

APPROFONDIMENTO DELLO STUDIO
NELLE ZONE PARTICOLARMENTE SOGGETTE
AD EROSIONE
PROGETTO GENERALE DI MASSIMA
PROGETTO PILOTA N. 4

Luglio 1980

PARTE

3/B

ZONA CAMPIONE DI
ROMA OSTIA-FIUMICINO

1. RELAZIONE GENERALE

1.1 Studio Idraulico-marittimo

Sono stati sviluppati in scala 1/5.000 i piani d'onda in basso fondale delle tre ondatazioni principali ed i relativi diagrammi di trasporto (1).

Essi sono ricavati dallo sviluppo in basso fondale dei piani d'onda tracciati nel quadro dello Studio generale in scala 1/100.000 e tengono ovviamente conto dell'andamento della batimetria del fondale quale risulta dai rilievi batimetrici compiuti nell'ambito dello Studio.

I diagrammi vanno consultati con gli avvertimenti di cui allo Studio Generale, richiamati brevemente nella prima parte del presente.

— *Tratto tra Fiumara Grande e Fiumicino:*

Le onde di Mezzogiorno e Libeccio, e praticamente tutte le agitazioni dei II-III quadranti, hanno senso di trasporto decisamente rivolto verso Nord.

Solo con agitazioni di Scirocco Levante si ha una inversione di tendenza, ma limitatamente al tratto a Nord. Presso la Foce rimane anche per questa agitazione, la tendenza a promuovere movimento detritico verso Nord.

— *Tratto a Sud di Fiumara Grande:*

Le ondatazioni di Scirocco Levante e di Libeccio spingono decisamente i sedimenti verso Sud.

Solo le agitazioni di Mezzogiorno hanno una azione contraria.

Durante le mareggiate di Mezzogiorno si stabilisce pertanto sul litorale un sistema di correnti da moto ondoso rivolto verso Nord su tutto il litorale.

Con tutte le onde incidenti per effetto dell'andamento dei fondali costituiti dal cono detritico, si ha un fortissimo fenomeno di concentrazione dell'energia.

Questo fatto favorisce la rimozione dei depositi su un ampio fronte ai due lati della foce del fiume e la loro distribuzione laterale.

In questa prospettiva è opportuno esaminare il diagramma dell'energia del moto ondoso elaborato nello Studio generale che qui si riporta.

L'energia dei moti ondosi proveniente da Mezzogiorno è nettamente superata dalle corrispondenti intensità da Libeccio a Levante.

È quindi favorito nettamente il trasporto verso Sud delle alluvioni del Tevere.

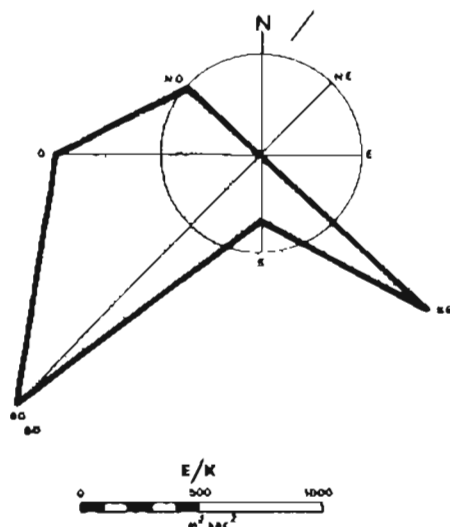


Figura 1 - Diagramma di energia dei moti ondosi incidenti.

Questo flusso detritico è infatti solo contrastato dalle ondatazioni da Sud (di limitata energia), mentre il trasporto verso Nord è contrastato dalle agitazioni di Maestro-Ponente, aventi energia molto superiore.

La presenza dei forti salienti artificiali del Faro di Fiumara Grande e dei moli di Fiumicino perturbano il fenomeno provocando correnti rivolte verso il largo che hanno per effetto la dispersione detritica dei sedimenti.

1.2 Studio Storico

Lo Studio Storico di dettaglio del litorale di Ostia-Fiumicino è stato impostato sul confronto della successiva cartografia. Il confronto è articolato in tre tempi:

- Cartografia antica fino al 1879;
- Cartografia I.G.M. tra il 1879 ed il 1968;
- Cartografia recente tra il 1940 ed il 1977 e rilievo Studio Volta del 1979.

1.2.1 Cartografia antica

Il confronto della cartografia antica è molto agevolato dal tracciamento delle linee di battigia effettuato dal I.I.M., in una apposita edizione scala 1/30.000 del 1913, che si riporta ridotta a 1/42.000. Ad essa si affiancano due carte del 1755-1796 ed una carta I.G.M. priva di data ma databile intorno al 1880.

Nei primi anni dell'era cristiana la foce del Tevere era arretrata rispetto alla posizione attuale di circa 4,5 Km., il porto Claudio si apriva verso Nord con una bocca coperta da un antemurale.

Intorno al 1500 la foce del Tevere era già molto vicina all'attuale posizione, ma notevolmente più orientata verso Sud, per il minore protendimento del lobo destro e nel 1853, il litorale aveva ormai raggiunto nell'andamento la configurazione attuale.

Il protendimento continuò peraltro fino a circa il 1910.

1.2.2 Confronto della cartografia I.G.M.

È basato sulle seguenti edizioni successive delle tavolette 1/25.000:

- 1972 II NO - n. 149 G
II SO - n. 149 G
- 1905 II NO - n. 149 P
II SO - n. 149 P
- 1925 II NO - n. 149 P
II SO - n. 149 A
- 1931 II NO - n. 149 G
II SO - n. 149 G
- 1956 II SO - n. 149 P
II NO - n. 149 P
- 1950 II SO - n. 149 P (2)

e sui brogliacci dei rilievi I.G.M. del 1853-1910.

Sulle tavole di confronto sono riportate, a titolo indicativo, le posizioni antiche della linea di battigia, quali risultano dalla già citata carta I.I.M. del 1913.

1.2.2.1 Tratto a Nord di Fiumara Grande

Tra il 1853 ed il 1872 si ha su tutto il fronte fino a Fiumicino un avanzamento dell'ordine di 2-300 ml.

Nel periodo successivo, prendendo a base la situazione del 1872, significativa anche perché all'epoca non esistevano ancora opere di armatura della foce, non si notano (se non accenni al canale di Fiumicino) variazioni sostanziali fino al 1905. In questi anni fu armata la Foce del ca-

(1) Non sono riportati nel presente studio e possono essere consultati in originale presso la Regione Lazio Assessorato Lavori Pubblici.

(2) G = generale, P = parziale, A = aggiornamento.

nale navigabile di Fiumicino spingendo in mare moli per oltre 250 ml.

Si ebbe in conseguenza, tra i due sfoci del Tevere, un generale avanzamento della linea di battigia di 70-100 ml., che interessò anche il tratto a Nord di Fiumicino per oltre 700 ml., mentre ancora più a Nord non si ebbero variazioni.

A Sud di Fiumara Grande non si notano in questi anni variazioni di rilievo.

Nel 1910 il fenomeno di progressione prosegue e raggiunge il suo massimo in corrispondenza di Fiumara Grande.

Viene costruito il "Faro di Fiumicino" in sponda destra, allo sfocio di Fiumara Grande.

Negli anni seguenti (vedi I.G.M. 1925) vengono ulteriormente prolungati di oltre 250 ml. i moli di Fiumicino.

Nello stesso periodo si assiste ad una progressione della linea di battigia attorno allo sfocio di Fiumicino su un fronte di oltre 3 Km.

Questa volta la progressione è molto maggiore a Sud che a Nord (125 ml. contro 40 ml.) mentre verso Fiumara Grande si ha un notevole arretramento (fino a 250 ml.) ed il "Faro" evidentemente difeso, rimane prominente rispetto alla linea di costa assumendo quasi l'aspetto di una armatura di foce.

Nel frattempo a Sud, come si vedrà, si ha progressione.

Tra il 1925 ed il 1931 non si hanno ulteriori prolungamenti dei moli di Fiumicino, la linea di costa attorno alla foce del canale navigabile rimane praticamente fissa per un tratto di circa 5 Km. (circa 3 a Nord e 2 a Sud) mentre verso Fiumara Grande si hanno arretramenti anche di 100-120 ml., che si ripercuotono per qualche tratto a Sud della foce.

Tra il 1931 ed il 1936, si costruisce una scogliera aderente in sponda destra di Fiumara Grande per un fronte di circa 500 ml.

Tra il 1936 ed il 1950, si assiste immediatamente a Sud delle opere, di cui sopra, ad un fortissimo arretramento esteso su un fronte di oltre 4 Km. e di profondità variabile tra 80 e 40 metri.

Tra le due foci nello stesso periodo si registra una stabilità quasi completa e così pure a Nord di Fiumicino.

Nelle figure da 25 a 36 è riportato il confronto sistematico della cartografia articolato in due tratti successivi.

1.2.2.2 *Tratto tra Fiumara Grande e l'allineamento di Via Cristoforo Colombo*

La storia delle variazioni della linea di battigia, in questo tratto, è abbastanza complessa, si è quindi cercato di schematizzarla analizzando le variazioni in quattro posizioni opportunamente distribuite sul litorale.

In corrispondenza di Via delle Ancore, a circa 2 Km. dalla foce, si registra il massimo avanzamento nel 1853 (come in tutto il tratto Nord) nel 1872 si registra un arretramento di circa 75 metri e successivamente fino al 1936 si ha stabilità (con oscillazione entro 50-60 ml.) nel 1950 si

nota un arretramento di 200 metri rispetto al 1853 e di 125 rispetto al '72.

Infatti, come già visto precedentemente, tra il 1931 ed il 1936 si costruisce una scogliera aderente in sponda destra a Fiumara Grande su un fronte di 500 metri. Immediatamente a Sud si ha erosione fortissima che si estende progressivamente raggiungendo nel '50 un fronte di oltre 4 Km.

In corrispondenza di Piazza dei Ravennati il massimo avanzamento si nota intorno al '31-'36 con ben 250 ml. rispetto al 1853.

All'altezza di Piazza Sirio si ha stabilità tra il 1853 e 1872, avanzamento di circa 175 metri fino al 1931 e ritiro di 30 metri circa tra il 1931 ed il 1950.

Dinanzi a Piazzale Cristoforo Colombo si nota un arretramento tra il 1853 e 1872 di ben 170 metri, un avanzamento di circa 75 metri fino al 1930 e quindi un ritiro di 30 metri circa tra il 1930 ed il 1950. Si noti che, a parte la scogliera aderente realizzata presso Fiumara Grande, intorno al 1936, l'unica opera a mare esistente in questo tratto era l'armatura della foce dello Stagno.

Nelle figure da 37 a 50 è riportato il confronto sistematico della cartografia suddiviso in due tratti successivi.

1.2.3 *Evoluzione della batimetria*

Il confronto della batimetria è stato condotto sulla base dei brogliacci di rilevamento I.I.M. del 1883 confrontati con i rilievi di Studio Volta dell'Agosto-Settembre 1979 ed Aprile 1980 (figg. 2 e 3). Procedendo da Nord verso Sud si nota un forte abbassamento dei fondali nella zona tra Fiumicino e Fiumara Grande fino al fondale di 10 metri ed oltre.

A Sud di Fiumara Grande nel primo tratto, corrispondente come si è visto ad un arretramento notevole della costa, tra il 1883 ed oggi si nota un fortissimo approfondimento sottocosta, mentre il fondale antistante si distende notevolmente. A Sud di Piazza dei Ravennati in corrispondenza di posizioni fisse della battigia, si nota un profilo che gradualmente, anche approfondendosi, diviene più regolare.

È evidente in corrispondenza del tratto difeso a scogliere lo stabilirsi del caratteristico profilo dovuto alla azione di riflesso.

Su tutto il tratto il processo erosivo fortissimo ha interessato fondali ben superiori ai 10 metri.

Da un conteggio di grande massima, tra il canale di Fiumicino e l'allineamento di Via Cristoforo Colombo, è mancante un volume di oltre 40 milioni di mc. di sedimenti.

Nelle figure 2 e 3 sono riportate alcune sezioni di confronto.

1.2.4 *Confronto della cartografia recente*

Nelle tavole 37 e 38 del Vol. 2 è riportato il confronto della recente cartografia e precisamente:

— Rilievo catastale del 1940;

— Rilievo aereofotogrammetrico del 1961-1962;

— Rilievo aereofotogrammetrico del 1977;

— Rilievo Studio Volta del Dicembre 1979.

Sulle stesse tavole sono riportate, a titolo di confronto, la linea di costa nel 1904 ricavata da brogliacci di campagna, reperiti presso l'archivio I.I.M. di Genova, e le posizioni della linea di battigia ed i fondali nel 1883 ricavati ancora dall'archivio I.I.M.

Nel tratto tra Fiumicino e Fiumara Grande, tra il 1940 ed il 1961-1962, furono costruite semplici opere di protezione aderente nella zona corrispondente al Faro e nelle immediate adiacenze.

Tra il 1962 ed il 1977, si nota un diffuso arretramento con massimo di circa 50 ml. nel tratto centrale e sfumato verso gli estremi.

Tra il 1977 ed il Dicembre 1979, sono state costruite una serie di dighe nella parte Sud del litorale ed una scogliera aderente su un fronte di oltre 300 ml.

Nella zona a Sud di Fiumara Grande, tra il 1940 ed il 1961-1962, furono costruite dighe parallele su un fronte di circa 700 ml. a Nord di Piazza dei Ravennati ed una serie di pennelli a Sud tra la stessa Piazza e Piazza Sirio e fu prolungata l'armatura allo sfocio del canale dello Stagno.

Tra il 1961 ed il 1977, furono costruite dighe aderenti immediatamente a Sud di Fiumara Grande (1) e proseguito verso Nord per un fronte di circa 350 metri, il sistema di dighe parallele a Nord di Piazza dei Ravennati (con cui il complesso raggiunge l'estesa di circa 1 Km.).

A Sud di Piazza dei Ravennati si ebbero forti arretramenti che interessarono il litorale fino oltre l'allineamento di Via Cristoforo Colombo.

Tra il 1977 ed il Dicembre 1979 (Rilievo Studio Volta) si ebbero fortissimi arretramenti immediatamente a Sud di Fiumara Grande (dell'ordine di 20-50 metri) e furono costruiti tre nuovi gruppi di opere marittime.

Iniziando dalla Foce di Fiumara Grande: Due pennelli di cui uno con testata circolare radicati su scogliera aderente a due pennelli a T, un gruppo di 5 dighe parallele per un fronte di oltre 500 ml., che si insabbiarono rapidamente provocando l'aggravamento della situazione sul litorale a Sud, che fu difeso per un fronte di altri 500 ml. con massi ciclopici di calcestruzzo. Oltre tale tratto è stata iniziata recentemente la costruzione di due nuove dighe a T.

Nello stesso periodo la sabbia depositata in primo tempo a ridosso del sistema di dighe a Nord di Piazza dei Ravennati venne asportata dal mare.

Il tratto a Sud fino ad oltre Piazza Sirio, armato con pennelli, risultò abbastanza stabile e così pure il tratto successivo fino allo sfocio del canale dello stagno. Più

(1) Nel frattempo la scogliera aderente costruita intorno al 1936 era stata completamente ingoiata dal mare.

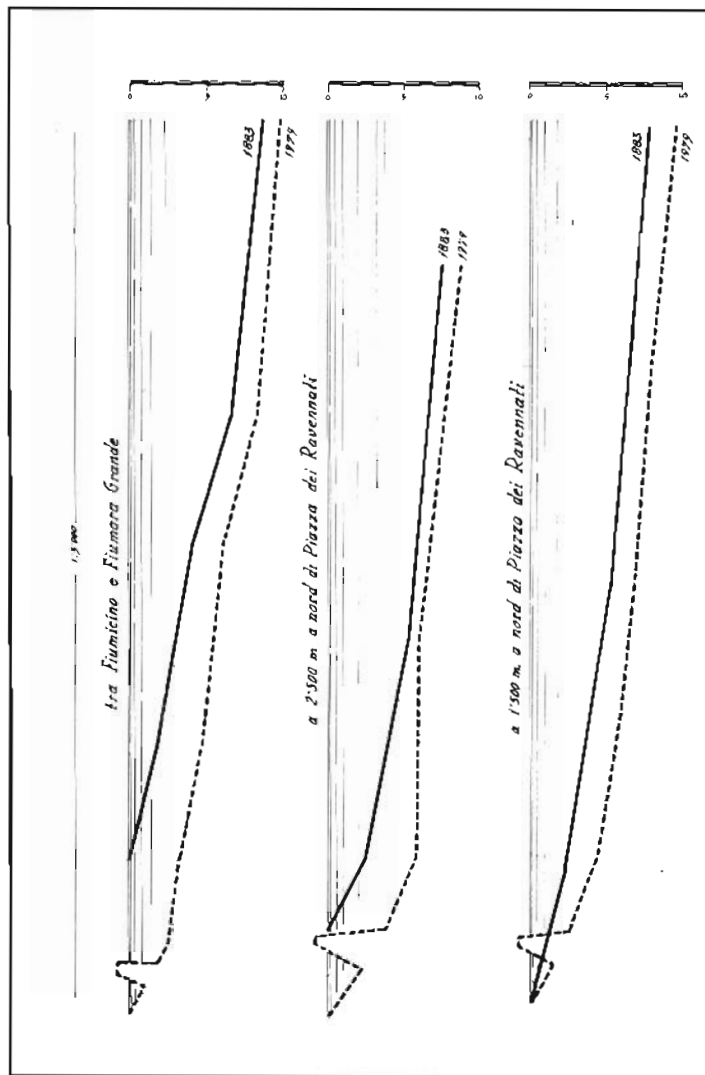


Figura 2

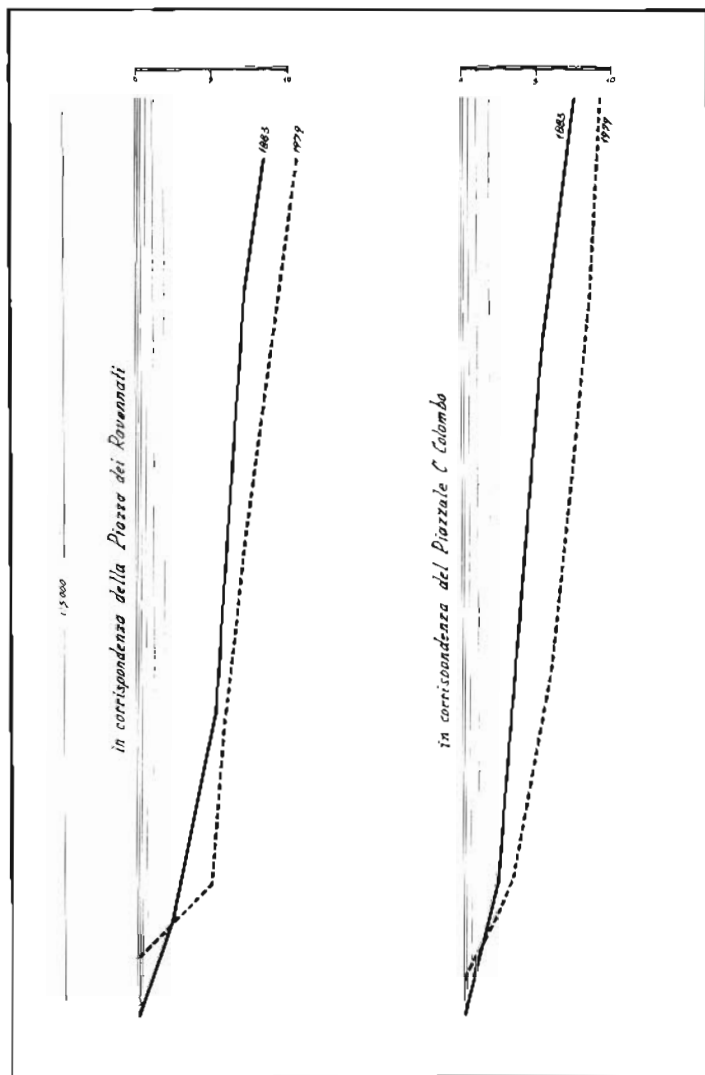


Figura 3

a Sud, invece, si ebbero forti arretramenti che attualmente interessano anche il litorale di Pomezia ed Ardea. Di seguito sono riportate alcune foto (figg. da 4 a 11) che illustrano la situazione attuale.

1.3 Studio Sedimentologico

Le tavole 37 e 38 del Vol. 2 riportano le posizioni di prelevamento dei campioni e delle carotature.

Due campioni n. I₀ ed V₀ sono stati sottoposti a diffrattogrammi a raggi x che si riportano alle figg. 15 e 16.

Le unite tabelle riportano i dati granulometrici dei campioni superficiali e delle carotature ottenute per depressione. I dati sono ricavati mediante passaggio in setacci a 1/2 Ø e riportano il diametro medio M₂, Sorting (SD) Skewness (Sk) e Kurtosis (Kg).

Per ciascuna carota si sono eseguite le sopraccitate analisi per almeno tre campioni a diversa profondità.

1.3.1 Diffrattogrammi e foto morfoscopiche

I diffrattogrammi dei due campioni esaminati I₀ e V₀, che si trovano agli estremi della zona, mostrano essenzialmente

un contenuto in quarzo, calcite, pirosseni vari e magnetite.

In particolare è da notare che il campione I₀ ha un contenuto di magnetite circa triplo rispetto al V₀.

Come si è visto peraltro ciò ha importanza relativa in quanto esistono fenomeni di separazione del sedimento per peso specifico che è impossibile evitare nel prelevamento dei campioni.

Le tre foto microscopiche 30× I₀ - III₀ e V₀, mostrano un sedimento estremamente simile anche dal punto di vista del grado di elaborazione dei granuli.

1.3.2 Analisi granulometriche

La distribuzione granulometrica di battigia su tutto il litorale è molto tormentata.

Questo fattore non è sufficientemente rispecchiato dalle analisi in quanto la campionatura è stata condotta prelevando in zone quanto più possibile lontane da ostacoli o strutture che perturbino il campo di energia, tuttavia è riscontrabile anche visivamente sul posto.

La distribuzione in profondità appare invece abbastanza regolare.

Sulla base dei dati granulometrici sono stati calcolati dei parametri suscettibili di dare indicazioni di carattere ambientale. Il più semplice di tali parametri, il diametro medio (M₂), viene, per ragioni di

semplicità ed immediatezza di percezione, presentato in mm.

Gli altri parametri, skewness (Sk), Sorting (SD) e Kurtosis (Kg), vengono presentati in phi, dove phi = -log₂ delle dimensioni espresse in mm.

Il diametro medio (M₂) rappresenta la larghezza media dei granuli della sabbia esaminata ed è pertanto un indice di grossolanità.

La classazione (Sorting o SD, standard deviation) indica il grado di selezione granulometrica della sabbia. Sabbie ben classate corrispondono in genere ad ambienti di elevata energia. La asimmetria, o Skewness (Sk), esprime il grado di simmetria della curva cumulativa dei valori granulometrici.

Se la distribuzione granulometrica è simmetrica, Sk è uguale a 0; Sk è invece positivo quanto la pendenza della curva cumulativa verso le frazioni più fini è minore che verso le frazioni più grossolane, negativo nel caso opposto. Le sabbie pertanto con una coda di materiale più grossolano presentano asimmetria negativa. Il Kurtosis (Kg) è il rapporto fra la pendenza della curva cumulativa nella parte centrale e la pendenza verso le estremità ed esprime pertanto il grado di prevalenza delle frazioni dimensionalmente intermedie rispetto a quelle estreme.

In una stessa zona sabbie di dimensioni maggiori corrispondono a settori di maggiore energia. Genericamente valori di

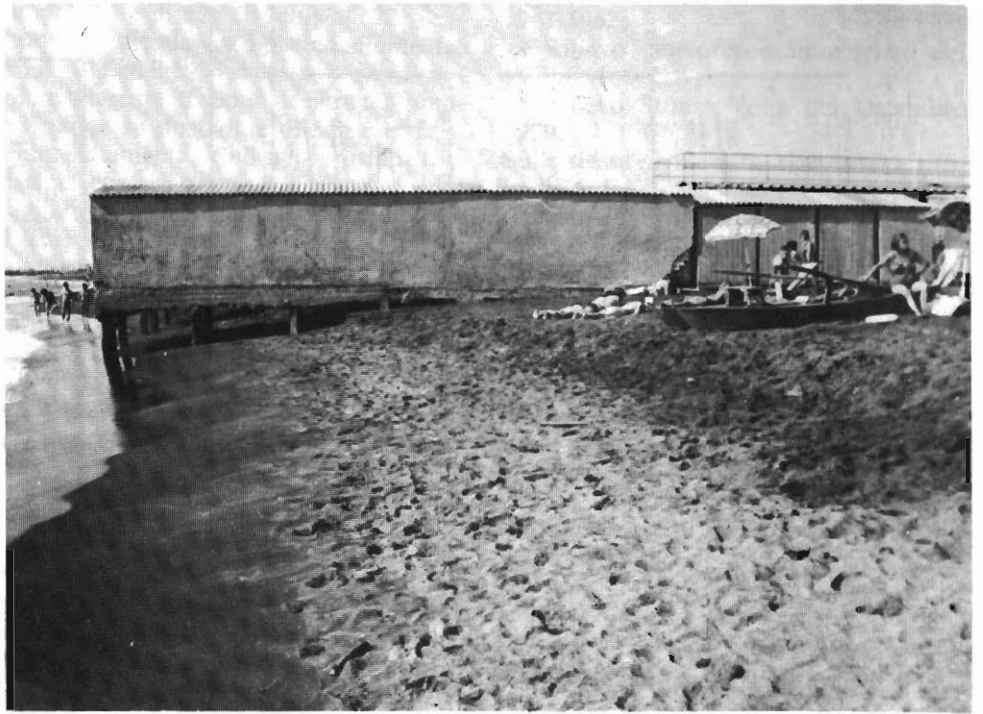


Figura 4 - Fiumicino - Agosto 1979: A 400 ml. a Sud dei moli del Porto Canale.



Figura 5 - Fiumicino - Agosto 1979: Dalla stessa posizione della foto precedente verso Sud.

Figura 6 - Fiumicino - Agosto 1979: Circa 1 Km. a Sud dei moli del porto Canale: è evidente la situazione di erosione.



Figura 7 - Fiumicino - Agosto 1979: Dalla stessa posizione della foto precedente verso Nord.





Figura 8 - Ostia - Agosto 1979: Scogliere a difesa in corrispondenza di Via delle Ancore.



Figura 9 - Ostia - Agosto 1979: Stessa posizione della foto precedente verso Sud.

Figura 10 - Ostia - Agosto 1979: All'altezza di Piazzale Cristoforo Colombo, la spiaggia è ancora profonda, si avvertono però i primi segni di erosione.



Figura 11 - Ostia - Agosto 1979: Stessa posizione della foto precedente.

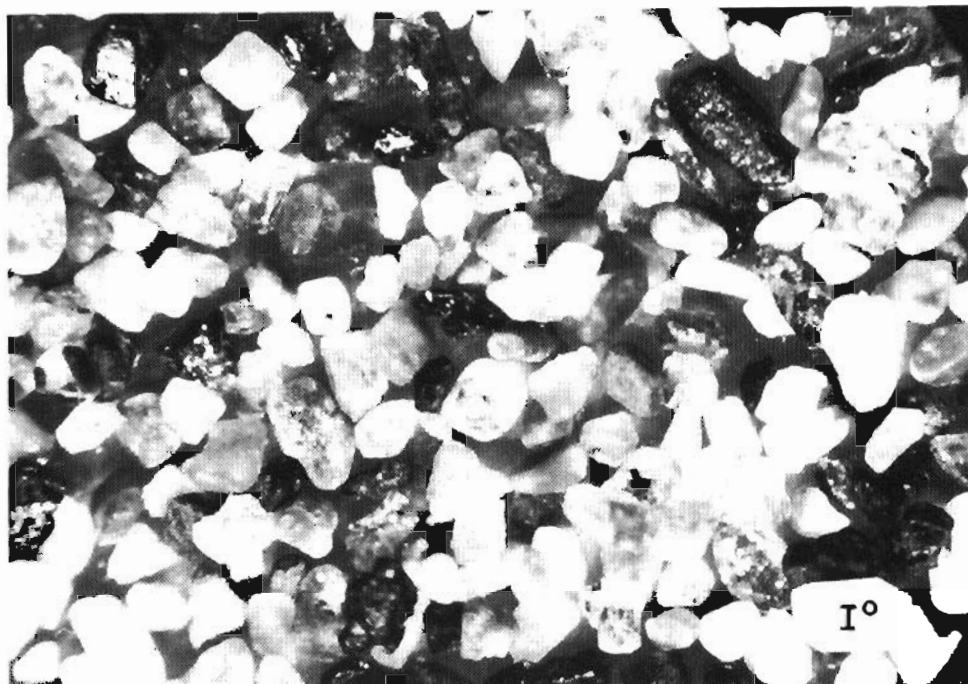
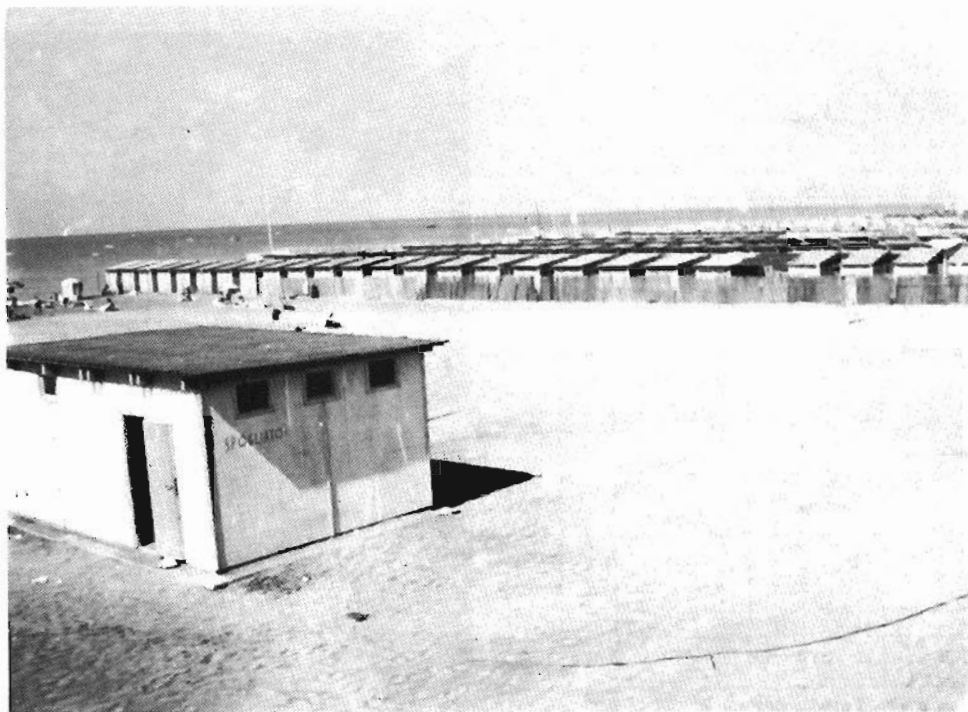


Figura 12 - Foto campione I°

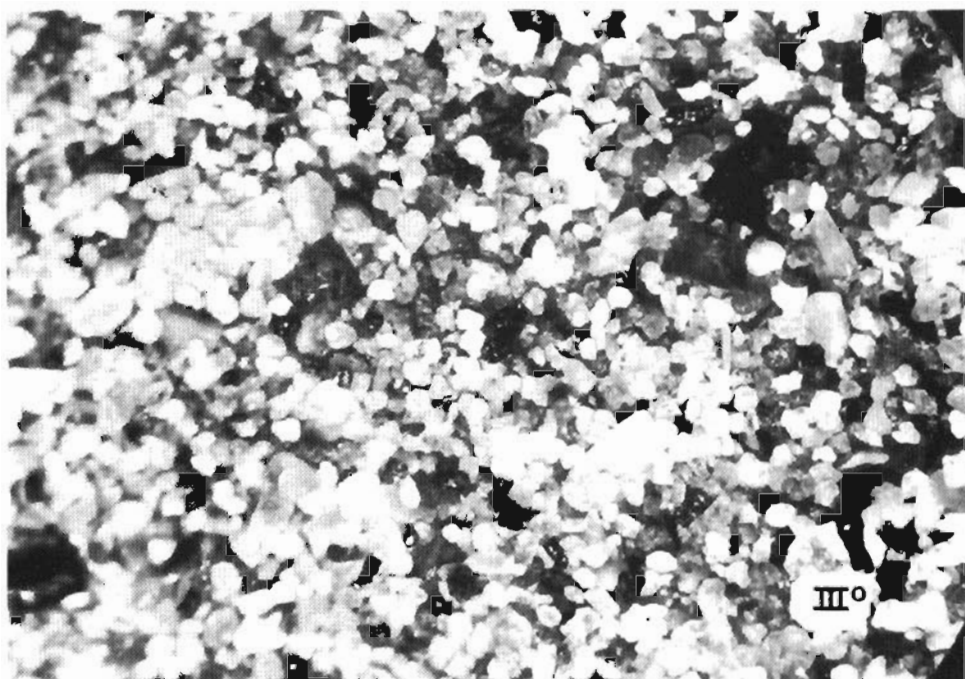


Figura 13 - Foto campione III°

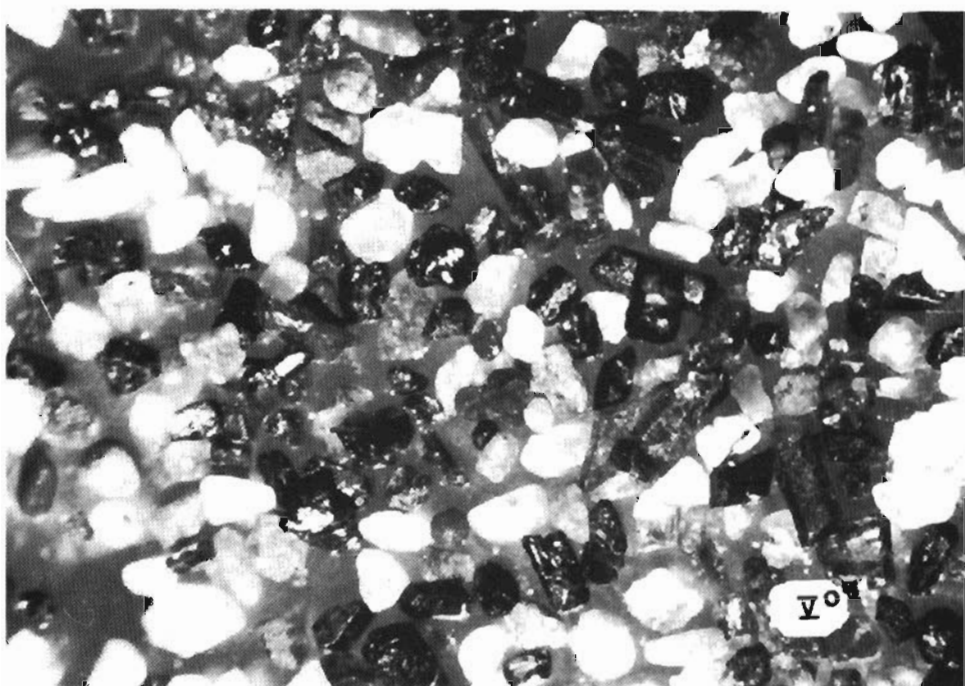


Figura 14 - Foto campione V°

e pertanto più soggetti a fenomeni di erosione.

Valori opposti o minori degli stessi parametri corrispondono invece per lo più ad ambienti tranquilli e quindi più facilmente sede di fenomeni di sedimentazione.

1.3.3 Carotature

Sia a Fiumicino che in corrispondenza di Via Colombo le quattro carotature abbastanza profonde dimostrano che lo strato sabbioso è piuttosto sciolto.

La granulometria è molto costante in profondità con indici molto simili ai campioni superficiali.

1.3.4 Calcimetria

La variazione della calcimetria entro limiti piuttosto estesi è dovuta certamente alla classazione superficiale per peso specifico già notata.

ZONA CAMPIONE OSTIA-FIUMICINO
SEZIONE I (Fiumicino)

Caratteristiche	Profondità				
	0	—2	—3	—5	—7
M2	0,510	0,374	0,367	0,213	0,152
SD	0,607	0,714	0,685	0,641	0,537
SK	0,041	—0,205	—0,144	—0,023	0,043
Kg	0,730	0,952	0,946	0,738	1,338
CaCO ₃	23%	21%	20%	13%	19%

Carotature	—3 L = 0,70			—5 L = 1,20		
	top	metà	fondo	top	metà	fondo
M2	0,367	0,363	0,362	0,213	0,237	0,305
SD	0,685	0,647	0,688	0,641	0,687	0,544
SK	—0,144	—0,201	—0,135	—0,023	0,081	—0,53
Kg	0,946	0,919	0,988	0,738	0,924	1,354
CaCO ₃	20%	21%	20%	13%	13%	19%

Notevole contenuto di magnetite
nelle parti fini

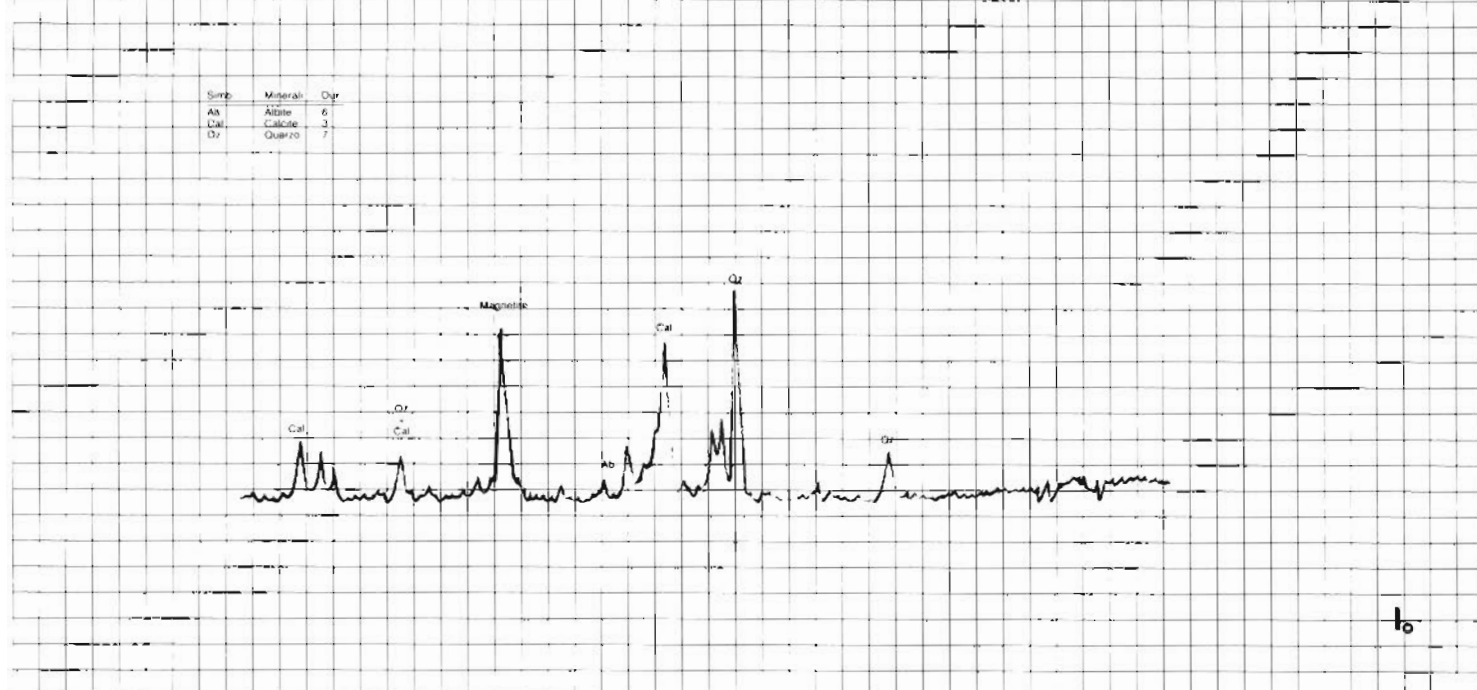


Figura 15 - Diffratogramma del campione 1°

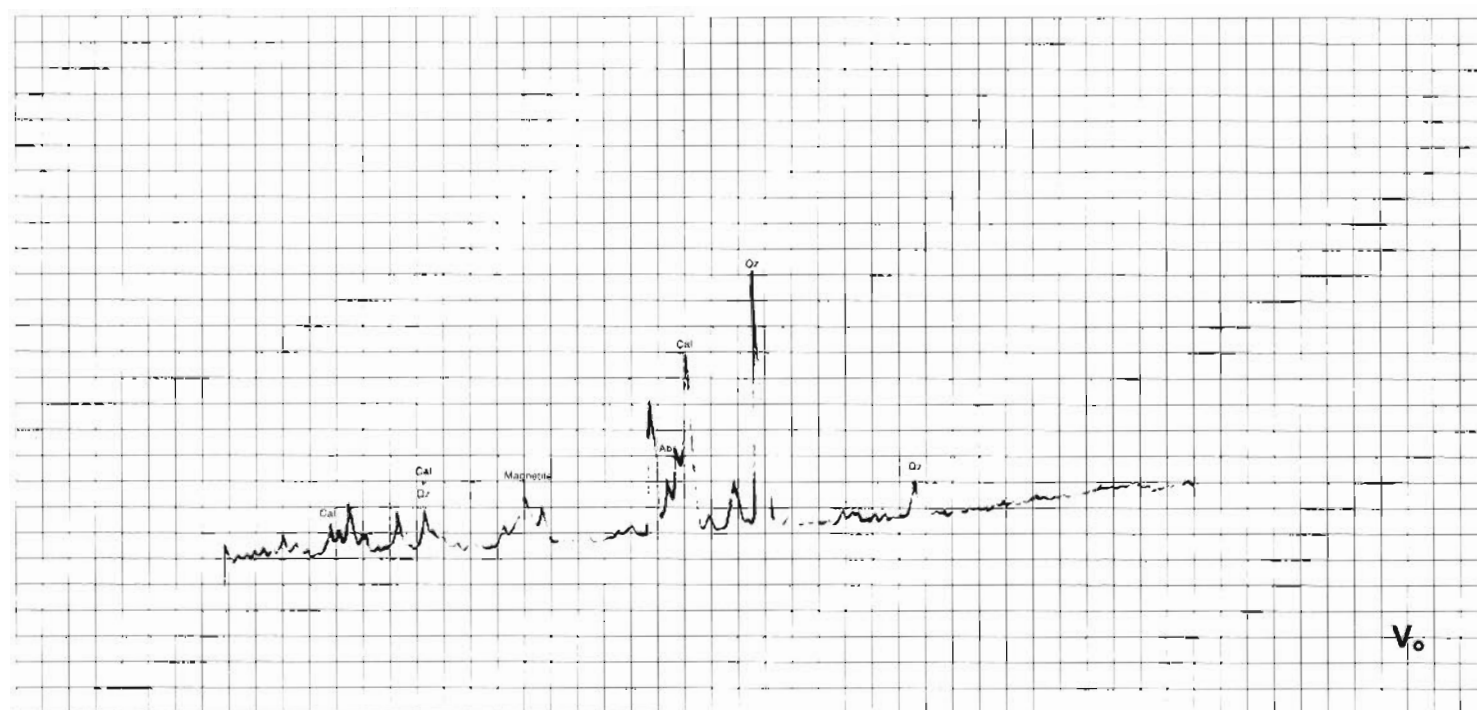


Figura 16 - Diffratogramma del campione V°

SEZIONE II (Fiumara Grande)

Caratteristiche	Profondità				
	0	-2	-3	-5	-7
M2	0,220	0,305	0,362	0,215	—
SD	0,694	0,545	0,688	0,643	Non analiz. costit. alghe e detriti veg. con limi organ.
SK	-0,351	-0,055	-0,135	-0,025	
Kg	1,061	1,356	0,988	0,740	
CaCO ₃	21%	19%	22%	21%	

SEZIONE III (Via delle Ancore)

Caratteristiche	Profondità				
	0	-2	-3	-5	-7
M2	0,218	0,466	0,320	0,187	0,112
SD	0,666	1,282	0,496	0,450	0,694
SK	0,058	-0,053	-0,210	-0,171	0,001
Kg	0,745	0,492	1,143	1,141	0,851
CaCO ₃	22%	21%	29%	20%	21%

1.4 Interpretazione dell'equilibrio psammografico e dell'evoluzione storica del litorale

Lo Studio dell'evoluzione storica del litorale, esaminato tenendo presenti i risultati dello Studio idraulico-marittimo, ha consentito importanti deduzioni sull'equilibrio psammografico.

La ricerca sedimentologica non ha infatti fornito molti elementi soprattutto a causa della notevole uniformità del sedimento presente nella zona.

Già la evoluzione antica della foce del Tevere mostra chiaramente la prevalente tendenza del corso d'acqua a scaricare a Sud.

L'orientamento della bocca principale ed il maggiore sviluppo del lobo destro, rispetto al sinistro, denunciano chiaramente questa tendenza.

Con la costruzione del Porto Claudio già

SEZIONE IV (Piazza Ravennati)

Caratteristiche	Profondità				
	0	-2	-3	-5	-7
M2	0,312	0,248	0,234	0,202	0,114
SD	0,537	0,632	0,609	0,514	0,698
SK	0,236	-0,065	-0,159	-0,249	0,009
Kg	1,075	0,740	0,769	1,107	0,857
CaCO ₃	20%	18%	16%	21%	19%

SEZIONE V (Via Colombo)

Caratteristiche	Profondità				
	0	-2	-3	-5	-7
M2	0,351	0,326	0,375	0,331	0,126
SD	0,503	0,601	0,716	0,566	0,806
SK	-0,023	0,089	-0,208	-0,197	0,401
Kg	1,312	1,293	0,954	1,167	0,954
CaCO ₃	15%	18%	20%	22%	19%

Carotature	-3 L = 0,85			-5 L = 1,00		
	top	metà	fondo	top	metà	fondo
M2	0,375	0,370	0,373	0,331	0,320	0,326
SD	0,716	0,683	0,653	0,566	0,499	0,529
SK	-0,208	-0,215	-0,272	-0,197	-0,211	-0,243
Kg	0,954	0,940	0,884	1,167	1,141	1,159
CaCO ₃	20%	19%	21%	22%	21%	22%

i Romani intuirono questa situazione e cercarono di ubicare l'opera dal lato meno soggetto al flusso detritico.

Ciò naturalmente non fu sufficiente ad assicurare la immunità del porto dall'interrimento, sia in quanto il movimento di sabbia era (ed è tutt'ora) pur sempre rilevante, sia perché all'epoca il protendimento del cono detritico era in pieno sviluppo.

Il fatto però che fu tuttavia possibile, anche in epoche in cui le tecniche di dragaggio erano abbastanza primitive, mantenere funzionante il canale navigabile di Fiumicino, porta a dedurre che il flusso detritico verso Nord fu, anche nel periodo di protendimento, ed in mancanza di opere marittime aggettanti, relativamente meno rilevante rispetto a flusso detritico presente a Sud di Fiumara Grande.

La storia evolutiva nel periodo tra il 1905 ed il 1950, se si pone attenzione al confronto delle variazioni riscontrare sui due lobi Nord e Sud, porta ad interessanti constatazioni.

Intorno al 1910 si ha il massimo avanzamento in corrispondenza della foce di Fiumara Grande.

Da questo momento inizia decisamente l'arretramento che si propaga velocemente verso Sud, interessando solo un brevissimo tratto del lobo destro verso Nord. La prima opera di difesa è appunto realizzata intorno al 1910-1915 per proteggere il Faro di Fiumara Grande investito dall'arretramento.

Con i primi fenomeni erosivi, che si verificano appunto in quegli anni, la struttura del Faro si trasforma in una armatura di foce che fissa il lobo destro.

Con la costruzione delle prime armature allo sfocio del canale navigabile (1915-1920) attorno ai moli, si ha accu-

mulo equilibrato ai due lati, mentre il ritiro è concentrato verso Fiumara Grande con una rotazione di parecchi gradi nell'orientamento di questo tratto di litorale.

Solo in seguito al secondo intervento di prolungamento dei moli si nota un certo squilibrio, ma nel senso che si registra un accumulo maggiore contro il molo a Sud rispetto a quello che pur continua contro il molo Nord.

Se si va ancora oltre nel tempo, si vede che per determinare una certa erosione a Nord dei moli di Fiumicino occorre superare il 1950 quando tra le due foci già da tempo si era instaurata una certa stabilità (tra il 1936 ed il 1950 non si registrano infatti variazioni di rilievo in questo tratto), mentre a Sud di Fiumara Grande in quello stesso periodo, si scatena violentissima la erosione che si propaga veloce verso Sud.

Queste constatazioni potrebbero portare a concludere che il flusso detritico in corrispondenza dello sfocio del canale di Fiumicino è decisamente rivolto verso Sud e che quindi le spiagge di Focene e Frege ne hanno origini locali o dipendono da alimentazioni provenienti da Nord e sono quindi indipendenti dalle alluvioni del Tevere.

In effetti il fenomeno è più complesso. La foce del Tevere è un notevole saliente della costa per cui le deiezioni solide, dalle due branche del fiume, in occasione delle piene, vengono sospinte dalla corrente fluviale ben in profondità nel mare.

Il sedimento viene successivamente risospinto verso la costa da qualunque agitazione incidente che lo distribuisce su un ampio fronte dello sviluppo di parecchi chilometri che comprende quindi anche Fiumicino.

Da questo momento la sua distribuzione è regolata dalla angolazione ed intensità dei moti ondosi rispetto dalle isoipse e dalle correnti che in conseguenza si stabiliscono.

Occorre pertanto esaminare la situazione in base allo studio dei piani d'onda, dei diagrammi dell'energia del moto ondoso e alla analisi delle variazioni determinatesi nel tempo nell'andamento costiero.

Ricordiamo al proposito (vedi schema fig. n. 22 - Vol. I) che mentre alla foce del Tevere si ha una nettissima prevalenza delle energie dei mari di Libeccio e Ponente rispetto a Mezzogiorno, procedendo verso Nord questa situazione si attenua sensibilmente.

Tenendo ben presenti queste premesse è abbastanza agevole la interpretazione della evoluzione storica di questo tratto di litorale.

Inizialmente (prima del 1905) le alluvioni del Tevere, depositate nel corso delle piene nei fondali antistanti per un ampio tratto, sospinte dalle agitazioni sul litorale, si distribuivano prevalentemente verso Sud (per la netta predominanza delle ondatazioni di Maestro-Ponente e Libeccio su quelle di Mezzogiorno).

La parte di esse che raggiungeva il litorale a Nord di Fiumara Grande ora sospinta prevalentemente verso Nord, poiché questo moto era favorito dalle agitazioni di Libeccio che unite a quelle di Mezzogiorno, tenuto conto dell'orientamento costiero, prevalgono su tutto il litorale anche se non altrettanto decisamente.

Una parte delle alluvioni depositate in questo tratto era però sospinta verso Sud dalle agitazioni di Maestro-Ponente (di notevole energia) e superata la foce di Fiumara Grande, non poteva che proseguire definitivamente verso Sud.

In questa situazione evidentemente, in seguito allo affievolirsi delle portate solide del Tevere, il litorale si sarebbe arretrato su tutto il fronte come è accaduto per gli altri fiumi tirrenici (esempio Arno e Garigliano) e come si è riscontrato nei fondali antistanti).

Intorno al 1905-1910 fu costruita la difesa del Faro di Fiumara Grande ed i primi moli di una certa importanza a Fiumicino.

In conseguenza le alluvioni, che sono sospinte sulla costa in questo tratto di litorale, trovano due sporgenti che ne rendono più difficoltoso il movimento lungo la riva.

Il protendimento del Faro di Fiumara Grande ostacola il movimento verso Sud (prima determinato dalle agitazioni di Maestro-Ponente) mentre i moli di Fiumicino creano un riparo dalle stesse agitazioni nella zona immediatamente sottoflutto favorendone l'avanzamento.

Questo meccanismo in sostanza privilegia il lobo Nord del cono detritico a svantaggio di quello Sud che pertanto per primo entra in erosione, mentre nella zona tra i due salienti del Faro e di Fiumicino si instaura un regime di stabilità.

Per quanto attiene al tratto di litorale a Nord di Fiumicino la spiaggia, mentre viene privata di una parte delle alluvio-

ni, che prima gli venivano tributate dal tratto di lobo a Sud, viene in un certo qual modo protetta per la presenza dei nuovi moli dalle agitazioni molto inclinate provenienti da Mezzogiorno e Libeccio.

A questo fatto si unisce l'appoggio che la struttura offre al trasporto verso Sud, promosso dalle agitazioni di Maestro Ponente (di notevole energia).

Si determina perciò un accumulo bilaterale contro i due moli.

Il compenso tra queste due azioni preserva per lungo tempo questa spiaggia dal processo erosivo.

Con il nuovo prolungamento dei moli di Fiumicino viene ulteriormente accentuata questa situazione e quindi favorito il deposito dei sedimenti sottoflutto al molo (a Sud) a scapito della spiaggia molto esposta in corrispondenza dell'estremo a Sud contro il Faro che pertanto entra in erosione.

Quest'ultimo fenomeno, molto probabilmente è stato accentuato dagli interventi a difesa del Faro che hanno provocato nella zona immediatamente adiacente, forti azioni di riflesso con conseguente alto livello energetico che ha reso difficile la sedimentazione.

Con gli interventi degli ultimi anni si è proceduto oltre nell'accentuare questo squilibrio.

È del 1940 la difesa aderente a Nord del Faro e l'inizio della costruzione delle dighe parallele, procedendo verso Nord attualmente in corso.

Con il 1960 la erosione raggiunge la spiaggia a Nord di Fiumicino (dighe costruite a difesa stabilimento Purfina).

Questo fatto è molto importante in quanto dimostra inequivocabilmente la dipendenza di questo tratto di costa dalle alluvioni del Tevere.

Attualmente la costa è infatti in forte erosione per un ampio tratto verso Nord che si propaga velocemente verso Focene.

Il fenomeno è avvertito relativamente, solo perché in questo tratto l'urbanizzazione non è per fortuna molto avanzata.

La evoluzione dei fondali in forte erosione, praticamente uniforme su tutto un amplissimo fronte dinanzi al Tevere, conferma pienamente questa ricostruzione. In effetti con gli sbarramenti per scopo idroelettrico realizzati negli ultimi anni (Corbara 1963) la portata solida del Tevere, già depauperata fortemente dalle estrazioni di inerti è fortemente ridotta. L'equilibrio sopra descritto relativo alla distribuzione laterale delle alluvioni, mentre è valido per interpretare la evoluzione storica del litorale, non è più interamente rispondente alla situazione odierna.

In mancanza di interventi sulla costa, in conseguenza della fortissima riduzione delle portate solide del Tevere il cono delizio avrebbe iniziato un ritorno a ritroso nella sua evoluzione di protendimento secondo una famiglia di curve simili a quelle relative alla fase di protendimento. In conseguenza degli interventi umani a difesa della costa detto ritorno è stato localmente impedito in corrispondenza della linea di battaglia, ma non nei fondali. In effetti attualmente le spiagge che era-

no alimentate dalle alluvioni del Tevere oggi sono quasi esclusivamente alimentate dalla demolizione della parte sommersa del suo cono delizio che pertanto è destinato ad essere gradualmente ridotto dall'azione erosiva del mare.

Tuttavia, agli effetti della distribuzione detritica laterale, lo schema di funzionamento attuale è da considerarsi (con le attenzioni di cui sopra) praticamente coincidente con quello naturale.

La ricostruzione che si prospetta e che non pretende naturalmente di essere definitiva se non nelle grandissime linee, porta a concludere che le alluvioni del Tevere contribuiscono alla alimentazione delle spiagge a Nord ed a Sud di Fiumara Grande, comprendono ampiamente Fiumicino ed hanno influenza determinante anche più a Nord fino e forse oltre Fregene.

1.5 Programmi di intervento del Ministero LL.PP. e previsione della evoluzione del fenomeno

Nella tavola 2 allegata alla Parte 3/B sono riportati schematicamente i più recenti interventi del Ministero LL.PP. ed i programmi di intervento.

Si prevede in sostanza di iniziare un sistema generalizzato di difese parallele discontinue ai due lati della Foce del Tevere.

In questa prospettiva è facilmente prevedibile che:

a) a ridosso delle dighe sarà catturato un certo volume di sabbia;
b) di fronte alle dighe, per azione di riflesso, si avrà un parallelo innalzamento dei fondali (od un minore irripidimento dovuto al sovrapporsi del fenomeno particolare a quello generale).

Questo fenomeno avrà per conseguenza un ulteriore aggravamento del bilancio detritico sottoflutto e quindi peggiorerà l'attuale già precaria situazione.

Si sarà quindi indotti (ove non si tenga conto di questo processo) ad intervenire sottoflutto con nuove opere analoghe che a loro volta aggraveranno ulteriormente la situazione e così via.

Non vi è dubbio pertanto che ove si continuasse in questo senso si giungerebbe ad estendere l'intervento da Fregene fino ad Anzio con una spesa che è facile definire paurosa.

A questo proposito è opportuno far notare che la situazione di Torvaianica e Ardea sarà ulteriormente aggravata da questo tipo di intervento per cui è ampiamente prevedibile che la situazione precipiterà velocemente.

1.6 Analisi della situazione attuale in relazione a possibili interventi alternativi al programma in corso

Da quanto emerso dallo Studio generale ed approfondimento discende che non è possibile nell'attuale situazione esaminare il fenomeno nell'ambito della "zona campione", tra Fiumicino e l'allineamento di Via Cristoforo Colombo, ma è indispensabile allargare la visuale all'intero arco

costiero compreso almeno tra i salienti di Anzio a Sud e di Torre Flavia a Nord, direttamente influenzato dalla distribuzione delle alluvioni del Tevere.

D'altra parte il prospettare un intervento che risolva la situazione di erosione nell'ambito ristretto della zona campione senza tener conto di possibili ripercussioni all'esterno, non sarebbe nello spirito del presente studio che viceversa, proprio per il suo ambito di visuale, deve considerare il problema soprattutto nella più ampia prospettiva possibile.

Si noti a questo proposito che una soluzione che consenta un certo equilibrio nella zona senza preoccupazioni per le spiagge vicine sarebbe di una notevole semplicità.

L'ancora presente flusso detritico che scorre dinanzi al litorale per i pur diminuiti apporti del Tevere, assicurerebbe infatti un facile successo ad un intervento realizzato con un minimo di conoscenza di questi problemi.

Sia un sistema di dighe parallele (proposte ed in corso di realizzazione dal Ministero LL.PP.) e più ancora un sistema di pennelli trasversali, se opportunamente progettato e programmato nella successione delle opere nel tempo e nello spazio, sarebbe sicuramente in grado di conseguire il fine di cui sopra.

Unico problema al proposito sarebbe la necessità di adeguare continuamente le strutture all'abbassamento dei fondali antistanti (vedi 1.4 ultimi commi).

La prima soluzione avrebbe a nostro parere lo svantaggio notevole di creare riflesso e quindi determinare un profilo poco conveniente (vedi seguito).

Una soluzione con pennelli trasversali o meglio con piattaforme isole abbastanza stabilmente radicate al litorale, sarebbe senza dubbio più conveniente.

Sottoflutto alle opere peraltro in ogni caso allo squilibrio già attualmente in corso, si aggiungerebbe una erosione aggiuntiva che obbligherebbe a proseguire in condizioni sempre più pressanti l'intervento sottoflutto.

Ciò che d'altra parte, come già visto, prevediamo si verifichi in conseguenza della realizzazione dei programmi in corso.

1.7 Impostazione di una strategia di intervento

Considerato che:

a) non è concepibile né a breve né a medio termine pensare ad un superamento della grave situazione di deficit detritico, dovuto alla descritta situazione del Tevere;

b) che anzi, in conseguenza degli interventi in corso e programmati, è prevedibile che nei prossimi anni il debole flusso detritico residuo del Tevere sarà in gran parte bloccato a vantaggio della zona attorno alla foce con fortissimo aggravamento del deficit nelle zone laterali;

c) che non è parimenti concepibile, come già accennato, impostare un programma di intervento che, seguendo la logica fino ad ora data al problema, segna l'erosione mano mano incentivandola e ponendo quindi le premesse per sempre più

massicci interventi fino a coprirli con una successione assurda di opere ripetitive tutta la enorme zona di influenza del fiume Tevere.

Si ritiene necessaria una chiara impostazione strategica degli interventi che parta dai seguenti presupposti:

I) Rinunziare al ristabilimento (a breve e medio termine e forse definitivamente) (1) di un equilibrio alimentato dal flusso detritico naturale nel tratto di litorale più direttamente compromesso a cavallo delle foci del Tevere e prevedere per questo tratto di litorale interventi tendenti a *stabilire in esso un tipo di equilibrio indipendente dalle portate solide del fiume* e che anzi presupponga un ulteriore aggravarsi del bilancio detritico.

II) Proporsi invece di ristabilire al più presto un certo equilibrio nei due tratti laterali influenzati dalle alluvioni del Tevere.

Per il tratto di cui al punto I), indicato nel seguito come tratto I), intendiamo attualmente in linea orientativa quello compreso tra Fiumicino e l'allineamento di Via Cristoforo Colombo, ma avvertiamo che esso è destinato a dilatarsi velocemente nel tempo, ove il programma che proponiamo non sia realizzato più che prontamente (tavola 3 allegata alla Parte 3/B). Per il tratto di cui al punto II), indicato nel seguito come tratto II), intendiamo i due archi compresi rispettivamente tra il canale di Fiumicino e Fregene a Nord tra l'allineamento di Via Cristoforo Colombo ed il porto di Anzio a Sud.

Naturalmente una tale strategia obbligherà ad affrontare una spesa iniziale notevolmente maggiore rispetto a quella che dovrebbe essere stanziata per gli interventi di tipo tradizionale previsti o comunque ad altri interventi come sopra trattenuti, ma che presuppongono implicitamente l'aggravamento delle condizioni lateralmente.

È evidente che un confronto economico di questo tipo non regge se non nella visuale globale dell'intero tratto da proteggere.

1.7.1 Tipo di intervento da sviluppare nella zona I

Premesso che occorre tener conto dei programmi di intervento in corso, proponiamo che, in alternativa, nel tratto tra Via Ostiense e Via Cristoforo Colombo, siano realizzate spiagge artificiali alimentate via terra con materiale di cava di granulometria nettamente superiore al sedimento presente.

Ciò consentirà da un lato di rendere indipendenti queste realizzazioni dal flusso detritico naturale e dall'altro di non aggravare (come avviene con gli interventi tradizionali) la situazione delle spiagge sottoflutto con l'arresto della alimentazione naturale e con il provocare per l'azione di riflesso, una più sfavorevole distribuzione detritica.

Questo tipo di intervento sarà sviluppato a livello di progetto di massima e di progetto parziale pilota che appunto riguarda il tratto I).

Proponiamo pure che con un ulteriore in-

tervento sia modificata la struttura rendendo possibile l'alimentazione da mare con sabbie da prelevare dai fondali previo uno studio geologico sedimentologico sulle aree di prelevamento.

È però indispensabile trattenere, almeno nelle grandi linee, una possibile strategia di intervento nei tratti laterali (zone II) (vedi Tav. 3 allegata alla Parte 3/B).

1.7.2 Interventi previsti nelle zone II

Le zone II sono soggette ad una situazione di deficit detritico che, come si è visto, ha due componenti distinte:

a) la diminuzione di apporti dal Tevere che ha aspetti come si è visto cronici o quanto meno ben difficilmente reversibili a breve e medio termine (compromissione territoriale uso delle acque per energia e irrigazione, estrazioni di inerti etc.): componente A;

b) i pur ridotti apporti del Tevere, in conseguenza degli interventi sul litorale presso la foce, sono in gran parte catturati dalle opere in corso di realizzazione e ancora più lo saranno con la realizzazione dei programmi approvati nella zona I). Che anzi, come visto precedentemente, per effetto delle variazioni che questo tipo di opere inducono nel profilo, renderanno più difficile la alimentazione laterale dal prodotto della demolizione della parte sommersa del cono detritico della foce: componente B.

È quindi da prevedere che il deficit totale in questa zona II) aumenterà fortemente nei prossimi anni ed anzi che tale incremento sarà tanto intenso quanto più velocemente si procederà nelle opere programmate di difesa.

Si prevede pertanto in linea di grande massima un tipo di intervento opportunamente coordinato.

I) Intraprendere una massiccia operazione di alimentazione artificiale dei due archi laterali di spiagge mediante refluimenti da mare di materiale sabbioso da attuarsi con impianti semifissi aventi lo scopo di tamponare l'erosione in atto. Questa operazione in un primo tempo richiederà forti quantitativi detritici A) + B). Superata la fase critica il volume di apporto potrà essere ridotto ad una frazione della componente B);

II) Iniziare, se del caso, la costruzione graduale di opere in grado di trattenere in loco una certa quantità del materiale refluito arrestandone temporaneamente il flusso verso l'esterno dell'area onde consentire una progressiva stabilizzazione della spiaggia procedendo dall'esterno verso la fonte di alimentazione.

Il coordinamento dei due tipi di intervento dovrebbe consentire di distribuire il beneficio lungo l'intera fascia alimentata dal Tevere senza provocare squilibri anche alle estreme zone a Sud ed a Nord già attualmente soggette ad una delicatissima situazione.

Si riconosce che il problema da affrontare è veramente ciclopico e che richiederà uno studio attento delle varie possibilità di intervento anche sotto l'aspetto del confronto economico e della godibilità

del litorale che ha un peso ricreativo e turistico notevolissimo.

A questo proposito si fa notare la assoluta urgenza di affrontare il problema cercando di evitare di essere obbligati a interventi di urgenza.

Sotto questo aspetto siamo portati a pensare che sia quasi più urgente affrontare il problema della zona II) che non l'intervenire a protezione della zona I).

Il tipo di struttura da adottarsi potrebbe essere lo stesso proposto per Terracina ed in una prima fase, come in quel caso, realizzata con sacchi di poliammide riempiti di sabbia.

È anche possibile che gli studi di approfondimento e gli interventi sperimentali, che dovranno essere affrontati con i primi versamenti via mare, giungano a dimostrare che il semplice refluito di materiale sarà sufficiente a ristabilire l'equilibrio.

Il materiale di ripascimento potrà essere reperito nella stessa fascia litoranea antistante la Foce del Tevere o zone adiacenti in fondali medi ed elevati in base a studi geologici e marittimi e successivi sondaggi geognostici che dovrebbero individuare le più opportune fonti di prelevamento o in mancanza di materiale idoneo nella fascia interna.

Il versamento del materiale sul litorale potrà essere realizzato per mezzo di due impianti semifissi del tipo illustrato nella figura fig. 17 relativi all'intervento per il ripascimento della spiaggia di Sea Girt, (Shore Protection '75).

1.8 Orientamento sul possibile intervento nell'ambito della zona campione

Si possono esaminare tutta una serie di interventi che possono assicurare la funzionalità dell'opera dal punto di vista balneare e nel rispetto della residua alimentazione naturale ai due lati della zona di intervento.

In base alle premesse di cui al capitolo precedente è peraltro necessario che il tipo di intervento proposto escluda totalmente l'utilizzazione del flusso detritico esistente per determinare accumuli in zona.

Non ci stanchiamo infatti di ripetere che una soluzione che non si attenesse a questo concetto aggraverebbe l'onere di alimentazione artificiale dei litorali sottoflutto, ciò anche nel caso che come previsto nel presente si provveda artificialmente.

1.8.1 I Soluzione

Alveoli di tipo francese - Eventuale variante al progetto Ministero LL.PP.

È possibile realizzare spiagge artificiali alimentate artificialmente costruendo serie di alveoli per mezzo di scogliere a T, eventualmente protette nel varco da diga soffolta a versare all'interno materiale di

(1) Il problema sarà affrontato nella parte generale dello studio.

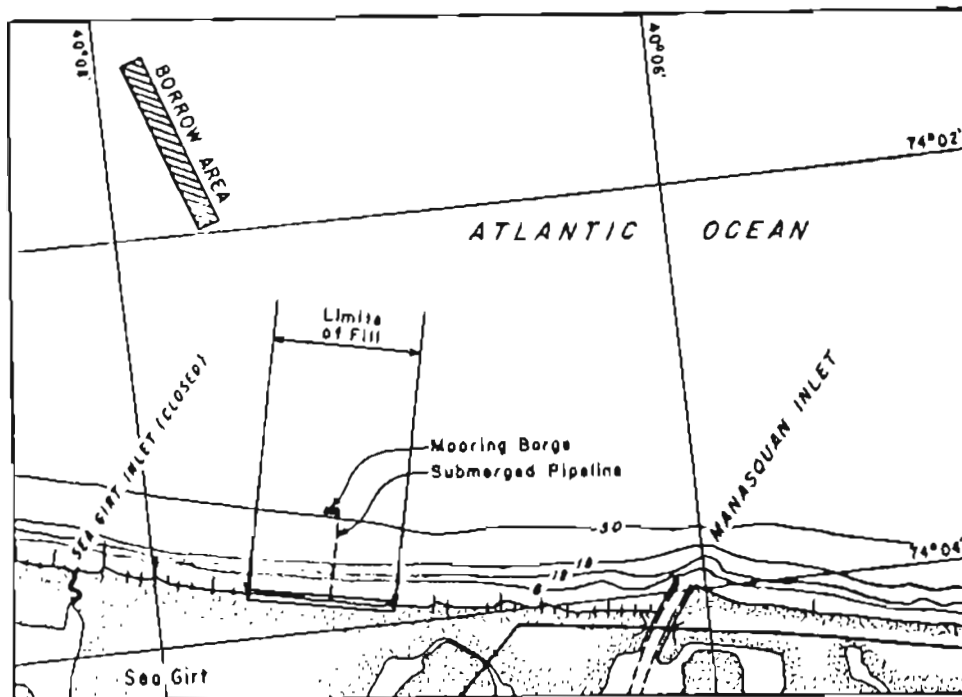
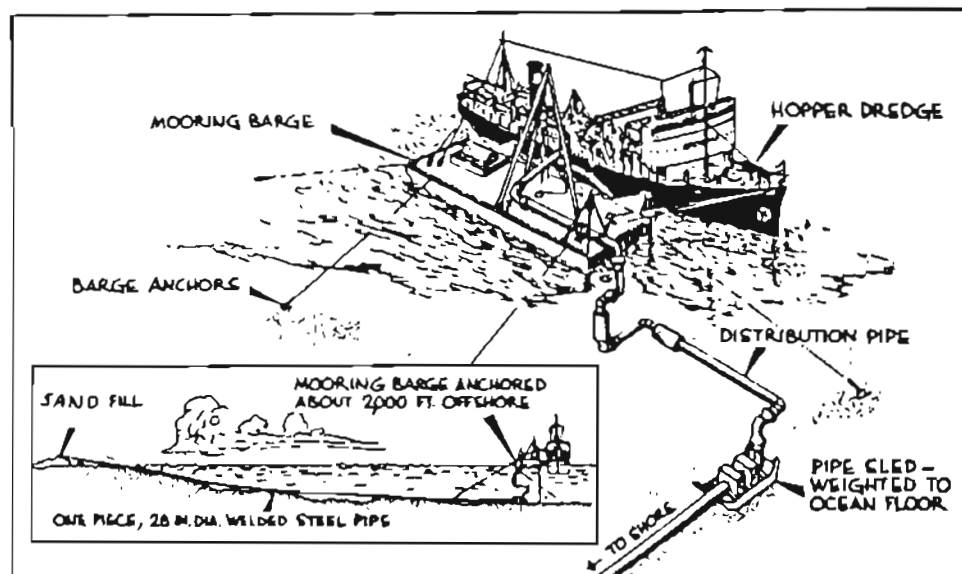


Figura 17 - Intervento per la ricostruzione artificiale della spiaggia Sea Fort mediante impianto semifisso di refluito di sabbia. Nella figura in alto è indicata l'area di prelievo del materiale di ripascimento "Borrow area". Da Shore Protection '75.



adatta granulometria per ottenere la stabilità.

Esiste una vasta letteratura sull'argomento e molti interventi di questo genere sono stati portati a termine con successo negli ultimi anni (spiaggia del Larvotto a Montecarlo, Mentone, Cannes ed altre località della Francia mediterranea).

A tale proposito rinviando al resoconto presentato al XXIII Congresso di Navigazione dal professore Edmond Lespine. Le possibilità offerte da questa tecnica sono state attentamente esaminate.

Al limite si potrebbe pensare ad una variante da suggerire al programma di intervento del Ministero LL.PP. di cui si è trattato al punto 1.5.

In effetti sarebbe sufficiente prevedere poche varianti alle strutture per rientrare nello schema di questo tipo di intervento.

I pennelli di collegamento a terra sono in effetti realizzati come opera provvisoria e quindi non comporterebbero nel caso alcun costo aggiuntivo.

Il maggior importo dei lavori sarebbe rappresentato pertanto dal solo costo del versamento di materiale all'interno.

Esso potrebbe essere almeno in un primo

tempo, di granulometria sensibilmente più elevata rispetto al sedimento presente per cui potrebbe rendersi stabile senza ricorrere alla diga soffolta tra gli alveoli. Il costo della variante sarebbe valutabile intorno ad un 30% del costo totale.

In un secondo tempo si potrebbe pensare a realizzare dighe soffolte nei varchi, a rendere impermeabili dette strutture mediante "tessuti non tessuti" per evitare la fuga verso l'esterno della sabbia fine attraverso la struttura porosa della diga, e a completare il riempimento con materiale fine da mare mediante refluito ottenendo così una spiaggia sospesa costituita da sabbia di fine granulometria.

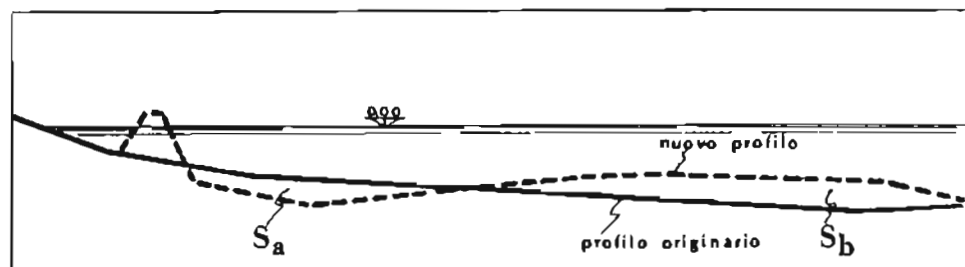


Figura 18

Questa soluzione è senz'altro da consigliare nel caso che siano realizzate le dighe secondo il programma, ma non ci sentiamo di farla nostra.

Esistono in effetti tutta una serie di controindicazioni:

a) La struttura, praticamente continua di dighe in un così lungo tratto, instaurerebbe (ed anzi instaurerà) sul litorale una fortissima azione di riflesso con conseguente sconvolgimento del profilo trasversale. Si determinerebbe perciò un abbassamento del fondale in corrispondenza del piede delle strutture, che obbligherà a continui e costosi rifiorimenti ed un innalzamento dello stesso fondale di fronte all'ostacolo (vedi fig. 18).

Poiché in genere, si riscontra che l'area S_a è molto minore di S_b , si immobilizzerà dinanzi alle dighe un forte volume di sedimento, (vedi confronto batimetrico). Ciò (poiché le portate solide del Tevere sono quelle che sono) non potrà che aggravare il bilancio detritico sottoflutto, che almeno provvisoriamente (per decenni) verrebbe privato di una ulteriore porzione del gettito detritico necessario per il suo equilibrio.

b) La posizione molto vicina alla riva prevista dal progetto di intervento renderebbe comunque possibile il ricavare alveoli molto ridotti con un modestissimo ricambio di acqua.

Ciò avrebbe per conseguenza il sicuro inquinamento delle acque balneari durante l'estate anche tenuto conto delle caratteristiche molto sfavorevoli della zona sotto questo particolare aspetto.

Questo tipo di soluzione, per quanto riguarda il punto a), è adatto a litorali con fondali molto ripidi e rocciosi, come sono appunto le località della costa Azzurra sopra citate in quanto vengono a mancare le controindicazioni elencate.

Per quanto riguarda il punto b), è indispensabile che l'alveolo sia tanto più ampio e profondo, quanto più esistono pericoli di inquinamento nella zona.

In queste particolari condizioni lo stesso Studio Volta ha proposto una soluzione del genere per la costruzione della spiaggia di Pian di Poma a Sanremo.

Tuttavia, ove per ragioni di legislazione o competenze vigenti, od infine per ragioni burocratiche, non fosse possibile prevedere un cambiamento di indirizzo di questa progettazione sarebbe, a nostro parere, opportuno introdurre nel progetto

una serie di varianti che qui schematicamente vengono illustrate:

a) Prevedere i pennelli di collegamento a terra in guisa da rendere possibile la creazione di alveoli successivi e quindi effettuare all'interno versamenti di materiale di granulometria sensibilmente maggiore a quella esistente in zona.

Questa variante consentirebbe di ottenere immediatamente una spiaggia adatta all'uso balneare e di evitare la cattura a ridosso delle dighe di sedimento presente (che sarebbe sottratta al litorale sottoflutto).

b) Prevedere un notevole addolcimento del profilo esterno delle dighe inguisa da ridurre per quanto possibile l'azione di riflesso, che, come si è visto, causa per cambiamento del tipo di profilo lo immobilizzo di una notevole quantità di sedimento dinanzi alle dighe e ciò ancora a danno delle spiagge sottoflutto.

c) Studiare la struttura delle dighe, l'ampiezza dei varchi etc., anche in vista del ricambio idrico negli specchi interni allo scopo di evitare facili inquinamenti.

1.8.2 Altre alternative

Altre soluzioni potrebbero essere nell'ordine le piattaforme-isole (proposta Tarquinia) oppure i setti sommersi del tipo proposto per Terracina.

Le prime sono adatte a stabilizzare il sedimento in zone di flusso detritico non estremamente forte come appunto Tarquinia e quindi non adatte al caso specifico, anche se accompagnate a forti versamenti iniziali.

I secondi avrebbero un effetto troppo in profondità e quindi non si potrebbe comunque evitare ripercussioni sottoflutto anche se accompagnati a forti versamenti. In particolare il profilo è nel caso ormai divenuto così rapido (1) che versamenti di materiali di fine granulometria (ad es. prelevati da mare) sfuggirebbero verso il largo, mentre quelli di materiale grossolano potrebbero interessare solo la parte alta del profilo.

In ogni caso pertanto si avrebbe un aggravamento del deficit detritico sottoflutto.

Interventi con paletti e sacchi di sabbia tipo quelli in corso presso i bagni Tipidabo non sono proponibili perché anche se possono produrre effetti locali di una certa importanza (per effetto dell'esistente flusso detritico) producono arretramento sottoflutto e con il riflesso instaurato dalle strutture longitudinali, peggiorano il profilo trasversale.

1.8.3 La soluzione proposta

Nel progetto di massima e progetto pilota che accompagnano il presente è prevista una soluzione basata su pennelli trasversali lievemente inclinati rispetto alla normale alla linea di battigia accompagnati da versamenti di inerti di opportuna granulometria.

Come meglio si cercherà di illustrare nel progetto di massima stesso, questo tipo di intervento dovrebbe consentire di ren-

dere l'equilibrio della csile striscia litoranea indipendente dal flusso detritico attuale che pertanto potrebbe continuare a fluire verso le zone sottoflutto.

Ciò consentirà di limitare la potenzialità del refluo necessario per evitare lo squilibrio sottoflutto secondo quanto esposto precedentemente.

1.9 Iniziative portuali alla foce del Tevere

Come risulta dallo Studio generale ogni approfondimento od imbrigliamento della foce con moli od altro, ha per inevitabile conseguenza di spingere in alti fondali le alluvioni solide e quindi di ridurre la frazione che può venire ridistribuita sulla costa.

Parimenti ogni lavoro di difesa che crei flutto riflesso ha per effetto di elevare il campo di energia del moto ondoso nello specchio acqueo antistante e quindi di distribuire più in profondità le alluvioni e sedimenti presenti.

Questo fenomeno, già molto grave quando le dighe siano in fondali ridotti (come nel caso di opere di difesa) cresce più che proporzionalmente aumentando il fondale di impianto (come nel caso di opere portuali).

In particolare la costruzione di un'opera aggettante in corrispondenza di Fiumara Grande sponda destra, avrebbe per conseguenza di penalizzare le spiagge a Nord creando un certo vantaggio per quelle a Sud.

2. PROGETTO GENERALE DI MASSIMA

2.1 Relazione tecnica

In base ai risultati dello Studio e dell'approfondimento, si è giunti alla conclusione che sia improponibile qualunque intervento che preveda la utilizzazione del limitato residuo flusso detritico del Tevere per stabilire in questa fascia un nuovo equilibrio.

Ciò allo scopo di rispettare nel massimo grado detto flusso detritico proveniente dal fiume, necessario per la alimentazione delle spiagge sottoflutto.

Una qualunque iniziativa che non tenga conto di questo fattore, come ad esempio i tipi di intervento tradizionali, avrebbe per inevitabile conseguenza l'aggravamento della situazione sulle spiagge a Sud di Piazzale Cristoforo Colombo, fino ad Ardea ed oltre ed a Nord di Fiumicino, fino a Fregene.

La situazione in queste zone laterali già gravissima, potrà in questa ipotesi, a nostro parere, essere padroneggiata abbastanza facilmente con due impianti semi-fissi di refluo di materiale dragato in opportune aree dai fondali marini (vedi 1.7.2).

Questo intervento non è affrontato specificamente nel presente. Esso è comunque da ritenersi urgentissimo ed indispensabile per evitare il propagarsi ingigantito del fenomeno erosivo dinanzi agli interventi di tipo tradizionale.

2.1.1 Caratteristiche irrinunciabili dell'intervento

L'intervento che si propone dovrebbe gradualmente potersi sostituire alla situazione attuale sul fronte compreso tra Fiumicino e Piazzale Cristoforo Colombo. Tenuto conto della importanza balneare di questo tratto di litorale esso dovrà avere caratteristiche estetiche e di qualità adatte a questa funzione.

In particolare, avuto riguardo ai forti fattori inquinanti connessi con la vicinanza della Foce del Tevere, le spiagge dovranno avere caratteristiche tali da assicurare il massimo ricambio idrico.

Sono pertanto da escludere tutte le strutture riflettenti che per i cambiamenti che indurrebbero nel profilo aggraverebbero ulteriormente la situazione già gravissima nelle spiagge sottoflutto.

Dovrà essere impedito o fortemente limitato il movimento litoraneo dei materiali nella striscia interessata.

Dinanzi alla fascia, oggetto dell'intervento, dovrà al contrario essere consentito il movimento naturale delle sabbie senza perturbazioni apprezzabili e nel rispetto del tipo di profilo, allo scopo di consentire l'alimentazione residua delle spiagge sottoflutto (2).

2.1.2 Tipo di intervento

Esaminate altre alternative possibili (vedi 1.8), per far fronte alle necessità enunciate, si prevede la costruzione di una spiaggia aperta costituita da sedimento di apporto da terra appoggiata ad una serie di moli radicati alla riva.

I moli laterali hanno la doppia funzione di creare appoggio e protezione ai sedimenti compresi tra l'uno ed il successivo e di allontanare dalla zona le correnti da moto ondoso che determinano il movimento detritico.

Il problema da affrontare può sostanzialmente sintetizzarsi nella previsione dell'assetto in pianta della linea di battigia e del profilo in rapporto con il regime delle agitazioni incidenti.

Per quanto riguarda il primo problema non ci sono difficoltà in quanto la disponibilità di successive linee di battigia in corrispondenza dei pennelli presenti in zona ed in particolare delle armature alla foce del Fosso dello Stagno, in relazione con i risultati dello studio dei piani d'onda consentono una previsione sicura.

Per quanto attiene al profilo come è noto variando la granulometria del sedimento varia la pendenza di equilibrio della spiaggia (fig. 19).

Ove pertanto si preveda di versare materiale detritico di granulometria molto maggiore e quella presente, (nel caso 3-10 mm. contro 0,3-0,5 mm.) è possibile stabilire nella zona un profilo molto più ripido che, pur consentendo un certo avanzamento della linea di spiaggia, si raccordi con il profilo precedente.

(1) Rispetto alla granulometria presente ed è destinato a irripidirsi ulteriormente.

(2) Integrato, come si è detto, in una prima fase, da versamenti di ripascimento via mare, come accennato più sopra.

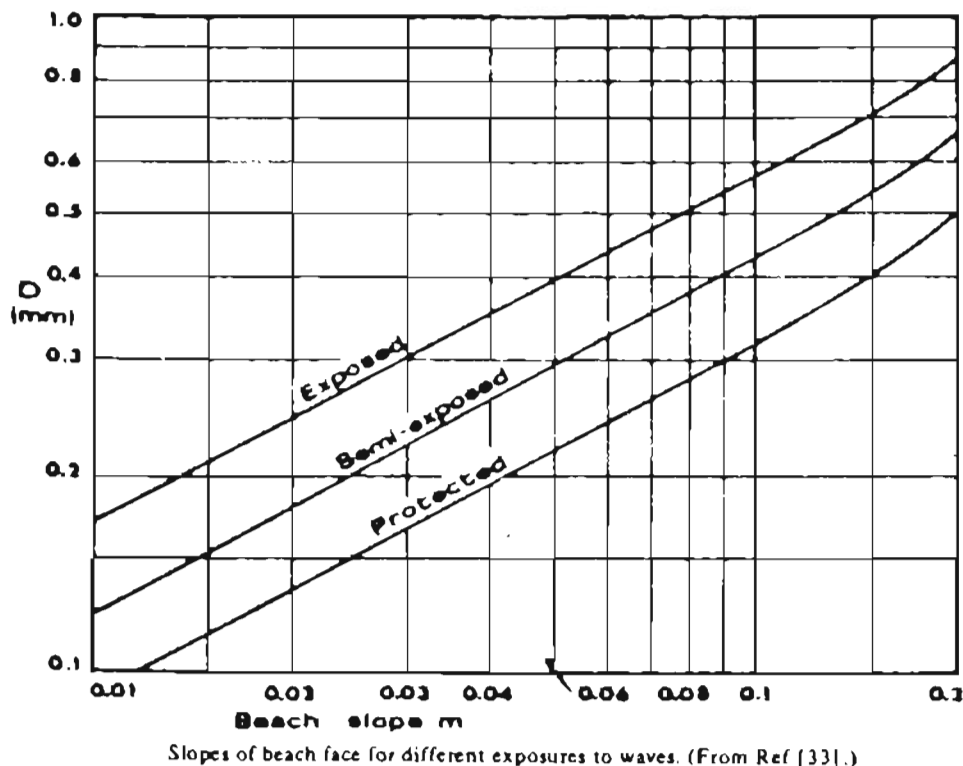


Figura 19 - Da: "Coastal Engineering, 2 - vol. 4B

2.2 Computo metrico estimativo

Calcolo del costo di un alveolo:
(vedi progetto pilota 4)

Pennele	L.	400.000.000	
Versamenti di ripascimento	L.	1.200.000.000	
	L.	1.600.000.000	
A disposizione dell'Amm.azione per spese tecniche ed I.V.A.	L.	320.000.000	
Costo totale di un alveolo	L.	1.920.000.000	
L. 1.920.000.000 × n. 7			L. 13.400.000.000
Pennello n. 6			L. 480.000.000
			L. 13.920.000.000

3. PROGETTO PILOTA N. 4

3.1 Relazione Tecnica

3.1.1 Impostazione del progetto

Lo schema di figura 20 riportato a pag. 66 riporta la impostazione dei moli di contenimento in base alle principali ondatazioni rifratte (che sono riportate schematicamente dai piani d'onda - tavole n. 12-17 - vol. 2).

Come si può osservare dallo schema, le onde rifratte incidenti di una certa intensità, sono nella zona sensibilmente inclinate verso Sud o al massimo frontali. Se si prevedessero moli normali alla riva o inclinati verso Nord si avrebbe tra un pennello ed il successivo una linea di equilibrio molto inclinata nel senso stesso delle onde.

Ciò obbligherebbe a ravvicinare le strutture o aumentarne la lunghezza con conseguente maggior costo dell'intervento. È perciò opportuno inclinare i moli in senso contrario.

In questo modo il tipo di andamento della

battigia diviene più equilibrato in quanto a ridosso del molo si avrà un avanzamento per effetto della debole energia presente, mentre contro il molo successivo si avrà un accumulo per appoggio (come è riscontrabile rispettivamente attualmente sottoflutto e sopraflutto contro i moli di armatura della Foce dello Stagno).

In conseguenza, in presenza di adatto sedimento, la linea di battigia oscillerà attorno a due posizioni di equilibrio del tipo indicato nello schizzo.

Non è possibile determinare queste due linee per via matematica e neppure prove in vasca potrebbero essere esaurienti per la difficoltà di simulare "tutte" le situazioni di moto ondoso che si verificano in natura.

La nostra esperienza in merito e la osservazione di numerosi casi di natura, ci porta a concludere che l'andamento non dovrebbe essere molto diverso da quello previsto.

In particolare a questo proposito è stata preziosissima la osservazione e studio delle successive linee di battigia venutesi a determinare (sopraflutto e sottoflutto) in

corrispondenza dello sfocio del Fosso dello Stagno).

D'altra parte trattandosi di un progetto pilota sarà estremamente interessante seguire sperimentalmente la evoluzione della battigia e del profilo in relazione al succedersi delle agitazioni.

3.1.2 Dimensionamento delle strutture

Le strutture dei moli sono state dimensionate tenendo conto, accanto alla questione della stabilità della mantellata, in relazione al moto ondoso incidente, anche della esigenza di ridurre al minimo i moti riflessi che, come si è visto nel corso dello studio, turbano profondamente l'equilibrio trasversale della spiaggia.

Tenuto conto di questa ultima esigenza si è prevista una pendenza molto ridotta delle mantellate di protezione lato Nord (investite più direttamente dal moto ondoso che come si è visto ha inclinazione prevalente verso Sud).

Questo fatto tenuto conto del debole fondale in cui vengono a trovarsi le opere rende superflua ogni verifica di stabilità della mantellata.

Viceversa, proprio per il debole fondale in cui vengono a trovarsi le opere e la fine granulometria del sedimento di base, il vero pericolo cui è soggetto questo tipo di struttura è l'affondamento nel fondale che obbliga a continui rifiorimenti. Per ovviare, almeno in gran parte, a questo inconveniente la tecnica attuale suggerisce di disporre tra il fondale naturale ed il primo strato della struttura un telo di separazione (tessuto non tessuto).

Questo dispositivo usato ormai universalmente nei paesi più evoluti in questo tipo di tecniche (Olanda, Regno Unito, U.S.A. etc.) è oggi disponibile anche in Italia.

Si prevede pertanto la sua utilizzazione in quanto si ritiene che l'investimento sia conveniente perché alleggerirà fortemente gli oneri di rifiorimento e manutenzione, fortissimi nel caso, specialmente per quanto riguarda la zona Ostia-Fiumicino. Trattandosi nel caso specifico di un progetto pilota la utilizzazione di questo dispositivo sembra a maggior ragione giustificato, ed è adottato per il solo molo Nord.

Il molo Sud è invece previsto posato su uno strato di tout-venant secondo la tecnica tradizionale.

La differenza di comportamento nel tempo tra le due strutture potrà fornire utili indicazioni.

3.1.3 Granulometria e quantità del materiale di ripascimento da versare

Come si è visto la pendenza di equilibrio del profilo dipende dalla granulometria del materiale presente (vedi fig. 19).

È quindi possibile stabilire che in presenza di materiale di cava con granulometria compresa tra 3 e 10 mm. si stabilirà nella zona un profilo con pendenza dell'ordine del 10-15%.

Per tenere conto dell'usura e delle inevi-

tabili perdite è tuttavia previsto materiale di cava di granulometria compresa tra 3 e 10 mm.

È quindi facile, tenuto conto della previsione della posizione di equilibrio della linea di battigia, valutare la quantità di detrito necessaria per stabilire il nuovo equilibrio.

Occorre peraltro a questo punto tenere conto di alcuni fattori:

a) Una parte del materiale di ripascimento, in un primo tempo, penetrerà nel sedimento presente sul fondale, sostituendolo anche in profondità;

b) Una parte del materiale versato ed in particolare la frazione granulometrica più sottile, andrà dispersa nei fondali antistanti (1);

c) Il materiale stabilito nell'ambito tra i due moli in seguito all'azione continua delle onde, sarà soggetto al fenomeno della usura in conseguenza del continuo sfregamento tra i singoli granuli;

d) È evidentemente inevitabile prevedere perdite limitate verso l'esterno.

Tutta la trattazione è stata impostata sul tratto di litorale compreso tra i due moli. Occorre però tener conto che il secondo molo a Nord andrà a funzionare sul trasporto detritico proveniente da Nord determinando un accumulo di sabbie che sarebbero sottratte all'equilibrio litoraneo (2).

Si è pertanto previsto anche in questa zona il versamento di materiale necessario per rendere indipendente l'avanzamento dal flusso detritico naturale.

In conseguenza, eseguita la valutazione del volume necessario per stabilire il nuovo equilibrio si è moltiplicato il risultato per il fattore 1,5 per tenere conto dei fattori di cui ai punti a) e b), ottenendo così il volume necessario per stabilire il nuovo equilibrio.

Per compensare le perdite di cui ai punti c) e d), si deve prevedere a compenso un'alimentazione annuale di ripascimento.

In linea generale la quantità da versare annualmente, secondo la nostra esperienza, non dovrebbe essere maggiore a 5%-10% del volume iniziale (3).

È a questo proposito da tenere presente che questa quantità corrisponde all'incirca all'onere relativo al rifiorimento delle strutture di protezione costiera.

Nel caso specifico la spiaggia artificiale costituisce appunto una struttura di protezione del litorale.

3.1.4 Scelta della priorità di intervento

Secondo la impostazione data al progetto che come si è visto prevede una realizzazione praticamente indipendente dall'equilibrio litoraneo, non esistono ragioni per stabilire priorità se non nell'evitare sovrapposizioni con interventi del Ministero dei LL.PP.

Si è pertanto concordata la località dell'intervento con l'Ufficio del Genio Civile O.O.M.M. di Roma.

Tuttavia la presenza del molo di armatura della Foce del Fosso dello Stagno non è stata estranea alla scelta.

Lo Studio della evoluzione della linea di

riva in questa località ha infatti consentito di basare localmente la previsione dell'assetto della battigia, in conseguenza della costruzione dei moli.

È da notare a questo proposito che, come già accennato nella relazione al progetto di massima, la posizione rifratta delle onde cambia sensibilmente su questo litorale anche in relazione a piccoli spostamenti.

In conseguenza la inclinazione dei moli rispetto alla costa non può essere costante su tutto il fronte, ma dovrà essere determinata tratto per tratto, in relazione ai piani d'onda, in occasione della stesura dei progetti esecutivi, prendendo a base il risultato del progetto pilota ed eventualmente delle successive realizzazioni.

3.1.5 Previsione degli effetti

Le due tavole che seguono riportano la previsione dell'assetto iniziale che assumerà il litorale dopo l'intervento.

L'assetto della linea di battigia, come d'altra parte i profili sono da considerarsi orientativi e come tipo di andamento.

È evidente che sia la prima che i secondi subiranno continue variazioni in conseguenza delle varie ondatazioni incidenti (vedere al proposito anche il punto 1 del presente: impostazione del progetto).

La previsione degli elementi di cui sopra è ottenuta attraverso una analisi critica dei dati desunti dallo Studio della esposizione confrontati con l'assetto successivo di tratti di litorale in condizioni simili (nel caso adiacenze della foce del Fosso dello Stagno).

A questo proposito è da osservare che, come risulta dalla esposizione di cui ai punti precedenti l'ottenimento dell'effetto in questione dipende oltre che dalle opere e dai versamenti previsti anche e soprattutto dalla successione nella esecuzione delle opere in relazione agli eventi stagionali e meteorologici.

Soprattutto le modalità dei versamenti devono essere accuratamente graduate e variate in relazione alle osservazioni del-

le prime risposte che il litorale offre agli interventi iniziali.

Non è evidentemente possibile elencare qui uno schema di comportamento che viceversa è solo acquisibile in anni di esperienza e di attente osservazioni di questi fenomeni.

3.1.6 Predisposizione di osservazioni sistematiche

Dovranno essere predisposte osservazioni sistematiche prima, durante e dopo l'ultimazione dei lavori per il rilievo della evoluzione della situazione nell'ambito dell'intervento e delle zone limitrofe. In particolare nel caso specifico dovrà essere osservato:

- Evoluzione della linea di battigia;
- Evoluzione del profilo;
- Penetrazione del sedimento di apporto nel sedimento nativo mediante carotature al piede del profilo e nelle zone circostanti;
- Dispersione superficiale del materiale di apporto.

Il tutto dovrà essere posto in relazione con il procedere della realizzazione delle opere previste in progetto e con eventuali lavori in corso nelle vicinanze oltre che con la situazione generale dell'equilibrio litoraneo.

Queste osservazioni saranno utilissime anche per il perfezionamento dei progetti dei successivi interventi dello stesso tipo.

(1) Le perdite di cui ai punti precedenti non sono tuttavia totali in quanto esse andranno a ripascere le spiagge sottoflutto.

(2) Vedi effetto della armatura di Foce del flusso dello Stagno.

(3) Ciò naturalmente nel caso che le condizioni generali del litorale rimangano stazionarie.

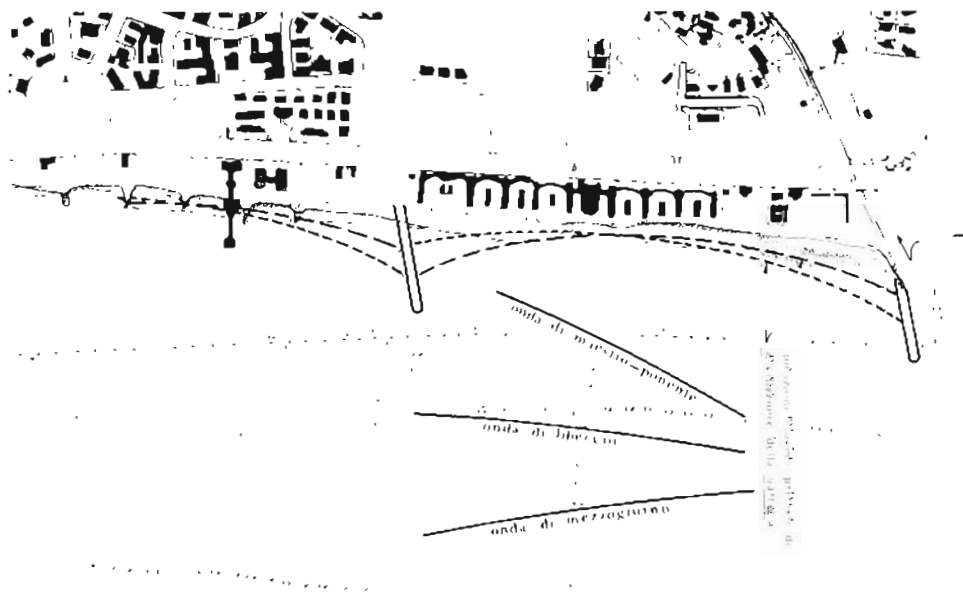


Figura 20 - Impostazione dei moli di contenimento in base alle principali ondazioni rifratte.

3.2 Stima dei lavori

Pennello "1"

21) Calcestruzzo di cemento dosato a Kg. 300

mc. 436,00 × L. 60.000 = L. 26.160.000

19) Fornitura e posa di massi naturali da 3 a 5 tonn.

mc. 6.068,34 × 2,1 = tonn. 12.744

tonn. 12.744 × L. 10.500 = L. 133.812.000

20) Fornitura e posa in opera di tout-venant di cava:

mc. 6.092,43 × 2,1 = tonn. 12.794

tonn. 12.794 × L. 8.500 = L. 108.749.000

L. 268.721.000 L. 268.721.000

Pennello "2"

21) Calcestruzzo di cemento dosato a Kg. 300

mc. 598,00 × L. 60.000 = L. 35.880.000

19) Fornitura e posta in opera di massi naturali da 3 a 5 tonn.

mc. 6.888,71 × 2,1 = tonn. 14.466

tonn. 14.466 × L. 10.500 = L. 151.893.000

20) Fornitura e posa in opera di tout-venant di cava:

mc. 6.771,95 × 2,1 = tonn. 14.221

tonn. 14.221 × L. 8.500 = L. 120.878.000

23) Fornitura e posa in opera di filtro-telo tipo Trevira Spunbond

mq. 4.950 × L. 20.000 = L. 99.000.000

L. 407.651.000 L. 407.651.000

Versamenti

22) Materiale di ripascimento tipo a):

mc. 182.000 × L. 6.800 = L. 1.237.000.000 L. 1.237.000.000

Totale L. 1.913.372.000

A disposizione dell'Amm.azione per:

— spese tecniche, direzione lavori, assistenza speciale rilievi batimetrici ≈ 5%

L. 95.628.000 L. 95.628.000

L. 2.009.000.000

I.V.A. 14% L. 281.000.000 L. 281.000.000

Totale generale L. 2.290.000.000

3.3 Possibile evoluzione del tipo di intervento

La soluzione prospettata per l'intervento generale proposto e quindi per l'intervento pilota presentano l'inconveniente di richiedere il versamento di materiale di granulometria sensibilmente più elevata di quella comunemente reperibile in mare ed anche presso possibili cave litoranee. Ciò ha per conseguenza da un lato un alto costo del materiale di ripascimento e dall'altro la minore appetibilità della spiaggia per uso balneare.

Per rimediare a questo lato negativo si può pensare alla realizzazione di una spiaggia di tipo sospeso appoggiata ad una serie di moli radicati alla riva e ad una diga sommersa parallela alla riva stessa.

In questa visuale si può pensare ad una evoluzione successiva della struttura iniziale proposta per il progetto generale di massima e per il progetto pilota.

I moli laterali potrebbero essere quelli relativi al primo intervento e la struttura necessaria completata con la costruzione della scogliera sommersa.

La diga sommersa potrebbe in sostanza essere costruita in un tempo successivo per dare appoggio al piede della spiaggia che, avendo un profilo molto più dolce potrebbe essere costituita da sabbia molto sottile (prelevata da mare o da cave litoranee) e quindi molto adatta per l'uso balneare.

I problemi relativi ad una tale realizzazione sono notevoli e non tutti risolti, ed in conseguenza il progetto non è stato proposto neppure a livello di progetto generale di massima.

A parte i grossi problemi di ordine economico che evidentemente non possono essere anteposti, esiste tutta una serie di problemi tecnici da affrontare.

Peraltro la soluzione è affascinante in quanto consentirebbe di mantenere una spiaggia sottile in una zona a grande uti-

lizzazione balneare, pur nel previsto degenerare dell'equilibrio locale litoraneo che vede la intera piattaforma del cono deliziosi del Tevere in inesorabile erosione. In questa direzione inoltre stanno orientandosi studi sia in Italia che all'estero per cui è presumibile che, in un tempo relativamente breve, saranno a disposizione elementi molto importanti per affrontare una tale progettazione.

I problemi relativi possono dividersi in due gruppi:

I) Prevedere l'assetto in pianta della linea di battigia in relazione alle caratteristiche delle strutture trasversali e quindi alla loro lunghezza ed alla loro inclinazione rispetto alla linea di riva, il tutto in rapporto con il regime delle agitazioni incidenti (1).

II) Prevedere il profilo e la struttura della diga sommersa in relazione alla granulometria del sedimento da versare.

Mentre il primo problema è nelle linee essenziali risolvibile, e comunque esistono notevoli esperienze in questo senso, soprattutto in realizzazioni con materiali di granulometria abbastanza grossolana versati via terra (2), il secondo aspetto, a quanto ci consta, è stato affrontato solo parzialmente e non esistono a tutt'oggi applicazioni in natura (3).

In particolare sappiamo che una spiaggia di tipo sospeso è attualmente allo studio mediante prove sistematiche in vasca presso il laboratorio di idraulica-marittima dell'Università di Padova per conto del Ministero LL.PP.

A livello di letteratura internazionale il problema è stato più volte affrontato, ma non in maniera esauriente.

Lo stesso Studio Volta nel 1973 ha compiuto una serie di prove in vasca presso il laboratorio della Società Sogreah di Grenoble sull'ipotesi di una spiaggia sospesa appoggiata ad una diga sommersa sottoposta ad un'onda frontale (4).

Da queste prove è risultato in sostanza quanto segue:

a) In corrispondenza della diga sommersa (supposta priva di dimensione trasversale) si determinano fenomeni di fortissima turbolenza che provocano moti vorticosi immediatamente a monte della diga.

Si assiste pertanto, in questa zona e cioè al piede della spiaggia, alla formazione di un solco nel sedimento con conseguente instabilità del profilo e fuoriuscita di sabbia verso il fronte esterno.

b) Aumentando gradualmente lo spessore della diga questo fenomeno si attenua fino a scomparire totalmente.

c) Dalle prove è risultato pertanto, che fissato il tipo di sedimento e le caratteristiche del massimo moto ondoso, è possibile, variando la profondità e larghezza della diga, creare una spiaggia di tipo

(1) Vedi progetto pilota esecutivo.

(2) Progetto generale di massima proposto ed il progetto pilota.

(3) Se non di spiagge chiuse in alveolo.

(4) V. resoconto al XXIII Congresso Internazionale di Navigazione - Ottawa 1973.

sospeso. Ciò peraltro ha per conseguenza un alto costo della diga soffolta. Gli elementi che si sono potuti dedurre dalle prove non consentono *peraltro una progettazione esecutiva neppure a livello di progetto pilota*, in quanto occorre, a nostro parere, approfondire ulteriormente lo studio sia con onda frontale che con onde aventi inclinazione variabile rispetto all'andamento della diga (*prove in canale ed in vasca*).

Si propone pertanto di acquisire, non appena saranno disponibili, gli studi in corso ed eventualmente completarli soprat-

tutto per quanto attiene al caso specifico per procedere quindi alla realizzazione di un primo intervento.

Naturalmente quanto sopra non è possibile nell'ambito del presente studio.

Si propone pertanto questo intervento in linea di futura eventuale evoluzione del progetto generale di massima.

È da osservare al proposito che i risultati di cui al progetto pilota n. 5 saranno utilissimi anche alla previsione in situ di alcuni aspetti relativi a questo tipo nuovo di progettazione.

È infatti da osservare che le posizioni di

quilibrio della linea di battigia e dei profili trasversali, nelle diverse posizioni del fronte tra i due moli, saranno estremamente preziose per le necessarie previsioni di assetto degli analoghi elementi del progetto generale con diga sommersa.

Il progetto pilota infatti costituirà un modello distorto dell'equilibrio che la spiaggia, al di sopra della diga sommersa, verrà ad assumere nella previsione definitiva. La stessa realizzazione del progetto pilota potrà successivamente evolvere in una realizzazione di progetto pilota secondo la concezione tratteggiata.

ALLEGATI

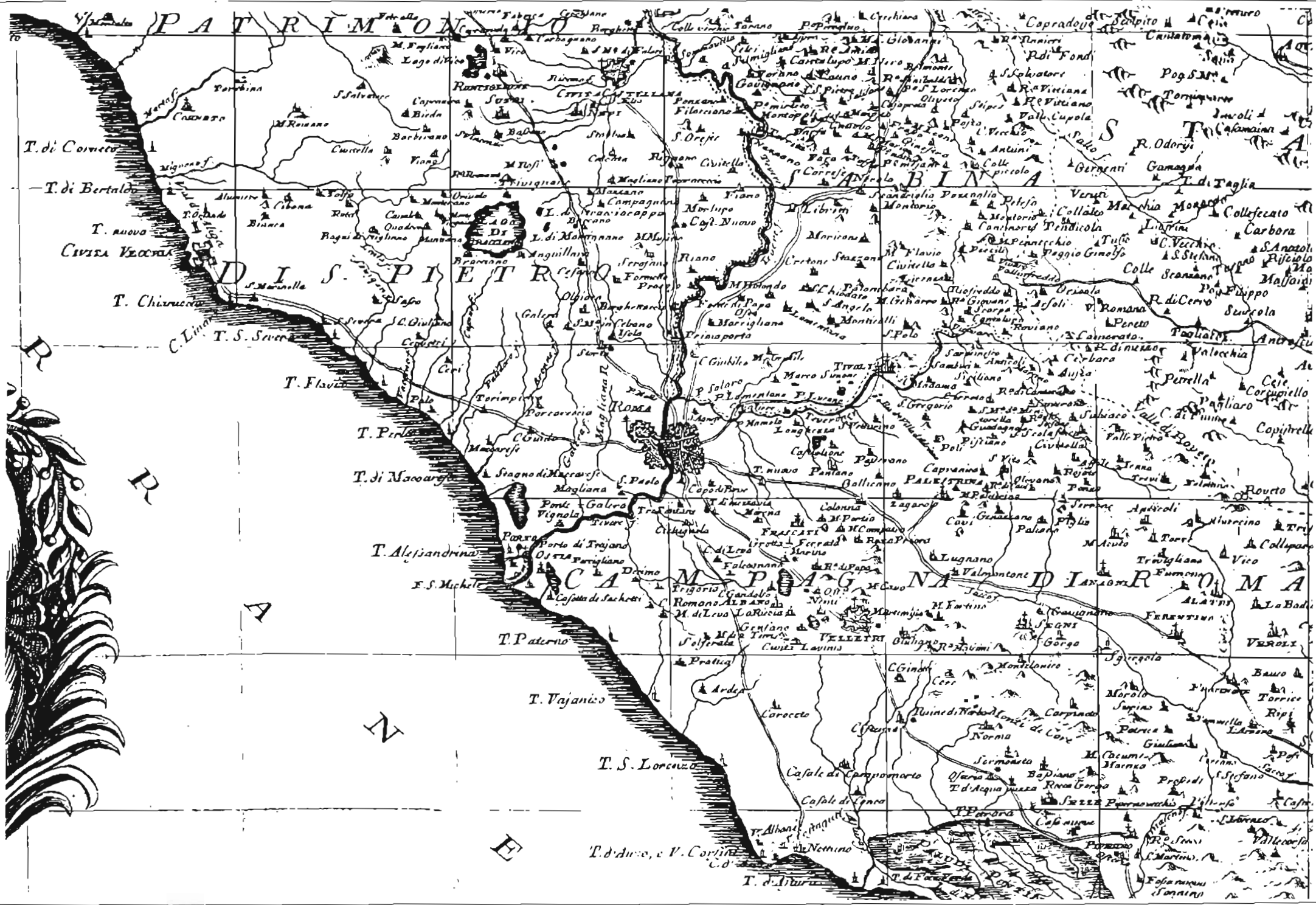
PARTE 3/B

	pag.
Cartografia antica	71
Confronto cartografia IGM	75
Tavole	101

71



Figura 23 - Carta geografica dello Stato della Chiesa e Granducato di Toscana - 1796



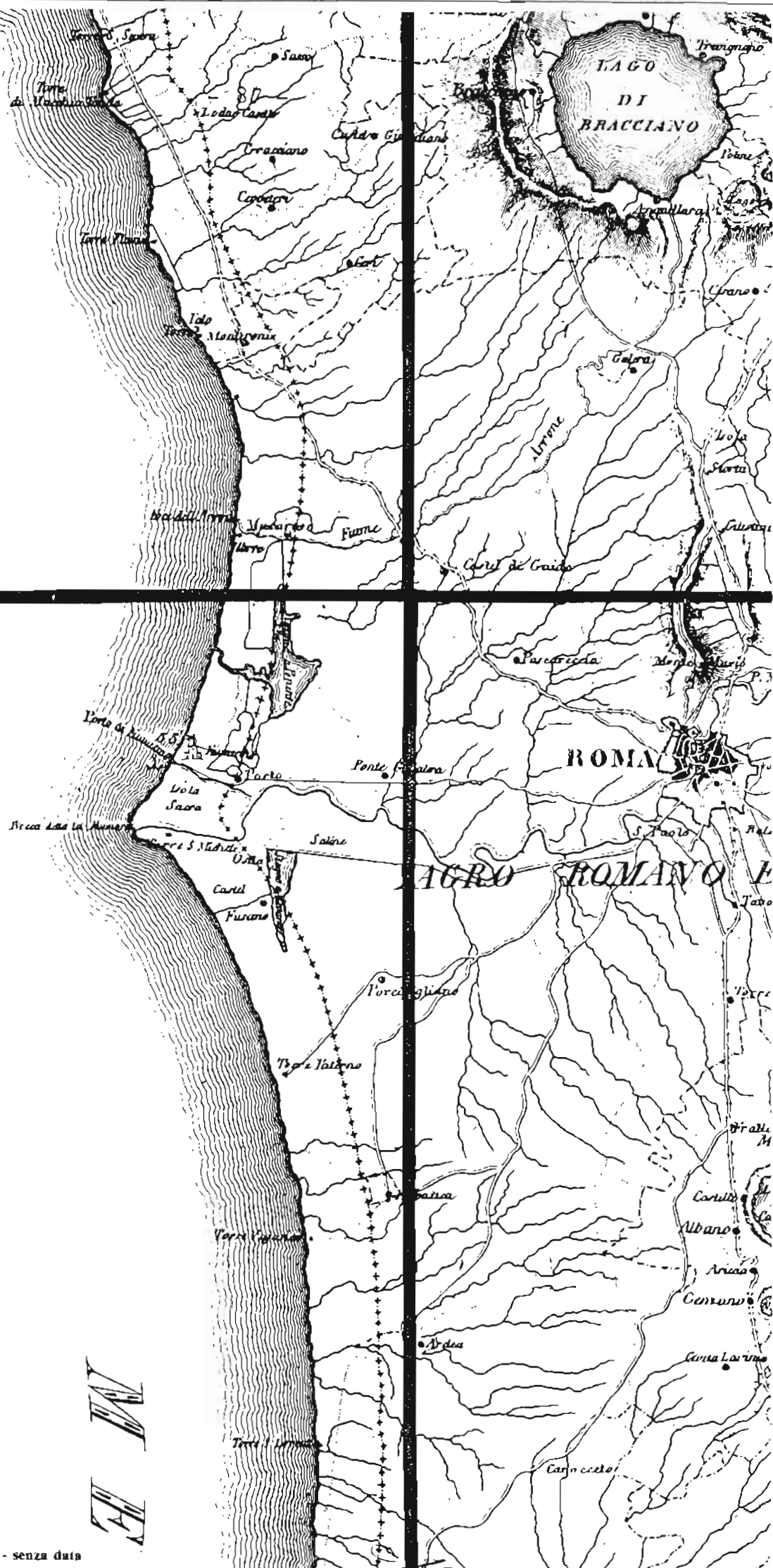


Figura 24 - Carta I.G.M. 1/250.000 - senza data

Foca dello Stagno

1872 = 1905

1910

1931 = 1925

1872 = 1905

1950 = 1931 = 1925

1910

1931

1910 = 1925

1872 = 1905

1950

1925

1950 = 1931

1853

1872 = 1905
V.le Torlonia

1950 = 1931 = 1925

1905

1872

1950 = 1931 = 1925

1872

1905

1925

Fiumicino

1977

1853

1872

1910

1905

60

N

J. Minfa

1500

Porto Claudio

60

Figura 25 - Fiumicino I° - confronto I.G.M. 1872-1905-1925-1931-1950 (figg. 26-27-28-29-30) - I.I.M. 1500-1853-1910

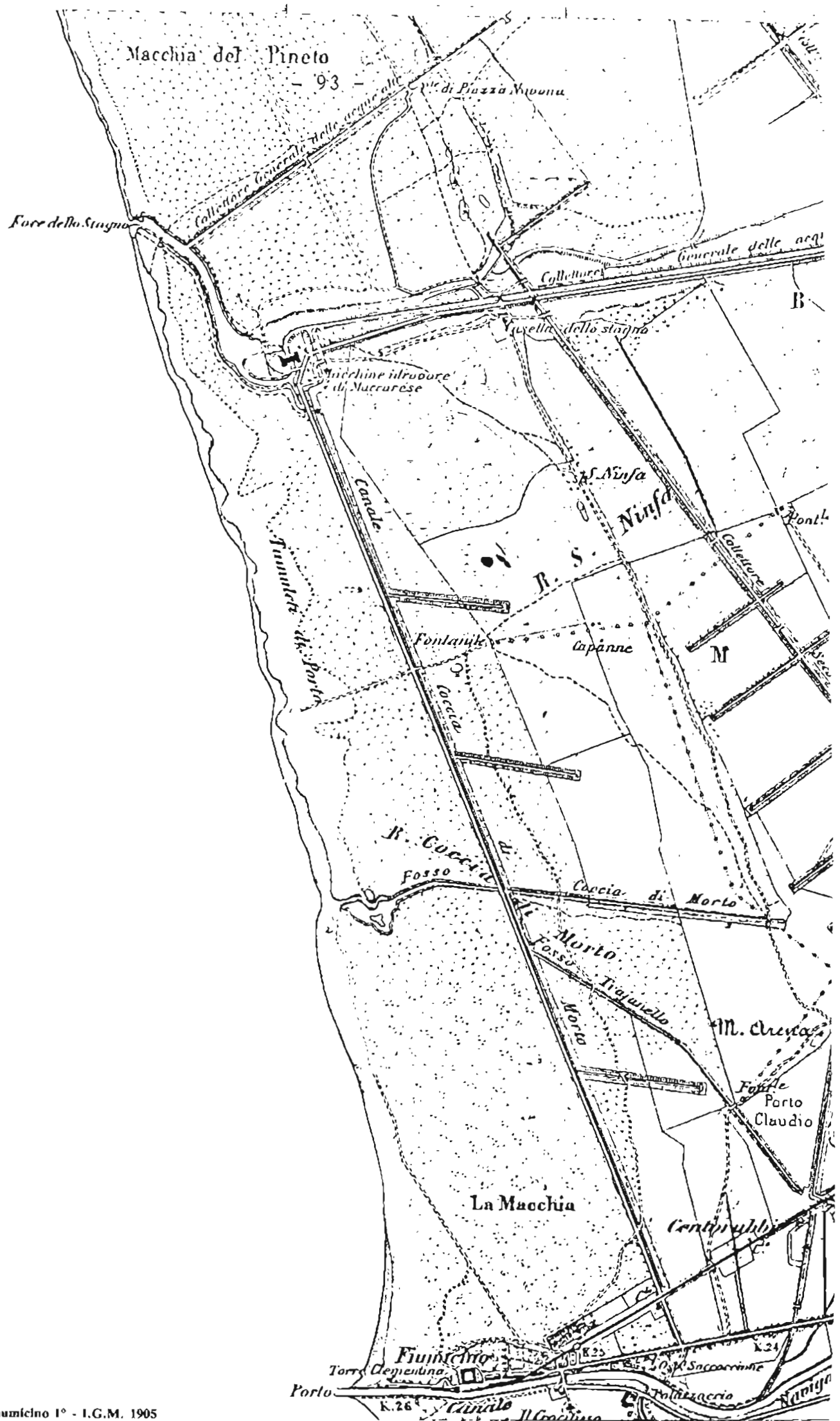


Figura 27 - Flumicino I° - I.G.M. 1905

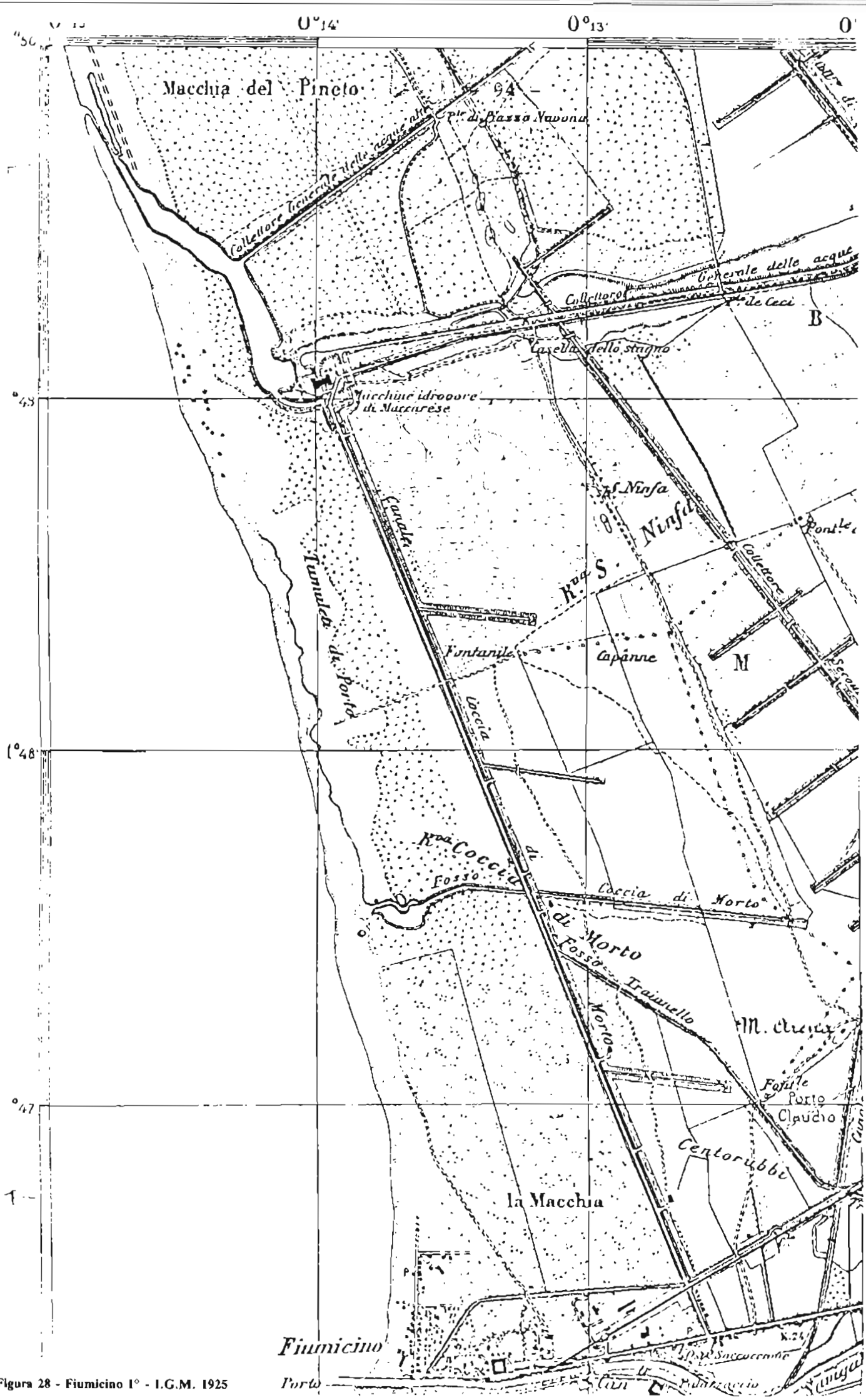
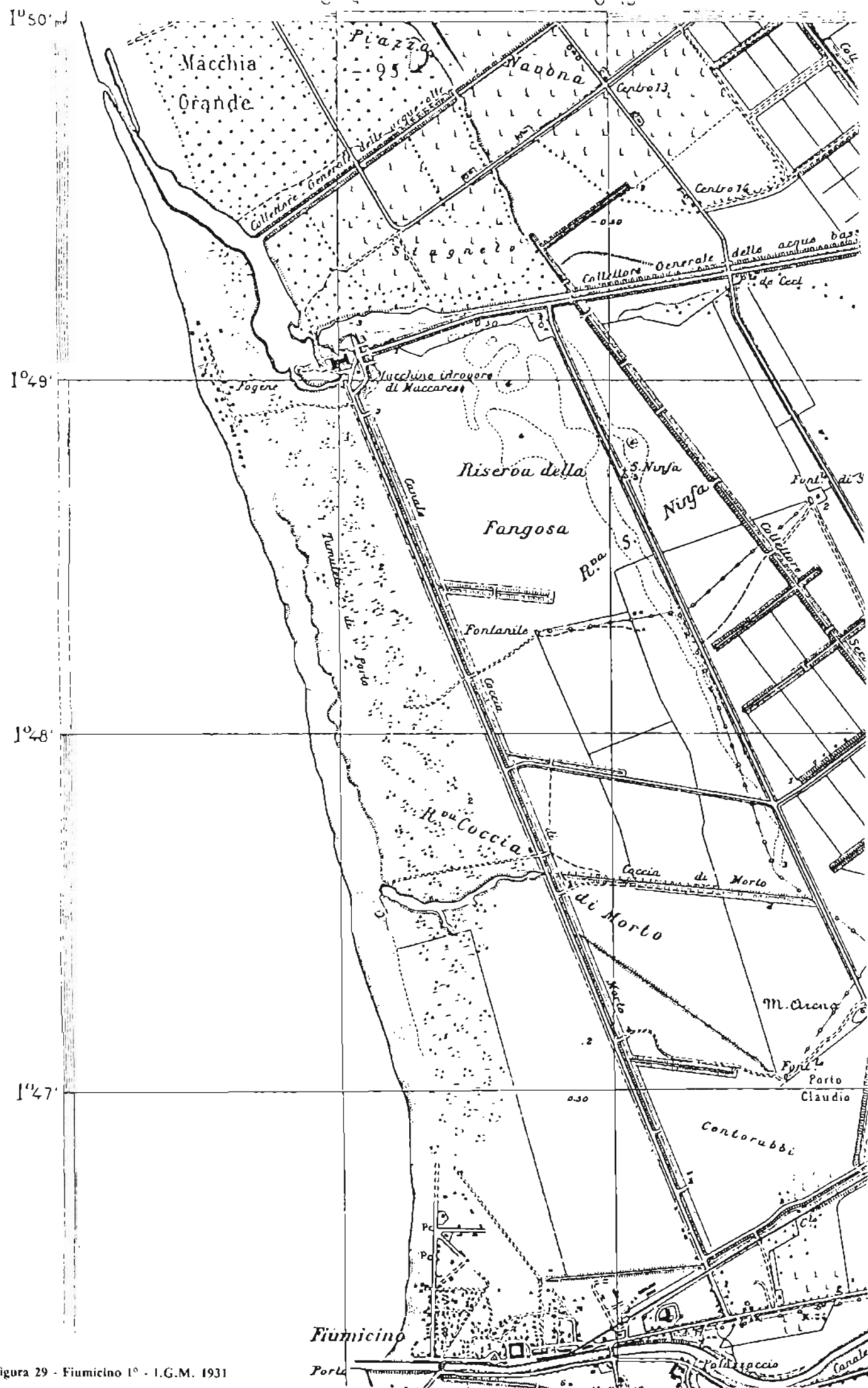


Figura 28 - Fiumicino 1° - I.G.M. 1925



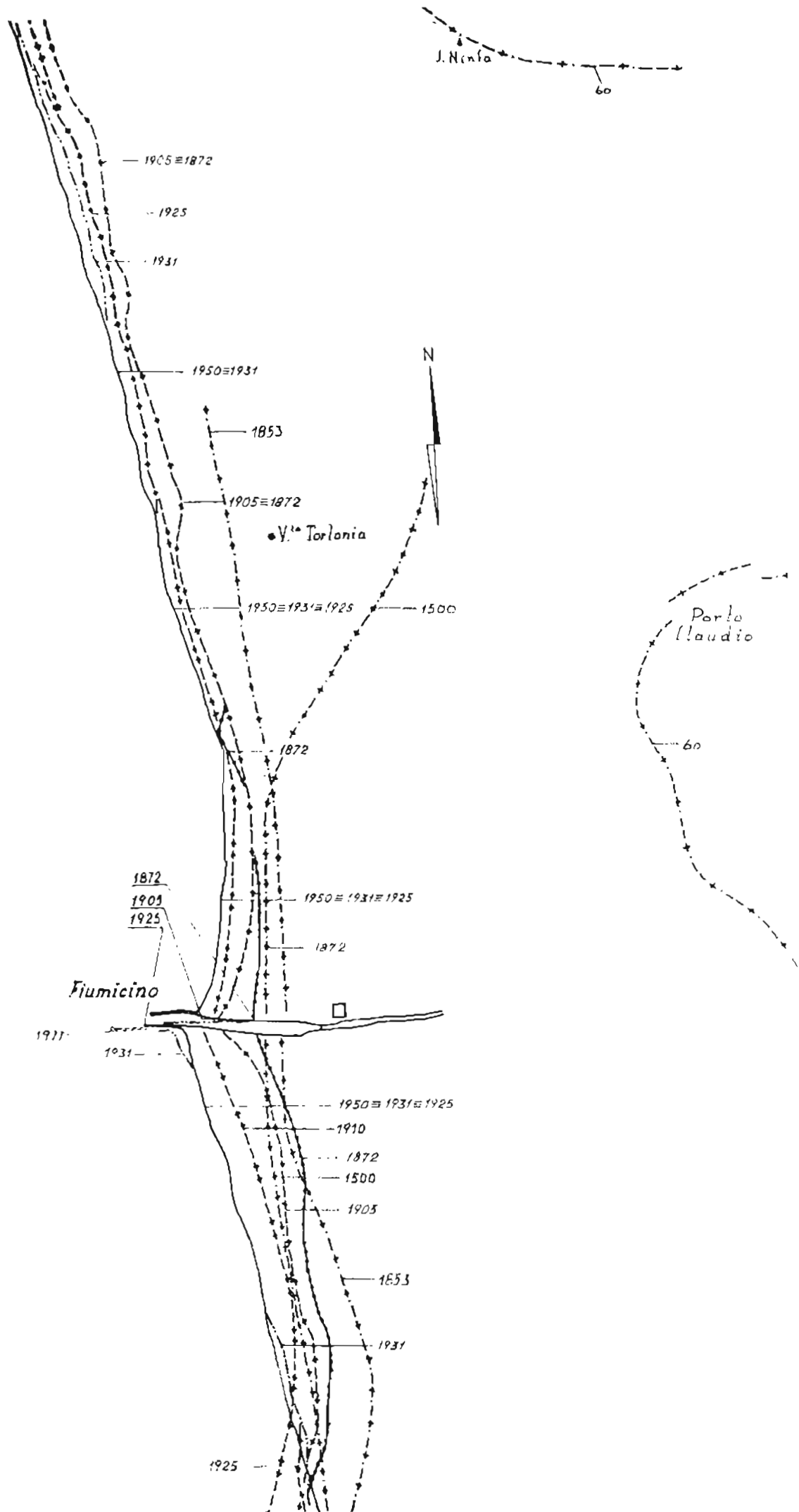
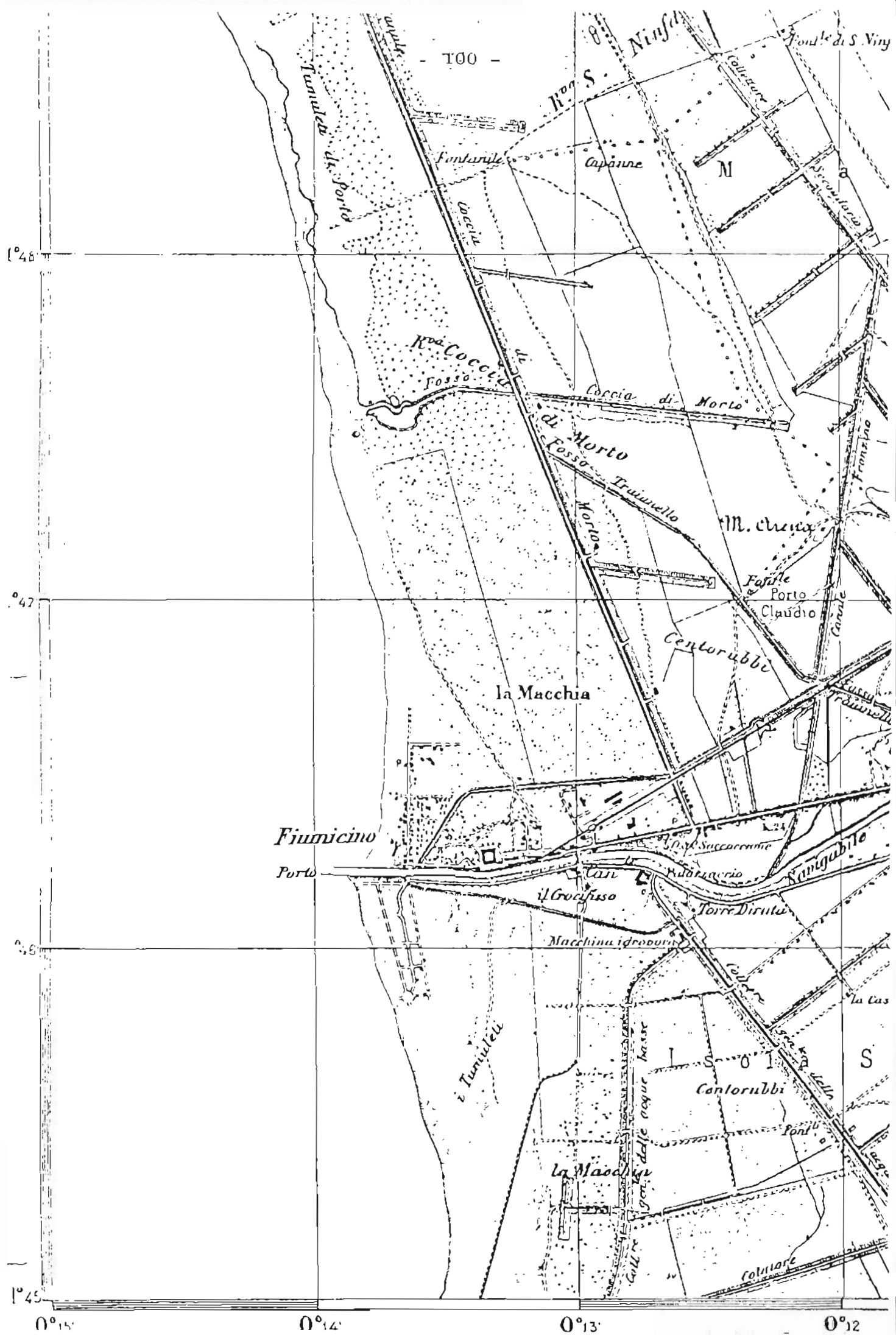


Figura 31 - Fiumicino II° - confronto I.G.M. 1872-1905-1925-1931-1950 (figg. 32-33-34-35-36) - I.I.M. 1500-1853-1910



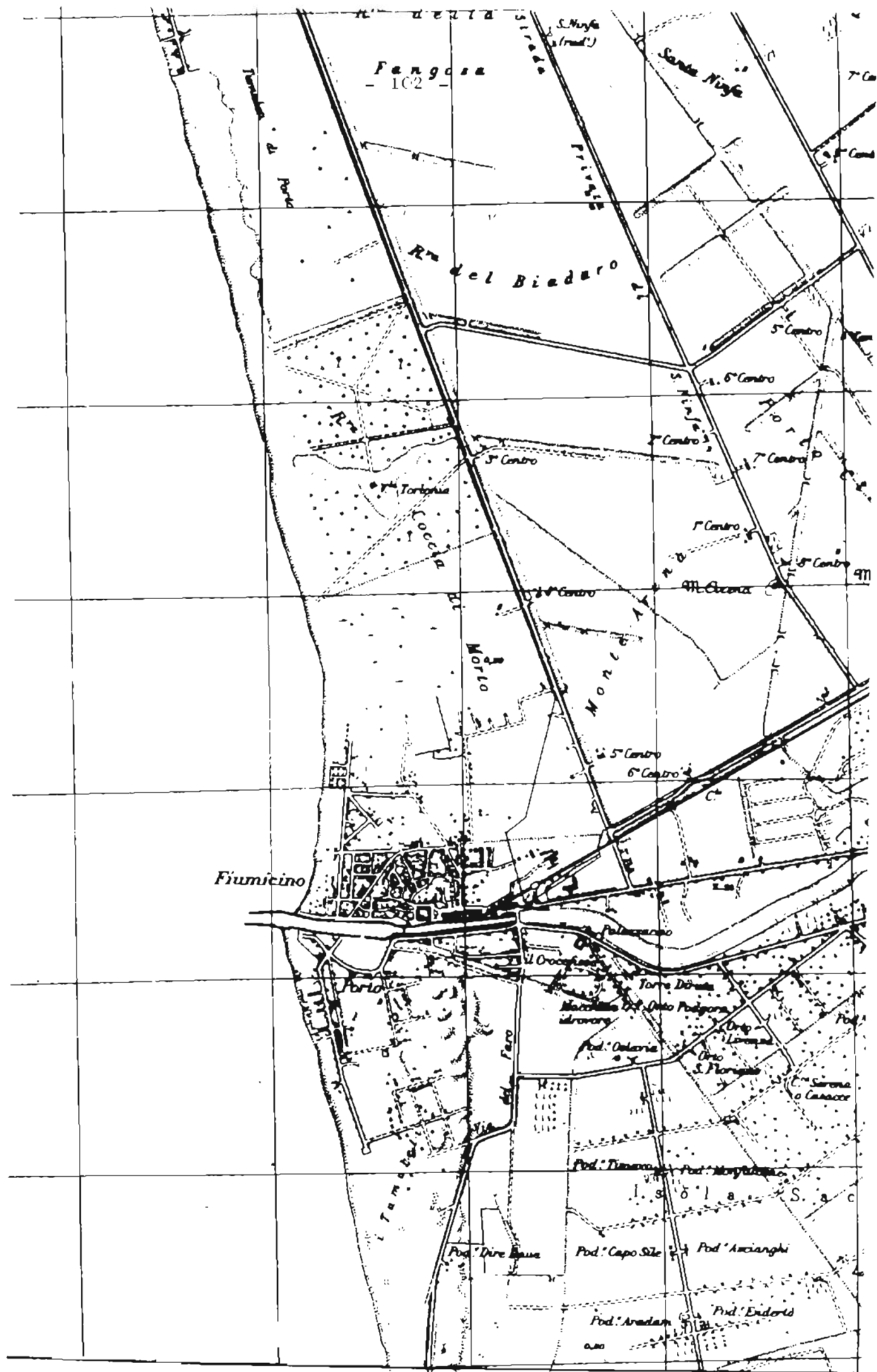


Figura 36 - Fiumicino II° - I.G.M. 1950

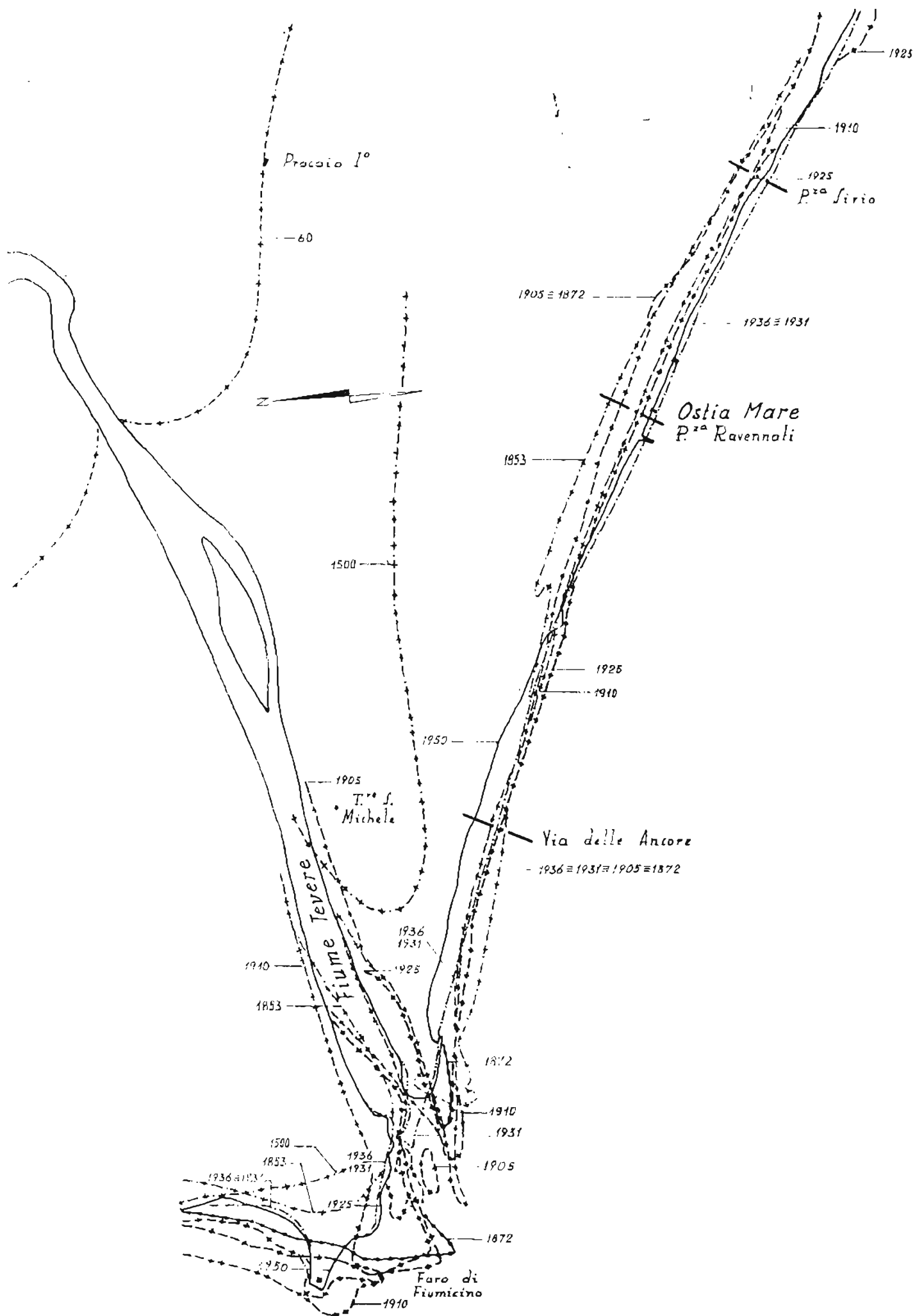
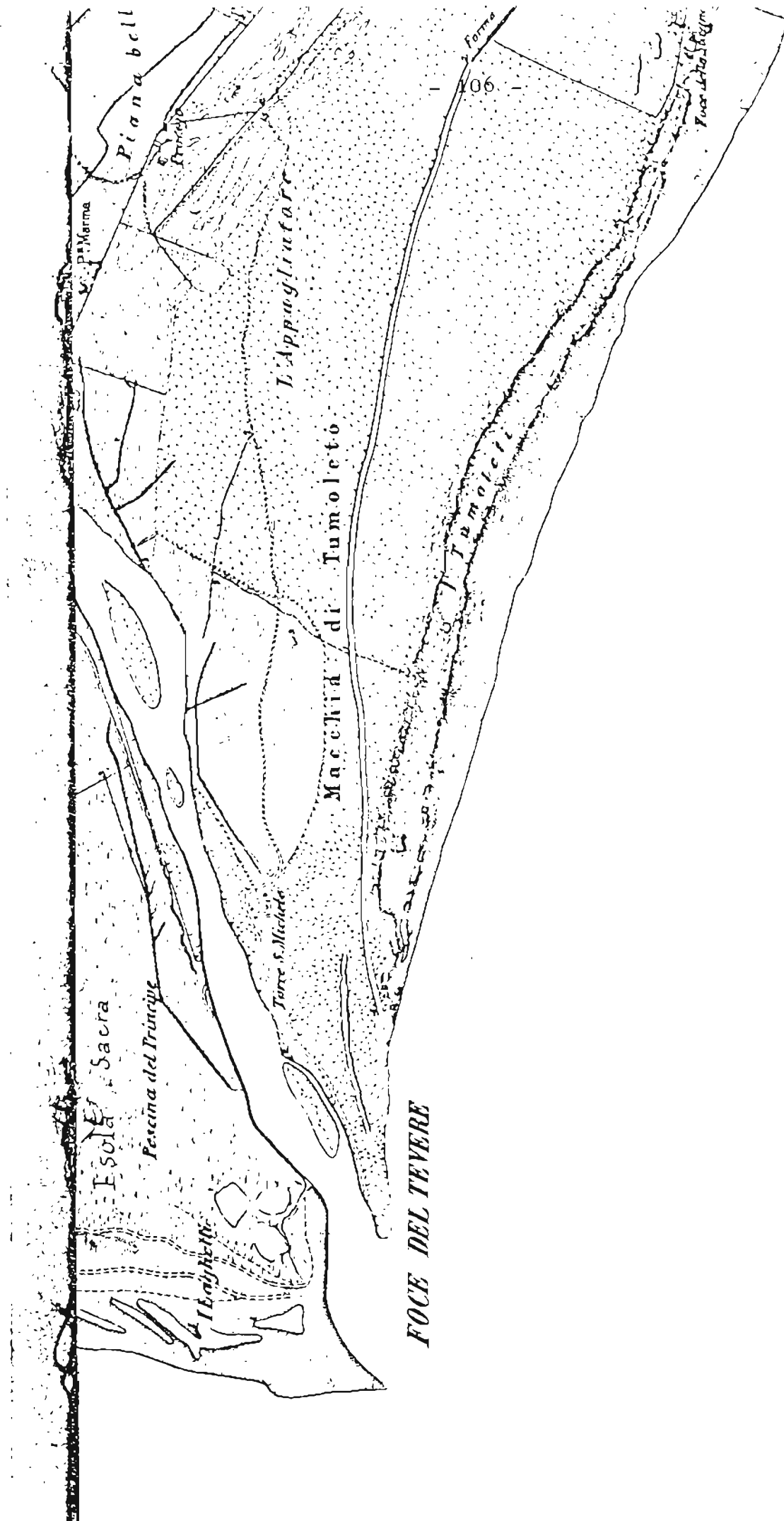
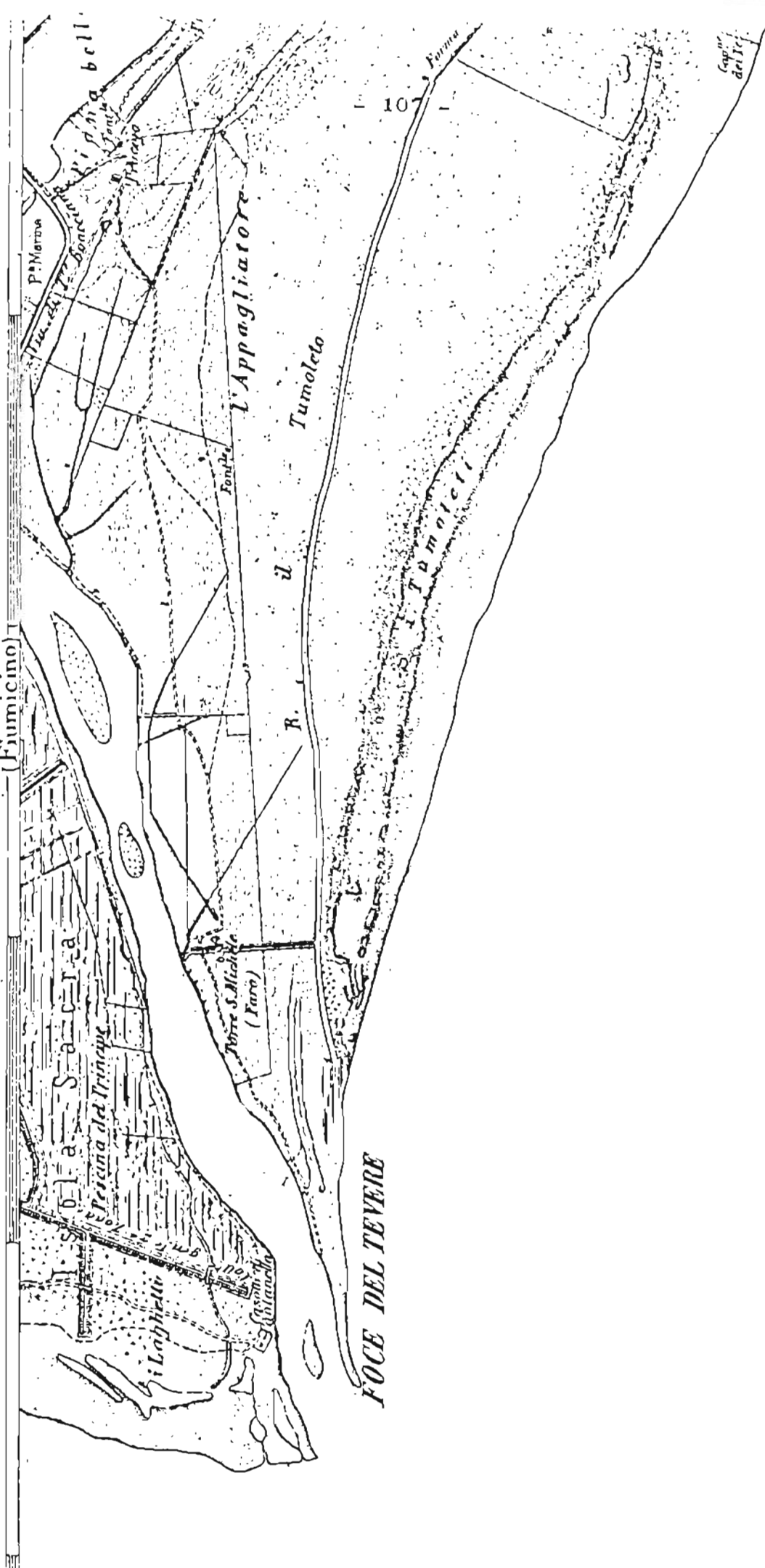


Figura 37 - Lido di Ostia I° - confronto I.G.M. 1872-1905-1925-1931-1936-1950 (figg. 38-39-40-41-42-43) - I.I.M. 1500-1853-1910



Longitudine dal meridiano di Roma (Monte Mario)

(Fiumicino)



Facc delle
del

Figura 39 - Lido di Ostia I° - I.G.M. 1905

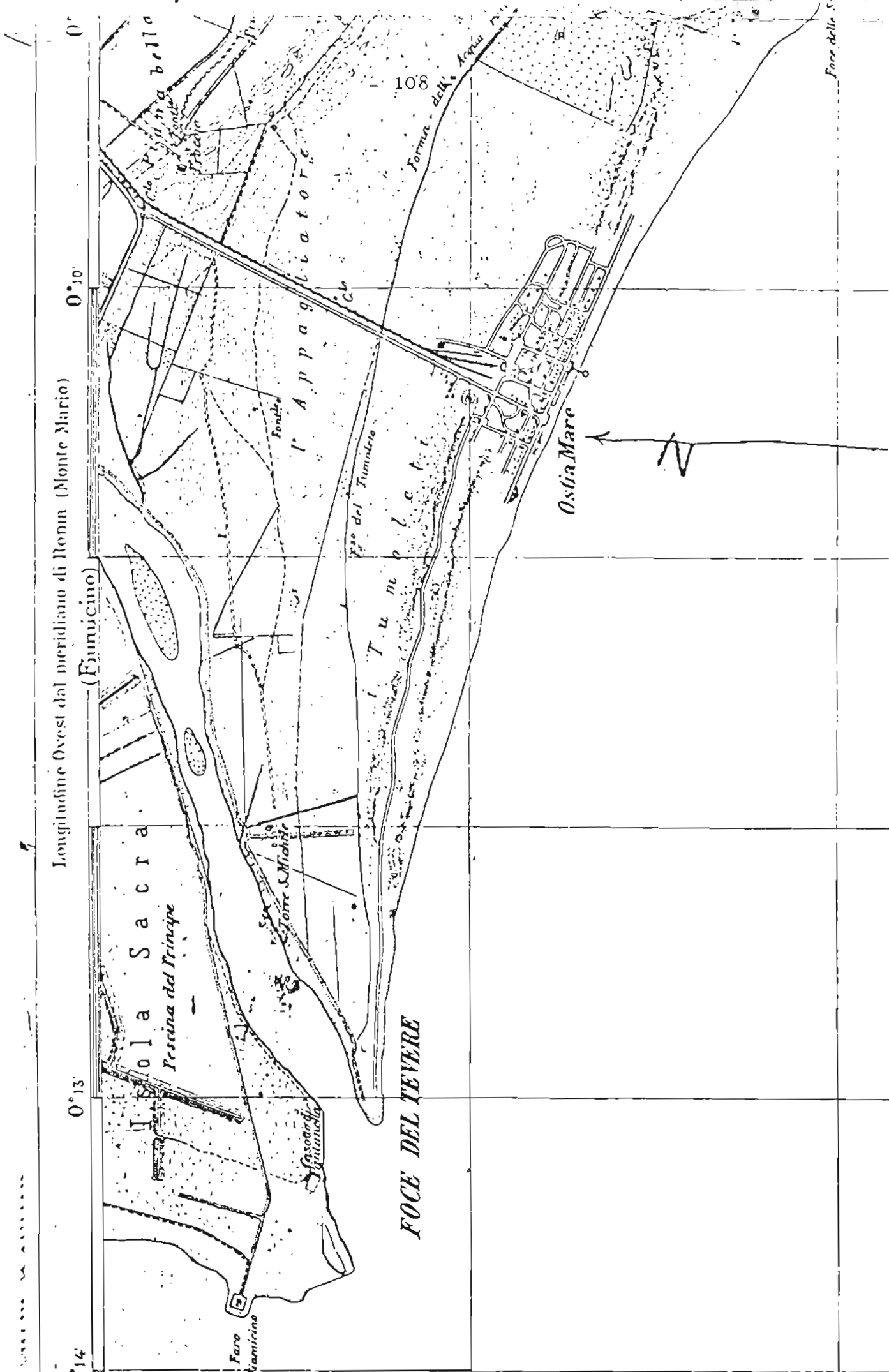
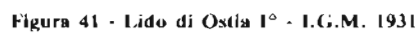
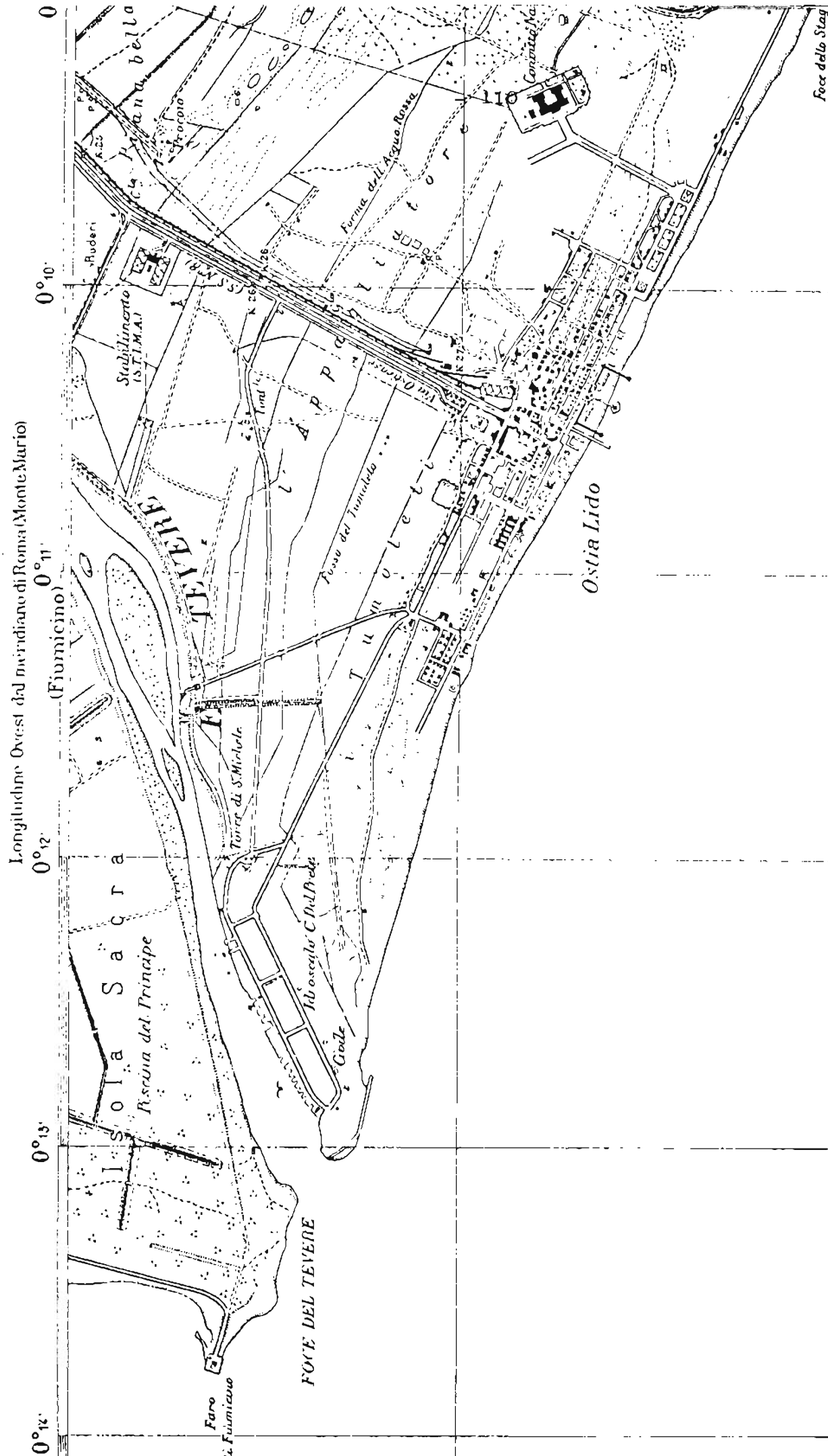


Figura 40 - Lido di Ostia 1° - I.G.M., 1925





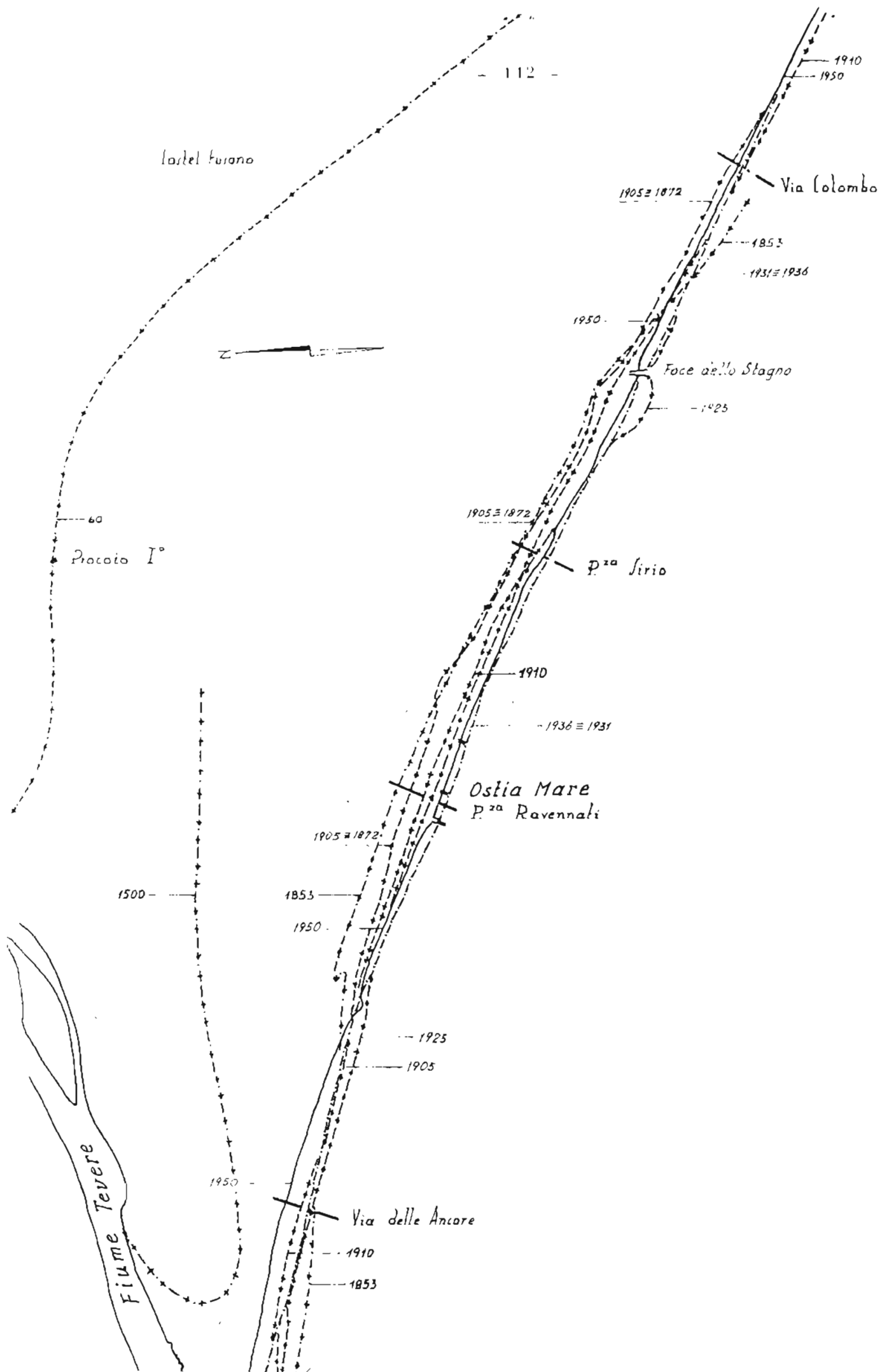


Figura 44 - Lido di Ostia II° - confronto I.G.M. 1872-1905-1925-1931-1936-1950 (figg. 45-46-47-48-49-50) - I.I.M. 1500-1853-1910

Le scale indicate sulle tavole sono relative al lavoro originale. Per esigenze di stampa le tavole sono state ridotte del 50 per cento; pertanto le scale risultano raddoppiate ($1/50.000 = 1/100.000$; $1/10.000 = 1/20.000$ ecc).

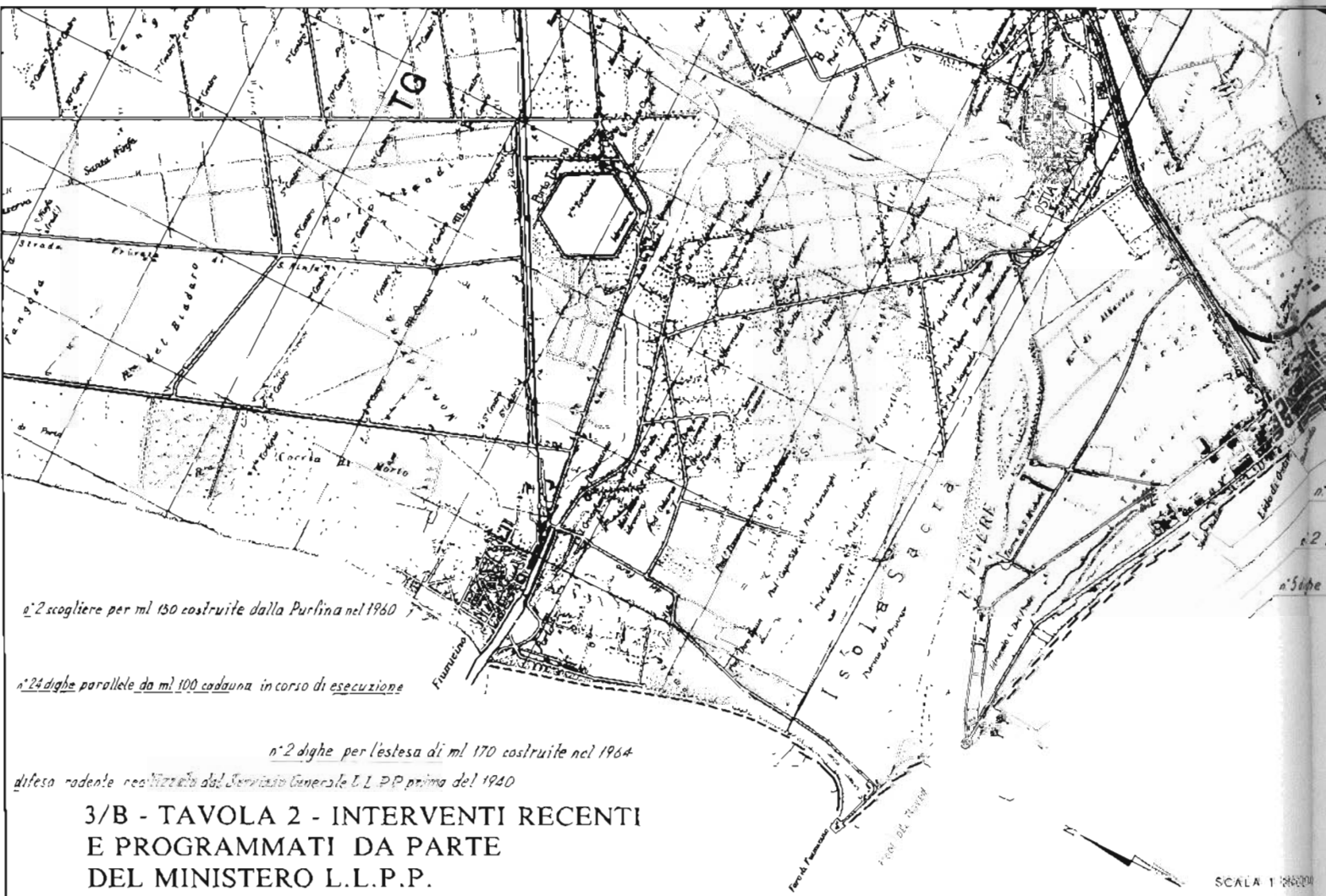
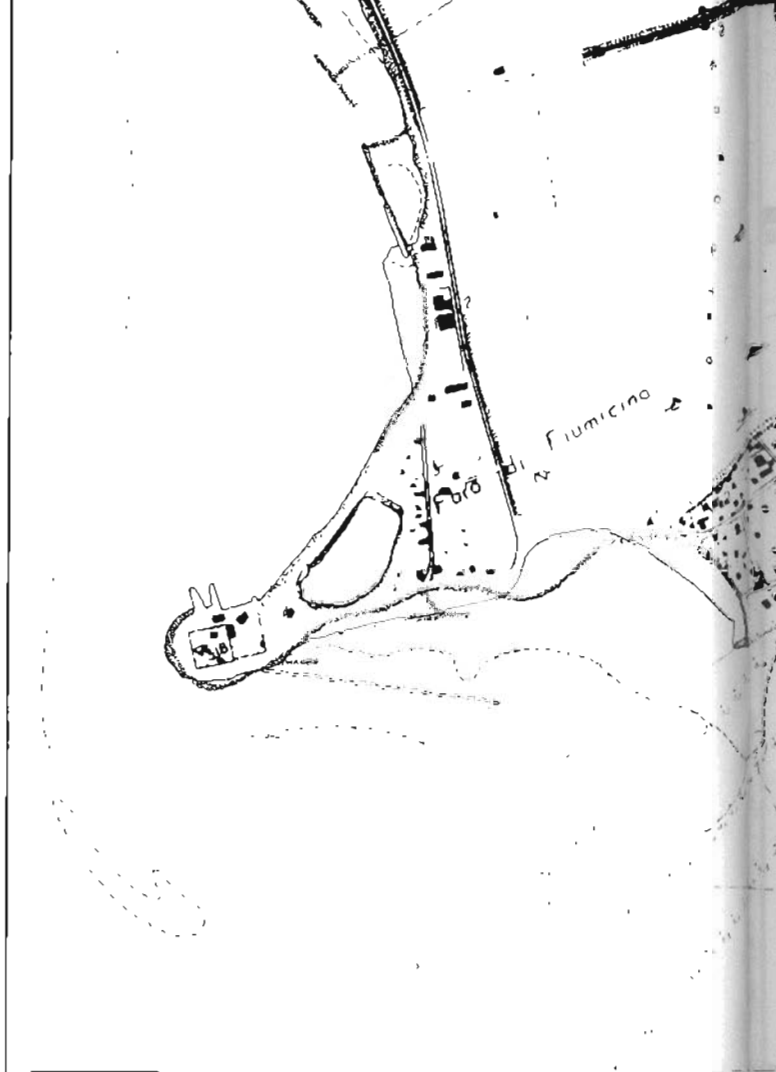
STUDIO GENERALE
DEI SPIAGGI LAZIALI
E DEI ISOLI PONTINI

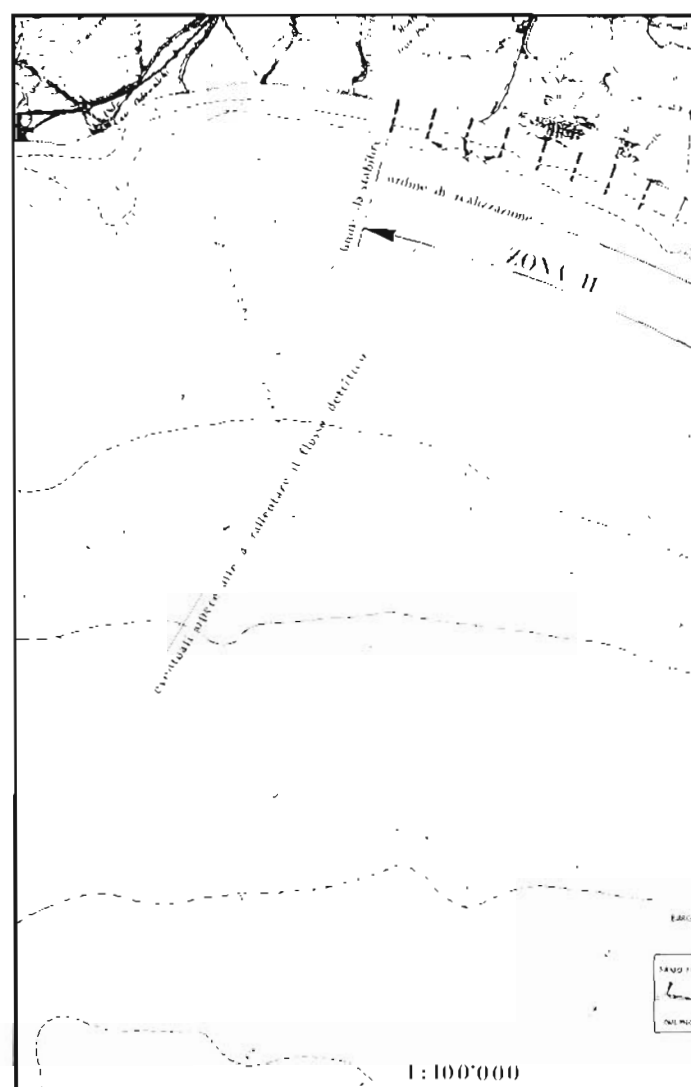
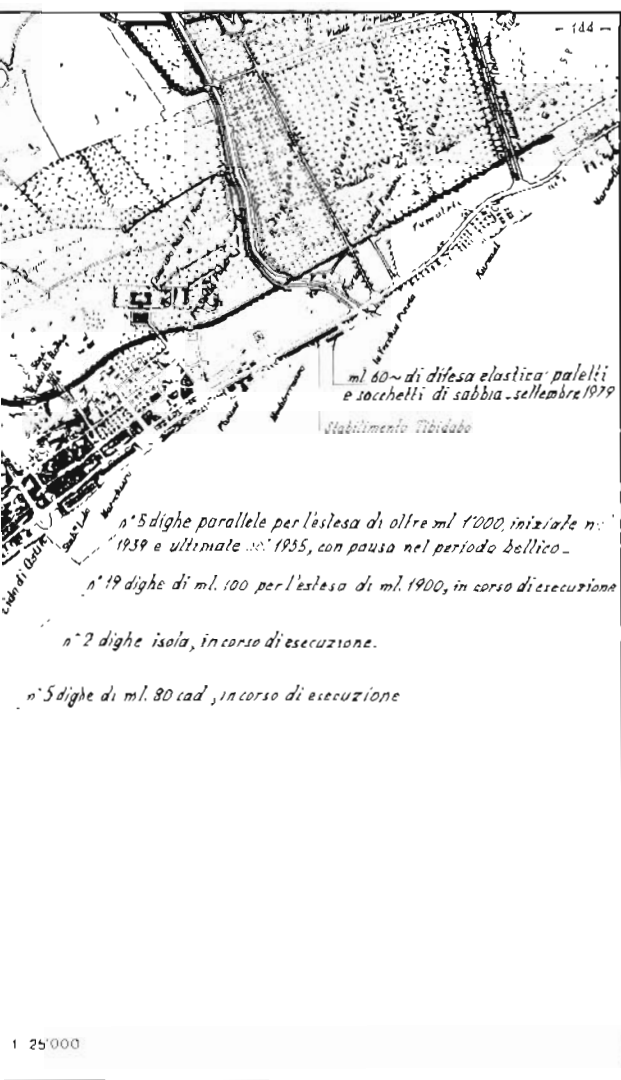
PROGETTO GENERALE DI MASSIMA
"ZONA CAMPIONE OSTIA-FIUMICINO"

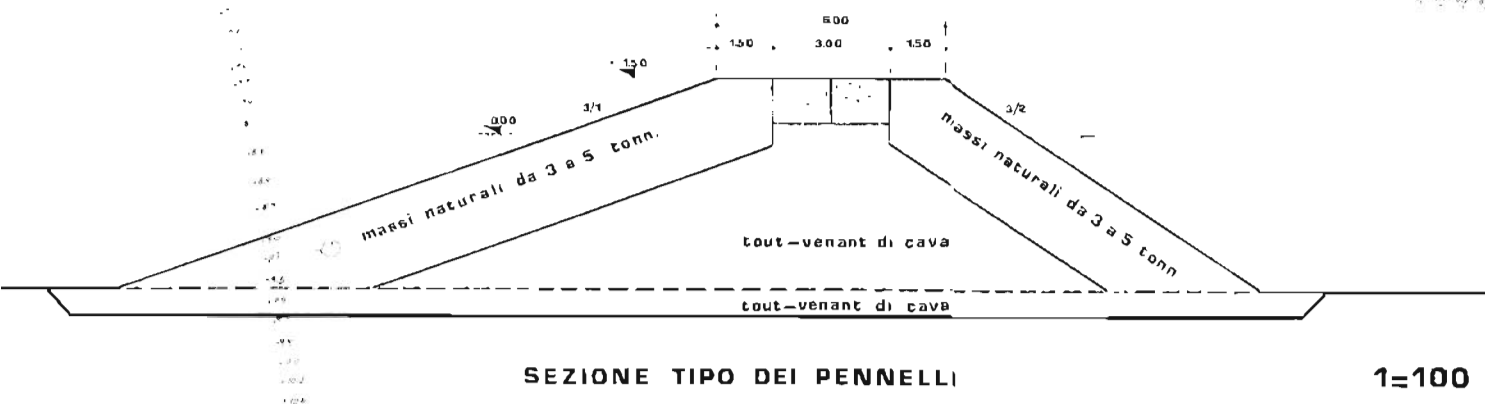
PLANIMETRIA DEGLI INTERVENTI

3/B - TAVOLA 1

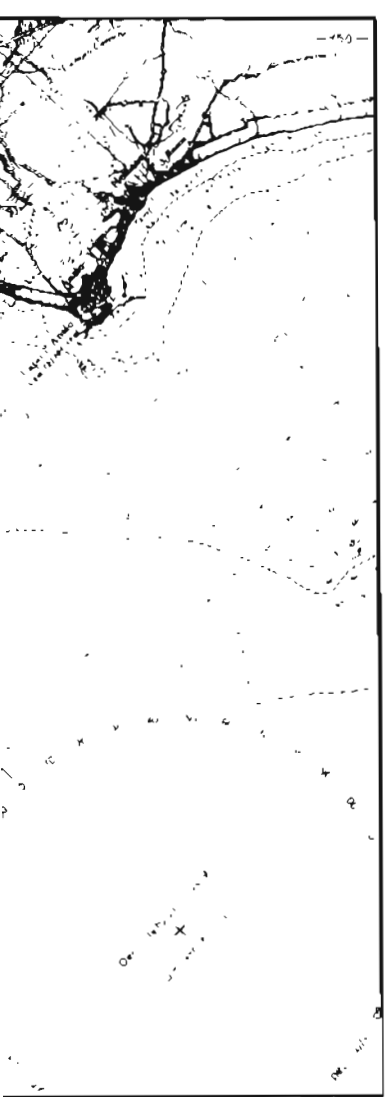
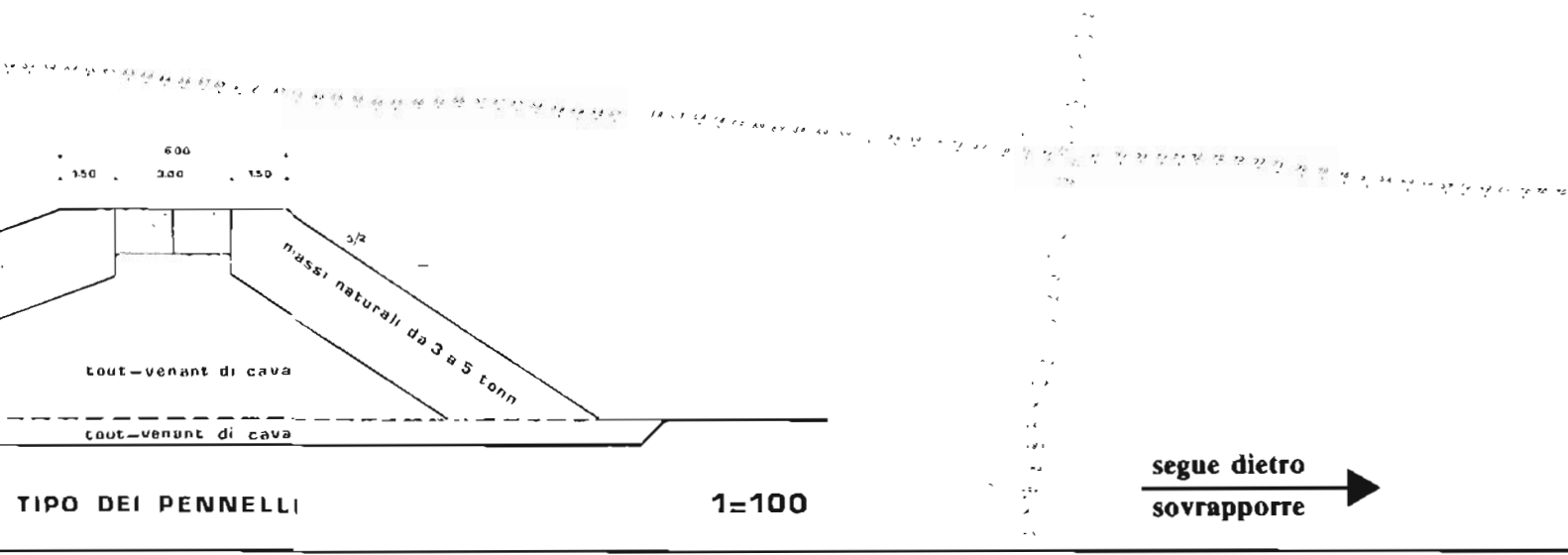
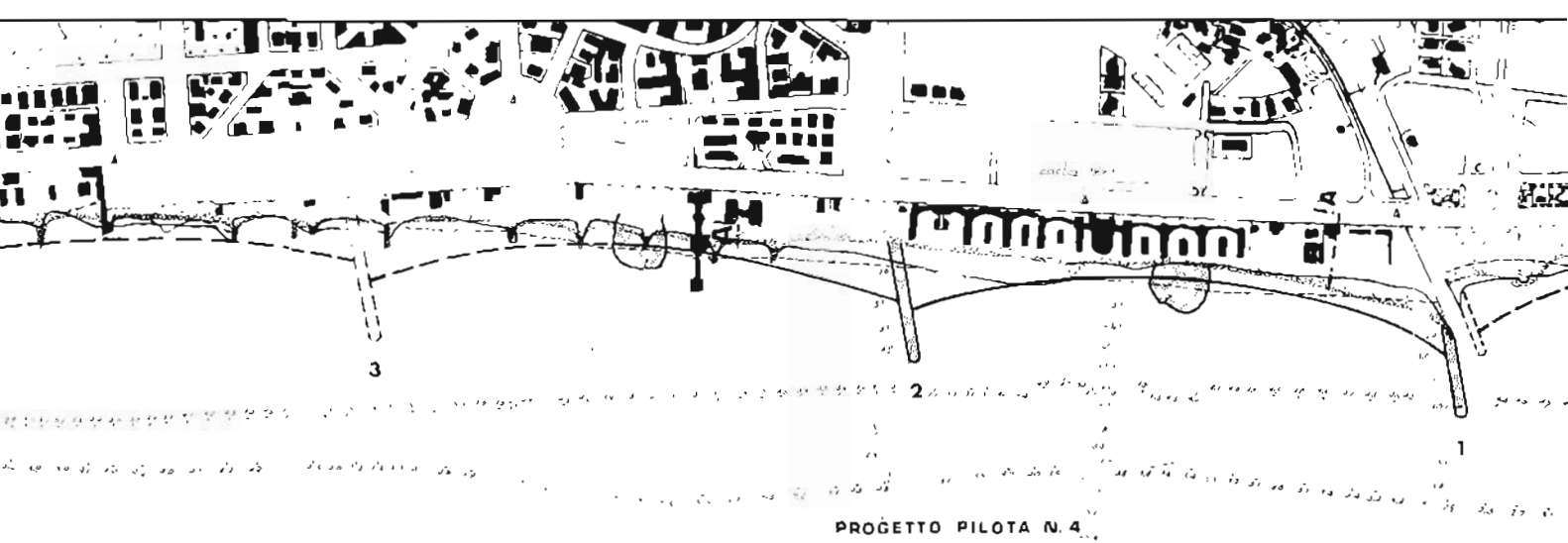
1:2000







ASSICURARE LA STABILITÀ
VETO



REGIONE LAZIO
ASSessorATO AI LAVORI PUBBLICI

STUDIO GENERALE
DELLE SPIAGGE LAZIALI
E DELLE ISOLE PONTINE

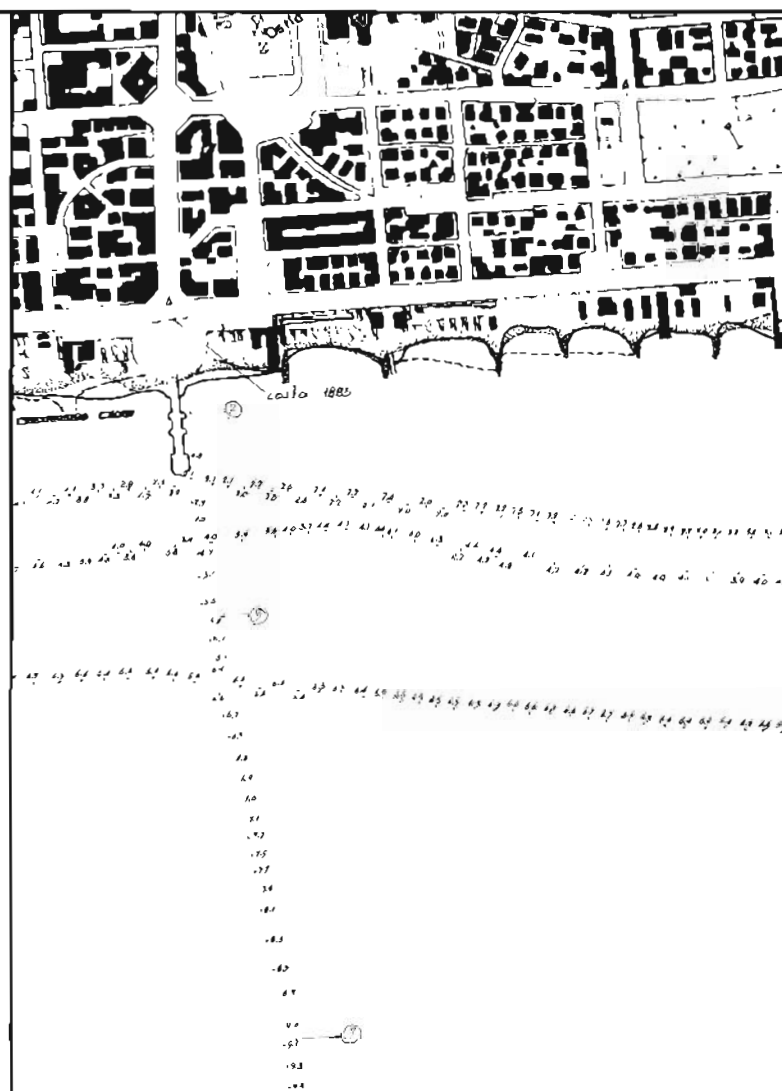
"PROGETTO PILOTA N. 4"
INTERVENTO SPERIMENTALE
IN DIFESA DELLA SPIAGGIA
DEL COMUNE DI ROMA
"ZONA OSTIA-FIUMICINO"

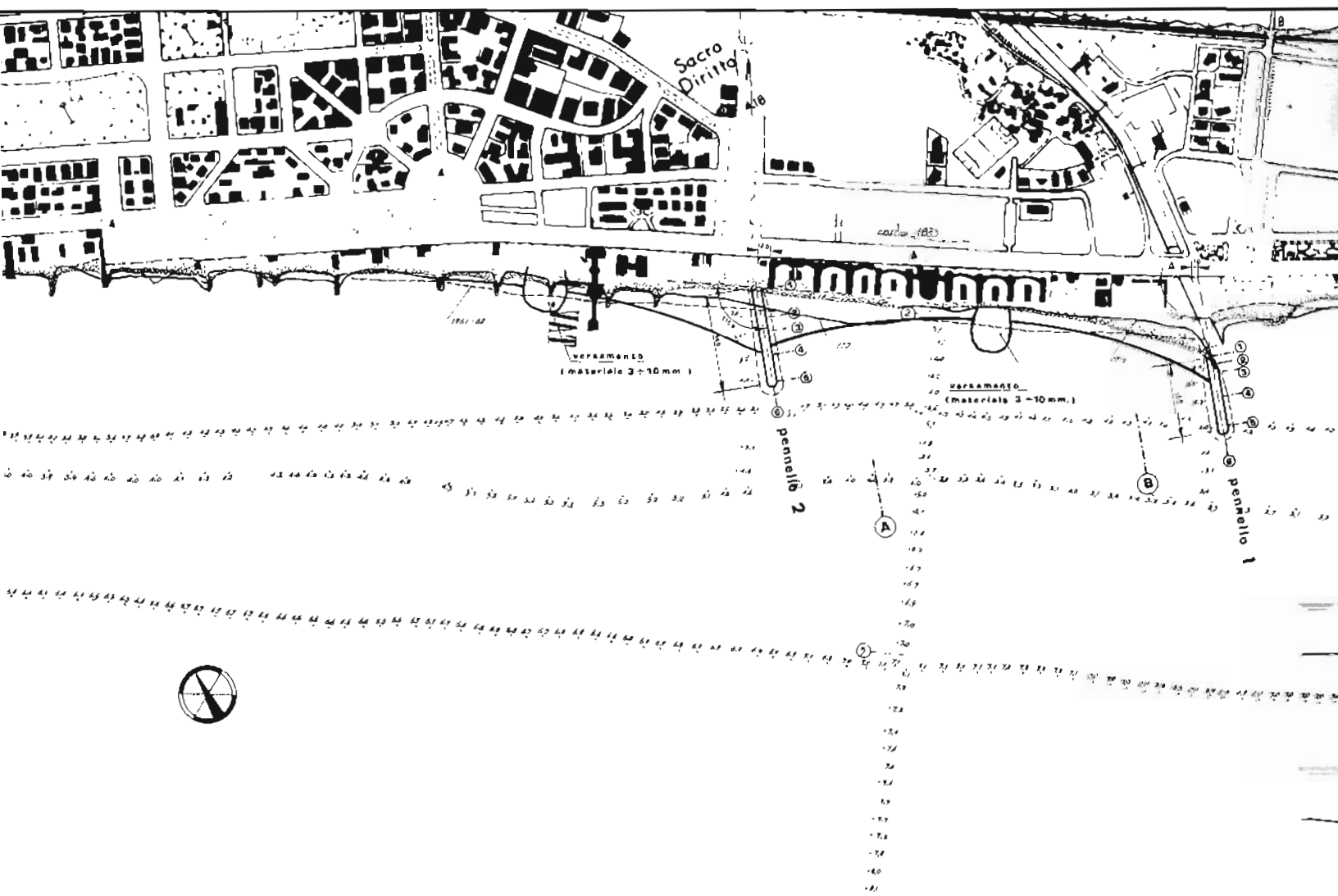
PLANIMETRIA

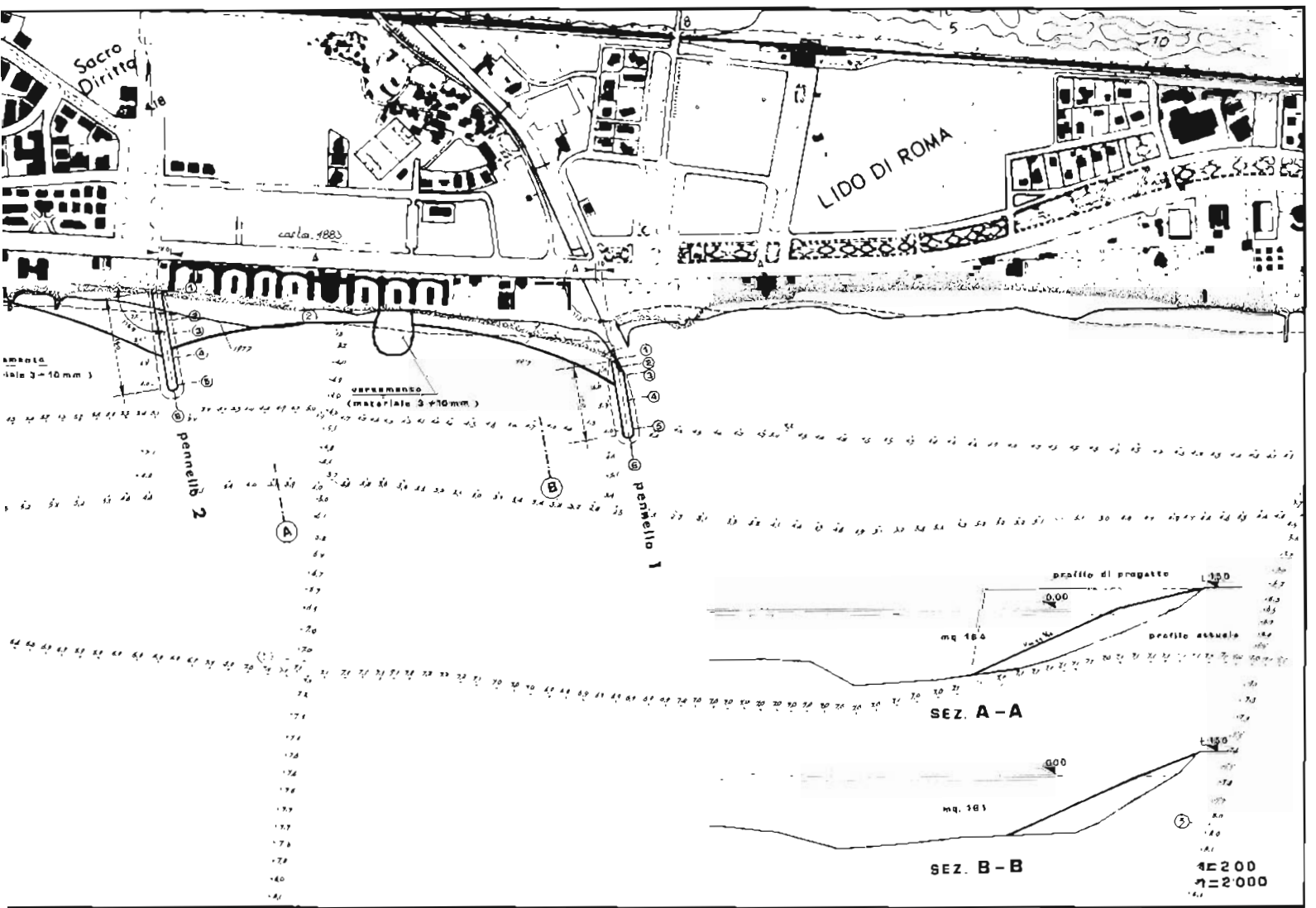
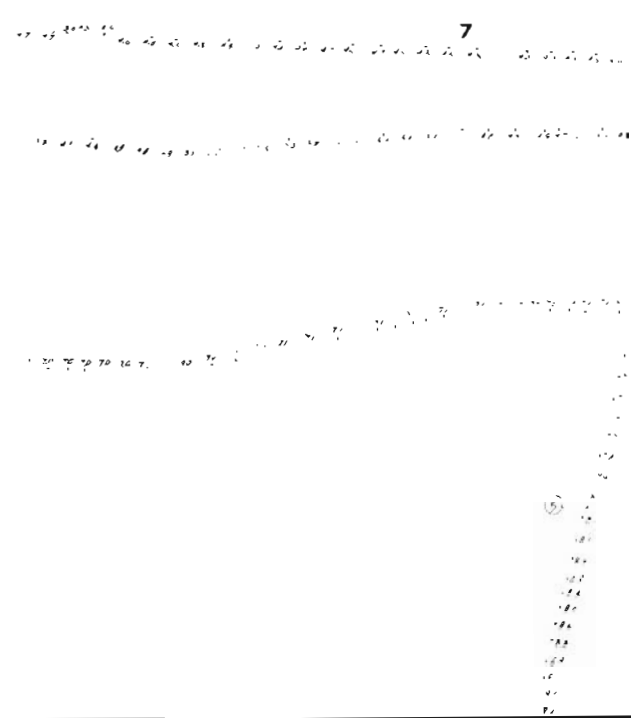
3/B - TAVOLA 4

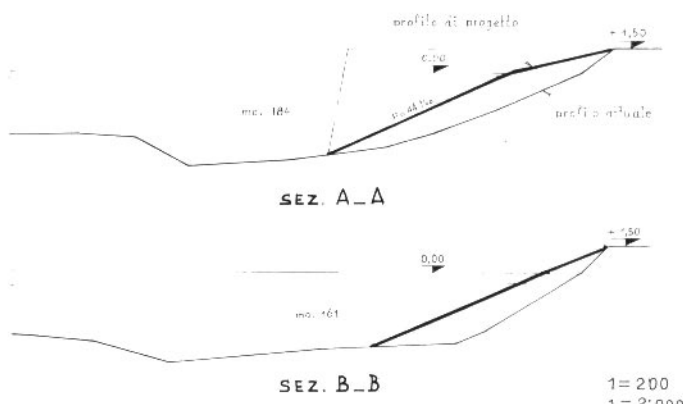
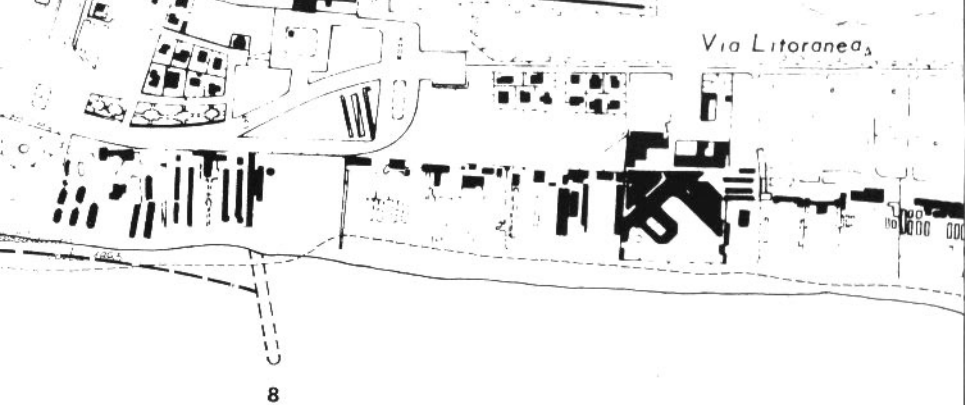
SAVONA 1 maggio 1980

1:2'000









Le scale indicate sulle tavole sono relative al lavoro originale. Per esigenze di stampa le tavole sono state ridotte del 50 per cento; pertanto le scale risultano raddoppiate ($1/50.000 = 1/100.000$; $1/10.000 = 1/20.000$ ecc).

REGIONE LAZIO

ASSESSORATO AI LAVORI PUBBLICI

STUDIO GENERALE
DELLE SPIAGGE LAZIALI
E DELLE ISOLE PONTINE

"PROGETTO PILOTA N. 4"
INTERVENTO SPERIMENTALE
IN DIFESA DELLA SPIAGGIA
DEL COMUNE DI ROMA
"ZONA OSTIA-FIUMICINO"

SEZIONI CORRENTI DEI PENNELLI 1 e 2

1:100

3/B - TAVOLA 5

CAVONNA - maggio 1980

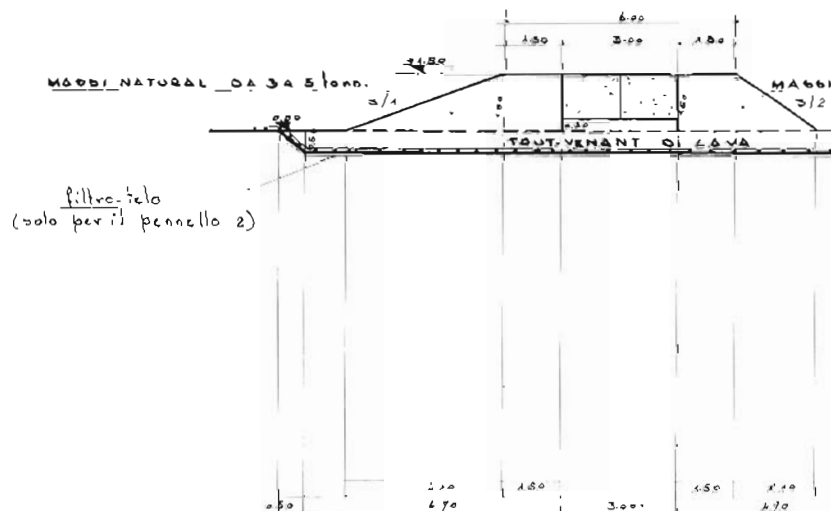


1

MASSI NATURALI DA 3 A 5 tonn.: $1,50 \times 1,50 + 1,50 \times 1,50 + 1,50 \times 1,50 + 1,60 \times 1,60$

TOUT-VENANT DI CAVA

$1,00 \times 0,80 + 1,00 \times 1,10 + 1,00 \times 1,10 + 1,30 \times 1,30 + 0,50 \times 2,70 + 0,50 \times 2,70$



REGIONE LAZIO

ASSESSORATO AI LAVORI PUBBLICI

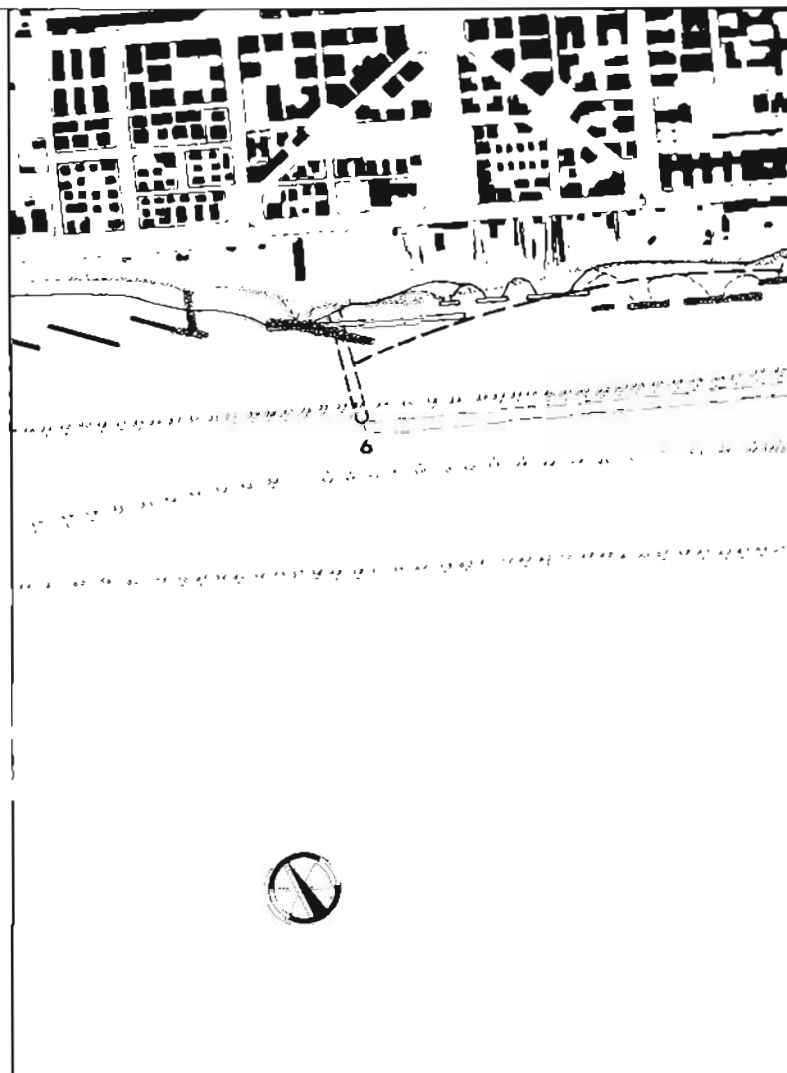
STUDIO GENERALE
DELLE SPIAGGE LAZIALI
E DELLE ISOLE PONTINE

POSSIBILE VARIANTE AL
PROGETTO GENERALE DI MASSIMA
"ZONA CAMPIONE OSTIA-FIUMICINO"

3/B - TAVOLA 6

CAVONNA - maggio 1980

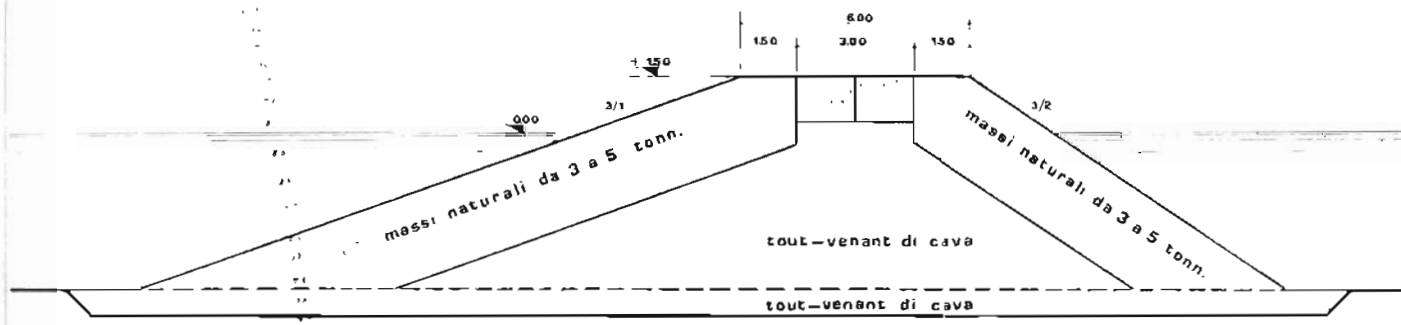
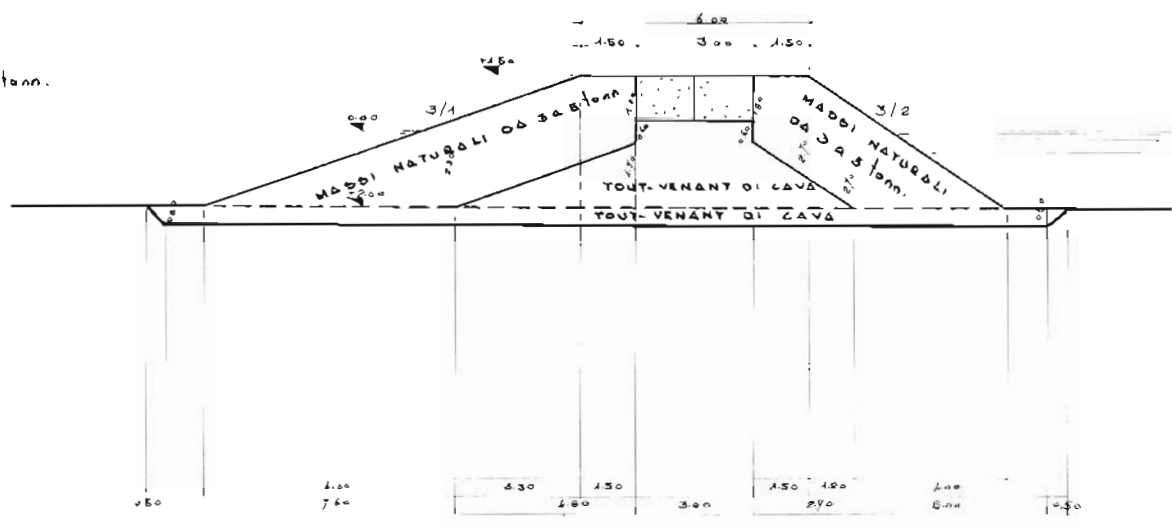
1:2000



mq. 4,15
 MASSI NATURALI DA 3 a 5 tonn. $4,60 \times 2,30 + 2,30 \times 3,50 + 2,30 \times 1,80 + 1,50 + 1,80 + 2,70 \times 1,50 + 2,70 \times 1,80 + 2,70 \times 2,00 = \text{mq. } 34,72$
 TOUT-VENANT DI CAVA $10,50 \times 0,50 + 0,50 \times 7,40 + 0,50 \times 2,80 + 1,70 \times 2,80 + 2,80 \times 3,00 + 1,70 \times 2,70 + 0,50 \times 2,70 + 0,50 \times 2,80 + 0,50 \times 0,50 = \text{mq. } 26,12$

MASSI NAT
 TOUT-VENA

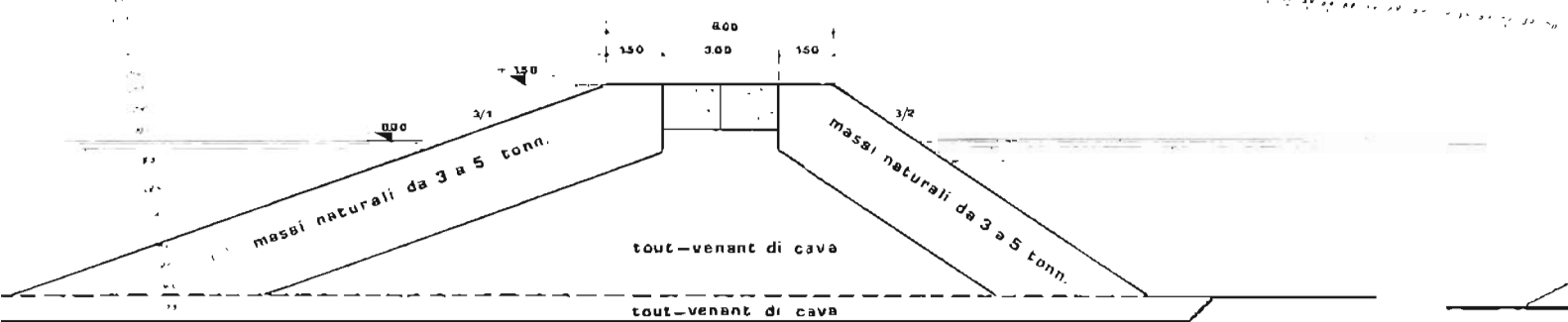
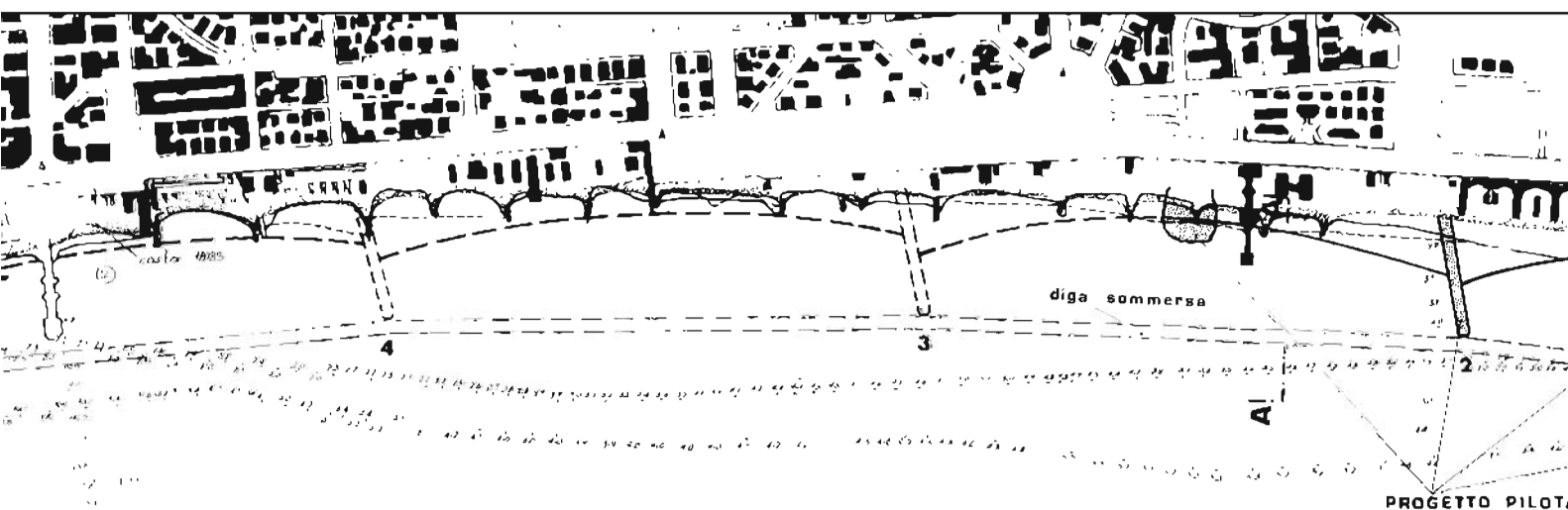
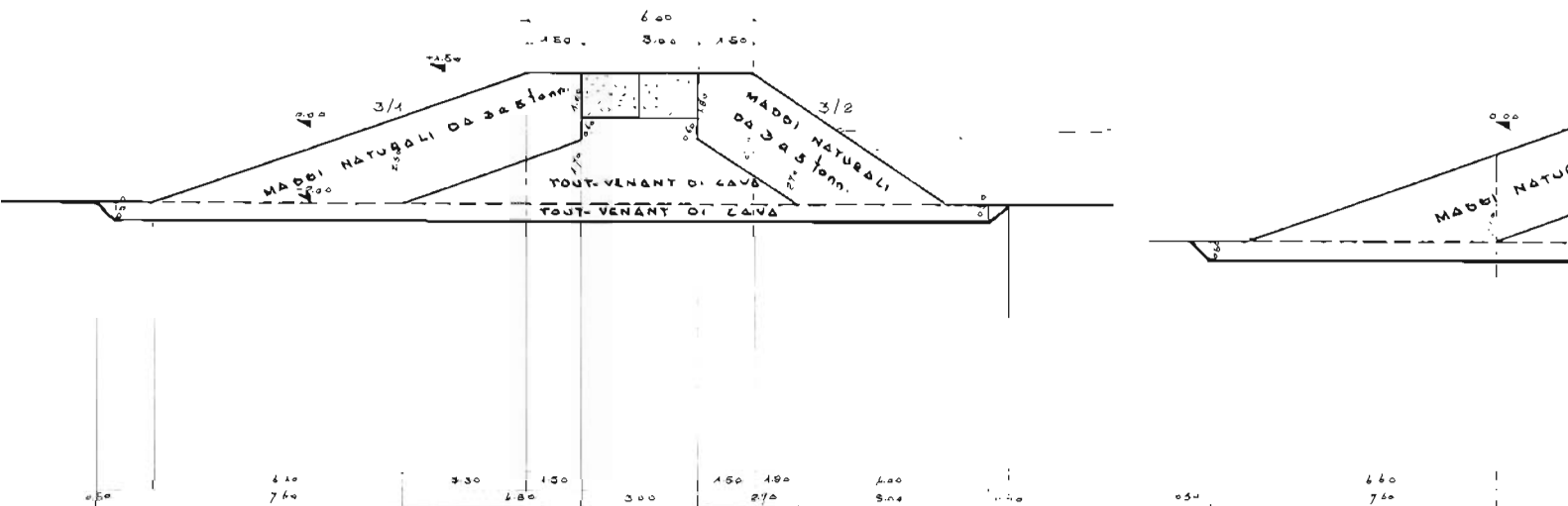
MASSI NATURALI DA 3 a 5 tonn.
 3/2



SEZIONE TIPO DEI PENNELLI

MASSI NATURALI DA 3 a 5 tonn. $\frac{660 \times 2,50}{2} + 2,30 \times 3,50 + \frac{2,50 \times 1,80 \times 1,50}{2} + \frac{1,80 \times 2,70 \times 1,50}{2} = 809,3072$
 TOUT-VENANT DI CAVA $\frac{0,50 \times 0,50 \times 0,50 \times 7,60}{2} + \frac{0,50 \times 1,80 \times 1,70 \times 1,80}{2} + \frac{2,80 \times 3,00}{2} + \frac{1,70 \times 2,70}{2} + \frac{0,50 \times 2,70}{2} = 24,42$

MASSI NATURALI DA 3 a 5 tonn. $\frac{660 \times 2,50}{2} + 2,30 \times 3,50 + \frac{2,50 \times 1,80 \times 1,50}{2} + \frac{1,80 \times 2,70 \times 1,50}{2} = 809,3072$
 TOUT-VENANT DI CAVA $\frac{0,50 \times 0,50 \times 0,50 \times 7,60}{2} + \frac{0,50 \times 1,80 \times 1,70 \times 1,80}{2} + \frac{2,80 \times 3,00}{2} + \frac{1,70 \times 2,70}{2} + \frac{0,50 \times 2,70}{2} = 24,42$



$0.30 \times 6.00 + 0.30 \times 1.50 + 1.50 \times 2.70 + 1.50 \times 2.70 + 2.70 \times 4.20 + 2.70 \times 4.20 =$

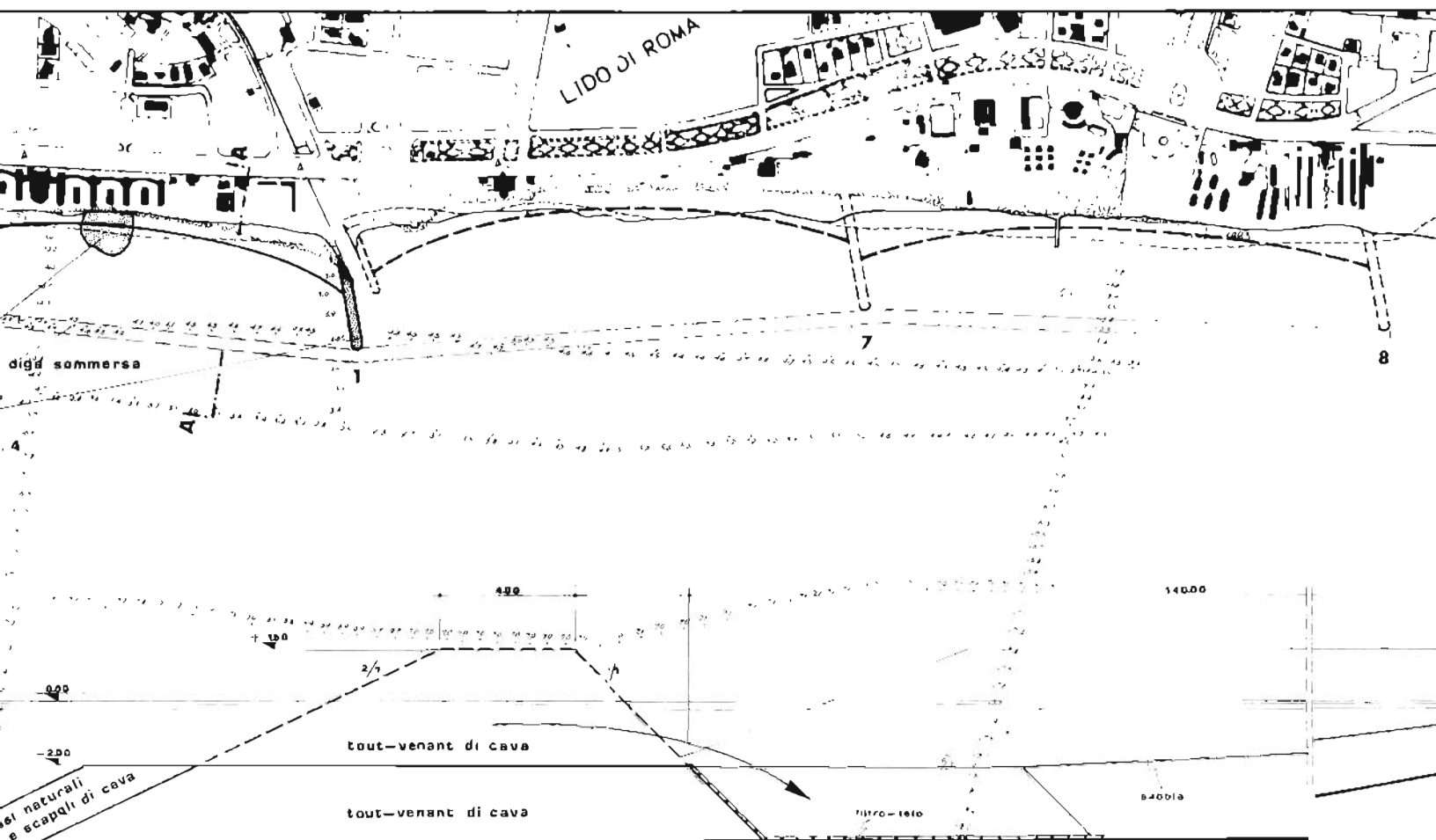
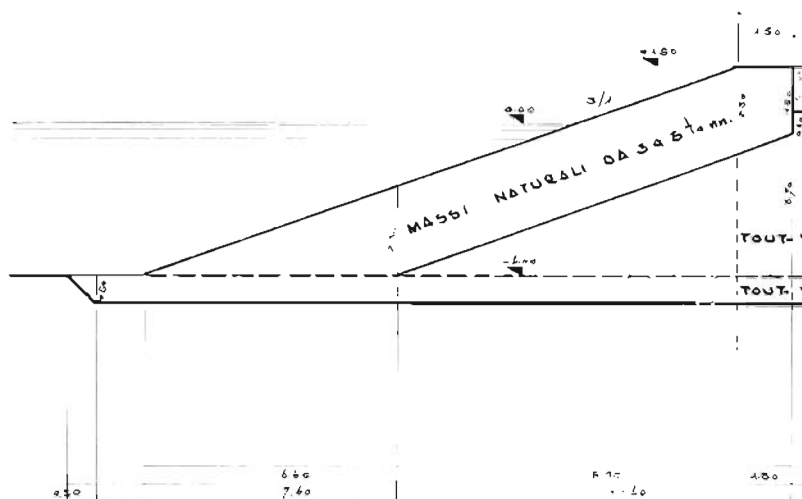
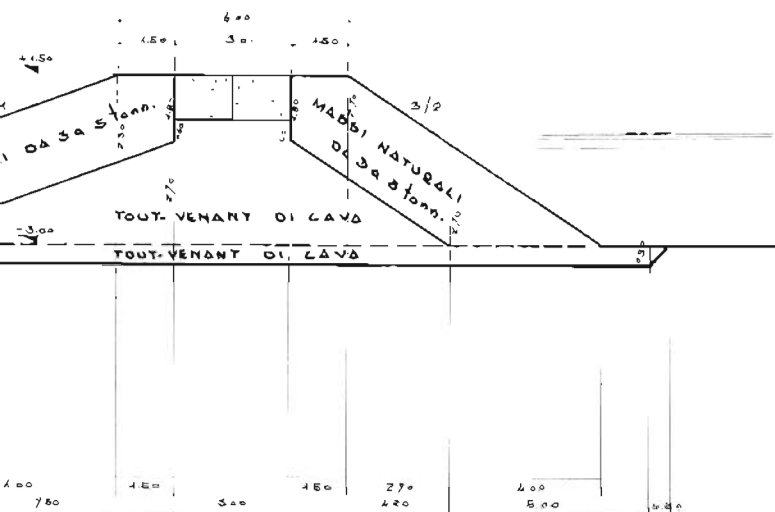
= mq. 10,53

 $0.50 \times 7.40 + 0.50 \times 7.50 + 0.70 \times 7.50 + 3.80 \times 3.00 + 0.70 \times 4.20 + 4.20 \times 0.50 + 0.50 \times 4.50 + 0.50 \times 0.50 =$

mq. 39,57

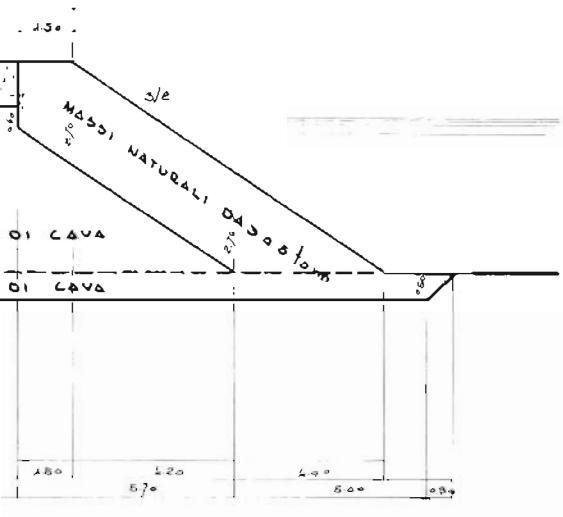
 MASSI NATURALI DA 3 a 5^a anno: $0.60 \times 2.20 + 2.30 \times 1.90 + 2.30 \times 1.80 + 1.80 \times 1.80 + 1.80 \times$

TOUT-VENANT DI CAVA

 $0.80 \times 0.80 + 0.80 \times 7.40 + 0.40 \times 3.70 + 0.50 \times 4.0$


SEZIONE A-A

$= 270 \times 400 + 270 \times 400$
 = mq. 54 25
 $00 + 270 \times 270 + 500 \times 250 + 500 \times 250$ mq. 55 93



MAGGI NATURALI DA 3 a 5 tonni. $160 \times 250 + 250 \times 900 + 250 \times 180 \times 150$ mq. 54
 TOUT-VENANT DI CAVA $1050 \times 050 + 050 \times 750 + 1050 \times 050 + 1050 \times 050 + 1050 \times 050 + 1050 \times 050 + 1050 \times 050 + 1050 \times 050$ mq...

