Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, **89** (1982)
pagg. 47-60, ff. 4, tabb. 3.

S. CAVAZZA (*), E. PULLACE (**)

MISURE SPERIMENTALI DEL TRASPORTO LONGITUDINALE DI SEDIMENTI LUNGO IL LITORALE LUNENSE (***)

Riassunto — Vengono inizialmente ricordati i fenomeni che regolano il trasporto di sedimenti lungo i litorali e l'influenza su di esso esercitata dalle correnti dovute al moto ondoso. Dopo aver illustrato in grandi linee le caratteristiche morfologiche, petrografiche e sedimentologiche della unità fisiografica in cui è situato il paraggio dove sono state eseguite le misure sperimentali, vengono descritte le metodologie seguite e la strumentazione impiegata. I risultati delle 20 prove sperimentali sono stati interpretati mediante analisi multiregressiva tra il peso del materiale catturato in trappole rettangolari a setti paralleli ortogonali alla linea di costa, ed i seguenti parametri del trasporto longitudinale: distanza dalla battigia, profondità del fondale, velocità e direzione della corrente e del vento, durata della prova. I risultati, numerosi dei quali altamente significativi alla analisi della varianza, sono infine illustrati.

Abstract — *Experimental measurement along the shore of Marina di Massa (Tuscany, Italy)*. The experimental measurements treated in this paper have been carried aut along the shore of Marina di Massa (Tuscany, Italy).

The phenomena regulating the long shore transport of sediments and the influence produced on it by currents and waves are preliminarely remeined. After a general picture on the morphology, petrography and sedimentation's specifications of the physiographic unit, in which the experimental measurements ave been carried, the followed methodologies and the used instrumentations are described. The results of the twenty experimental tests carried aut between 1978 and 1981 have been interpreted by a multiregressive analysis between the material captured by rectangular traps shore and the following parameters of the littoral drift: distance from the shore, depth of the traps, speed and direction of the current and of the wind, duration of the test.

Finally the results of the tests are discussed, and several of them are hightly significant to the analysis of the variance and the test of confidence.

Key words — Long shore transport, experimental tests, Tuscanian coast.

(*) Istituto di Idraulica, Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa.

(**) Istituto di Costruzioni Stradali e Trasporti, Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa.

(***) C.N.R. Progetto Finalizzato « Conservazione del Suolo » - Sottoprogetto « Dinamica dei Litorali » - Pubbl. n. 163.

Presupposti della sperimentazione

L'assetto morfologico di un litorale, in quanto condizione contingente di un processo evolutivo in corso, è la risultante del complesso dei fenomeni che determinano il movimento dei sedimenti sotto l'azione delle correnti.

Tale movimento avviene notoriamente in maniera e con entità differenti al largo od a riva della linea dei frangenti. In quest'ultimo caso il materiale viene posto in movimento e trasportato dalla azione tangenziale del frangente, dalle turbolenze e dai gradienti orizzontali e verticali di velocità dell'acqua. In tali processi è possibile scindere in componenti trasversali e longitudinali le azioni dinamiche e studiare distintamente il trasporto trasversale, ortogonale alla linea di riva, ed il trasporto longitudinale, ad esso parallelo.

Questo è generato dalle correnti lungoriva che si sviluppano nella zona dei frangenti ed è governato dal bilancio dinamico locale, in cui alla variazione della componente comunque obliqua, si oppone, in funzione della distanza dalla battigia, la dissipazione di energia per mescolamento tra strati di acqua a diversa velocità e per il trasporto dei sedimenti di fondo (Cortemiglia et Al., 1981).

La corrente longitudinale assume la massima velocità in una verticale compresa tra la linea di frangimento e la linea di battigia.

Le correnti sono originate principalmente dal moto ondoso, a sua volta provocato dai venti, dalle maree, dalle differenze di densità. A causa dei fenomeni di rifrazione del moto ondoso nei bassi fondali, l'azione del vento può essere differente a seconda che si eserciti indirettamente, tramite il moto ondoso, nella direzione di quest'ultimo, o direttamente in maniera in genere meno intensa nella direzione in cui esso spira.

Considerando la complessità dei fattori che, in misura varia e mutevole a seconda delle condizioni meteomarine, regolano la meccanica del trasporto longitudinale dei sedimenti, è sembrato perciò opportuno, in un paraggio in cui gli appariscenti fenomeni di erosione del litorale hanno recentemente attirato l'attenzione di numerosi studiosi, attuare una serie di misure dirette del trasporto longitudinale.

Ben nota è in proposito la difficoltà di mettere a punto per tale fine idonee strumentazioni e metodologie. Queste vanno dalle analisi morfologiche petrografiche e sedimentologiche, alle tecni-

che di tracciamento, alla quantificazione del trasporto mediante misure locali con trappole o altri strumenti di cattura.

Vanno ricordate tra queste ultime le trappole impiegate da FIERRO et Al. (1965) nel mar Ligure, ciascuna delle quali predisposta per la osservazione di particolari aspetti del trasporto dei sedimenti in bassi fondali.

In questa stessa ottica le trappole che si illustrano nella presente memoria sono state messe a punto per la cattura dei sedimenti in movimento per trasporto longitudinale.

Trattandosi di un tipo di trappola non precedentemente conosciuta in bibliografia, le misure sperimentali hanno avuto il triplice scopo di caratterizzare l'ammontare del trasporto longitudinale, di definirne, pur nella limitatezza dei campionamenti effettuati, i legami con i principali parametri meteomarini, e di verificare la stessa idoneità delle trappole impiegate. Di queste ne sono stati usati tre prototipi strutturalmente eguali ma con dimensioni lievemente diverse con lo scopo di individuare la affidabilità di ciascuna di esse in differenti condizioni di mare.

FISIOGRAFIA DELL'AMBIENTE DI SPERIMENTAZIONE

Le misure che si illustrano nella presente memoria sono state effettuate lungo il litorale versiliese, subito a NW della foce del fiume Frigido presso Marina di Massa.

Questo paraggio è inserito nella più vasta unità fisiografica delimitata a NW dai rilievi di Punta Bianca ed a SE dal porto di Livorno.

Tale unità si presenta come una falcata litoranea a grande curvatura, la cui continuità è interrotta dagli ostacoli artificiali costituiti dai porti di Carrara e di Viareggio (fig. 1).

I principali fiumi che forniscono apporto terrigeno di sedimenti al litorale sono il Magra, il Serchio e l'Arno; possono ricordarsi inoltre il Carrione, il Frigido, il Cinquale e, a S dell'Arno, il Calambrone.

La costituzione dei tratti di spiaggia del litorale compreso tra la foce del F. Magra ed il porto di Livorno è caratterizzata da materiali che provengono, per la maggior parte, dai rilievi calcareo-marnosi-argillosi e argilloso-arenaceo-meso-cenozoici dell'Appennino Settentrionale. Tra questi materiali si individuano, nell'unità fisio-

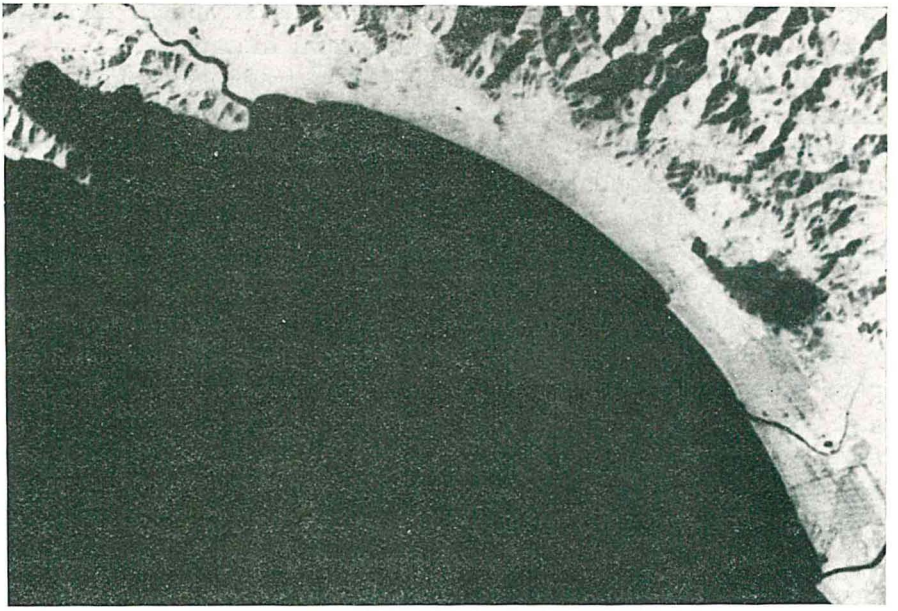

Fig. 1 - Il litorale lunense in una immagine dal satellite Landsat 1. Si nota l'effetto schermante dei porti di Carrara e di Viareggio sul trasporto longitudinale.

grafica, tre provincie petrografiche sedimentarie, distinte in base alla composizione delle sabbie di battigia, che sono la provincia massese, la provincia pisano-viareggina e, più lontana dalla zona di nostro interesse, la provincia di Calambrone.

La provincia massese, che si estende tra Bocca di Magra e Marina di Pietrasanta, è costituita da sabbie a discreta maturità, di provenienza medio-crustale, a scarsa componente carbonatica, caratterizzate dall'associazione di minerali pesanti ad augite-granato-epidoto e da abbondanti frammenti di rocce verdi, arenarie e siltiti che derivano dagli apporti del F. Magra i cui contributi costituiscono la principale fonte di alimentazione della provincia sedimentaria.

La provincia pisano-viareggina, che va fino a Tirrenia, è costituita da sabbie ad elevata maturità e provenienza più profonda, caratterizzate dall'associazione di minerali pesanti ad epidoto-granati e da abbondanti frammenti di rocce profonde (plutoniche e metamorfiche), che sono alimentate principalmente dagli apporti del Serchio e dell'Arno. Quest'ultimo corso d'acqua sembra tuttavia disperdere i suoi apporti sabbiosi prevalentemente in mare aperto.

La provincia di Calambrone, infine, arriva fino al porto di Livorno: è costituita da sabbie che presentano maturità decisamente bassa con un'associazione di minerali pesanti ad epidoto e subordinatamente augite e granato con abbondanti frammenti di vulcaniti acide, la cui provenienza è incerta, anche se, in base ad alcuni studi (FIERRO et Al., 1972), si può considerare composta da sedimenti organogeni con valori percentuali variabili di carbonati e da frazione fine anch'essa in diverse percentuali che ne individuano differenti facies.

Il litorale considerato presenta condizioni di equilibrio assai varie, come lo sono altresì le variazioni che esso ha subito in tempi preistorici e storici e ciò in conseguenza sia della sua natura sia dell'opera dell'uomo. Allo stato attuale si possono osservare tratti di spiaggia in erosione a sinistra della foce del F. Magra, tra il porto di Carrara e Marina di Massa, ed a SE della foce del F. Serchio fino a Marina di Pisa, e tratti di spiaggia stabile o in avanzamento a NW del Porto di Carrara, a SE di quello di Viareggio e da Tirrenia fino al porto di Livorno. Il litorale è infatti sottoposto diversamente, nei suoi vari tratti, ai principali venti dominanti e regnanti, rispettivamente di Libeccio e Ponente, oltre che a quello stagionale di Maestrale che talvolta può generare notevoli mareggiate.

Lungo il litorale sono accertati tipi di drifts (distale e prossimale) che cambiano direzione nel tempo e da zona a zona ed in alcuni punti presentano direzioni anche opposte alle diverse profondità.

In alcune foto aeree eseguite nel 1973 nel corso di una mareggiata da libeccio (AIELLO et Al, 1975), si vedono i due drifts agire contemporaneamente, ben evidenziati dall'andamento di sospensioni sabbiose sollevate dal moto ondoso e dalle torbide dei corsi d'acqua.

Esaminando più in particolare il litorale nel tratto subito a NW della foce del fiume Frigido, cui si riferisce il presente studio, si osserva che in tale zona la linea di riva è in arretramento e che essa è sede di un dift litoraneo verso SE, testimoniato in maniera evidente dall'accumulo di sabbie a NW del porto di Carrara e dalle drastiche erosioni che, a Marina di Massa, hanno comportato la esecuzione di urgenti ed estesi lavori di difesa del litorale.

Le modificazioni del litorale nel paraggio delle misure sperimentali sono in particolare documentate dallo studio di AIELLO et Al. (1975) dal 1954, in cui dall'esame di foto aeree si riscontra sino

al 1965 una vergenza della foce del Frigido verso SE e, negli anni successivi al 1973, una vergenza nella direzione opposta, persistente ancora all'epoca delle misure. Questa modificazione della vergenza osservata in tempi recenti rappresenta un elemento di instabilità del litorale avvalorata anche dall'essere il paraggio delle misure nella zona di transizione tra il tratto di litorale in erosione che si spinge fino al porto di Carrara ed il tratto in accrescimento esistente verso SE (fig. 2).

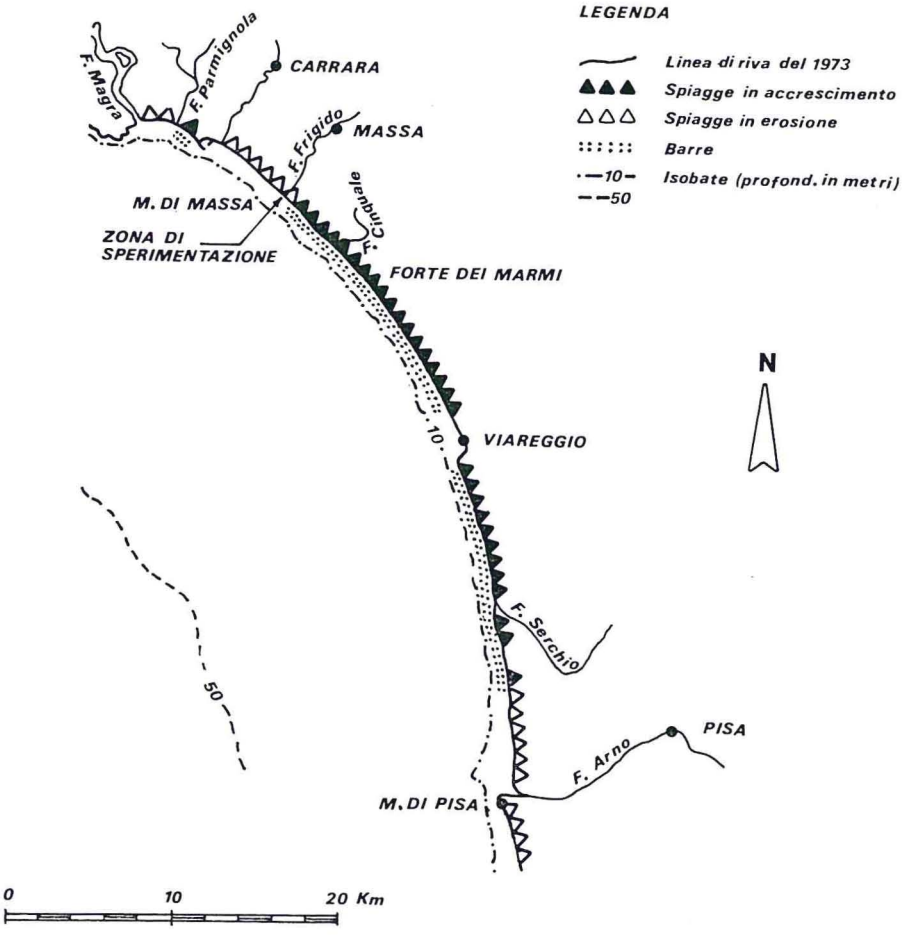

Fig. 2 - Caratteristiche fisiografiche del litorale toscano tra il F. Magra ed il F. Arno (da E. AIELLO et Al., 1975).

PROVE SPERIMENTALI

Le prove sperimentali sono consistite nella posa in bassi fondali di una terna di trappole rettangolari ancorate al fondo e nel loro recupero dopo un'adeguata permanenza sul fondo con successiva stima in peso del materiale da esse catturato. Durante le prove venivano effettuate misure di posizione delle trappole sul fondale, misure della direzione e della velocità della corrente e del vento, e misura della durata della prova.

Le prove sono state effettuate tra il 10 agosto 1977 ed il 29.9. 1981, in condizioni meteomarine differenti, cercando di sperimentare nel più ampio campo di variazione possibile delle singole variabili considerate, compatibilmente con le condizioni di agibilità e sicurezza. Tutte le prove sono state effettuate nella stessa località della spiaggia sommersa, circa 100 m a NW della foce del Frigido.

Le prove sono state sempre effettuate contemporaneamente con tre trappole, successivamente descritte.

I campi di variazione entro i quali sono state sperimentate le condizioni sono i seguenti:

L = distanza dalla linea di riva	(m): $2 < d < 10$
p = profondità del fondale	(m): $0{,}3 < p < 2{,}5$
Vc = velocità media della corrente	(m/min): $0{,}5 < Vc < 17$
Vv = velocità del vento	(m/s): $0{,}5 < Vv < 8$
d = durata della prova	(ore, min): $30' < t < 3^h\,30'$
Dc = direzione della corrente	(45°): da SE a NW
Dv = direzione del vento	(45°): da SE a N

I sedimenti in trasporto longitudinale, catturati nelle trappole, sono costituiti da sabbie con diametro medio di 1,2 mm e scarto quadratico medio di 0,5 mm, con distribuzione granulometrica segnatamente simmetrica rispetto al diametro medio (fig. 3).

Le trappole sono costituite da un pianale metallico rettangolare delle dimensioni di m 1 x 0,5 e spessore di 3 mm, munito ai vertici di quattro anelli per il fissaggio ad altrettanti pioli metallici infissi nella sabbia per l'ancoraggio della trappola (fig. 4).

Le trappole sono bordate sui quattro lati e suddivise secondo la dimensione maggiore da setti metallici distanti tra loro il qua-

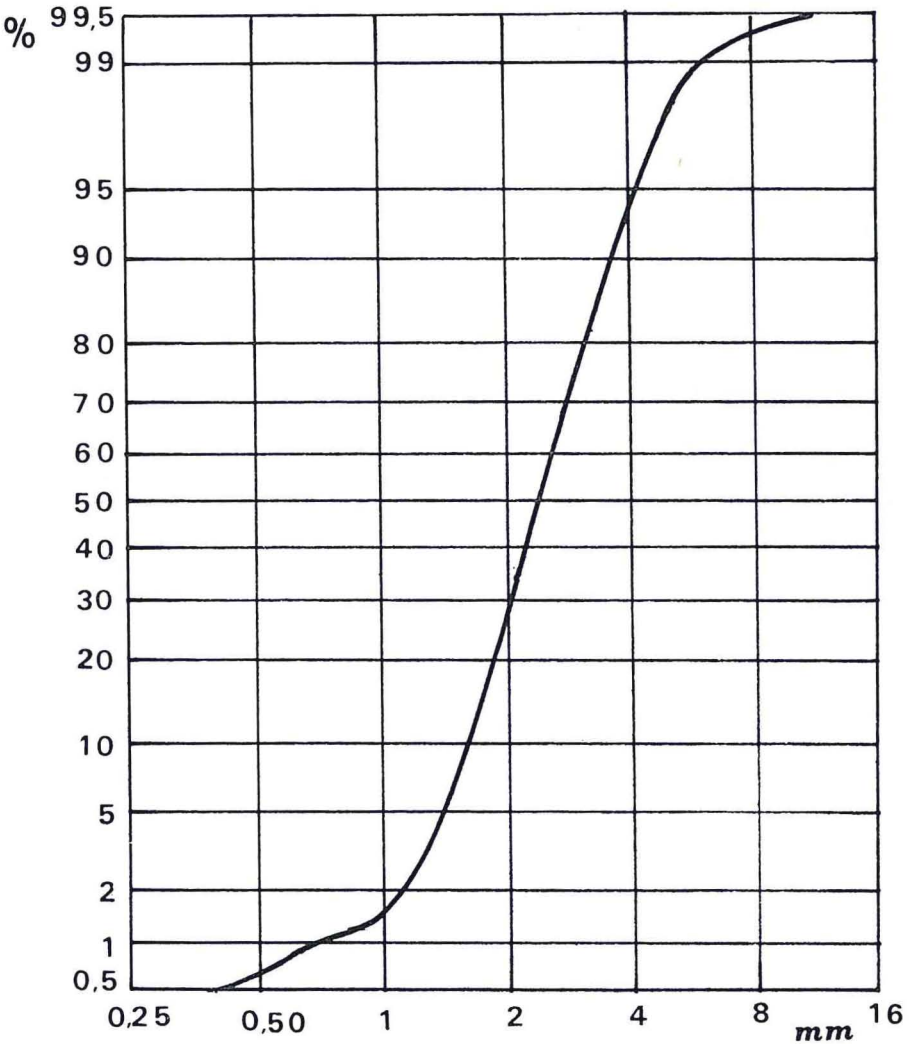

Fig. 3 - Curva granulometrica dei sedimenti catturati dalle trappole (campione dell'8.9.1978).

druplo della relativa altezza. Prevedendo una differente influenza di tale altezza sul processo di cattura di sedimenti in differenti condizioni meteomarine, le prove sono state eseguite contemporaneamente con tre diverse trappole, aventi setti alti rispettivamente 2, 1 e 0,5 cm, posti fra loro alla distanza di 8, 4 e 2 cm.

La direzione e la velocità della corrente sono state misurate traguardando da terra la posizione di un galleggiante a doppia

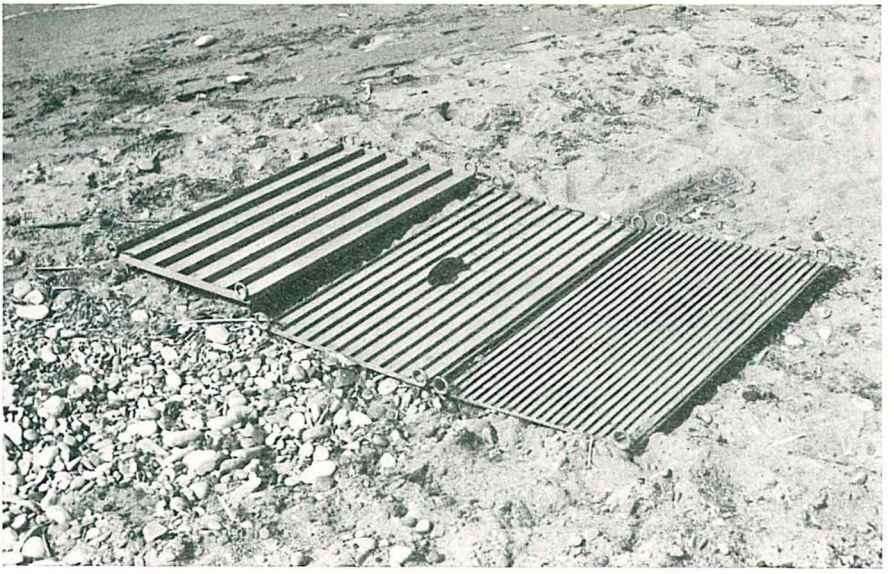

Fig. 4 - Trappole con setti di diverse misure dopo una prova.

massa, costituito da un'asta in fibra di vetro del diametro di 0,7 cm, lunga 1,2 m, dotata alle estremità di due sfere in polistirolo espanso, di cui una zavorrata.

La direzione e la velocità del vento sono state misurate con un anemometro meccanico portatile. I dati così rilevati sono stati poi confrontati con le registrazioni anemografiche effettuate presso il Laboratorio Provinciale di Igiene e Profilassi di Massa.

La metedologia seguita per le prove comporta la presenza di due persone, per alcune fasi ambedue in acqua.

Le trappole vengono ancorate al fondo mediante picchetti metallici infissi nella sabbia, con il lato maggiore ortogonale alla linea di costa avendo cura di fare bene aderire la trappola al fondo sabbioso.

Dopo un certo periodo di tempo, ma prima del colmamento completo della trappola e in particolare dei settori opposti alla direzione della corrente longitudinale, la trappola viene sollevata con cautela, inserita ancora in acqua, in un sacco di plastica e portata a riva, ove la quantità dei sedimenti catturati viene stimata mediante un adeguato cilindro graduato.

Per ogni prova le grandezze delle variabili meteomarine sono state rilevate all'inizio ed alla fine della prova, ed inoltre ogni qual-

volta esse venivano a modificarsi durante la prova. Ne consegue che per tale ragione alcune prove si riferiscono a condizioni meteomarine costanti durante tutta la loro durata, altre volte le prove sono state annullate se al sopraggiungere di modificazioni meteomarine il materiale catturato era ancora troppo scarso per ritenere la prova significativa delle condizioni iniziali, altre volte infine le prove si riferiscono a condizioni variabili, peraltro bene documentate.

In data 28.9.1977 sono state eseguite alcune prove, ripetute con ciascuna delle tre trappole, in condizioni meteomarine identiche al fine del calcolo statistico degli errori di misura.

I dati raccolti durante le singole prove sono riassunti nella tabella 1.

TAB 1 - MARINA DI MASSA - MISURA DEL TRASPORTO LONGITUDINALE LITORANEO: ELEMENTI CARATTERISTICI DEI CAMPIONAMENTI

PROVA N°	DISTANZA	PROFONDITA'	CORRENTE				VENTO				DURATA	MATERIALE CATTURATO CON TRAPPOLE AVENTI SETTI ALTI cm		
			INIZIO		FINE		INIZIO		FINE			0,5	1	2
			VELOC	DIREZ	VELOC	DIREZ	VELOC	DIREZ	VELOC	DIREZ				
	m	m	cm/s		cm/s		m/s		m/s		h	Kg	Kg	Kg
1	10	2,5	6,6	SE	6,6	SE	6,0	SE	6,0	SE	1,00	0,020	0,030	0,080
2	10	2,5	1,7	W	1,7	W	0,5	SW	1,0	SW	2,50	0,000	0,000	0,000
3	10	1,3	0,8	W	0,8	W	1,0	SW	2,0	W	1,25	0,020	0,025	0,030
4	3	0,8	0,8	NW	2,5	NW	2,0	SW	2,5	W	2,75	0,030	0,350	0,010
5	2	0,6	1,7	NW	3,3	NW	0,5	SW	2,0	SW	1,58	0,065	0,037	0,021
6	2	0,6	1,7	NW	3,3	NW	0,5	SW	2,0	SW	1,58	0,070	0,040	0,020
7	2	0,6	3,3	SE	5,0	SE	2,0	SE	4,0	SE	0,40	0,286	0,148	0,084
8	2	0,6	3,3	SE	5,0	SE	2,0	SE	4,0	SE	0,48	0,280	0,150	0,080
9	10	1,5	8,3	NW	8,3	NW	4,0	W	3,0	W	3,00	0,370	0,450	0,580
10	10	1,3	3,3	SW	13,3	SE	3,0	SW	8,0	S	3,50	0,630	0,900	1,400
11	5	0,8	8,3	NW	5,0	NW	4,0	NW	3,0	NW	3,00	0,120	0,700	0,170
12	5	0,8	6,6	S	1,7	NW	3,0	W	3,0	N	3,00	0,090	0,300	0,100
13	2	0,5	5,0	S	5,0	SW	2,0	SE	4,0	W	3,00	0,520	0,280	0,200
14	3	0,7	3,3	SW	3,3	NW	3,5	W	3,0	W	2,50	0,080	0,100	0,135
15	3	1,7	25,0	NW	25,0	NW	2,0	S	2,0	S	0,50	2,100	1,200	0,700
16	7	0,5	28,3	NW	25,0	NW	3,0	S	3,0	S	0,50	2,900	1,800	0,800
17	5	0,3	25,0	W	20,0	W	3,0	S	2,0	S	0,50	1,300	1,600	0,700
18	10	1,5	0,8	W	0,8	W	1,5	SW	1,5	W	1,25	0,020	0,030	0,035
19	2	0,6	2,5	W	2,5	NW	2,0	SW	2,0	S	1,67	0,080	0,045	0,025
20	10	1,5	8,3	SW	8,3	S	6,0	SW	5,5	S	3,50	0,650	0,870	1,500

Analisi dei risultati

I dati raccolti dalle campagne sperimentali sono stati sottoposti ad analisi multiregressiva e ad analisi della varianza, in cui sono state considerate variabili indipendenti le condizioni meteomarine medie delle prove, la distanza dalla linea di riva, la profondità di posa delle trappole, la durata della prova, e variabile dipendente la quantità in peso dei sedimenti raccolti nelle singole trappole.

Essendo queste di tre tipi differenti, per ciascuna di esse si sono ripetute le analisi statistiche suindicate, i cui risultati hanno consentito di caratterizzare sia i legami tra il materiale catturato dalle singole trappole ed i relativi parametri, sia le modificazioni di tali legami al variare del tipo di trappola.

Indicati con Vi i volumi di sedimenti catturati con le trappole aventi setti alti i cm, con i = 2, 1, 0,5 cm, le multiregressioni lineari ottenute assumono per ciascuna trappola l'espressione:

$$Vi = a_0 + a_1L + a_2p + a_3Vc + a_4Dc + a_5Vv + a_6Dv + a_7d$$

in cui i valori dei coefficienti a_1, $a_2 \ldots a_7$ sono quelli indicati nella tabella 2.

TAB. 2 - COEFFICIENTI DELLE MULTIREGRESSIONI DESUNTE DALLE MISURE CON TRAPPOLE A DIVERSO RISALTO DEI SETTI

TRAPPOLA CON RISALTO DEI SETTI DI cm	COEFFICIENTI							
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
0,5	716,55	54,88	-350,16	154,11	-8,88	-105,21	-141,70	105,95
1,0	93,49	59,53	-385,04	101,03	-9,29	-9,29	-40,56	132,08
2,0	442,94	99,30	-462,39	46,97	-4,00	28,45	-217,07	304,02

Per ciascuna regressione lineare multipla sono stati calcolati i coefficienti di correlazione parziale inerenti le singole variabili indipendenti ed il coefficiente di correlazione multipla.

I tests di significatività impiegati sono stati il test *t* per le correlazioni semplici ed il test *F* per la correlazione multipla. In base a questi valori sono state individuate le correlazioni significative al (95%) e quelle altamente significative (al 99%).

I risultati di tali analisi sono riportati nella tabella 3.

TAB 3 - COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE PARZIALE TRA IL MATERIALE CATTURATO CON LE TRAPPOLE A DIVERSO RISALTO DEI SETTI ED I PARAMETRI DI TRASPORTO

N°	PARAMETRI	UNITA' DI MISURA	TRAPPOLE CON RISALTO DEI SETTI DI cm		
			0,5	1	2
1	Distanza dalla linea di riva	m	-0,010 *	0,104 * *	0,400 * *
2	Fondale	m	-0,347 *	-0,316 * *	0,027 * *
3	Velocità della corrente	m /min	0,997 * *	0,922 * *	0,568 * *
4	Direzione della corrente	45°	0,200	0,200	-0,122
5	Velocità del vento	m /s	0,051	0,236	0,601
6	Direzione del vento	45°	-1,319 *	-0,125	-0,142 * *
7	Durata della misura	h	-0,399	-0,138 *	0,268 * *
Coefficiente di correlazione multipla			0,984 * *	0,974 * *	0,944 * *

* Correlazione significativa (al 95%)

* * Correlazione altamente significativa (al 99%)

Dall'esame di tali risultati appare altamente significativa, per le prove effettuate con tutti i tipi di trappola, la correlazione tra materiale catturato e velocità della corrente. Anche altamente significative sono le correlazioni tra distanza dalla linea di costa, profondità e materiale catturato dalle trappole a setti più alti (1 o 2 cm) e la correlazione tra direzione del vento, durata delle misure e materiale catturato dalla trappola con setti di 2 cm.

Non altrettanto significativi, nei limiti della rappresentatività del fenomeno fornita dalle misure che si illustrano, sono risultati i legami tra materiale catturato, direzione della corrente e velocità del vento.

Nel complesso si osserva che la influenza globale esercitata ai vari parametri considerati sul volume del materiale catturato dai tre tipi di trappole è altamente significativa, presentando coeffi-

cienti di correlazione multipla che raggiungono il valore di 0,984 per la trappola con setti da 0,5 cm.

Sembra perciò accertato che la quantità di sedimenti catturati con le trappole messe a punto per le presenti ricerche rappresenti un buon indice, altamente significativo, dell'effetto delle condizioni meteomarine sul trasporto longitudinale.

Essendo significative a più del 95% e, per le trappole con setti da 1 e 2 cm a più del 99%, le correlazioni con la distanza dalla linea di costa e con la profondità del fondale, la quantità di sedimenti catturati con una trappola ovunque ancorata nella spiaggia sommersa consente di calcolare, a mezzo delle multiregressioni trovate, l'effetto delle condizioni meteomarine sul trasporto longitudinale non solo nel metro di spiaggia sommersa ove è posta la trappola, ma su tutto il profilo di questa ortogonale alla linea di costa.

Non sembra invece affidabile allo stato attuale una valutazione dell'effettivo trasporto longitudinale in base alle multiregressioni trovate, in quanto le prove sin ora svolte non hanno consentito di stabilire il rendimento delle trappole in termini di rapporto tra materiale catturato ed effettivo trasporto longitudinale, ed in quanto i dati sono ancora insufficienti per determinare la durata attuale della prova cui tale rendimento sarà da riferire.

Volendo infine confrontare il comportamento delle tre trappole, aventi setti di differente altezza, al variare delle condizioni di prova, va osservato che, nel caso di cattura di sabbia del tipo caratterizzato in figura 3, i coefficienti di correlazione multipla sono risultati altamente significativi in tutti i casi, per cui in linea di massima una variazione di altezza dei setti tra 0,5 e 2 cm non sembra modificare e tanto meno compromettere la rispondenza delle misure, mentre una certa variabilità è da prevedere nel rendimento delle trappole a differente altezza dei setti.

Più differenziato è sembrato, dalle correlazioni parziali, il comportamento delle tre trappole in rapporto ai singoli parametri esaminati.

La trappola con setti da 0,5 cm è risultata la più condizionata dalle variazioni di profondità del fondale, di direzione e velocità della corrente e di direzione della corrente.

I condizionamenti di tali parametri sono infatti risultati decrescenti per la trappola con setti di 1 cm e ancor più per quella di 2 cm.

Per contro la trappola con i setti più alti è risultata la più

condizionata dalle variazioni di distanza dalla linea di costa e dalla velocità del vento.

Oltre alle indicazioni sin qui accennate, le misure hanno fornito una serie di altre notizie sul clima marittimo nel paraggio ed hanno dato la possibilità di affinare alcune metodologie di misura e prelievo di campioni.

Esse hanno infine confermato con molta evidenza (tabella 3) la enorme influenza che, fra tutti i parametri presi in esame, la velocità della corrente esercita sul trasporto longitudinale.

RINGRAZIAMENTI

Al termine della presente memoria è doveroso segnalare che le operazioni in mare sono state effettuate sino al 1978 con grande perizia ed entusiasmo dai dr. S. Gagliardi e dr. G. Natali, ai quali va il sentito ringraziamento degli Autori.

OPERE CITATE

AIELLO E., BARTOLINI C., CAPUTO C., D'ALESSANDRO L., FANUCCI F., FIERRO G., GNACCOLINI M., LA MONICA G. B., LUPIA PALMIERI E., PICCAZZO M., FRANZINI E. (1975) - Il trasporto litoraneo lungo la costa toscana tra la foce del Fiume Magra ed i Monti dell'Ucellina. *Boll. Soc. Geol. It.*, **94**, 1519-1571, 19 ff., 1 tab., 2 tavv.

CORTEMIGLIA G. C., FABBRI P., LAMBERTI A., LIBERATORE G., LUPIA PALMIERI E., STURA S., TOMASICCHIO U. (1982) - Raccomandazioni tecniche per la protezione delle coste. C.N.R., Prog. Fin. « Conservazione del suolo », Sottoprog. « Dinamica dei litorali »; pubbl. n. **156**, Roma.

FIERRO G. (1965) - Rilievi mediante nuove apparecchiature nella dinamica dei sedimenti sottoposti all'azione del moto ondoso su bassi fondali. *Bull. Inst. Oceanogr.*, vol. 65, n. 1346; pagg. 45; Monaco.

FIERRO G., PIACENTINO G. B., RICCIARDI G. (1972) - Répartition des Sédiments Marins près de Livourne (Mer Ligure), in « The Mediterranean Sea », Dowen, Hutchinson & Ross Inc.; Stroudsburg, USA; pag. 321-332.

(ms. pres. il 22 aprile 1982; ult. bozze il 30 settembre 1982)