

# ATTUALI TENDENZE EVOLUTIVE E CARATTERISTICHE SEDIMENTOLOGICHE DEL DELTA DELL'ARNO

*Enzo Pranzini e Tullio Sagliocco*

*Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Firenze*

Le carte del '700 e della prima metà dell'800 rappresentano il delta dell'Arno come una cuspidè assai prominente verso il mare. Analoga immagine emerge dall'analisi e dalla datazione dei cordoni sabbiosi che orlano la costa (Mazzanti e Pasquinucci, 1983). Una forma così prominente veniva attaccata violentemente dall'energia del moto ondoso e poteva mantenersi, e addirittura accrescersi, solo grazie ad un notevole apporto di sedimenti da parte del fiume.

La nascita e lo sviluppo del delta fu infatti determinata principalmente dalla riduzione della copertura boschiva all'interno del bacino, che portò ad una rapida erosione del suolo e ad un notevole apporto di sedimenti da parte del fiume (Pranzini, 1994).

La fase di accumulo proseguì fino alla metà del secolo scorso (Toniolo, 1927), quando il bilancio sedimentario del delta dell'Arno divenne deficitario, sia a causa di una inversione di tendenza nell'uso del suolo che di opere idrauliche costruite nel bacino idrografico e per l'escavazione di inerti dall'asta fluviale (Bartolini e Pranzini, 1979). I sedimenti portati dal fiume alla foce non erano più in grado di compensare quelli che il moto ondoso distribuiva lungo costa o che portava verso i fondali maggiori: la linea di riva iniziò ad arretrare.

La zona più colpita dal processo erosivo era l'apice del delta che doveva sostenere la maggiore energia del moto ondoso mentre vedeva ridursi l'input sedimentario. Al contrario, le ali del delta, dove l'energia del moto ondoso era minore, proseguivano il loro processo di accrescimento, poichè continuavano ad essere alimentate anche grazie ai materiali provenienti dall'erosione delle zone apicali (Pranzini, 1989).

La velocità con cui procedeva l'erosione a Bocca d'Arno, mediamente 15 metri all'anno nel periodo compreso fra il 1878 e il 1920, ma con punte certamente superiori dopo il '900, dà forse una misura indiretta della grande portata solida che caratterizzava l'Arno nei secoli precedenti.

Solo una parte dei materiali erosi alla foce veniva dispersa verso il largo, l'altra andava ad alimentare le spiagge laterali, che, come abbiamo detto, proseguivano nella loro fase di avanzamento. Il punto di separazione fra le spiagge in erosione e quelle in progradazione si spostava però gradualmente verso i lati del delta ed un tratto di litorale sempre più esteso era soggetto ai processi erosivi. Mentre infatti nel 1920 l'erosione si spingeva per meno di un chilometro e mezzo a nord della foce, nel 1928 si era estesa per due chilometri e nel 1939 il fenomeno interessava già un fronte di 4 chilometri di spiaggia (Pranzini, 1983).

Sul lobo settentrionale del delta, in assenza di centri abitati, non furono costruite opere di difesa ad eccezione delle cinque scogliere parallele del Gombo, e questo processo poté svilupparsi liberamente fino a che, nel 1985, l'erosione aveva raggiunto la foce del F. Serchio, posta quasi a 12 chilometri a nord di Bocca d'Arno.

Sul lobo meridionale, la presenza dell'abitato di Marina di Pisa impose la costruzione di difese costiere già poco dopo i primi segni dell'erosione. Queste ebbero l'effetto di bloccare l'arretramento della linea di riva, ma non consentirono la conservazione dell'arenile che venne completamente asportato fra il 1878 e il 1928. La presenza di queste opere interferì con la naturale evoluzione costiera, che comunque proseguì sulla spiaggia posta a sud dell'abitato con modalità analoghe a quelle mostrate sul litorale settentrionale, pur con tassi ridotti, e nel 1985 cinque chilometri di costa risultavano in erosione.

La costruzione di difese rigide sul lato meridionale della foce ha portato comunque ad una forte asimmetria del delta, che condiziona l'evoluzione dei processi e le caratteristiche sedimentologiche delle spiagge e dei fondali.

Quanto avveniva sulla linea di riva trovava un riscontro sulla spiaggia sommersa antistante, che subiva un rapido abbassamento davanti alla foce mentre continuava il processo di sedimentazione nelle

zone laterali (Pranzini, 1983).

Ciò portava anche ad una progressiva rettificazione delle isobate, almeno fino alla profondità alla quale le onde erano in grado di esercitare la loro azione di modellamento (circa 15-20 metri).

Il nuovo assetto che andava assumendo il delta determinava un differente pattern di diffrazione delle onde, con una graduale riduzione dell'energia in arrivo sull'apice deltizio ed un aumento di quella che colpiva le spiagge laterali (Pranzini, 1989). Anche questo processo è responsabile del progressivo spostamento verso i lati del punto di separazione fra le spiagge in erosione e quelle in avanzamento.

La costruzione di ulteriori difese sul lobo meridionale, così come era accaduto per le strutture realizzate su quello settentrionale, non ha modificato il bilancio sedimentario del delta e non ha interrotto quella tendenza evolutiva manifestatasi già alla fine del secolo scorso e consolidatasi negli ultimi decenni. Un'ulteriore complicazione è venuta con la costruzione di un pennello in sponda destra di foce che favorisce la dispersione dei sedimenti verso il largo, costituendo un'ulteriore causa di erosione per il settore settentrionale (Vittorini, 1977).

Nonostante la gravità del problema, lo studio geomorfologico e sedimentologico di questa costa ha attratto solo saltuariamente i ricercatori, che comunque il più delle volte hanno rivolto la loro attenzione a settori limitati di litorale o ad aspetti particolari. Manca quindi una visione globale ed aggiornata della dinamica morfologica e sedimentaria del delta dell'Arno che permetta una chiara comprensione dei processi in atto e consenta corrette scelte progettuali per la difesa del litorale. In questa sede vengono riportati i risultati preliminari di una ricerca, condotta nell'ambito del Progetto MURST 40% "Modificazioni naturali ed indotte della fascia costiera", che vuole colmare un vuoto di conoscenze venutosi a creare dalla metà degli anni '80, dopo che un lavoro, realizzato dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze per incarico della Regione Toscana, aveva fatto il punto della situazione attraverso una cartografia in scala 1:5.000 in cui erano riportate le linee di riva restituite dai voli del 1938, 1954, 1967, 1978 e 1985. Un nuovo rilievo topografico della linea di riva effettuato nel 1993 fornisce un aggiornamento dello stato del litorale e consente di valutare le attuali tendenze evolutive. Sempre nel 1993 è stato effettuato un rilievo batimetrico entro la fascia dei 10 metri, che, messo a confronto con un rilievo realizzato nel 1983 dalla Idrocart di Genova su incarico del Comune di Pisa, permette una correlazione fra i processi che si evidenziano sulla linea di riva e quanto coinvolge i fondali antistanti consentendo anche una stima dell'attuale deficit sedimentario dell'area considerata. Vengono infine forniti i risultati preliminari di uno studio sedimentologico effettuato sui campioni raccolti nel corso della stessa campagna di rilievi batimetrici. Questi permettono una ulteriore definizione della dinamica in atto nella zona.

Le attuali tendenze evolutive verranno infine interpretate alla luce di quelle che hanno caratterizzato il delta dell'Arno nell'ultimo secolo e delle modifiche apportate all'assetto costiero dall'intervento antropico.

## **Metodo di rilevamento**

Il rilievo batimetrico e della linea di riva e il prelievo di campioni di sedimenti di spiaggia si è svolto nel Luglio 1993 ed ha interessato un tratto di costa di 12 chilometri compreso fra la foce del Fiume Morto Nuovo, a nord, e il limite settentrionale dell'abitato di Tirrenia, a sud.

Definite le coordinate di 5 caposaldi (CS in figura 1), sono stati impostati 23 profili perpendicolari alla costa distanti 500 metri l'uno dall'altro sui quali effettuare i profili batimetrici e la raccolta di campioni.

Il rilievo batimetrico è stato effettuato utilizzando un sistema di acquisizione e di gestione dei dati automatico-digitale con posizionamento del natante in tempo reale tramite la trasmissione dei dati via radio.

In particolare, è stato impiegato un ecoscandaglio di precisione (200 KHz) con emissione e ricezione separate collegato ad un computer di bordo al quale invia una strisciata batimetrica digitale (Ecomar mod. SWS). Il calcolatore gestisce contemporaneamente i dati di posizione (x, y) e di profondità (z), fungendo da interfaccia tra le varie componenti strumentali. Il sistema automatizzato di posizionamento è composto da una stazione totale laser, un ponte radio con modem per la trasmissione/ricezione dati ed un

software di gestione delle informazioni di rotta residente sul calcolatore di bordo. Il sistema di posizionamento è di tipo ottico con l'utilizzo di un raggio laser e si basa sulla misura della distanza del natante, munito di prismi riflettenti, dal punto di stazione e dell'azimut rispetto al Nord geografico.

Le coordinate polari rilevate dallo strumento vengono quindi spedite via radio in tempo reale al calcolatore di bordo il cui programma di gestione provvede, prima alla conversione in coordinate geografiche (proiezione Gauss-Boaga fuso Ovest), poi all'associazione dei relativi dati di profondità provenienti dall'ecoscandaglio.

Il programma di gestione (Sextant, di Geografix Ltd.) consente di visualizzare sia la rotta dell'imbarcazione durante la navigazione che il profilo del fondale, ed indica lo scostamento in metri rispetto alla rotta prefissata.

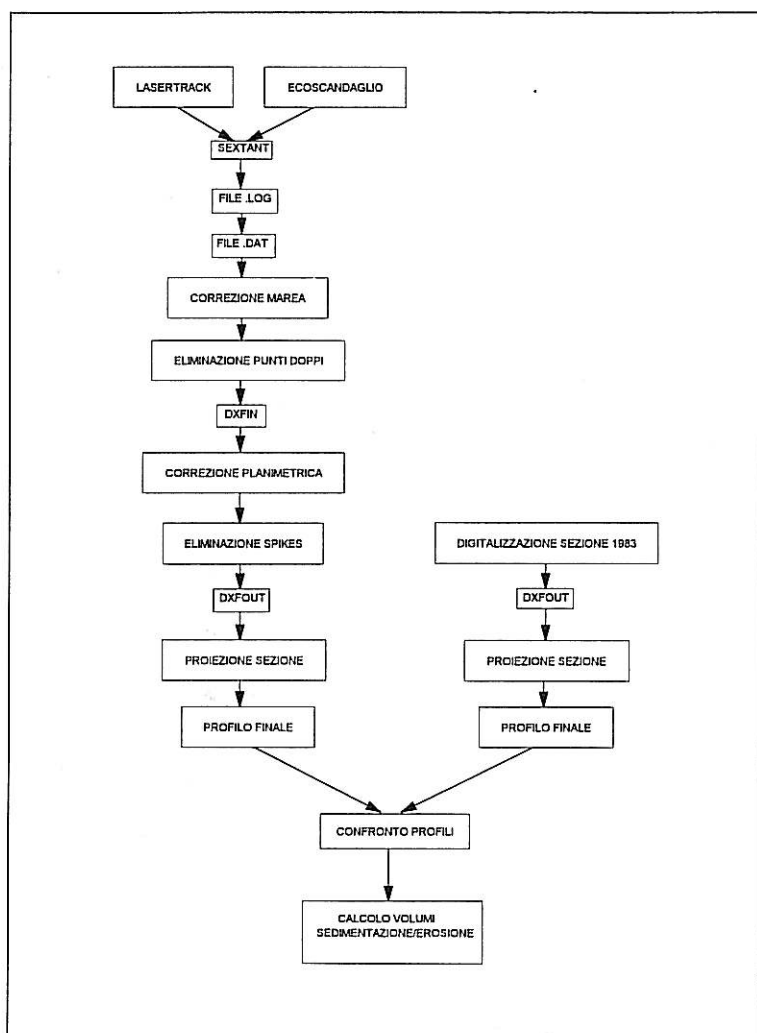
I dati vengono registrati su disco magnetico come una strisciata digitale in codice ASCII secondo il formato caratteristico del programma. Questi files contengono le coordinate di posizione acquisite ogni 2 secondi e le profondità prese ad intervalli molto brevi, fino a 3 misure al secondo.

I dati di profondità sono stati successivamente corretti secondo le tabelle di marea dell'Istituto Idrografico della Marina calcolate per la stazione di Livorno e per la pressione atmosferica misurata al momento del rilievo di ogni profilo.

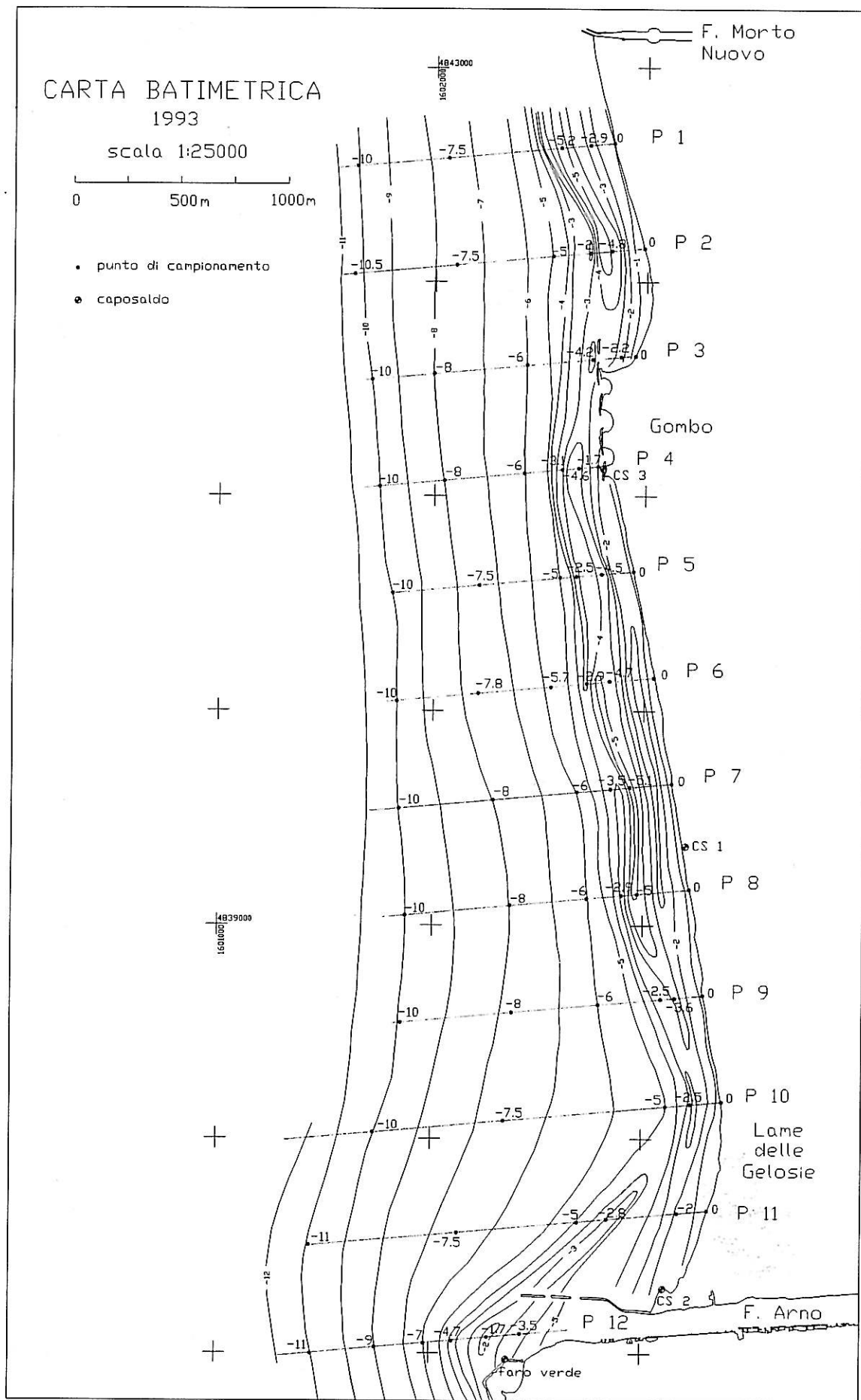
Ogni file è stato quindi importato in Autocad (rel. 10) dove ha subito ulteriori correzioni ed eliminazione di errori ed è stato integrato con i dati relativi alla posizione della linea di riva rilevata nello stesso periodo con metodi topografici tradizionali per mezzo di una stazione totale (teodolite più geodimetro) Pentax PTS 10-II.

Parallelamente sono stati digitalizzati, per ogni linea, i dati rilevati nel 1983 dalla Idrocart di Genova per conto del Comune di Pisa e portati in un formato confrontabile con quelli del rilievo attuale.

Una sintesi delle varie fasi del trattamento dei dati è riportata nella tabella 1.



**Tab. 1 - Schema delle varie fasi di acquisizione e di trattamento dei dati batimetrici.**



**Fig. 1a - Carta batimetrica rilevata nel 1993 (Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze). Sono rappresentati anche i 23 profili scandagliati e la posizione e la profondità dei 122 campioni di sedimenti raccolti. Tratto a Nord della foce dell'Arno.**



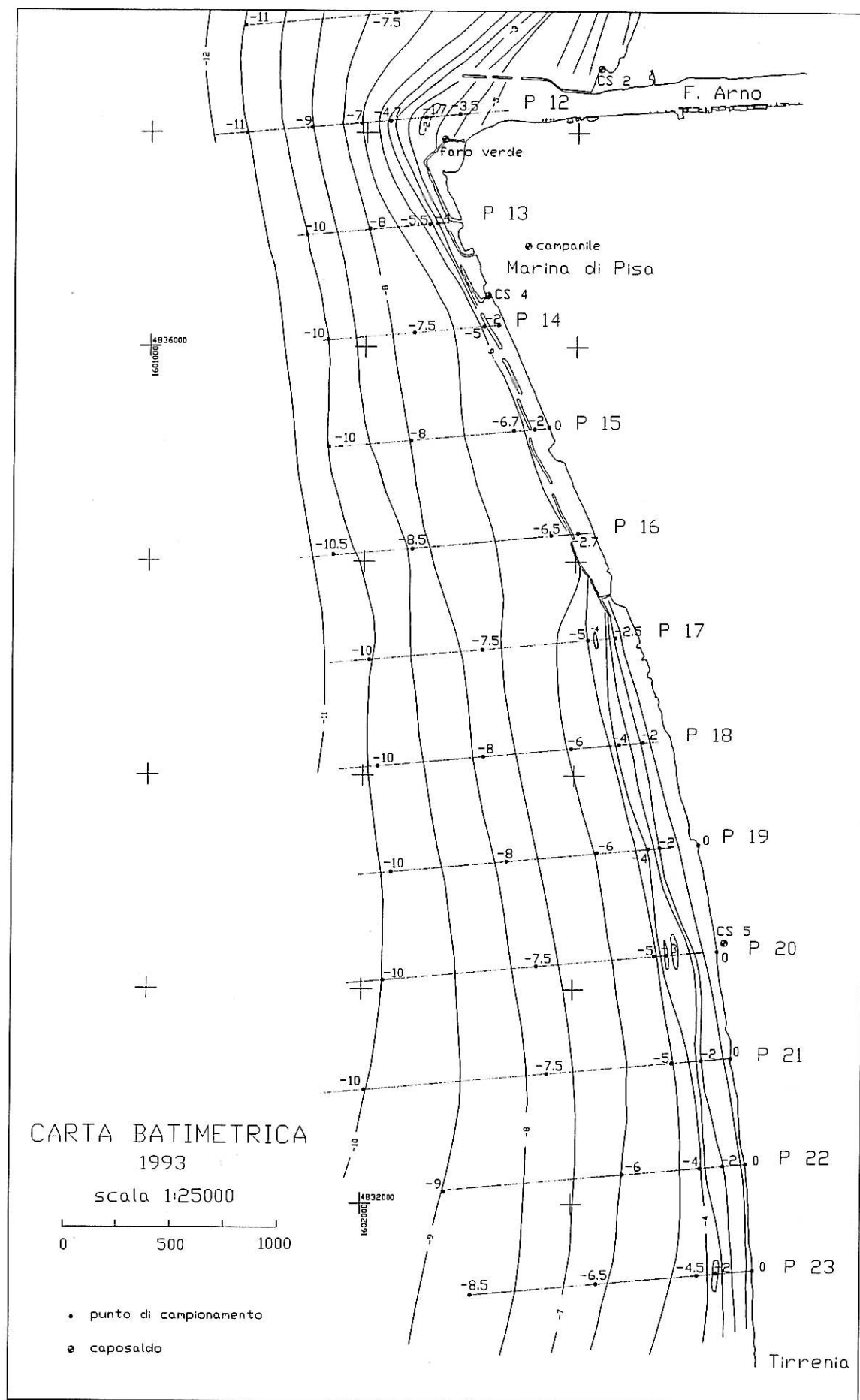


Fig. 1b - Carta batimetrica rilevata nel 1993 (Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze). Sono rappresentati anche i 23 profili scandagliati e la posizione e la profondità dei 122 campioni di sedimenti raccolti. Tratto a Sud della foce dell'Arno.

## **Evoluzione della linea di riva**

In questa fase preliminare della ricerca sono state digitalizzate solamente le linee di riva del 1976, dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 e quella rilevata dalla Idrocart nel corso dei rilievi del 1983.

Il confronto fra queste linee mette in evidenza una dinamica morfologica estremamente attiva che dovrà essere confermata con l'acquisizione delle linee di riva del 1938, '54, '67, '78 e, in particolare, del 1985, ed eventualmente da nuovi rilievi.

Un elemento di novità è anche costituito da un cambiamento nel ruolo giocato dalle opere di difesa del Gombo nella dinamica litoranea. Infatti, l'avanzamento della linea di riva nel tratto riparato dalle scogliere parallele fino al congiungimento di esse con la battigia, avvenuto successivamente al rilievo del 1985, ha determinato un ostacolo al trasporto dei sedimenti lungo costa ed un punto fermo nell'evoluzione del litorale.

Le scogliere si comportano oggi come un pennello, favorendo la sedimentazione nel tratto di costa sottoflutto ed aggravando il deficit sedimentario delle spiagge sovraflutto. Ecco quindi che un tratto di circa un chilometro a sud del Gombo vede una riduzione del proprio tasso di erosione ed una espansione del tratto in avanzamento presente immediatamente a sud di esse. Ciò si riflette però sulle spiagge sottoflutto, dove l'erosione ha raggiunto un tasso di circa 11 metri all'anno (profilo n. 2), mentre nel periodo precedente (1978-85, vedi Carta delle linee di riva della Regione Toscana) era di soli 5 m/anno. La configurazione della linea di riva denota oggi una profonda insenatura, analoga a quella che si forma sottoflutto ad opere che intercettano in modo consistente il drift litoraneo.

Inoltre l'erosione si è spinta fino al pennello che protegge la foce del Fiume Morto Nuovo che, negli anni passati, aveva determinato la stabilizzazione (o un avanzamento, se si considerano le linee di riva del 1976 e del 1983) di un tratto di litorale di circa un chilometro a sud di esso.

Il tratto posto immediatamente a nord del pennello di Bocca d'Arno prosegue invece nel trend evolutivo che lo caratterizza da più di un secolo, mostrando fra il 1983 e il 1993, un tasso di arretramento di circa 7 metri all'anno, superiore, quindi, a quello del periodo precedente (1978-1985, 3 m/anno; linee di riva Regione Toscana). Qui i dati già elaborati sono in buon accordo fra loro e mostrano un'erosione non uniforme fra il 1976 e il 1983 che comporta l'accentuazione di una mega cuspide che viene smantellata nel periodo successivo, in cui l'erosione colpisce in modo più consistente il litorale.

In linea con il modello evolutivo adottato (Pranzini, 1989) è la situazione registrata nel settore meridionale a sud delle opere di difesa, dove l'erosione va a colpire spiagge fino a pochi anni addietro in equilibrio se non addirittura in avanzamento. E' in questo tratto, comunque, che maggiori cautele devono essere adottate nell'interpretazione dei dati che necessitano di ulteriori conferme.

E' comunque certo che a sud di Bocca d'Arno l'erosione si spinge oggi fino alla periferia di Tirrenia, con tassi che in precedenza si riscontravano solo nel settore settentrionale.

Sottoflutto alle difese di Marina di Pisa la spiaggia sarebbe arretrata di quasi 90 metri (confronto 1983-1993), ma anche a Tirrenia l'erosione sarebbe notevole (circa 50 metri) se si considera che fino al rilievo del 1985 questo litorale risultava in ripascimento.

Questo ripascimento delle spiagge poste fra Marina di Pisa e Tirrenia sarebbe avvenuto con valori consistenti stando al confronto fra i dati del 1976 (C.R.T.) e quelli del 1983 (Idrocart). Ciò è però in disaccordo con i dati riportati sulla cartografia delle linee di riva che vede, per quest'area, il periodo 1978 - 1985 come un periodo di quasi equilibrio, se non addirittura di modesta erosione.

## **Evoluzione dei fondali**

L'evoluzione morfologica che ha caratterizzato i fondali del paraggio negli ultimi 10 anni è stata studiata, per il momento, solo sui 23 profili rilevati nel 1993, sui quali sono stati proiettati i dati ad essi più prossimi presenti sui grafici del 1983.

L'analisi complessiva mette in evidenza come il processo erosivo presente sulla spiaggia emersa abbia un riscontro diretto su quella sommersa.

L'arretramento della linea di riva è stato generalmente accompagnato da un analogo spostamento del profilo batimetrico almeno nella fascia di fondale dinamicamente più attiva.

Le variazioni più consistenti avvengono entro l'isobata 5 metri e comportano anche l'arretramento della barra presente generalmente fra i 3 e i 5 metri. Le variazioni sono estremamente modeste e spesso non apprezzabili oltre gli 8 metri di profondità. Ciò, in considerazione della brevità dell'intervallo di tempo trascorso fra i due rilievi, può essere una conferma dell'accuratezza dei rilievi utilizzati, ma comporta anche, come vedremo, problemi di significatività dei dati.

Si deve comunque considerare che i valori di abbassamento del fondale che vengono qui di seguito esposti (tab. 2) sono valori medi calcolati sulla base di tutta la lunghezza dei profili, compresa la parte in cui le variazioni sono modestissime, e quindi risultano assai minori di quelli che caratterizzano la fascia più prossima a riva.

In sedimentazione, con valori compresi fra i 2 e i 13 cm, risultano i profili 3, 4, 5 e 6, che ricadono nella zona corrispondente alle scogliere del Gombo e nel tratto ad esse sovraflutto. Questo innalzamento del fondale è evidente fino ad una profondità di circa 5 metri, oltre questa isobata permangono anche qui condizioni di equilibrio.

A nord delle scogliere, l'abbassamento medio del fondale è di 41 cm in corrispondenza del profilo 2 e di 19 cm in corrispondenza del profilo 1.

Nel tratto di mare posto immediatamente a nord di Bocca d'Arno il valore di abbassamento del fondale è compreso fra i 34 cm dei profili 7 e 9 e i 53 cm del profilo 10.

Davanti all'abitato di Marina di Pisa prosegue il processo di scalzamento alla base delle scogliere, mentre il fondale più al largo rimane pressochè stabile ad eccezione del profilo 14 che risulta in erosione fino alla profondità scandagliata (10 m). Il confronto con i dati del 1983 è qui reso difficile dal fatto che questi non hanno sempre raggiunto la base delle scogliere dove il processo erosivo sarebbe assai più rilevante.

Limitatamente al tratto di mare in cui è possibile effettuare il confronto, i valori di abbassamento sono compresi fra i 7 e i 40 cm.

Anche sulla spiaggia protetta da pennelli l'erosione procede con ritmo accelerato comportando un abbassamento del fondale di 28 cm (profilo 17).

In corrispondenza del profilo 18 si è registrato un innalzamento medio del fondale di 7 cm, valore modesto ma dovuto ad una sedimentazione estesa su tutto il profilo scandagliato.

Assai forte è invece l'erosione del fondale sul limite meridionale dell'area studiata, con abbassamenti che raggiungono i 37 cm a Tirrenia. Ciò conferma che l'erosione evidenziata dall'arretramento della linea di riva è dovuta ad un effettivo deficit sedimentario del paraggio e non ad un occasionale redistribuzione dei sedimenti fra la spiaggia emersa e quella sommersa.

Un caso a parte è costituito dal profilo 12, ubicato sulla prosecuzione dell'asta terminale dell'Arno. Qui si è verificato un innalzamento del fondale pari a circa 77 cm in dieci anni. E' probabile che ciò sia da imputare ai sedimenti portati dal fiume e non ancora ridistribuiti dal moto ondoso. Questo processo di dispersione degli apporti sembrerebbe quindi legato ad eventi meteomarinari "eccezionali" che probabilmente sono mancati negli ultimi anni. Una visione "catastrofista" dei processi costieri si sta effettivamente affermando nella comunità scientifica del settore specifico, così come sta prendendo campo in altri settori biologici e abiologici.

I dati relativi a ciascun profilo, estrapolati per 500 m di litorale ciascuno, sono stati utilizzati per un calcolo del bilancio sedimentario complessivo del paraggio studiato.

Nel periodo 1983 - 1993 il settore settentrionale avrebbe perso complessivamente 1.801.000 mc di sedimenti, mentre il deficit di quello meridionale sarebbe pari a 1.298.000 mc.

La sedimentazione calcolata sulla base dell'innalzamento registrato sul profilo di Bocca d'Arno sarebbe pari a 403.000 mc.

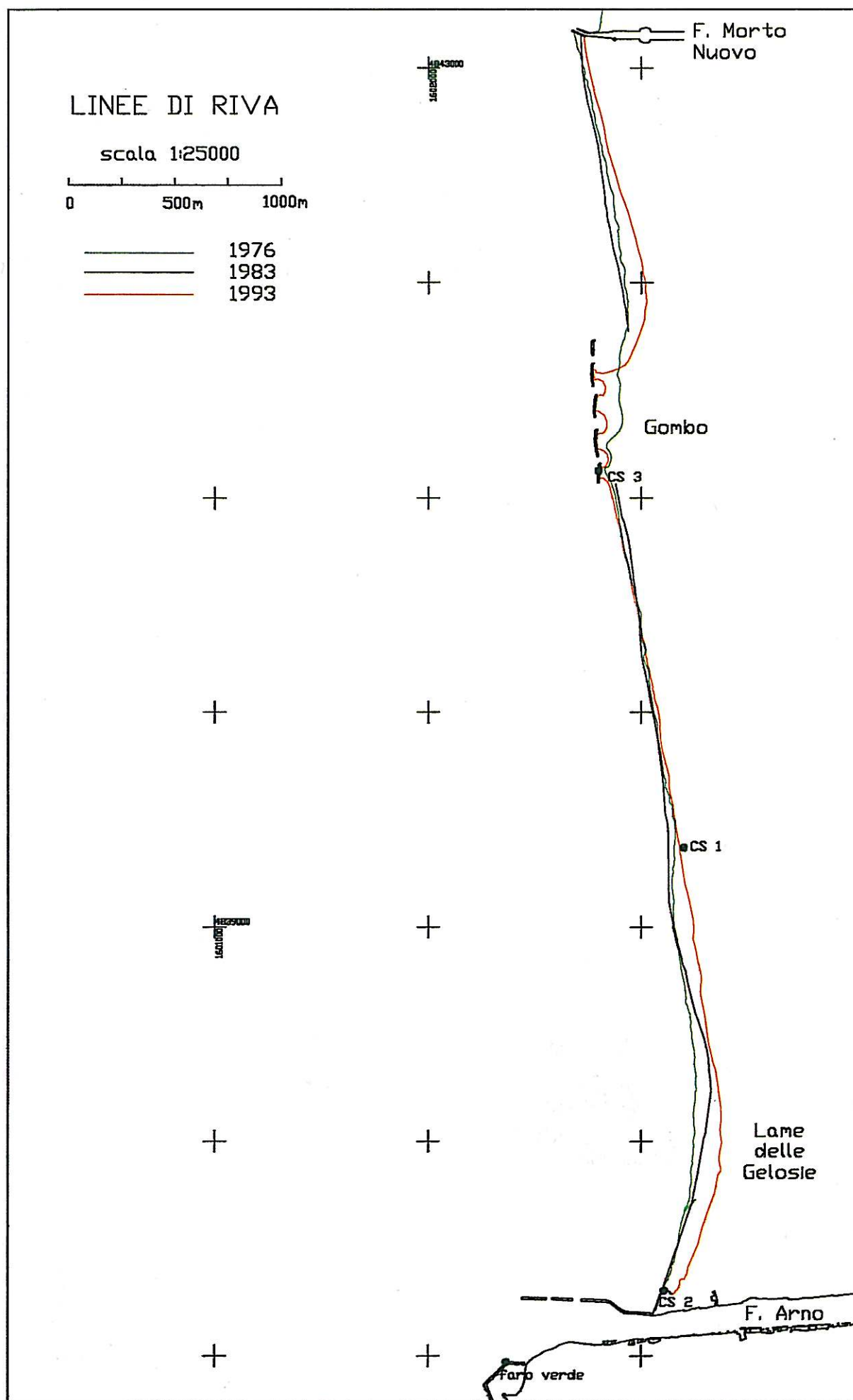


Fig. 2a - Linee di riva del 1976 (Carta Tecnica Regionale), del 1983 (Idrocart, Genova) e del 1993 (Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze). Tratto a Nord della foce dell'Arno.

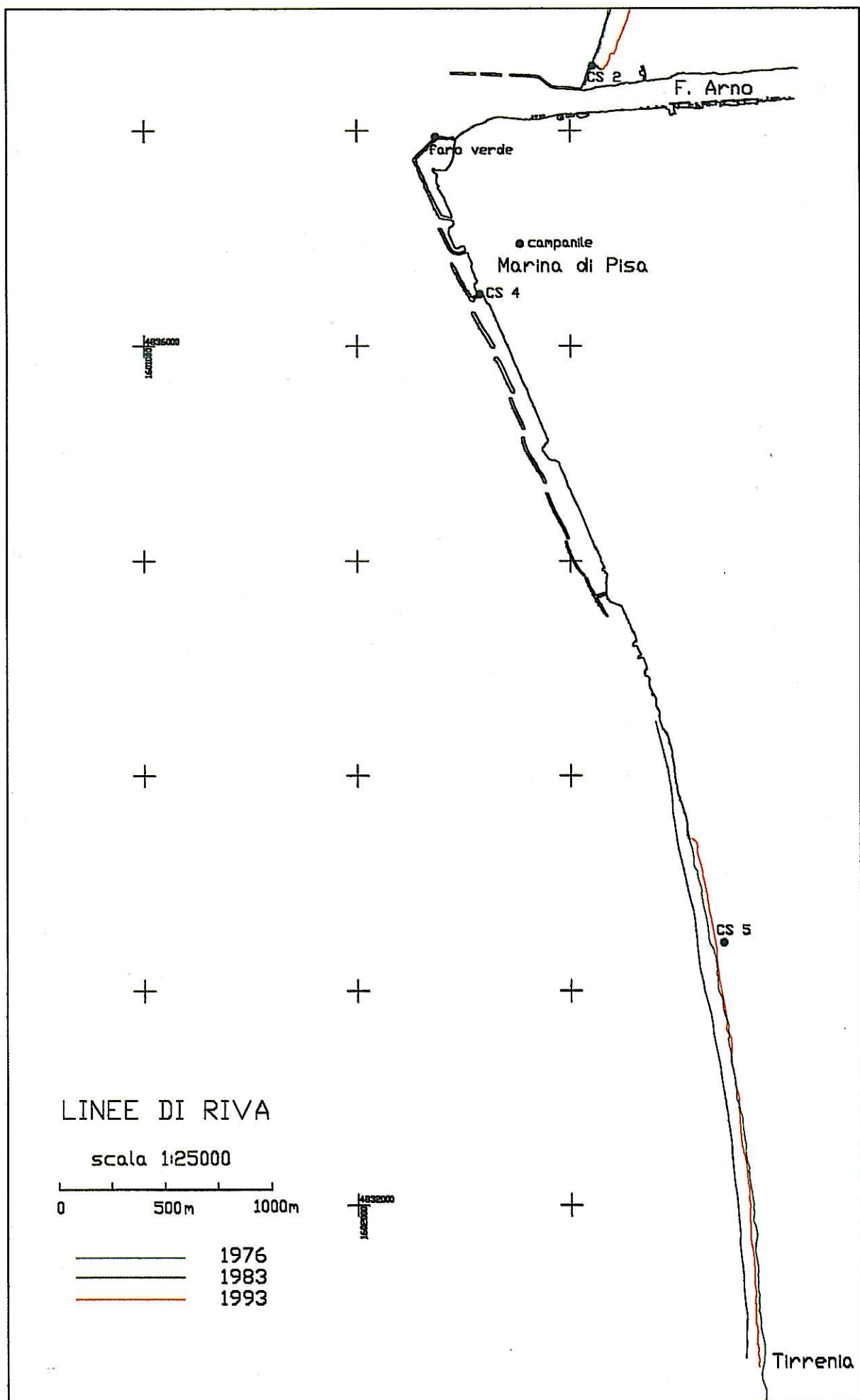


Fig. 2b - Linee di riva del 1976 (Carta Tecnica Regionale), del 1983 (Idrocart, Genova) e del 1993 (Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze). Tratto a Sud della foce dell'Arno.



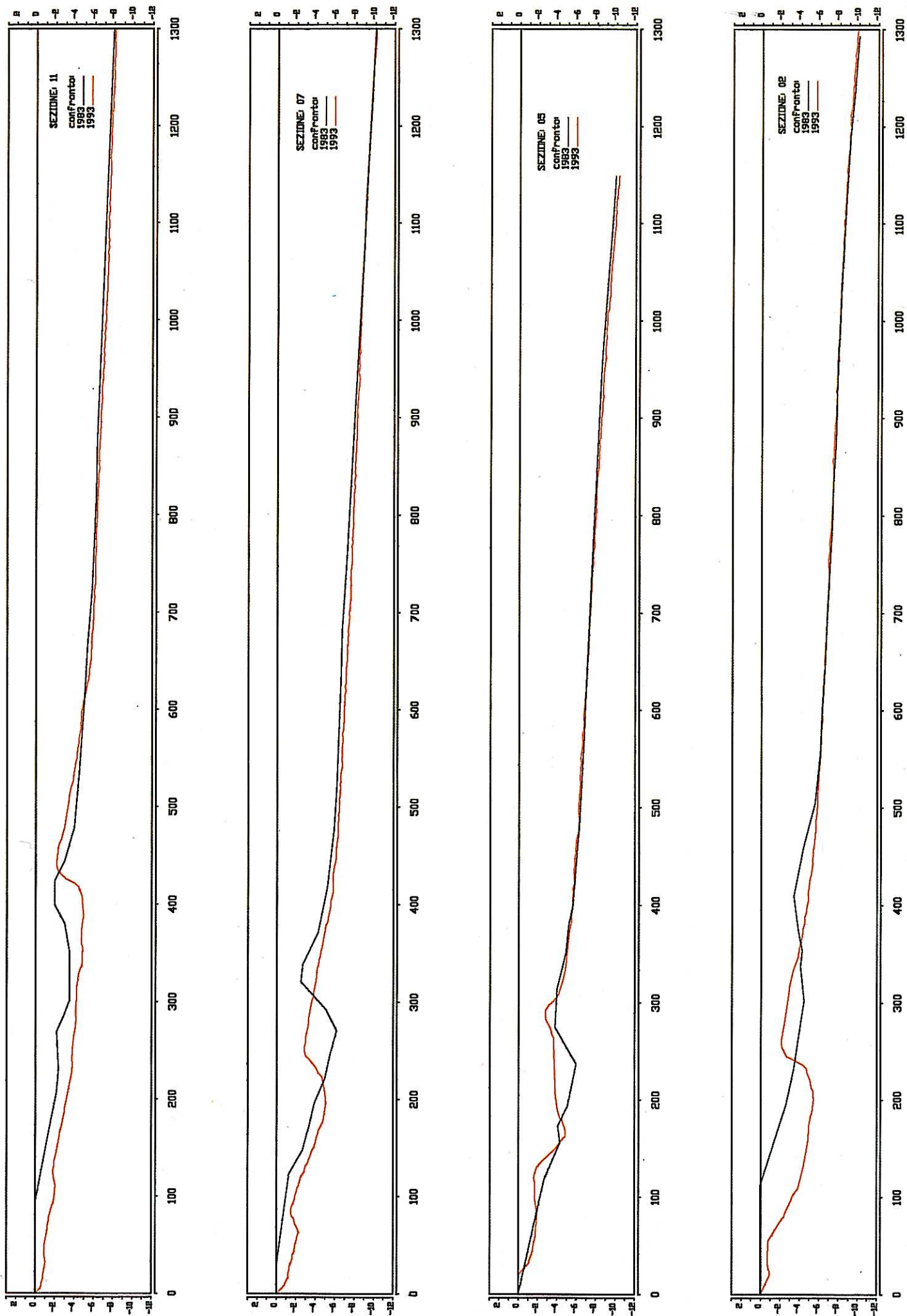


Fig. 3a - Profili batimetrici del 1983 (Idrocart, Genova) e del 1993 (Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze) sul tratto di litorale tra Tirrenia e la foce del Fiume Morto Nuovo (cfr. fig. 1).

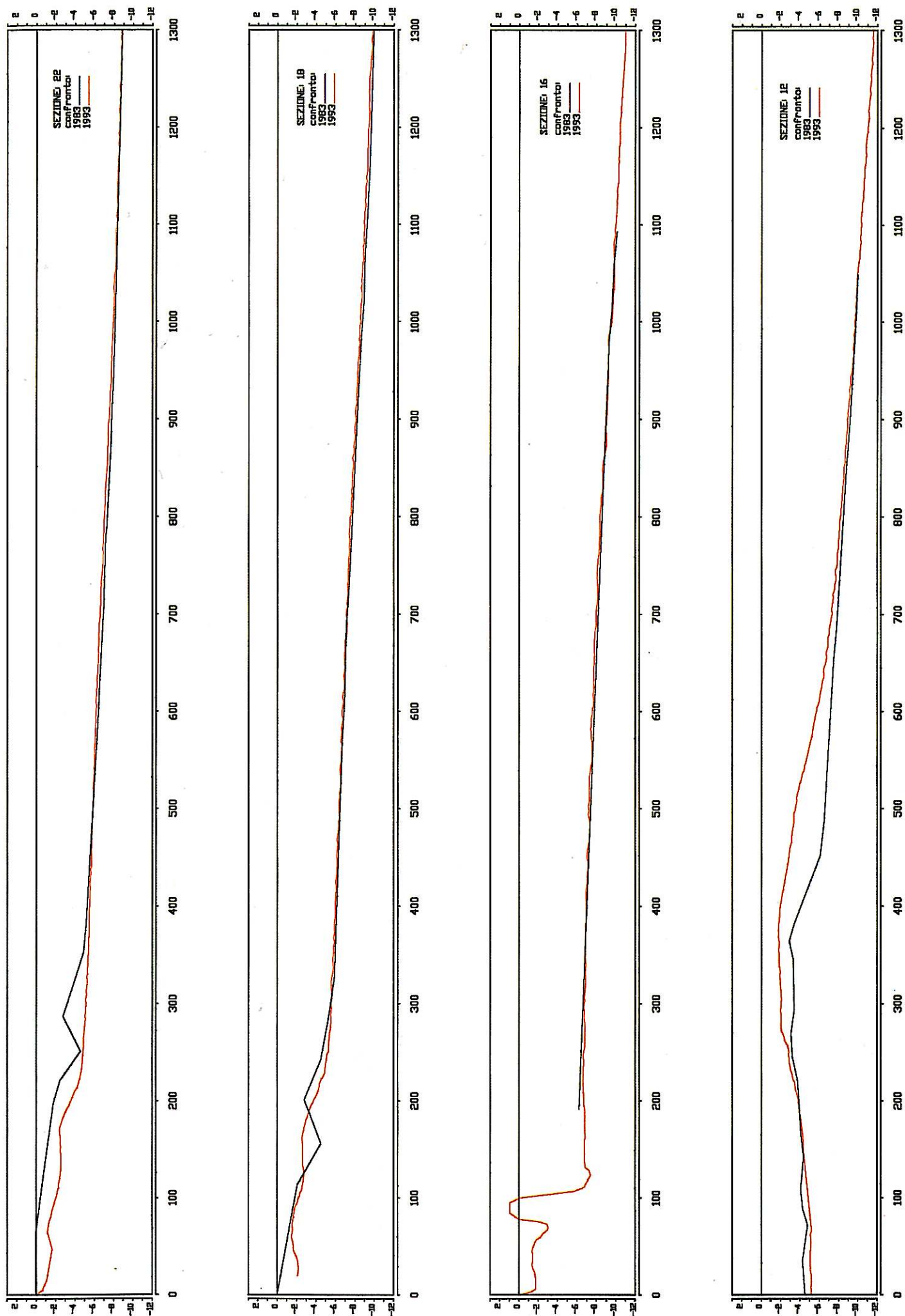


Fig. 3b - Profili batimetrici del 1983 (Idrocart, Genova) e del 1993 (Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze) sul tratto di litorale tra Tirrenia e la foce del Fiume Morto Nuovo (cfr. fig. 1).

Tab. 2 - Confronto fra i dati del 1983 e quelli del 1993 per le 23 sezioni oggetto di rilievo.

profilo	area 83 (m <sup>2</sup> )	area 93 (m <sup>2</sup> )	variazione areale (m <sup>2</sup> )	lunghezza sezione (m)	variazione lineare (m)	variazione di volume (m <sup>3</sup> )	variazioni linea di riva (m)
1	7147,58	7379,47	-231,89	1194,41	-0,19	-115945	-39,31
2	7447,63	7976,20	-528,57	1292,27	-0,41	-264285	-112,95
3	7263,30	7133,89	+129,41	1015,37	+0,13	+64705	-
4	6669,01	6558,13	+110,88	963,71	+0,11	+55440	-
5	7265,99	7177,47	+88,52	1148,86	+0,08	+44260	+20,33
6	8386,61	8366,24	+20,37	1264,45	+0,02	+10185	-14,26
7	8246,32	8699,27	-452,95	1310,59	-0,34	-226475	-27,96
8	8498,69	8996,05	-497,36	1365,26	-0,36	-248680	-87,32
9	8987,87	9467,83	-479,96	1423,41	-0,34	-239980	-45,06
10	11027,34	11943,05	-915,71	1726,52	-0,53	-457855	-56,04
11	11293,96	12139,48	-845,52	1867,08	-0,45	-422760	-93,38
12	6677,20	5869,84	+807,36	1048,42	+0,77	+403680	-
13	4962,41	5006,24	-43,83	620,27	-0,07	-21915	-
14	5564,40	5851,01	-286,61	713,01	-0,40	-143305	-
15	6824,63	6895,92	-71,29	861,01	-0,08	-35645	-
16	7083,77	7193,18	-109,41	901,44	-0,12	-54705	-
17	8415,09	8742,26	-327,17	1175,47	-0,28	-163585	-
18	9410,44	9319,41	+91,03	1352,17	+0,07	+45515	-
19	9048,84	9175,62	-126,78	1412,76	-0,09	-63390	-87,99
20	9169,77	9485,58	-288,81	1438,44	-0,20	-144405	-86,66
21	10824,73	11380,16	-555,43	1609,92	-0,34	-277715	-58,16
22	8865,18	9247,74	-382,56	1441,56	-0,26	-191280	-64,18
23	7634,61	8129,24	-494,63	1345,55	-0,37	-247315	-52,12

Complessivamente la zona studiata, che non si estende a tutto il tratto in erosione del litorale pisano, avrebbe subito un deficit di 2.696.000 mc.

Questo valore è probabilmente inferiore a quello effettivo, dato che, come abbiamo detto, non sono stati presi in considerazione alcuni tratti di fondale antistanti le difese parallele che risultano scalzate alla base.

In conclusione è possibile affermare che il delta dell'Arno è caratterizzato da un bilancio sedimentario in passivo per circa 300.000 metri cubi all'anno, che interessa prevalentemente i fondali compresi entro l'isobata 5 metri.

Questo valore, calcolato sulla base delle variazioni morfologiche registrate negli ultimi 10 anni, deve comunque essere preso con alcune cautele.

Il fatto che la "profondità di chiusura" dei profili sia spesso posta a soli 6 o 7 metri e che vi sia un notevole accumulo sui fondali antistanti la foce può infatti significare, come già accennato, che non si siano verificate mareggiate particolarmente intense in questo decennio. In occasione di esse, non solo vengono modificati i fondali maggiori, ma si verificano anche processi erosivi più intensi in prossimità della costa. In definitiva il valore di 300.000 mc/anno potrebbe essere una sottostima del valore effettivo derivabile da un periodo di osservazione più lungo o comunque più "significativo".

E' evidente che non tutto il deficit sedimentario è causato dalla riduzione dell'input sedimentario dell'Arno, confluenndo in esso anche i volumi sottratti in modo diretto o indiretto dalla forte subsidenza dell'area e dall'innalzamento del livello marino, aspetti che verranno analizzati in una successiva fase della ricerca.

Dai dati preliminari oggi disponibili, e qualora venissero confermati da future campagne batimetriche, appare comunque chiaro che una soluzione al problema dell'erosione di questo litorale non può venire dal solo ripascimento artificiale che assumerebbe dei costi estremamente elevati se si ponesse come obiettivo quello di portare in pareggio il bilancio sedimentario.

## Caratteristiche granulometriche dei sedimenti di spiaggia emersa e sommersa

Lo studio delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti che costituiscono le spiagge del delta dell'Arno si basa sull'analisi di 122 campioni prelevati con una benna Van Veen nel corso della campagna di misure batimetriche effettuata nel Luglio del 1993 (figura 1).

I campioni sono stati seccati e successivamente sottoposti a setacciatura meccanica con intervallo di  $1/2 \phi$ . Si sono quindi ottenuti gli istogrammi di frequenza delle varie classi granulometriche e le curve cumulative in scala probabilistica dalle quali sono stati ricavati i parametri grafici di Folk & Ward (1957) Media ( $M_z$ ), Classazione ( $\sigma_I$ ) ed Asimmetria ( $Sk_I$ ). Sono state derivate anche le dimensioni del Primo percentile e la Percentuale della frazione fine ( $<4 \phi$ ). Parte di questi dati sono ancora in corso di elaborazione, mentre sono già state tracciate le carte che rappresentano le dimensioni medie ( $M_z$ ) e la classazione ( $\sigma_I$ ) dei sedimenti del paraggio.

### Media ( $M_z$ )

I sedimenti compresi fra la battigia ed i 10 metri di profondità (figura 4) hanno una variabilità dimensionale assai ridotta rispetto a quella che caratterizza altre spiagge della Toscana, essendo compresi fra  $0.55$  e  $3.56 \phi$ . Si tratta quindi di sabbie da "grossolane" a "molto fini", secondo la classificazione di Krumbein (1934).

I sedimenti più grossolani si trovano sulla battigia, con valori generalmente compresi fra  $0.5$  e  $1 \phi$ , mentre quelli più fini sono presenti alle profondità maggiori. Questa correlazione fra Media e Profondità è assai marcata anche se diversamente forte nei due settori delimitati dalla foce del fiume (figura 5). Mentre nel settore settentrionale il passaggio è graduale, tanto che in alcuni tratti bisogna raggiungere l'isobata 10 metri per trovare sedimenti di dimensioni inferiori a  $3 \phi$ , in quello meridionale il passaggio è assai brusco e

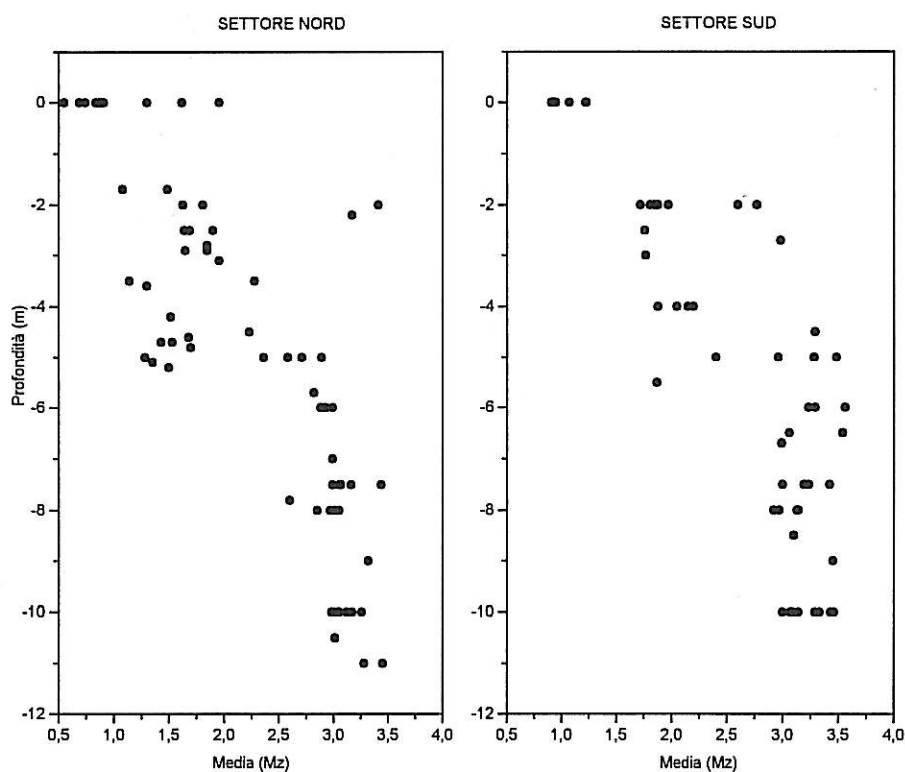


Fig. 5 - Diagramma  $M_z$ /Profondità per i 122 campioni studiati. A sinistra i sedimenti del settore settentrionale, a destra quelli del settore meridionale. I valori relativi ai campioni raccolti lungo il profilo n. 12, in asse con la foce dell'Arno, sono stati riportati nel grafico di sinistra.

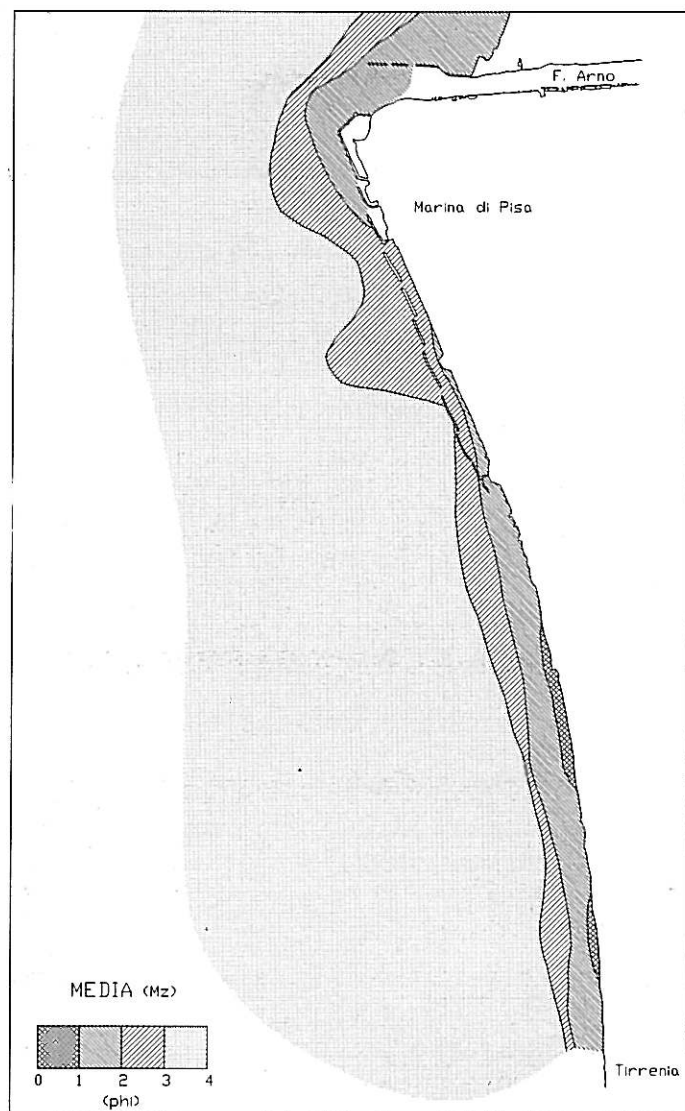
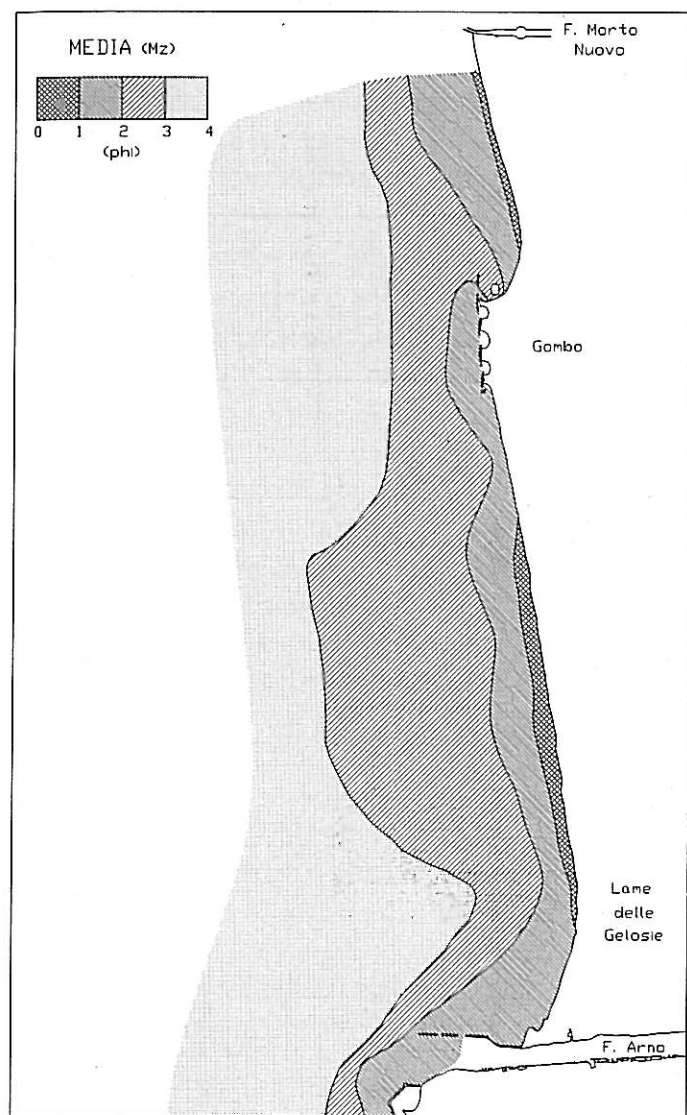


N° campione	Profondità	Media (mz)	Classazione (I)
1-a	0.0	0.84	0.40
1-b	-2.9	1.85	0.40
1-c	-5.2	1.50	0.57
1-d	-7.5	3.05	0.53
1-e	-10.0	3.04	0.69
2-a	0.0	0.87	0.91
2-b	-4.8	1.70	0.52
2-c	-2.0	1.81	0.54
2-d	-5.0	2.71	0.39
2-e	-7.5	3.09	0.62
2-f	-10.5	3.01	0.79
3-a	0.0	1.96	0.64
3-b	-2.2	3.17	0.65
3-c	-4.2	1.52	0.63
3-d	-6.0	2.93	0.51
3-e	-8.0	3.05	0.52
3-f	-10.0	3.05	0.77
4-a	-1.7	1.49	0.58
4-b	-4.6	1.68	0.55
4-c	-3.1	1.96	0.53
4-d	-6.0	2.99	0.51
4-e	-8.0	3.01	0.52
4-f	-10.0	3.17	0.64
5-a	0.0	1.30	0.48
5-b	-4.5	2.23	0.43
5-c	-2.5	1.64	0.57
5-d	-5.0	2.58	0.45
5-e	-7.5	2.99	0.53
5-f	-10.0	3.26	0.58
6-a	0.0	0.91	0.66
6-b	-4.7	1.43	0.56
6-c	-2.9	1.85	0.52
6-d	-5.7	2.82	0.74
6-e	-7.8	2.60	0.70
6-f	-10.0	2.98	0.78
7-a	0.0	0.74	0.41
7-b	-5.1	1.35	0.53
7-c	-3.5	2.28	0.54
7-d	-6.0	2.89	0.50
7-e	-8.0	2.97	0.62
7-f	-10.0	3.00	0.77
8-a	0.0	0.69	0.51
8-b	-5.0	1.28	0.57
8-c	-2.9	1.65	0.53
8-d	-6.0	2.92	0.62
8-e	-8.0	2.85	0.75
8-f	-10.0	3.00	0.59
9-a	0.0	0.55	0.37
9-b	-3.6	1.30	0.57
9-c	-2.5	1.90	0.45
9-d	-6.0	2.88	0.86
9-e	-8.0	2.85	0.82
9-f	-10.0	3.12	0.60
10-a	0.0	0.89	0.43
10-b	-2.5	1.69	0.66
10-c	-5.0	2.89	0.62
10-d	-7.5	3.16	0.72
10-e	-10.0	3.41	0.60
11-a	0.0	1.62	0.55
11-b	-2.0	1.63	0.65
11-c	-2.8	1.85	0.38
11-d	-5.0	2.36	0.44
11-e	-7.5	3.44	0.52
11-f	-11.0	3.28	0.73
12-a	-3.5	1.14	0.70
12-b	-1.7	1.08	0.43
12-c	-4.7	1.53	0.73
12-d	-7.0	2.99	0.61
12-e	-9.0	3.32	0.69
12-f	-11.0	3.45	0.66
13-a	-4.0	1.88	0.53
13-b	-5.5	1.87	0.63
13-c	-8.0	2.92	0.54

N° campione	Profondità	Media (mz)	Classazione (I)
13-c	-8.0	2.92	0.54
13-d	-10.0	3.07	0.61
14-a	-2.0	2.77	0.75
14-b	-5.0	2.95	0.54
14-c	-7.5	3.05	0.54
14-d	-10.0	3.44	0.59
15-a	0.0	1.22	0.55
15-b	-2.0	2.60	0.92
15-c	-6.7	2.99	0.69
15-d	-8.0	2.97	0.51
15-e	-10.0	3.46	0.56
16-a	-2.7	2.98	0.66
16-b	-6.5	3.06	0.63
16-c	-8.5	3.10	0.48
16-d	-10.5	3.43	0.44
17-a	-2.5	1.76	0.39
17-b	-5.0	2.40	0.59
17-c	-7.5	3.23	0.42
17-d	-10.0	3.29	0.44
18-a	-2.0	1.72	0.49
18-b	-4.0	2.15	0.46
18-c	-6.0	3.23	0.44
18-d	-8.0	3.14	0.40
18-e	-10.0	3.33	0.51
19-a	0.0	0.93	0.36
19-b	-2.0	1.85	0.44
19-c	-4.0	2.20	0.49
19-d	-6.0	3.33	0.54
19-e	-8.0	3.13	0.42
19-f	-10.0	3.29	0.46
20-a	0.0	0.93	0.39
20-b	-3.0	1.77	0.43
20-c	-5.0	3.28	0.59
20-d	-7.5	3.19	0.43
20-e	-10.0	3.14	0.44
21-a	0.0	1.21	0.43
21-b	-2.0	1.81	0.47
21-c	-5.0	3.48	0.54
21-d	-7.5	3.42	0.42
21-e	-10.0	3.09	0.41
22-a	0.0	0.93	0.33
22-b	-2.0	1.97	0.42
22-c	-4.0	2.05	0.47
22-d	-6.0	3.56	0.34
22-e	-9.0	3.45	0.42
23-a	0.0	1.07	0.48
23-b	-2.0	1.88	0.40
23-c	-4.5	3.29	0.56
23-d	-6.5	3.54	0.42
23-e	-8.5	3.36	0.41

**Tabella 3 - Valore della Media (Mz) e della Classazione ( $\sigma_I$ ) dei campioni raccolti durante la campagna di rilievi del 1993 (vedi fig. 1 per la posizione dei campioni la cui profondità è riportata nella seconda colonna della tabella).**





**Fig. 4 - Dimensioni medie (Mz) dei sedimenti sul tratto di litorale compreso fra Tirrenia e la foce del Fiume Morto Nuovo.**

già sui fondali di 4 metri si possono raggiungere valori analoghi.

In linea generale, si può affermare che questa differenza fra i due settori mette in luce diversi meccanismi di alimentazione. Le frazioni a granulometria maggiore portate dall'Arno hanno più facilità di movimento verso nord, spinte dalle mareggiate provenienti dai settori meridionali, che verso sud a seguito delle deboli ondatazioni di Maestrale. Queste sono comunque in grado di muovere le sabbie, ma solo in prossimità della riva, e i sedimenti più fini (argille e limi) in sospensione.

Questo trend generale trova comunque situazioni locali assai differenziate. Nel settore meridionale la fascia delle sabbie fini ( $2 < Mz < 3\phi$ ) si allontana da costa nel tratto di mare antistante le scogliere parallele di Marina di Pisa, probabilmente ad indicare condizioni di più alta energia dovute all'azione di riflesso delle scogliere sul moto ondoso. Immediatamente a nord di Bocca d'Arno, sovraflutto al pennello di foce, sedimenti più fini ( $Mz < 3\phi$ ) si trovano già a 5 metri di profondità; qui evidentemente i livelli energetici sono minori a seguito della diffrazione del moto ondoso dietro la scogliera. Questa zona, molto probabilmente, riceve anche un minore apporto di elementi grossolani, che spinti dalle piene verso il largo viaggiano lungo costa su fondali maggiori prima di essere spinti verso riva. Sedimenti molto fini ( $Mz = 3.17\phi$ ) sono presenti anche in prossimità della riva (profondità 2.2 m) sottoflutto all'ultima scogliera del Gombo. Qui, dopo la congiunzione della linea di riva con le scogliere parallele si è formata una insenatura in cui sono presenti livelli di energia estremamente bassi.

### *Classazione ( $\sigma_I$ )*

I sedimenti presenti nella spiaggia studiata hanno una classazione compresa fra 0.33 e 0.92  $\phi$  e sono quasi tutti definibili come ben classati ( $0.35 < \sigma_I < 0.50$ ) o moderatamente classati ( $0.50 < \sigma_I < 0.71$ ).

I valori della Classazione dei sedimenti di spiaggia possono essere indice delle condizioni energetiche presenti: quando queste sono basse le sabbie sono poco classate, mentre quando le energie sono elevate la classazione diventa più forte. Questo trend generale è complicato dalla tendenza "naturale" dei sedimenti ad essere più o meno classati in funzione delle loro dimensioni (Folk, 1966). Ciò rende l'interpretazione di questo parametro assai problematica.

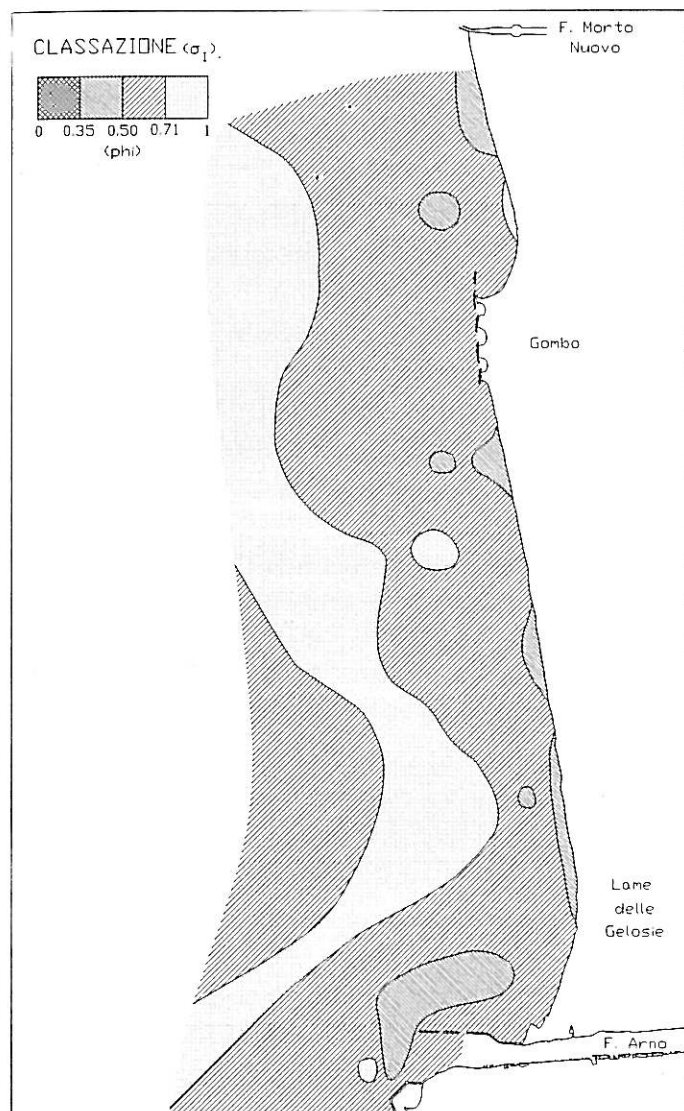
In linea generale si può comunque affermare che i sedimenti presenti sulla spiaggia emersa e sommersa del delta dell'Arno sono generalmente ben classati anche in considerazione delle loro dimensioni. I valori più bassi di  $\sigma_I$  (migliore classazione) si trovano sulla battigia del tratto meridionale nonostante le dimensioni dei sedimenti tendano ad una classazione peggiore. Una spiegazione a ciò può essere forse trovata nella configurazione attuale del delta, che fa di queste spiagge quelle più direttamente esposte alle mareggiate più forti.

Valori relativamente più alti di  $\sigma_I$  sono presenti nel settore settentrionale che sembrerebbe quindi caratterizzato da livelli energetici minori. Questa classazione relativamente scarsa, ed in particolare quella che caratterizza i sedimenti presenti al largo (0.72 - 0.82), potrebbe forse trovare una concausa negli apporti diretti dell'Arno che in questo tratto non sarebbero stati ancora sufficientemente cerniti.

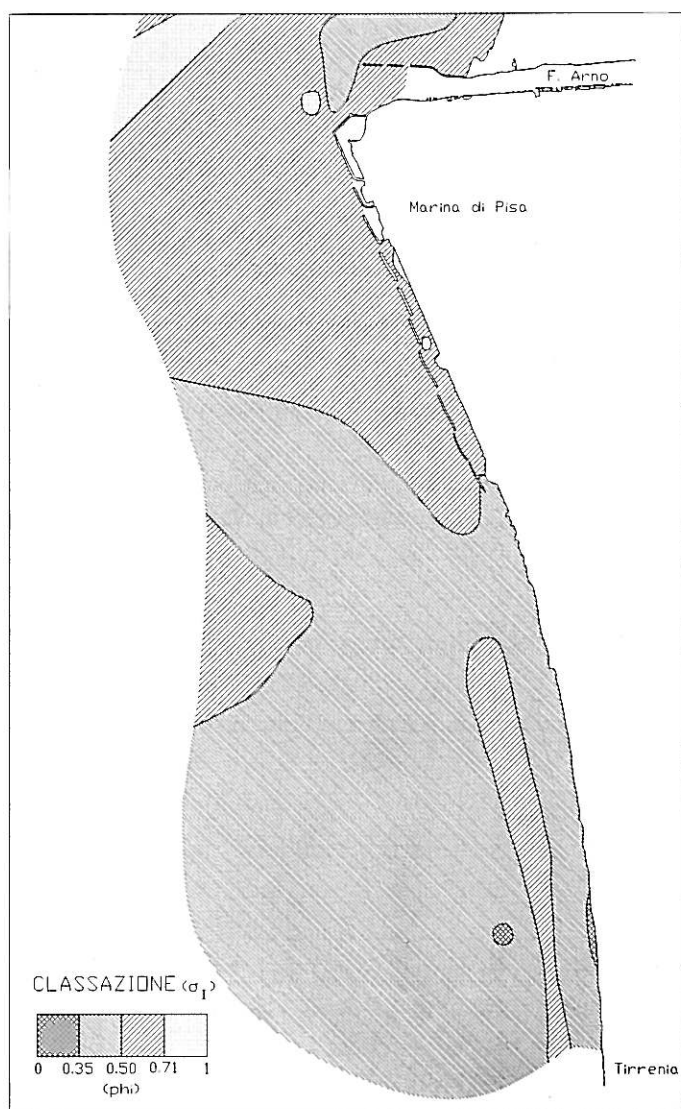
### *Variazione delle caratteristiche granulometriche nel tempo*

Purtroppo non sono disponibili molti dati sulle caratteristiche granulometriche dei sedimenti di spiaggia presenti nel passato. Gli unici sono quelli prodotti da Baldini et al. (1983) e relativi ai sedimenti di battigia presenti sul litorale di San Rossore. Il confronto con i dati in nostro possesso sembrerebbe indicare un sostanziale aumento delle dimensioni dei sedimenti come, in linea generale, sarebbe da attendersi in spiagge in erosione. Questa condizione caratterizzava comunque il litorale, con pari intensità, anche nel 1983 e, d'altra parte, non si riscontra un aumento della classazione che dovrebbe caratterizzare un deposito residuale. Che la variazione sia solo l'effetto di situazione stagionale è da escludersi dato che variazioni stagionali sono state proprio studiate da Baldini et al. (1983) che hanno messo in evidenza come esse siano modeste e comunque inferiori alle differenze da noi rilevate.

Rimane questo un aspetto da chiarire anche attraverso controlli granulometrici ripetuti nel tempo.



**Figura 6 - Valori della classazione ( $\sigma_I$ ) dei sedimenti sul tratto di litorale compreso fra Tirrenia e la foce del fiume Morto Nuovo.**



## Conclusioni

I dati relativi all'attuale dinamica morfologica del delta dell'Arno mostrano come i processi erosivi iniziati dopo la metà del secolo scorso siano ancora attivi con tassi estremamente elevati e come abbiano continuato ad interessare tratti di litorale sempre più ampi.

Il bilancio sedimentario dell'area studiata, circa 12 chilometri di costa, è deficitario per circa 300.000 metri cubi all'anno. Questo deficit interessa essenzialmente le fasce batimetriche più prossime a riva mentre si è registrata una consistente deposizione di materiali sui fondali antistanti la foce fluviale. Questi materiali sono probabilmente in attesa di venire ridistribuiti lungo costa da eventi metomarinici "eccezionali" non verificatisi forse nel decennio considerato.

I processi di ridistribuzione, comunque in atto, sono responsabili delle differenziazioni granulometriche che caratterizzano i sedimenti presenti nel paraggio. Le dimensioni medie ( $M_z$ ) e la classazione ( $\sigma_I$ ) dei materiali sono correlabili ai livelli energetici presenti e il loro studio aiuta nella comprensione della dinamica attuale del delta dell'Arno.

I dati disponibili e le considerazioni ad essi relative costituiscono un elemento fondamentale nell'impostazione progettuale di strategie di difesa costiera.

## BIBLIOGRAFIA

- AIELLO E. et ALII (1975): *Il trasporto lungo la costa toscana tra la foce del Fiume Magra e i monti dell'Uccellina*. Boll. Soc. Geol., 94.
- ALESSIO M., BELLA F., CORTESI C. (1964): *University of Rome Carbon 14 dates II*, Radiocarbon, 77-90.
- ALESSIO M., ALLEGRI L., ANTONIOLI F., BELLUOMINI G., FERRANTI L., IMPROTA S., MANFRA L., PROPOSITO A. (1992): *Risultati preliminari relativi alla datazione di speleotemi sommersi nelle fasce costiere del Tirreno centrale*. Giornale di Geologia, serie 3a, 54 (2), 165-193.
- AMINTI P. (1983): *Ricostruzione del clima ondosso della Toscana meridionale sulla base di misure anemometriche*. Bollettino degli Ingegneri, 4, Firenze.
- ANSELMINI A., BRONDI A., FERRETTI O., FELLETTI A. (1983): *Studio granulometrico e mineralogico dei sedimenti della piattaforma costiera compresa fra Punta Mesco e Viareggio* - Atti del IV Congresso A.I.O.L. Chiavari 1-3 Dicembre 1980.
- AUTERIO M., MILANO V. (1983): *Studio sulla possibilità di accesso diretto a mare del Canale dei Navicelli attraverso la foce del Calambrone*. Ed. ETS, Pisa.
- AZZARI M. (1993): *Tra mare e monte. Paesaggi della costa a nord dell'Arno*. In: *Paesaggi della costa toscana*, a cura di C. Greppi, Regione Toscana, 131-149.
- AZZARI M., ROMBAI L. (1990): *La rottura degli equilibri. Il processo di ricolonizzazione della montagna toscana fra Sette e Ottocento*. In: "Paesaggi dell'Appennino Toscano", a cura di C. Greppi, Regione Toscana, 33-53.
- AZZARI M., ROMBAI L. (1991): *La Toscana della mezzadria. Mutamenti e varianti locali fra età moderna e contemporanea*. In: "Paesaggi delle colline toscane", a cura di C. Greppi, Regione Toscana, 37-51.
- AZZARI M., ROMBAI L. (1991): *Quadri paesistici delle regioni collinari - La gestione del territorio fra Sette e Ottocento*. In: "Paesaggi delle colline toscane", a cura di C. Greppi, Regione Toscana, 71-93.
- BACCI A., MALATESTA A., TONGIORGI E. (1939): *Di una formazione glaciale rissiana riscontrata a Livorno nei sedimenti della fase costruttiva del ciclo tirreniano*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Proc. Verb., 48.
- BALDINI A., REGATTIERI M., TONGIORGI M. (1983): *Analisi granulometrica e dinamica delle sabbie del litorale di S. Rossore (Pisa): un anno di osservazioni (aprile 1979 - aprile 1980)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Men. Serie A, 90, 35-79.
- BARSOTTI G., FEDERICI P.R., GIANNELLI L., MAZZANTI R., SALVATORINI G. (1974): *Studio del Quaternario livornese, con particolare riferimento alla stratigrafia ed alle faune delle formazioni del Bacino di carenaggio della Torre del Fanale*. Mem. Soc. Geol. It., 13, 425-495.
- BARTOLINI C. et ALII (1974): *Ricerche sul regime e la protezione dei litorali - Area campione alto Tirreno*. Quaderni della Ricerca Scientifica n.92.
- BARTOLINI C., PRANZINI E. (1979) - *Le alterazioni del bilancio sedimentario dei toscani. Incontro delle Unità di ricerca toscane con gli Enti utilizzatori*. CNR-Regione Toscana, pp. A1-A7.
- BENASSAI E., NOLI A. (1982): *Porto di Livorno - Studio Oceanografico-marittimo per l'estendimento del piano regolatore della zona Nord* - Ministero dei LL.PP., Ufficio del Genio Civile per le Opere Marittime di Roma, Marzo 1982.
- BLANC A.C. (1934): *Formazioni pleistoceniche nel sottosuolo della Versilia (Nota preliminare)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Proc. Verb., 43, 129-143.
- BLANC A.C. (1942): *Variazioni climatiche ed oscillazioni della linea di riva nel Mediterraneo centrale durante l'Era glaciale*. Sanderabdruck aus Geologie der Meere und Binnengewasser, Bd. 5, Heft 2.
- BLANC A.C., SETTEPASSI E., TONGIORGI E. (1953): *Excursion au Lac de Massaciuccoli (Plain cotière de la Basse Versilia)*. IVème Congrès International pour l'étude du Quaternaire, Roma-Pisa, 1953.
- BONAMICI M. (1989): *Contributo a Pisa arcaica*. Atti II Congr. Internaz. Etrusco (Firenze 1985), Roma, 1135-1147.
- BONAMICI M. (1990): *L'epoca etrusca: dall'età del ferro alla romanizzazione*. In: "San Giuliano Terme. La storia, il territorio", Pisa, I, 125-164.
- BONAMICI M. (1993): *Pisa in età arcaica*. In: "Archeologia di Pisa", a cura di C. Letta. Pisa, 31-41.
- BOSSIO A., COSTANTINIA A., LAZZAROTTO A., LIOTTAD., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G., SANDRELLI F. (1993): *Rassegna delle conoscenze sulla stratigrafia del Neautoctono toscano*. Mem. Soc. Geol. It., 49, "Scritti in onore di L. Trevisan", 17-98.
- BRAMPTON A., FRANCO L., NOLI A. (1984): *Mathematical model of shoreline north of river Arno (Pisa)*, Idrotecnica n.1.



- BROECKER W.S., KULP J.S., TUCEK C.S. (1956): *Lamont natural radiocarbon measurements*, III, Science, 77-90.
- CACIAGLI G. (1970): *Pisa*. In: "Istituto Storico delle Province d'Italia", 1, Pisa.
- CAPUTO C., D'ALESSANDRO L., LA MONICA G.B., LUPIA PALMIERI E. (1976): *Ancient and recent changes of the shoreline along the tuscan coasts*. Atti del 2° Congresso dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia.
- CAPUTO C., D'ALESSANDRO L., LA MONICA G.B., LANDINI B., LUPIA PALMIERI E. (1992): *Present erosion and dynamics of italian beaches*. Zeitschrift Geomorph. N.F. suppl., 81, Berlin - Stuttgart.
- CASTELLETTI L. (1977): *Legni carbonizzati ed altri resti vegetali macroscopici*. In: "Scavi di Luni, II", a cura di A. Frova, 736- 741.
- CAVAZZA S., CELESTRE P., GANDOLFI G., MAZZANTI R., MEGALE P., MILANO V., PAGANELLI L. (1985): *L'Atlante delle spiagge italiane: Foglio 104 Pisa*. C.N.R., Roma.
- CECCARELLI LEMUT M.L. (in stampa): *Il medioevo*. In: "La fascia costiera della Toscana dal Pleistocene superiore all'età moderna: ricerche interdisciplinari". (CECCARELLI LEMUT M.L., MAZZANTI R. e PASQUINUCCI M.) in: "Evoluzione dell'ambiente fisico in periodo storico", Atti del Seminario, Ravello 5-8 giugno 1993.
- CECCARELLI LEMUT M.L., MAZZANTI R., MORELLI P. (1994): *Il contributo delle fonti storiche alla conoscenza della Geomorfologia*. In: "La Pianura di Pisa e i rilievi contermini. La natura e la storia", a cura di R. Mazzanti, Mem. Soc. Geogr. It., 50, 401-429.
- CHIABRERA G., CORRADI N., FIERRO G. (1981): *Le barre della spiaggia sottomarina del litorale toscano (classificazione morfogenetica su base aerofotografica e rilievi batimetrici)*. Atti Accademia Ligure di Scienze e Lettere, 37. 1980.
- C.N.R. (1974): *Ricerche sul regime e la conservazione dei litorali*. Quaderni della Ricerca Scientifica, n. 92.
- DEEVEY E.S. (1960): *The human population*. Scientific America, n. 203.
- DELANO SMITH C., GADD D., MILLS N., WARD PERKINS B. (1986): *Luni and the ager Lunensis*. Papers British School Rome, 54, 81-146.
- DELLA ROCCA B., MAZZANTI R., PRANZINI E. (1987): *Studio geomorfologico della Pianura di Pisa*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 10, 56-84.
- DOMINICI S., MAZZANTI R., NENCINI C. (1994): *Carta degli elementi geologico-morfologici e storici dei dintorni di S. Miniato (Pisa)*. Scala 1:25000. Amm. Provinciale Pisana.
- EMILIANI C. (1955): *Pleistocene temperatures*. J. Geol., 63, 538- 578.
- FEDERICI P.R. (1978): *Stato attuale delle conoscenze geomorfologiche del bacino del Massaciuccoli in Versilia (Toscana)*. In: "Il bacino del Massaciuccoli III", Consorzio Idraulico, Viareggio, 27-52.
- FEDERICI P.R., MAZZANTI R. (in stampa): *Note sulle pianure costiere della Toscana*. Mem. Soc. Geogr. It., 51.
- FERRARA G., FORNACA RINALDI G., TONGIORGI E. (1961): *Carbon 14 dating in Pisa II*. Radiocarbon, 99-104.
- FERRARA G., REINHARZ M., TONGIORGI E. (1959): *Carbon 14 dating in Pisa I*. Radiocarbon, 25-32.
- 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 significance of grain size parameters*. Journal of Sedimentary Petrology, 27, 3-26.
- GALLETTI FANCELLI M.L. (1978): *Sulla subsidenza della Pianura Pisana. Analisi polliniche di sedimenti quaternari della pianura costiera tra Pisa e Livorno*. Boll. Soc. Geol. It., 97, 197-245.
- GANDOLFI G., PAGANELLI L. (1975): *Il litorale pisano-versiliese (area campione Alto tirreno). Composizione, provenienza e dispersione delle sabbie*. Boll. Soc. Geol. It., 94.
- GHELARDONI R., GIANNINI E., NARDI R. (1968): *Ricostruzione paleogeografica dei bacini neogenici e quaternari nella bassa valle dell'Arno sulla base dei sondaggi e dei rilievi sismici*. Mem. Soc. Geogr. It., 7.
- GIACOBELLO N., LAMBERTI A., STURA S., TOMASICCHIO U. (1981): *Modello per la definizione automatica del clima marino in zone costiere italiane*. Pubblicazione di Ingegneria Civile, Firenze.
- GRIFONI CREMONESI R., TOZZI C. (1994): *Gli insediamenti dal Paleolitico all'età del Bronzo*. In: "La Pianura di Pisa e i rilievi contermini, La natura e la storia", a cura di R. Mazzanti, Mem. Soc. Geogr. It., 50, 153-182.
- HACKLETON N. J. (1969): *The last interglacial in the marine and terrestrial records*. Proc. Roy. Soc., B, 174, 135-154.
- HEPHERD E. J. (1985): *Testimonianze di commercio marittimo a Populonia in età romana*. Rassegna di archeologia, 5, 173.
- ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA (1978): *Il vento e lo stato del mare lungo le coste italiane e dell'Adriatico*, Vol. I, Genova.

- KRUMBEIN W.C. (1934): *Size frequency distribution of sediments*. Journal of Sedimentary petrology, 4, 65-77.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., NENCINI C. (1990): *Geologia e morfologia dei Comuni di Livorno e Collesalveti*. Suppl. Quad. Mus. St. Nat. Livorno, 11, 1-85.
- MARCHETTI M. (1934): *Una torba glaciale nel lago di Massaciuccoli*. Atti Soc. tosc. Nat., Proc. Verb., 143-150.
- MARCHETTI M., TONGIORGI E. (1936): *Ricerche sulla vegetazione dell'Etruria Marittima. VII. Una torba glaciale del Lago di Massaciuccoli (Versilia)*. Nuovo Giorn. Bot. It., 43, 872-884.
- MARRONI M., MAZZANTI R., NENCINI C. (1990): *Geologia e morfologia delle Colline Pisane*. Suppl. 1, Quad. Mus. St. Nat. Livorno, 11, 1-40.
- MAZZANTI R., PASQUINUCCI M. (1983): *L'evoluzione del litorale lunense-pisano fino alla metà del XIX secolo*. Boll. Soc. Geogr. Ital., 12, 605-628.
- MAZZANTI R., PRANZINI E., TACCINI S. (1980): *Studi di geomorfologia costiera VII - Variazioni della linea di riva dal Pleistocene medio-superiore ad oggi, caratteristiche sedimentologiche e stato delle associazioni vegetali del litorale di S. Vincenzo (Toscana)*. Boll. Soc. Geol. It., 99 (4), 341-364.
- MAZZANTI R. (1983): *Il punto sul Quaternario della fascia costiera e dell'Arcipelago di Toscana*. Boll. Soc. Geol. It., 102, 419-556.
- MAZZANTI R., PASQUINUCCI M., SALGHETTI DRIOLI E. (1984): *Il sistema Secche della Meloria - Porto Pisano: geomorfologia e biologia marina in relazione ai reperti archeologici*. In: "1284. L'anno della Meloria", Pisa, 9-53.
- MAZZANTI R., PARIBENI E., STORTI S., VAGGIOLI M.A. (1990): *La pianura versiliese nel contesto geomorfologico*. In: "Etruscorum ante quam Ligurum. La Versilia tra VII e III secolo a.C.", Pontedera, 33-43.
- MENCHELLI S. (1984): *Contributo allo studio del territorio pisano: Coltano e l'area dell'ex Padule di Stagno*. Studi Class. Orient., 34, 255-270.
- MEINI L., MUCCI G., VITTORINI S. (1979): *Ricerche meteomarine sul litorale toscano: centoventi anni di osservazioni meteorologiche a Livorno (1857-1976)*. Coll. Soc. Geog. It., Ser. X, Vol. VIII.
- MILANO V., DI MARTINO F. (1981): *The erosion of the Viareggio coast caused by the construction of the harbour - Analysis of the problem and proposals*. Atti del XXV th International Navigation Congress - Edimburg.
- MILANO V., DI MARTINO F. (1981): *Erosione della spiaggia di Viareggio: proposta di intervento*. Porti, Mare, Territorio.
- MILANO V. (1986): *Studio sull'accessibilità del porto di Viareggio e sull'equilibrio della spiaggia a nord*. XX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Padova, settembre 1986.
- MILANO V. (1986): *Modello dell'evoluzione di un tratto di litorale costruito sulla base di dati storici e sperimentali*. Giornale del Genio Civile - Fasc. 4-5-6.
- NOLI A., FRANCO L. (1989): *L'evoluzione del litorale pisano: risultati di uno studio con l'impiego di modelli matematici*. Camera di Commercio, Comune e Provincia di Pisa - Giardini Ed., Pisa.
- OZASA H., BRAMPTON A.H. (1979): *Models for predicting the shoreline evolution of beaches baked by seawalls*, Hydraulic Research Station Report It., 191.
- PALLA B. (1984): *Variazioni della linea di riva tra i fiumi Arno e Serchio*. Atti Soc. Toscana di Scienze Naturali - Pacini Ed., Pisa.
- PASQUINUCCI M. (1994): *Il popolamento dall'età del Ferro al tardo antico*. In: "La Pianura di Pisa e i rilievi contermini. La natura e la storia", a cura di R. Mazzanti, Mem. Soc. Geogr. It., 50, 183-204.
- PINNA M. (1984): *La storia del Clima. Variazioni climatiche e rapporti clima-uomo in età post-glaciale*. Mem. Soc. Geogr. It., 36.
- PRANZINI E. (1983): *Tendenze evolutive del litorale toscano*. Porti, Mare, Territorio. Anno V, 1, 67-71. Giuffrè Ed., Milano.
- PRANZINI E. (1983): *Studi di morfologia costiera: IX. L'erosione del delta dell'Arno*. Quad. Museo St. Nat. di Livorno, 4, 7-18.
- PRANZINI E. (1989): *A model for cusped delta erosion*. Coastal Zone '89. Charleston. ASCA, 4345-4357.
- PRANZINI E. (1994): *Bilancio sedimentario ed evoluzione storica delle spiagge*. Il Quaternario, 7, 197-204.
- RAPETTI F., VITTORINI S. (1974): *Osservazioni sulle variazioni dell'ala destra del Delta dell'Arno*, Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A, 81.
- REGIONE TOSCANA (1989): *Coste Toscane: Studi sulla erosione, sui venti, sul moto ondoso*. Convegno di studio "Coste toscane: erosione o tutela". Alberese, 2 Giugno 1989.
- RIDOLFI C. (1827): *Sulle colmate di monte. Memoria di turno letta nell'adunanza dell'I. e R. Accademia dei Georgofili dei 7 marzo 1824*. In: "Continuazione degli atti dei Georgofili", 5.

- SAGGINI F. (1967): *Alterazione del litorale toscano per cause naturali ed artificiali*. Atti del Convegno "Indirizzi di piano per i territori della costa toscana". Quad. de La Provincia di Livorno, 11.
- SASSOLI F., MILANO V., AUTERIO A. (1980): *Consulenza tecnico - scientifica per lo studio dell'assetto definitivo del tratto terminale del canale dei Navicelli in vista della realizzazione della darsena toscana nel porto di Livorno*. Ist. Idr. Fac. Ing., Pisa 1980.
- SEGRE A.G. (1955): *Nota sulla idrografia continentale e marina*. Note illustrative C.G.I. II ediz., F° 111 - Livorno. Serv. Geol. d'It., 20-26.
- SESTINI A. (1957): *Un'antica ripa marina nella pianura costiera apuana*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., 57, 1-5.
- SHACKLETON N.J. (1969): *The last interglacial in the marine and terrestrial records*. Proc. Roy. Soc., B, 174, 135-154.
- SHEPHERD E.J. (1985): *Testimonianze di commercio marittimo a Populonia in età romana*. Rassegna di Archeologia, 5, 173.
- TARGIONI TOZZETTI G. (1761): *Ragionamento... dell'insalubrità dell'aria della Valdinievole*. Firenze.
- TREVISAN L., BRANDI G.P., DALLAN L., NARDI R., RAGGI G., RAU A., SQUARCI P., TAFFI L., TONGIORGI M. (1971): *F° 105 - Lucca. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia*, II ediz., Servizio Geol. d'It.
- TONIOLO (1927): *Variazioni storiche del litorale toscano fra l'Arno e la Magra*. Atti X Congr. Geogr. Ital. Milano.
- TOUBERT P. (1983): *Il sistema curtense: la produzione e lo scambio interno in Italia nei secoli VIII, IX e X*. In: "Storia d'Italia. Annali: VI - Economia naturale, economia monetaria", Torino, 5-63.
- U.S. CORPS OF ENGINEERS: *Shore Protection Manual*, Vol. 1, Coastal Eng. Research Center, Washington, D.C., 1984.
- VERGNAUD GRAZZINI C., CARALP M., FAUGERES J.C., GONTHIER E., GROUSSET F., PUJOL C., SALIEGE J.F. (1989): *Mediterranean outflow through the Strait of Gibilter since 18000 years BP*. Oceanologica Acta, 12, 305-324.
- VITTORINI (1979): *Variazioni della linea di costa al Gombo (Litorale pisano)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A, 84, 91-103.
- WICKHAM C. (1990): *La montagna e la città. L'Appennino toscano nel medioevo*. In: "Paesaggi dell'Appennino toscano", a cura di C. Greppi, Regione Toscana, 15-31.

**DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA**

14 aprile 1994

**Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale e interregionale.**

**IL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA**

Vista la legge 18 maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo, ed in particolare l'art. 1, comma 3, lettera d), ai fini della individuazione del contesto territoriale di riferimento per la sua applicazione, che reca la definizione di bacino idrografico;

Visto l'art. 4, comma 1, lettera b), della citata legge n. 183 del 1989 che attribuisce al Presidente del Consiglio dei Ministri il compito di approvare, con proprio decreto, su proposta del Ministro dei lavori pubblici e previa deliberazione del Consiglio dei Ministri, gli atti relativi alla delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale;

Visto l'art. 13, comma 2, della legge n. 183 del 1989 il quale stabilisce che i bacini di rilievo nazionale ed interregionale sono provvisoriamente delimitati come da cartografia allegata al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 22 dicembre 1977, emanato ai sensi dell'art. 89, comma 1, del decreto del Presidente della Repubblica 24 luglio 1977, n. 616, prevedendo, al tempo stesso, che eventuali variazioni possono essere disposte ai sensi del soprarichiamato art. 4, comma 1, lettera h), della legge n. 183 del 1989;

Ritenuta la necessità, per le finalità di cui sopra, di stabilire procedure e criteri per disciplinare e coordinare l'attività dei soggetti interessati alla delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale;

Visto il parere favorevole espresso dal Comitato nazionale per la difesa del suolo nella seduta del 9 marzo 1993;

Visto il parere favorevole espresso dalla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano nella riunione del 14 ottobre 1993;

Sentite le province autonome di Trento e di Bolzano ai sensi dell'art. 3, comma 3, del decreto legislativo 16 marzo 1992, n. 266;

Visto l'art. 1, comma 1, lettera hh), della legge 12 gennaio 1991, n. 13;

Vista la deliberazione del Consiglio dei Ministri adottata nella riunione dell'8 aprile 1994, su proposta del Ministro dei lavori pubblici;

EMANA

Il seguente decreto:

**Art. 1.**

1. La delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale è approvata, ai sensi dell'art. 4, comma 1, lettera b), della legge 18 maggio 1989, n. 183, come modificato ai sensi dell'art. 1, comma 1, lettera ii), della legge 12 gennaio 1991, n. 13, previa deliberazione del Consiglio dei Ministri, adottata proposta del Ministro dei lavori pubblici entro centottanta giorni a decorrere dalla data di pubblicazione del presente decreto nella Gazzetta Ufficiale, sentita Conferenza permanente per i rapporti fra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano.

**Art. 2.**

1. Per le finalità di cui all'art. 1, entro centoventi giorni decorrenti dalla medesima data di pubblicazione del presente decreto, le autorità di bacino di rilievo nazionale ed interregionale adottano e sottopongono al Ministro dei lavori pubblici un progetto di delimitazione dei bacini idrografici di rispettiva competenza, elaborato in conformità dei criteri tecnici indicati nell'allegato 1 che costituisce parte integrante del presente decreto.

2. Ai fini dell'approvazione di cui all'art. 1, il progetto è sintetizzato in elaborati almeno in scala 1:250.000 I.G.M.I., realizzata nella rappresentazione conforme universale trasversa Mercatore (UTM) ed inquadrata nel sistema geodetico europeo (E.D. 50); eventuali situazioni di dettaglio sono riportate in elaborati in scala 1:25.000 I.G.M.I. ovvero 1:25.000 I.G.M.I. con reticolato chilometrico.

3. Ove necessario, autorità di bacino limitrofe, comprese quelle di rilievo regionale, possono definire d'intesa fra di loro i progetti di delimitazione dei rispettivi bacini relativamente ad aree in cui, in applicazione dei criteri tecnici di cui all'allegato 1, sia riconosciuta la presenza di interessi comuni.

**Art. 3.**

1. Ai fini della deliberazione di cui all'art. 4, commi 1 lettera b), della legge 18 maggio 1989, n. 183, il Ministro dei lavori pubblici, acquisiti i progetti delle delimitazioni dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale, anche per fasi successive comprendenti gruppi di bacini adiacenti, sottopone al Consiglio dei Ministri la proposta di delimitazione, su parere del Comitato nazionale per difesa del suolo, espresso previa istruttoria tecnica svolta mediante avvalimento dei servizi tecnici nazionali competenti.



## Art. 4.

1. Per la delimitazione dei bacini di propria competenza, le regioni tengono conto dei criteri tecnici indicati nell'allegato 1.

Il presente decreto sarà pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Dato a Roma, addì 14 aprile 1994

SCALFARO

CIAMPI, *Presidente del Consiglio dei Ministri*

MERLONI, *Ministro dei lavori pubblici*

Registrato alla Corte dei conti il 27 maggio 1994  
Registro n. 1 Lavori pubblici, foglio n. 250

## ALLEGATO 1

**CRITERI TECNICI PER LA REDAZIONE DEI PROGETTI DI DELIMITAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI DI RILIEVO NAZIONALE ED INTERREGIONALE DI CUI ALLA LEGGE 18 MAGGIO 1989, N. 183.**

## PREMESSE.

La nuova delimitazione dei bacini idrografici, ai sensi dell'art. 4, comma 1, lettera b), e dell'art. 13, commi 2 e 3, della legge 18 maggio 1989, n. 183, da introdurre a modifica della precedente delimitazione approvata con il decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 22 dicembre 1977, è effettuata sulla base della definizione di bacino idrografico enunciata dall'art. 1, comma 3, lettera d), della stessa legge.

Secondo tale disposizione la nozione di bacino idrografico è caratterizzata dalla configurazione superficiale dello stesso, geograficamente intesa, facendo riferimento al tradizionale concetto di bacino, integrato con elementi innovativi quali la considerazione del litorale marittimo prospiciente e dalle aree inondabili da corsi d'acqua afferenti a bacini diversi.

Le esigenze di sviluppare le attività di programmazione, di pianificazione e di attuazione degli interventi in relazione alle molteplici finalità d'azione individuate dall'art. 3 della legge 18 maggio 1989 n. 183, rendono necessario fare ricorso a criteri di perimetrazione meno limitativi; non basati esclusivamente sulle sole caratterizzazioni di superficie, ma adeguatamente correlati alle problematiche del territorio fatte oggetto dell'azione di piano.

I criteri di delimitazione di bacino devono pertanto scaturire dalla integrazione degli elementi di tipo superficiale, con altri di carattere più generale legati, in particolare, ai problemi della subsidenza, degli acquiferi sotterranei, della utilizzazione delle acque nonché della gestione qualitativa della risorsa idrica, in rapporto alla tutela dei caratteri ambientali, alla conservazione del suolo ed alla difesa degli insediamenti.

La delimitazione di bacino è quindi effettuata facendo riferimento ad elementi tecnici di base, da distinguere, come di seguito specificato, in elementi <fondamentali> e <di interesse> integrati con aspetti metodologici, definiti «prevalenti», per garantire la concreta gestibilità, o il profilo applicativo, della delimitazione di bacino, con particolare riferimento ai problemi di integrazione e coordinamento con gli altri strumenti di pianificazione operanti sul territorio ed aventi, come unità fisiche di base, le dimensioni amministrative tradizionali.

## 1. ASPETTI TECNICI DI BASE PER LA DELIMITAZIONE DI BACINO.

Sono definiti «fondamentali», ai fini della delimitazione di bacino, i riferimenti superficiali di bacino indicati nella definizione di cui all'art. 1, comma 3, lettera d), della legge n. 183 del 1989, quali:

1) lo schema superficiale di deflusso delle acque meteoriche con i vari recapiti successivi fino al mare;

2) le aree soggette ad allagamento per esondazione derivanti da uno o più corsi d'acqua;

3) il litorale marittimo prospiciente i corsi d'acqua.

Sono definiti «di», ai fini della delimitazione di bacino, gli aspetti connessi ai fenomeni fisici ed alle problematiche ricomprese nella nozione di difesa del suolo quale emerge dalla lettura dell'art. 3 e dell'art. 17 della legge 18 maggio 1989, n. 183, quali:

1) Le aree soggette a subsidenza, prodotta da squilibri degli acquiferi sotterranei;

2) gli acquiferi sotterranei;

3) l'utilizzazione delle acque.

Il progetto di delimitazione di bacino costituisce inoltre la sede per segnalare, qualora significativo per tale fine, le esigenze di riordino, razionalizzazione ed unificazione gestionale del territorio considerato, che derivano dalla struttura storica, dai caratteri ambientali e dell'assetto insediativo che lo caratterizzano.

## 1.1. Elementi fondamentali.

## 1.1.1. Schema superficiale di deflusso.

Lo schema superficiale di scolo delle acque meteoriche costituisce la base per ogni ipotesi di perimetrazione.

La configurazione di bacino si ottiene partendo dai sottobacini afferenti a ciascun corso d'acqua ed individuando per esso il recapito finale (foce interna o marittima).

Nel caso in cui un corso d'acqua presenti funzioni promiscue di scolo ed irrigazione o comunque sia caratterizzato da più di un recapito a secondo delle funzioni, si fa ricorso al parametro della prevalenza d'uso del recapito, tenendo conto dei rischi idraulici ed ambientale, per determinare l'appartenenza di un'area ad un bacino piuttosto che ad un altro.

## 1.1.2. Aree soggette ad allagamento.

Individuato il bacino secondo lo schema superficiale di deflusso, è possibile che un'area attribuita ad un bacino possa essere soggetta ad allagamento da un corso d'acqua appartenente ad un altro bacino.

Per l'applicazione del criterio riportato nell'art. 1, comma 3, lettera d), della legge 18 maggio 1989, n. 183, che attribuisce l'area inondabile al corso d'acqua che ha maggior bacino imbrifero montano, è necessario stabilire una «condizione», onde evitare che un evento fortuito pregiudichi l'applicazione di un criterio di delimitazione più pragmatico, quale è quello basato sul sistema di scolo superficiale.

E quindi necessario fare riferimento ad eventi di esondabilità ben definiti del tipo:

analisi della frequenza e del rischio di allagamento (individuazione di un tempo di ritorno e di una probabilità;

ricorso a criteri qualitativi (esclusione degli eventi eccezionali o riferirsi al concetto di «piena»).

## 1.1.3. Il litorale marittimo prospiciente.

Per individuare il litorale marittimo, prospiciente ciascun bacino idrografico, occorre considerare i problemi di difesa delle coste e riferirsi al concetto di «litorale marittimo sotteso dall'unità fisiografica delimitata dal settore di traversa».

Nel caso di coste stabili, di tipo roccioso, ci si può riferire schematicamente, in assenza di soluzioni note più rigorose, al criterio che porta ad attribuire il tratto di costa ad un corso d'acqua, sulla base del prolungamento in mare delle delimitazioni di bacino valide sulla terraferma.



Nel caso di coste in evoluzione, tipo spiagge, occorre tener conto dell'influenza del corso d'acqua sul regime dei litorali, in relazione agli effetti prodotti, nei riguardi della spiaggia stessa, dalle interazioni degli apporti solidi e della capacità di trasporto del fiume con il moto ondoso e le correnti marine del paraggio costiero.

E' fondamentale il riferimento a studi e sperimentazioni specifiche svolti in tali settori senza trascurare, come prima significativa applicazione, il quadro delle opere di difesa dei litorali esistenti, che offrono un valido bagaglio conoscitivo per determinare, sulla base delle finalità progettuali e dei risultati conseguiti, i tratti di costa interessati dagli effetti prodotti dalla presenza della foce di un corso d'acqua.

Si ritengono comunque validi, ove risulti difficile individuare un confine di maggiore influenza di un corso d'acqua rispetto ad un altro, criteri di delimitazione riferiti a punti salienti, a promotori, ecc.

## 1.2. Elementi di interesse

### 1.2.1. Le aree soggette a subsidenza.

Il fenomeno della subsidenza, per la parte attribuibile agli squilibri delle falde almeno per gli effetti più evidenti, non è spesso di immediata e puntuale definizione. Le aree coinvolte nel medesimo fenomeno sono difficilmente quantificabili sia nello spazio che nel tempo e comunque non sono certamente riconducibili a quelle delimitate considerando le caratteristiche superficiali del bacino.

La subsidenza va operativamente valutata con riferimento alle aree effettivamente coinvolte e portate a sintesi di pianificazione di bacino attraverso reciproche incluse tra le autorità che riconoscano tale fenomeno di interesse per i rispettivi bacini di competenza.

### 1.2.2. Gli acquiferi sotterranei

Gli acquiferi sotterranei costituiscono, soprattutto per le grandi pianure, uno degli aspetti fisici più rilevanti, per quanto concerne la tutela e l'uso della risorsa acqua.

I problemi in tale settore sono connessi allo sfruttamento ed all'inquinamento delle falde, elementi di cui è importante tener conto in sede di pianificazione di bacino.

Il quadro degli acquiferi sotterranei si presenta molto complesso e non sempre è possibile determinare con chiarezza le caratteristiche ed i confini dei relativi bacini sotterranei. Quando anche ciò fosse possibile, la delimitazione di superficie difficilmente coincide con quella sotterranea, se non per i bacini geologicamente chiusi anche in profondità.

Qualora fossero sufficientemente note le caratteristiche e la configurazione degli acquiferi sotterranei, se ne potrà tener conto proponendo aggregazioni di bacini superficiali, almeno a livello regionale ed interregionale, corrispondenti alla delimitazione degli acquiferi stessi.

Nelle restanti situazioni, può essere demandata ad intese specifiche tra Autorità la individuazione delle linee di pianificazione nelle aree, comuni a più bacini, interessate dallo stesso acquifero sotterraneo.

### 1.2.3. L'utilizzazione delle acque

Il problema si pone nei casi di trasferimento di risorse idriche da un bacino all'altro, al fine di ottimizzare l'utilizzazione delle risorse idriche disponibili. Nella problematica vanno inseriti i casi di interconnessioni idriche tra bacini idrografici e le iniziative di organizzazione dei servizi idrici pubblici, di cui all'art. 35 della legge n. 183, per ciò che concerne l'individuazione degli «ambiti territoriali ottimali» di gestione.

Il trasferimento e la distribuzione di limitati volumi idrici, da un bacino all'altro, potranno essere regolati da un vincolo da rispettare nella gestione della risorsa.

Delle grandi opere di derivazione e di restituzione si terrà conto proponendo, ove necessario, aggregazioni di bacini superficiali già delimitati.

In ogni caso, ai fini della programmazione e gestione delle risorse idriche si fa riferimento al seguente criterio: la presenza in un certo bacino di un prelievo, per una infrastruttura (ad esempio acquedottistica, ecologica, energetica, irrigua, industriale, ecc.) a servizio di aree esterne al bacino medesimo può essere convenientemente schematizzata come flusso idrico in uscita di caratteristiche e quantità ben definite, e corrisponde un flusso in entrata per il bacino in cui tali acque sono utilizzate.

Anche in riferimento al problema qui considerato è necessario prevedere la possibilità di intesa tra le autorità preposte ai diversi bacini interessati.

## 2.2. Aspetti metodologici prevalenti.

Per garantire la concretezza del progetto di delimitazione di bacino e la sua reale applicazione al territorio interessato si definiscono «prevalenti» gli aspetti di seguito specificati:

riferimento ad elementi fisici prevalentemente noti e tali da non creare incertezza sulla linea di delimitazione dei bacini;

esistenza di criteri e sperimentazioni già effettuate per soluzione di analoghi problemi di delimitazione richiesti da altre leggi di pianificazioni territoriali;

indicazione di perimetri che non varino sostanzialmente nel tempo, a meno che non intervengano grandi modificazioni naturali antropiche;

esigenza di semplificazione amministrativa delle procedure conseguenti alla istituzione delle autorità di bacino;

riferimento ai confini amministrativi degli enti territoriali in caso si presentino alternative di uguale peso tecnico nella individuazione di possibili delimitazioni.

## NOTE

### AVVERTENZA

Il testo delle note qui pubblicato è stato redatto ai sensi dell'art. I comma 3 del testo unico approvato con decreto del Presidente della Repubblica 28 dicembre 1985, n. 1092, al solo fine di facilitare tutte le disposizioni di legge alle quali è operato il rinvio. Restano invariati il valore e l'efficacia degli atti legislativi qui trascritti.

### Note all'art. 1:

— Il testo dell'art. 4, comma 1, lettera b), della legge n. 183/19 (recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa e suolo) è il seguente:

«Art. 4 (Il Presidente del Consiglio dei Ministri e del Comitato dei Ministri per i servizi tecnici nazionali e gli interventi nel settore della difesa del suolo). — 1. Il Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dei lavori pubblici di cui alla lettera d), e previa deliberazione del Consiglio dei Ministri, approva con proprio decreto:

a) (omissis);

b) gli atti relativi alla delimitazione dei bacini di rilievo nazionale e interregionale;

(omissis)».

— Il testo dell'art. 1, comma 1, lettera ii), della legge n. 13/1991, è il seguente:

«Art. 1 — 1. Il Presidente della Repubblica, oltre gli atti espressamente previsti dalla Costituzione o da norme costituzionali quelli relativi all'organizzazione e al personale del Segretariato generale della Presidenza della Repubblica, emana i seguenti altri atti, su proposta del Presidente del Consiglio dei Ministri o del Ministro competente:

(omissis);

ii) tutti gli atti per i quali è intervenuta la deliberazione del Consiglio dei Ministri.

(Omissis)».

Finito di stampare  
nel mese di febbraio 1995  
dalla Artigrafiche Felici  
Ospedaletto (Pisa)

*Le fotografie sono state eseguite da:*

*C. Cristiani: pagg. 4, 22, 24.*

*M. Magi: pag. 4.*

*M. Massei: pagg. 14, 16, 18, 20.*

*R. Nardi: pagg. 6, 12, 14.*

*La divulgazione delle foto è stata autorizzata dallo Stato Maggiore dell'Aeronautica con la concessione n° 42 del 4/2/1995.*

*La divulgazione delle riprese aeree fotogrammetriche all'infrarosso falso colore, eseguite dalla Compagnia Generale RipreseAeree S.p.A. di Parma il 24 maggio 1993, è stata autorizzata con le concessioni n° 800 del 9/9/1993 e n° 44 del 18/1/1994.*

## SEGRETERIA TECNICO - OPERATIVA

*Andreozzi Nicola, Australi Anna, Biagini Angelo, Bonamini Isabella, Carriero Paola, Cavalieri Renzo, Consolati Donella, Cristiani Canio, Del Fante Luigi, Distaso Luciana, Giannelli Stefano, Magi Mariella, Manfredini Paola, Massei Marco, Nidito Giovanni, Pardini Giuliano, Piccinini Maria Luisa, Rampini Danilo, Santoni Costantino, Sicari Giuseppe, Vannini Sandra, Vespa Fabio.*

# Bacino del Fiume Arno

## Bacino Sperimentale del Fiume Serchio

(Legge 183/1989 - Legge 253/1990)

### Organi e struttura delle Autorità di Bacino

#### FIUME ARNO

##### Comitato Istituzionale

Presidente: Ministro LL.PP. o Ministro Ambiente  
- Altri componenti: Ministro Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, Ministro Beni Culturali e Ambientali (o Sottosegretari delegati), Presidente Giunta Regione Toscana e Presidente Giunta Regione Umbria (o Assessori delegati), Segretario Generale.

##### Comitato Tecnico

Presidente: Segretario Generale.  
Componenti: Funzionari designati in numero paritetico dalle amministrazioni statali e regionali ed esperti nominati dal Comitato Istituzionale.

##### Segretario Generale

Adotta criteri, metodi e provvedimenti per l'elaborazione del Piano di Bacino

Organo di consulenza del Comitato Istituzionale, provvede alla elaborazione del Piano di Bacino

- 1 - Provvede al funzionamento della A.d.B.
- 2 - Istruisce gli atti di competenza del Comitato Istituzionale, cui formula proposte.
- 3 - Cura i rapporti, ai fini del coordinamento delle rispettive attività, con le Amministrazioni statali, le Regioni e gli enti locali.
- 4 - Cura l'attuazione delle Direttive del Comitato Istituzionale.
- 5 - Riferisce al Comitato Istituzionale sullo stato di attuazione del Piano di Bacino ed esercita il potere di vigilanza delegatogli dal Comitato Istituzionale.
- 6 - E' preposto alla Segreteria Tecnico-Operativa.

##### Segreteria Tecnico-Operativa:

- Presidente: Segretario Generale

##### Ufficio Segreteria

- A) - Servizio Segreteria e Promozione
- B) - Servizio Economato, Ragioneria e Contratti
- C) - Servizio Archivio e Protocollo

##### Ufficio Studi e Documentazioni

- A) - Sezioni Studi Specifici
- B) - Sezione Sistema Informativo

##### Ufficio Piani e Programmi

- A) - Sezione Piani
- B) - Sezione Programmi

#### FIUME SERCHIO

Presidente: Ministro LL.PP. o Ministro Ambiente  
- Altri componenti: Ministro Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, Ministro Beni Culturali e Ambientali (o Sottosegretari delegati), Presidente Giunta Regione Toscana e Presidenti delle Amministrazioni Provinciali di Lucca, Pisa e Pistoia, Rappresentante dei Presidenti delle Comunità Montane, Segretario Generale.

Presidente: Segretario Generale.  
Componenti: Funzionari designati dalle amministrazioni statali, regionali e provinciali ed esperti nominati dal Comitato Istituzionale.

#### COMITATO TECNICO AUTORITA' DI BACINO DEL F. ARNO

Segretario Generale (Presidente)	Prof. Raffaello Nardi
Ministero LL.PP.	Ing. Ernesto Reali Prof. Ranieri Favilli Prof. Valerio Milano
Ministero Ambiente	Dott. Raffaele Ventresca Prof. P. Giorgio Malesani Prof. Luca Pantani
Ministero Risorse Agricole, Alimentari e Forestali	Dott. Renzo Pivi Prof. Ervedo Giordano
Ministero Beni Culturali e Ambientali	Arch. Ruggero Pentrella Ing. Alberto Cioli
Regione Toscana	Arch. Maria Cecchini Ing. Pierluigi Giovannini Dott. Maria Naresse Filastò Prof. P. Giuliano Cannata Prof. Paolo Leon Prof. Stefano Marsili Libelli
Regione Umbria	Ing. Angelo Viterbo Prof. Paolo Tacconi

#### COMITATO TECNICO AUTORITA' DI BACINO DEL F. SERCHIO

Segretario Generale (Presidente)	Prof. Raffaello Nardi
Ministero LL.PP.	Ing. Roberto Masoni
Ministero Ambiente	Dott. Raffaele Ventresca
Ministero Ministro Risorse Agricole, Alimentari e Forestali	Dott. Angiolino Baroni
Ministero Beni Culturali e Ambientali	Arch. Giovanna Politi Piancastelli
Dipartimento della Protezione civile	Geom. Cesare Landrini
Regione Toscana	Ing. Massimo D'Alfonso Ing. Luigi Macchi Dott. Maria Naresse Filastò Arch. Maurizio Ferrini Ing. Luigi Padula Ing. Roberto Pagni Ing. Riccardo Bertini Ing. Riccardo Mazzoni
Provincia Lucca	Ing. Mario Goretti
Provincia Pisa	
Provincia Pistoia	
Segretario Gen. A.d.B. del Tevere	
Segretario Gen. A.d.B. dell'Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta - Bacchiglione	Ing. Antonio Borrelli
Segretario Gen. A.d.B. del Volturno, Liri-Garigliano	Ing. Giuseppe D'Occhio
Segretario Gen. A.d.B. dell'Adige	Arch. Adriano Goio
Segretario Gen. Autorità di Bacino del Po	Prof. Roberto Passino
Direttore Gen. Difesa del Suolo del Ministero LL.PP.	Prof. Francesco Sisinni
Direttore Gen. Serv. Tutela Acque del Ministero dell'Ambiente	Dr. Gianfranco Mascazzini





Il tratto di costa tra Marina di Pisa e Viareggio in una foto aerea all'infrarosso falso colore (maggio 1993). È visibile l'erosione del litorale tra la foce dell'Arno (*a sin.*) e la foce del Serchio (*al centro*) e la zona di accumulo tra la foce del Serchio e Viareggio (*a destra*). La città di Pisa è raffigurata in basso a sinistra, lungo il corso dell'Arno.