

ALBERTO ANTONIAZZI

CAMERA DI COMMERCIO, INDUSTRIA, ARTIGIANATO E AGRICOLTURA - FORLÌ

L'EROSIONE MARINA NEL LITORALE FORLIVESE

CONOSCENZE ATTUALI - PRIME IPOTESI SUL
FENOMENO - UN PROGRAMMA DI STUDI

ALBERTO ANTONIAZZI

L'EROSIONE MARINA NEL LITORALE FORLIVESE

CONOSCENZE ATTUALI - PRIME IPOTESI SUL FENOMENO
UN PROGRAMMA DI STUDI

A CURA DELLA CAMERA DI COMMERCIO, INDUSTRIA, ARTIGIANATO E AGRICOLTURA

F O R L Ì

Estratto dal « BOLLETTINO MENSILE » della C. C. I. A. A.
di Forlì - nn. 6 e 7 del 1967

PRESENTAZIONE

La Camera di Commercio, Industria, Agricoltura e Artigianato, quale Ente pubblico provinciale istituzionalmente preposto alla tutela degli interessi generali della economia della Provincia, in relazione al continuo aggravarsi del fenomeno delle erosioni marine, costituì a suo tempo un Comitato Tecnico con lo scopo di promuovere un organico programma di ricerche sulle cause del fenomeno e sui possibili rimedi, ed un Comitato Provinciale per le erosioni marine composto da tutti gli Enti pubblici della Provincia interessati al problema, avente il compito, oltre che di garantire i necessari apporti finanziari, un opportuno coordinamento degli interventi e delle iniziative volte ad ovviare al grave fenomeno che seriamente compromette l'avvenire mediato ed immediato del turismo balneare, una attività preminente quale fondamentale elemento propulsivo dell'economia provinciale in tutti i settori che la compongono.

Per predisporre un organico programma di studi sull'erosione costiera nella Provincia il Comitato Tecnico, presieduto dal Sig. Giancarlo D'Orazio è giunto nella determinazione di fare il punto sulla situazione mediante :

- la realizzazione di una serie di sopralluoghi sulle spiagge, e di misure per valutare le variazioni della linea di spiaggia negli ultimi decenni;
- un esame della bibliografia per inquadrare il fenomeno erosivo sulla base del pensiero degli Autori, che già si sono occupati del problema;
- la raccolta presso Enti ed Istituti specializzati, il confronto e l'elaborazione di ogni elemento disponibile, che potesse fornire indicazioni o precisazioni sui fenomeni in esame;
- un'analisi delle varie possibili cause del fenomeno (idrografiche, geofisiche, geomorfologiche, meteorologiche, antropiche, ecc.) cercando di valutarne l'effettiva importanza;
- un'inquadramento dei metodi di ricerca sperimentati in Italia e all'estero nello studio di questi fenomeni, dei risultati ottenuti e dei provvedimenti di difesa realizzati.

I frutti di questo lavoro sono raccolti nella presente monografia, che costituisce il primo fondamentale contributo alla conoscenza approfondita del fenomeno erosivo costiero attuale e quindi la base di riferimento, finora mancata, di ogni ulteriore studio e di ogni intervento efficace.

Ringrazio vivamente i Componenti del Comitato ed il Presidente D'Orazio che ha egregiamente coordinato i lavori. Un ringraziamento particolare e doveroso va al Dr. Alberto Antoniazzi, geologo, che ha direttamente, per conto del Comitato, impostato ed eseguito la complessa ricerca e predisposto con chiarezza e competenza lo studio che ora viene offerto ai Tecnici ed Operatori interessati.

IL PRESIDENTE
EVARISTO ZAMBELLI



I.

RACCOLTA E ELABORAZIONE DEI DATI

PIANO DI RICERCA DEI DATI.

La raccolta e la ricerca dei dati è stata impostata in modo da ottenere un quadro, il più possibile organico, accurato e aggiornato, della situazione attuale del litorale forlivese. In particolare si sono cercati di puntualizzare:

- a) i lineamenti geomorfologici fondamentali del litorale forlivese;
- b) il dinamismo atmosferico e talassografico che caratterizza il litorale;
- c) le variazioni progressive della linea di spiaggia;
- d) il movimento dei materiali lungo la spiaggia;
- e) le cause delle variazioni in atto.

Riguardo ai lineamenti geomorfologici fondamentali della zona sono state ricercate notizie quanto possibile particolareggiate:

- sulla topografia e batimetria locale;
- sulla geologia della zona;
- sulle spiagge e sui loro costituenti;
- sull'andamento dei profili di equilibrio della spiaggia;
- sulle fonti di rifornimento dei materiali e sulle caratteristiche dei luoghi e dei bacini idrografici di provenienza;
- sulle opere realizzate dall'uomo;
- sui settori di traversia che interessano il litorale.

Riguardo al dinamismo atmosferico e talassografico che caratterizza il litorale sono state cercate notizie sulle caratteristiche:

- dei venti, dei moti ondosi e delle correnti nella loro direzione, intensità e durata;
- delle variazioni giornaliere, stagionali e a lungo periodo della linea di costa a causa delle maree, delle onde, dei venti e delle pressioni atmosferiche;
- della fascia sottomarina lungo la quale le onde assumono i caratteri tipici del mare basso.

Per quanto concerne le variazioni progressive della linea di spiaggia è stata curata la ricerca di ogni dato:

- sulle vicissitudini passate ed attuali della zona, che indichi lo stato e il grado di erosione, di interrimento o di equilibrio di ogni singolo tratto del litorale.

Sul movimento di materiali lungo la spiaggia sono state ricercate notizie:

- sulla direzione prevalente di movimento parallelamente alla linea di spiaggia;
- sul bilancio dei materiali della spiaggia;
- sulla dinamica degli scambi di materiali sabbiosi tra la scarpa della spiaggia, gli scanni paralleli alla riva e i fondali aperti.

Sulle cause delle variazioni morfologiche in atto sono stati cercati elementi e notizie su modifiche:

- nel bilancio di materiali acquistati, in movimento e perduti dalle spiagge;

- negli equilibri naturali a causa dell'attività antropica;
- nel livello del mare medio o in quello del suolo;
- nel clima.

MATERIALE RACCOLTO E CRITERI DI ELABORAZIONE.

Nell'elencazione del materiale raccolto, con l'indicazione dei criteri di elaborazione dei dati, saranno successivamente citati, secondo lo schema già esposto, gli elementi sui lineamenti geomorfologici della zona, sul dinamismo che caratterizza il litorale, sulle variazioni progressive della linea di costa, ed infine sulle cause delle variazioni in atto.

a) LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI DELLA ZONA.

Topografia, batimetria e geologia - In questo settore sono state fatte ricerche di:

- foto aeree del litorale;
- rilievi aerofotogrammetrici della fascia costiera;
- carte nautiche;
- rilievi dei fondali;
- carte e studi geologici;
- notizie storiche sulla topografia e sulla batimetria.

Presso alcuni Comuni sono depositate foto aeree del litorale, dalle quali sono stati tratti i rilievi aerofotogrammetrici di cui sarà detto tra poco.

Tramite il Mauseum British Scol di Roma sono stati reperiti una trentina di fotogrammi del litorale, scattati dalla ricognizione alleata durante la guerra.

Queste varie serie di foto aeree hanno fornito dati utili e preziosi, bisogna tuttavia tener conto che sono state rilevate per scopi diversi da quelli dello studio delle variazioni della

riva e che fra di esse vi sono rilevanti differenze nelle condizioni di tempo e di marea.

I rilievi aerofotogrammetrici, in scala 1:2.000 e 1:5.000, della fascia litoranea sono stati posti a disposizione dai Comuni di Cattolica (rilievi eseguiti nel maggio 1963), di Misano Adriatico (rilievi eseguiti nel novembre 1963), di Riccione (rilievi eseguiti nel 1957 e aggiornati nel 1964), di Rimini (rilievi eseguiti nel 1957 e aggiornati nel 1965), di Bellaria e Igea Marina (rilievi eseguiti nel 1957 e nel 1966). Altri Comuni o non possiedono rilievi di questo genere o non hanno inviato il materiale disponibile.

Questi rilievi hanno consentito di definire con grande esattezza la topografia del litorale e delle opere di difesa di buona parte della nostra fascia costiera. In qualche caso il possesso di due rilievi successivi ha consentito utili comparazioni tra le due linee di riva, viziate solo in modo marginale delle remore indicate parlando delle foto aeree.

Riguardo alle carte nautiche sono state esaminate quelle dell'Istituto Idrografico della Marina. La carta in scala 1:100.000 fornisce alcune isobate fondamentali, utilizzate nella realizzazione della carta geomorfologica del litorale forlivese.

Agli effetti dello studio dell'erosione costiera queste carte nautiche non sono sufficientemente dettagliate.

Va tuttavia tenuto conto che la finalità della loro realizzazione è quella di facilitare la navigazione nei nostri mari e non quella di fornire elementi per lo studio della fascia litoranea soggetta a movimenti dei materiali costieri.

Le notizie sui rilievi nei fondali vicini alle linee di spiaggia scarseggiano. Solo il Comune di Misano possiede alcune misure di questo tipo ripetute nel tempo.

Per quanto concerne la geologia sono state utilizzate sia le carte geologiche ufficiali in scala 1:100.000 riguardanti la zona, sia numerosi altri studi significativi ai fini dei problemi allo studio. Sono stati inoltre compiuti rilievi diretti.

Circa le notizie storiche sulla topografia e sulla batimetria litoranea sono state raccolte soprattutto quelle elaborate e pubblicate nei lavori di U. Buli (1936) e di G. Borghi (1938).

Tutti questi materiali hanno permesso di definire i lineamenti geomorfologici fondamentali del litorale forlivese; hanno consentito parziali integrazioni del quadro storico dell'evoluzione della linea di spiaggia, arrestatosi al 1937-38 nel lavoro di Borghi; hanno infine dato modo di stabilire i caratteri della batimetria litoranea e di individuare la fascia dove avvengono le trasformazioni del moto ondoso nel passaggio tra il mare profondo e il mare basso.

Il quadro dell'evoluzione della linea di costa è stato ulteriormente precisato dalla ripetizione delle misure topografiche tra i caposaldi, indicati da G. Borghi (1938), e la linea di spiaggia, secondo quanto proposto dal Prof. T. Lipparini ⁽¹⁾.

Spiagge e materiali che le costituiscono - Riguardo alle spiagge sono stati raccolti i dati pubblicati dagli Autori citati. Sulla granulometria delle alte spiagge è stato acquisito un recente lavoro di A. Angeli (1967), stampato a cura della Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura di Forlì, nel quale sono le risultanze di una serie di analisi granulometriche delle sabbie tra Gabicce e Cervia.

Sulla composizione mineralogica delle sabbie della spiaggia in esame, o di quelle limitrofe, sono stati reperiti lavori di Salmoiraghi (1907), di Artini (1896 e 1941), di Chelussi (1911), di Buli (1936), di Gazzi (1961). Anche in questo caso è necessario sottolineare che la maggior parte dei lavori citati non era indirizzata allo studio dei problemi posti dall'erosione marina e dal bilancio dei materiali della spiaggia.

Profilo di equilibrio della spiaggia - Riguardo a questo carattere delle spiagge, soggette a variazioni estive ed invernali, mancano rilievi



Fig. 1

Pineta raggiunta dal mare a Casal Borsetti (Ravenna).

(foto Antoniazzi)

di dettaglio nella fascia strettamente costiera, ripetuti nel tempo.

Rifornimento dei materiali - L'apporto dei materiali alla spiaggia è dovuto, soprattutto, al trasporto dei fiumi e dei torrenti che giungono al mare nella zona in esame e ad eventuali trasporti litoranei di materiali, provenienti da nord o da sud. Per tentare una valutazione delle quantità di materiali in arrivo sulla spiaggia sono stati presi in esame i dati raccolti dal Servizio Idrografico Sezione di Bologna sul trasporto torbido nei fiumi locali; i valori dello interrimento del lago di Quarto; le condizioni geologiche e morfologiche dei bacini imbriferi; gli indizi di eventuali arrivi di materiali da

⁽¹⁾ LIPPARINI « *Relazione delle prime indagini sull'erosione di alcuni tratti di spiaggia del litorale romagnolo* » 1966, inedita presso la Camera di Commercio di Forlì.

sud o da nord. E' da far rilevare che i dati fino ad ora raccolti non sono molto indicativi e che nel settore sono necessarie ricerche sperimentali.

Opere realizzate dall'uomo - Per completare la conoscenza dei lineamenti generali della zona e per un primo inquadramento degli elementi che possono giocare in modo rilevante sul fenomeno delle variazioni della linea di spiaggia, sono stati richiesti dati al Genio Civile Opere Marittime di Ravenna, che ha fornito in proposito una carta del litorale in scala 1:25.000. Altri elementi sono stati dedotti dai rilievi aerofotogrammetrici, specie per quanto concerne l'effetto delle opere di difesa.

Tra le opere realizzate sulla spiaggia si possono distinguere: difese parallele alla riva e ad essa aderenti (strutture murarie, scogliere in massi); difese in mare, generalmente formanti un angolo con la riva (scogliere frangiflutti); difese normali alla riva (pennelli, reti, ecc.); opere marittime normali alla riva (moli, ecc.).

Settori di traversia - A seconda dell'andamento della costa il settore di traversia può variare tra NNE e SSE a Porto Corsini (Ravenna) e tra NNW e ESE a Rimini. Questo settore ha grande importanza perché è da esso che possono provenire i venti e i mari a significato erosivo.

b) DINAMISMO ATMOSFERICO E TALASSOGRAFICO DEL LITORALE.

Venti, moti ondosi e correnti - In proposito sono pervenuti dati:

- sul vento al suolo a Rimini e a Porto Corsini, ripartito in sedici direzioni di provenienza e in due gamme di velocità (medie del periodo 1946-'55), da parte del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare;
- sulla forza del mare a Porto Corsini, distinta in quattro quadranti e quattro gamme (media di nove anni di osservazioni) da parte dell'Istituto Idrografico della Marina.

Circa le correnti marine si vedano le voci indicate nel testo e nella bibliografia.

E' stato inoltre compiuto un calcolo teorico del moto ondoso in base ai venti di Rimini e di Porto Corsini e ad alcune extrapolazioni.

Variazioni periodiche della linea di costa - Per stabilire il valore di queste variazioni oltre ai dati sul vento e sul moto ondoso, di cui è stato già detto, sono stati ricercati elementi sulle maree e sulle pressioni atmosferiche.

Sulle oscillazioni della marea sono state elaborate medie in base ai dati pubblicati dal Servizio Idrografico di Bologna. Sono state inoltre acquisite le notizie rinvenute nella letteratura.

Sulle pressioni sono stati raccolti solo valori medi scarsamente significativi riguardanti Rimini.

Fascia sottomarina di trasformazione delle onde - Questa zona è stata definita di massima con i dati batimetrici e nautici in nostro possesso: richiede tuttavia attente rilevazioni specie nei fondali più bassi e vicini a riva, al di qua del limite dei frangenti più esterni. Il possesso di questi elementi è di primaria importanza, perché proprio in questa fascia l'energia trasportata dal moto ondoso acquista le forme che portano alla mobilitazione dei materiali litoranei.

c) VARIAZIONI PROGRESSIVE DELLA LINEA DI SPIAGGIA.

Variazioni storiche - In proposito è stato elaborato il materiale raccolto. Un approfondimento di questo studio sarà possibile appena in possesso degli elementi che si otterranno mediante l'attuazione del programma di studi proposto.

Nel presente lavoro è stato tuttavia puntualizzato in modo sommario, ma significativo, lo stato attuale di erosione, di protendimento o di equilibrio di ogni singolo tratto del litorale.

Fig. 2

Radici di pini scalzate dal mare a Casal Borsetti (Ravenna).

(foto Antoniazzi)



d) MOVIMENTO DEI MATERIALI LUNGO LA SPIAGGIA.

Direzione prevalente di movimento parallelamente alla linea di spiaggia - In proposito è stato raccolto ogni elemento o indirizzo che potesse fornire utili indicazioni.

Bilancio dei materiali della spiaggia - La conoscenza di questo bilancio sarebbe di fondamentale importanza per poter correttamente interpretare le variazioni morfologiche del litorale ed in particolare le erosioni che vi si presentano. La spiaggia è formata infatti da materiali in continuo movimento parallelamente e perpendicolarmente alla riva. Le quantità in gioco dipendono principalmente da un bilancio tra gli apporti fluviali e quelli dovuti all'azione del mare sulle coste rocciose e le perdite conseguenti al passaggio diretto dei materiali in fondali profondi o alla loro usura progressiva e al conseguente allontanamento dalle rive.

Allo stato attuale delle conoscenze non si può pensare a dati assoluti su questo bilancio e anche semplici stime paiono piuttosto azzardate.

Dinamica degli scambi tra scarpa e scanni, ed eventualmente fondali aperti - La distribuzione estiva ed invernale dei materiali lungo la spiaggia è ancora da esplorare. Per essa vale il discorso fatto riguardo al bilancio dei materiali litoranei.

e) CAUSE DELLE VARIAZIONI IN ATTO.

Variazioni nel bilancio di materiali - Riguardo a queste variazioni sono stati ricercati principalmente elementi su eventuali modifiche dovute:

- ad interruzioni nel «nastro trasportatore litoraneo», azionato dal moto ondoso e dalle *longshore currents*, ad opera di ostacoli artificiali;
- ad una riduzione nell'apporto da parte dei fiumi o nelle quantità di materiale prodotto dall'abrasione marina;
- al passaggio di materiali in fondali profondi come conseguenza della perturbazione e della deviazione verso il largo dei filetti idrici trasportatori, a causa della presenza di prominenze perpendicolari alla spiaggia;
- a modifiche nei fondali o nel livello marino;

- a variazioni nei venti, nel moto ondoso e nelle correnti e quindi nella capacità di trasporto del mare;
- a cause occasionali di mobilitazione o di immobilizzazione dei materiali.

In particolare per tentare di valutare eventuali variazioni nei materiali apportati dai bacini fluviali è stato raccolto ogni elemento reperibile in merito:

- alla costruzione di invasi artificiali (lago di Quarto);
- alle opere di imbrigliamento e di arginatura nei fiumi e nei torrenti che ne abbiano modificato o stabilizzato il profilo di equilibrio;
- alle conseguenze del disboscamento e dello abbandono delle terre;
- alle opere di sistemazione montana;
- all'erosione del suolo ed al suo sviluppo storico;
- alle asportazioni di sabbia e di ghiaia dagli alvei fluviali.

Le variazioni nelle quantità di materiali prodotti, trasportati o perduti dal mare sono legate a variazioni climatiche o sono conseguenza dell'attività umana. Sui dati raccolti in proposito sarà detto in seguito.

Attività antropica - Sull'intervento dell'uomo, quale causa di variazioni nel bilancio dei materiali in movimento lungo la spiaggia, è stato oggetto di studio specialmente quanto:

- può provocare l'arresto della sabbia in particolari zone ed impoverirne conseguentemente altre, come la costruzione di particolari opere marittime;
- può favorirne la perdita, permanente o temporanea, in fondali profondi, mediante la costruzione di lunghe opere perpendicolari alla riva;
- può ridurne la quantità sul litorale con la escavazione e la asportazione.

Quando in futuro sarà completata l'elaborazione dei dati sulle variazioni progressive del

litorale e la valutazione degli effetti delle opere di difesa probabilmente sarà possibile una stima di massima dei materiali immobilizzati.

Variazioni del livello marino - I dati sulle modifiche rispettive del livello marino e della costa, sono stati ottenuti mediante richieste:

- all'Istituto Geografico Militare di Firenze;
- all'Istituto Geofisico Sperimentale di Trieste;
- all'Istituto Talassografico di Trieste.

Il primo di questi Istituti ha inviato una serie di pubblicazioni sul confronto di due livellazioni di precisione condotte nell'Italia Centro-settentrionale nei periodi 1877-1907 e 1950-1956. Gli altri Istituti hanno fornito notizie, lavori ed indicazioni bibliografiche sulle variazioni del livello marino.

I dati sul valore del mare medio annuo, pubblicati dal Servizio Idrografico, concernenti i mareografi di Rimini e di Porto Corsini sono stati sottoposti alla verifica sui registri del Servizio Idrografico di Bologna.

Modifiche climatiche - Sulle variazioni del clima a lungo periodo o progressive sono state ricercate notizie sia sulle modifiche generali, riguardanti il pianeta e le calotte polari, sia su quelle locali. In proposito le notizie particolari non sono molte: infatti i dati annuali significativi sul clima locale, non si riferiscono a lunghi periodi di osservazione.

RILIEVI DIRETTI.

I rilievi lungo la spiaggia si sono spinti, per un inquadramento più completo della situazione, nelle Marche fino alla foce del Metauro e nel ravennate fino a Casal Borsetti. Particolare attenzione è stata dedicata alle caratteristiche morfologiche delle spiagge, ai materiali che le costituiscono e agli effetti delle opere marittime parallele e perpendicolari alla costa. I sopralluoghi sono stati ripetuti specie durante e successivamente alle mareggiate per poter osservare gli effetti dell'azione del mare.

E' stata inoltre prestata assistenza durante

le nuove misure della distanza della linea di spiaggia dai caposaldi stabiliti da Borghi nel 1938. E' stata poi esaminata con attenzione la zona della Vallugola (Pesaro): un interessante esempio in miniatura dei fenomeni provocati dalle opere marittime normali alla costa.

La realizzazione della carta geomorfologica del litorale forlivese ha infine richiesto una serie di rilievi, che si sono spinti anche nell'entroterra, per integrare e controllare i dati forniti dalle varie fonti utilizzate.

CARATTERI DELLO STUDIO.

Il presente lavoro è una sintesi rapida degli elementi raccolti sulla situazione litoranea forlivese. Esso dovrebbe fornire un quadro d'insieme, valido soprattutto per stabilire i limiti delle

attuali conoscenze sul problema e per impostare coerentemente un organico programma di studi. Il possesso dei nuovi elementi acquisiti ha permesso una migliore articolazione di questo programma, ed ha senz'altro consentito di ridurre in qualche settore i tempi e i costi della indagine.

Gli argomenti non sono stati sempre sviluppati a fondo sia per mantenere a questo studio il carattere sintetico e l'omogeneità, sia perché una completa e corretta analisi degli elementi in nostro possesso potrà essere compiuta solo quando cominceranno a pervenire gli elementi raccolti con l'attuazione del programma di studi.

In definitiva il presente lavoro ha soprattutto il significato di una informazione sullo studio in atto e di un primo orientamento nei confronti del fenomeno in esame.

RINGRAZIAMENTO

Con riconoscenza è da ricordare che per questo studio sono stati di particolare importanza i dati e le indicazioni fornite dall'Agip mineraria di Milano; dalle Aziende Autonome di Soggiorno e Turismo della riviera forlivese; dalla Camera di Commercio di Forlì; dai Comuni di Cattolica, Misano Adriatico, Riccione, Rimini, Bellaria-Igea Marina, S. Mauro Pascoli, Savignano, Gatteo, Cesenatico; dall'Ente Provinciale per il Turismo di Forlì; dal Genio Civile per le Opere Marittime di Ravenna; dall'Istituto Geografico Militare di Firenze; dall'Istituto Idrografico della Marina di Genova; dall'Istituto Talassografico di Trieste; dal Museum British School di Roma; dall'Osservatorio Geofisico sperimentale di Trieste; dal Servizio Idrografico dei Genio Civile di Bologna; dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare.

L'autore deve inoltre molta gratitudine al Prof. Fiorenzo Mancini, direttore dell'Istituto di Geologia Applicata di Firenze; al Prof. Pietro Zangheri, libero docente nell'Istituto di Botanica di Firenze e al Prof. Paolo Gazzi dell'Istituto di Mineralogia di Bologna per i consigli e per le precisazioni su particolari problemi; all'Ing. E. W. Bijker, vice direttore del Delft Hydraulics Laboratory (Olanda), per gli ampi scambi di idee sui dati disponibili e sulle ricerche da farsi, avvenuti durante i sopralluoghi lungo le nostre spiagge e in seguito mediante lo scambio di corrispondenza, dai quali ha tratto conferma della sostanziale validità di impostazione della presente ricerca.

Per la paziente e continua assistenza un grazie cordiale va infine al Dr. Dario Sacchetti, dirigente dell'Ufficio Studi della Camera di Commercio di Forlì.

II.

GEOMORFOLOGIA DEL LITORALE FORLIVESE

IL LITORALE ROMAGNOLO.

L'arco litoraneo romagnolo si sviluppa da Punta Gabicce al delta del Po. Il suo andamento può essere schematizzato mediante gli orientamenti: ESE-WNW tra Punta Gabicce e Cattolica; SE-NO tra Cattolica e Cervia; SSE-NNW da Cervia a Porto Corsini; S-N da Porto Corsini all'ampia prominenza del delta del Po.

L'andamento della linea di costa è variamente complicato e articolato principalmente a causa:

- della discontinuità della battigia a S e a N del porto canale di Rimini;
- della discontinuità della battigia a S e a N del porto canale di Cesenatico;
- del dolce delta del fiume Savio;
- del dolce delta dei Fiumi Uniti;
- della prominenza arcuata presso la foce del fiume Reno (Po di Primaro).

A sud di Punta Gabicce la linea di costa si sviluppa in direzione NE-SW, e procedendo verso il meridione si incontra prima il fiume Foglia poi il Metauro.

I principali corsi d'acqua che si gettano nell'Adriatico lungo il litorale romagnolo sono: il Torrente Tavollo, il Torrente Ventena, il Fiume Conca, il Rio Agina, il Torrente Melo, il Torrente Marano, il Torrente Ausa, il fiume Marecchia, il Fiume Uso, il Fiume Rubicone, il Fiume Savio, il Torrente Bevano, i

Fiumi Uniti, il Fiume Lamone, il Fiume Reno.

La piegatura verso nord del tratto di foce dei corsi d'acqua è un carattere comune, bene evidente specie nei principali fiumi, la cui foce non è stata modificata dall'intervento antropico.

IL LITORALE FORLIVESE

Questo studio si occupa in particolare del litorale forlivese: la parte meridionale dell'ampio arco litoraneo romagnolo. Il tratto in esame si sviluppa per circa 43 chilometri, tra i 44° 20' e i 44° 44' di latitudine nord, dalla foce del Tavollo, al confine con la Provincia di Pesaro, a « La Tagliata » al confine con la Provincia di Ravenna.

Il litorale può essere suddiviso in alcuni tratti, in base ai fiumi che vi si spengono e in base alle opere realizzate dall'uomo:

- tratto fra Punta Gabicce e il porto canale di Cattolica (Provincia di Pesaro);
- tratto tra il porto canale di Cattolica e il fiume Conca;
- tratto tra il fiume Conca e il Rio Agina;
- tratto tra il Rio Agina e il porto canale di Rimini;
- tratto tra il porto canale di Rimini e la foce del torrente Uso;
- tratto tra il fiume Uso e il fiume Rubicone;

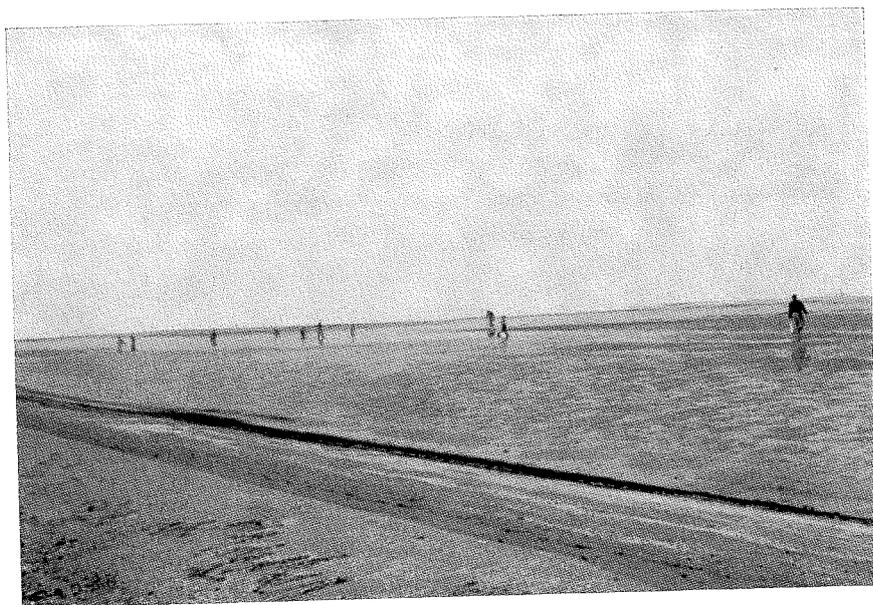


Fig. 4

Bassa marea eccezionale nella spiaggia tra Cesenatico e Cervia.

(foto Antoniazzi)

- tratto tra il fiume Rubicone e il porto canale di Cesenatico;
- tratto tra il porto canale di Cesenatico e la Tagliata.

Nell'economia dello studio è parso utile tener conto, per quanto possibile, del tratto di litorale tra la Tagliata e l'estuario del Savio, anche se estranei al territorio della Provincia di Forlì.

LA GEOMORFOLOGIA DEL LITORALE FORLIVESE.

Nei suoi tratti essenziali la morfologia del litorale forlivese è resa evidente nella carta geomorfologica allegata (figura n. 3). Questa carta, pubblicata in scala 1:200.000, è stata originariamente realizzata in scala 1:100.000 utilizzando:

- rilievi originali sul terreno;
- le foto aeree della fascia costiera;
- le carte aerofotogrammetriche in scala 1:5.000 della costa;
- i fogli 100 (Forlì), 101 (Rimini), 109 (Pesaro) in scala 1:100.000 dell'Istituto Geografico Militare e le relative Tavole in scala 1:25.000 riguardanti il litorale;

- la Carta nautica in scala 1:100.000 dal Po di Goro ad Ancona del Servizio Idrografico della Marina;
- i Fogli Forlì-Rimini e Pesaro della carta geologica d'Italia in scala 1:100.000.

Nella carta geomorfologica del litorale forlivese si possono osservare, procedendo dalla linea di costa verso l'interno:

- una fascia di spiaggia sabbiosa, solo in qualche breve tratto anche ghiaiosa, che si assottiglia nella estrema parte meridionale dell'arco litoraneo, dando luogo ad una spiaggia ghiaiosa poco estesa;
- una fascia costituita da lidi e spiagge morte, che, larga alle foci del fiume Savio, si restringe presso quelle del Rubicone, per poi procedere come un nastro continuo ai piedi della falesia morta, che terrazza verso il mare la pianura alluvionale dalle foci dello Uso fino a Cattolica ed è interrotta solo dall'ampio cono alluvionale del Marecchia;
- un'area triangolare, che si assottiglia e chiude nella zona delle foci del Rubicone e dell'Uso, costituita da lagune morte che in parte ospitano le saline di Cervia;
- un'area allungata di alluvioni terrazzate che

si restringe verso sud fino a dar luogo alla collina litoranea del pesarese;

- una fascia collinare in prevalenza arenacea o argillosa piuttosto interna nel cesenate, ma direttamente a perpendicolo sulla stretta spiaggia ghiaiosa a sud di Gabicce.

Gli alvei di piena dei fiumi e dei torrenti procedono normalmente a queste fasce. Solo in corrispondenza delle zone già lagunari gli alvei interessati presentano una moderata pensilità.

La fascia sottomarina rivela un andamento caratteristico: particolarmente dolce verso nord dove l'isobata — 10 metri è lontana dalla linea di costa oltre sette chilometri, come di fronte a Cervia; più ripida a sud, dove questa isobata si presenta a poco più di quattro chilometri dalla costa nel riminese e ad appena un chilometro nel pesarese.

Tra la linea di costa e l'isobata — 5 metri la pendenza media dei fondi varia dal 7‰ davanti alla costa pesarese al 4‰ davanti a Cervia.

Tra la linea di costa e l'isobata — 10 metri la pendenza media dei fondali varia da 10‰ davanti alla costa pesarese al 1,3‰ della zona antistante a Cervia.

Un brusco salto di pendenza si presenta al di sotto dell'isobata — 5 metri. Questo salto, con una pendenza media dell'8‰, si estende dall'isobata — 5 a quella — 10 metri nel pesarese, si restringe risalendo la fascia litoranea forlivese, interessando davanti a Riccione le isobate da — 5 a — 8 e davanti a Rimini quelle da — 5 a — 7, per poi attenuarsi e sparire verso Cesenatico. Questa attenuazione av-

viene per un progressivo allargarsi a ventaglio delle isobate.

Un andamento molto regolare presentano le isobate più profonde.

LE SPIAGGE DEL FORLIVESE

Procedendo dalla costa verso il mare, si possono individuare alcune fasce successive separate dalle linee limite delle massime ondate (*linea di costa*), dell'alta marea massima, della bassa marea minima ⁽²⁾. Dalla linea di costa (*coast line*) verso l'interno si ha la costa (*coast*) vera e propria, dove il materiale sabbioso, in condizioni naturali, viene smosso e modellato dal vento (*fascia delle dune*). La spiaggia vera e propria va dalla linea di costa verso il mare. Vi si possono distinguere: l'alta spiaggia (*backshore*), fascia interposta tra la linea di costa e la linea raggiunta dall'alta marea massima: la spiaggia bassa (*foreshore*), fascia posta tra la linea dell'alta marea massima e della bassa marea minima; la spiaggia sottomarina (*offshore*), fascia al di sotto della linea di bassa marea minima ⁽³⁾.

Il limite inferiore della spiaggia sottomarina viene variamente delimitato. Alcuni lo stabiliscono alla profondità di mezza lunghezza d'onda di tempo buono, profondità a cui le onde fanno risentire normalmente la propria azione sul fondo ⁽⁴⁾; altri lo indicano più in generale alla profondità di circa nove metri al di sotto del livello di bassa marea fino alla profondità alla quale le onde normali spostano le particelle di sabbia ⁽⁵⁾.

Fascia delle dune - Nel litorale forlivese il

(2) La linea di separazione tra la terra e il mare varia continuamente a seconda delle condizioni di marea, del moto ondoso, dei venti e delle pressioni barometriche. Queste variazioni possono essere poco significative nel caso di coste ripide, come a sud di Cattolica; ma nel caso delle spiagge in esame possono creare problemi sia nel rilievo della linea di costa, sia nello studio delle variazioni permanenti della riva.

(3) La classificazione seguita è quella proposta da F. P. SHEPARD. Secondo F. VERCELLI (1951, pp. 99-100) la striscia di terra battuta dalle maree e dalle mareggiate viene definita *lido*, e corrisponde alla spiaggia alta (*backshore*) e bassa (*foreshore*); la *spiaggia* è invece la fascia di arenile continua al lido, e corrisponde alla zona delle dune; la *battigia* è la linea estrema del lido, ove cessa l'arrivo delle onde, e corrisponde alla linea di costa (*coast line*). Attualmente si tende ad identificare la *linea di battigia* con la *linea di spiaggia (shoreline)*, cioè con la posizione in atto della batimetrica zero (E. GALLARETO, 1960, p. 108).

(4) F. OTTMANN, 1965, p. 82.

(5) W. BASCOM, 1965, p. 25.

caratteristico aspetto della fascia delle dune, che si estende tra il limite delle massime ondate e l'entroterra, con i suoi cordoni di sabbia paralleli tra loro, separati da piccole depressioni, allungati nel senso del litorale e perpendicolari ai venti dominanti, è praticamente scomparso. A questo risultato hanno concorso il progressivo avanzare verso il mare dei campi coltivati, lo sviluppo a fasce continue degli abitati fino a qualche decina di metri dalla alta spiaggia, l'escavazione di materiali per l'edilizia e le costruzioni stradali, il pareggiamento degli arenili a scopi balneari.

Alla fine del 19° secolo a Misano la zona delle dune si estendeva per una profondità di circa 500 metri e presentava dune alte da tre a cinque metri, larghe da dieci a quindici metri, e lunghe da tre a venti metri (6) ed una identica situazione si presentava lungo l'intero litorale in fasce più o meno estese.

Fino a qualche anno fa alcune tracce di questa caratteristica fascia costiera si potevano osservare nella zona tra Milano Marittima e le foci del Savio. Anche qui tuttavia lo sviluppo edilizio sta facendo rapidamente sparire ogni residuo della morfologia delle dune.

Nei pochi tratti dove l'aspetto naturale è stato meno sconvolto si può ancora osservare il corredo vegetale che caratterizzava questa fascia costiera. A ridosso della alta spiaggia è diffuso, con le sue sporadiche piantine, particolarmente resistenti alla salsedine, il Cachileto con la Rucchetta di mare (*Cakile maritima*) e un Convolvolo (*Convolvulus soldanella*). « Più indietro, più lontana dall'acqua, ma spinta talvolta fin sulla zona preferita dalle specie già citate, si trova la fascia dell'Agropireto, costituita dall'Agropiro giunchiforme (*Agropyrum junceum*) al quale si frammischia l'Eringio marittimo (*Eryngium maritimum*) ed una Euforbia dalle foglie color verde giallo (*Euphorbia paralias*). Poi sulla cintura di dune mobili subentra l'Ammofila (*Ammophila arundinacea*) la dura graminacea dal robusto sistema radicale, la fissatrice delle dune, la costitutrice prin-

cipale dell'Ammofiletto, spesso accompagnata dalla Echinofora e dalla Medica marina (*Echinophora spinosa*, *Medicago marina*) » (7).

Alta spiaggia - Questa parte della spiaggia, che si estende dal margine della fascia delle dune alla linea delle alte maree, regge nel forlivese praticamente l'intero sviluppo del turismo balneare.

Il limite superiore dell'alta spiaggia, già difficile da precisare con esattezza in condizioni naturali, è ancor meno definibile in questo litorale fortemente urbanizzato, dove in qualche tratto, le opere costruite dall'uomo risultano addirittura esposte alle ondate delle mareggiate invernali e primaverili, come nel caso del litorale riminese da Rivabella a Torre Pedrera. In generale nelle zone urbanizzate il limite delle costruzioni stradali e alberghiere tende ad approssimarsi alla linea delle massime ondate, mantenendovisi distante, nei casi migliori, poche decine di metri. Vi è una notevole tendenza a seguire con nuove strade e nuove costruzioni ogni variazione verso mare della linea di costa.

I gradini di spiaggia prodotti dalle mareggiate, i depositi del mare e ogni altro elemento caratterizzante la morfologia di questa fascia della spiaggia vengono rapidamente cancellati, per rendere accogliente la spiaggia alle attività balneari.

Tabella n. 1
ARENILI LIBERI DA COSTRUZIONI PERMANENTI

C o m u n e	Lunghezza m.	larghezza m.
Cattolica	2.335	40- 90
Misano Adriatico	3.739	50-100
Riccione	6.350	10-100
Rimini	14.670	4-120
Bellaria Igea Marina	6.750	10- 60
S. Mauro Pascoli	650	60- 70
Savignano sul Rubicone	200	40- 50
Gatteo	750	50- 60
Cesenatico	7.100	70-120
Cervia	9.125	100-200

(6) G. BORGHI, 1938, p. 76.

(7) P. ZANGHERI, 1961, p. 204.

ANDAMENTO DEI FONDALI NEL LITORALE DEL COMUNE DI MISANO ADRIATICO

Planimetria



Sezione

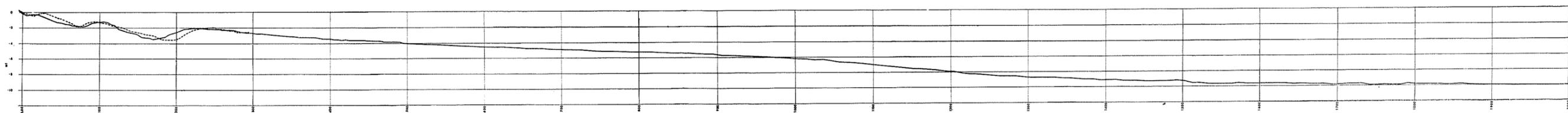


Fig. 5

Profilo della spiaggia sottomarina perpendicolarmente alla linea di costa di fronte a Misano Mare

Fig. 6

Bunker raggiunti dal mare tra la foce del Savio e Milano Marittima.



Bassa spiaggia - Questa parte della spiaggia, che si estende dalla linea dell'alta marea al limite della bassa marea, riguarda la fascia litoranea che viene abbandonata dal mare nelle basse maree. Nel forlivese questa fascia, la cui larghezza si amplia via via che si procede verso Nord, tende ad essere contenuta, in generale, molto al di sotto di 18 metri di larghezza. Tale limite, raramente raggiunto, viene superato solo nei casi di maree veramente eccezionali.

Normalmente il limite dell'alta marea, variabile nel tempo, è segnato da una microfalecia. La pendenza della bassa spiaggia, data la finezza delle sabbie, è dolcissima e spesso presenta notevoli irregolarità, per cui durante le basse maree più ampie si possono osservare in questa fascia intersecarsi variamente lingue di sabbia quasi pianeggianti e zone sommerse.

Nella figura n. 4 si può osservare una notevole bassa marea nella spiaggia tra Cesenatico e Cervia.

Nei tratti di costa protetti da scogliere, durante le basse maree, emergono veri e propri

tomboli, che collegano le scogliere alla riva, separati l'uno dall'altro dall'acqua rimasta nei fondali più profondi, corrispondenti ai tratti di separazione tra una scogliera e l'altra.

Nei tratti emersi è facile osservare nella sabbia le caratteristiche ondulazioni dei *ripple marks*, dovute ai moti ondulatori dell'acqua. Questi rilievi presentano in genere dimensioni di pochi centimetri.

In questa fascia « della spiaggia arenosa, fra Rimini e Cesenatico, in tempi di reflusso » Marsili nel 1715 segnalava la presenza di « molte piccolissime sorgenti d'acque dolci ed isquisite »⁽⁸⁾.

Le spiagge del forlivese sono in generale sabbiose; solo in prossimità della foce del fiume Conca e a nord di quella del Marecchia si osservano lenti ghiaiose. Un recente lavoro di A. Angeli⁽⁹⁾ fornisce interessanti notizie sulle dimensioni granulometriche delle sabbie da Gabicce alla foce del Savio, in base ad una cinquantina di campioni prelevati nella zona di battaglia.

⁽⁸⁾ G. BRUZZO, 1930, p. 159.

⁽⁹⁾ A. ANGELI, 1967.

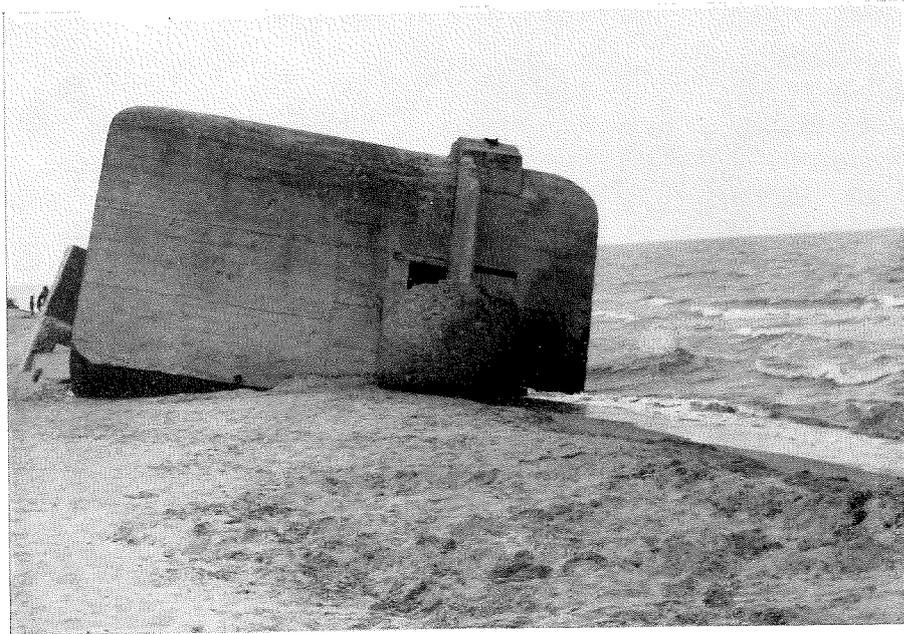


Fig. 7
Particolare dei Bunker, costruiti durante l'ultima guerra e raggiunti dal mare, tra la foce del Savio e Milano Marittima.

(foto Antoniazzi)

Nelle spiagge sabbiose il granulo mediano varia tra 0,46 e 0,12 millimetri e le sabbie possono essere classificate complessivamente come medio-fini. Le sabbie medie, come testimonia il valore del granulo medio, tendono a prevalere tra Gabicce Mare e Riccione, a Miramare, tra Rivabella e Viserba, tra Igea Marina e Bellaria, tra Gatteo Mare e Cesenatico, alla foce del Savio. Nelle altre zone prevalgono sabbie fini.

Una brusca riduzione del granulo medio si osserva in corrispondenza di tutti i moli, passando da sud a nord « ad eccezione di quelli di Rimini e Cervia, dove l'effetto è evidentemente mascherato dall'apporto rispettivamente dei fiumi Marecchia e Savio, che sfociano sul lato nord di questi moli ». Lo stesso Autore fa rilevare che « nelle zone difese da barriere frangiflutto la sabbia nella zona di battaglia appare più fine che non nei tratti di spiaggia vicini; a nord della zona con barriere frangiflutto si nota inoltre una concentrazione di sabbia grossolana » ⁽¹⁰⁾.

Secondo Buli ⁽¹¹⁾ la composizione mineralogica delle sabbie, a destra e a sinistra del porto canale di Rimini è costituita dal 14 al 19% di quarzo; dal 45 al 51% di carbonati; dal 35 al 36% di altri minerali o di incerti. Nelle sabbie presso la foce del Savio, più precisamente a quattro o cinquecento metri ad ovest del fiume, sono abbondanti tra i minerali pesanti i granati, l'epidoto, la staurolite e l'orneblenda ⁽¹²⁾; talvolta si possono osservare concentrazioni di minerali pesanti in esili lenticciole rosso-violacee particolarmente ricche in granati ⁽¹³⁾.

Spiaggia sottomarina - L'estensione di questa parte della spiaggia può essere definita verso mare solo con una certa arbitrarietà. Nel litorale forlivese, assumendo come limite della spiaggia sottomarina i fondali di nove metri al di sotto del livello della bassa marea, questa si protenderebbe notevolmente verso il largo. Infatti di fronte a Cattolica si estenderebbe fino

⁽¹⁰⁾ A. ANGELI, 1967, pp. 42 e 44.

⁽¹¹⁾ U. BULI, 1936, pp. 10-11.

⁽¹²⁾ P. GAZZI, 1961, p. 40. Altri studi mineralogici sulle sabbie del litorale adriatico sono stati compiuti da E. ARTINI, 1896, da F. SALMOJRAGHI, 1911, da I. CHELUSSI, 1911.

⁽¹³⁾ Su questa *rena terebrante*, diffusa su tratti di spiaggia tra Cervia e Falconara, si veda quanto esposto da R. SELLI, 1954, pp. 145-148.

a 1.500 metri al largo, davanti a Riccione fino a 1.800 metri, di fronte a Rimini fino a 2.200 metri, innanzi a Bellaria fino a 4.200 metri, davanti a Cesenatico infine fino a 5.700 metri. Questo naturalmente se si considera come limite della spiaggia sottomarina quello entro il quale le onde normali pare spostino le particelle di sabbia.

Se invece si adotta come limite una profondità pari a mezza lunghezza di onda marina di buon tempo, l'estensione della spiaggia sottomarina si riduce notevolmente.

In ogni caso pare opportuno che l'intera fascia degli scanni subacquei venga inglobata nella spiaggia sottomarina.

In merito agli scanni sottomarini G. Borghi⁽¹⁴⁾ afferma che « davanti a Cervia, come in tutto il tratto di mare antistante il litorale romagnolo, si osservano tre scanni o banchi di sabbia che si sviluppano in serie parallele con interruzioni fra loro e si formano in bonaccia mentre vengono distrutti durante le burrasche, alla distanza dal battente di circa m. 30-50 il primo, m. 80-150 il secondo m. 200-300 il terzo ». Questo Autore afferma inoltre che « il pendio dei banchi si accentua maggiormente in occasione delle mareggiate, perché fra le varie serie di banchi possono formarsi forti correnti longitudinali d'acqua, che le approfondiscono.

Nell'edizione del 1935 del IV volume del « Portolano del Mediterraneo » viene indicato che fra Rimini e Riccione « parallelamente alla costa, dai 200 ai 300 metri, corre uno scanno di sabbia, profondo circa m. 2 e dentro di esso i fondali arrivano anche a quattro metri ».

Nella figura n. 5 si può osservare il profilo della spiaggia sottomarina perpendicolarmente alla linea di costa a Misano Mare.

Circa le caratteristiche granulometriche dei materiali costituenti la spiaggia sottomarina le notizie, che si rinvencono nella letteratura, sono piuttosto generiche, discordi e contraddittorie. Sabbie del tipo di quelle della spiaggia emersa si dovrebbero estendere al largo fino ad

uno o due chilometri dalla linea di spiaggia, dando luogo successivamente a sedimenti silto-argillosi. A Cattolica « a levante dell'asse del canale, fino a 400-500 m. dalla spiaggia, giacciono sul fondo alcuni grossi scogli coperti da m. 2 di acqua »; a Rimini « circa m. 1.200 a ponente dell'imboccatura del porto canale di Rimini, circa a metri 300 dalla battigia, si è formato un banco di sabbia e ghiaia, profondo circa m. 100 normalmente alla spiaggia e largo circa m. 50, con fondali di m. $0,3 \div 0,5$ »⁽¹⁵⁾.

LE OPERE MARITTIME NEL LITORALE FORLIVESE.

Le principali opere marittime che interessano il litorale forlivese possono essere distinte in trasversali e parallele.

Le maggiori opere trasversali sono rappresentate:

- dal pennello di Gabicce, che si protende 140 metri dalla attuale linea di spiaggia;
- dai moli del porto di Cattolica, di cui quello destro si protende 150 metri dall'attuale linea di spiaggia;
- dal pennello sulla destra della foce del fiume Conca, che si protende circa 86 metri dall'attuale linea di spiaggia;
- dai moli del porto di Riccione, di cui quello destro si protende 55 metri dall'attuale linea di spiaggia;
- dai moli del porto di Rimini, di cui quello destro si protende 410 metri dall'attuale linea di spiaggia;
- dai moli del porto di Bellaria, di cui quello destro si protende 105 metri dall'attuale linea di spiaggia;
- dai moli del porto di Cesenatico, di cui quello destro si protende 105 metri dall'attuale linea di spiaggia.

⁽¹⁴⁾ G. BORGHI, 1938, p. 81.

⁽¹⁵⁾ Portolano del Mediterraneo, Volume 1, c, 1957, pp. 118-119.

Le maggiori opere parallele sono rappresentate da scogliere frangiflutti, costruite ad una certa distanza dalla riva in modo tale da formare, rispetto ad essa, un angolo aperto verso nord.

In alcuni tratti del litorale queste opere, hanno assunto uno sviluppo tale da conferirgli una nota morfologica caratteristica. Esse sono diffuse nei tratti:

- da Cattolica alla foce del Ventena per quasi due chilometri;

- da Rivabella a Torre Pedrera, nel Comune di Rimini, per poco meno di sei chilometri;
- dalla foce dell' Uso a Valverde (Cesenatico) per cinque chilometri.

Dalla carta topografica del litorale adriatico da Gabicce al fiume Savio, posta gentilmente a disposizione dal Genio Civile per le Opere marittime di Ravenna, risulta che nel primo tratto sono state costruite 15 scogliere; nel secondo tratto 47 scogliere; nel terzo tratto 38 scogliere.

III.

NOTIZIE METEOROLOGICHE E TALASSOGRAFICHE

TEMPERATURA DELL'ARIA.

Nella tabella n. 2 sono stati raccolti i dati termici caratteristici, riguardanti le stazioni litoranee forlivesi del Lido di Rimini e di Cesenatico. Questi dati sono stati trattati da un recente lavoro sul clima della Provincia di Forlì ⁽¹⁶⁾.

In queste due stazioni la temperatura media annuale varia di poco, passando dai 13,7° del Lido di Rimini ai 12,8° di Cesenatico. Anche le temperature medie stagionali si mantengono a Cesenatico leggermente inferiori a quelle del Lido di Rimini. I massimi delle temperature cadono in luglio e i minimi in gennaio, rispettivamente con valori medi variabili da 23,6° (Lido di Rimini) a 22,7° (Cesenatico) e da 3,4° (Lido di Rimini) a 2,6° (Cesenatico). La escursione annua è circa uguale nelle due stazioni: 20,2° al Lido di Rimini; 20,1° a Cesenatico.

IL VENTO

Le caratteristiche del vento al suolo nel litorale romagnolo risultano dalle tabelle n. 3 e 4 e dalle figure n. 8 e 9.

Nella tabella n. 3 sono raccolti i giorni di vento al suolo, ripartiti in 16 direzioni di provenienza e distinti secondo due gamme di velocità: vento da 6 a 35 km/h e vento uguale o

superiore a 36 km/h. Questi valori, medie del periodo 1946-1955, riguardano le stazioni di Rimini e di Porto Corsini (Ravenna) e sono frutto di medie tra due osservazioni giornaliere condotte rispettivamente alle ore 6 e 15. I giorni di calma sono quelli in cui la velocità del vento è da 0 a 6 km/h.

Nella tabella n. 4 sono raccolte le frequenze in giorni delle varie velocità del vento. Questi dati, indipendenti dalla direzione del vento, sono ancora medie del periodo 1946-1955 e riguardano Rimini e Porto Corsini. I venti sono ripartiti in cinque gamme di velocità e, per ciascuna stazione, è indicata la velocità massima riscontrata.

Il vento a Rimini presenta nel 98% dei giorni velocità comprese tra 6 e 35 Km/h e solo nel 2% rimanente velocità superiori. Nell'anno predomina nettamente il vento di E (*Levante*) con 34,4 giorni sul totale. Seguono in ordine di importanza: il vento NW (*Maestro*) con 20,6 giorni; il vento WNW (*Ponente-Maestro*) con 18,7 giorni; il vento di NE (*Greco*) con 17,8 giorni; il vento di W (*Ponente*) con 17,3 giorni; il vento di N (*Tramontana*) con 15,6 giorni. Il vento più frequente con alta velocità è il *Greco*. Secondo le stagioni a Rimini in primavera, estate e autunno predomina il *Levante*; in inverno il *Maestro*.

Il vento a Porto Corsini presenta per oltre

⁽¹⁶⁾ A. ANTONIAZZI e V. PROLI, 1966.

Tabella n. 2

DATI CARATTERISTICI SULLA TEMPERATURA DELL'ARIA NEL LITORALE FORLIVESE

Dati sulla temperatura	Lido di Rimini	Cesenatico
Anni di osservazione	23	30
Media annuale	13,7°	12,8°
Media anno più caldo	16,9°	14,3°
Media anno più freddo	10,4°	11,6°
Escursione annua	20,2°	20,1°
Estreme massime	37,4°	38,5°
Estreme minime	— 9,7°	— 13,2°
Scarti fra le estreme	47,1°	51,7°
Media primaverile	12,6°	11,9°
Media estiva	22,5°	21,8°
Media autunnale	14,9°	14,0°
Media invernale	4,6°	3,7°
Media di luglio	23,6°	22,7°
Media di gennaio	3,4°	2,6°
Escursione luglio	7,8°	12,0°
Escursione gennaio	4,9°	7,3°
Estreme massime luglio	36,8°	38,5°
Estreme minime luglio	10,6°	8,4°
Estreme massime gennaio	17,8°	18,4°
Estreme minime gennaio	— 9,6°	— 13,2°
Scarti estreme luglio	26,2°	30,1°
Scarti estreme gennaio	27,4°	31,6°

il 98% dei giorni velocità comprese tra 6 e 35 Km/h e neanche per il 2% dei giorni velocità superiori. Nell'anno predomina nettamente il vento di W (*Ponente*) con 40,5 giorni all'anno. Seguono in ordine di importanza: il vento di E (*Levante*) con 28,5 giorni; il vento di SE (*Scirocco*) con 27,1 giorni; il vento di ESE (*Levante-Scirocco*) con 18,5 giorni; il vento di WNW (*Ponente-Maestro*) con 15,5 giorni; il vento di NE (*Greco*) con 14,9 giorni. Il vento più frequente con alta velocità è il *Greco*. Secondo le stagioni a Porto Corsini in primavera predomina il *Levante*, in estate lo *Scirocco*, in autunno ed inverno il *Ponente*.

Dall'esame della tabella n. 4 risulta che nel

litorale romagnolo durante l'anno si hanno in media rispetto al vento:

- *calme* per 158,0 giorni a Rimini e per 134,2 giorni a Porto Corsini;
- *brezze* per 128,7 giorni a Rimini e per 175,8 giorni a Porto Corsini;
- *venti da moderati a tesi* per giorni 73,5 a Rimini e per 51,4 giorni a Porto Corsini;
- *venti da tesi a forti* per 4,8 giorni a Rimini e per 3,6 giorni a Porto Corsini;
- *venti forti o burrasca* per 0,2 giorni a Rimini e a Porto Corsini ⁽¹⁷⁾.

(17) La nomenclatura seguita è quella indicata in F. Vercelli 1952, p. 178.

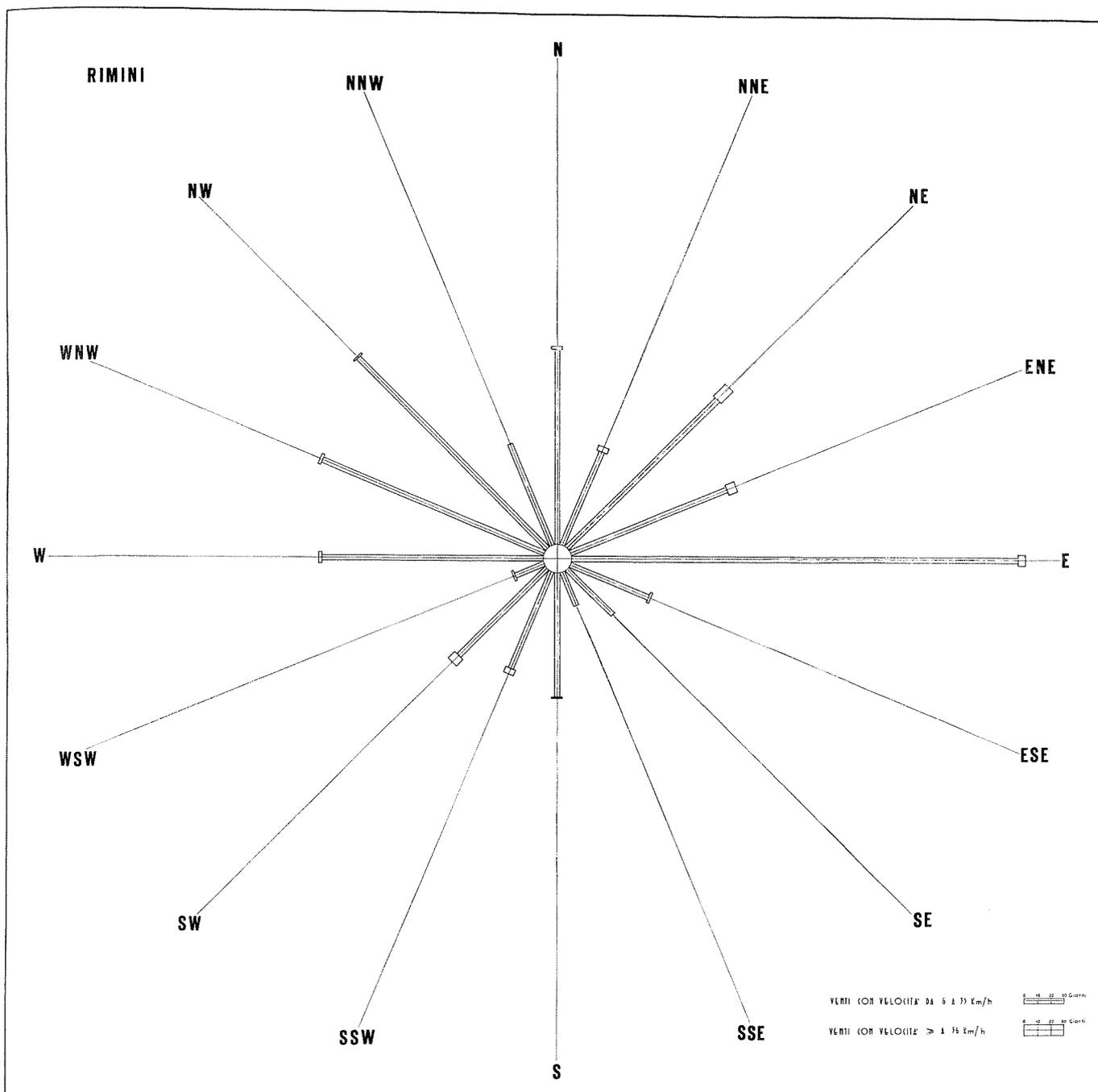


Fig. 8
Giorni, velocità e direzioni di provenienza del vento al suolo a Rimini.

La velocità massima del vento corrisponde al *vento forte* a Rimini e alla *burrasca forte* a Porto Corsini. Anche sul litorale forlivese possono tuttavia verificarsi in condizioni eccezio-

nalissime velocità del vento ascrivibili, in base agli effetti prodotti, al 9-10 grado della scala di Beaufort. I venti forti e le burrasche si concentrano nei mesi invernali e primaverili.

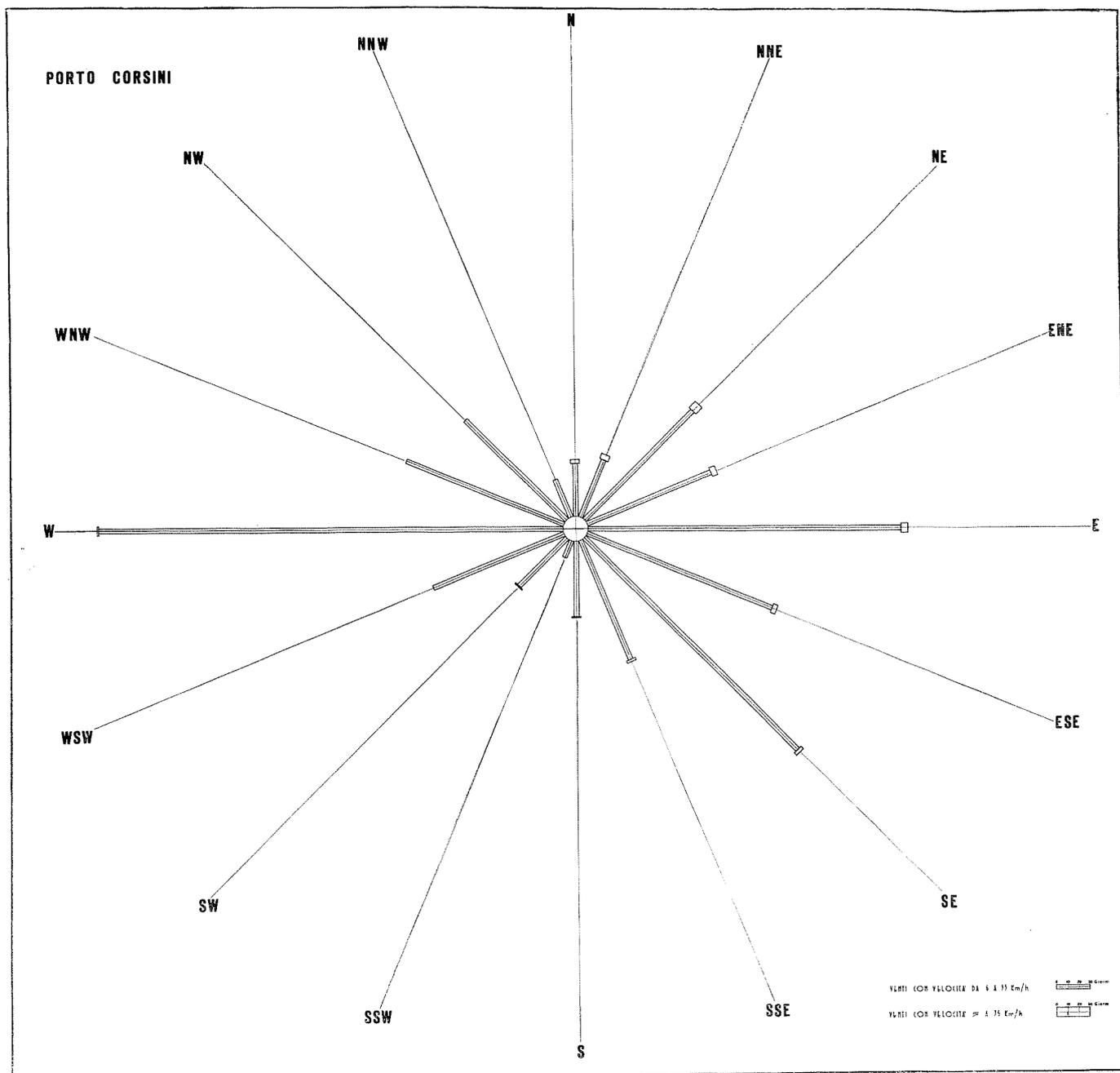


Fig. 9
Giorni, velocità e direzioni di provenienza del vento al suolo a Porto Corsini (Ravenna).

TEMPERATURA E SALINITÀ DEL MARE.

Nell'Adriatico settentrionale in alto mare (18) la temperatura estiva oscilla in superficie attorno ai 25°C, mentre quella invernale varia

intorno ai 9°C. Durante l'anno le massime temperature si presentano nei mesi di agosto-settembre.

Le temperature dell'acqua sono soggette a variazioni anche notevoli in vicinanza della co-

(18) Secondo le tavole dell'Atlante fisico economico del T.C.I. e l'esposizione di G. Morandini 1957, pp. 139-141.

Tabella n. 3

GIORNI DI VENTO AL SUOLO - MEDIE DEL PERIODO 1946-1955

Direzione		Rimini (1946 - 1955)										Porto Corsini (1947 - 1955)									
		Primavera		Estate		Autunno		Inverno		Anno		Primavera		Estate		Autunno		Inverno		Anno	
		Vel. da 6 a 35 Km/h	Vel. ≥ 36 Km/h	Vel. da 6 a 35 Km/h	Vel. ≥ 36 Km/h	Vel. da 6 a 35 Km/h	Vel. ≥ 36 Km/h	Vel. da 6 a 35 Km/h	Vel. ≥ 36 Km/h	Vel. da 6 a 35 Km/h	Vel. ≥ 36 Km/h	Vel. da 6 a 35 Km/h	Vel. ≥ 36 Km/h								
Tramontana	N	4,2	0,05	3,4	0,1	4,2	—	3,6	0,05	15,4	0,2	0,8	0,05	1,6	0,1	1,7	0,15	1,5	—	5,6	0,3
T - G	NNE	2,1	0,15	3,4	—	1,8	0,1	1,2	0,15	8,5	0,4	1,7	0,1	0,9	—	2,2	0,10	1,5	0,3	6,3	0,5
Greco	NE	5,2	0,5	5,0	—	4,4	0,35	2,0	0,35	16,6	1,2	4,1	0,15	3,2	—	3,8	0,05	3,1	0,5	14,2	0,7
G - L	ENE	3,6	0,05	5,2	0,1	3,1	0,3	1,5	0,25	13,4	0,7	3,9	0,1	3,0	0,05	4,5	0,05	1,1	0,3	12,5	0,5
Levante	E	12,4	0,15	13,9	0,2	5,9	0,1	1,7	0,05	33,9	0,5	10,4	0,2	8,9	0,3	5,8	0,1	2,8	—	27,9	0,6
L - S	ESE	2,1	0,1	2,6	0,05	2,0	0,05	0,6	—	7,3	0,2	5,4	0,2	7,8	0,1	4,1	0,1	0,8	—	18,1	0,4
Scirocco	SE	1,9	—	1,5	—	1,7	—	0,7	—	5,8	—	8,4	0,1	11,7	0,1	4,5	0,1	2,2	—	26,8	0,3
S - O	SSE	1,2	—	0,7	—	0,7	—	1,1	—	3,7	—	4,5	0,1	3,8	—	2,4	—	1,4	0,1	12,1	0,2
Ostro	S	3,4	0,05	2,4	—	2,3	—	2,1	0,05	10,2	0,1	2,6	—	2,0	—	1,8	—	1,1	0,1	7,5	0,1
O - L	SSW	2,8	0,05	2,5	0,15	2,1	—	1,4	0,2	8,8	0,4	1,0	—	0,7	—	0,4	—	0,5	—	2,6	—
Libeccio	SW	2,6	0,1	2,0	0,2	2,9	—	2,6	0,4	10,1	0,7	1,8	0,05	2,2	—	1,6	—	1,3	0,05	6,9	0,1
L - P	WSW	1,1	—	0,5	—	1,0	—	0,7	0,1	3,3	0,1	3,0	—	4,0	—	2,5	—	3,6	—	13,1	—
Ponente	W	3,2	0,05	3,2	0,1	4,7	—	6,0	0,05	17,1	0,2	7,2	0,1	9,5	—	9,9	—	13,8	—	40,4	0,1
P - M	WNW	2,7	0,05	2,5	—	4,9	0,05	8,4	0,1	18,5	0,2	1,9	—	2,7	—	4,8	—	6,1	—	15,5	—
Maestro	NW	2,9	0,05	2,8	—	5,3	—	9,5	0,05	20,5	0,1	1,8	—	1,6	—	4,6	—	5,2	—	13,2	—
M - T	NNW	1,3	—	1,2	—	1,8	—	4,8	—	9,1	—	0,9	—	0,8	—	0,9	—	1,9	—	4,5	—
Totali		52,7	1,35	52,8	0,90	48,8	0,95	47,9	1,80	202,2	5,0	59,4	1,15	64,4	0,65	55,5	0,65	47,9	1,35	227,2	3,8
Calme		37,95		38,30		41,25		40,50		158,0		31,45		26,95		34,85		40,95		134,2	

I dati elaborati nella presente tabella sono stati cortesemente forniti dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare

Tabella n. 4

FREQUENZE IN GIORNI DELLE VARIE VELOCITA' DEL VENTO
Medie del periodo 1946-1955

Velocità in Km./h	Rimini (1946-1955)					Porto Corsini (1947-1955)				
	primav.	estate	autunno	inverno	anno	primav.	estate	autunno	verno	anno
6 <	37,95	38,30	41,25	40,50	158,0	31,45	26,95	34,85	40,95	134,2
6-15	32,45	34,75	32,80	28,70	128,7	44,00	50,40	43,25	38,15	175,8
16-35	20,10	18,05	16,05	19,30	73,5	15,30	14,15	12,20	9,75	51,4
36-54	1,40	0,90	0,90	1,60	4,8	1,05	0,50	0,70	1,35	3,6
> 55	0,10	—	—	0,10	0,2	0,20	—	—	—	0,2
Massima	55,6	53,7	54,0	55,6	55,6	79,7	51,9	50,0	53,7	79,7

I dati elaborati nella presente tabella sono stati cortesemente forniti dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare.

Tabella n. 5.

TEMPERATURE ESTIVE DEL MARE LITORANEO (da Caminiti, 1966)

	Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre	
	max.	min.	max	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.
Rimini	20°	17°	26°	24°	28°	25°	28°	26°	23°	21°
Cesenatico	18°	16°	26°	25°	30°	28°	28°	26°	25°	22°

Tabella n. 6

DATI MAREOGRAFICI LIMITE

D a t i	Rimini (*)		Porto Corsini	
	metri	anno	metri	anno
Livello del mare:				
massimo	2,700	1937	2,020	1958
minimo	0,040	1940	0,010	1940
Massima ampiezza di marea:				
dall'alta alla bassa	2,120	1937	1,200	1951 e 1958
dalla bassa all'alta	2,100	1937	1,200	1958
Massima escursione diurna	2,500	1937	1,810	1940 e 1958
Zero idrometrico	metri — 0,727		metri — 0,740	
Anni di osservazione	1937-43 e 1947-63		1934-43 e 1946-64	

(*) Il livello massimo del mare registrato a Rimini è stato influenzato da una notevole piena del fiume Marecchia.

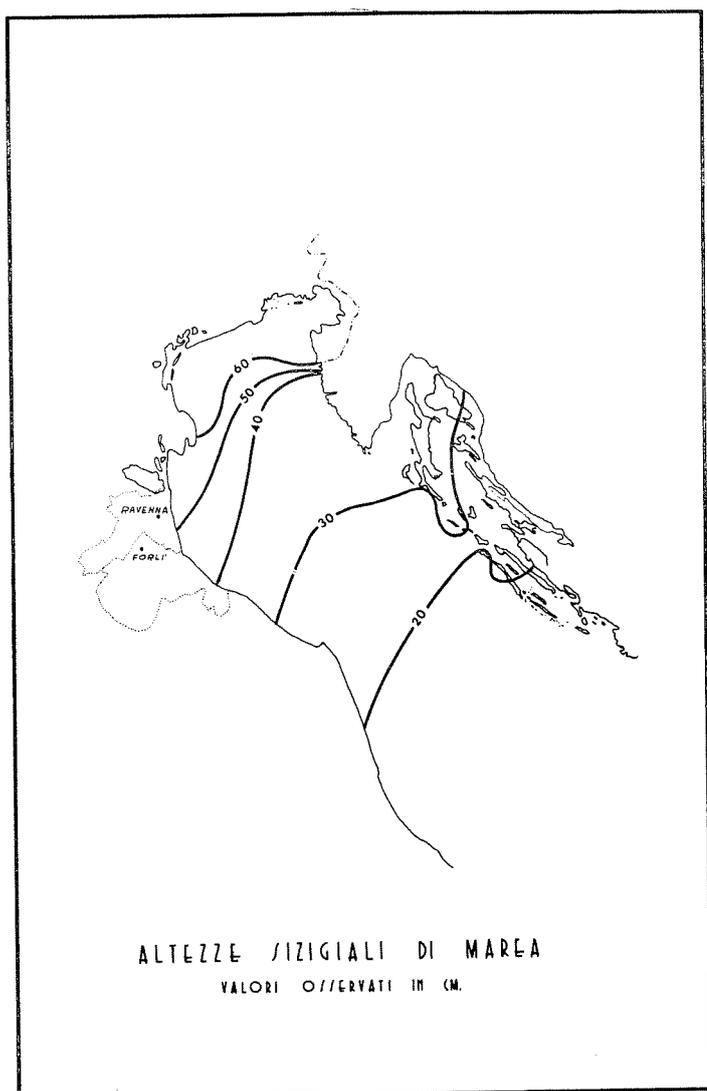


Fig. 10
Altezze di marea nell'alto Adriatico (Ridisegnato da Mosetti 1959).

sta. Per quanto concerne il mare litoraneo forlivese sono stati pubblicati ⁽¹⁹⁾ alcuni valori delle temperature estive del mare riferentisi ad alcune stazioni balneari del forlivese. Questi dati, raccolti nella tabella n. 5, sono stati riportati a titolo indicativo, in quanto manca l'indicazione del periodo e della durata delle osservazioni.

⁽¹⁹⁾ M. CAMINITI, pp. 75 e 121.

⁽²⁰⁾ L. SILVESTRINI 1965, pp. 23-24.

⁽²¹⁾ In questo paragrafo e nelle tabelle relative è raccolto ed elaborato quanto pubblicato negli « Annali Idrologici » dalla Sezione di Bologna del Servizio Idrografico.

⁽²²⁾ O. MARINELLI, 1925, p. 515.

⁽²³⁾ G. BORCHI 1938, pp. 88-89.

L'esame della tabella n. 5 rivela che nelle acque litoranee forlivesi i massimi di temperatura si presentano nei mesi di luglio e agosto, con valori che tendono a superare la media estiva delle temperature in alto mare.

In base ai dati forniti dall'Osservatorio Meteorologico Comunale di Rimini nel quadriennio 1934-'37 la temperatura del mare nei mesi estivi è risultata in media di 24,8°C ⁽²⁰⁾. Tale temperatura è leggermente inferiore a quella indicata nella tabella n. 5.

Per quanto concerne la salinità dell'acqua marina, questa non raggiunge il 35‰ lungo il litorale romagnolo.

LE MAREE

I dati sulle maree nel litorale romagnolo sono forniti dai due mareografi di Rimini e di Porto Corsini. I dati mareografici limite, registrati da questi strumenti, sono forniti dalla tabella n. 6 ⁽²¹⁾.

La massima ampiezza di marea a Ravenna è di metri 1,20. Nel caso di Rimini il valore corrispondente, pari a metri 2,12 ha scarso significato in quanto il dato è influenzato dalla piena eccezionale del fiume Marecchia.

Le medie decennali tra le massime ampiezze di marea mensili ed annue, per il periodo 1951-1960, sono riportate nella tabella n. 7. Queste ampiezze nell'anno non raggiungono il metro a Rimini, lo superano appena a Ravenna. Nei vari mesi questi valori variano da 0,58 a 0,81 metri a Rimini; da 0,80 a 0,95 metri a Ravenna.

Le maree medie secondo Marinelli ⁽²²⁾ variano nelle nostre spiagge tra 0,40 e 0,50 metri. Borghi ⁽²³⁾ estende questa gamma fino a metri 0,60 ed avverte che « cause meteorologiche, e cioè le forti e le basse pressioni barometriche e i venti, producono effetti non trascurabili ».

Tabella n. 7

MEDIA TRA LE MASSIME AMPIEZZE DI MAREA MENSILI ED ANNUE (periodo 1951-60)

Mareografo	Genn.	Febbr.	Marzo.	Aprile	Magg.	Giug.	Luglio	Agosto	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
Rimini	81	79	74	71	76	75	75	70	58	67	79	79	97
Porto Corsini	93	88	83	86	95	91	91	87	80	85	92	94	107

Rimini (Forlì), riva destra porto canale in prossimità del faro.

Zero idrometrico m. — 0,727 s.l.m.

Porto Corsini (Ravenna), molo guardiano destro del porto canale.

Zero idrometrico m. — 0,740 s.l.m.

rabili tanto sulle altezze delle maree quanto sulle ore di marea (a Cervia i pescatori assicurano di aver osservato un aumento di 20-30 centimetri a causa del vento) ».

Nella figura n. 9 si vedano le altezze sigiziali di marea, secondo Mosetti (1959).

I dati sulle medie annuali del livello marino per quanto concerne Rimini e Porto Corsini sono raccolti nella tabella n. 8. Questi valori riguardano il periodo tra il 1934 e il 1965. Quelli di Porto Corsini presentano una maggiore continuità rispetto a quelli di Rimini. Questi valori medi rivelano un incremento nel tempo. Si osservi in proposito la figura n. 11

L'ora di porto, cioè il ritardo tra l'ora del passaggio della luna al meridiano locale e l'ora della marea, è di 11 ore a Rimini e di 10 ore e 24 minuti a Porto Corsini (24).

LE CORRENTI

Secondo lo schema delle correnti superficiali e dei moti di deriva, pubblicato da Morandini (25), al largo della costa romagnola si presentano: più a riva dei moti di deriva anticiclonici, diretti da S verso N; più al largo dei moti di deriva ciclonici diretti in senso opposto. I moti di deriva sono generati da venti

notevolmente prolungati con velocità superiori a 25-30 Km/h. « Il sistema generale delle correnti in Adriatico subisce l'influsso delle acque del Po: nell'area antistante alle foci, i movimenti appaiono complessi e variabili, solo a S dell'apparato deltizio la corrente riprende regolarmente con la velocità media costante di circa un nodo » (26).

Nello schema pubblicato da L. De Marchi nel 1920 era precisato molto nettamente un circuito della corrente al largo della costa romagnola con il tratto prossimo alla costa diretto verso sud. Tra questa corrente e il litorale veniva indicata un'altra corrente, diretta in senso opposto.

Anche il Portolano (27) nella carta dimostrativa delle correnti rivela un andamento complesso delle correnti nel mare antistante al litorale romagnolo. Di fronte alla costa forlivese indica tuttavia una corrente più vicina alla spiaggia diretta verso nord e una più al largo diretta a sud.

Per quanto concerne l'importanza per le spiagge forlivesi della corrente litoranea Buli (28) afferma che questa esplica la sua massima azione a circa tre miglia dalla costa, con una velocità non superiore a 0,05-0,06 m/sec., e perde energia avvicinandosi alla riva (29).

(24) Portolano del Mediterraneo, volume 1c, 1957, pp. 119 e 127.

(25) G. MORANDINI 1957, p. 145.

(26) G. MORANDINI, 1957, p. 147.

(27) Portolano Mediterraneo: Mare Adriatico 1957, p. 7.

(28) U. BULI 1963.

(29) Tra la gente di mare vi sono diverse opinioni circa l'andamento e gli effetti della corrente litoranea. I pescatori la giudicano molto variabile nel tempo e capace di velocità anche notevoli. Affermano, inoltre, che l'acqua interessata da queste

Tabella n. 8

MEDIE ANNUALI DEL LIVELLO MARINO

A n n o	Mareografo di Rimini quota: 0= -0,727 m. cm.	Mareografo di Porto C. quota 0= -0,740 m. cm.
1934	—	88,64
1935	—	85,06
1936	—	85,09
1937	103,52	92,52
1938	90,40	83,05
1939	100,02	91,07
1940	100,26	90,90
1941	102,0	109,0
1942	95,02	88,57
1943	—	86,02
1944	—	—
1945	—	—
1946	—	—
1947	102,34	93,83
1948	98,48	85,42
1949	92,55	88,50
1950	98,86	93,90
1951	109,32	103,18
1952	104,5	95,0
1953	105,2	95,7
1954	109,0	97,9
1955	107,4	104,4
1956	103,8	99,6
1957	104,6	97,4
1958	113,6	107,7
1959	114,8	105,2
1960	121,6	116,6
1961	122,1	109,0
1962	113,5	107,4
1963	129,0	119,9
1964	—	109,6
1965	—	116,6

IL MOTO ONDOSO

Per inquadrare il moto ondoso che interessa il litorale forlivese è opportuno ricordare

che « a differenza degli oceani, il moto ondoso del Mediterraneo non presenta valori molto cospicui, salvo in casi eccezionali. I valori massimi, raramente superati anche in casi di tempesta, sono 6 ÷ 7 m. di altezza, 100 ÷ 150 m. di lunghezza con periodo da 9" a 10", valori che sono generalmente superiori a quelli medi degli oceani, ma restano inferiori a quelli delle tempeste oceaniche »⁽³⁰⁾ e che « nei piccoli mari interni il limite è ancora più basso »⁽³¹⁾.

Per stabilire dei valori anche solo teorici sul moto ondoso riguardante il litorale forlivese sono stati applicati i metodi messi a punto per primi da Harald Sverdrup e Walter Munk ed esposti nella monografia del prof. Tenani⁽³²⁾.

Le dimensioni delle onde dipendono: dalla velocità del vento; dalla durata del vento; dalla lunghezza del tratto di mare su cui spira il vento (*fetch*).⁽³³⁾

Le gamme orientate dei venti sono ripartite secondo le due classi: venti da 6 a 35 Km/h e venti superiori a 35 Km/h. A Rimini la massima velocità del vento è circa 56 Km/h. Al di sotto di 6 Km/h le giornate sono considerate calme e tale può essere ritenuto il mare, che presenta al massimo qualche leggera increspatura, se non vi sono *onde morte*.

Supposto un *fetch* medio della lunghezza di 120 km e un vento di 35 km/h con una durata di dieci ore, si passa da un mare calmo ad uno in cui si possono sviluppare onde in mare profondo lunghe 27,3 metri; alte 2,0 metri; con un periodo di 4,2 secondi.

Con lo stesso *fetch* e con un vento di 56 Km/h, ma con una durata di sole 5 ore, si potrebbero sviluppare onde in mare profondo lunghe 32,0 metri; alte 3,1 metri; con un periodo di 4,5 secondi.

correnti è generalmente limpida e che le maggiori velocità si presentano in fondali più profondi di venti metri. Altri tendono ad attribuire a questa corrente un andamento costante dal settentrione al meridione e giudicano conseguenza della sua attività erosiva l'attuale morfologia litoranea. Questa ultima opinione pare in grave contrasto con gran parte dei fatti noti e controllati.

⁽³⁰⁾ G. MORANDINI 1957, p. 142.

⁽³¹⁾ F. VERCELLI 1951, p. 264.

⁽³²⁾ H. SVERDRUP e W. MUNK 1947; M. TENANI 1952.

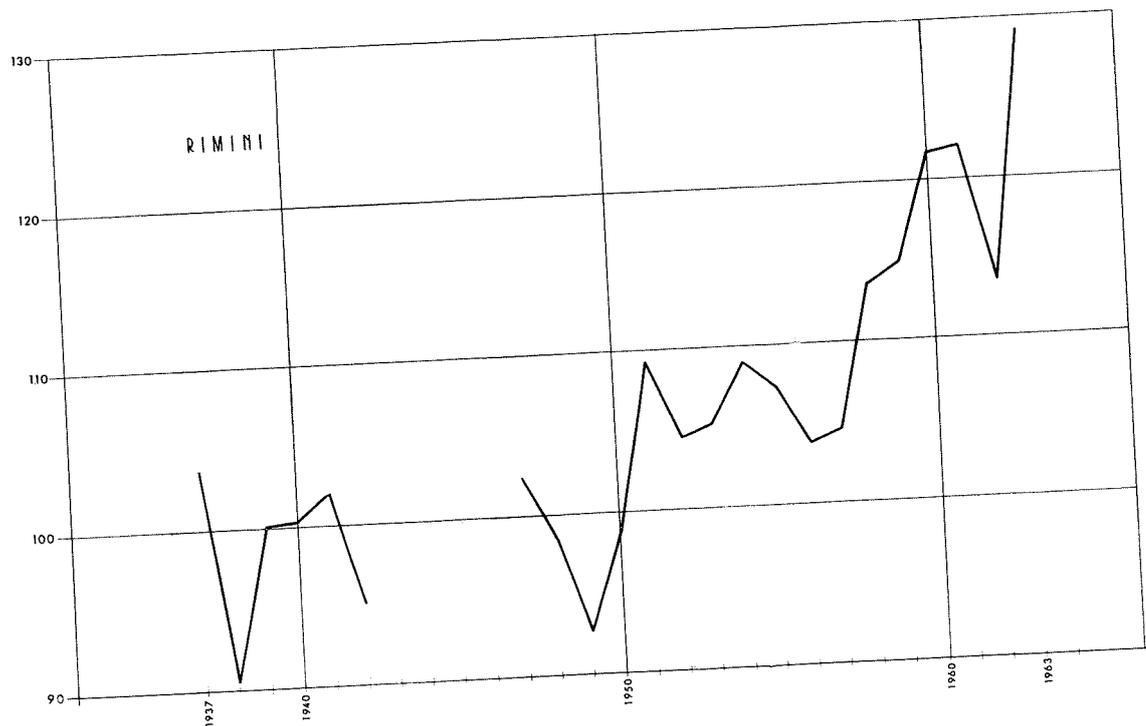
⁽³³⁾ Circa i venti si possiedono solo i dati riguardanti Rimini e Porto Corsini già esposti. Circa le lunghezze dei *fetch* nelle varie direzioni della rosa dei venti, possono essere indicati, a titolo di esempio, quelli che costituiscono il settore di traversia riminese. la cui lunghezza media approssimativa è la seguente: 70 Km. verso NNW; 160 Km. verso N; 165 Km. verso NNE; 125 Km. verso NE; 135 Km. verso ENE; 180 Km. verso E; 350 Km. verso ESE.

Tabella n. 9

STATO DEL MARE A PORTO CORSINI (Ravenna) (*) Percentuale di nove anni di osservazione

Periodo	I Quadrante			II Quadrante			III Quadrante			IV Quadrante			Calme				
	1-2	3-5	>5	Tot.	1-2	3-5	>5	Tot.	1.2	3-5	>5	Tot.		1-2	3-5	>5	Tot.
	Primavera	8,8	5,6	—	14,4	28,9	11,9	0,2	41,0	15,5	3,1	—		18,6	16,7	3,1	0,1
Estate	11,3	4,4	—	15,7	39,0	9,4	—	48,4	15,3	2,2	—	17,5	16,2	1,1	—	17,3	1,1
Autunno	9,2	5,3	0,3	14,8	17,9	8,1	—	26,0	14,8	5,0	—	19,8	26,9	6,3	0,2	33,4	6,0
Inverno	4,1	6,4	0,5	11,0	5,8	3,9	0,2	9,9	12,5	3,7	—	16,2	40,5	9,0	0,1	49,6	13,3
Anno	8,4	5,4	0,2	14,0	22,9	8,3	0,1	31,3	14,5	3,5	—	18,0	25,1	4,9	0,1	30,1	6,6

(*) I dati di base sono stati gentilmente forniti dall'Istituto Idrografico della Marina.



MEDIE ANNUALI DEL LIVELLO MARINO
ALTEZZE IN CM.

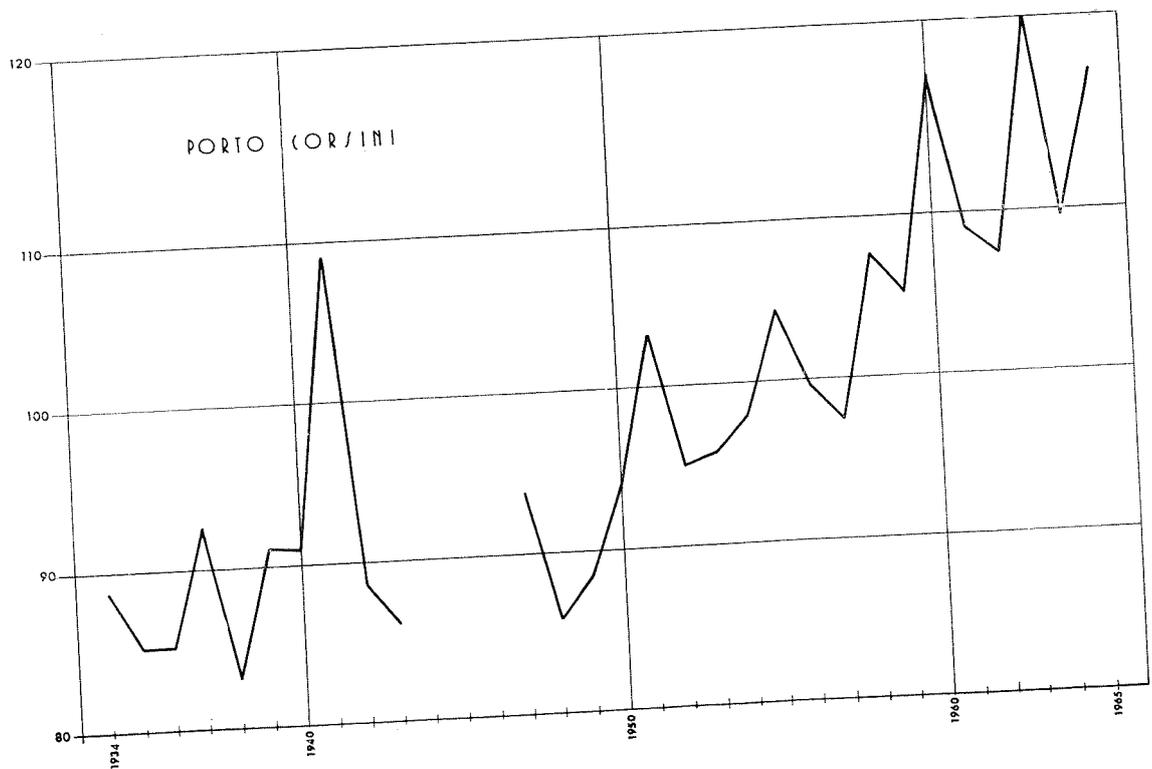


Fig. 11 - Medie annuali del livello marino a Rimini e a Porto Corsini del 1934 al 1965.

Punti	Comuni	Anni Considerati			Periodi di incremento							Periodi di riduzione							Variazione totale					
		dal	al	n.	anni			metri	variazioni			dal	al	n	metri	Variazioni			metri	Valori annui in metri				
					dal	al	n'		annua in metri							media	max.	min.						
									dal	al	n										media	max.	min.	
1	Cervia	1825	1938	113	1825	1938	113	+ 331	+ 2,93	+ 4,33	+ 2,50	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 331	+ 2,93			
2	Cesenatico 1°	1810	1938	128	1810	1911	101	+ 318	+ 3,14	+ 3,53	+ 2,36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 328	+ 2,56		
					1931	1938	7	+ 16	+ 2,28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					1810	1911	101	+ 313	+ 3,09	+ 3,53	+ 1,06	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	—
3	Cesenatico 2°	1810	1938	128	—	—	—	—	—	—	—	1911	1938	27	— 51	— 1,88	— 2,15	— 1,14	—	+ 262	+ 2,04			
4	Cesenatico 3°	1810	1938	128	1810	1938	128	+ 308	+ 2,40	+ 3,43	+ 1,40	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 308	+ 2,40			
5	Gatteo	1878	1938	60	—	—	—	—	—	—	—	1878	1934	56	— 67	— 1,19	— 2,66	— 0,35	—	—	— 66	— 1,10		
					1934	1938	4	+ 1	+ 0,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					1878	1894	16	+ 4	+ 0,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	—
6	Savignano	1878	1938	60	—	—	—	—	—	—	—	1894	1934	40	— 64	— 1,60	— 3,00	— 0,17	—	—	— 60	— 1,00		
					1934	1938	4	—	—	—	—	—	1934	1938	4	—	—	—	—	—			—	—
					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	—
7	S. Mauro Pascoli	1878	1938	60	—	—	—	—	—	—	—	1878	1938	60	— 54	— 0,90	— 2,66	— 0,37	—	—	— 54	— 0,90		
					1878	1894	16	+ 12	+ 0,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	—
8	Bellaria e Igea Marina 1°	1878	1938	60	—	—	—	—	—	—	—	1894	1931	37	— 45	— 1,21	— 1,75	— 0,59	—	—	— 13	— 0,21		
					1931	1938	7	+ 20	+ 2,85	+ 3,25	+ 2,33	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					1878	1911	33	+ 13	+ 0,39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	—
9	Bellaria e Igea Marina 2°	1878	1938	60	—	—	—	—	—	—	—	1911	1931	20	— 17	— 0,85	—	—	—	—	— 1	— 0,01		
					1931	1934	3	+ 5	+ 1,66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					—	—	—	—	—	—	—	—	1934	1938	4	— 2	— 0,50	—	—	—			—	—
10	Rimini 1°	1878	1938	60	1878	1911	33	+ 34	+ 1,03	+ 1,50	+ 0,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 39	+ 0,65		
					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					1931	1938	7	+ 8	+ 1,14	+ 2,33	+ 0,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
11	Rimini 2°	1878	1938	60	1878	1911	33	+ 34	+ 1,03	+ 1,87	+ 0,24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 11	+ 0,18		
					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					1934	1938	4	+ 6	+ 1,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
12	Rimini 3°	1878	1938	60	1894	1911	17	+ 7	+ 0,41	—	—	1878	1894	16	— 20	— 1,25	—	—	—	—	— 21	— 0,35		
					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					1931	1938	7	+ 5	+ 0,71	+ 1,00	+ 0,33	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
13	Rimini 4°	1878	1937	59	1894	1911	17	+ 9	+ 0,53	—	—	1878	1894	16	— 8	— 0,50	—	—	—	—	— 49	— 0,83		
					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					1924	1931	7	+ 10	+ 1,43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
14	Rimini 5°	1878	1937	59	—	—	—	—	—	—	—	1911	1924	13	— 41	— 3,15	—	—	—	—	— 34	— 0,58		
					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					1931	1937	6	— 19	— 3,17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
15	Rimini 6°	1869	1938	69	1894	1924	30	+ 70	+ 2,33	+ 2,41	+ 2,23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 193	+ 2,79		
					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					1931	1937	6	+ 6	+ 1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
16	Rimini 7°	1835	1938	103	1869	1938	69	+ 193	+ 2,79	+ 5,55	+ 0,15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 227	+ 2,20		
					1835	1931	96	+ 227	+ 2,36	+ 3,42	+ 1,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					1931	1938	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
17	Riccione 1°	1715	1938	223	1869	1938	69	+ 193	+ 2,79	+ 5,55	+ 0,15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 484	+ 2,17		
					1835	1938	103	+ 334	+ 3,24	+ 4,70	+ 1,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					1715	1938	223	+ 496	+ 2,22	+ 3,40	+ 1,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
18	Riccione 2°	1715	1938	223	1810	1938	128	+ 211	+ 1,65	+ 2,40	+ 0,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 334	+ 3,24		
					1878	1894	16	+ 20	+ 1,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
19	Riccione 3°	1810	1938	128	1894	1931	37	— 40	— 1,08	—	—	1894	1931	37	— 40	— 1,08	—	—	—	—	+ 496	+ 2,22		
					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
20	Misano 1°	1810	1938	128	1894	1931	37	— 40	— 1,08	—	—	1931	1934	3	—	—	—	—	—	—	+ 211	+ 1,65		
					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					1931	1934	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
21	Misano 2°	1878	1938	60	1931	1938	7	—	—	—	—	1934	1938	4	— 5	— 1,25	—	—	—	—	— 25	— 0,42		
					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
22	Cattolica	1878	1937	59	1878	1937	59	+ 62	+ 1,05	+ 6,33	+ 0,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 62	+ 1,05		
					1835	1935	100	+ 135	+ 1,34	+ 3,46	+ 0,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
					1935	1938	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			—	
23	Gabicce	1835	1938	103	1935	1938	3	—	—	—	—	1935	1938	3	—	—	—	—	—	+ 135	+ 1,30			

A Porto Corsini il vento massimo è di 80 Km/h, con lo stesso fetch medio di 120 Km. ed ancora con la durata di 5 ore del vento, si possono sviluppare onde in mare profondo lunghe 45,4 metri; alte 4,5 metri; con un periodo di 5,4 secondi.

Il vento con velocità da 6 a 15 Km/h, secondo quanto indicato nella tabella n. 7, spira a Rimini il 64% e a Porto Corsini il 72% dei giorni appartenenti alla classe dei venti tra 6 e 35 Km/h. Il vento di 15 Km/h può giungere a sollevare onde di 0,40-0,50 metri.

Da quanto esposto risulta che nel litorale romagnolo le onde sono, nella generalità dei casi, corte, cioè inferiori ai 100 metri, e pos-

sono assumere un'altezza massima, in mare profondo, che può anche superare i 3 o 4 metri. Questi valori massimi sono tuttavia eccezionali. In genere il moto ondoso appartiene alla gamma delle onde tra pochi centimetri e 2 metri di altezza in mare profondo; con nettissima prevalenza nella durata di quelle uguali o inferiori al metro.

I valori esposti rientrano nel quadro, offerto dalla tabella n. 9, degli stati del mare a Porto Corsini, secondo i dati forniti dal Servizio Idrografico della Marina.

Onde di maremoto, *tsunami*, hanno investito il litorale riminese in conseguenza dei terremoti del 1672 e del 1875.



IV.

VARIAZIONI DELLA LINEA DI SPIAGGIA

Un costante incremento della terra sul mare, naturalmente con discontinuità, pause ed anche reingressi del mare, si è verificato nel litorale forlivese durante l'ultima parte del Quaternario. Infatti il colmamento alluvionale ha finito col conferire alla pianura il suo aspetto attuale. Anche le ultime tracce delle paludi costiere, ancora rilevanti in età romana, sono sparite con le bonifiche concluse alla fine del 19° secolo.

L'arretramento del mare dalla preistoria ad oggi è inoltre testimoniato dalla falesia morta, che, interrotta dal cono di deiezione del Marecchia, terrazza verso l'Adriatico le alluvioni antiche della pianura dalla foce dell'Uso fin verso Cattolica.

La costa, conclude il Borghi ⁽³⁴⁾ « per tutto il secolo scorso, ha continuato in generale ad avanzare in misura più o meno lenta, salvo qualche limitato arretramento localizzato ».

Nella tabella n. 10 si può osservare il quadro sintetico delle variazioni delle linee di spiaggia forlivese dal 19° secolo fino al 1938, secondo i dati pubblicati da Borghi. Nel presente capitolo, su autorizzazione della Camera di Commercio di Forlì, che li ha commissionati, vengono pubblicati nelle figure dal n. 12 al n. 18 i dati ottenuti con la ripetizione delle misure riferite ai caposaldi utilizzati da Borghi ⁽³⁵⁾.

Nella ripetizione delle misure sono stati individuati esattamente 18 dei 23 caposaldi Borghi. Questi caposaldi sono stati indicati con il numero progressivo dato loro nella tabella n. 10. I caposaldi non reperiti, perché riferiti a costruzioni abbattute, a punti sommersi, ecc., sono stati sostituiti con nuovi riferimenti, il più possibile prossimi a quelli perduti e sono stati indicati con lo stesso numero dei precedenti, seguito da una lettera alfabetica.

Le misure, eseguite nel maggio 1967, sono state riferite al mare medio, sono state effettuate in andata e ritorno, e sono state prese lungo allineamenti perpendicolari alla linea di spiaggia con partenza dal caposaldo. Quando non è stato possibile congiungere direttamente il caposaldo alla linea di spiaggia, sono stati costruiti allineamenti paralleli a quello fondamentale, al quale sono state riportate le misure effettuate.

Tutte le misure rappresentano la distanza minima tra il caposaldo e la linea di spiaggia, salvo i casi in cui l'Autore indicava diverse modalità di misura, riferendosi, ad esempio, all'asse di strade o di canali.

Per una precisa individuazione dei punti e una facile lettura dei dati, sono state predisposte le tavole riportate nelle figure dal n. 12 al n. 20, in cui sono indicati i riferimenti carto-

⁽³⁴⁾ G. BORGHI 1938, pp. 118-119.

⁽³⁵⁾ Tali misure sono state eseguite a cura dell'ufficio tecnico del dott. Everardo Boattini di Forlì con l'assistenza dello scrivente.

grafici, gli allineamenti seguiti e l'ubicazione e la descrizione dei caposaldi.

Nella tabella n. 11 sono riepilogati i risul-

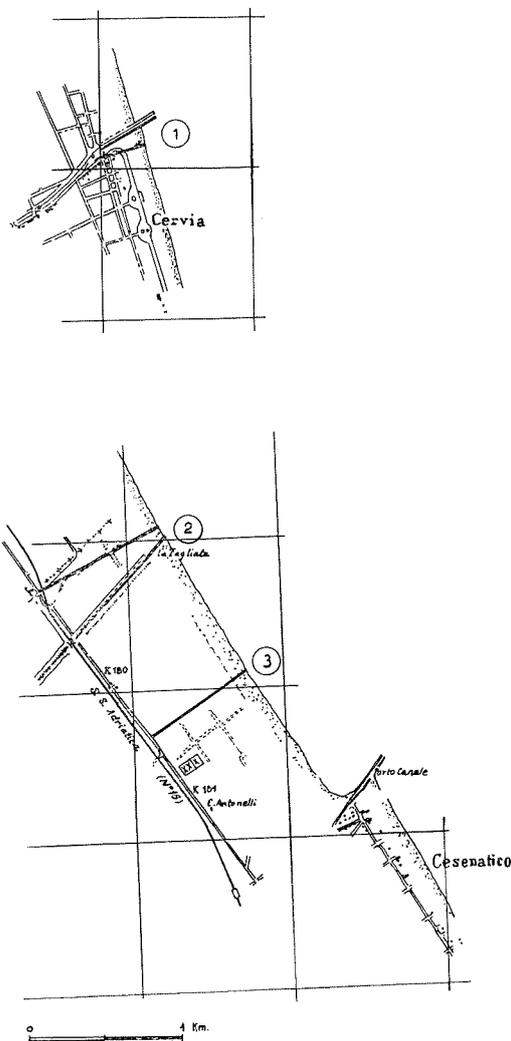


Fig. 12

Misura, descrizione ed indicazione dei tratti di costa esaminati.

Punto N. 1 - Cervia - ml. 767.

Distanza dalla battigia del lato a mare della Torre della Finanza, sulla destra del porto Canale vicino ai magazzini del sale.

Punto N. 2 - Cesenatico - ml. 715

Distanza dalla battigia del lato a mare della S.S. Adriatica lungo una retta che passa per la caserma Tagliata (ora abbattuta) a ml. 250 a Sud del confine con Cervia. (Volendo stabilire un nuovo caposaldo si propone il punto più verso a mare della cinconferenza esterna della rotonda Zadina che dista dalla battigia ml. 358).

Punto N. 3 - Cesenatico - ml. 717.

Distanza dalla battigia del lato a mare della S.S. Adriatica in un punto medio fra lo scolo Mesola ed il porto Canale.

tati di queste misure e sono posti a confronto con quelli ottenuti nel 1938 e nel 1878.

Esaminiamo ora in dettaglio le variazioni della linea di spiaggia secondo Borghi e secondo le nuove misure. I valori quantitativi sono strettamente riferiti ai caposaldi indicati. Un esauriente esame delle variazioni più recenti

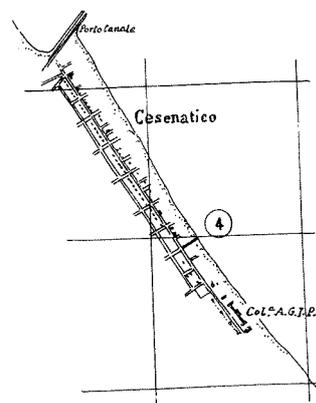


Fig. 13

Misura, descrizione ed indicazione dei tratti di costa esaminati.

Punto N. 4 - Cesenatico - ml. 251

Distanza dalla battigia del lato a mare di Viale Carducci, all'altezza di Viale Milano (a ml. 1500 a Sud del porto Canale lungo Viale Carducci).

lungo tutto il litorale forlivese sarà possibile appena disponibile il nuovo rilievo aerofotogrammetrico.

Litorale cervese a sud del porto canale (m. 5.200): costante incremento dal 1825 al 1938 per 131 metri, con una media annua di + 2,93 metri, questo andamento «può considerarsi ad un dipresso costante per tutto il litorale di Cervia»; tra il 1938 e il 1967 in questo settore l'incremento si è arrestato: la linea di spiaggia è avanzata solo di un metro.

Litorale dal confine con Cervia al porto canale di Cesenatico (primo tratto di circa m. 600): incremento complessivo dal 1810 al 1938 di 328 metri, con una media annuale di + 2,56 metri malgrado una lieve inflessione

negativa della linea di spiaggia tra il 1911 e il 1931 ⁽³⁶⁾.

Litorale dal confine con Cervia al porto canale di Cesenatico (secondo tratto di circa

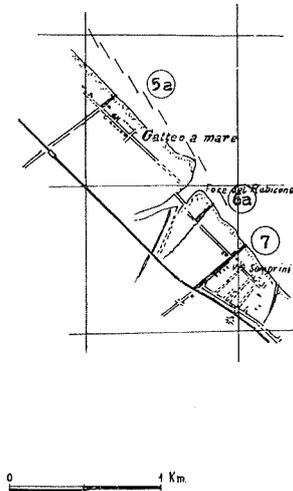


Fig. 14

Misura, descrizione ed indicazione dei tratti di costa esaminati.

Punto N. 5^a - GATTEO - ml. 116.

Distanza dalla battigia del lato a mare di Viale Principe di Piemonte all'altezza dell'incrocio con via Dune, al confine fra Gatteo e Cesenatico. (Il riferimento Borghi è stato sommerso).

Punto N. 6^a - S. MAURO PASCOLI - ml. 97.

Distanza dalla battigia del lato a mare del casello di manovra della chiusura a ml. 200 a Sud della foce del Rubicone. (Il riferimento Borghi non è rilevabile poichè sommerso).

Punto N. 7 - S. MAURO PASCOLI - ml. 408.

Distanza dalla battigia del binario a mare della linea ferrata, misurata lungo Via Marina ex via Grancia.

1.800 metri): incremento complessivo dal 1810 al 1938 di 262 metri, con una media annua di + 2,04 metri, malgrado vi sia una inflessione negativa della linea di spiaggia dal 1911 al 1938 di — 51 metri.

Litorale dal porto canale di Cesenatico al confine del Comune (metri 4.600); costante incremento dal 1810 al 1938 per 308 metri, con una media annuale di +2,40 metri; attualmente il margine del litorale verso Gatteo (Valverde) è in arretramento.

Litorale dal confine di Cesenatico alla foce del Rubicone (metri 700 circa): arretramento complessivo dal 1878 al 1938 di 66 metri, con una media annua di — 1,10 metri, malgrado un periodo di stabilità tra il 1934 e il

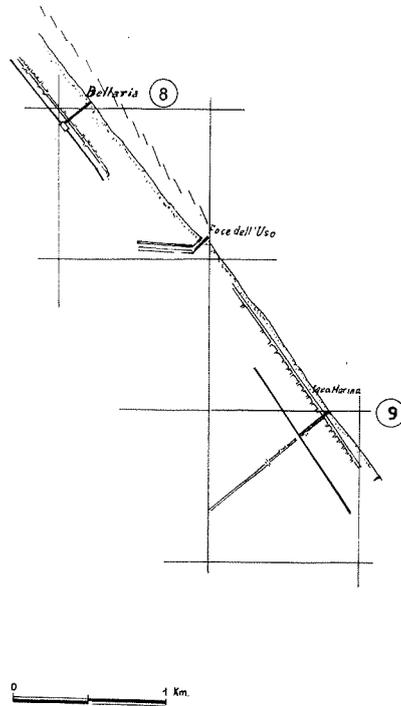


Fig. 15 - Misura, descrizione ed indicazione dei tratti di costa esaminati.

Punto N. 8 - BELLARIA e IGEA MARINA - ml. 227 (Bellaria).

Distanza dalla battigia del lato a mare della Stazione Ferroviaria.

Punto N. 9 - BELLARIA e IGEA MARINA - ml. 257 (Igea Marina)

Distanza dalla battigia del lato a mare del casello ferroviario, misurata lungo via Ennio, ex via Bordonchio.

1938; attualmente il riferimento Borghi non è rintracciabile. Nella zona vi è stato prima un ulteriore progresso del mare, successivamente un ripascimento conseguente alla costruzione delle barriere frangiflutto.

Litorale dalla foce del Rubicone al confine del Comune di Savignano (200 metri circa): arretramento complessivo dal 1878 al 1938 di

⁽³⁶⁾ Non viene riportata alcuna indicazione sulle variazioni del litorale tra Cervia e il porto canale di Cesenatico, in quanto i dati ottenuti con le nuove misure, riferite ai caposaldi indicati da Borghi, hanno fornito dati che appaiono anche alla luce dell'esperienza francamente anomali. Questo richiede un attento riesame della situazione locale, che potrà essere compiuto solo in futuro.

60 metri, con una media annua di — 1,00 metri; successivamente l'erosione è continuata tanto che attualmente il riferimento Borghi è verosimilmente sommerso, malgrado la costruzione delle scogliere frangiflutto.

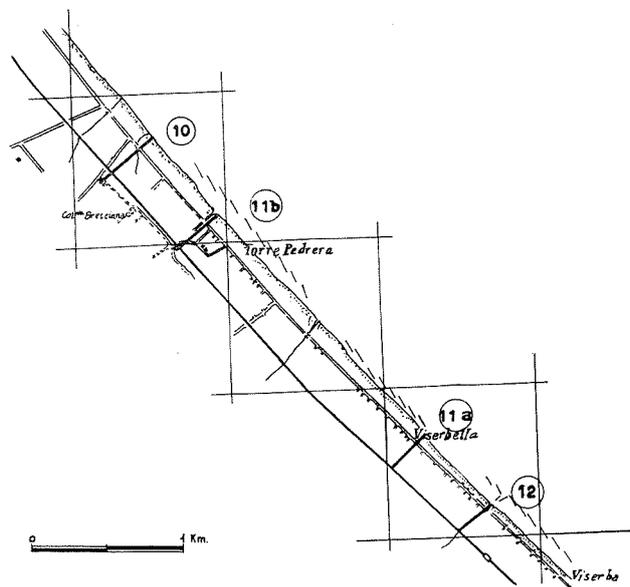


Fig. 16 - Misura, descrizione ed indicazione dei tratti di costa esaminati.

Punto n. 10 - RIMINI - ml. 375 (Torre Pedrera).

Distanza dalla battigia del lato a mare della Torre di Pedrera.

Punto n. 11b - RIMINI - ml. 320 (Torre Pedrera)

Distanza dalla battigia del lato a mare della Stazione di Torre Pedrera, misurata lungo l'asse di Via Marada.

Punto n. 11a - RIMINI - ml. 270 (Viserba)

Distanza dalla battigia del binario a mare della linea ferrata, misurata lungo l'asse di Viale S. Medici. (La descrizione del punto n. 11 non ne ha permesso l'esatta individuazione; sono stati fatti due nuovi riferimenti indicati con 11a e 11b che maggiormente rispondono alla descrizione).

Punto n. 12 - RIMINI - ml. 345 (Viserba).

Distanza dalla battigia del binario a mare della linea ferrata, misurata lungo l'asse del Canale dei Molini.

Litorale di S. Mauro Pascoli (metri 650): costante arretramento dal 1878 al 1938 per 54 metri, con una media annua di — 0,90 metri; tra il 1938 e il 1967 si è verificato un ulteriore arretramento di — 14 metri, nella zona le scogliere frangiflutto non hanno ancora conseguito rilevanti risultati.

Litorale dal confine del Comune di S. Mauro Pascoli al fiume Uso (metri 2.900): periodi di arretramento alternati a periodi di ripascimento nel periodo dal 1878 al 1938 con ar-

Tabella n. 11

DISTANZE DELLA LINEA DI SPIAGGIA DAI CAPOSALDI NEL 1878, NEL 1938 E NEL 1967.

Punti	Comune	Misure in metri		
		nel 1878	nel 1938	nel 1967
1	Cervia	571	766	767
2	Cesenatico 1°	360	448	715
3	Cesenatico 2°	320	342	717
4	Cesenatico 3°	84	218	251
5	Gatteo	84	18	—
5a	Gatteo	—	—	116
6	Savignano	80	20	—
6a	S. Mauro Pascoli	—	—	97
7	S. Mauro Pascoli	476	422	408
8	Bellaria - Igea M. 1°	258	245	227
9	Bellaria - Igea M. 2°	271	270	257
10	Rimini 1°	434	473	375
11b	Rimini	—	—	320
11a	Rimini	—	—	270
11	Rimini 2°	294	305	—
12	Rimini 3°	310	289	345
13	Rimini 4°	308	259	303
14b	Rimini	—	—	4
14a	Rimini	—	—	90
14	Rimini 5°	65	31	60
15	Rimini 6°	175	318	363
16	Rimini 7°	335	415	428
17a	Riccione	—	—	140
17	Riccione 1°	525	584	—
18	Riccione 2°	402	534	548
19a	Riccione	—	—	532
19	Riccione 3°	487	596	602(*)
20	Misano 1°	423	471	455
21	Misano 2°	560	535	531
22	Cattolica	31	93	65
23	Gabicce	42	135	87

(*) Valore presuntivo

retramento complessivo di 13 metri, con una media annua di — 0,21 metri; tra il 1938 e il 1967 si è verificato un ulteriore arretramento di 18 metri.

Litorale tra la foce dell' Uso e il confine di Rimini (metri 3.850): periodi di arretramento alternati con periodi di avanzamento della linea di spiaggia tra il 1878 e il 1938 con arretramento complessivo di un metro; tra il 1938 e il 1967 vi è stato un ulteriore arretramento di 13 metri;

VARIAZIONI DELLA LINEA DI SPIAGGIA FOR-LIVESE DAL 1878 AL 1967

	1878-1938	1938-1967
Cesenatico (a sud del porto)	+ 134	+ 33
Gatteo	— 66	—
S. Mauro Pascoli	— 60	—
S. Mauro Pascoli	— 54	— 14
Bellaria	— 13	— 18
Igea Marina	— 1	— 13
Rimini (Torre Pedrera)	+ 39	— 98
Rimini (Viserbella)	+ 11	—
Rimini (Viserba)	— 21	+ 56
Rimini (Viserba)	— 49 (*)	+ 44
Rimini (Rivabella)	— 34 (*)	+ 29
Rimini	+ 143	+ 45
Rimini (Miramare)	+ 80	+ 13
Riccione	+ 59	—
Riccione	+ 132	+ 14
Riccione	+ 109	+ 6
Misano	+ 48	— 16
Misano	— 25	— 4
Cattolica	+ 62 (*)	— 28
Gabicce	+ 93	— 48

(*) Le misure con asterisco sono state eseguite nel 1937 invece che nel 1938.

Litorale riminese: zona di Torre Pedrera: avanzamento complessivo dal 1878 al 1938 di 39 metri, con una media annuale di + 0,65 metri; tra il 1938 e il 1967 vi è stato un arretramento di 98 metri, pari a — 3,37 metri all'anno; in questa zona termina la quasi continua serie di scogliere frangiflutto che inizia a Rivabella di Rimini.

Litorale riminese: zona di Viserbella: periodi di avanzamento e di riduzione della spiaggia tra il 1878 e il 1938, con avanzamento complessivo di 11 metri, con una media annua di + 0,18 metri; manca il dato attuale di confronto.

Litorale riminese: zona di Viserba nord: arretramento complessivo tra il 1878 e il 1938 di 21 metri, con una media annua di — 0,35 metri, malgrado alcuni periodi di in-

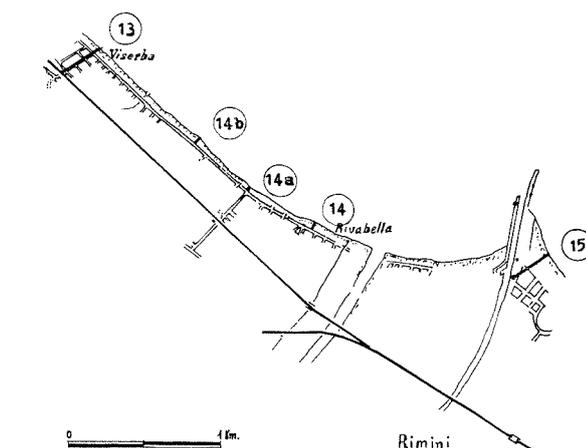


Fig. 17 - Misure, descrizione ed indicazione dei tratti di costa esaminati.

Punto n. 13 - RIMINI - ml. 303 (Viserba)
Distanza dalla battigia del binario a mare della linea ferrata, misurata lungo l'asse di Via Polazzi.

Punto n. 14b - RIMINI - ml. 4 (Rivabella)
Distanza dalla battigia del lato a mare della litoranea di fronte a Via Montegrappa.

Punto n. 14a - RIMINI - ml. 90 (Rivabella)
Distanza dalla battigia del lato a mare della litoranea, di fronte a Via XXV Marzo 1831.

Punto n. 14 - RIMINI - ml. 60 (Rivabella).
Distanza dalla battigia del lato a mare della litoranea all'altezza di Villa Bellammola (a ml. 420 a Nord del nuovo deviatore del Marecchia lungo viale Toscanelli).

Punto n. 15 - RIMINI - ml. 363.
Distanza dalla battigia del punto più verso mare della Torre del Faro sul molo di levante del Porto di Rimini.

cremento della linea di spiaggia; dal 1938 al 1967 si è avuto, per effetto della scogliera frangiflutto, un aumento di 56 metri.

Litorale riminese: zona di Viserba sud: arretramento complessivo tra il 1878 e il 1937 di 49 metri, con una media annua di — 0,83 metri, malgrado alcuni periodi di incremento; dal 1937 al 1967 si è avuto un incremento di 44 metri.

Litorale riminese: zona di Rivabella: arretramento complessivo tra il 1878 e il 1937 di 34 metri, con una media annua di — 0,58 metri, malgrado alcuni periodi di incremento; dal 1937 al 1967 si è avuto un incremento di 29 metri; nei tratti attualmente non protetti da scogliere la linea di spiaggia è a quattro metri dalla strada litoranea.

Litorale riminese: zona immediatamente a

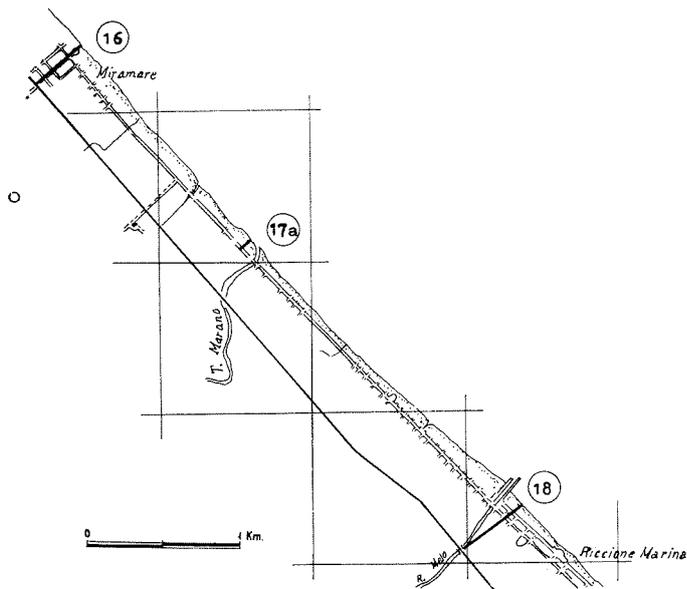


Fig. 18 - Misure, descrizione ed indicazione dei tratti di costa esaminati.

Punto n. 16 - RIMINI - ml. 428 (Miramare).
Distanza dalla battigia del lato a mare della stazione ferroviaria di Miramare, misurata lungo l'asse di Via Oliveti.

Punto n. 17a - RICCIONE - ml. 140.
Distanza dalla battigia del margine interno del marciapiede del lato a mare della strada litoranea, a ml. 100 verso Nord dal Ponte sul Marano. (Essendo stata da tempo abbattuta la Torre della Trinità si è stabilito un nuovo riferimento).

Punto n. 18 - RICCIONE - ml. 548.
Distanza dalla battigia del lato a mare del ponte ferroviario sul Rio Melo.

sud del porto canale: costante incremento dal 1869 al 1938 di 193 metri con una media annua di +2,79; dal 1938 al 1967 si è verificato un ulteriore incremento di 45 metri.

Litorale riminese: zona di Miramare: incremento complessivo tra il 1835 e il 1938 di 227 metri, con una media annua di + 2,20 metri; dal 1938 al 1967 si è avuto un ulteriore aumento di 13 metri.

Litorale di Riccione (zona della foce del torrente Marano): costante incremento tra il 1715 e il 1938 di 484 metri, con una media annua di +2,17 metri; la zona appare ancora in fase di lieve incremento.

Litorale di Riccione (zona della foce del rio Melo): costante incremento tra il 1835 e il 1938 di 334 metri, con una media annua di

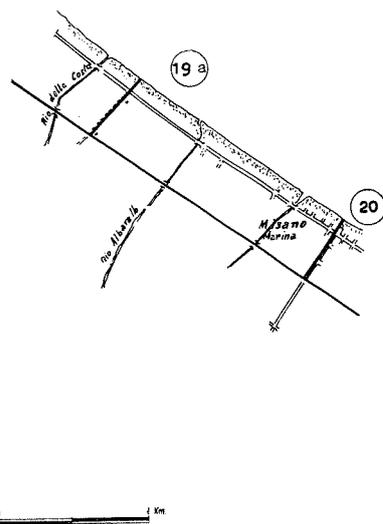


Fig. 19 - Misure, descrizione ed indicazione dei tratti di costa esaminati.

Punto n. 19a - RICCIONE - ml. 532.
Distanza dalla battigia del binario a mare della linea ferroviaria, misurata lungo via della Torre Fontanelle. (Essendo stata da tempo abbattuta la Torre Fontanelle, la misurazione è stata riferita alla linea ferrata distanza presumibile dalla linea ferrata verso monte fino alla Torre Fontanelle ml. 70,—).

Punto n. 20 - MISANO - ml. 455.
Distanza dalla battigia del binario a mare della linea ferroviaria, misurata lungo l'asse di Viale della Repubblica, ex via Fienili.

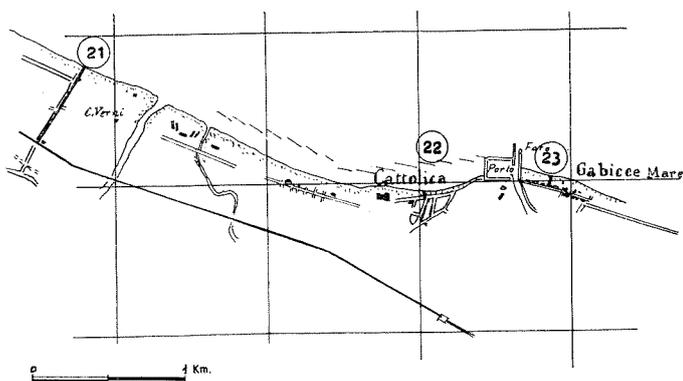


Fig. 20 - Misure, descrizione ed indicazione dei tratti di costa esaminati.

Punto n. 21 - MISANO ml. 531.
Distanza dalla battigia del lato a mare del casello ferroviario fra la strada Fienile ed il Fiume Conca.

Punto n. 22 - CATTOLICA - ml. 65
Distanza dalla battigia dell'angolo di incrocio di via Belvedere con la via Litoranea.

Punto n. 23 - GABICE - ml. 87.
Distanza dalla battigia della linea a mare delle case frontiste, a ml. 200 a Sud del porto canale di Cattolica.

VARIAZIONI DELLA LINEA DI SPIAGGIA FORLIVENSE DAL 1878 AL 1967

(SECONDO I CAPOALDI STABILITI DA BORCHI NEL 1978)

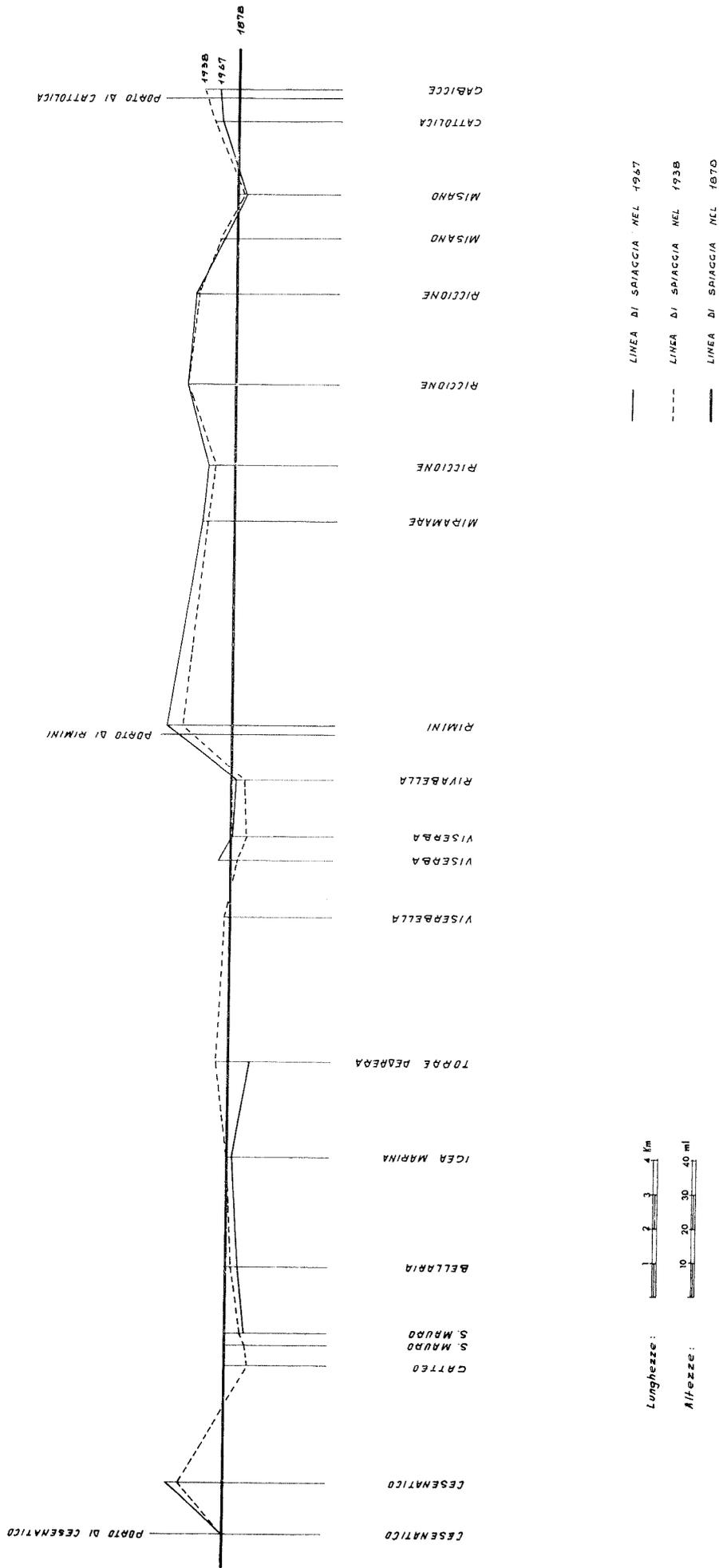


Fig. 21



Fig. 22
Disordinate opere di difesa alla
Valverde (Cesenatico).
(foto Antoniazzi)

3,24 metri; dal 1938 al 1967 si è verificato un ulteriore incremento di 14 metri.

Litorale di Riccione: zona verso Misano: costante incremento tra il 1715 e il 1938 di 496 metri, con una media annua di + 2,22 metri; dal 1938 al 1967 si è verificato un ulteriore aumento di 6 metri.

Litorale di Misano: zona di Misano Marina: costante incremento dal 1810 al 1938 di 211 metri, con una media di + 1,65 metri, dal 1938 al 1967 la linea di spiaggia è arretrata di 16 metri.

Litorale di Misano: zona verso Cattolica: arretramento complessivo tra il 1878 e il 1938 di 25 metri, con una media annua di - 0,42 metri; dal 1938 al 1967 ulteriore arretramento di 4 metri.

Litorale di Cattolica: costante incremento dal 1878 al 1937 di 62 metri; con una media annua di +1,05 metri; dal 1937 al 1967 la spiaggia è arretrata di 28 metri, malgrado i benefici effetti delle scogliere frangiflutto.

Litorale di Gabicce: incremento complessivo tra il 1835 e il 1938 di 135 metri, con una media annua di +1,30; nel periodo dal 1938 al 1967 vi sarebbe stata in questa zona una riduzione di 48 metri. E' tuttavia probabile che questo dato, riferito alla linea delle case frontiste, sia stato influenzato da una variazione di questa linea nelle misure recenti.

Nella figura n. 21 si possono osservare in maniera sintetica le variazioni della linea di spiaggia forlivese dal 1878 al 1967. I dati con i quali è stata costruita sono raccolti nella tabella n. 12.

V.

MOVIMENTO DEI MATERIALI LUNGO LA SPIAGGIA

La spiaggia è costituita da sabbia in continuo movimento parallelamente e normalmente alla costa. « I materiali sciolti, che ne costituiscono le zone emerse e quelle sommerse, sono cioè essenzialmente mobili e di fatto continuamente si spostano, anche se l'osservazione umana difficilmente può rendersene conto. Ciò vale per tutti i materiali che entrano nella zona di azione del moto ondoso, qualunque ne sia la natura, le dimensioni e la provenienza, e quindi anche per quei materiali che vengono forniti o artificialmente sistemati nella zona stessa... ». « La base fondamentale del meccanismo naturale della formazione e della conservazione delle spiagge è costituita infatti dai sopra accennati continui spostamenti che si realizzano nel senso che: per una spiaggia in equilibrio i materiali che si allontanano vengono immediatamente rimpiazzati con altri materiali analoghi che li sostituiscono » ⁽³⁷⁾.

L'azione del moto ondoso provoca il sollevamento dal fondo, per effetto dei moti turbolenti, di ciascun granello di sabbia, che tende a ricadere molto lentamente e che, mentre è in sospensione, può venire spostato anche da deboli correnti.

Dalla fascia dei frangenti alla riva l'azione delle masse d'acqua in movimento provoca: in senso normale alla costa la continua ridistribuzione di materiali tra la spiaggia emersa e gli scanni sottomarini; in senso parallelo alla costa il movimento della sabbia lungo la spiaggia.

La profondità alla quale i materiali possono essere messi in moto dal moto ondoso è ignota; infatti questa azione si fa risentire a debole profondità, in funzione della lunghezza d'onda.

Quando la profondità supera mezza lunghezza d'onda questa azione diviene assolutamente trascurabile ⁽³⁸⁾.

Nel litorale romagnolo i frangenti più esterni, sulla base dei calcoli teorici esposti parlando del moto ondoso, si possono formare in fondali dell'ordine di grandezza da — 5,5 a — 4,5 metri in condizioni eccezionali; nella fascia più interna si possono formare in fondali dell'ordine di grandezza — 2,6 metri in condizioni poco frequenti; in fondali da — 1,30 a — 0,60 metri in condizioni normali.

Lungo il litorale forlivese la fascia interessata dai frangenti, zona in cui si sviluppa il sistema di correnti di spiaggia, dipendenti dal moto ondoso e determinanti nel trasporto litoraneo delle sabbie, varia da 900 a 1.200 metri dalla spiaggia. All'interno di tale fascia si trovano gli scanni sottomarini e all'esterno il più ripido andamento dei fondali che caratterizza la zona dal riminese a Cattolica.

Gli scanni « tendono a comportarsi come filtri, costringendo tutte le onde al di sopra di una certa misura a frangersi nello stesso punto, (anziché su un tratto abbastanza esteso, come avverrebbe nel caso di un fondale a pendenza uniforme). Inoltre, dato che gli scanni sorgono bruscamente dal fondo e presentano

⁽³⁷⁾ F. GALLARETO 1960, pp. 124-125.

⁽³⁸⁾ F. OTTMANN 1965, p. 35.

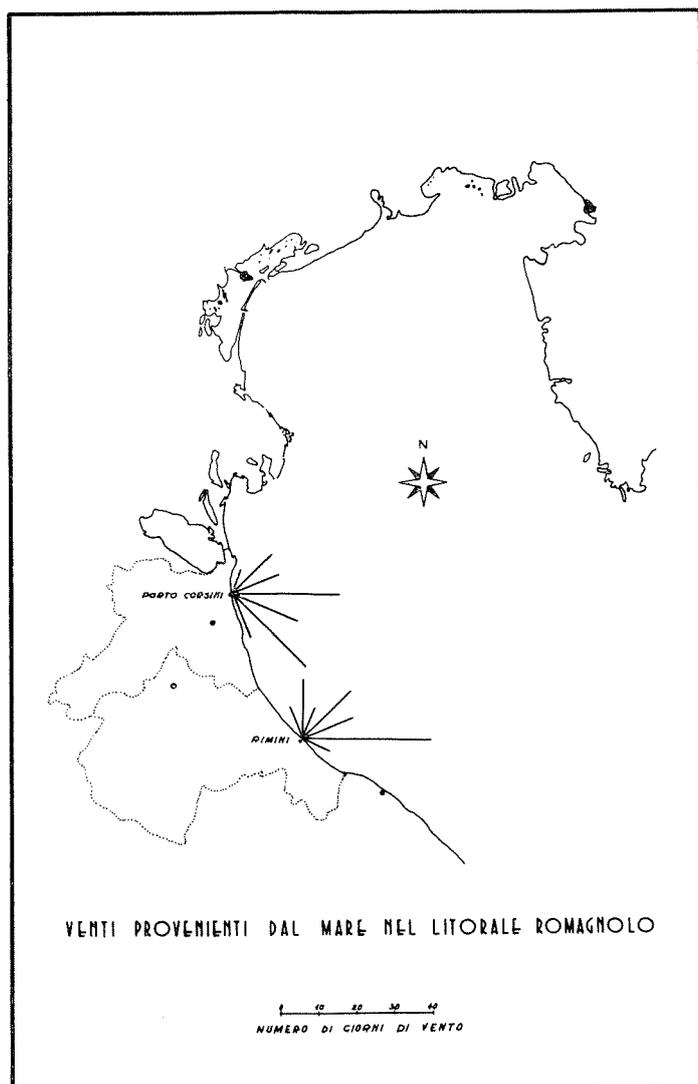


Fig. 23

verso il largo un pendio molto ripido, danno luogo generalmente a frangenti del tipo a caduta, che liberano improvvisamente l'energia di cui sono dotati »⁽³⁹⁾.

Quando le onde si avvicinano al litorale con un certo angolo tendono a disporsi paral-

lamente alla riva. E' raro tuttavia che subiscano una rifrazione completa.

Quando l'onda si frange, formando un angolo con la riva, l'acqua riceve un impulso, di cui una componente è normale e una parallela alla linea di spiaggia. Quest'ultima componente dà luogo alla corrente di spiaggia (*longshore current*), che sposta la sabbia lungo la spiaggia. Il moto prevalente del vento e quindi quello delle onde condiziona il moto prevalente dei materiali lungo la riva. Limitatamente alla zona di espansione del frangente sulla spiaggia emersa si ha il trasporto « *a denti di sega* » della sabbia lungo la riva, secondo le direzioni prevalenti del moto ondoso incidente⁽⁴⁰⁾.

Il moto prevalente dei materiali lungo il litorale forlivese pare avvenire dal meridione al settentrione. Su questo punto vi è un quasi generale accordo tra gli Autori⁽⁴¹⁾.

A riprova possono venire citati i seguenti fatti:

- la direzione prevalente del vento e del moto ondoso è tale da spingere i materiali nella direzione indicata;
- le opere perpendicolari alla costa provocano protendimenti della riva a sud ed erosioni a nord, a causa delle interruzioni provocate nel « *nastro trasportatore litoraneo* » azionato dal moto ondoso e dalle *longshore currents*;
- identico effetto provocano le opere di difesa che producono eccessivi ripascimenti;
- l'andamento delle granulometrie nei materiali della spiaggia.

⁽³⁹⁾ W. BASCOM 1965, p. 155. Nella fascia tra i frangenti più esterni, gli scanni e la riva, secondo l'Autore, pare sia in atto il seguente meccanismo di trasporto: quando le onde sono piccole la sabbia viene sollevata e trascinata verso la riva e nel ritorno, per l'attrito sul fondo, non riesce a seguire l'acqua e tende a depositarsi presso la costa; quando le onde sono grosse e frequenti l'acqua mantiene in sospensione la sabbia con i propri moti turbolenti, ne abbandona una parte sul tratto più alto della spiaggia, ma la asporta dal tratto su cui scorre nel ritorno, la porta al largo verso la zona dei frangenti, dalla quale si originano le correnti dirette verso la riva, e qui depono il proprio carico, dando sviluppo allo scanno. Questi due meccanismi operanti a seconda del moto ondoso portano ad una caratterizzazione estiva ed invernale della spiaggia.

⁽⁴⁰⁾ E. GALLARETO 1960, p. 72.

⁽⁴¹⁾ Si veda in proposito: G. SAPORETTI 1893, p. 7; U. BULI 1936; G. BORGHINI 1938, p. 130; A. VEGGIANI 1960 e 1965; A. ANGELI 1967.

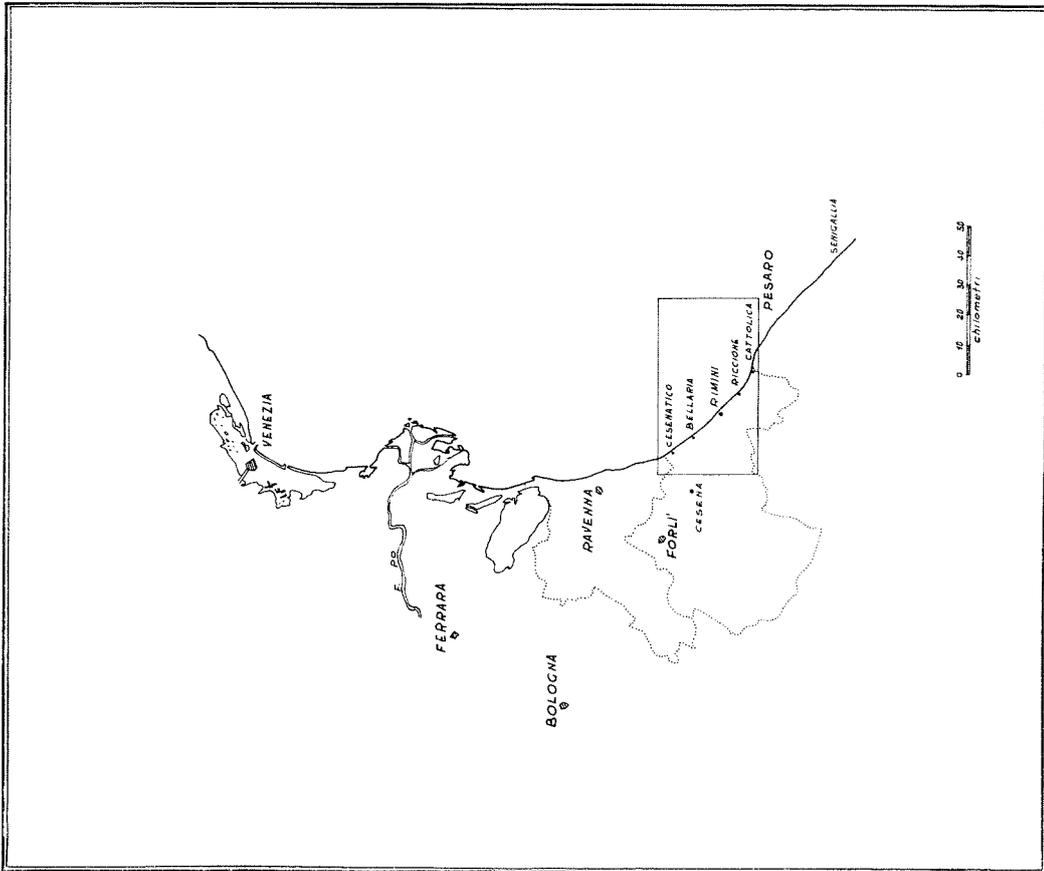


Fig. 24 - Quadro d'insieme dei porti del forlivese

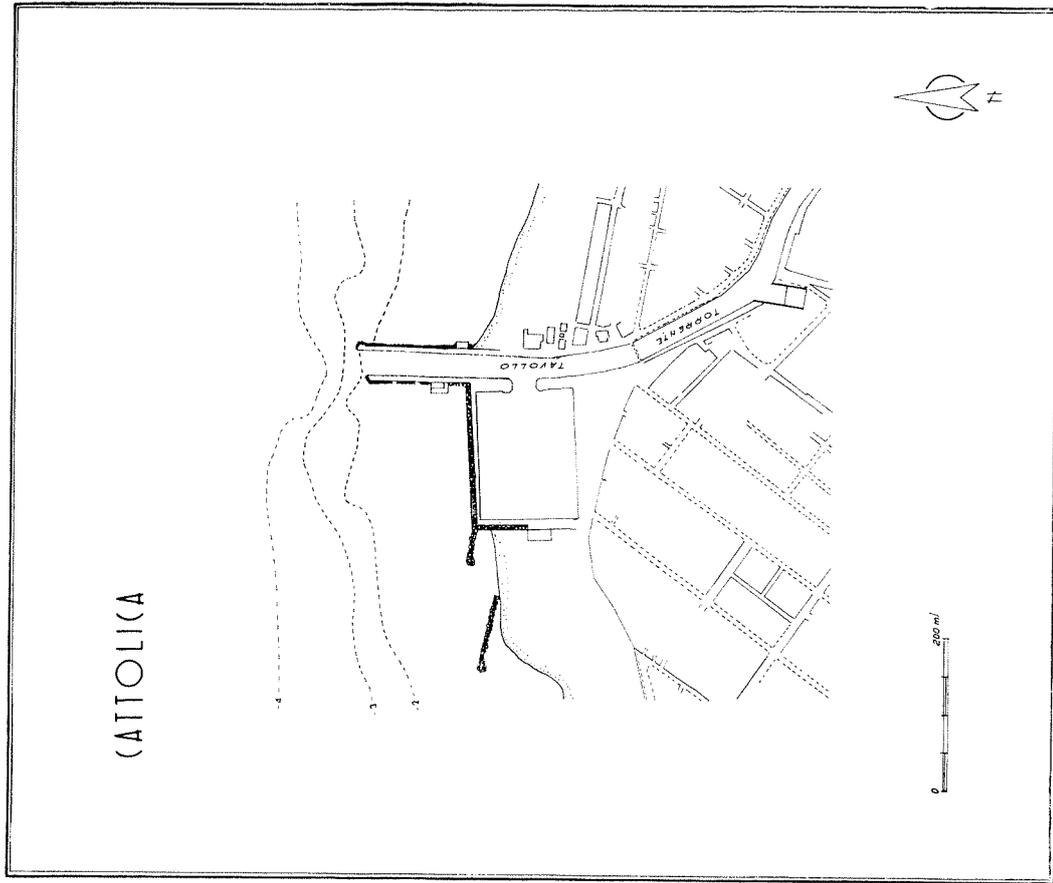


Fig. 25 - Porto di Cattolica

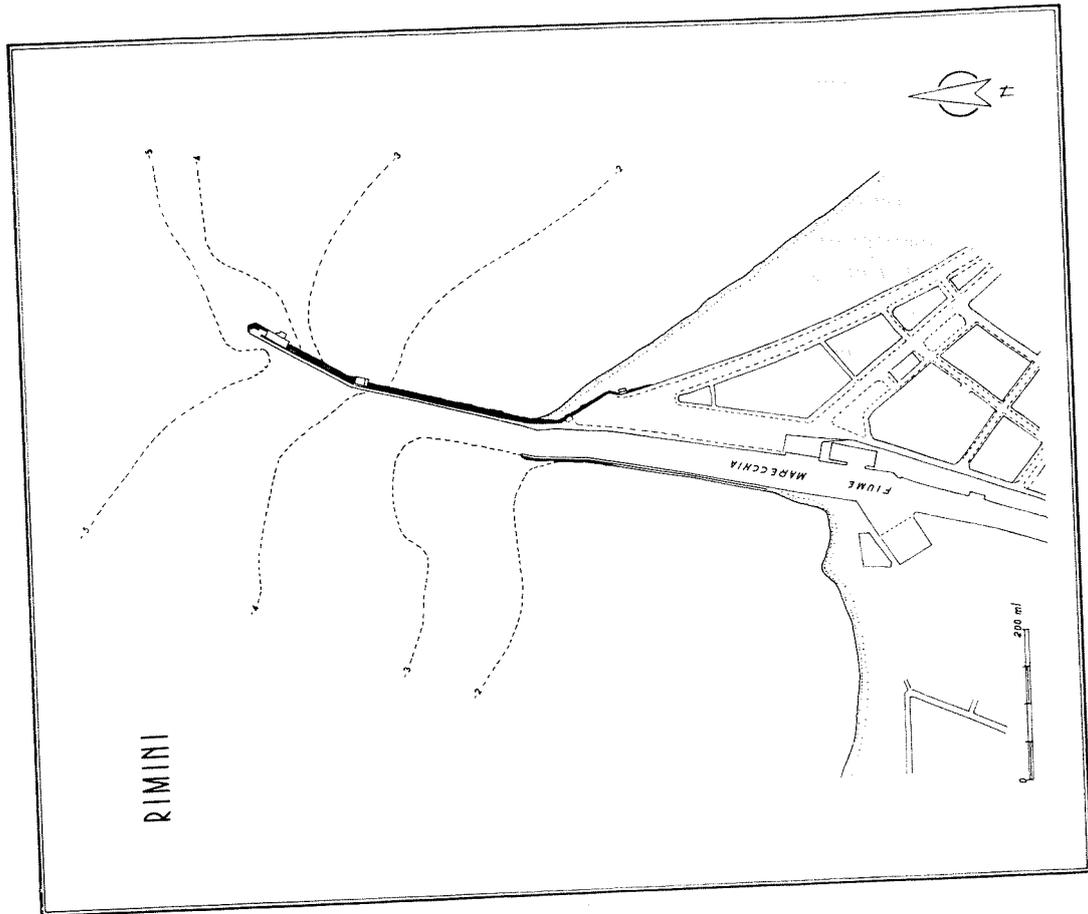


Fig. 27 - Porto di Rimini

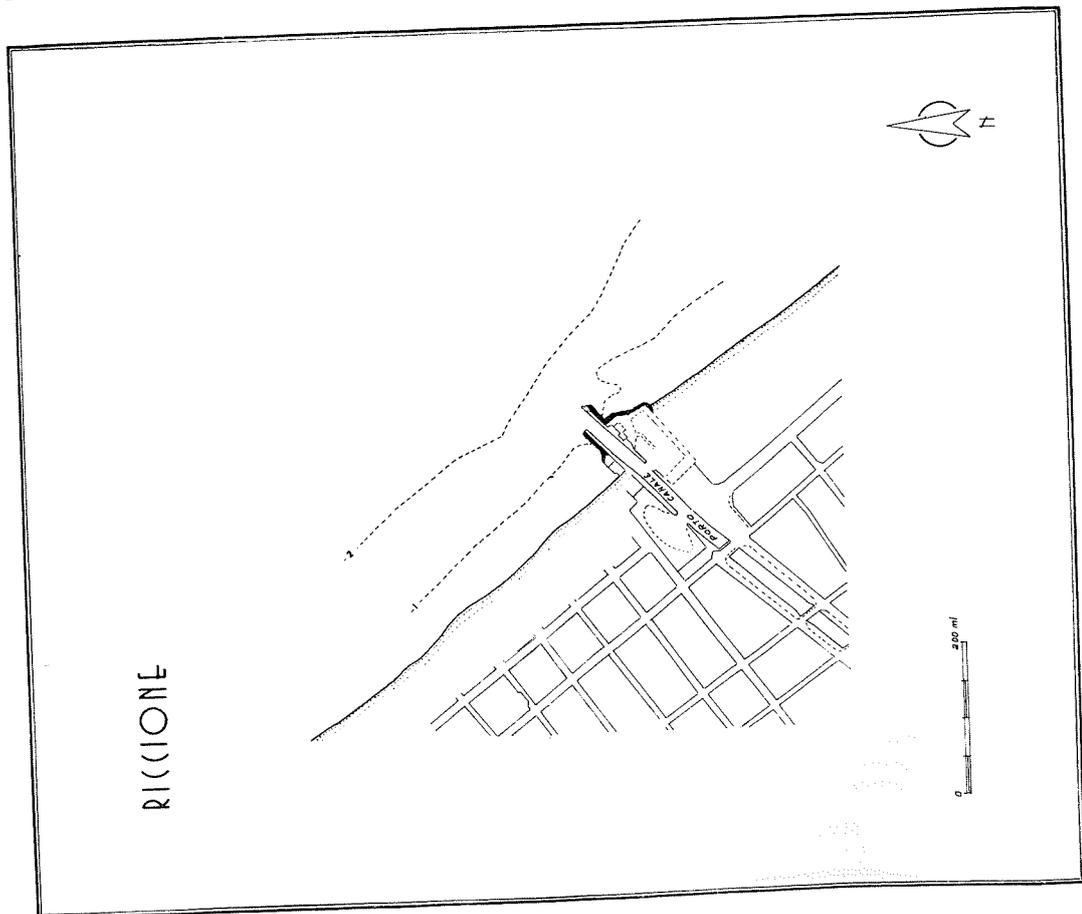


Fig. 26 - Porto di Riccione

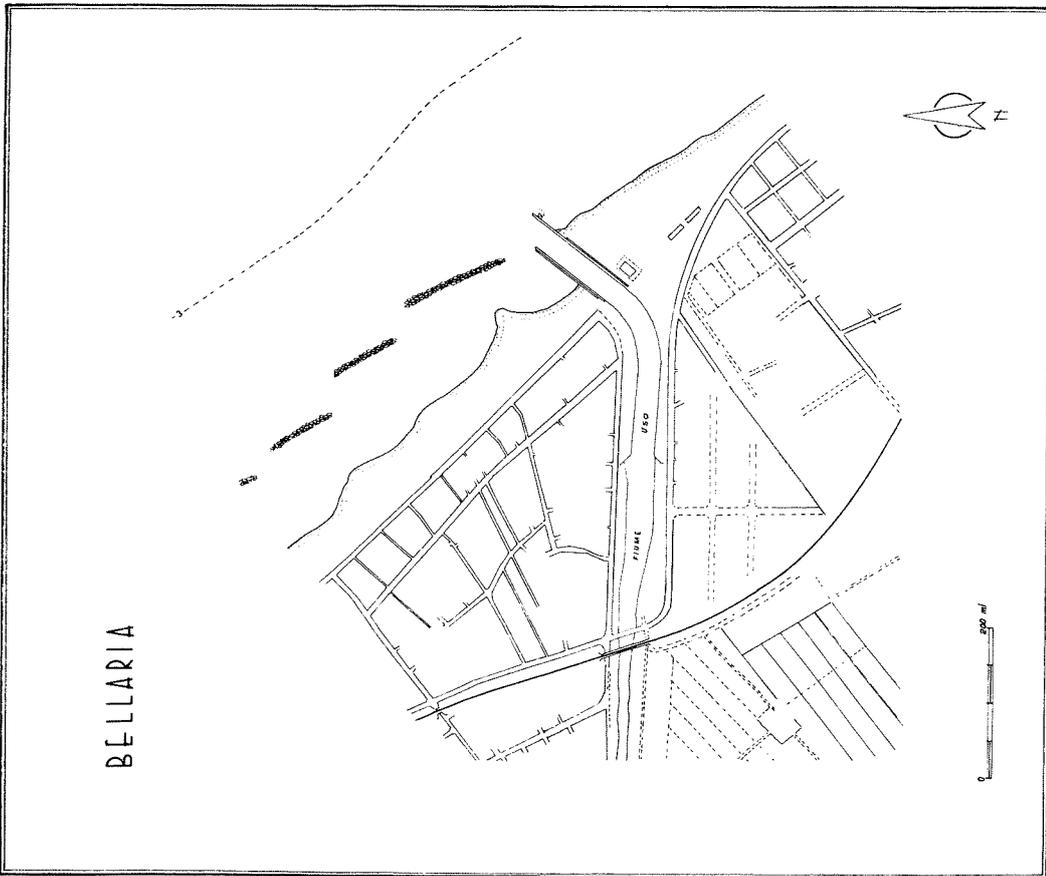


Fig. 28 - Porto di Bellaria

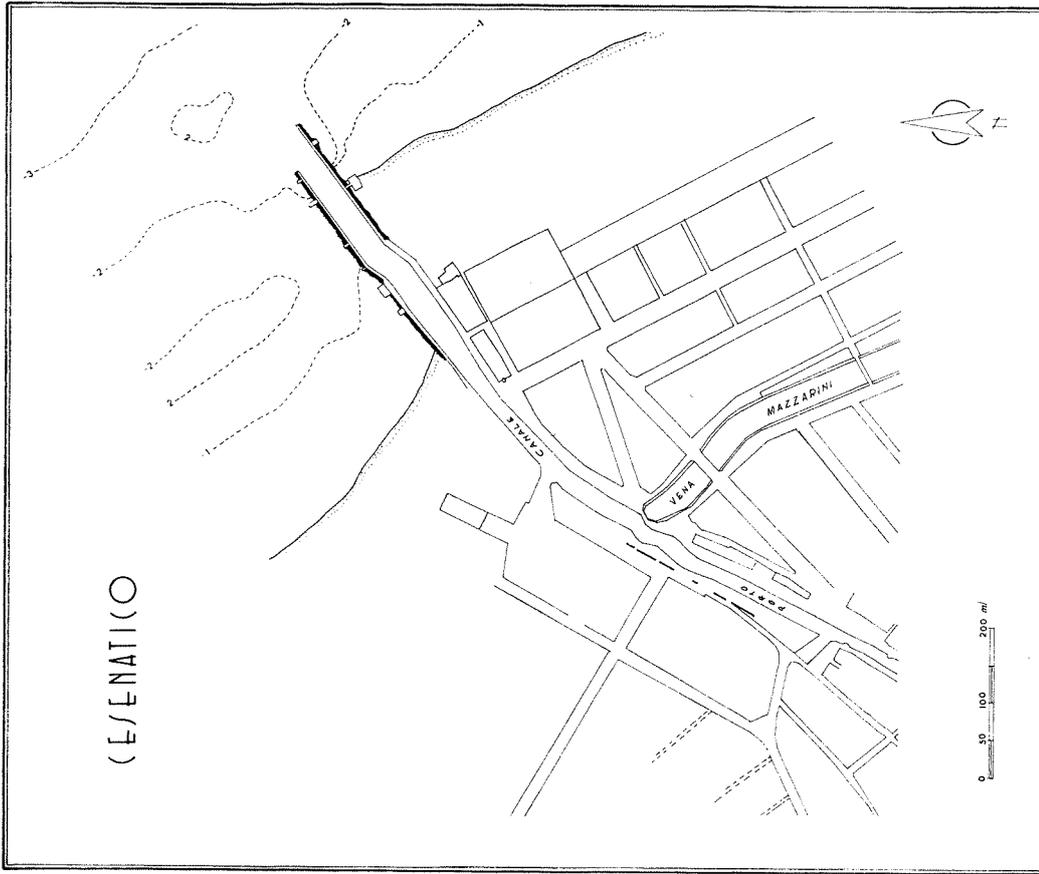


Fig. 29 - Porto di Cesenatico



Fig. 30

La spiaggia ghiaiosa tra Gabicce e Pesaro.

(foto Antoniazzi)

L'azione del vento proveniente dal mare nel litorale romagnolo è tale da poter suscitare un moto ondoso, che provoca nella spiaggia, un movimento prevalente della sabbia da S verso N. A Rimini i venti spirano in media 33,6 giorni dal settore NNW-NNE; 55,5 giorni dal settore ENE-ESE; 17,8 giorni da NE. Se si trascurano questi ultimi giorni di vento, in cui si viene ad avere un moto ondoso circa normale alla spiaggia, si osserva una netta prevalenza delle azioni che favoriscono il moto verso nord dei materiali costieri. Dal settore ENE-ESE provengono anche più a lungo i venti più veloci. Questa prevalenza dei venti è nelle linee generali conforme a quanto indicato in precedenza ⁽⁴²⁾. Si veda in proposito la figura n. 23.

Per farsi un'idea degli effetti delle opere perpendicolari alla costa basta uno sguardo alle figure dal n. 25 al n. 29, nelle quali sono indicati i moli dei vari porto canali forlivesi e l'andamento della linea di spiaggia. Si può osservare come in generale si abbia protendimento a destra dei moli e un arretramento a sinistra. Talvolta il ritiro della linea di spiaggia è

stato mitigato dall'azione delle scogliere frangiflutto appositamente costruite.

Il protendimento è molto più evidente nelle opere maggiori che nelle minori. Il fenomeno non si è sviluppato, quale si presenta attualmente, in una sola fase, perché i moli sono stati ripetutamente prolungati nel tempo. Verosimilmente questo intervento è avvenuto ogni qualvolta i fondali si riducevano e la sabbia tendeva ad aggirare l'opera.

Sarebbe assai interessante e significativo uno studio analitico delle variazioni della linea di spiaggia in seguito ai successivi prolungamenti dei moli e nell'intervallo tra un allungamento e l'altro.

In piccolo, sulla sottile spiaggia ghiaiosa della Vallugola (Pesaro) è stato possibile osservare l'effetto di un moletto di 20-25 metri. Nel giro di due anni si è avuto il protendimento della spiaggia a sud e una erosione a nord, che è giunta a minacciare un fabbricato colonico costruito sulle alluvioni di un piccolo fosso. Poi la ghiaia è giunta a superare il moletto ed ha ridepositato materiali, allontanando così nuovamente il mare dal fabbricato. L'erosione

⁽⁴²⁾ D. PAOLI 1842, p. 5; M. BRIGHENTI 1861; E. LOMBARDINI 1868; p. 8; G. SAPORETTI 1893, p. 7; U. BULI 1936, p. 6-7; G. BORGHI 1938, p. 87.

Fig. 31

Il moletto della Vallunga (Pesaro) aggirato dalla ghiaia.

(foto Antoniazzi)



si mantiene attualmente più a nord, dove non è giunto ancora il flusso di ghiaia che ha ripreso a scorrere lungo la costa, provenendo dalla spiaggia a sud del moletto. Di questo fenomeno si vedano le fotografie nelle figure dal n. 30 al n. 33.

Gli effetti delle scogliere frangiflutto sono bene evidenti nelle figure n. 29 e 30 dove sono riportate le linee di spiaggia registrate a distanza di pochi anni, mediante la ripetizione di rilievi aerofotogrammetrici. In queste figure, e in generale dallo studio dei risultati di queste opere, si può osservare come il maggiore effetto di ripascimento si verifica nel settore della spiaggia dove inizia la loro costruzione (generalmente il settore meridionale). Il deposito di materiali tra la spiaggia emersa e i frangiflutti avviene sotto forma di *tomboli*. Quando vi sono più scogliere contigue tra un *tombolo* e l'altro resta, in corrispondenza delle aperture tra i frangiflutti, una zona con fondali

profondi oltre due metri. La formazione dei *tomboli* impedisce i movimenti della sabbia tra le scogliere e la riva; questo in una lunga serie di frangiflutti causa ripascimenti lenti o nulli nei tratti posti più a nord, perchè il materiale è costretto a scorrere all'esterno delle scogliere addolcendo fondali spesso più profondi.

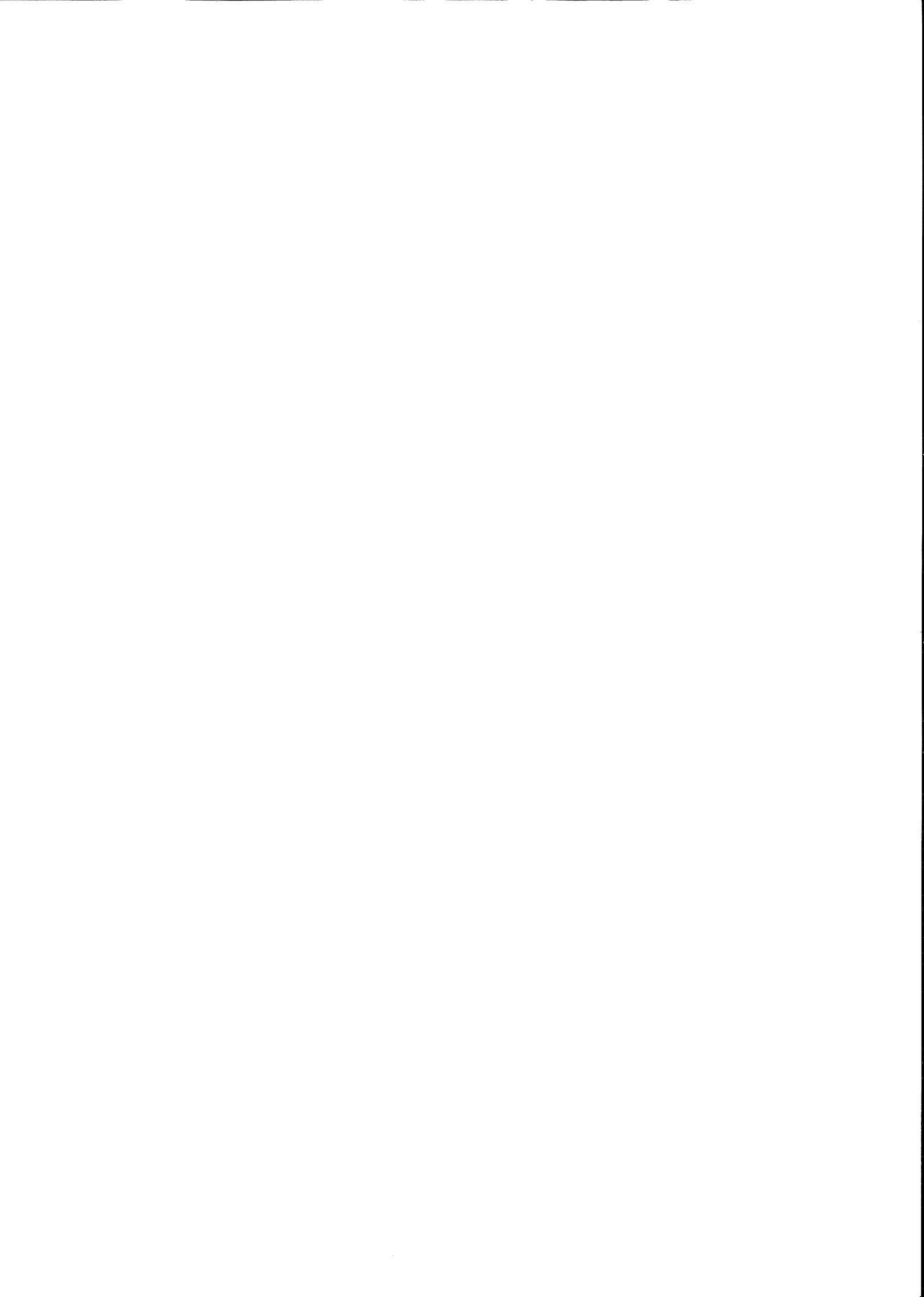
Dove terminano le scogliere si ha infine erosione. Questo appare come un tipico indizio dell'intercettazione del flusso di materiali in moto prevalente da sud a nord lungo la spiaggia.

Una ulteriore testimonianza del moto dei materiali dal sud verso nord lungo la spiaggia sarebbe l'arresto dei granuli di sabbia più grossolani a sud dei moli, secondo quanto osservato da Angeli⁽⁴³⁾.

Una osservazione discordante da questo quadro di movimento dei materiali è quella di carattere mineralogico, che vorrebbe i costituenti la spiaggia di origine padana⁽⁴⁴⁾.

⁽⁴³⁾ A. ANGELI 1967.

⁽⁴⁴⁾ E. ARTINI, 1041, p. 115.



VI.

CAUSE DELLE VARIAZIONI DELLA LINEA DI SPIAGGIA

VARIAZIONI NEL BILANCIO DEI MATERIALI

Le cause delle variazioni della linea di spiaggia sono da ricercarsi:

- in perturbazioni o interruzioni nel trasporto della sabbia lungo la spiaggia;
- in riduzioni nel rifornimento dei materiali;
- in variazioni nella velocità di movimento della sabbia;
- in accresciute perdite di materiali;
- in variazioni nei fondali e nel livello marino.

Vediamo ora di valutare l'incidenza di cia-

scuna di queste cause nelle variazioni verificatesi nel litorale forlivese.

Perturbazioni nel trasporto delle sabbie -

Le principali cause di perturbazione, come è già stato fatto rilevare, sono rappresentate dalle opere perpendicolari alla costa, in particolare i lunghi moli portuali, che hanno interrotto il « nastro trasportatore litoraneo », azionato dai frangenti e dalle conseguenti *longshore currents*.

In via subordinata, un ulteriore elemento di perturbazione è rappresentato dalle scogliere frangiflutto, che producono ripascimenti localizzati, ma impoveriscono le spiagge più a



Fig. 32

Le ghiaie che hanno aggirato il moletto della Vallugola (Pesaro)

(foto Antoniazzi)

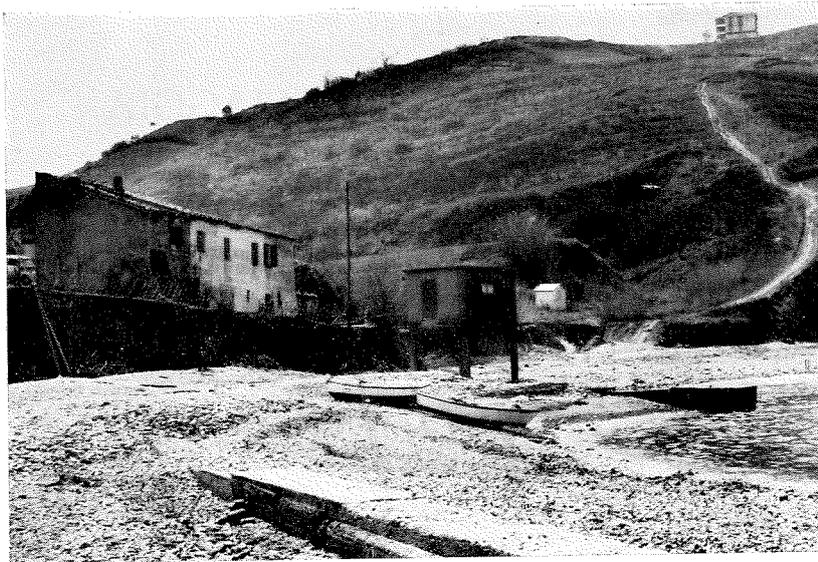


Fig. 33

La piccola falesia prodotta dall'erosione è bene evidente ai piedi del fabbricato colonico della Vallugola. Il flusso di ghiaia proveniente da sud che ha aggirato il molo ha di nuovo allontanato il mare dalla casa.

(foto Antoniazzi)

nord dell'afflusso di materiali e ne provocano l'erosione.

Un effetto analogo a quello dei moli, con ripascimento a sud ed erosione a nord, hanno provocato nel passato i pennelli costieri costruiti nella zona di Viserba che avevano « favorito alla loro destra modesti accumuli di materiali che scompaiono e ricompaiono ad ogni burrasca »⁽⁴⁵⁾. Tali pennelli, ancora evidenti nelle foto aeree del 1944, sono stati demoliti nel dopoguerra e sostituiti da scogliere.

Riduzioni nel rifornimento dei materiali - Per individuare le eventuali variazioni negative nel rifornimento di sabbia alle spiagge forlivesi bisogna esaminare le possibili fonti di questi materiali. Queste paiono essere principalmente:

- l'apporto ad opera dei fiumi;
- l'abrasione delle coste rocciose da Pesaro a Gabicce;
- il dragaggio dei fondali marini ad opera del

moto ondoso, che spinge a riva sabbie detritiche e organogene;

- il trasporto ad opera del vento.

L'apporto ad opera dei fiumi è senz'altro determinante, anche se in proposito scarseggiano dati sia sulle quantità di materiali trasportati al mare, sia sulla loro granulometria. Naturalmente assumeranno maggiore importanza agli effetti delle nostre spiagge i fiumi forlivesi e marchigiani (fino al Metauro) o quelli romagnoli e il Po, a seconda di quale si ritenga essere la provenienza dei materiali.

La direzione prevalente di moto dei materiali lungo la spiaggia pare provato essere quella da sud verso nord, questo esalterebbe l'importanza dei fiumi forlivesi e marchigiani. Che questa direzione di moto si sia verificata costantemente o con netta prevalenza durante il Quaternario e in epoca storica appare provato dagli studi di Veggiani⁽⁴⁶⁾. Naturalmente la capacità di trasporto delle *longshore currents* è variata attraverso i tempi. Se in epoca roma-

⁽⁴⁵⁾ G. BORGHI 1938, p. 112.

⁽⁴⁶⁾ A. VEGGIANI 1960 e 1965.



Fig. 34

Distribuzione delle ghiaie presso la battaglia.

(foto Antoniazzi)

na è giunta a trasportare ghiaie dal Metauro fino al ravennate ⁽⁴⁷⁾, oggi non riesce a far loro superare i moli del porto di Pesaro ⁽⁴⁸⁾.

Attualmente pare che la deriva litoranea dei materiali non possa essere significativamente alimentata che dal fiume Foglia in su e che proceda da sud a nord. Resta tuttavia l'elemento di incertezza rappresentato dalla affermazione di Artini ⁽⁴⁹⁾ che « i minerali caratteristici delle sabbie del Po, mancanti ai fiumi appenninici e alle rocce della costa romagnola, si trovano in copia nelle sabbie del litorale, fino a Grottamare, e anche più a sud ». Questo indicherebbe, se non un ipotetico meccanismo attuale di trasporto da nord verso sud, che in qualche periodo storico vi fu una diversa configurazione dei venti dominanti, tale da favorire un movimento prevalente dei materiali diretto verso sud ⁽⁵⁰⁾.

La questione del movimento attuale delle

sabbie è un problema che può essere risolto in via definitiva mediante opportune esperienze.

La costa alta tra Pesaro e Gabicce alimenta sicuramente il trasporto litoraneo: tuttavia è impossibile, allo stato attuale delle conoscenze, dire in quale misura lo faccia. I materiali che la costituiscono sono in prevalenza rocce molassiche del Miocene superiore con intercalazioni generalmente modeste di livelli marnosi. Verso il basso, al livello del mare, che è avanzato fin quasi al nucleo di una anticlinale subparallela alla linea di costa, affiorano, in qualche tratto, marne tortoniane.

I materiali, che costituiscono la stretta spiaggia ghiaiosa sottostante a queste rupi, sono in gran parte dovuti alla loro erosione. Il processo abrasivo si sviluppa specialmente con l'indebolimento ad opera del mare della base e con successivi franamenti.

Benché nella frazione arenacea di que-

⁽⁴⁷⁾ A. VEGGIANI 1960, p. 5.

⁽⁴⁸⁾ A. ANGELI 1967, p. 40.

⁽⁴⁹⁾ E. ARTINI 1941, p. 115.

⁽⁵⁰⁾ I pescatori di Riccione sostengono che sabbia simile a quella della riva si estende al largo fino a fondali dell'ordine di — 10 metri. A questa fascia succederebbe una larga striscia di sedimenti fangosi estesa fino a fondali di circa — 35 metri. Successivamente vi sarebbe una fascia relativamente ristretta di sedimenti sabbiosi, che si allunga fino alle foci del Po, formata da materiali portati da questo fiume e finiti, a causa della estensione e della prominente del delta del Po e del gioco delle correnti, in fondali profondi. Se questa osservazione dei pescatori fosse confermata da apposite ricerche, la presenza di minerali padani nelle nostre spiagge potrebbe essere spiegata come conseguenza del drenaggio ad opere dei moti ondosi, di questi fondali profondi e del conseguente indiretto trasporto a riva di sabbie portate al mare dal Po.

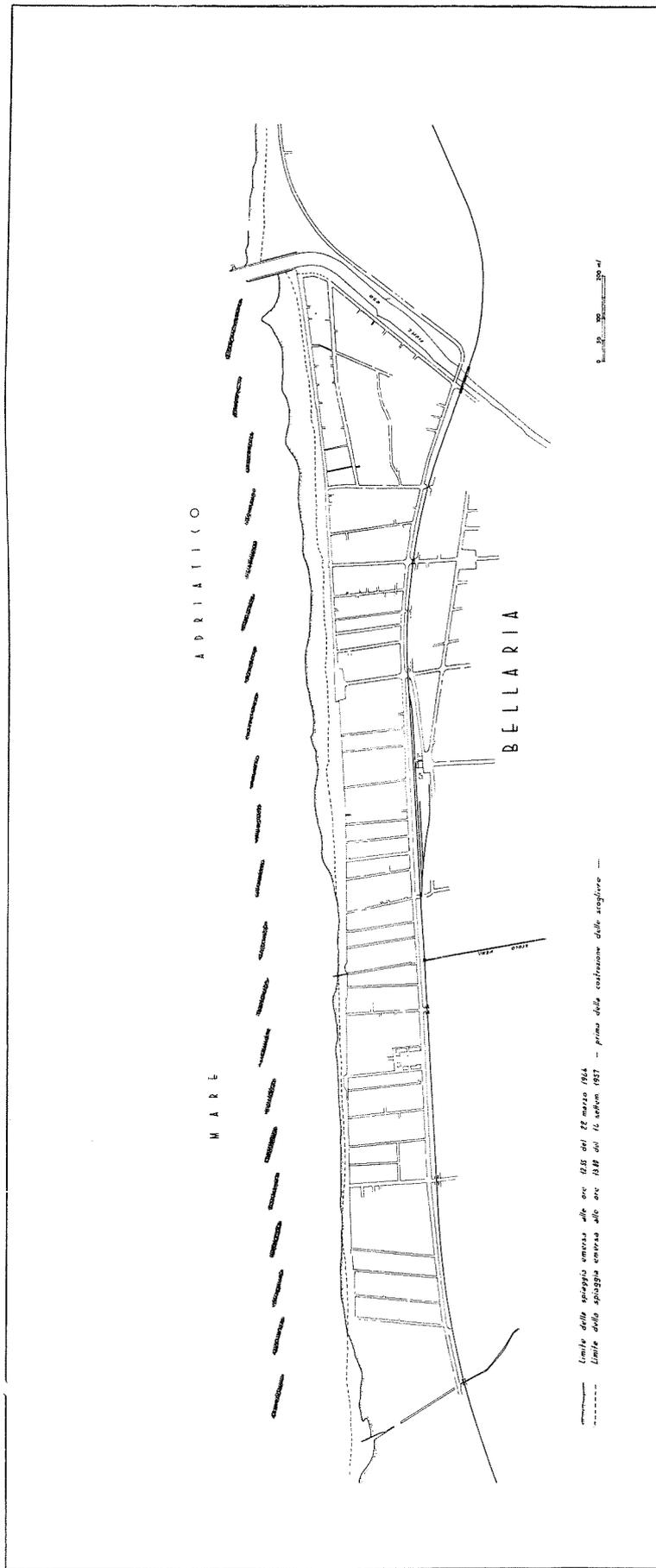


Fig. 36 — Variazioni della linea di spiaggia a Bellaria dal 1957 al 1966.

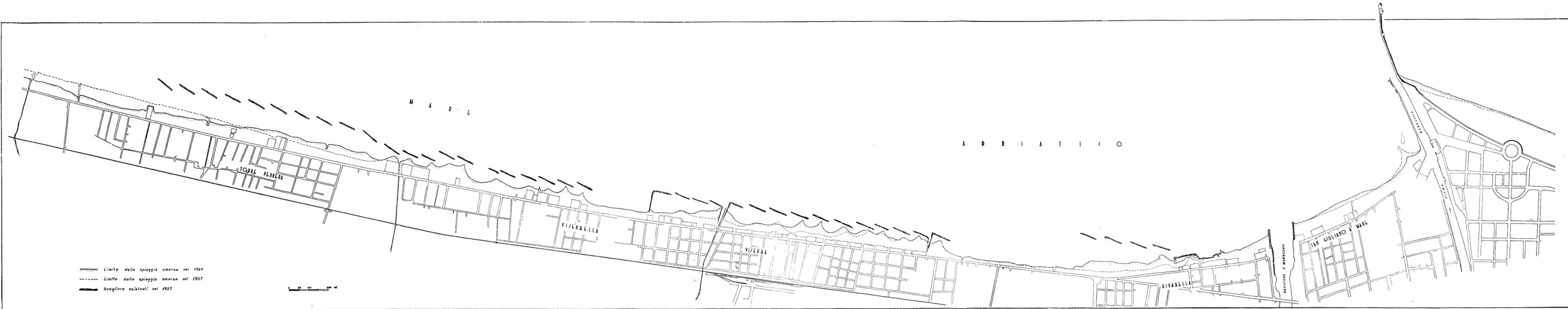


Fig. 35

Variazioni della linea di spiaggia tra il porto canale di Rimini e Torre Pedrera

Fig. 37

Effetto di ripascimento delle scogliere frangiflutto a Viserba.



ste rocce sia abbondante il limo, e quindi sia ammissibile una notevolissima perdita al largo di elementi fini, le rocce tra Pesaro e Gabicce dovrebbero dare un buon contributo al materiale trasportato dalle correnti di spiaggia.

Circa l'importanza del dragaggio del fondo ad opera del moto ondoso, e sulla profondità fino alla quale questo fenomeno si potrebbe verificare, mancano elementi concreti.

L'azione del vento, che soffiando da terra provoca parziali e spesso modeste restituzioni al mare di sabbie accumulate nelle dune costiere, è ormai priva di significato per il litorale forlivese completamente urbanizzato.

Riguardo alle variazioni nell'apporto di materiali ad opera dei fiumi pare assodato che vi sia stata una riduzione specie a causa:

- della costruzione di invasi artificiali (lago di Quarto);
- delle opere di arginatura e di imbrigliamento nei fiumi e nei torrenti;

- dell'asportazione di sabbia e di ghiaia dagli alvei fluviali.

Esistono solo dati parziali ed indicativi su questo fenomeno. Buli⁽⁵¹⁾ valuta in sei milioni di metri cubi il materiale trattenuto in conseguenza dei lavori di sistemazione del Marecchia tra il 1911 e il 1928. A sua volta il bacino del lago di Quarto nell'alto Savio⁽⁵²⁾ tra il 1925 e il 1958 si è ridotto dell'86% del proprio volume trattenendo quasi quattro milioni di metri cubi di materiali. Il Prof. Supino⁽⁵³⁾ stima in 300.000 metri cubi all'anno il materiale asportato per le costruzioni dal bacino del Conca, del Marecchia e dell'Uso e ritiene che « attualmente l'asportazione dei materiali dai corsi d'acqua sia la causa principale dell'arretramento della spiaggia ». In questo lavoro tuttavia non è indicata la frazione di questi materiali effettivamente sottratta agli alvei fluviali.

Circa il trasporto solido attuale al mare, da una recente valutazione riguardante il solo ter-

(51) U. BULI 1936, pp. 18-19.

(52) T. GAZZOLO 1960.

(53) G. SUPINO « Le variazioni di spiaggia del litorale riminese », relazione inedita 1960.



Fig. 38

Particolare dell'effetto di ripascimento delle scogliere a Viserba.

(foto Antoniazzi)

ritorio della Provincia di Forlì⁽⁵⁴⁾, risulta che « i fiumi della nostra Provincia trasportano in totale ed annualmente circa 1.300 milioni di metri cubi di acqua; in questi il trasporto solido sarebbe di tonnellate 3.700.000, come si è detto, pari a circa metri cubi 1.500.000 ». Ne risulta un apporto medio dell'ordine di grandezza di 31 milioni di metri cubi di acqua per chilometro di costa e quindi di circa 36.000 metri cubi di materiale solido per chilometro. Circa la granulometria delle materie solide che giungono al mare mancano dati sui nostri fiumi⁽⁵⁵⁾.

Per quanto concerne l'abrasione della costa tra Pesaro e Gabicce non vi sono motivi per ritenere che essa possa essere diminuita.

Variazioni nella velocità di movimento delle sabbie - Queste variazioni dovrebbero manifestarsi soprattutto in conseguenza di variazioni climatiche, specie nel regime dei venti, di rilevante entità. In proposito mancano elementi significativi che indichino sostanziali variazioni nell'ultimo secolo.

Accresciute perdite di materiali - Le perdite di materiali possono essere dovute principalmente:

- al passaggio di materiali in fondali profondi, con loro sottrazione permanente o temporanea alla spiaggia, come conseguenza della perturbazione e della deviazione verso il largo dei filetti idrici trasportatori, dovuta

⁽⁵⁴⁾ P. ZANGHERI 1961, p. 40.

⁽⁵⁵⁾ Le uniche notizie rinvenute nella letteratura riguardano il fiume Reno, il cui trasporto solido, secondo M. VISENTINI 1938, p. 14, presenta la seguente gradazione:

particelle con diametro inferiore a 0,01 mm	11%
particelle con diametro tra 0,01 e 0,05 mm	31%
particelle con diametro tra 0,05 e 0,20 mm	37%
particelle con diametro superiore a 0,20 mm	21%

Volendo applicare, con tutta l'arbitrarietà che questo comporta, tali valori all'apporto solido al mare dei fiumi forlivesi e sapendo che il granulo medio delle spiagge varia tra 0,1 e 0,4 si può ammettere che solo il 40% del materiale dia alimento alla spiaggia. Risulta così che sulla spiaggia forlivese pervengono annualmente in media 600.000 metri cubi di sabbie atte ad alimentare la deriva litoranea.

La frazione genericamente indicata come sabbia delle torbide del fiume Conca, usate per colmata a Misano tra il 1890 e il 1900, risulta del 23,6%, secondo G. BORGHI 1938 p. 93. Volendo applicare anche questo valore al trasporto solido fluviale, risulta che sul litorale forlivese pervengono annualmente in media 354.000 metri cubi di sabbia.

Fig. 39

Espansione delle onde verso la spiaggia dopo il passaggio attraverso l'interruzione delle scogliere.

(foto Antoniazzi)



alla costruzione di lunghe opere perpendicolari alla riva;

- ad escavazione ed asportazione di sabbia dalle spiagge per le costruzioni;
- a cause occasionali di mobilitazione dei materiali.

Le prime due cause di perdita dei materiali non dovrebbero essere attualmente in atto. In passato le asportazioni di sabbia dalle spiagge sono state notevoli: nel dopoguerra questi materiali sono stati largamente usati nella ricostruzione e nell'attività costruttiva successiva. Sabbie marine sono state utilizzate perfino a Forlì. Non è tuttavia possibile una stima neanche generica delle quantità di materiali sottratti al litorale, prima dei divieti.

Le cause del terzo tipo sfuggono ad uno studio generale sulla situazione delle spiagge.

Variazioni nei fondali e nel livello marino - Nei fondali marini antistanti a Viserba si rivela una tendenza all'approfondimento. Buli⁽⁵⁶⁾, con un profilo comparativo, mostra l'approfondimento della spiaggia tra il 1911 e il 1936 nel tratto tra la battigia e quota — 2 me-

tri. In questo profilo, si veda la figura n. 41, si nota come il mare si sia fatto più profondo vicino alla riva nel 1936. Questo portava come conseguenza il frangersi delle onde, a parità di altezza, più vicino a riva.

Sulle variazioni dei fondali profondi si veda la figura n. 42.

Quanto alle variazioni del livello marino questo risulta aumentato tra il 1871 e il 1940 di 1,1 centimetri in media per decennio⁽⁵⁷⁾.

Contemporaneamente a questo incremento il suolo nel litorale forlivese si è abbassato di 20-25 centimetri⁽⁵⁸⁾. A quanto risulta dalla comparazione, dopo opportune elaborazioni, tra i dati della vecchia rete altimetrica (1877-1903) dell' I.G.M. e la nuova (1950-1956). Le due livellazioni sono state riferite rispettivamente al 1897 e al 1942 e sono state corrette dell'innalzamento del mare medio nel periodo intercorrente tra queste due date e della variazione nel tempo delle misure rispetto all'intervallo stabilito. In questi 45 anni vi sarebbe stata la subsidenza indicata. Il massimo abbassamento del suolo si sarebbe verificato nel delta del Po con oltre — 45 centimetri.

⁽⁵⁶⁾ U. BULI 1936.

⁽⁵⁷⁾ S. POLLI, 1952. Tuttavia F. MOSETTI ha posto in evidenza un andamento periodale di questo fenomeno.

⁽⁵⁸⁾ G. SALVIONI, 1957, p. 12.



Fig. 40

Effetto sulle onde delle scogliere frangiflutto.

(foto Antoniazzi)

CAUSE DELL'EROSIONE.

Da quanto esposto paiono evidenti alcune cause fondamentali dell'erosione. Tra esse in ordine di importanza figurano:

- l'arresto di materiali in tratti particolari del litorale a causa della costruzione dei moli e delle stesse opere di difesa;
- la diminuzione nell'apporto di materiali da parte dei fiumi specie a causa delle rilevanti e prolungate estrazioni di materiali sabbioso-ghiaiosi dagli alvei;
- l'aumento del livello marino medio attuale e il contemporaneo e contrario abbassamento della costa tendono a modificare i rapporti tra il mare e la terra, influenzando sulla spiaggia;
- altri fatti di non chiara definizione.

La prima causa appare determinante, infatti basta uno sguardo alla figura n. 19 per valutare come le variazioni in crescita e in diminuzione della linea di spiaggia si compensino, e come addirittura si abbia un incremento maggiore a sud delle grandi opere perpendicolari alla costa, di quanto si verifichi un arretramento a nord. L'erosione di certi tratti della spiaggia forlivese è dunque un fatto di-

pendente dalla cattiva distribuzione dei materiali lungo il litorale.

La seconda causa, certamente in atto oggi, concorre ad aggravare il fenomeno.

L'aumento del livello marino e la subsidenza dei fondali avrebbe portato ad una variazione negativa in senso verticale di 30 centimetri nei 45 anni tra il 1897 e il 1942, pari ad una modifica dell'ordine di — 6,6 millimetri all'anno. In tali condizioni, se non vi fossero state altre cause di variazioni e i fondali fossero rimasti con le caratteristiche iniziali, vi sarebbe stato un omogeneo arretramento della linea di spiaggia inferiore a 9 metri lungo tutto il litorale forlivese.

Complessivamente le due prime cause esposte paiono assumere un ruolo preminente nell'erosione delle spiagge. Infatti le variazioni nel livello marino e i movimenti di subsidenza della costa possono assumere una importanza determinante solo nel caso non vengano compensate da un proporzionale apporto di materiali dalla terraferma. Un apporto sufficiente è sempre in grado di mantenere una condizione di equilibrio nella spiaggia e nei fondali. Sono frequenti infatti, nel campo di studi della geologia, i depositi, anche di notevole spessore,

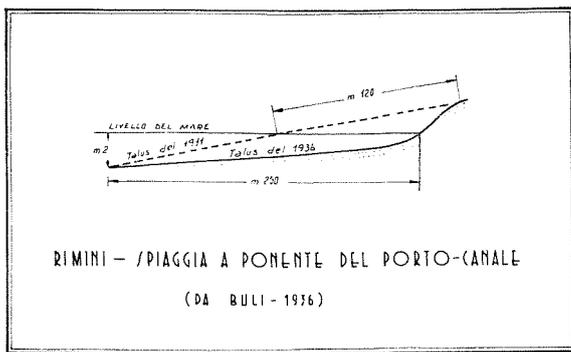


Fig. 41

Variazioni dei fondali a Rimini tra il 1911 e il 1936.

con caratteristiche costanti; questo indica che gli abbassamenti dei fondali possono essere evitati, anche in una zona subsidente, da un adeguato apporto di materiali

L'apporto di materiali alla spiaggia, almeno nel passato, deve essere stato abbondante: ha prodotto infatti il potenziamento medio del litorale con gli squilibri di distribuzione testimoniati dalle erosioni. La compensazione dello approfondimento dei fondali nello stesso periodo ne è una ulteriore conferma.

Sulla significatività di altre cause dell'erosione è difficile pronunciarsi, perché i dati in merito scarseggiano. Ognuna di queste può concorrere a determinare il fenomeno erosivo. Così, ad esempio, variazioni climatiche, tali da modificare la capacità di trasporto del «nastro trasportatore litoraneo», agendo tramite il vento sul moto ondoso, potrebbero, a parità di apporto terrigeno, far sì che vi fosse un proiettamento o un arretramento della spiaggia a seconda delle circostanze.

Come conclusione si può constatare che tutto ciò che perturba il moto dei materiali, o ne impoverisce il flusso, è determinante nel provocare l'erosione costiera nel forlivese. Se poi a queste perturbazioni o impoverimenti si aggiungono le variazioni nei fondali e altre cause concomitanti, la situazione diviene ancora più grave.

OPERE DI DIFESA.

Mentre si sviluppano studi per una più completa conoscenza della situazione di fatto nel litorale forlivese, nell'impostare eventuali urgenti interventi di difesa pare corretto partire dalla considerazione che, qualunque sia la causa di questo fatto, in certi tratti del litorale pervengono materiali in quantità insufficiente e quindi vi è erosione.

In tale situazione un intervento basato sui ripascimenti artificiali, sia mediante pompaggi di materiali da sud a nord delle opere marittime normali alla spiaggia, sia mediante pennelli rifornitori, sarebbe il più «naturale». Il peso economico di un ripascimento di questo tipo può risultare assai elevato, esso tuttavia sta trovando generale applicazione nelle spiagge degli Stati Uniti ad elevato sviluppo turistico.

Per migliorare la situazione del litorale vanno inoltre ridotte al minimo le cause che possono impoverire di materiali le spiagge, a cominciare dalle estrazioni di materiali dagli alvei fluviali.

Una vasta esperienza di opere di difesa si offre alla valutazione dei tecnici lungo la nostra spiaggia. Ed inoltre, da varie parti, vengono avanzati nuovi suggerimenti ed indicazioni di possibili interventi. In generale pare opportuno realizzare opere di difesa che proteggano dalle mareggiate e favoriscano limitati ripascimenti, ma non impoveriscano sostanzialmente le zone poste più a nord del prezioso afflusso di materiali. In mancanza di maggiori elementi sulla dinamica del fenomeno pare opportuno rinunciare ad ulteriori ripascimenti, dove le scogliere frangiflutto hanno dato i migliori risultati e l'alta spiaggia ha cominciato nuovamente a protendersi.

Quando saranno disponibili dati sufficienti sarà possibile studiare e sperimentare in laboratorio, mediante modelli, i vari tipi di difesa proponibili in modo da adottare quelli più convenienti e da metterli in atto nelle condizioni migliori.

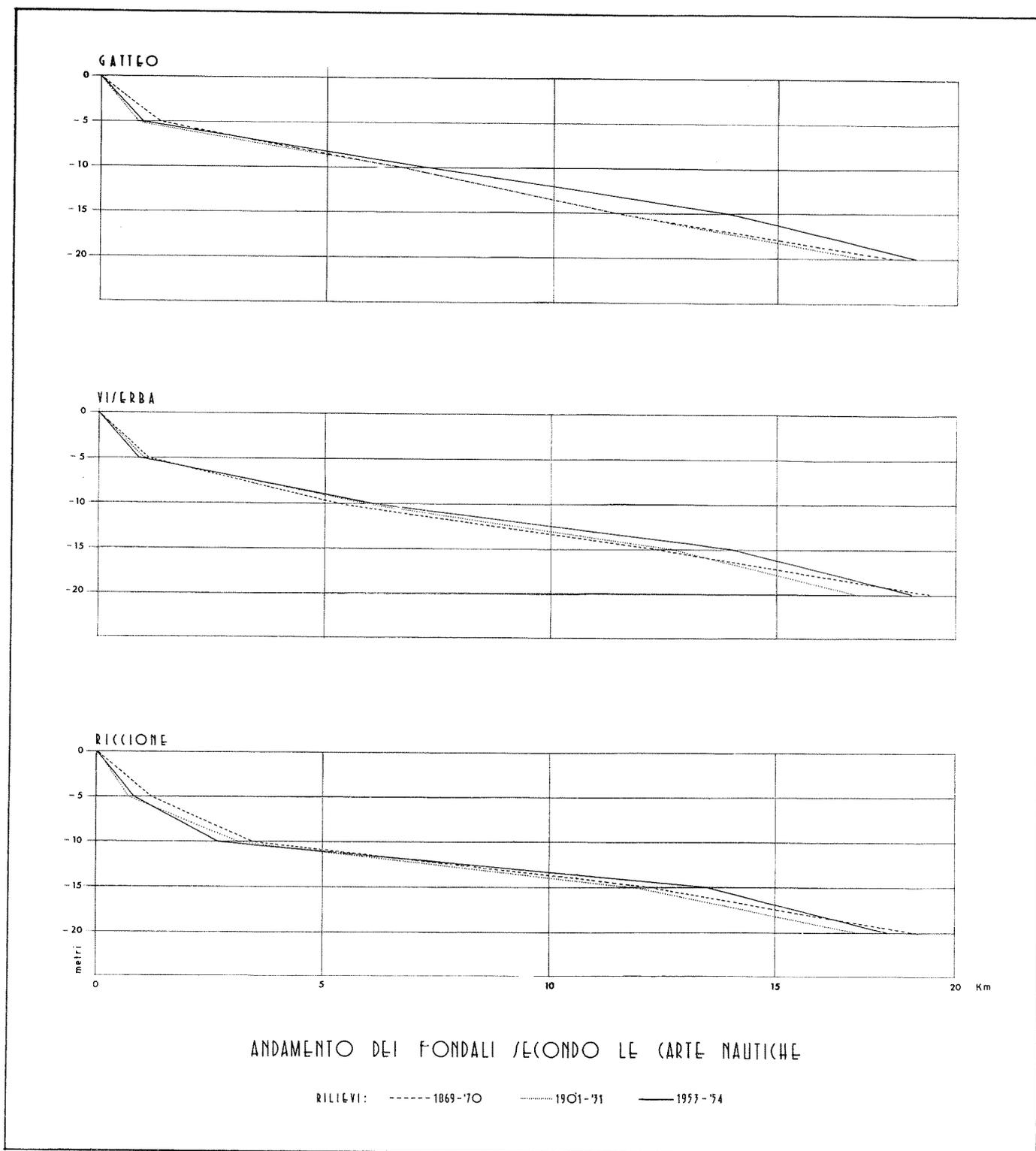


Fig. 42 — Variazioni dei fondali profondi di fronte a Gatteo, Viserba e Riccione

VII.

SCHEMA DI UN PROGRAMMA DI STUDIO

Sulle cause geologiche e climatiche generali che portano ad aumenti nel livello marino (fusioni nelle calotte glaciali), a variazioni nel moto ondoso, e quindi nelle correnti di spiaggia, e ad abbassamenti del suolo (moti di subsidenza) non è evidentemente possibile agire direttamente. Si tratta di fatti naturali di tali dimensioni, che possono solo essere contenuti in via indiretta. Basta un sufficiente apporto di materiali per impedire sostanziali variazioni nei fondali, almeno fino a quando i fenomeni in atto non acquistano un ritmo eccessivamente veloce.

Sulle altre cause dell'erosione è ragionevole ammettere una possibilità di intervento diretto, a patto di conoscere la dinamica dei fenomeni, non solo nei lineamenti generali, quali risultano dagli studi dei vari Autori e dalla elaborazione degli elementi acquisiti dalla presente ricerca; ma anche nello specifico meccanismo d'azione e in precisi termini quantitativi.

A questo scopo l'ideale sarebbe poter conoscere:

- le quantità e la qualità dei materiali acquistati, in movimento e perduti dalla spiaggia e le modalità del loro dinamismo;
- i profili di equilibrio, e le loro variazioni periodiche e stagionali, nella fascia litoranea dove viene risentita l'azione delle onde sul fondo, dove le onde si trasformano e in cui i materiali sono posti in movimento dalle correnti di spiaggia;

- le caratteristiche del moto ondoso, e dei venti che lo generano, al largo e in prossimità della riva nella zona di trasformazione delle onde; come pure le relazioni tra questi fenomeni e la velocità di trasporto dei materiali.

Purtroppo non tutti questi elementi sono acquisibili in modo diretto ed esatto. Questo è particolarmente vero per il bilancio dei materiali lungo la spiaggia e per le modalità del loro dinamismo.

Un programma organico di studi sui fenomeni litoranei e sulle cause dell'erosione costiera dovrebbe prevedere:

- un rilievo aerofotogrammetrico in condizioni possibilmente di mare medio;
- due rilievi batimetrici dell'intera spiaggia fino a fondali di — 10 metri, atti a definire: il primo il profilo della spiaggia prodotto dalle calme estive; il secondo il profilo conseguente alle mareggiate invernali e primaverili;
- la registrazione per almeno un anno del moto ondoso in mare profondo e dei venti concomitanti, mediante l'installazione al largo della costa di un registratore del moto ondoso e di un anemografo;
- un rilievo della distribuzione granulometrica dei materiali nei fondali, con alcuni esami della loro composizione mineralogica;
- un rilievo della direzione prevalente di movimento della sabbia, mediante l'introdu-

zione nella spiaggia sottomarina di un minerale mancante, di cui poter seguire gli spostamenti nel tempo;

- un rilievo dell'andamento delle correnti lungo la spiaggia;
- uno studio particolareggiato delle relazioni intercorrenti tra le caratteristiche dei venti e del moto ondoso e la velocità di trasporto delle sabbie;
- uno studio delle fonti di rifornimento dei materiali della spiaggia;
- una accurata rielaborazione delle variazioni storiche e recenti nella linea di spiaggia e nella batimetria.

Il rilievo aerofotogrammetrico dovrebbe fissare in modo preciso l'intera linea di spiaggia in esame; servirebbe come base topografica ai rilievi batimetrici; stabilirebbe una linea continua alla quale riferire ogni variazione futura del litorale; consentirebbe inoltre di riallacciare ad una linea ben definita tutte le notizie e i dati fino ad oggi posseduti sull'evoluzione costiera.

I rilievi batimetrici dettagliati dovrebbero fornire la conoscenza del profilo di equilibrio della spiaggia conseguente alle calme estive e alle mareggiate invernali e primaverili; dovrebbe stabilire una base precisa di confronto per i pochi dati noti, del passato; rappresenterebbe inoltre la premessa indispensabile per tutta una serie di rilievi futuri, tesi a chiarire i movimenti dei materiali nei fondali, gli effetti delle opere marittime e le condizioni migliori per la loro disposizione. Questi rilievi batimetrici, oltre a fornire le caratteristiche dell'intero arco litoraneo, dovrebbero riguardare con particolare attenzione una rilevante opera marittima perpendicolare alla costa (come ad esempio il porto-canale di Rimini) e un tratto litoraneo con una lunga serie di scogliere frangiflutti.

Lo studio del moto ondoso e dei venti concomitanti, mediante l'installazione di appositi registratori al largo, dovrebbe fornire gli elementi necessari, assieme ai dati precisi sull'andamento dei fondali, per un calcolo effettivo dell'azione del mare sul litorale, basato sui fe-

nomeni conseguenti alla trasformazione delle onde in mare basso.

Lo studio delle caratteristiche granulometriche e mineralogiche dei materiali e della loro attuale disposizione nei fondali è di base allo studio dei loro movimenti.

L'introduzione, dopo un controllo mineralogico preliminare di accertamento, di un minerale mancante tra le sabbie della spiaggia, come ad esempio sarebbe la fluorite, dovrebbe consentire di dirimere in via definitiva la questione sulla direzione di movimento dei materiali.

Lo studio dell'andamento delle correnti lungo la spiaggia, mediante un apposito strumento, dovrebbe fornire ulteriori indicazioni ed elementi riguardo all'azione del mare sulla spiaggia e sul movimento della sabbia.

L'esame dettagliato delle relazioni intercorrenti tra le caratteristiche del vento e del moto ondoso e la velocità di trasporto delle sabbie potrebbe, ad esempio, essere compiuto, contemporaneamente all'installazione di apparecchi registratori del moto ondoso e del vento, rilevando profili dettagliati della spiaggia e valutando con frequenti rilievi le modalità di deposito dei materiali in prossimità di un ostacolo normale alla spiaggia, meglio se rilevante, e quindi capace di arrestare l'intero flusso di materiali.

L'esame delle fonti di approvvigionamento, anche in base a possibili indizi forniti dagli altri studi sulla situazione litoranea, dovrebbe anche fornire valori quantitativi sui materiali in arrivo. Questi dati potrebbero essere ottenuti mediante opportuni prelievi di campioni e una elaborazione statistica degli elementi noti. Il lavoro non sarà facile in quanto mancano completamente misure sul trascinarsi dei materiali sul fondo dei fiumi, scarseggiano i dati sulle portate torbide, non si possiedono notizie sulla granulometria dei materiali che pervengono al mare e mancano inoltre valori quantitativi su quelli trasportati nella zona lungo la riva dalle *longshore currents*.

Lo studio accurato delle variazioni della linea di spiaggia nell'ultimo secolo dovrebbe

fornire, non solo elementi di giudizio sugli effetti delle opere marittime, ma anche consentire valutazioni quantitative sui materiali trasportati dalle correnti ed arrestati nel loro procedere a causa delle modifiche del litorale dovute all'uomo. Questi dati integrerebbero quelli forniti dall'attuazione di altre parti del programma di studi proposto.

Tutte queste indagini, ed altre che potranno essere suggerite dall'attuazione delle prime, dovrebbero consentire di ottenere un quadro completo e significativo dei dinamismi che interessano il litorale forlivese e dovrebbero consentire i più corretti interventi per far cessare i preoccupanti fenomeni erosivi, che minacciano la ricchezza di tante località balneari.



BIBLIOGRAFIA

- ALBANI D. — Indagine preventiva sulle recenti variazioni della linea di spiaggia delle coste italiane. In « Ricerche sulle variazioni delle spiagge italiane ». C.N.R., Roma 1933.
- — Variazioni di spiaggia e fenomeni bradisismici in Italia. In « Atti Soc. It. Progresso Scienze », vol. II, Napoli 1934.
- ALIVERTI G. — I lavori talassografici in Italia durante l'anno Geofisico Internazionale 1957-1958. In « Atti VIII Conv. ann. Ass. geofis. Ital. », Roma 1959.
- ANTONIAZZI A. — I caratteri litologici della Provincia e la carta dell'idoneità dei terreni alla realizzazione dei laghetti collinari. In « Possibilità di sviluppo dei laghetti collinari in Provincia di Forlì », Camera di Comm. Ind. Agric., Forlì 1964.
- — L'utilizzazione del suolo nella Provincia di Forlì con una carta in scala 1:100.000. Camera di Comm. Ind. Agric., Forlì 1966.
- ANTONIAZZI A. e PROLI V. — Lineamenti climatici della Provincia di Forlì. Camera di Comm. Ind. Agric. Art., Forlì 1967.
- — Pendenze superficiali e zone altimetriche nella Provincia di Forlì, con una carta delle pendenze superficiali in scala 1:100.000. Camera di Comm. Ind. Agric., Forlì 1966.
- ARTINI E. — Intorno alla composizione mineralogica di due sabbie del litorale Adriatico. In « Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett. » 1896.
- — Le rocce. Hoepli, Milano 1941.
- BARATTA M. — I terremoti in Italia. R. Acc. Naz. Lincei, Firenze 1936.
- BASCOM W. — Shoreline and Beach Characteristics. Manual of Anphibions Oceanograph. Off. of Naval Research 1951.
- — Onde e spiagge. Dinamica della superficie marina. Zanchelli, Bologna 1965.
- BEACH EROSION BOARD — Test of Nourishment of the Shore by offshore deposition of Sand. Tech. Mem. n. 17, 1950.
- — Sand Movements by Water. Tech. Mem. n. 48, 1954.
- BERNASCONI C., BOSSOLASCO M., DAGNINO I. — Nuovo metodo di registrazione dello stato del mare e i primi risultati ottenuti a Genova. In « Geof. pura e appl. » 1952.
- BLANC A. C. — Low levels of the Mediterranean Sea during the Pleistocene Glaciation. In « Quart. Journ. Geol. Soc. of London » 1937.
- BORCHI G. — Le spiagge romagnole da Cervia a Punta Gabicce. C.N.R. Roma 1938.
- BOSSOLASCO M. — Le correnti marine e la determinazione delle loro caratteristiche. In « Geofis. e meteor. » 1937.
- BOURCART J. — Sour l'histoire récente de l'Adriatique. In « C. r. somm. des séances Soc. Geol. France » 1925.
- BRICHENTI M. — Sulla corrente litorale dell'Adriatico. In « Mem. Acc. Sc. Ist. Bologna », Ser. I, vol. 8°, 1857.
- — Sulla corrente litorale, di seguito alla memoria del Commendator Paleocapa. In « Mem. Acc. Sc. Ist. Bologna », ser. I, vol. 11, 1861.
- BRUZZO G. — L'opera militare e scientifica di L. F. Marsili nella difesa della costa pontificia dello Adriatico. In « Memorie intorno a L. F. Marsili » Bologna 1930.
- BULI U. — Studio sulle variazioni della linea di spiaggia del litorale riminese. In « Giorn. di Geol. », ser. II, vol. 11, Bologna 1936.
- — Le variazioni della linea di spiaggia dal Promontorio di Gabicce al promontorio del Conero. C.N.R., Bologna 1947.
- CAMINITI M. — La riviera adriatica di Romagna e la Provincia di Forlì. Istituto Geografico De Agostini, Novara 1966.
- CAPRA A. — Andamento delle precipitazioni a Bologna dal 1813 al 1942. In « Studi geografici in onore di Antonio Renato Toniolo », Principato, Milano 1952.

- CARTA IDROGRAFICA D'ITALIA — Reno, Lamone, Fiumi Uniti, Savio, Marecchia, ecc. a cura di E. Perrone. Ministero dell'Agricoltura, Roma 1910.
- CHELUSSI I. — Contribuzioni alla psammografia dei litorali italiani: 1° sabbia dell'Adriatico da Ravenna a Bari. In « Boll. Soc. Geol. It. » vol. 30, 1911.
- CIABATTI M., COLANTONI P. e RABBI E. — Ricerche oceanografiche nell'alto Adriatico antistante il delta del Po. Crociera estiva 1965. In « Gior. di Geol. » serie 2, vol. 33, 1965.
- CIABATTI M. e COLANTONI P. — Ricerche sui fondali antistanti il delta del Po. In « Gior. di Geol. » serie 2, vol. 34, 1967.
- CORNAGLIA P. — Sul regime delle spiagge e sulla regolazione dei porti. Paravia, Torino, 1891.
- D'ANCONA U. e PICOTTI M. — Crociera talassografica adriatica, 1955. In: Relazione generale. In « Arch. ocean. e limnol. », 1958.
- D'ARRIGO A. — Ricerche sul regime dei litorali nel Mediterraneo. C.N.R., Roma 1936.
- — Ricerche sulle caratteristiche del moto ondoso nel Mediterraneo e sulla teoria di Cornaglia. In « Ann. Lav. Pubbl. », 1937.
- — Leonardo da Vinci e il regime della spiaggia di Cesenatico. In « Ann. Lav. Pubbl. », 1940.
- — Le variazioni morfologiche del Mediterraneo intercorse dal 1824 al 1924. In « Riv. maritt. », 1951.
- — La piattaforma litoranea nei suoi aspetti fisiografici. In « L' Universo », 1951.
- DE MARCHI L. — Variazioni di spiaggia in corrispondenza a variazioni di clima. In « Mem. Ist. Geol. Univ. Padova », vol. 8, 1930.
- — Le correnti superficiali dell'Adriatico secondo la distribuzione della salsedine e della temperatura. In « Mem. Scientifiche » Padova 1932.
- — Variazioni del livello dell'Adriatico in corrispondenza colle espansioni glaciali. In « Mem. Scientifiche » Padova 1932.
- — Onde interne e propagazione di marea nello Adriatico superiore. In « Mem. Scientifiche » Padova 1932.
- DESCOSSY G. — Étude des variations comparées du niveau moyen de la Mer Méditerranée. In « Rapp. de réunions Commiss. int. explor. scient. Mer Médit. » Paris 1960.
- DESIO A. — Geologia applicata all'ingegneria. Hoepli, Milano 1959.
- DE STEFANI C. — La géotectinique de deux versants de l'Adriatique. In « Ann. Soc. Geol. Belge », mem. 33, 1908.
- FERUGLIO G. — Risultati di esperienze con galleggianti per lo studio delle correnti nel mare Adriatico negli anni 1910-14. Con appendice di Feruglio G. e De Marchi L. - Le correnti dello Adriatico secondo la distribuzione superficiale della salsedine e della temperatura. In « Mem. LV del R. Comit. talass. ital. » Venezia 1920.
- FOSCHINI A. — Le trasformazioni idrografiche del grande estuario adriatico dall'epoca romana ai tempi moderni. Minist. LL.PP., Roma 1878.
- GALLARETO E. — La difesa delle spiagge e delle coste basse. Hoepli, Milano 1960.
- GAZZI P. — Ricerche sulla distribuzione dei minerali pesanti nei sedimenti arenacei dell'Appennino Tosco-romagnolo. In « Acta Geol. Alpina », 1961.
- GLABLOVITZ G. — Le attuali conoscenze sul fenomeno della marea nel Mediterraneo. In « Mem. Geogr. di G. Danielli » Firenze 1909.
- GORTANI M. — Compendio di geologia per naturalisti ed ingegneri. Geodinamica esterna (geologia esogena). Del Bianco, Udine 1959.
- GRESSWELL R. K. — The physical geography of beaches and costlines. Hulton, London 1959.
- GUICHER A. — Morphologie littorale et sous-marine. Masson, Paris 1955.
- JAMES C., INGLE Jr. — The movement of Beach Sand. Elsevier, New York 1966.
- JERLOV N. G. — Adriatic Thalassographic Cruise 1955. II: Distribution of suspended material in the Adriatic sea. In « Arch. ocean. e limnol. » 1958.
- KUENEN H. — Marine Geology. Wiley-Sons, New York 1963.
- LOMBARDINI E. — Studi idrologici e storici sopra il grande estuario adriatico, i fiumi che vi confluiscano, e principalmente gli ultimi tronchi del Po. In « Rend. Ist. Lomb. Sc. e Lett. », 1967.
- MAGRINI G. — Premier rapport sur les marées et sur les variations du niveau moyen de la Mer Méditerranée. In « Rapport des réunions Comm. int. explor. scient. Mer. Médit. » Paris 1930.
- Mari e Porti d'Italia. Bianco, Roma 1967.
- MARINELLI O. — Sull'azione morfologica delle correnti litoranee nel Mediterraneo. In « Riv. Geogr. It. » 1909.
- — La marea nei mari italiani. In « Le vie d'Italia », T.C.I. Milano 1925.
- MASON A. — Erosion et protection des côtes. In « La Houille Blanche » 1949.
- MERLA G. — Geologia dell'Appennino settentrionale. In « Boll. Soc. Geol. It. » 1951.
- METALLO A. — Meccanismo della circolazione superficiale del Mediterraneo. In « Riv. Maritt. » 1958.
- MILLER R. L., ZEIGLER J. M. — A study of sediment distribution in the zone of sloping waves

- over complicated bottom topography. In «Papers in marine geology. Shepard commemorative volume». Miller New York 1964.
- MINIKIN — Coast Erosion and protection. Chapman & Hall, London 1952.
- MINISTERO LL.PP., Servizi Idrografici — Il trasporto solido nei corsi d'acqua italiani: alto bacino del Savio. Roma 1934.
- MORANDINI G. — I mari, le coste, le isole. In «L'Italia fisica» T.C.I. 1957.
- MORELLI C. — Rilievo gravimetrico dell'alto Adriatico 1953. In «Ann. di Geofis.» 1954.
- — Rilievo gravimetrico nel mare Adriatico 1954. In «La ric. scient.» 1955.
- MOROVIC D. — Composition mecanique des sédiments au large de l'Adriatique. In «Rapp. Inst. océan. et pêche R.P.F.» Spalato 1951.
- MOSETTI F. — Le maree dell' Adriatico. Ist. Sperim. Talass., Trieste 1958.
- — Lo stato attuale delle conoscenze sulle maree dell'Adriatico. In «Boll. Geofis. teor. e appl.», 1959.
- — Sulla tendenza secolare del livello medio marino a Trieste. In «Atti Ist. Veneto Sc. Lett. Art.» Venezia 1961.
- — Su talune variazioni a lungo periodo del livello marino. In «Atti simposio internazionale Influenze meteorologiche e oceanografiche sulle variazioni del livello marino». Ist. Veneto di Sc. Lett. Art. Venezia 1964.
- — Sull'esistenza di un ritmo con periodo di 45 anni in talune fluttuazioni geofisiche. In «Boll. Geofis. teor. ed appl.» Trieste 1963.
- — Oceanografia. Del Bianco, Udine 1964.
- — Morfologia dell'Adriatico settentrionale. In «Boll. Geofis. teor. ed appl.» 1966.
- MOSETTI F., PICOTTI M. — Actualité sur les recherches de thalassographie dans la Mer Adriatique. In «Boll. Soc. adr. sc. nat.» 1960.
- ORTOLANI M. — Studi recenti sul litorale lagunare dell'alto Adriatico. In «Rivista geografica italiana», annata LXXIV, Firenze, 1967.
- OTTOMAN F. — Introduction à la Geologie Marine et Litorale. Masson, Paris 1965.
- PASSERINI G. — La difesa del suolo delle spiagge italiane. Ist. Sper. difesa del suolo, 1956.
- PAOLI E. — Fatti per servire alla storia dei mutamenti avvenuti sulla costa d'Italia da Ravenna ad Ancona. Firenze 1842.
- PICOTTI M. — L'alto Adriatico nelle recenti indagini talassografiche. In «Atti Soc. It. Progr. Sc.» vol. 1, Milano 1931.
- — Primi risultati delle crociere talassografiche 1955 e 1957 nell'Adriatico. In «Atti VII Conv. ann. Ass. geofis. ital.» Roma 1957.
- — Crociera talassografica Adriatica 1955. Prima relazione generale. In «Arch. ocean. e limnol.» Trieste 1958.
- — Crociera talassografica adriatica 1955. III: Tabelle delle osservazioni fisiche, chimiche, biologiche e psammografiche. In «Arch. ocean. e limnol.» Trieste 1960.
- — Ricerche talassografiche nell'Adriatico e nello Ionio 1959-1960. Comm. Naz. It. cooper. geofis. internaz., C.N.R. Roma 1961.
- POLLI S. — Il graduale aumento del livello marino determinato per 30 porti del Mare Mediterraneo. In «Boll. Soc. d'Ar. Sc. Nat.» Trieste 1947.
- — Il progressivo aumento del livello del mare Mediterraneo. In «Arch. ocean. e limnol.» 1947.
- — Il graduale aumento del livello del mare lungo le coste italiane. In «Geofis. pura e appl.» 1953.
- — L'attuale aumento del livello del mare lungo le coste del Mediterraneo. In «Geofis. e meteor.» 1954.
- — Sull'ampiezza delle maree dell'Adriatico. In «Atti VIII conv. ann. Assoc. Geofis. Ital.» Roma 1959.
- PORTOLANO del Mediterraneo. Vol. IV: Coste d'Italia da Capo S. Maria di Leuca a Duino. Ist. Idrografico Marina. Genova 1935 e 1957.
- RICCARDI R. — Lo stato attuale delle conoscenze dei mari italiani. In «Atti XVIII Congr. Geogr. It.» vol. 1°, Trieste 1962.
- ROSETTI E. — La Romagna, geografia e storia. Milano 1894.
- — Sulla geografia antica della Romagna. In «Atti IV Congr. Geogr. It.» Milano 1901.
- ROVERETO G. — Geomorfologia delle coste. Cimino, Genova 1903.
- RUGGIERI G. — Gli esotici neogenici della colata gravitativa della val Marecchia (Appennino romagnolo). Palermo 1958.
- — La serie marina pliocenica e quaternaria della Romagna. Camera di Commercio Ind. Agric. Forlì 1962.
- SACCO F. — Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000: Foglio 100 e 101 (Forlì-Rimini) 1935.
- SACCO F., BONARELLI G. — Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000: Foglio 109 (Pesaro). 1935.
- SAGGINI F. — Quando le spiagge se ne vanno. In «Il touring» T.C.I. Milano 1966.
- SALMOJRACHI E. — Sull'origine padana della sabbia di Sansego nel Quarnero. In «Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett.» 1907.
- SALVIONI G. — Primo contributo sulla comparazione dei risultati fra la nuova rete altimetrica fon-

- damentale e la vecchia livellazione di precisione. In « Boll. di Geodesia e Sc. affini » I.G.M. 1953.
- — Indagine preliminare sui movimenti del suolo nel delta del Po a mezzo di livellazioni ripetute. In « Boll. di Geodesia e Sc. affini » I.G.M. 1957.
- — I movimenti del suolo nell'Italia centro settentrionale. Dati preliminari dedotti dalla comparazione di livellazioni. In « Boll. di Geodesia e Sc. affini » I.G.M. 1957.
- — Anomalie di Faye e Bouguer su lunghi lineamenti (andamenti pressoché meridiani e paralleli). In « Boll. di Geodesia e Sc. affini » I.G.M. 1967.
- SCACCINI CICCATELLI M. — Le variazioni della salinità delle acque costiere dell'Adriatico a Fano in rapporto col deflusso del Po e di altri fiumi minori. In « Boll. pesca, piscic. e idrobiol. » 1955.
- SELLI R. — Il bacino del Metauro. Cassa di Risparmio di Fano 1954.
- — Le Quaternarie marin du versant adriatique-ionien de la péninsule italienne. In « Quaternaria », vol. VI, 1962.
- SHEPPARD F. P. — Submarine Geology. Harper and Row, New York 1963.
- SHEPPARD F. P. & IUMAN D. — Nearshore Water Circulation Related to Bottom Topography. Trans American Geoph. Union 1950.
- SILVESTRINI L. — Un secolo di vita balneare al lido di Rimini. Garattoni, Rimini 1965.
- SUPINO G. — Il regime dei bacini a marea ed il calcolo idraulico delle foci. In « Atti Acc. Sc. Ist. Bologna », 1953-1954.
- SVERDRUP H. & MUNK W. — Wind, Sea and Swell. Theory of Relation for Forecasting. Hydrographic Office U.S.A. 1947.
- TARAMELLI T. — La formazione dell'Adriatico. In « La geografia » 1917.
- TENANI M. — Considerazioni teorico-sperimentali sul regime delle maree nel mare Adriatico. In « Atti R. Acc. Naz. Lincei » serie VI, vol. 9. 1930.
- — Problemi geofisici. Stato attuale delle osservazioni mareografiche in Italia. In « Boll. Comit. Geol. e Geofis. » C.N.R. 1937.
- — Nozioni teoriche fondamentali sulla formazione e trasformazione delle onde. Nuovi metodi grafici di calcolo e di previsione. Istituto Idrografico della Marina, Genova 1952.
- TONIOLO A. R. — Indagini geografiche sulle variazioni di spiaggia dei litorali italiani (Guida, questionario per le ricerche locali). Pisa 1933.
- — Ricerche sulle variazioni dei litorali sabbiosi dell'Italia e del Mediterraneo. In « Atti Soc. It. Progr. Sc. » 1934.
- TOSCHI U. — La collina litoranea fra Cattolica e Fano. In « Studi sul litorale Adriatico della penisola italiana » vol. III, Bologna 1929.
- VEGGIANI A. — Le cave di sabbia e ghiaia tra Cervia e Ravenna e il loro interesse geologico. In « Studi romagnoli », Faenza 1960.
- — Trasporto di materiale ghiaioso per correnti di riva dall'area marchigiana all'area emiliana durante il Quaternario. In « Boll. Soc. Geol. It. » vol. 84, 1965.
- VERCELLI F. — Ciò che sappiamo delle maree dello Adriatico. In « La ric. scient. » 1932.
- — Il mare, i laghi, i ghiacciai. U.T.E.T., Torino 1951.
- — L'aria, U.T.E.T., Torino, 1952.
- VISENTINI M. — Notizie sulle variazioni del delta del Po. Parma 1931.
- — Le variazioni recenti e lo stato attuale della foce del fiume Reno. In « Annali LL.PP. » 1934.
- — Le spiagge padane da Porto Fossone a Cervia. C.N.R., ricerche sulle variazioni delle spiagge italiane, 1938.
- ZANCHERI P. — La Provincia di Forlì nei suoi aspetti naturali. Camera di Commercio Ind. Agric. Forlì 1961.
- ZORE M. — Preliminary results of direct current measurements in the Adriatic. In « Rapp. Commis. int. explor. scient. Mer. Medit. » Paris, 1960.

I N D I C E

PRESENTAZIONE	Pag.	3
I. - RACCOLTA ED ELABORAZIONE DEI DATI	»	5
— Piano di ricerca dei dati	»	5
— Materiale raccolto e criteri di elaborazione	»	6
a) Lineamenti geomorfologici della zona	»	6
b) Dinamismo atmosferico e talassografico del litorale	»	8
c) Variazioni progressive della linea di spiaggia	»	8
d) Movimento dei materiali lungo la spiaggia	»	9
e) Cause delle variazioni in atto	»	9
— Rilievi diretti	»	10
— Caratteri dello studio	»	11
— Ringraziamento	»	11
II. - GEOMORFOLOGIA DEL LITORALE FORLIVESE	»	13
— Il litorale romagnolo	»	13
— Il litorale forlivese	»	13
— La geomorfologia del litorale forlivese	»	14
— Le spiagge del forlivese	»	15
— Le opere marittime nel litorale forlivese	»	19
III. - NOTIZIE METEOROLOGICHE E TALASSOGRAFICHE	»	21
— Temperature dell'aria	»	21
— Il vento	»	21
— Temperatura e salinità del mare	»	24
— Le maree	»	26
— Le correnti	»	27
— Il moto ondoso	»	28
IV. - VARIAZIONI DELLA LINEA DI SPIAGGIA	»	33
V. - MOVIMENTO DEI MATERIALI LUNGO LA SPIAGGIA	»	41
VI. - CAUSE DELLE VARIAZIONI DELLA LINEA DI SPIAGGIA	»	49
— Variazioni nel bilancio dei materiali	»	49
— Causa dell'erosione	»	56
— Opere di difesa	»	57
VII. - SCHEMA DI UN PROGRAMMA DI STUDIO	»	59
BIBLIOGRAFIA	»	63