemiglia G. C. (1989) - *Determinazione delle caratteristiche granulometriche dei depositi alluvionali dell'Entella valutate con il tracciamento della curva dei centili*. Mem. Acc. Lunig.Sc. "G. Cappellini", LVII-LVIII: 123-133.
- Cortemiglia G. C. (1989) - *Impatto ambientale delle strutture a mare sulla costa ligure*. Mari e Coste Italiane. UMAR/1, Pàtron Ed., pp. 79-89.
- Cortemiglia G. C. (1991) - *Inquadramento morfogenetico generale della costa ligure e lineamenti morfologici principali del tratto tra Finale Ligure e Spotorno*. Studi e ricerche geografiche. pp. 138-154.
- Cortemiglia G. C. (1992) - *Verifica degli effetti indotti da consistenti ripascimenti di battigia sui caratteri morfo-*

- batimetrici della spiaggia sommersa di Ospedaletti (Liguria occidentale)*. Atti del congresso "Genova, Colombo, il mare e l'emigrazione italiana nelle Americhe". Genova.
- Cortemiglia G. C. (1995) - *L'evoluzione della dinamica litorale sulla spiaggia sommersa di Marinella - Fiumaretta (Litorale Apuano-Toscana) nell'intervallo temporale 1974-1989 ricostruita sulla base dei risultati dell'analisi modale*. IV Convegno Internazionale di Studi "La Sardegna nel mondo mediterraneo". Sassari - Alghero.
- Cortemiglia G. C., Firpo M., Piccazzo M., Poggi F. (1999) - *Dinamica e caratteri evolutivi della spiaggia di Varazze (Liguria occidentale, Italia)*. Atti Associazione Italiana Oceanologia Limnologia, 13 (1): 347-362.
- Dagnino I., Albert A., Flocchini G., Bini B., Palau C., DeRossi L. e Rossi L. (1988) - *Surf beat and hedge waves along the westligurian coast*. Boll. Oceanol. Teor. e Applic., 6: 243-252.
- Del Soldato M., Pintus S. (1984) - *Studio geotecnico e storico sull'evoluzione di una pianura alluvionale (Levanto, Liguria orientale). Applicazione del metodo geofisico per la identificazione e la definizione di strutture profonde*. Quad. Ist. Geol. Univ. Genova, 5: 131-153.
- Fanucci F. (1987) - *Lignes de rivage quaternaires sur la côte et le plateau continental ligure*. Zeitschrift Geomorphol., 31: 463-472.
- Fanucci F., Corradi N., Firpo M., Piccazzo M., Tucci S. (1990) - *Les côtes de la Mer Ligure: morphologie, dynamique et évolution*. Littoral 1990, Comptes rendus du les symposium international de l'Association européenne EUROCOAST. Marsiglia. pp. 82-86.
- Fanucci F., Fierro G., Piccazzo M. (1990) - *Il Mar Ligure: aspetti fisici. Il governo dei mari semi-chiusi: modello globale emergente e caso ligure*. Ed. Vallega. pp. 195-213.
- Fanucci F., Firpo M., Ramella A. (1987) - *Genesi ed evoluzione di piane costiere del Mediterraneo: esempi di piccole piane della Liguria*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 10: 193-203.
- Fanucci F., Tedeschi D. (1983) - *Linee di costa e terrazzi marini del Foglio 82 Genova*. Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta Neotettonica. Pubbl. 513 del P.F. Geodinamica del C.N.R., Roma., pp. 387-396.
- Ferretti O., Immordino F., Giorgi L., Setti M. (1992) - *Studio sedimentologico nell'area costiera del Fiume Centa (MarLigure): Risultati preliminari*. Atti IX Congresso Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia. S. Margherita Ligure. Pp. 275-285.
- Firpo M., Piccazzo M., Ozer A. (1995) - *L'Atlas des Plages Italiennes du C.N.R.: l'exemple de la Ligurie*. Proceedings of the 17th International Cartographic Conference. Barcellona. Pp. 2891-2896.
- Firpo M., Piccazzo M., Poggi F., Sbardella P. (1997) - *Evoluzione delle spiagge albissolesi in relazione agli eventi alluvionali del Torrente Sansobbia (Liguria Occidentale)*. Atti XII Congresso Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia. Isola di Vulcano. Pp. 511-522.
- Grancini M., Venturi M., De Boni M. (1989) - *Studio meteomarinario e dinamica costiera nell'areale di Vado Ligure*. Studi ambientali dell'area costiera di Vado Ligure. Progetto per la valutazione di impatto ambientale della centrale termoelettrica di Vado Ligure. Enea.
- Immordino F. (1989) - *Studio dei minerali pesanti dei sedimenti alluvionali e di spiaggia (Varazze - Capo Noli)*. Studi ambientali dell'area costiera di Vado Ligure. Progetto per la valutazione di impatto ambientale della centrale termoelettrica di Vado Ligure. Enea.
- Meloni R., Fedi V., Ferretti O., Valloni R. (1999) - *Dinamica e tendenza evolutiva di un litorale della Liguria orientale*. Geoitalia 1999, 2° Forum Italiano di Scienze della Terra. Bellaria. pp.180-181.
- Ozer A., Cornett Y., Conhaire A. L. (1992) - *Sedimentology and morphology of some W mediterranean beaches (Finale Lig. in W Liguria, Calvi in Corsica and Sarsa in Sardinia)*. Boll. Oceanol. Teor. e Applic., 10.
- Ozer A., Fierro G., Imperiale G., Mellis A., Piacentino G. (1984) - *Evolution des indices morphométriques des galets dans le bassin du Torrent Pora (Ligurie, Italia)*. Zeitschrift Geomorphol., 49:87-94.
- Papa L. (1986) - *A simulation model of morphological changes in a coastal zone of Ligurian Sea*. Boll. Oceanol. Teor. e Applic., 4: 219-225.
- Piccazzo M., Firpo M. (1992) - *Assetto morfologico e tendenza evolutiva delle coste liguri*. Atti XXVI Con-

- gresso Geografico Italiano. Genova. pp. 378-383.
- Piccazzo M., Firpo M. (1993) - *Morfologia ed evoluzione della costa ligure di Ponente attraverso la lettura dell'Atlante delle Spiagge Italiane*. Atti del 1° Convegno "Salvaguardia Ecologica della Riviera di Ponente". Rotary Club Sanremo Hanbury. Sanremo. pp. 93-105.
- Piccazzo M., Firpo M., Corradi N., Campi F. (1992) - *Coast line changes on beaches affected by defence works: a case study in Albissola (W Liguria)*. Boll. Oceanol. Teor. e Applic., 10: 197-204.
- Piccazzo M., Firpo M., Corradi N., Campi F. (1992) - *Coastline changes on beaches affected by defence works: a case study in Albissola (W. Liguria - Italy)*. Atti 1° Seminario sulla dinamica e caratteri geo-ambientali degli spazi costieri. Alassio.
- Piccazzo M., Firpo M., Corradi N., Campi F. (1992) - *Evoluzione recente dei litorali liguri: le spiagge di Albissola Marina e di Albisola Superiore (Savona)*. Atti IX Congresso Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia. S. Margherita Ligure. pp. 287-301.
- Rolando A., Terranova R. (1992) - *Osservazioni geomorfologiche ed ambientali nell'Area Protetta Punta Manara-Punta Moniglia in relazione alla sua pianificazione (Liguria)*. Atti XXVI Congresso Geogr. It. Genova.
- Spotorno M. (1995) - *Trasformazioni della fascia litoranea savonese e dinamica del retroterra*. Mem. Geografiche, n.s. 1:261-269.
- Studio Volta (1983) - *Tecniche ed interventi adottati o proposti dallo Studio Volta*. Cervia Ambiente, Atti del Convegno "Le ultime spiagge: erosione e difesa delle coste italiane". Cervia.
- Studio Volta (1985) - *Progetto di massima per la conservazione ed il risanamento degli arenili delle due Albissole e per le strutture connesse alla fascia costiera*. Studi di base, Rapporto finale 31/07/85. Amministrazione Provinciale di Savona.
- Terranova R. (1986) - *Carta geomorfologica del litorale di Chiavari*. Ist. Geol. Univ. Genova.
- Terranova R. (1993) - *I litorali tra Lavagna e Chiavari: un esempio di intensa occupazione degli spazi costieri con gravi condizioni di squilibri ambientali*. Atti del Convegno "Lo spazio costiero italiano, problemi di crescita e di sensibilità ambientale". Firenze.
- Terranova R. (1994) - *Fenomeni di regressione delle spiagge di Monterosso al Mare (Liguria Orientale) provocati da interventi umani*. Atti X Congresso Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia. Alassio. pp. 245-251.
- Terranova R. (1995) - *I litorali di Lavagna - Chiavari in Liguria: un esempio di intensa occupazione degli spazi costieri con gravi condizioni di squilibri geomorfologici e ambientali*. Mem. Geografiche, n.s. 1: 233-241.
- Tucci S. (1989) - *Caratterizzazione direzionale del materiale sospeso nelle acque costiere*. Studi ambientali dell'area costiera di Vado Ligure. Progetto per la valutazione di impatto ambientale della centrale termoelettrica di Vado Ligure. Enea.
- Tucci S., Campi F. (1989) - *Lineamenti geomorfologici costieri (Varazze - Capo Noli)*. "Studi ambientali dell'area costiera di Vado Ligure". Enea, pp. 13-24.
- Tucci S., Firpo M., Piccazzo M., Ferretti O. (1993) - *Caratteristiche morfologiche ed ambientali dell'area costiera di Vado Ligure*. Atti II Conv. Int. "La Sardegna nel mondo Mediterraneo". Sassari-Alghero.

Marche

- Cancelli A., Marabini F., Pellegrini M., Tonnetti G. (1986) - *Incidenza delle frane sull'evoluzione della costa adriatica da Pesaro a Vasto*. Mem. Soc. Geol. It., 27: 555-568.
- Carbognin L., Cipriani M., Marabini F. (1989) - *First results of a new shore protective work installed along the eastern italian coast*. The Sixth Symposium on coastal and ocean management, Coastal Zone '89. Charleston, U.S.A. Volume Coastline of Italy, pp. 170-176.
- Cessari A., Marabini F., Morigi C. (1997) - *Caratteri evolutivi della costa adriatica da Pesaro a Vasto*. Atti 1ª Conferenza Nazionale Asita. Parma, pp. 272-277.
- Dal Cin R., Pedone F., Simeoni U. (1984) - *Evolution morphologique et distribution des sédiments dans les littoranx des Marches (Adriatique Centrale, Italie)*. In: XVIII Journées de l'Hydraulique, Question n° III, rapport 8, Marseille: 1-8.

- Dal Cin R., Simeoni U. (1987) - *Analisi ambientale quantitativa dei litorali marchigiani fra Gabicce e Ancona. Livello del rischio naturale e del degrado, distribuzione dei sedimenti e loro possibile impiego per ripascimenti artificiali*. Boll. Soc. Geol. It., 106: 377-423.
- Dal Cin R., Simeoni U. (1993) - *The distribution of sediments and the identification of residual materials on the sea-bottom Southern Marches (Italy)*. Mar. Geol., 113: 273-281.
- Dal Cin R., Simeoni U. (1994) - *A model for determining the classification, vulnerability and risk in the southern coastal zone of the Marche (Italy)*. Journal Coastal Research, 10: 18-29.
- Dal Cin R., Simeoni U. (1994) - *Degradazione, ricerche di sabbie in mare e possibili interventi nei litorali fra Ancona e San Benedetto del Tronto (Mare Adriatico)*. Boll. Soc. Geol. It., 113: 95-104.
- Elmi C., Fanucci F., Nesci O., Beer P., Pignocchi A. (1994) - *Evoluzione olocenica della linea di riva dal F. Reno al F. Potenza*. Il Quaternario, 7, lb: 305-309.
- Elmi C., Nesci O., Tentoni L. (1992) - *La piana del T. Conca e le pianure minori nord-marchigiane: forme, depositi ed evoluzione*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 14 (1991), 1: 113-117.
- Giorgi G., Marabini F. (1986) - *Characters of the coast from the Gabicce promontory to the mouth of the Tronto river*. Atti XXII Congresso A.I.C., Mantova. pp. 39-45.
- Marabini F. (1984) - *Tendenza evolutiva della costa pesarese*. Convegno sui problemi ambientali della costa. Pesaro. pp. 1-13.
- Marabini F., Santaniello A. (1992) - *Risultati sperimentali di un nuovo tipo di difesa contro l'erosione costiera*. Atti del XXVIII Congresso A.I.C. Fabriano. Boll. A.I.C. 84-85, pp. 135-139.
- Regione Marche (1982) - *Studio generale per la difesa delle coste: prima fase*. Rapporti di settore, volume II°, Ed. AQUATER, S. Lorenzo in Campo (PS), pp. 706.

Molise

- Giorgi G., Girardi A., Marabini F., Secco G., Zunica M. (1987) - *Metodologie d'indagine sulla erosione costiera, il caso Abruzzo-Molise*. Quaderni del Dipartimento di Geografia, Università di Padova. fasc. n. 8: 1-32.
- Giorgi G., Girardi A., Marabini F., Zunica M. (1986) - *Evoluzione delle coste abruzzesi-molisane ed analisi di alcuni paraggi significativi*. Mem. Soc. Geol. It., 27: 569-577.
- Girardi A., Rotondi G. (1989) - *Il Delta del Biferno*. Mari e coste italiane, Patron, Bologna, pp.189-198.

Puglia

- Alvares Vines L., Amos C.L., Mastronuzzi G., Sansò P. (1998) - *Morphological effects of catastrophic waves along the Ionian coast of Apulia (Southern Italy)*. Proc. Meeting on Rapid coastal changes in the late Quaternary. IGCP-367. INQUA. Greece, 10-19Sett. 1998. Riassunto Boenzi F., Caldara M. e Pennetta L. (1985) - *La trasgressione tirreniana nei dintorni di Castellana (Taranto)*. Geol. Appl. e Idrogeol., 20: 163-175.
- Amore C., D'Alessandro L., Di Geronimo S., Giuffrida E., Lo Giudice A., Zanini A. (1988) - *Dinamica litorale nel Golfo di Taranto tra Capo Spulico e Punta Rondinella*. Boll. Ac. Gioenia Sc. Nat. Catania, vol. 21, n. 333: 39-74, 5 fig., 2 tab., 5 tav. f.t., Catania, 1988.
- Boenzi F., Caldara M., Pennetta L. (1991) - *Osservazioni stratigrafiche e geomorfologiche nel tratto meridionale della piana costiera del Tavoliere di Puglia*. Geogr. Fis. e Din. Quat., 14: 23-31.
- Brambati A., Marocco R. (1983) - *Sedimentological aspects of industrial sewage discharge in the Taranto littoral zone (Ionian Sea)*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., 2: 99-110.
- Caldara M. (1995) - *Aspetti di geologia ambientale e di morfologia costiera in alcuni tratti del litorale nord-barese*. In: "Cave e coste nel territorio del nord-barese", Geologi, suppl. 2, Pp.39-61.
- Caldara M., Centenaro E., Mastronuzzi G., Sansò P., Sergio A. (1998) - *Features and present evolution of Apulian coast (Southern Italy)*. Journal of Coastal Research, SI (26), ICS '98 Proc., Florida, 19-23 Maggio 1998.

- Caldara M., Pennetta L. (1989) - *La laguna olocenica in località La Salina presso Castellaneta, Taranto: prime considerazioni stratigrafiche ed ambientali*. Mem. Soc. Geol. It., 42: 119-128.
- Caldara M., Pennetta L. (1990) - *Evoluzione dell'ambiente olocenico nel basso Tavoliere di Puglia*. Bonifica, 5 (3): 47-66.
- Caldara M., Pennetta L. (1991) - *The Pleistocene buried abrasion platforms of the Southeastern Tavoliere (Apulia, South Italy)*. Il Quaternario, 4: 303-310.
- Caldara M., Pennetta L. (1992) - *Evoluzione ed estinzione dell'antico lago di Salpi in Puglia*. Bonifica, 1: 59-81.
- Caldara M., Pennetta L. (1993) - *Nuovi dati per la conoscenza geologica e morfologica del Tavoliere di Puglia*. Bonifica, 8: 25-42.
- Centenaro E., Mastronuzzi G., Sansò P. (1998) - *Morfologia della fascia costiera fra Otranto e Castro (Puglia, Italia)*. Atti del 79° Congr. Naz. Soc. Geol. It., Palermo, 21-23 Settembre 1998. Riassunto.
- Ciaranfi N., Pieri P., Ricchetti G. (1994) - *Linee di costa e terrazzi marini pleistocenici nelle Murge e nel Salento: implicazioni neotettoniche ed eustatiche*. In: "Geologia delle aree di avampaese". 77° Congr. Soc. Geol. It., 23 Sett. - 1 Ott. 1994.
- Cocco E. (1982) - *Risultati delle ricerche relative all'area ionica*. Atti Convegno Conclusivo del P.F. "Conservazione del Suolo", Roma 1982, pp. 349-353.
- Cocco E., De Magistris M.A., De Pippo T. (1987) - *Evoluzione e dinamica del litorale alto ionico (Golfo di Taranto)*. Atti del convegno ENEA sulle problematiche relative al Golfo di Taranto. Policoro 16-17 Ottobre 1986, pp. 61-76/512-518
- Cocco E., De Pippo T., De Lauro M., Monda C. (1988) - *Focus erosivi sul litorale metapontino (Golfo di Taranto)*. Mem. Soc. Geol. It., 41: 703-709.
- Cortemiglia G. C. (1986) - *Dinamica dei sedimenti alla foce del Coriglianeto (Golfo di Taranto)*. Atti Conv. Evol. Litorali, Problem. Golfo di Taranto. Enea, Centro Ricerche Trisaia. pp 117-160.
- Cotecchia V. (1986) - *Dinamiche dell'arretramento costiero con particolare riferimento al Golfo di Taranto e possibili indirizzi di intervento*. In: "Evoluzione dei litorali" - ENEA. Pp. 31-60.
- Cotecchia V., Guericchio A., Melidoro G. (1995) - *Geologia e processi di demolizione costiera dell'isola di S. Nicola (Tremiti)*. Atti Conv. "Città fragile". Giardini Naxos, 1995.
- D'Alessandro A., Mastronuzzi G., Palmentola G., Sansò P. (1994) - *Pleistocene deposits of Salento leccese (Southern Italy): problematic relationships*. Boll. Soc. Paleont. It., 33: 257-263
- Dal Cin R., Simeoni U. (1987) - *Processi erosivi e trasporto dei sedimenti nelle spiagge pugliesi fra S. Maria di Leuca e Taranto (Mare Ionio)*. - *Possibili strategie d'intervento*. Boll. Soc. Geol. It., 106: 767-783.
- De Marco A., Gentile A., Nuovo G. (1983) - *Aspetti dinamici e composizionali degli apporti attuali nel lago Alimini Piccolo presso Otranto (Puglia)*. Boll. Soc. Geol. It., 102: 407-417.
- Dini M., Mastronuzzi G., Sansò P. (1996) - *Le dune costiere della Puglia meridionale: dati morfologici, radiometrici ed archeologici*. Atti Convegno territorio e Società nelle Aree Meridionali, Bari-Matera, 24-27 Ottobre 1996.
- Dini M., Mastronuzzi G., Sansò P. (1997) - *Morphogenetic effects of relative sea level changes in Southern Apulia (Italy)*. IV International Conference on Geomorphology, Bologna, 28 Agosto- 3 Settembre 1997. Geogr. Fis. e Din. Quat., suppl. 3 (1). Riassunto.
- Gentile G.M., Giuliani A. (1984) - *Evoluzione del litorale nel paraggio del porto di Margherita di Savoia*. Mem. XIX Conv. Idraulica e costruzioni idrauliche. Pavia, 6-8 Settembre 1984.
- Gentile G.M., Monterisi L. (1994) - *Un esempio di dinamica costiera: l'arretramento della falesia a sud della città di Brindisi*. In: "Geologia delle aree di avampaese". 77° Congr. Soc. Geol. It., Bari, 28 Sett. - 1 Ott. 1994.
- Gentile G.M., Monterisi L., Ventrella N.A. (1996) - *Erosione del litorale adriatico ed arretramento della falesia a sud di Brindisi (Puglia)*. Mem. Soc. Geol. It., 51: 781-791.
- Guericchio A., Melidoro G. (1986) - *Problematiche di geologia applicata lungo la fascia costiera ionica del Golfo di Taranto*. In: "Evoluzione dei litorali" - ENEA. Pp. 263-294.

- Margiotta B., Palmentola G., Dragone S.F. (1983) - *La dinamica del litorale dell'insenatura di Torre dell'Orso in provincia di Lecce*. Quad. Ric. Centro Studi Geot. Ing., 8.
- Mastronuzzi G., Palmentola G., Ricchetti G. (1989) - *Aspetti dell'evoluzione olocenica della costa pugliese*. Mem. Soc. Geol. It., 42: 287-300.
- Mastronuzzi G., Palmentola G., Sansò P. (1988) - *Osservazioni sulle caratteristiche fisiografiche dei litorali del Salento meridionale*. In: "Le conoscenze geologiche del territorio salentino. Dati e prospettive", Lecce, 1987. Quad. Ric. Centro Studi Geot. Ing., 11: 223-241.
- Mastronuzzi G., Palmentola G., Sansò P. (1992) - *Esempi di caratterizzazione morfometrica di tratti del litorale roccioso della Puglia*. Atti XXVI Congr. Geogr. It., Genova, 4-9 Maggio 1992
- Mastronuzzi G., Palmentola G., Sansò P. (1992) - *Morphological types of rocky coast on southeastern Apulia*. Proc. ICC, Kiel (Germany), 7-12 Sept. 1992.
- Mastronuzzi G., Palmentola G., Sansò P. (1994) - *Le tracce di alcune variazioni del livello del mare olocenico tra Torre dell'Orso e Otranto (Lecce)*. Geogr. Fis. e Din. Quat., 17:55-60.
- Mastronuzzi G., Pye K., Sansò P., Sergio A. (1997) - *The impact of dam construction and coast protection works on beach sediment budgets and erosion/accretion trends: examples from apulia, Southern Italy, and Eastern and Southern England*. Proc. Environmental Sedimentology IAS-SEPM, Venezia, 27-29 Ottobre 1997. Riassunto.
- Mastronuzzi G., Sansò P. (1993) - *Caratteri ed evoluzione attuale del litorale fra le foci del Fiume Fortore e del Fiume Ofanto (Puglia)*. Bonifica, 7 (3): 83-90.
- Mastronuzzi G., Sansò P. (1994) - *Pleistocenic evolution of coastal area from Torre Canne to Torre Mattarelle (Brindisi)*. In: "Geologia delle aree di avampese", 77° Riun. Est. Soc. Geol. It. - Congr. Naz., 23 Settembre - 1 Ottobre 1994.
- Mastronuzzi G., Sansò P. (1997) - *Morfologia e genesi delle Isole Cheradi e del Mar Grande (Taranto, Puglia, Italia)*. Geogr. Fis. e Din. Quat., 21: 131-138.
- Palmentola G. (1987) - *Lineamenti geologici e morfologici del Salento leccese*. In: "Le conoscenze geologiche del territorio salentino. Dati e prospettive", Lecce, 1987. Quad. Ric. Centro Studi Geot. Ing., 11: 7-23.
- Pennetta L. (1988) - *Ricerche sull'evoluzione recente del delta dell'Ofanto*. Boll. Mus. St. Nat. Lunigiana, 6-7: 41-45.
- Pieri P. (1991) - *Evoluzione geomorfologica e arretramenti costieri olocenici nei dintorni di Monopoli*. Itinerari Speleologici, serie II, 5.
- Sergio A. (1999) - *Dinamica costiera: linee-guida allo studio del modellamento marino e analisi quali-quantitative dei fenomeni di instabilità*. Tesi di Dottorato presso il Dipartimento di Geologia e Geofisica, Università di Bari.
- Simeoni U. (1992) - *I litorali tra Manfredonia e Barletta (Basso Adriatico): dissesti, sedimenti, problematiche ambientali*. Boll. Soc. Geol. It., 111: 367-398.
- Simeoni U., Calderoni G., Ciavola P., Mazzini E., Tessari U. (1998) - *Un nuovo approccio per la gestione delle dune costiere*. Accademia Nazionale dei Lincei, Convegno "Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo", 1-2 Ottobre Roma: 23-24.
- Simeoni U., Calderoni G., Tessari U., Mazzini E. (1999) - *A new application of system theory to foredunes intervention strategies*. Journal of Coastal Research, 15, 2: 457-470.
- Simeoni U., Mazzini E., Tessari U., Ciavola P. (1999) - *Valutazione integrata, a fini gestionali, delle dune costiere: metodologia e caso studio*. Studi Costieri, Firenze, 1: 85-102.
- Spilotro G., Andriani G.F., Triggiani S.F. (1995) - *Difesa e valorizzazione della costa nei dintorni di Molfetta: analisi dello stato attuale*. Proc. "Cave e coste nel territorio del nord-barese". Geologi. Suppl. 2: 71-79.
- Zeza F. (1983) - *Le calcareniti calabriane e tirreniane di Porto Miggiano sul Canale d'Otranto*. Geol. Appl. e Idrogeol., 17: 33-42.
- Zeza F., Bruno G. (1991) - *Caratteristiche geo-meccaniche e problemi di instabilità della falesia di Porto Miggiano, Puglia*. Geol. Appl. e Idrogeol., 26.

Sardegna

- Arisci A., Di Gregorio F., Fanni M. (1999) - *Dinamica costiera e rischio ambientale nel litorale Porticceddu-Buggerru (Sardegna SW)*. Atti della III Conferenza Nazionale ASITA- 145-152; Napoli, 9-12 Novembre 1999.
- Atzeni A. (1999) - *Sul ripascimento di spiagge con miscele composite di sedimenti: il caso delle spiagge di Cala Gonone (Dorgali, Sardegna)*. Studi costieri, 1: 57-73.
- Atzeni A., De Muro S., Di Gregorio F., Piras G. (1998) - *Carta del rischio ambientale nelle coste della Sardegna, scala 1:250.000*. Atti dei Convegni Lincei "Il rischio idrogeologico e la tutela del suolo", Roma, 1-2 ottobre 1998 (in stampa).
- Atzeni A., De Muro S., Di Gregorio F., Piras G. (1998) - *Note illustrative alla Carta del rischio ambientale nelle coste della Sardegna*. Atti dei Convegni Lincei (154) "Il rischio idrogeologico e la tutela del suolo", Roma, 1-2 ottobre 1998, pp. 343-350.
- Atzeni A., Ginesu S. (1993) - *L'evoluzione dei litorali della Sardegna e gli interventi di riequilibrio*. In: La difesa dei litorali in Italia, a cura di P. Aminti ed E. Pranzini, Edizioni delle Autonomie, Roma. Pp. 215-231.
- Barca S., Di Gregorio F., Mulas G. (1995) - *Natural rock arches of the Orosei Gulf, Sardinia, Italy*. Proceedings of the Second International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 95, October 24-27, 1995; Vol. I, 217-229. Tarragona, Spain, E. Ozhar (Editor).
- Barca S., Di Gregorio F., Palmerini V. (1981) - *Linea di costa pleistocenica nella piana di S. Priamo (Sarabus, Sardegna sud-orientale)*. Boll. Soc. Geol. It., 100, 71-84, una carta, 10 ff., 1 tab.
- Belluomini G., Branca M., Delitala L., Pecorini G., Spano C. (1986) - *Isolocene epimerization dating of quaternary marine deposits in Sardinia, Italy*. Zeit. Geom. N.F., Suppl.- Bd. 62: 109-117.
- Bollettinari G., Scanu G. (1984) - *Contributo alle geomorfologia della Sardegna settentrionale. I caratteri geomorfologici e le modificazioni antropiche dell'area circostante il lago di Baratz tra Porto Ferro e Porto Palmas*. Pubbl. Ist. Lab. Geogr. Univ. Sassari.
- Brambati A. e DeMuro S. (1991) - *Morphology and seismostratigraphy of the proximal shelf between Capo Testa and Capo di li Francesi (Northern Sardinia, Italy)*. Preliminary results. Proc. XXXIII Congrès-Assemblée Plénière C.I.E.S.M., Trieste, vol. 33, p.120. Riassunto.
- Brambati A., DeMuro S. (1992) - *Dynamics of the bar and trough zone between Capo Testa and Punta di li Francesi (Northern Sardinia, Italy)*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., vol. 10 (2-3-4): 165-179.
- Brambati A., DeMuro S. (1992) - *Notes on the geomorphological map of the area between Capo Testa and Punta di li Francesi (Northern Sardinia, Italy)*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., vol. 10 (2-3-4): 133-148.
- Brambati A., DeMuro S. (1992) - *Submerged coastlines in the sector between Capo Testa and Punta di li Francesi (Northern Sardinia, Italy)*. Geomorphological and sedimentological aspects. Boll. Oceanol. Teor. Appl., vol. 10 (2-3-4): 149-164.
- Brandis P., Ginesu S. (1998) - *L'erosione delle coste e l'apporto detritico sui litorali del Nord Sardegna come fattore di limite allo sviluppo turistico*. 5° Conv. Inter. di Studi "La Sardegna nel mondo mediterraneo. Turismo e Ambiente" Sassari 28-30 Ottobre.
- Cannillo C., Di Gregorio F., Ferrara C., Ibba A. (1994) - *Caratteristiche geoambientali delle dune costiere della baia di Porto Pino (Sardegna SW)*. Atti del II Convegno Internazionale di geologia subacquea, 8-10 giugno 1994, Palinuro.
- Carboni S., Di Gregorio F., Ferrara C. (1987) - *Evoluzione del litorale tra Capo S. Lorenzo e Capo Ferrato (Sardegna Sud-orientale)*. Mem. Soc. Geol. It., 17.
- Carboni S., Di Gregorio F., Ferrara C. (1987) - *Evoluzione della piana costiera del Rio di Quirra (Sardegna Sud-orientale)*. Mem. Soc. Geol. It., 37 (17).
- Carboni S., Di Gregorio F., Ferrara C. (1987) - *Trasporto solido di un corso d'acqua a regime torrentizio e caratteristiche dei sedimenti della spiaggia alimentata. Il Rio Quirra (Sardegna Sud-orientale)*. I Congr. Int. Geodid., Dicem. 1987, Firenze.
- Carboni S., Lecca L. (1985) - *Osservazioni sul Pleistocene medio-superiore della penisola del Sinis (Sardegna occidentale)* Boll. Soc. Geol. It., 104: 459-477, 17 ff., 1 tav.

- Carboni S., Lecca L. (1991) - *Lithological and echographic evidence of late Pleistocene regressions on the western continental shelf of Sardinia*. VIII Reun. Nac. Cuat., Valencia, 16-20, September.
- Carboni S., Lecca L. (1992) - *Upper Pleistocene sea-level lowstands in the continental shelf of western Sardinia (Italy)*. Subcomm. Medit. Black Sea shorelines. Newsletter n.14, Ed. C. Zazo & T. Bardaji, Madrid.
- Carboni S., Lecca L. (1993) - *Further data on late pleistocene sea-level lowstands in western Sardinia shelf (Italy)*. INQUA Sub. Medit. Black Sea Shorelines. n.15
- Carboni S., Lecca L., Ferrara C. (1989) - *La discordanza versiliana sulla piattaforma continentale occidentale della Sardegna*. Boll. Soc. Geol. It., 108,10 ff, 1 tav.
- Carta M., Del Fa' C., Ulzega A., Uras I. (1986) - *La piattaforma continentale della Sardegna. Studi geogiac., geof., sedim. e di valoriz. dei minerali contenuti*. Vol. P.F. Ocean. e Fondi Marini Sottoprogr. Ris. Min., Rapporto tecnico finale.
- Castelli P., Cristini A., Di Gregorio F., Ferrara C. (1991) - *Geo-environmental characteristics of the coastal dune of the Gulf of Pistis (SE Sardinia)*. Kiel, Litoral '92.
- Castelli P., Di Gregorio F. (1992) - *Proposals and program for the organization of the natural park of the coast of south west-Sardinia (Iglesias-Arbus)*, International coastal congress - I.C.C. - Kiel' 92.
- Castelli P., Di Gregorio F. (1995) - *Integrated coastal resources analysis, planning and management in South-East Sardinia*. Proceedings of the Second International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 95, October 24-27, 1995; Vol. I, 453-464; Tarragona, Spain, E. Ozhar (Editor).
- Cesaraccio M. (1984) - *Rilevamento geomorfologico del settore compreso fra Buggerru e Portixeddu*. Tesi di laurea Univ. Cagliari.
- Cesaraccio M., Puxeddu C., Ulzega A. (1986) - *Geomorfologia della fascia costiera tra Buggerru e Portixeddu nella Sardegna sud-occidentale*. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, vol. 56 Fasc. 1.
- Contu A., Mulas P., Sarritzu G., Schintu M., Ulzega A. (1983) - *Morphological, sedimentological and chemical aspects of the sediments in the Gulf of Cagliari*. Boll. Ocean. Teor. Appl., 1: 205-213.
- Costa M., Di Gregorio F. (1994) - *Coastal Dynamics and Disruption in SW Sardinia* - Second International Symposium-Littoral 94-Lisbon 26-29 September 1994 - European Coastal Zone
- Costa M., Di Gregorio F. (1995) - *La Cartografia dei Dissesti Idrogeologici del Settore Costiero Compreso tra Porto Paglia e Capo Altano (Sardegna SW)* XXXI Nat. Congress of A.I.C., 107-118- Nuoro 17-19 maggio 1995.
- Cristini A. Di Gregorio F., Ferrara C. (1992) - *Sedimentological and geochemical characteristics of beaches on the southeastern coast of Sardinia (Italy) and their dependency on source*. Boll. di Oceanologia teorica ed applicata, X, n. 2/3, 211-223.
- Cristini A., Di Gregorio F. e Ferrara C. (1994) - *Caratteristiche geoambientali delle dune costiere del Golfo di Pistis (Sardegna Sud-occidentale)*. Il Quaternario 7: 643-650.
- Cristini A., Di Gregorio F., Ferrara C. (1992) - *Sedimentological and geochemical characteristics of the carbonatic beaches of the gulf of Orosei (east-central Sardinia)*. Proc. Int. Coastal Congress, Kiel, 1992.
- Cristini A., Ferrara C., Zuddas P. (1989) - *Correlazione geochimica dei tenori totali in metalli pesanti nei sedimenti del Rio Quirra e Porto Corallo, Sardegna Orientale*. Proc. Int. Congr. on Geoengineering, 1: 223-231.
- DeMuro S. (1990) - *Dinamica dei litorali e Geomorfologia della Piattaforma prossimale tra Capo Testa e Punta di li Francesi (Sardegna settentrionale)*. Tesi di Dottorato in Scienze ambientali marine-oceanografia geologica e risorse. Università di Trieste, Febbraio 1990, 2 vol., 526 pp.
- DeMuro S., Camin M. e Fanzutti G.P. (1997) - *Geomorphological map of the coastal and marine area between Punta Sardegna and Coluccia Peninsula. New deglacia sea level records from underwater surveys and dating intergranular cement of beachrock. (North-eastern Sardinia, Italy)*. Fourth Int. Con. on Geomorph. Suppl. Geogr. Fis. Din. Quater., Abstract.
- DeMuro S., Ulzega A. (1985) - *Il Golfo di Arzachena nella Sardegna settentrionale. Ricerche di geomorfologia costiera e sottomarina*. Boll. Soc. Geol. It., 104: 551-560, 9ff. 1 Tav. f.t.

- DeMuro S., Ulzega A. (1988) - *Ricerche geomorfologiche sulle Bocche di Bonifacio. La piattaforma continentale ad ovest di Capo Testa*. Bull. Soc. R. Liège, 57: 403-413.
- Di Gregorio F. et Alii (1991) - *Correlation between sediment characteristic of three southeastern Sardinian beaches and geomineralogical characteristics of their alimentation basins*, "Source, transport and deposition of metals". Proceedings of the 25 years S.G.A. anniversary meeting: Nancy, 30 August - 3 September 1991. A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield 1991.
- Di Gregorio F. (1976) - *Studio geomorfologico del Golfo di Oristano*. Boll. Soc. Sarda Sc. Nat., Vol. XVI, 10, 2 ff., 2 carte, Sassari.
- Di Gregorio F. (1983) - *La fruizione del litorale fra attentati e minacce*. In: "Sardegna, l'uomo e le coste", a cura del Banco di Sardegna, Ed. Pizzi, Cap.V.
- Di Gregorio F. (1984) - *Dal degrado al "rigrado". Tutela del mare e delle coste della Sardegna*. Sardegna Economica, n.6, Periodico C.C.I.A.A., Cagliari.
- Di Gregorio F. (1985) - *L'uomo, le acque e il dissesto idrogeologico in Sardegna*. Atti del 3° Conv. Int. di Studi geografico-storici "La Sardegna nel mondo mediterraneo", 133-150 5 tabb., 11-14 aprile 1985, Univers. Sassari.
- Di Gregorio F. (1988) - *Molentargius, Saline, Poetto, dall'emergenza alla gestione integrata. Ipotesi di destinazione, aspetti organizzativi e gestionali*. Atti conv. sulle zone umide del Sud Sardegna, pagg. 116-123, Aprile 1988; litografia A. Trois.
- Di Gregorio F., Loi G., Marini A. (1985) - *Applicazione di metodi diversi di telerilevamento per lo studio delle zone umide di Sale Porcus e Is Benas*. Atti del 3° Conv. Int. di Studi Geografico-storici "La Sardegna nel mondo mediterraneo", 123-131, 2 ff., 2 tavv., 11-14 aprile 1985, Univers. Sassari.
- Di Gregorio F. et Alii (1990) - *Mappe termiche della superficie del mare. Un confronto con misure sperimentali*. Ambiente e sicurezza sul lavoro, 2 tab., 6 ff., - Anno VI, Aprile-Maggio 1990.
- Di Gregorio F., Ginesu S., Federici P.R. (1999) - *Atlante delle spiagge della Sardegna*. Scala 1:100.000. S.E.L.C.A., Firenze.
- Di Gregorio F., Marini A. (1985) - *Le acque, l'uomo e il dissesto idrogeologico in Sardegna*. Atti del 3° Conv. Int. di studi geografico-storici "La Sardegna nel mondo mediterraneo", Sassari, 11-14 aprile, 1985.
- Di Gregorio F., Marini A. (1987) - *Facies ambientale da Landsat nel campidano di Oristano (Sardegna centro-Occidentale)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat. 10: 175-179, 4 ff.
- Federici P.R. (1990) - *L'Atlante delle spiagge italiane: Il primo foglio per la Sardegna (F.180 Sassari)*. Boll. Soc. Geogr. It., n.10-12.
- Federici P.R., Ginesu S., Oggiano G. (1987) - *Genesi ed evoluzione della pianura costiera turritana (Sardegna settentrionale)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 10: 103-121.
- Federici P.R., Ginesu S., Sias S. (1998) - *Lineamenti geomorfologici ed evoluzione recente del paesaggio nella Nurra occidentale (Sardegna NW). La fascia costiera di Porto Conte-Porto Ferro*. In: Prot. Dell'Amb. e Gest. Ris. Nat., Quad. Ist. St. Pol. Giu: CEDAM
- Federici P.R., Ginesu S., Sias S. (1998) - *Lineamenti geomorfologici ed evoluzione recente del paesaggio nella Nurra occidentale (Sardegna NW), La fascia costiera di Porto Conte-Porto Ferro*. Carta geomorfologica (1:25.000), Carta geolitologica (1:50.000), Carta del Paesaggio. Gallizzi, Sassari.
- Ferrara C., Lecca L., Carboni S. (1993) - *Late Pleistocene-Holocene sedimentary facies on the Sardinian continental shelf between Capo San Marco and Nebida. Estudios sobre Cuater: 99-106. Fumanal y Bernabeu (eds.), Valencia*.
- Ferretti O., Nicolai I., Dall'Aglio M., La Monica G.B., De Benedetto C., Meschini A. (1990) - *Metodologie per la valutazione delle condizioni ambientali della Penisola del Sinis (Sardegna occidentale)*. Soc. Geol. It., 75° Congr. Naz. Poster.
- Forti S., Orrù P. (1995) - *Geomorfologia costiera e sottomarina della penisola del Sinis (Sardegna occidentale)*. Boll. Soc. Geol. It., 114: 3-21, 14 ff., 2 tav.
- Ginesu S. (1989) - *Una data C14 per il pleistocene superiore del Nord Est della Sardegna*. Geogr. Fis. Dinam. Quater., 11.

- Ginesu S. (1992) - *Aspect of erosion on the high coasts of the Murrizza-Prima Guardia tract (Castelsardo, Northern Sardinia)*. Proceedings of the Symposium "Dynamical and Environmental features of coastal areas". Boll.Ocean.Teor.Appl. vol. X 2-3-4.
- Ginesu S., Cossu A. (1992) - *La piana costiera del fiume Liscia (Sardegna Nord-orientale)*. Geogr. Fis. Dinam. Quater., Vol 14 (1).
- Ginesu S., Marogna A., Sias S. (1994) - *Evoluzione quaternaria e dinamica attuale della fascia costiera di Fiume Santo (Sassari, Sardegna)*. Il Quaternario, 7 : 317-324.
- Ginesu S., Ozer A., Panizza V., Pulina M.A., Sias S. (1997) - *Recent evolution of the Coghinas coastal plain (Anglona, north Sardinia, Italy)*. 4th Int. Conf. Geomorphology, Bologna. Geogr. Fis. Dinam. Quat., Suppl. III, 178.
- Ginesu S., Sias S. (1993) - *The quaternary evolution of Fiume Santo coast during Quaternary.inter.* PICG 274, p.27, Dakar, Senegal.
- Grillo S., Lecca L., Leone F., Mazzella A., Palomba M. et Alii (1984) - *La piattaforma continentale sarda da Capo Coda Cavallo a Capo Comino: aspetti geomorfologici, mineralogici-sedimentologici e applicativi*. Soc. Geol. It., Conv. "La Geologia marina: aspetti di ricerca pura ed applicata".
- Grillo S.M., Mazzella A., Palomba M. (1990) - *The continental shelf from Cape Frasca to Cape Caccia (central-western Sardinia): geological setting and mineralogical, sedimentological, chemical study of the sands*. Miner. Petrogr. Acta, vol XXXIII: 235-256.
- Grillo S.M., Mazzella A., Palomba M., Porcu R., Uras I. (1986) - *Osservazioni sedimentologiche-chimico-mineralogico-statistiche dell'area compresa tra Capo Frasca e Capo Caccia (Sardegna orientale)*.
- Grillo S.M., Mazzella A., Palomba M., Porcu R., Uras I. (1986) - *Studio sedimentologico chimico-mineralogico-statistico sui sedimenti della piattaforma continentale compresa tra Capo Comino e l'Isola di Tavolara (Sardegna orientale)*.
- Lecca L. (1983) - *La piattaforma continentale della Sardegna occidentale. Nota preliminare*. Ren. Soc. Geol. It., 5: 93-97, fasc. 2.
- Lecca L. (1984) - *La piattaforma continentale della Sardegna occidentale. Blocco diagramma sezionato*, 4 tavv. Sess. Poster. Conv. S.G.I. Aprile 1984.
- Lecca L. et Alii (1986) - *Campagna oceanografica - Margini continentali sardi*. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari.
- Lecca L. et Alii (1987) - *Campagna oceanografica - Margini continentali sardi / 1985. Resoconto e risultati preliminari*. Rend. Soc. Geol. It., 10: 61-64, 6 ff.
- Lecca L. et Alii (1988) - *Report on cruise MCS/87 (Western and Southern Margin of Sardinia)*. Ren. Soc. Geol. It., 11: 75-78, 4 ff.
- Lecca L., Carboni S., Scarteddu R., Sechi F., Tilocca G., Pisano S. (1986) - *Schema stratigrafico della piattaforma continentale occidentale e meridionale della Sardegna*. Mem. Soc. Geol. It., 36: 31-40, 5ff., 1 tav., f.t.
- Lecca L., Scarteddu R., Sechi F. (1983) - *La piattaforma continentale Sarda da Capo Mannu a Capo Marrargiu*, Boll. Soc. Geol. It., 102: 57-86, 24 ff., 1 tab., 10 tav.
- Lecca L., Scarteddu R., Sechi F. (1983) - *Testimonianze della regressione del Pleistocene superiore lungo la piattaforma continentale ovest della Sardegna*. Geogr. Fis. Dinam. Quater., 6: 191-193.
- Lecca L., Scarteddu R., Sechi F., Carboni S. (1986) - *Lineamenti neotettonici della piattaforma continentale sarda*. In: "Carta neotettonica d'Italia", P.F. Geodinamica.
- Mania R., Pranzini E. (1992) - *Il contributo degli studi sedimentologici nella progettazione delle opere marittime: considerazioni generali ed esempio di applicazione per la costruzione di spiagge artificiali sul litorale di Cala Gonone*. In: Erosione delle spiagge in Sardegna, cause e rimedi. Provincia di Sassari, pp. 83-94
- Mania R., Pranzini E. (1996) - *Sedimentological study of the nearshore of Cala Gonone (Eastern Sardinia, Italy) oriented to the beach improvement*. Boll. Soc. Geol. It., 115: 95-104.
- Melis R.T. (1996) - *Buried soils of upper Pleistocene age along the South-western coast of Sardinia (Italy)*. Abstract. Conv. Trento, 7-9 Feb.

- Orrù P. (1990) - *Evidenze di degrado da pesca a strascico sulla piattaforma continentale del Golfo di Orosei (Sardegna orientale)*. Atti Conv. Int. Parchi e Riserve marine del Mediterraneo, S. Teodoro, 28-30 Aprile 1989.
- Orrù P., Ulzega A. (1991) - *Riserva marina di Tavolara - Capo Coda Cavallo. Carta geomorfologica marina e continentale 1:25.000*- Tip. STEF Cagliari.
- Orrù P., Cocco S., Panizza V. (1994) - *Rilevamento geomorfologico subacqueo del settore compreso tra Capo Boi e Punta Is Cappuccinus (Sardegna sud-orientale)*. Conv. GEOSUB 94, Atti Mem. Soc. Geol. It.
- Orrù P., Panizza V. (1998) - *Riserva marina di Capo Caccia-Porto Conte-Punta Giglio. Ipotesi di fruizione della risorsa geomorfologica sommersa*. Atti Conv. Inter di Studi "La Sardegna nel mondo mediterraneo. Turismo e Ambiente" Sassari 28-30 Ottobre.
- Orrù P., Panizza V., Rossi N. (1996) - *Rischio geomorfologico in aree litorali, metodi di telerilevamento e di analisi cartografica*. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, suppl. vol.LXVII. Atti Conv. Teleril. e Cartogr. Tem.
- Orrù P., Ulzega A. (1986) - *Ricerche sulla piattaforma continentale della Sardegna con immersioni subacquee*, Atti 7° Congr. AIOL, Trieste: 525-536, 5 ff.
- Orrù P., Ulzega A. (1987) - *Geomorfologia costiera e sottomarina della Baia di Funtanamare (Sardegna Sud-occidentale)*. Geogr. Fis. Dinam. Quater. 9: 59-67,13 ff., 1 carta geomorf. scala 1:10.000.
- Orrù P., Ulzega A. (1987) - *Rilevamento geomorfologico, costiero e sottomarino, applicato alla definizione delle risorse ambientali (Golfo di Orosei, Sardegna Orientale)*.
- Orrù P., Ulzega A. (1996) - *Alterazione antropica del regime litorale, il caso della "spiaggia del Riso" (Sardegna Sud-orientale)*. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, Atti 1° Conv. Tel. e Cart. Tem.
- Orrù P., Ulzega A. (1996) - *Coastal hazard in Environmental geomorphology*, di Panizza M. Elsevier, Pp 268.
- Ozer A., Comhair A.L. (1988) - *Apport de la morphométrie des galets à la connaissance du transport littoral. Exemples en Sardaigne, Ligurie et Corse*. Bull. Soc. R. Liège, 57° année, 4-5: 429-440.
- Ozer A., Cornet Y., A.L. Comhaire (1992) - *Sedimentology and morphology of some Western Mediterranean beaches (Finale Ligure in western Liguria, Calvi in Corsica and Sorso in Sardinia)*, Proceedings of the Symposium "Dynamical and Environmental features of coastal areas" Boll. Ocean. Teor. Appl. vol. X 2-3-4.
- Ozer A., Cornet Y., Cremer J.F. (1991) - *Mission de remise à jour des connaissances des sites concès par le contrat et de prises de contacts avec les autorité scientifiques locales (Genes, Finale Ligure, Lavagna, Calvi, Sorso)*. Rapport scientifique (contrat n°TELSAT7II716), unpublished, 19 pp., annexes.
- Ozer A., Cornet Y., A. L. Conhaire (1992) - *Sedimentology and morphology of some W. mediterranean beaches (Finale Ligure in W Liguria, Calvi in Corsica and Sarsa in Sardinia)*. Boll. Oceanol. Teor. e Applic., vol X.
- Ozer A., Tucci S., e Ulzega A. (1983) - *Les Beach Rocks de Sardaigne distrybution et implications paleogeographiques*. Colloque su le gres de plage (Lion), 13 pp.
- Ozer A., Ulzega A., Tucci S. (1985) - *Les "beachrocks" de Sardaigne: distribution et implications paléogéographiques*, Commission de C.N.R.S. sur le Colloque Lescimentations précoces de type beach rock et équilibre littoral en Méditerranée (Comparaison avec le domaine océanique). Lyon.: 113-124.
- Pacini M., Pranzini E., Sirito G. (1997) - *Beach nourishment with angular gravel at Cala Gonone (Eastern Sardinia, Italy)*. Medcoast '97, Qawra, Malta, 11-14 Nov. pp. 1043-1058.
- Pacini M., Pranzini E., Sirito G. (1999) - *La ricostruzione delle spiagge di Cala Gonone*. Studi costieri, 1: 43-55.
- Palomba M., Ulzega A. (1984) - *Geomorfologia dei depositi quaternari del Rio Quirra e della piattaforma continentale antistante (Sardegna Orientale)*. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari Vol.54, Fasc.2.
- Regione Autonoma della Sardegna, (1989) - *Carta Geologica d'Italia, Foglio geologico Capo S.Marco Oristano*, Tip. Salomone, Roma.

- Thomas B., Gennessaux M. (1985) - *Evolution tectonique et sédimentaire du Golfe d'Asinara (Sardaigne septentrionale) durante le Cenozoïque*. Rapp. Et P.V. C.I.E.S.M., 27 : 221-222.
- Thomas B., Lecca L., Gennessaux M. (1985) - *Le marge occidentale de la Sardaigne: résultats préliminaires d'une étude géologique par sismique réflexion*, Abstract. Seance Spec. Soc. Geol. de France Brest.
- Tursi A., Cocito S., Costantino G., Orrù P. (1991) - *Biocenosi bentonica della Riserva Marina del Sinis-Mal di Ventre (Sardegna Occidentale)*. Oebalia XVII.
- Ulzega A. (1988) - *Carta geomorfologica della Sardegna marina e continentale (Scala 1:500.000)* C.N.R. Ist. Geogr. De Agostini.
- Ulzega A. (1988) - *Studio sulle cause dell'erosione del Poetto*. Rapporto Finale, Com.Europ. Cagliari.
- Ulzega A. (1996) - *La carta geomorfologica delle Bocche di Bonifacio per un Parco Marino Internazionale*. Rend. Sem.Fac. Sc. Univ. Cagliari, Atti 1° Conv. Tel. Cart. Tem.
- Ulzega A. (1996) - *The last passage between Sardinia and Corsica during the Late-glacial*. Abstract. Conv. Trento, 7-9 Febr. 1996.
- Ulzega A., DeMuro S., Costa C., Cuomo M., Loi L., Orrù P., Panizza V., Porcu G.P., Sanna C. (1986) - *Linee di riva sommerse nel Golfo dell'Asinara (Sardegna settentrionale)*. Crociera oceanografica LM/MCS85. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, vol 56, fasc.1.
- Ulzega A., Hearty P.J. (1986) - *Geomorphology, Stratigraphy and geochronology of late Quaternary marine deposits in Sardinia*. Z. Geomorph. N.F. Suppl. Bd. 62: 119-129.
- Ulzega A., Leone F., DeMuro S. et Alii (1984) - *Primi risultati della crociera oceanografica L.M.84 per lo studio delle linee di riva sommerse della Sardegna*, Rend. Sem. Fac.Sc.Univ.Cagliari, 54 (2): 93-107.
- Ulzega A., Leone F., Orrù P. (1984) - *Late Quaternary sea level evidence in Sardinia. Submerged beach-rock of Serpentara*, Int. Symp. IGCP 200, Mar de Plata: 105-108.
- Ulzega A., Leone F., Orrù P. (1985) - *Geomorphology submerged shorelines on the South Sardinian continental shelf*. Journ. Coastal Res., Special Issue: 73-82.
- Ulzega A., Orrù P. (1984) - *Les beach-rocks de la baie de Funtanamare (Sardegna Sud-occidentale)*. "Coll. sur le beach-rocks", Lyon: 151-160.

Sicilia

- Amore C. (1993) - *Formazione e dinamica delle facies sabbiose desertiche e costiere*. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania, 26, 344: 29-49.
- Amore C. (1995) - *Coastal dynamics processes at the Strait of Messina*. In: The Strait of Messina Ecosystem, (Guglielmo L., Manganaro A. & De Domenico E. Ed.). Proceedings of the Symposium held in Messina 4-6 April 1991. pp. 95-104.
- Amore C. (1995) - *Processi erosivi e gestione delle coste* - Atti del Seminario "Gestione delle coste della Sicilia" Catania 26 Aprile - 9 Giugno 1995 - Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat., Catania, 28, 350: 33-52.
- Amore C. (1998) - *Major Island Systems: Sicily*. IGU Regional Conference, Lisbon 30-2/9/98 "Italy's Sea: Problems and Perspectives", pp. 57-71.
- Amore C. (1999) - *Tematiche di geologia ambientale nell'area del Siracusano. Il concetto di River unicum come sistema integrato fra zona continentale, fascia costiera e piattaforma marina*. Atti Convegno su "Aspetti geologici e geomorfologici degli Iblei". Noto 12-14 Dicembre 1997. Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat., Catania, 31, 355: 203-210.
- Amore C. e Randazzo G. (1993) - *Textural features and temporal evolution of the littoral between Capo Passero and Capo Scalabri (Southeast Sicily): an attempt at automatic zonation*. Coastal '93. The 8th Symp. Coastal Ocean Management. New Orleans (U.S.A.), 19 - 23/7/1993. Pp. 3277-3295.
- Amore C., Costa B., Di Geronimo S., Giuffrida E., Randazzo G., Zanini A. (1994) - *Temporal evolution, sediments and fauna of the Vendicari lagoons (Siracusa)*. In *Studies on Ecology and Paleoecology of Benthic Communities*. R. Matteucci et al. Ed. Boll. Soc. Pal. Ital., 2: 1-15.

- Amore C., Costa B., Giuffrida E. (1999) - *Implicazioni faunistiche-ambientali nella evoluzione del sistema lagunare di Vendicari (Sicilia sudorientale)*. Atti Convegno su "Aspetti geologici e geomorfologici degli Iblei". Noto 12-14 Dicembre 1997. Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat., Catania, 31, 355: 217-233.
- Amore C., Costa B., Randazzo G. e Zanini A. (1997) - *Environmental evolution of the Longarini and Cuba lagoons (Southeastern Sicily)* - Riv. It. Pal. Strat., Milano, 103, 1: 3-14.
- Amore C., D'Alessandro L., Giuffrida E., Lo Giudice A., Randazzo G., Zanini A. (1990) - *First data about shoreline evolution along the coast of eastern Sicily*. Atti Symposium Littoral '90, 9-13 Luglio 1990 Marseille, pp. 284-292.
- Amore C., D'Alessandro L., Giuffrida E., Lo Giudice A., Zanini A. (1992) - *Dinamica litorale tra Capo Peloro e Capo Passero (Sicilia orientale)*. Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat., 25, Catania, 339: 69-114.
- Amore C., D'Alessandro L., Giuffrida E., Lo Giudice A., Randazzo G., Zanini A. (1990) - *First data about shoreline evolution along the coast of eastern Sicily*. Symp. Int. Eurocoast, Marseille.
- Amore C., D'Alessandro L., Giuffrida E., Lo Giudice A., Zanini A. (1992) - *Dinamica litorale tra Capo Peloro e Capo Passero (Sicilia orientale)*. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat., vol. 25, N 339, Catania.
- Amore C., Di Stefano R., Zanini A. (1997) - *An environmental study: the lagoon system from Punta Ciriga to Capo Passero (Southeastern Sicily)* - Int. Colloquium Reg. Mediter. Neog. Stratig. Catania, Pp. 25.
- Amore C., Geremia F. (1999) - *Problematiche ambientali del bacino idrografico del F. Dirillo (Sicilia meridionale): L'interramento dell'invaso di C.da Ragoletto*. Atti Convegno su "Aspetti geologici e geomorfologici degli Iblei". Noto 12-14 Dicembre 1997. Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat., Catania, 31, 355: 255-268.
- Amore C., Geremia F., Giuffrida E., Randazzo G. (1995) - *Historical evolution and sediment characteristics of the mouth apparatus of the Simeto River (Eastern Sicily)*. Proceedings of the Second International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, Medcoast '95, October 24 - 27, 1995; Tarragona, Spain, E. Ozhan (Ed.), II: 975-988.
- Amore C., Geremia F., Randazzo G. (1995) - *Coastal dynamics and sedimentary characteristics of the area influenced by the river Salso's hydrographic basin (South Sicily)*. XXXIVth Congress of C.I.E.S.M., Valletta, Malta, 27 - 31/3/1994. Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 34: 96.
- Amore C., Geremia F., Randazzo G. (1995) - *Primi dati sulle caratteristiche tessiturali e composizionali dei sedimenti del sistema Eolie e bacini limitrofi di Cefalù e Gioia*. In: Caratterizzazione ambientale marina del sistema Eolie e dei bacini limitrofi di Cefalù e Gioia (EOCUMM94) - Data Report. F.M. Faranda Ed., Pp. 317-330.
- Amore C., Giuffrida E. (1984) - *L'influenza dell'interrimento dei bacini artificiali del Simeto sul litorale del Golfo di Catania*. Boll. Soc. Geol. It., Roma, 103: 731-753.
- Amore C., Giuffrida E., Zanini A. (1983) - *Variazioni del trasporto torbido del fiume Simeto e loro influenza sul litorale del Golfo di Catania*. Atti 23° Congr. Geogr. It., Catania, 9 - 13, maggio 1983. II, III: 1-16.
- Amore C., Giuffrida E., Zanini A. (1991) - *Evoluzione temporale e dinamica litorale dell'area lagunare di Oliveri - Tindari (Messina)*. Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat., 24, Catania, 337: 117-131.
- Amore C., Randazzo G. (1994) - *Caratteristiche tessiturali dei sedimenti ed evoluzione temporale del litorale compreso tra i capi Rasocolmo e Milazzo: zonazione di un'area tipo del litorale tirrenico della Sicilia*. Ass. It. Ocean. Limnol., XI Congr. Sorrento, 26-28 Ottobre 1994. Pp. 141-152.
- Amore C., Randazzo G. (1994) - *Textural features and temporal evolution of the littoral between Licata and Capo Rossello (South Sicily): an automatic zonation*. Littoral '94, Proceedings 2th International symposium - EUROCOAST: 79-90. Lisbon 26-29/9/1994.
- Amore C., Randazzo G. (1997) - *First data on the coastal dynamics and the sedimentary characteristics of the area influenced by the River Irmínio basin (SE Sicily)*. Catena, 30: 357-368.
- Amore C., Randazzo G. (1999) - *Problematiche ambientali del bacino idrografico del F. Irmínio (Sicilia meridionale)*. Atti Convegno su "Aspetti geologici e geomorfologici degli Iblei". Noto 12-14 Dicembre 1997. Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat., Catania, 31: 355: 269-279.

- Bartolo G., Brullo S., Marcenò C. (1982) - *La vegetazione costiera della Sicilia sud-orientale*. CNR Roma, pp. 49.
- Bassi E., Mazzola A., Rallo B. (1982) - *Mappatura delle aree della fascia costiera della provincia di Trapani suscettibili di essere destinate ad acquacultura*. IRFIS Palermo. Pp. 61-76.
- Battaglia P. e Schipani De Pasquale R. (1983) - *Indagine conoscitiva dello spazio costiero tra le foci dei torrenti Tono e Saponara*. Atti XXIII Congr. Geogr. It., Catania 9-13 Maggio 1983. Pp 103-116.
- Berdar A., Riccobono F., Schipani De Pasquale R. (1989) - *Osservazioni su alcune grotte del Capo S. Alessio Messina*. Mem. Commissione " E. Boegan", Trieste, XXVIII: 91-106.
- Brambati A. (1985) - *Situazione attuale dei litorali Nisseni: proposte di intervento*. Rassegna della Provincia di Caltanissetta, Anno 3, 10-11: 57-60.
- Brambati A., Amore C. Giuffrida E., Randazzo G. (1992) - *Relationship between the port structure and coastal dynamics in the Gulf of Gela (Sicily - Italy)*. Proc. ICC, Kiel 1992. Pp. 773-783.
- Brambati A., Amore C., Giuffrida E., Randazzo G. (1992) - *Relationship between the port structures and coastal dynamics in the Gulf of Gela (Sicily - Italy)*. Proceedings Intern. Coastal Congress. ICC 12 Sept.1992, Kiel. Pp. 773-783.
- Brambati A., Catani G., Celio M., Colizza E. (1995) - *Primi risultati delle ricerche sedimentologiche nel bacino di Gioia e sulle coste della Sicilia settentrionale tra la foce del Fiume Pollina ed il Capo Peloro*. In: F.M. Faranda (Ed.) Caratterizzazione ambientale marina del sistema Eolie e dei bacini limitrofi di Cefalù e Gioia (EOCUMM94), Data Report. Pp. 303-316.
- Cavallaro C. (1983) - *I laghi di Oliveri-Tindari e di Pantano di lingua: zone da salvaguardare nell'assetto territoriale della Sicilia*. Atti Conv.: La protezione dei laghi e delle zone umide in Italia. Soc. Geogr. Ital. Roma. Pp. 385-394.
- Chemello R., Mazzola A., Sarà G., Riggio S. (1995) - *Elaborazione della metodologia di studio di una laguna marina mediterranea: lo Stagnone di Marsala (Sicilia occidentale)*. Biologia Marina Medit., 2(2): 49-55.
- Ciaccio C. (1983) - *La salvaguardia dei laghi di Ganzirri e Faro*. Atti Conv.: La protezione dei laghi e delle zone umide in Italia. Soc. Geogr. Ital. Roma. Pp. 395-403.
- Ciaccio S. (1983) - *Il turismo fattore di trasformazione dello spazio costiero: il caso delle "marine" nella provincia di Messina*. Atti XXIII Congr. Geogr. Italiana, Catania 9-13 Maggio 1983. Pp. 167-172.
- Di Bella S. (1983) - *L'abusivismo edilizio e il fenomeno della seconda casa lungo la costa meridionale della provincia di Catania. Esempio di errato intervento sul territorio*. Atti XXIII Congr. Geogr. It., Catania 9-13 Maggio 1983. Pp 173-187.
- Di Matteo S. (1986) - *Torri di guardia dei litorali della Sicilia*. Giada Ed. Palermo.
- Di Natale R., La Loggia G. (1991) - *Analisi dell'evoluzione della costa prospiciente capo Tindari ai fini della conservazione dei Laghetti di Marinello*. Atti Conv. "Problemi Ambientali e Tecnologie Avanzate". Palermo, Febbraio, 1991.
- Di Natale R., La Loggia G. (1991) - *Integrazione di dati raster e vettoriali per la realizzazione di un sistema informativo geografico*. Atti Conv. "Problemi Ambientali e Tecnologie Avanzate", Palermo, Febbraio, 1991.
- Dipart. Biol. Anim. ed Ecologia Mar. Univ. Messina (1984-5) - *Indagine oceanografica e correntometrica nelle acque costiere della Sicilia - 16 Zone (svolta per conto dell'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana)*. Messina.
- Ferretti O., Immordino F., Ribotti A. (1995) - *Exp. geomorphological map of the Bay of Carini (NW Sicily)*. XVII Int. Cartogr.Cont. Barcellona.
- Gambino J. C. (1983) - *Recenti modificazioni nell'assetto dello spazio costiero dell'area dello Stretto di Messina*. Atti XXIII Congr. Geogr. It., Catania 9-13 Maggio 1983. Pp 188-199.
- La Loggia G., Minacapilli M. (1996) - *Utilizzo della cartografia numerica e delle tecniche G.I.S. per il monitoraggio della laguna di Oliveri - Tindari*. Conv. Riserva Naturale Orientata di Tindari, Patti, Ottobre, 1996.

- Mazzola A., Sarà G. (1995) - *Caratteristiche idrologiche di una laguna costiera mediterranea (Stagnone di Marsala - Sicilia Occidentale): ipotesi di un modello qualitativo di circolazione lagunare*. Naturalista siciliano, S. IV, 19(3-4): 229-277.
- Polto C. (1983) - *Recenti trasformazioni in un'area costiera della Sicilia Sud-orientale: note geografiche*. Atti XXIII Congr. Geogr. It., Catania, 9-13 Maggio 1983. Pp 250-261.
- Randazzo G., Scrofani L. (1996) - *Economic development and coastal environment in Sicily (Italy) in an Integrated Coastal Management policy*. Atti XXIII Congr. Internaz.: Med & Black Sea ICZM 96, Sarigerme, Turkey 2-5 Novembre 1996.
- Riggio G., Calvo S., Di Pisa G., Genchi G., Lugaro A., Ragonese S. (1983) - *The Stagnone Lagoon (western Sicily): an ecological approach to the management of its natural resources*. C.I.E.S.M. 28: 143-146.
- Rizzo C. (1983) - *Insediamiento e consumo costiero nel versante orientale della Sicilia*. Atti XXIII Congr. Geogr. It., Catania 9-13 Maggio 1983. Pp 262-273.
- Rizzo C. (1988) - *La trasformazione delle dune della costiera ragusana*. Validità e attualità dell'Atlante di Olinto Marinelli, Catania. Pp 205-208.
- Schipani De Pasquale R., Battaglia P., Leonardi M. (1991) - *Dinamica del litorale tirrenico della provincia di Messina tra le foci dei torrenti Saponara e Corriolo*. B.S.G.I., XXII: 57-87, Roma.
- Sortino M., Andreoli C., Calvo S., Barone R. (1981) - *Risultati preliminari sulla flora e la vegetazione di alcuni ambienti lagunari della costa occidentale della Sicilia*. Quad. Lab. Tecn. Pesca. 3: 457-465.
- Trischitta D. (1988) - *Recenti trasformazioni del paesaggio costiero del Messinese*. Validità e attualità dell'Atlante di Olinto Marinelli, Catania. Pp. 57-61.

Toscana

- Alessandro V., Bartolini C., Caputo C., Pranzini E. (1989) - *Delta Evolution in Central Italy and its Relation to Human Activity*. 2nd Int. Conf. Geomorphology. Frankfurt, Sept. '89. (Abstract).
- Alessandro V., Bartolini C., Caputo C., Pranzini E. (1990) - *Land Use Impact on Arno, Ombrone and Tiber Deltas during historical Times*. "Littoral 1990", Compte rendus 1er symposium EUROCOAST, Marseille 9-13 Juillet 1990, Pp. 261-265.
- Alessio M., Barbieri M., Bellotti P., Belluomini G., Bergamin L., Branca M.E., Caputo C., Carboni G., Castorina F., Celia Magno M., Chiocci F.L., Conti M.A., D'Alessandro L., Del Monte M., Davoli L., Di Bella L., Evangelista S., Fredi P., Garzanti F., Improta S., La Monica G.B., Landini B., Manfra L., Monari S., Pugliese F., Raffi R., Tommasi P., Tortora P., Valeri P., Voltaggio M. (1997) - *Marine Researches along the continental Shelf in the central Tyrrhenian Sea - The Ombrone River Delta Project*. International Conference Progress in Oceanography of Mediterranean Sea Roma, 17-19 Novembre 1997 (poster).
- Aminti P. (1983) - *Ricostruzione del clima ondoso della Toscana meridionale sulla base di misure anemometriche*. Boll. Ing. 4: 14-17.
- Aminti P. (1984) - *Interpretazione della dinamica evolutiva di un tratto di litorale tirrenico protetto da difese parallele* - Dip. Ing. Civ., Sez. Idraulica, Univ. di Firenze, 5/84, pp.15.
- Aminti P., Billi P. (1984) - *An investigation of effects of breakwaters on beach sediment characteristics*. Catena, 11: 391-400
- Aminti P., Iannotta P., Pranzini E. (1999) - *Morfodinamica di un sistema costiero intensamente protetto: il litorale di Marina di Massa*. Atti Conv. Il rischio idrogeologico e la difesa del suolo. Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 1-2 ottobre 1998. Pp. 263-270.
- Aminti P., Pranzini E. (1990) - *Variations in longshore sediment transport rates as a consequence of beach erosion in a cusped delta*. Littoral 1990: 130-134. Eurocoast. Marsiglia, Luglio 1990.
- Aminti P., Pranzini E., Tecchi M.G. (1999) - *Modello di previsione del profilo di una spiaggia artificiale in ghiaia per la protezione di litorali o di opere costruite sulla costa*. Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 1-2 ottobre 1998. Pp. 257-262.
- Baldini A., Regattieri M. (1983) - *Correnti prossimali e apporto solido fra la foce dell'Arno e la foce del Fiume Morto Nuovo*. Atti della Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. Serie A, 90: 21-34.

- Baldini A., Regattieri M., Tongiorgi M. (1983) - *Analisi granulometrica delle sabbie e dinamica del litorale di S. Rossore (Pisa): un anno di osservazioni (Aprile 1979 - Aprile 1980)*. Atti della Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. Serie A, 90: 35-79.
- Barbieri M., Bellotti P., Belluomini G., Bergamin L., Branca M., Caputo C., Carboni M.G., Castorina F., Chiocci F.L., Conti M.A., Davoli L., Di Bella L., Evangelista S., Fredi P., La Monica G.B., Landini B., Manfra L., Monari S., Pugliese F., Raffi R., Tortora P., Tommasi P., Valeri P., Voltaggio M. (1997) - *Processi deposizionali in atto in ambiente costiero. Il caso del bacino dell'Ombrone - piattaforma toscana meridionale*. Riassunto esteso, IX Congresso Nazionale dei Geologi, Roma, aprile 1997.
- Bartoletti E., Cipriani L.E., Dreoni A.M., Montelatici M., Pranzini E. (1995) - *Beach first response to stabilization works: a case of study at the Cecina River Mouth, Italy*. Medcoast '95. 24-27 Ottobre 1995, Tarragona, Spagna, pp. 1173-1187.
- Bartoletti E., Cipriani L.E., Dreoni A.M., Pranzini E. (1995) - *L'intervento di difesa del litorale di Cecina*. Atti I° Conf. Regionale sull'ambiente. Firenze, Novembre 1995. Vol. V: 23-36.
- Bartolini C. (1982) - *Esemplificazione dell'Atlante dei Litorali Italiani: il Foglio 1:100.000 n. 127 "Piombino"*. Atti Conv. Concl. P.F. Conservazione del suolo, Roma, 9-10 Giugno 1982, 367-369.
- Bartolini C. (1982) - *Studi di geomorfologia costiera: VIII - Dinamica del litorale di Castiglione della Pescaia*. Boll. Soc. Geol. It., 101, 173-210.
- Bartolini C. (1983) - *Riduzione dell'apporto solido dei corsi d'acqua ed erosione dei litorali: il caso del Cecina e quello dell'Ombrone*. Atti XXIII Congr. Geogr. It., Catania, 9-13 Maggio 1983, 91-102.
- Bartolini C., Berriolo G., Pranzini E. (1982) - *Il riassetto del litorale di Cecina*. Porti Mare Territorio, 4: 79-87.
- Bartolini C., Cipriani L.E., Pranzini E., Sargentini M. (1989) - *Caratteristiche geomorfologiche ed evoluzione della linea di riva del litorale toscano e criteri di lettura*. In: "Coste toscane", Regione Toscana. pp. 33-56.
- Bartolini C., Cipriani L.E., Pranzini E., Sargentini M. (1989) - *Le linee di riva dei litorali toscani fra il 1938 e il 1986* - Reg. Toscana Giunta regionale.
- Bartolini C., Palla B., Pranzini E. (1988) - *Studi di geomorfologia costiera: X - Il ruolo della subsidenza nell'erosione litoranea della pianura del Fiume Cornia*. Boll. Soc. Geol. It., 108: 635-647.
- Bartolini C., Pranzini E. (1982) - *Late Pleistocene and Holocene sedimentary patterns on the Tuscan shelf*. XI International Congress on Sedimentology, I.A.S., Hamilton, Ontario (abstract).
- Bartolini C., Pranzini E. (1983) - *Studi di geomorfologia applicata alla conservazione dei litorali: I - Variazioni indotte sul litorale di Vada dall'accorciamento del pennello di Pietrabianca*. Amm. Prov.le Livorno, 12 pp.
- Bartolini C., Pranzini E. (1985) - *Fan delta erosion in Southern Tuscany as evaluated from hydrographic surveys of 1883 and the late 1970's*. Mar. Geol. 62: 181-187.
- Bartolini C., Pranzini E. (1985) - *Fan delta erosion in southern Tuscany as evaluated from hydrographic surveys of 1883 and the late '70*. Marine Geol., 62: 181-187.
- Bellotti P., Caputo C., Davoli L. e Evangelista S. (1999) - *Lineamenti morfologici e sedimentologici della piana deltizia del Fiume Ombrone (Toscana meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 1: 141-147.
- Bellotti P., Caputo C., Davoli L., Evangelista S., Garzanti E., Moretti F., Foggia F., Valeri P. (1999) - *La piana deltizia del fiume Ombrone (Maremma toscana): morfologia-tessitura e composizione dei sedimenti - architettura del sottosuolo*. Convegno "Conoscenza e salvaguardia delle aree di pianura". Ferrara, 8 - 11 Novembre 1999 (poster)
- Berriolo G. (1991) - *Marine di Carrara e di Massa: la rovina della spiaggia forse più bella d'Italia* - Il Giornale dell'Ingegnere 12 - 5-7.
- Borelli G.B., Tortora P., Burrigato F. (1986) - *Caratteristiche morfologiche, stratigrafiche e sedimentologiche della piattaforma continentale interna tra M.te Argentario e Torre Sant'Agostino*. Mem. Soc. Geol. It.: 35, 791.
- Brampton A. H. (1982) - *Studi su modello matematico delle modalità d'evoluzione del litorale pisano*. Relazione del Lab. Di Wallingford Amm. Prov. Pisa, Camera C.I.A.A., Comune di Pisa, pp.40.

- Caputo C., Lupia Palmieri E. e Pugliese F. (1982) - *Variazioni della linea di riva lungo la maremma Tosco-Laziale, fra Ansedonia e Capo Linaro*. Riv. Geogr. It., 88: 221-242
- Caputo et Alii (1997) - *Processi deposizionali in atto in ambiente costiero. Il caso del bacino dell'Ombrone - piattaforma toscana meridionale*. In: Dalla ricerca alle applicazioni: Risorse e sviluppo, prospettive per il XXI secolo. Le risposte delle Scienze della Terra. IX Congr. Naz. dei Geologi, Roma 17-20 Aprile 1997, Pp. 2 (Pre-print).
- Cavazza S. (1984) - *Regionalizzazione geomorfologica del trasporto solido in sospensione dei corsi d'acqua tra il Magra e l'Ombrone*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A 91: 119-132.
- Cavazza S., Pullace E. (1982) - *Misure sperimentali del trasporto longitudinale di sedimenti lungo il litorale Lunense* - Atti Soc. Tosc., Sci., Nat., Mem., Serie A. 89: 47-60.
- Chiocci F.L., Orlando L., Tortora P. (1991) - *Small-scale seismic stratigraphy and paleogeographical evolution of the continental shelf facing the S.E. Elba island (northern tyrrhenian sea, Italy)*. J. Sed. Petrol., 61/4: 506-526.
- Cipriani L.E., Dreoni A., Pranzini E. (1992) - *Nearshore morphological and sedimentological evolution induced by beach restoration: a case study*. Boll. Oceanol. Teor. e Appl. 2/4: 279-295.
- Cipriani L.E., Dreoni A.M., Pranzini E. (1993) - *Beach evolution induced by the construction of a breakwater in a small gulf and proposals for a long-term solution. A case study in the Golfo di Campo (Isola d'Elba, Italy)*. Proc. Hilton Head Island Int. Coastal Symp., P. Bruun Editor. 1: 268-273.
- Cipriani L.E., Montelatici M., Pranzini E. (1993) - *L'intervento di difesa e di ampliamento della spiaggia de Le Gorette (Livorno)*. In: La difesa dei litorali in Italia. Edizioni delle Autonomie, Roma. pp. 85-102.
- Cipriani L.E., Pelliccia F. e Pranzini E. (1999) - *Beach nourishment with nearshore sediments in a highly protected coast*. MEDCOAST'99, Antalya, Turchia. 9-13 nov. 1999. Pp. 1579-1590.
- Cipriani L.E., Pranzini E. (1990) - *Differenziazione granulometrica dei sedimenti di spiaggia emersa e sommersa quale conseguenza della costruzione di opere alla foce del fiume Cecina (Toscana centrale)*. Boll. Soc. Geol. It., 109: 471-480.
- Cipriani L.E., Pranzini E. (1998) - *Erosione costiera ed evoluzione recente delle spiagge*. In: Rapporto sullo stato dell'ambiente in Toscana. Rapporto 1997. Regione Toscana - ARPAT. pp. 177-183.
- Cipriani L.E., Pranzini E. (1999) - *Back to the beach: Breakwaters reduction cost-effectiveness and benefit-cost analysis (Marina di Pisa, Italy)*. Intercoast Newsletter, 33: 34-35.
- Cipriani L.E., Pranzini E., Rossi L., Saggiocco T. (1995) - *Stato attuale e tendenze evolutive delle spiagge toscane*. Atti I° Conf. Regionale sull'ambiente. Firenze, Novembre 1995. Vol. V: 199-205
- Cortemiglia G. C., (1992) - *Morphodynamic features of the Apuanian coastal belt between the mouths of the Fosso Magliano and of the river Cinquale (Tuscany, Italy)*. Bol. Ocean. Teorica ed Applicata, vol. X: 05-210, n. 2-3-4.
- Cortemiglia G. C., Mazzanti R., Parea G.C. (1983) - *Geomorfologia della Baia di Baratti e della sua spiaggia (Livorno, Toscana)*. Geogr. Fis. Dinam. Quater., 6: 148-176.
- Cortemiglia G.C. (1991) - *Ristrutturazione morfologica per ripascimento della Spiaggia dei Ronchi (Litorale Apuano) quale tecnica di difesa dagli effetti erosivi*. Centro culturale R. Consani, Mem. N.1: 7-58.
- Cortemiglia G.C. (1992) - *Morphodynamic features of the apuanian coastal belt between the Mouths of the Fosso Magliano and of the River Cinquale (Tuscany, Italy)*. Boll. Oceanol. Teor. e Applic., 10: 205-210.
- Cortemiglia G.C. (1994) - *Caratteri morfometrici generali di ciottoli raccolti su spiagge del tratto costiero orientale dell'Isola d'Elba*. Atti X Congresso Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia. Alassio. pp. 135-141.
- Cortemiglia G.C. (1994) - *L'evoluzione della dinamica litorale sulla spiaggia sommersa di Marinella (litorale Apuano-Toscana) nell'intervallo temporale 1974-1989 ricostruita sulla base dei risultati dell'analisi modale*. 4° Convegno Int. Studi "La Sardegna nel mondo Mediterraneo". Sassari-Alghero.
- Della Rocca B, Mazzanti R., Pranzini E. (1987) - *Studio geomorfologico della Pianura di Pisa*. Geogr. Fis. Dinam. Quater., 10: 56-84.

- Dreoni A.M., Maselli F. e Pranzini E. (1995) - *Nearsbore water quality assessment at the Arno River mouth using Landsat TM data*. Medcoast'95. 24-27 Ottobre 1995, Tarragona, Spagna Pp. 1301-1308
- Dreoni A.M., Pieri M., Pranzini E. (1993) - *The use of Landsat data to monitor sea water pollution induced by the discharge of sediments dredged inside the Leghorn harbour (Tuscany)*. 25th Int. Symp. Remote Sensing and Global Change. Graz, 4-8 April, 1993, II: 869-876.
- Dreoni A.M., Pranzini E. (1995) - *Il controllo della qualità delle acque costiere per mezzo di dati telerilevati: le ricerche al D.S.T. dell'Università di Firenze*. Atti I° Conf. Regionale sull'ambiente. Firenze, Novembre 1995. Vol. IV: 133-138.
- Dreoni A.M., Pranzini E. (1995) - *L'utilizzazione di dati telerilevati per il controllo della qualità delle acque costiere*. Riv. Geogr. It., n.s. 1: 211-224.
- Evangelista S., Full W.E., Tortora P. (1996) - *Provenance and dispersion of fluvial, beach and shelf sands in the Bassa Maremma coastal system (Central Italy): an integrated approach using Fourier shape analysis, grain size and seismic data*. Boll. Soc. Geol. It., 1996, 115: 195-217, Roma
- Filippi C., Laudanna A., Marabini F. (1991) - *Le variazioni della fascia costiera alla foce dell'Arno*. Atti del XXVII Congresso AIC. Todi, pp. 173-176.
- Franco L. (1982) - *Modello matematico di Bocca d'Arno - Relazione del laboratorio di Wallingford*. Amm. Prov. Pisa
- Innocenti L., Pranzini E. (1993) - *Geomorphological evolution and sedimentology of the Ombrone River delta (Italy)*. Journ. Coastal Research, 9: 481-493.
- La Monica G.B., Landini B., Milli S. (1984) - *Ripascimento artificiale dei litorali in erosione. Il Tombolo di Feniglia (Toscana meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 103: 539-560, 8 fig., 3 tab., Roma.
- Manzoni G., Palla B. (1992) - *Pisan coast (Tuscany, Italy): a comparison of results from gps and classical ground surveys*, Bol. Ocean. Teorica ed Applicata, vol. X, n. 2-3-4, pp 325-332.
- Marcaccini P., Pranzini E., Sargentini M. (1984) - *Uno studio della fascia costiera toscana per la gestione del territorio*. Porti Mare Territorio, 2: 79-8.
- Maselli F., Meazzini D., Pranzini E. (1988) - *Studio dell'evoluzione geomorfologica recente della Pianura di Grosseto per mezzo di dati Landsat: problemi metodologici e risultati preliminari*. Atti XX Congr. A.I.T., Bolzano, pp. 211-226.
- Maselli F., Pranzini E., Profeti G. (1992) - *Nearsbore suspended sediment monitoring from Landsat data: a preliminary study of the Arno River plume (Tuscany)*. Boll. Oceanol. Teor. e Appl. 2/4: 181-186.
- Mazzanti R. (1984) - *Il punto sul Quaternario della fascia costiera e dell'Arcipelago di Toscana* - Boll. Soc. Geol. It., 102: 419-556.
- Mazzanti R., Pasquinucci M. (1983) - *L'evoluzione del litorale Lunense-Pisano fino alla metà del XIX secolo*. Boll. Soc. Geog. It. Sez. X, Vol. XII: 605 - 628.
- Milano U. (1986) - *Studio sull'accessibilità del porto di Viareggio e sull'equilibrio della spiaggia a Nord*. XX Convegno di idraulica e costruzioni idrauliche, pp. 255-264. Padova.
- Palla B. (1983) - *Altimetria relativa: la scelta del riferimento. Applicazione ad una indagine sui movimenti verticali del suolo in terreno alluvionale ed in roccia a NE di Pisa*. Atti del 2° Conv. Annuale del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra solida, Roma.
- Palla B. (1983) - *La subsidenza nella fascia costiera di S. Rossore (Pisa) nel periodo ottobre 1978 - giugno 1981. Il comportamento dei capisaldi sperimentali* - Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, 90: 81-97.
- Palla B. (1983) - *Tre anni di osservazioni (1978-1981) sulla morfometria della spiaggia campione dalla foce dell'Arno al Gombo (Tenuta di S. Rossore - Pisa)*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, 90: 99-124.
- Palla B. (1983) - *Variazione della linea di riva tra i Fiumi Arno e Serchio (Tenuta di S. Rossore - Pisa) dal 1878 al 1981*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, 90:125-149.
- Pieri M., Pranzini E. (1989) - *Geomorphological evolution of the Pisa plain in historic time deduced from Landsat TM data*. Global Natural Resource Monitoring and Assessment: Preparing for the 21st Century. Venezia, Nov. '89, pp. 1385-1388.
- Pieri M., Pranzini E. (1993) - *Immagini dal satellite. Il telerilevamento sulla costa toscana*. In: Paesaggi della costa toscana. Marsilio Editore, Venezia, pp. 201-207.

- Pranzini E. (1983) - *Random changes in beach sand grain-size parameters*. Boll. Soc. Geol. It., 102: 177-189.
- Pranzini E. (1983) - *Studi di geomorfologia costiera. IX - L'erosione del delta dell'Arno*. Quaderni Mus. St. Nat. Livorno, 4: 7-18.
- Pranzini E. (1983) - *Tendenze evolutive del litorale toscano*. Porti Mare Territorio, 1: 76-71.
- Pranzini E. (1984) - *La tutela della fascia costiera*. Atti del Convegno 'Proposte nella provincia di Livorno per la salvaguardia attiva dell'ambiente'. Livorno, giugno 1984, pp. 91-94.
- Pranzini E. (1985) - *La dinamica dei sedimenti nel Golfo di Campo (Isola d'Elba)*. Boll. Soc. Geol. It. 105: 253-264.
- Pranzini E. (1987) - *L'erosione e la difesa delle spiagge toscane*. Atti del XIX Forum del Rotary, pp. 21-30.
- Pranzini E. (1989) - *A model for cusped river delta erosion*. 6th Symp. on Coastal and Ocean Management/ASCE. Charleston, SC. Coastal Zone '89, pp. 4345-4357.
- Pranzini E. (1989) - *L'innalzamento del livello marino e i suoi effetti sul quadro ambientale della costa toscana nel prossimo secolo*. In "Coste toscane", Regione Toscana, pp. 57-62.
- Pranzini E. (1990) - *Le spiagge toscane: cause dell'erosione e strategie d'intervento*. Quad. Centro di Documentazione. Le Monnier, Firenze, pp. 131-138.
- Pranzini E. (1994) - *The erosion of the Ombrone River delta*. Eurocoast, Lisbona, Settembre 1994. Pp. 133-147.
- Pranzini E. (1996) - *Carta geomorfologica della fascia costiera del Comune di Cecina*. ARCA, Firenze.
- Pranzini E. (1997) - *Cusped delta evolution and related river course*. The International Association of Geomorphologists, 4th Int. Conference on Geomorphology (Abstract). Bologna 28/8 - 3/9/97.
- Pranzini E. (1999) - *Un Indice di stabilità (Is) per la stima dell'idoneità dei materiali all'alimentazione artificiale delle spiagge*. Studi costieri, 1: 75-83.
- Pranzini E., Cipriani L.E. (1999) - *Evoluzione recente delle spiagge toscane*. In: Stato dell'ambiente della Regione Toscana - Rapporto '98. Regione Toscana, pp. 77-85.
- Pranzini E., Pranzini G. (1986) - *Analisi delle sorgenti d'acqua dolce in mare lungo le coste dell'Isola d'Elba per mezzo di immagini rilevate nell'infrarosso termico*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem., Serie A, 93: 185-201.
- Pranzini E., Rossi L. (1995) - *A new Bruun Rule based model: an application to the Tuscan coast, Italy*. Medcoast'95. 24-27 Ottobre 1995, Tarragona, Spagna, 1145-1159.
- Pranzini E., Saggiocco T. (1995) - *Attuali tendenze evolutive e caratteristiche sedimentologiche del delta dell'Arno*. Quad. Autorità di Bacino dell'Arno e del Serchio, 3: 91-108.
- Tongiorgi M., Vittorini S. (1983) - *Nuovi dati di osservazione sulla spiaggia campione di S. Rossore (Pisa)* - Atti della Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A: pp. 149, Suppl. al Vol. XC.
- Tortora P. (1989) - *La sedimentazione olocenica nella piattaforma continentale interna tra il promontorio di M. Argentario e la foce del Fiume Mignone (Tirreno centrale)*. Giornale di Geologia, ser. 3°, 51 (1), 93-117.
- Tortora P., Borelli G.B., Burrigato F. (1986) - *Indagini per l'individuazione di placers nella piattaforma continentale interna tra M.te Argentario ed Ansedonia (Toscana meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 105, 383-402.

Veneto

- Bonardi M., Marabini F. (1991) - *Paleoenvironments in the lagoon of Venice (Italy)*. Proceedings of the Birbal Sahni Paleobotanical Conference. Lucknow (India). Riassunto.
- Bonardi M., Marabini F. (1992) - *Environmental evolution in the lagoon of Venice (Italy)*. Geophytology, vol. 22, pp. 159-165.
- Bondesan A. (1992) - *Porto S. Margherita (Northern Adriatic): from river mouth to port mouth*. Boll. Ocean. Teor. Appl., n.10, pp.297-304.
- Bondesan A. (1993) - *Effetti delle difese sul litorale di Valle Altanea (Veneto nord orientale)*. La difesa dei litorali in Italia, Ed. delle Autonomie, pp. 233-251.

- Bondesan M. (1982) - *Assetto geologico della pianura costiera tra Adige e Bevano*. In: Il Parco del Delta Padano: una proposta regionale, nazionale, europea. Quaderni di Italia Nostra, 14: 37-44.
- Bondesan M. (1985) - *Quadro schematico dell'evoluzione geomorfologica olocenica del territorio costiero compreso fra Adria e Ravenna*. In: Atti tav. rot.: Il delta del Po, Sez. Geol. (Bologna, 24 novembre 1982), Bologna, Acc. Sc. Ist. Bologna: 21-36.
- Bondesan M. (1989) - *Geomorphological hazards in the Po Delta and adjacent areas*. Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 2: 25-33.
- Bondesan M. (1990) - *L'area deltizia padana: caratteri geografici e geomorfologici*. In: Bondesan M (ed), Il Parco del delta del Po: studi e immagini; Ferrara; Spazio Libri Editori, 1: 9-48.
- Bondesan M., Cantelli C., Mazzeo G. (1997) - *Fluvial and littoral geomorphology and ecology in the Po Delta*. Suppl. Geografia Fisica e dinamica quaternaria, 3, 2: 215-218.
- Bondesan M., Castiglioni G. B., Elmi C., Gabbianelli G., Marocco R., Pirazzoli P.A., Tomasin A. (1995) - *Coastal areas at risk from storm surges and sea-level rise in Northeastern Italy*. Journal of Coastal Research, 11: 1354-1379.
- Bondesan M., Castiglioni G.B., Elmi C. (1990) - *Geomorphological mapping in the Po Plain (Italy), with an example in the area of Ravenna*. Zeitschr. für Geomorphologie. N.F., suppl. Bd. 80: 35-44.
- Bondesan M., Castiglioni G.B., Gasperi G. (1989) - *Geomorphological map of the Po Plain*. Progress Report of the Working Group, in: Materiali, Dip. Geografia, Università di Padova, 8: 23.
- Bondesan M., Cocchi E. (1996) - *The Po delta*. In: Morillo C e Gonzales J.L. (Ed), MedWet - Management of mediterranean wetlands; C.E.E. - Ministero del Medio Ambiente Spagna, 3: 257-293.
- Bondesan M., Dal Cin R., Dazzi R., Galeati G., Minarelli A., Russo P., Simeoni U., Todini E., Tommasino M. (1990) - *Evoluzione fisica del delta padano*. In: Po AcquAgricolturaAmbiente, Bologna, Il Mulino, v. 2, 281-318: 461-463.
- Bondesan M., Favero V., Vignals M.J. (1995) - *New evidence on the evolution of the Po-delta coastal plain during the Holocene*. Quaternary International, 29-30: 105-110.
- Bondesan M., Gatti M., Russo P. (1997) - *Map of relief and vertical movements of Po Plain*. Suppl. di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 3, 1: 88-89.
- Bondesan M., Gatti M., Russo P. (1997) - *Movimenti verticali del suolo nella Pianura Padana orientale desumibili dai dati I.G.M. fino a tutto il 1990*. Bollettino di Geodesia e scienze affini, 2: 141-172.
- Bondesan M., Masè G. (1985) - *Spiagge, lagune e paludi della fascia costiera fra Cattolica e Monfalcone*. In: AA.VV., Stato delle conoscenze sulla Pianura Padana, Torino, M. e S. Litografia. Pp. 9-18.
- Bondesan M., Minarelli A., Russo P. (1990) - *Analisi dei movimenti verticali del suolo avvenuti nel periodo 1970-1978 lungo l'asta del Po a est di Polesella e nel delta*. In: Po AcquAgricolturaAmbiente, Bologna, Il Mulino, 2: 385-404; 461-463.
- Bondesan M., Simeoni U. (1983) - *Dinamica e analisi morfologica statistica dei litorali del delta del Po e alle foci dell'Adige e del Brenta*. Mem. Sc. Geol., 36: 1-48.
- Brambati A. (1983) - *Erosione e difesa delle spiagge adriatiche*. Atti del Convegno Internaz. "I problemi del mare Adriatico", Trieste, 26-27 settembre 1983. Pp. 117-130.
- Brambati A. (1983) - *Modificazioni costiere nell'arco lagunare dell'Adriatico Settentrionale*. Antichità Alto adriatiche, Studi Jesolani, 27: 13-47.
- Brambati A. (1984) - *Erosione e difesa delle spiagge Adriatiche*. Boll. Ocean. Teor. Appl., vol. 2(2): 91-104.
- Brambati A. (1987) - *Regime, bilancio sedimentologico ed ipotesi di ripascimento dei lidi di Venezia*. Atti del VI Congr. Naz. dell'O.N.G., Fondazione Cini, Venezia, 25-27 sett. 1987. Pp. 153-209.
- Brambati A. (1988) - *Il litorale di Caorle: lagune, valli da pesca e spiagge*. Antichità Altoadriatiche, Studi Jesolani, 33: 6-26.
- Brambati A. (1995) - *The coastal problems of enclosed seas: the Adriatic case*. In: "Integrated coastal area management in the Mediterranean/Adriatic", Public Enterprise, Ljubljana, March-December 1995, vol. 15 (1-4): 207-216.

- Brambati A., Catani G., Lenardon G., Marocco R. (1982) - *Rilievi sul litorale da Monfalcone alla foce dell'Adige*. CNR, Progetto Finalizzato "Conservazione del Suolo", Sottoprogetto "Dinamica dei Litorali". Pp. 1-15.
- Brambati A., Ciabatti M., Fanzutti G. P., Marabini F., Marocco R. (1983) - *A new sedimentological textural map of the Northern and Central Adriatic Sea*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., 4: 267-271.
- Brambati A., Ciabatti M., Fanzutti G.P., Marabini F., Marocco R. (1988) - *Carta sedimentologico-tessiturale dell'Adriatico Settentrionale*. C.N.R. P.F. "Oceanografia e Fondi Marini". De Agostini, Novara.
- Brambati A., Fontolan G. (1990) - *Sediment resuspension induced by clam fishing with hydraulic dredges in the Gulf of Venice (Adriatic Sea). A preliminary experimental approach*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., vol. 8: 113-121.
- Brambati A., Fontolan G. (1992) - *Abrasion of beach sands: A laboratory predictive model for northern Adriatic Sea beaches*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., vol. 10(2-3-4): 307-324.
- Carbognin L., Gallavresi F., Marabini F. (1988) - *Coastal defence in areas of particular interest and value*. International Symposium on engineering geology of the shelf and continental slope of seas and oceans. Tbilisi (U.R.S.S.). Proceedings. Pp. 1-8.
- Carbognin L., Gallavresi F., Marabini F. (1990) - *Safeguarding the coastal areas of particular interest and value*. Marine Sciences, vol. 2, n. 2. pp. 77-81.
- Carbognin L., Gambolati G. G., Marabini F., Taroni G., Teatini P., Tosi L. (1996) - *Analisi del processo di subsidenza nell'area veneziana e sua simulazione con un modello tridimensionale non lineare*. Workshop Progetto Sistema lagunare veneziano - Linea 2.7. Venezia. pp. 1-31.
- Carbognin L., Gatto P., Marabini F. (1984) - *Co-relations between shoreline variations and subsidence in the Po river delta, Italy*. Land subsidence, I.A.H.S. Publication, n. 151: 367-372.
- Carbognin L., Gatto P., Marabini F. (1984) - *Guidebook of the eastern Po plain (Italy): a short illustration about environment and land subsidence*, III Congresso Internazionale sulla subsidenza. Venezia. pp. 1-80.
- Carbognin L., Gatto P., Marabini F. (1984) - *The city and the lagoon of Venice, a guidebook on the environment and land subsidence*. III Congresso Internazionale sulla subsidenza. Venezia. pp. 1-36.
- Carbognin L., Gatto P., Marabini F. (1985) - *Erosive processes in the littoral of the Venice lagoon (Italy)*. IV Symposium on coastal and ocean management. Baltimore, U.S.A., Proceedings. pp. 1587-1600.
- Carbognin L., Marabini F. (1987) - *Evoluzione recente nel settore costiero veneziano*. Atti dell'Istituto Veneto delle Scienze, pp. 9-15.
- Carbognin L., Marabini F. (1989) - *Evolutional trend of the Po river delta (Adriatic Sea, Italy)*. The 28th International Geological Congress, Washington D.C., U.S.A. Vol. 1, Proceedings. Riassunto.
- Carbognin L., Marabini F. (1990) - *Tendenza evolutiva del delta del Po*. Atti Convegno sull'ecologia del delta del Po, Albarella. Riassunto.
- Carbognin L., Marabini F. (1993) - *The environmental safeguard and the preservation of historical sites, the example of the Venice lagoon (Italy)*. Atti del Egyptian-Italian Seminar on Geosciences and Archeology in the Mediterranean Countries. Cairo. pp. 287-301.
- Carbognin L., Marabini F., Tosi L. (1995) - *Land subsidence and degradation of the Venice littoral zone, Italy*. Land subsidence, Fisols 95. IAHS. Publication, 234: 391-402.
- Castelli G., De Santis M., Marabini F., Ruol P., Sabbatani M. (1996) - *Evoluzione recente dei bassi fondali del litorale veneziano*. Workshop Progetto Sistema lagunare veneziano - Linea 2.5. Venezia. Riassunto.
- Castiglioni G.B., Favero V. (1987) - *Linee di costa antiche ai margini orientali della Laguna di Venezia e ai lati della foce attuale del Piave*. Ist. Veneto SS. LL. AA, Rapporti e Studi, Commissione di Studio dei provv. per la conservaz. e difesa della Laguna e città di Venezia, 10: 17-30.
- Catani G., Lenardon G., Marocco R., Tunis G. (1982) - *Rapporto sulle ricerche morfologiche e sedimentologiche effettuate nel 1976 nella spiaggia modello di Valle Vecchia (Venezia)*. Boll. Soc. Adriatica Sc., 66: 73-103.

- Cessari A., Marabini F., Mora P. (1998) - *Le variazioni della linea di riva del delta del Po*. Atti II Conferenza Asita, vol. I. Bolzano. pp. 33-38.
- Ciabatti M., Giorgi G., Marabini F. (1984) - *Variazioni della linea di riva dal Po di Volano al Po di Maestra*. IDROSER, Piano difesa costa adriatica, vol. VIII. Bologna. pp. 1-15.
- Dal Cin R. (1983) - *I litorali del delta del Po e alle foci dell'Adige e del Brenta: caratteri tessiturali e dispersione dei sedimenti, cause dell'arretramento e previsioni sull'evoluzione futura*. Boll. Soc. Geol. It., 102: 9-56.
- Dal Cin R., Simeoni U. (1984) - *Variazioni volumetriche del delta padano nell'ultimo secolo, distribuzione dei sedimenti nei rami deltizi e caratteri granulometrici dei materiali cavati nel basso Po*. In: 2° Convegno di Idraulica Padana, 1-8, Parma: 255-279.
- Dal Cin R., Simeoni U. (1990) - *Caratteri granulometrici degli alvei dei rami deltizi del Po*. In: PO AcquAgricolturaAmbiente, Soc. Ed. il Molino, 2: 347-366.
- Dal Cin R., Simeoni U. (1990) - *Caratteri granulometrici delle sabbie cavate nel basso corso del Po*. In PO AcquAgricolturaAmbiente, Soc. Ed. il Molino, 2: 335-346.
- Dal Cin R., Simeoni U. (1990) - *Evoluzione morfologica del Delta dall'800 al 1982*. In: PO AcquAgricolturaAmbiente, Soc. Ed. il Molino, 2: 319-334.
- Elmi C. (1984) - *Subsidenza regionale e locale nel delta del Po*. In: Quarry and Construction; Atti tav. rotonda Metano e Polesine: una proposta (Rovigo, 17 marzo 1984): 43-46.
- Enzi S., Marabini F. (1998) - *Evoluzione della fascia costiera adriatica*. Atti II Conferenza Asita, vol. II. Bolzano. pp. 39-44.
- Favero V. (1987) - *The venetian lagoon: the evolution and the environment*. In: 13th International Meeting on Organic Geochemistry (Venezia, 25th September 1987): 1-19.
- Favero V. (1992) - *Evoluzione morfologica e trasformazioni ambientali dalla conterminazione lagunare al nostro secolo*. In: Conterminazione lagunare; storia, ingegneria, politica e diritto nella Laguna di Venezia; Venezia, Ist. Veneto Ss. LL. AA.: 165-184.
- Favero V., Serandrei Barbero R. (1983) - *Oscillazioni del livello del mare ed evoluzione paleoambientale della laguna di Venezia nell'area compresa tra Torcello e il margine lagunare*. Lavori Soc. Veneziana Sc. Nat., 8: 83-102.
- Fontolan G. (1996) - *Dissesti costieri ed erosione del litorale veneziano*. Atti Convegno "La prevenzione del rischio idraulico in provincia di Venezia", Provincia di Venezia, Venezia 4 novembre 1996. Pp. 1-28.
- Gasperi G., Pellegrini M. (1985) - *Lineamenti geologici della Pianura Padana in riferimento all'area del delta del fiume Po*. In: Atti della Tavola Rotonda sul tema: Il Delta del Po (Bologna, 24 Novembre 1982); Bologna, Acc. Sc. Ist. Bologna: 5-19.
- Girardi A., Secco S., Trentin C., Zunica M. (1986) - *Recenti variazioni del litorale tra foce Adige e Porto Caleri (Spiaggia Modello - Alto Adriatico)*. Quaderni del Dipartimento di Geografia, Università di Padova, n.6, pp.1-23.
- M.U.R.S.T. (1997) - *Carta Geomorfologica della Pianura Padana alla scala 1:250.000*. Coord. Castiglioni G.B., S.El.Ca., Firenze.
- Marabini F. (1985) - *Alcune considerazioni sull'evoluzione del delta del Po*. Nova Thalassia, 7, suppl. 2. Trieste, pp. 443-451.
- Marabini F. (1985) - *Evoluzione della linea di riva nel delta del Po*. Atti dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto, Università di Bologna. Tavola Rotonda: "Il delta del Po", Bologna, pp. 71-84
- Marabini F. (1992) - *Coastal changes related to deltas: the Po as an example*. Atti del Congresso Bordomer 92. Bordeaux (France). Riassunto.
- Marabini F. (1993) - *A new proposal for the coastal zone cartography*. 16th International Cartographic Conference. Koln. pp. 1177-1184.
- Marabini F. (1993) - *La laguna di Venezia: caratteri evolutivi evidenziati attraverso la cartografia*. Atti XXIX Convegno Nazionale "Scienza cartografica: strumenti, metodi e finalità". Pavia, pp. 95-98.
- Marabini F. (1993) - *The Venice Lagoon and the north Adriatic sediments: comparison between the Nota and Shepard classifications*. 14th IAHS, Marrakesh. Riassunto.

- Marabini F. (1994) - *Climatic changes evidenced by the coastal zone cartography*. Atti del Congresso "Geoprospective 94", UNESCO, Parigi. Vol. unico, pp. 129-136.
- Marabini F. (1996) - *Carta tematica della fascia costiera veneziana*. Workshop Progetto Sistema lagunare veneziano - Linea 2.5. Venezia. Riassunto.
- Marabini F. (1996) - *Evoluzione e salvaguardia del litorale veneziano*. Workshop Progetto Sistema lagunare veneziano - Linea 2.5. Venezia: 1-16.
- Marabini F. (1996) - *Variazioni stagionali dei caratteri granulometrici dei sedimenti costieri del delta del Po*. Riunione del Gruppo di Sedimentologia del C.N.R., Catania. Riassunto.
- Marabini F. (1997) - *The Po river delta evolution*. Atti di Fluvial-Marine Interactions, International Workshop, Malnas, Bucaresti (Romania). Pp. 47-55.
- Marabini F., Veggiani A. (1990) - *The influence of climatic changes on the evolution of the Po delta from the 16th century to the present time*. Atti Convegno sull'ecologia del delta del Po, Albarella. Pp. 1-15.
- Marabini F., Veggiani A. (1992) - *Le fluttuazioni climatiche degli ultimi millenni e la loro influenza sul litorale e la laguna di Venezia*. Atti del XXVIII Congresso AIC, Fabriano. Pp. 79-84.
- Marocco R., Melis R., Montenegro M. E., Pugliese N., Vio E., Lenardon G. (1996) - *Holocene evolution of the Caorle barrier-lagoon (northern Adriatic Sea, Italy)*. Riv. It. Paleont. Strat., 102: 385-396.
- Rotondi G., Zunica M. (1995) *Il Lido di Sottomarina. Processi interattivi di costruzione e consumo*. "Studi sull'interfaccia terra-mare", Dipartimento di Geografia, Università di Padova, n.3, pp.1-84.
- Simeoni U. (1985) - *Variazioni tessiturali e dispersione dei sedimenti nei litorali alla foce dell'Adige*. Boll. Soc. Geol. It., 104: 273-287.
- Zunica M. (1985) - *Antecedenti storico-geografici e loro influenza sull'attuale assetto idraulico territoriale*. Atti Conv. Mag. AA. "Laguna, Fiumi, Lidi: cinque secoli di gestione delle acque delle Venezia", pp.25-30.
- Zunica M. (1989) - *Il sistema delle bocche fluviali nel modello costiero veneto*. Atti Giornate Intern. "L'uomo e il fiume", Marzorati, p.125-131.
- Zunica M. (1990) - *Beach Behavior and Defences along the Lido di Jesolo. Gulf of Venice, Italy*. Journal of Coastal Research, 6/3, pp.709-719.