

SERGIO PERICOLI

## OSSERVAZIONI GEOMORFOLOGICHE SULL'EROSIONE MARINA NEL LITORALE ROMAGNOLO

### PREMESSA

Fra i tanti fenomeni naturali che hanno concorso e concorrono all'evoluzione geomorfologica della regione romagnola gli apporti terrigeni e le erosioni marine sono certamente quelli che, nel piú breve spazio di tempo, hanno operato piú intensamente, modificando radicalmente la topografia costiera ed agendo quali elementi condizionatori di sviluppi idrologici, oceanografici, morfologici, nonché paleografici, sociali e commerciali.

Se si pensa che non piú di 4-5.000 anni or sono migliaia di ettari della Pianura Padana erano invasi dal mare, che fiorenti città un tempo marinare si trovano attualmente a decine di chilometri dalla costa (e forse altre sono state distrutte dall'incalzare dell'azione erosiva), ci si rende immediatamente conto dell'entità e della complessità dei fenomeni che hanno agito ed agiscono sulla fascia litorale.

Le variazioni della linea di costa romagnola hanno sempre creato gravi e, a volte, tragici problemi. E sempre l'uomo ha cercato di opporsi alle forze della natura: gli Etruschi tentarono di regimare gli apporti fluviali, i Romani di limitare l'interrimento dei loro porti militari e commerciali, i Veneti di deviare le piú nocive correnti del Po, e cosí via fino alle recenti opere di difesa degli arenili.

Erosioni ed apporti sono stati osservati per migliaia di anni, ma la conoscenza della loro meccanica è ancora vaga, frammentaria, e molte questioni fondamentali sono tuttora insolute.

Notevole è la letteratura: dalle prime osservazioni di Polibio, Strabone, Plinio, agli attuali studi promossi da enti comu-

nali, provinciali e nazionali, è tutto un susseguirsi di deduzioni ed ipotesi a volte anche contrastanti. Tanta letteratura, preziosa per dati e notizie locali, rivela in molti casi ristrettezza di limiti e finalità, carenza di comparazioni, e lo sforzo ostinato di voler incastrare le leggi della tecnica nei parametri della logica scientifica.

Lo studio scientifico di un fenomeno naturale, quale punto di partenza per le conseguenti applicazioni tecniche, non può essere contenuto in ristretti limiti di spazio, tempo e manifestazioni, né tanto meno generalizzato. Esso deve svilupparsi su larga scala ed essere inquadrato in tutto il naturale ed individuale ciclo evolutivo che ha interessato nel tempo il fenomeno stesso. È su tali basi che si è cercato, nel presente lavoro, di individuare ed analizzare l'aspetto fisico e naturalistico dell'erosione marina nel litorale romagnolo; non si è trattato il problema tecnico particolareggiato in quanto esula dagli scopi di questo studio e dalle finalità della sede di discussione.

#### LE VARIAZIONI DELLA LINEA DI COSTA

In un fenomeno tanto complesso, in cui entrano in gioco le più disparate energie e le cui risultanti sono funzioni di infinite variabili, si ritiene opportuno selezionare fra le tante cause naturali ed artificiali quelle che producono gli effetti più intensi e manifesti.

##### A) Cause naturali

1) Fossa di subsidenza adriatica. È noto che la Fossa Adriatica è sede di intensi fenomeni di subsidenza; il processo conduce, almeno nelle prime fasi della sua evoluzione, ad un progressivo abbassamento del fondo marino consentendo un accumulo di materiali superiore alla profondità del bacino originario. I sedimenti, che porterebbero ad una riduzione della pendenza del profilo, vengono in tal modo assorbiti dall'abbassamento del fondo; tuttavia nell'alto Adriatico la sedimentazione ha largamente superato la subsidenza se, in un tempo geologicamente breve, il manto alluvionale ha portato alla colmata della Fossa Padana con espansione verso la Fossa Adriatica.

2) Bradisismi. È un fenomeno accertato che, secondo il Rosetti (1) e l'Albani (2), determina una variazione, positiva o negativa, di alcuni centimetri per secolo. Il Buli (3), pur ammettendo il fenomeno, faceva giustamente osservare che praticamente gli effetti sono da considerarsi minimi specie se comparati a quelli generati dalle erosioni. Il bradisismo può essere in stretto rapporto con la subsidenza e la sismicità.

3) Sismicità. È piuttosto intensa sul litorale e nello specchio di mare ad esso prospiciente. Può aver dato luogo a condizioni di instabilità del fondale.

4) Glaciazioni. La fase postglaciale, che si attraversa, determina, con lo scioglimento dei ghiacci, un conseguente aumento del livello marino che, per l'Adriatico, sarebbe dell'ordine di un millimetro per anno.

5) Erosione eolica. È poco sensibile sul litorale romagnolo, generalmente non battuto da forti venti. Qualche effetto negativo, limitato a pochi giorni nell'anno, si verifica in corrispondenza di venti del 1° e 3° quadrante.

6) Processi biologici e chimici. Riguardano la formazione o distruzione di rocce da parte di microrganismi (azione biologica) e di agenti chimici (azione chimica); la risultante di tali azioni è, nell'arco di costa considerato, assolutamente insignificante.

7) Moto ondoso. Trasmette parte dell'energia di cui è dotato ai granuli di sabbia tenendoli in sospensione e creando le condizioni ideali per i loro spostamenti.

8) Correnti marine. Integrano l'azione del moto ondoso per qualificarsi come le maggiori artefici delle varianti della linea di costa.

9) Apporto terrigeno. Perviene al mare dal trasporto solido fluviale e dallo smembramento dei rilievi costieri. Tende ad opporsi alla erosione rimpiazzando il materiale asportato.

---

(1) E. ROSETTI, *La Romagna. Geografia e Storia*, Milano 1894.

(2) D. ALBANI, *Indagine preventiva sulle recenti variazioni della linea di spiaggia delle coste italiane*, Roma 1933; ID., *Variazioni di spiaggia e fenomeni bradisismici in Italia*, in « Atti Soc. Ital. per il Progresso delle Sc. », II (1934).

(3) U. BULI, *Studio sulle variazioni della linea di spiaggia del litorale riminese*, in « Annali R. Museo Geol. di Bologna », 1915.

## B) Cause artificiali

10) Riduzione dell'apporto fluviale. Oltre ad una naturale riduzione degli apporti dei fiumi dovuta al loro progressivo tendere al profilo di equilibrio, il fenomeno è accentuato dalla erezione di dighe, ture, briglie, ecc., e soprattutto dal caotico prelievo di inerti, per uso industriale, spesso operato anche in prossimità delle foci. Si annulla in tal modo quel naturale flusso alimentatore di materiali che in parte compenserebbe l'azione dell'erosione.

11) Opere portuali. Interrompendo il naturale ciclo delle correnti e del moto ondoso provocano deviazioni che si riflettono sempre, in senso positivo o negativo, sulla linea di costa.

12) Difese degli arenili. In genere tendono a spostare ma non ad annullare l'erosione. Si possono raggruppare in due tipi fondamentali: difese trasversali (al moto delle correnti) e difese parallele.

Le difese trasversali si comportano come le opere portuali e mirano a contrastare l'azione naturale delle correnti, quelle parallele potrebbero essere ispirate agli « scanni » (4) e quindi riflettere una condizione naturale sia pur con ben diversa struttura.

13) Deviazione della foce dei fiumi. L'asse delle foci orienta la direzione delle correnti fluviali che hanno un comportamento,

---

(4) Col nome di « scanni » si indicano localmente quei cordoni sottomarini di sabbia che, in ordini successivi, coronano l'intero arco litorale romagnolo. La loro genesi è legata alle correnti costanti ed alla configurazione batimetrica; la meccanica dei loro spostamenti non differisce sostanzialmente da quella delle dune continentali. Strutturalmente possono considerarsi quali veri e propri elementi di difesa delle spiagge basse, preposti dalla natura prima e meglio dell'uomo, al fine di mitigare gli squilibri che possono crearsi fra due antitetiche manifestazioni di dinamica evolutiva: la sedimentazione e l'erosione. Quest'ultima, infatti, prima di scaricare tutta la propria potenza distruttrice sulla spiaggia emersa è costretta a vincere gli scanni che oppongono una doppia resistenza: dapprima frenano il moto ondoso ed assorbono parte dell'energia di cui sono dotati i vortici, e successivamente, con lo spostamento dei materiali loro costituenti verso la riva, tendono a rimpiazzare le zolle abrase.

Nella maggior parte delle mareggiate non si osservano sensibili variazioni della linea di battigia solo perché la potenzialità erosiva si è esaurita contro gli scanni. Solo le mareggiate di particolare intensità e durata riescono ad annullare queste difese naturali ed ad attaccare direttamente l'arenile; quando ciò si verifica gli effetti sono diastrosi.

Dopo ogni mareggiata le correnti litorali costanti, in regime lamellare, tornano a formare nuovamente gli scanni nella loro posizione originale. Solo nel caso in cui la morfologia costiera subisce radicali mutamenti (costruzione o distruzione di una diga o di un molo, deviazione della foce di un fiume, smantellamento di un promontorio, ecc.) si ha una variazione nella direzione ed intensità delle correnti e conseguentemente una diversa disposizione degli scanni che, gradualmente, tendono a raggiungere una condizione di equilibrio compatibile con le nuove caratteristiche della costa (fig. 1 a-f).

agli effetti idrologici, analogo a quello dei pannelli trasversali, con direzione ed intensità variabile in funzione del regime del fiume stesso.

Ognuna delle sopraindicate cause meriterebbe una trattazione particolare, tanto più che gli effetti si integrano e si influenzano vicendevolmente ammettendo risultanti quanto mai varie

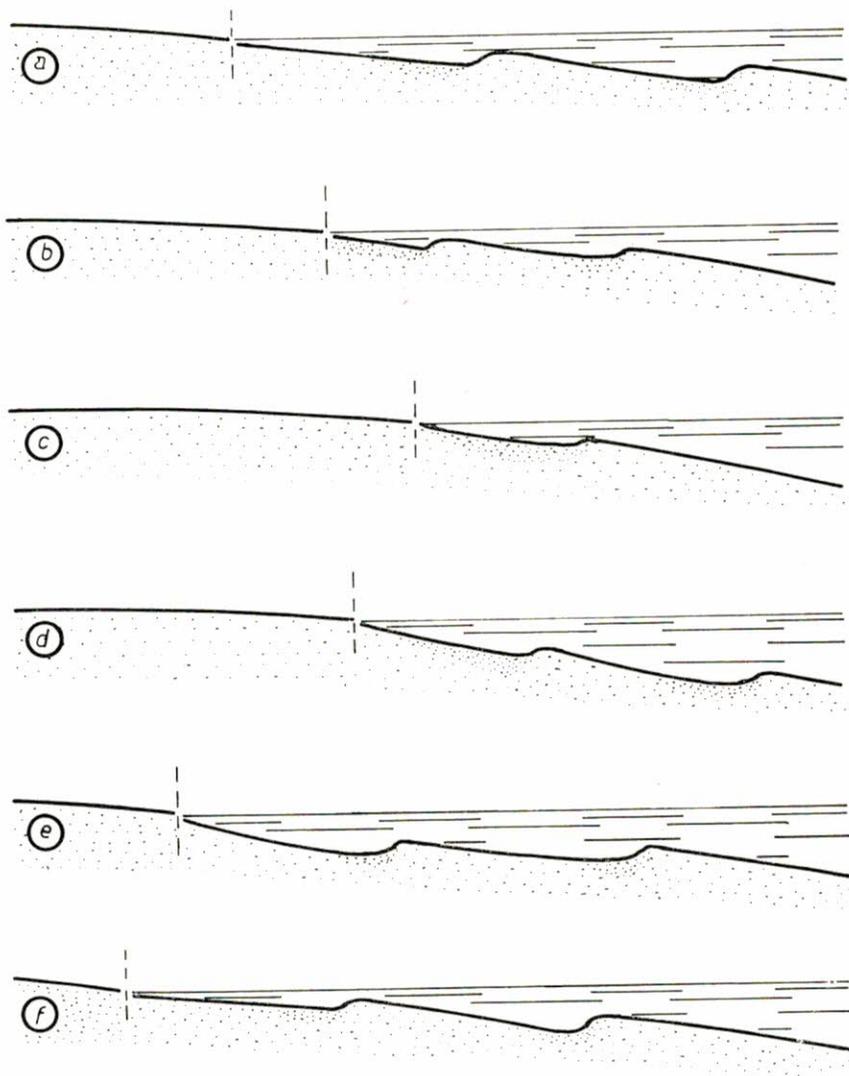


Fig. 1 — Rappresentazione schematica dell'evoluzione di una spiaggia sottile per variazione della corrente litorale.

e difficilmente differenziabili e valutabili, ma il carattere non particolareggiato della trattazione impone una selezione. Non si prendono pertanto in esame le cause i cui effetti sono relativamente limitati e si accentra lo studio sul moto ondoso, sulle correnti marine e sugli apporti terrigeni.

Si presuppone inoltre, come ipotesi di lavoro, che i caratteri generali delle forze agenti (correnti, moto ondoso, apporti) siano stati, nell'arco di tempo preso in esame, pressoché analoghi a quelli attuali. Questa ipotesi di lavoro è suffragata da parziali ma validi elementi scientifici che saranno esposti nel corso della trattazione.

L'arco di tempo considerato è quello che va dalla fine del Neolitico (ca. 2500 a.C.) ai giorni nostri. La ragione di tale scelta scaturisce dalla considerazione che dalla fine del Neolitico il litorale romagnolo tende a definirsi come unità idromorfologica e si entra in quel periodo climatico « subatlantico » (o fase catartermica) che perdura fino ai giorni nostri.

Questo fattore è estremamente importante ed avvalorato, almeno per quanto riguarda l'omogeneità climatologica, l'ipotesi di lavoro formulata.

#### L'UNITÀ IDROMORFOLOGICA

La necessità di inquadrare il fenomeno relativo alle modificazioni della linea di costa in un insieme evolutivo che ne caratterizzi la dinamica porta, in uno studio generale, ad estendere l'indagine a tutto quel settore in cui i rapporti di causa ed effetto sono unitari e vincolanti: nel nostro caso dalla foce del Po a Punta Gabicce.

In questo tratto, infatti, la risultante di trasporti, depositi, ed erosioni operate dalle correnti fluviali e marine agiscono secondo direttrici condizionate e condizionatrici della evoluzione della piattaforma litorale; la morfologia costiera condiziona le correnti ed è, contemporaneamente, modellata da queste. Tutto ciò indipendentemente dalle opere artificiali che hanno ulteriormente modificato ed alterato le naturali condizioni evolutive.

Che la foce del Po e Punta Gabicce siano stati e siano tuttora i principali artefici della genesi della linea di costa è quanto sarà evidenziato nelle pagine che seguono; si vuole qui puntualizzare che la foce del Po, nella sua continua espansione verso levante e col moto stesso della corrente fluviale, devia la corrente

litorale favorendo la sedimentazione nella zona compresa fra questa e la linea di costa, mentre il promontorio di Gabicce, permanentemente soggetto all'erosione, tende ad arretrare attenuando l'effetto negativo delle correnti a nord di esso.



Fig. 2 — Le « unità idromorfologiche » nell'alto e medio Adriatico.

L'arco di costa considerato, e compreso fra limiti naturali, è quindi sede di una fenomenologia morfologica ed idrologica unitaria nel suo insieme, individuale nelle manifestazioni, indipendente dalle regioni naturali limitrofe, ed in continuo sviluppo evolutivo; in questi termini si ritiene opportuno definire questo settore come « unità idromorfologica » (fig. 2).

L'unità idromorfologica non è un elemento statico ma spiccatamente dinamico i cui confini possono variare nel tempo (come si è verificato per quella romagnola (5) ed anche anastomizzarsi

(5) Fino al Neolitico il Po non rappresentava un complesso idrologico unitario per cui l'unità idromorfologica era compresa fra i Colli Euganei e Punta Gabicce.

con l'unità consecutiva per formarne una piú vasta (come si verificherà fra la foce del Po ed il promontorio di Ancona). Essa è composta (fig. 3) di « sezioni idromorfologiche », ancora comprese fra limiti naturali (promontorio, fiume, barra, ecc.), e queste di « zone idromorfologiche », comprese fra limiti naturali od artificiali (porti, pannelli, pontili, ecc.).

È di fondamentale importanza precisare i rapporti che intercorrono fra l'unità idromorfologica e le singole zone che la compongono.

Le variazioni della linea di costa che si manifestano in una zona sono strettamente legate al regime idrologico ed al profilo morfologico di un ben definito tratto di costa che si è chiamato unità idromorfologica; per quanto non sia possibile tradurre in formule matematiche un fenomeno naturale si può certamente affermare che l'incremento, positivo o negativo, che ha interessato in un certo tempo una zona idromorfologica è direttamente proporzionale a quello che, nello stesso tempo, hanno subito i limiti estremi dell'unità idromorfologica ed è inversamente proporzionale alla distanza da questi. Nella ipotesi della costanza dei fenomeni i caratteri specifici della zona (conformazione litorale, caratteri sedimentologici, trasporti fluviali, ecc.) entrerebbero nel rapporto come coefficienti di collegamento per definire un modulo evolutivo caratteristico della zona nell'unità. Così, ad esempio, la zona fra la foce del torrente Tavollo e quella del fiume Conca (Cattolica) ha subito, negli ultimi 3.000 anni (dalla tarda Età del Bronzo ad oggi) un incremento variabile da —100 metri, alla foce del Tavollo, a +800 metri alla foce del Conca. Ciò si è potuto verificare in quanto, nello stesso tempo, il promontorio di Gabicce (da cui il Tavollo dista poche centinaia di metri) è arretrato di circa mezzo chilometro, contribuendo coi propri materiali al ripascimento del litorale e riducendo enormemente la formazione di correnti vorticose. Si deve soprattutto a quest'ultimo fattore il passaggio dalla fase di erosione a quella di sedimentazione. Solo all'estremo sud della zona l'abrasione ha interessato il tratto piú prossimo al litorale stesso. Se nell'intervallo di tempo considerato l'abrasione marina non avesse agito su Punta Gabicce, l'incremento negativo alla foce del Tavollo sarebbe stato quasi nullo e ridottissimo quello positivo alla foce del Conca.

In via teorica si può calcolare, in questa zona idromorfologica, che il modulo incrementale sia funzione per l'85-90% delle

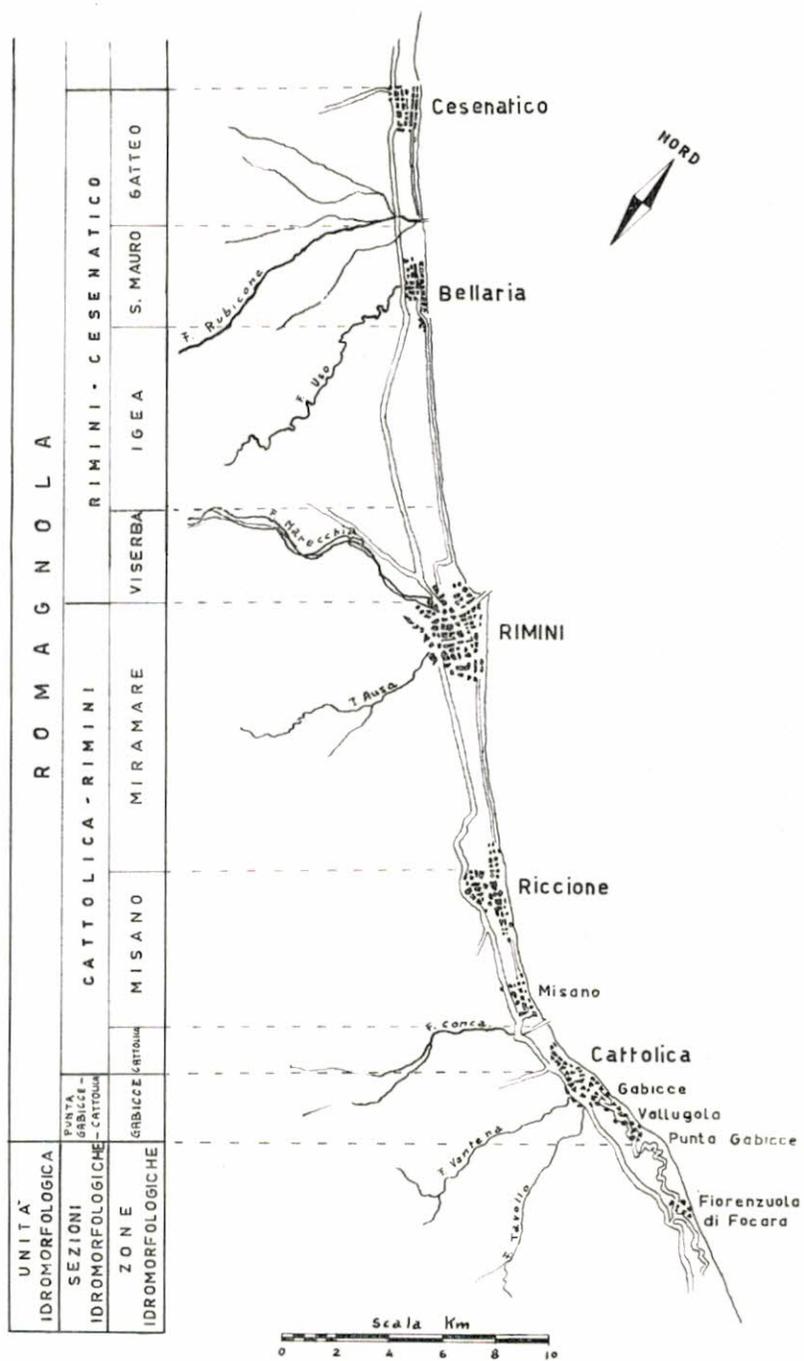


Fig. 3 — Particolare dell'«unità idromorfologica» romagnola.

variazioni di Punta Gabicce e per il 10-15% di quello del delta del Po. E dal momento che i punti estremi dell'unità idromorfologica sono entrambi, da almeno 3.000 anni a questa parte, nella stessa fase genetica (di incrementi positivi l'uno e negativi l'altro) e che non si ha ragione di ritenere che nello stesso periodo vi siano state sensibili variazioni climatologiche ed idro-

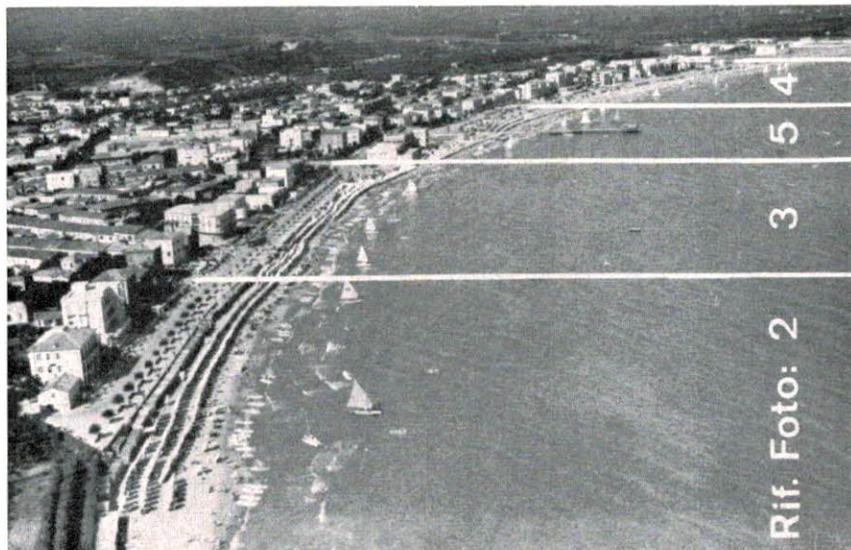


Fig. 4 — La spiaggia di Cattolica nel 1954.

logiche (6), l'arenile avrebbe continuato ad aumentare a nord e regredire all'estremo sud se non fosse intervenuto un fattore estraneo a modificare tale schema.

Il fattore estraneo è rappresentato dalla costruzione del porto-canale sul torrente Tavollo iniziato, come semplice arginatura delle sponde, nel 1854 e, nei primi decenni di questo secolo, allungato e dotato di darsena.

In conseguenza a ciò si è avuto in un primo tempo un apparente proseguo del fenomeno anche con effetti positivi vistosi (un caposaldo del Demanio, posto all'angolo fra via Belvedere e via Litoranea, che nel 1878 distava dalla battigia m 31, aveva

(6) Si è avuto invece, per le ragioni già esposte, una graduale riduzione degli apporti solidi fluviali e particolarmente del fiume Conca (l'antico *Crustumius rapax* di Lucano).



Fig. 5 — CATTOLICA - La spiaggia di levante dopo la mareggiata del 17-XII-1957.



Fig. 6 — CATTOLICA - Viale Rasi-Spinelli (già via Litoranea) dopo la mareggiata del 17-XII-1957.



Fig. 7 — CATTOLICA - La spiaggia di ponente dopo la mareggiata dell'11-IV-1963.



Fig. 8 — CATTOLICA - 11-IV-1963: effetti della mareggiata sulla spiaggia di ponente.

raggiunto nel 1937 la bella distanza di m 93 (7), con un incremento positivo di m 62 in 57 anni!), ma nel 1957 il mare, dopo aver gradatamente divorato, all'altezza di via Belvedere, tutto l'arenile, attaccava le strutture di via Rasi Spinelli (già via Litoranea) danneggiandole seriamente (fig. 6).



Fig. 9 — La spiaggia di Cattolica nel 1966.  
In primo piano a sinistra viale Rasi-Spinelli.

Questo particolare e spesso ingannevole aspetto della meccanica delle erosioni marine, verificatosi in molte città rivierasche, trova una spiegazione nelle alterate condizioni dinamiche delle correnti litorali che, obbligate ad addensare in corrispondenza dei nuovi moli i filetti fluidi, scaricano a ponente tutta la loro potenza aggressiva al fine di instaurare un nuovo profilo di equilibrio. L'azione delle correnti si accentra dapprima sulla piattaforma sottomarina e sugli scanni (8) trasportando verso riva buona parte del materiale abraso (e determinando l'elevato incremento positivo), per spostarsi gradatamente verso la battigia col ritmo di una normale erosione regressiva (fig. 1). A questo

(7) G. BORGHI, *Le spiagge romagnole da Cervia a Punta Gabicce*, in *Le spiagge padane*, C.N.R., Roma 1938.

(8) Vedi sopra nota 4.

punto il fenomeno appare in tutta la sua drammatica gravità (figg. 4-8).

Integrando lo sviluppo del fenomeno erosivo locale con quello caratteristico dell'unità idromorfologica romagnola si arriva a stabilire che nel 1957, per la zona di Cattolica, l'erosione marina non aveva ancora dato luogo ad un profilo di equilibrio stabile ed avrebbe certamente interessato una ben piú vasta fascia costiera se le opere di difesa, preposte dalla sezione Opere Marittime del Genio Civile di Ravenna, non avessero trasferito piú al largo le nocive correnti marine (fig. 9).

#### APPORTI ED EROSIONI

La linea di costa, quale risultante di apporti ed erosioni, è nelle condizioni meccaniche di un equilibrio dinamico in continua evoluzione.

##### A) *Gli apporti*

Gli apporti di materiale clastico sul litorale romagnolo sono dovuti:

- al trasporto solido fluviale;
- allo smembramento dei rilievi molassici litorali;
- allo spostamento di materiale di fondo.

1) Trasporto solido fluviale. È particolarmente abbondante in quanto la Romagna è interessata ad una fitta rete di corsi d'acqua che scaricano in mare i prodotti dell'ablazione meteorica dell'Appennino e Preappennino, prevalentemente argillosi e molassici.

Lo Zangheri (9), basandosi sullo spessore della coltre alluvionale padana, calcolò in almeno 650 metri la potenza del manto asportato dalle montagne e colline romagnole nel corso dei tempi in seguito all'erosione; tale cifra corrisponde a circa 1 millimetro annuo per tutta la durata del Quaternario. Lo stesso Zangheri (10) precisa che si tratta di una erosione imponente che ha prodotto la colmata (dello spessore medio di un chilometro

(9) P. ZANGHERI, *La provincia di Forlì nei suoi aspetti naturali*, C.C.I.A., Forlì 1961.

(10) P. ZANGHERI, *Il paesaggio naturale della Romagna attraverso i tempi*, in « Studi Romagnoli », V (1954), pp. 561-87.

e mezzo) che costituisce l'attuale pianura, mentre un altro forte quantitativo di tale prodotto di erosione trasportato dai corsi d'acqua è finito e finisce nel fondo dell'Adriatico. Egli pensa che le cifre esposte siano ancora piuttosto inferiori al vero che superiori, sia in passato, sia anche per il presente.

Bisogna inoltre aggiungere l'apporto di quei fiumi che, pur non insistendo nella regione, contribuiscono in larga misura al ripascimento naturale degli arenili romagnoli (Foglia, Metauro, Cesano, ecc.), oltre a rappresentare, come il Po, un elemento basilare nello studio degli stessi fenomeni idrodinamici.

Si può ritenere che, nell'arco di tempo preso in esame, i bacini imbriferi dei sopraindicati fiumi si siano leggermente ampliati; purtuttavia i trasporti solidi devono considerarsi in graduale riduzione, sia in funzione della naturale evoluzione della rete idrografica, che tenendo al profilo di base limitatamente le capacità erosive e di trasporto dei fiumi stessi, sia in funzione dell'evoluzione morfologica che modellando i rilievi instaura, agli effetti del dilavamento, condizioni di maggior tenuta dei versanti. Ma il maggior artefice delle variazioni negative e positive degli apporti è certamente l'uomo: da un lato con l'abbandono ed il disboscamento dei versanti collinari e montani, dall'altro con sbarramenti lungo i corsi d'acqua e, soprattutto, con l'asportazione caotica ed indiscriminata di materiali lapidei dagli alvei dei fiumi che dal dopoguerra viene operata con ritmo intenso e sempre crescente parallelamente allo sviluppo urbanistico e stradale. Il Supino (11) stima che il materiale asportato dal Conca, dal Marecchia, dall'Uso superi certamente i 330.000 m<sup>3</sup>/anno, altrettanto dicasi dei fiumi nord-marchigiani. Sono cifre enormi che fanno risentire pesantemente i loro effetti sul ripascimento naturale degli arenili.

2) Smembramento dei rilievi litorali. È operato dalle correnti marine e dal moto ondoso che agisce intensamente a sud di Cattolica. Qui l'erosione è tanto forte che ha portato, dalla tarda Età del Bronzo ad oggi, ad un arretramento del promontorio di Gabicce di circa 500 metri; a tale distanza dall'attuale costa, in mare, sono infatti osservabili lembi di falesie morte che si collegano direttamente con quelle presenti in terraferma da Cattolica a Rimini ed oltre.

---

(11) G. SUPINO, *Relazione tenuta al XXIII Congresso Nazionale delle Bonifiche*, Roma 1967.

Un'erosione media di 15 cm all'anno non è, almeno per la monoclinale Gabicce-Pesaro, certamente inferiore alla realtà; attualmente, anzi, si hanno, almeno per alcune zone, valori notevolmente superiori. Il fenomeno però non è stato costante nel tempo e nello spazio, ed oltre al gioco delle correnti hanno influito sensibilmente molti fattori geologici (frane, smottamenti, differenziazioni stratigrafiche e litologiche, faglie, pseudo-diapiri dello « Schlier », ecc.).

Orientativamente si può ritenere che l'attuale rilievo molassico Gabicce-Pesaro rappresenti solo 1/3 di quello originale; si tratta quindi di milioni di metri cubi di materiale clastico in buona parte distribuito, come si vedrà, lungo il litorale sud-romagnolo, secondo un processo meccanico tuttora in fase di svolgimento.

3) Spostamento dei materiali di fondo. Gli spostamenti di materiale alimentatore degli arenili, sia esso di origine fluviale o costiera o marina, sono particolarmente interessanti e significativi. Mancano purtroppo, per l'area in esame, esami petrografici, litologici e granulometrici dettagliati, tanto importanti anche al fine di accertare le caratteristiche delle correnti trasportatrici prevalenti; si può comunque adattare opportunamente i valori che si leggono in tre importanti studi eseguiti recentemente da Ciabatti-Colantoni-Rabbi (12), Ciabatti-Colantoni (13) e Passegga-Rizzini-Borghetti (14), rispettivamente per il delta del Po ed il tratto Ortona-Pescara.

Nel litorale romagnolo si osserva che, in generale, la foce dei fiumi è più ricca di materiali ciottolosi a ponente che a levante e che le strutture portuali presentano, a destra delle dighe, maggiori insabbiamenti che a sinistra. Tali fenomeni sono stati messi in rapporto con una corrente di riva diretta da SE a NO.

Il Veggiani (15), in uno studio sui depositi ghiaiosi di Cervia, faceva osservare che non vi erano più dubbi sulla migrazione di materiale ghiaioso e sabbioso in senso longitudinale alla

---

(12) M. CIABATTI, P. COLANTONI, E. RABBI, *Ricerche oceanografiche nell'alto Adriatico antistante il delta del Po*, in « Giornale di Geologia », XXXIII (1965).

(13) M. CIABATTI, P. COLANTONI, *Ricerche sui fondali antistanti il delta del Po*, in « Giornale di Geologia », XXXIV (1966).

(14) R. PASSEGA, A. RIZZINI, G. BORGHETTI, *Transport of sediments by waves, Adriatic coastal shelf, Italy*, in « The American Association of Petroleum Geologists Bulletin », LI (1967).

(15) A. VEGGIANI, *Le cave di sabbia e ghiaia tra Cervia e Ravenna e il loro interesse geologico*, in « Studi Romagnoli », XI (1960), pp. 3-20.

costa adriatica dall'area marchigiana a quella romagnola, e che lo stesso fenomeno si verificava certamente durante l'epoca romana ed anche prima (in accordo con l'ipotesi di lavoro formulata). Ma già in precedenza lo stesso Veggiani (16), osservando la presenza di selce rossa nei sedimenti litorali del Quaternario fra Rimini e Piacenza, asseriva: « Sembra inoltre di constatare che le correnti di riva hanno assunto via via direzione EO, ESE-ONO a mano a mano che il mare si ritirava e la linea di spiaggia si spostava da occidente verso oriente mentre le alluvioni colmavano le ultime depressioni del golfo padano ».

Recentemente Scaccini e Piccinetti (17) distinguevano due correnti superficiali: « l'una costiera, dell'ampiezza di 10-12 miglia dalla costa verso il largo al traverso di Cesenatico e che si restringe, fino a 6-7 miglia, tra Pesaro ed Ancona, il cui spessore, nel senso della profondità, è di m 15 al massimo, ha una direzione da SE a NW ed una velocità massima di mezzo miglio all'ora. L'altra, piú al largo, confinante con la prima, il cui spessore in profondità è di m 17-20, ha una direzione da NW verso SE ed una velocità quasi costante di mezzo miglio. Il limite fra le due correnti, che è abbastanza netto, verificandosi l'inversione di direzione nell'ambito di poche centinaia di metri, può subire degli spostamenti di uno o due miglia o verso terra o verso il largo, ma si mantiene sempre parallelo a se stesso. Le due masse d'acqua hanno anche caratteristiche fisico-chimiche differenti ».

Anche la presenza di ciottoli di rocce ignee e metamorfiche fra Fano e Cattolica ed arena terebrante (verosimilmente di analoga origine) nella stessa zona ed anche piú a nord, fino a Cesenatico, lascia pensare ad una differenziazione gravitativa da SE a NW.

Una corrente litorale diretta verso NW, oltre a concordare con le vedute di molti AA., trova ragione di essere nella dominanza di venti di levante e scirocco, nel gradiente barico, e nella differenza di densità (la salinità cresce da NW a SE) che caratterizza il versante italiano dell'alto Adriatico.

Si deve essenzialmente a questa corrente la distribuzione di materiali sabbiosi e ciottolosi lungo l'arco costiero romagnolo;

---

(16) A. VEGGIANI, *Trasporto di materiale ghiaioso per correnti di riva dall'area marchigiana all'area emiliana durante il Quaternario*, in « Boll. Soc. Geol. Ital. », LXXXIV (1965).

(17) A. SCACCINI, C. PICCINETTI, *Il fondo del mare da Cattolica a Falconara*, C.N.R., Bologna 1967.

anche lo studio geofisico delle conoidi (18) dei principali fiumi romagnoli ha dimostrato che tale corrente ha costantemente interessato il litorale seguendo una casistica quasi eccezionale (19).

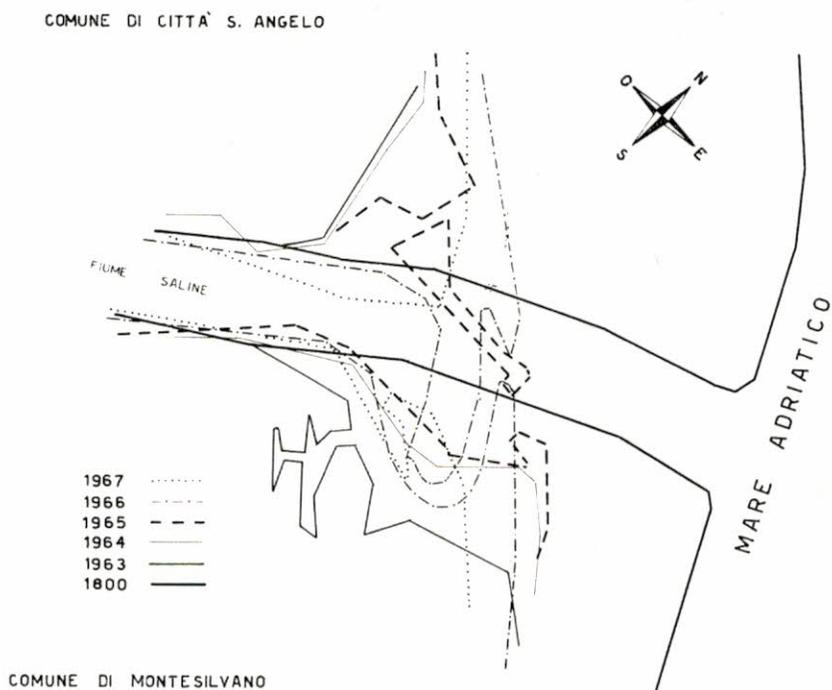


Fig. 10 — Evoluzione della foce del fiume Saline (Pescara).

## B) *Le erosioni*

Si è osservato lungo tutto il litorale romagnolo, escluso Punta Gabicce, che con mare calmo o poco mosso la spiaggia tende a crescere sia sopravvento che sottovento, indipendentemente

(18) *I problemi idrici nel quadro dello sviluppo sociale ed economico della Provincia di Forlì*, a cura dell'Ufficio Studi della C.C.I.A. di Forlì, Forlì 1961.

(19) La dominanza di correnti da SE a NW, che caratterizza l'unità idromorfologica romagnola e nord-marchigiana, non trova sempre riscontro in altre unità dello stesso versante adriatico. In quella abruzzese, per esempio, le condizioni sono sensibilmente diverse: non vi è una vera e propria corrente dominante ma un moto alternativo che forse è influenzato da una certa ciclicità di fenomeni atmosferici. L'evoluzione della foce del fiume Saline (Pescara), dagli inizi del sec. XX ad oggi, evidenzia, sia per la genesi che per la presenza di ciottoli a levante e a ponente, abbastanza chiaramente la fenomenologia (fig. 4). Alla fine del secolo scorso la foce, orientata verso E-NE, era ben protesa in mare ed aveva la caratteristica forma a ventaglio che

dalla direzione della corrente litorale, per un lento, uniforme e quasi costante apporto di materiali. Per contro con forti mareggiate si ha una intensa erosione, palesemente differenziata da zona a zona, con massimi e minimi in funzione dell'andamento batimetrico, della morfologia del fondo, del settore di traversia, e soprattutto della direzione delle correnti.

L'esperienza dimostra che, sempre nelle spiagge sottili, vi è una antitesi netta nello sviluppo dei due fenomeni. L'apporto si manifesta in un lungo lasso di tempo, in quasi tutta l'unità idromorfologica, e le correnti trasportatrici tendono a smorzarsi dolcemente verso la battigia; l'erosione è rapidissima, può dissipare in poche ore l'apporto di anni, investe con tutta la sua potenza distruttiva zone a volte notevolmente ristrette, e genera forti correnti che si allontanano dalla riva.

La causa prima di così forti differenziazioni, nell'ambito dello stesso mezzo, deve ricercarsi principalmente nel diverso regime del fluido in movimento.

Con mare calmo o poco mosso la velocità della corrente litorale è molto modesta (da un quarto a mezzo miglio all'ora) e si verifica, in prossimità di un ostacolo, un moto lamellare (legge di Stokes) che lambisce questo senza che i filetti di corrente generino moti secondari vorticosi. Se l'ostacolo è rappresentato da un grano di sabbia portato in sospensione al mare (per esempio da una corrente fluviale) e naturalmente sottoposto alla forza di gravità  $P = mg$ , questo nei primi istanti si muoverà con moto uniformemente accelerato finché non raggiungerà una velocità  $v$  alla quale la resistenza  $R = 6\pi\delta\eta r$  sarà uguale alla forza  $P$  ed il corpo si muoverà con moto uniforme. La resistenza del corpo, che indirettamente offre una valutazione della capacità di trasporto del liquido, è direttamente proporzionale alla sua forma e dimensione, alla viscosità del mezzo, ed alla velocità  $v$ . Quest'ultima è condizionata (20):

---

veniva successivamente erosa dalle correnti litorali deviate in seguito alla costruzione dei moli foranei del porto di Pescara. Nel 1963 la foce guardava a NE ed era sensibilmente arretrata, nel 1964 piegava verso E-NE e si verificava un lieve avanzamento. Nei primi mesi del 1965 l'asse era orientato verso E ma alla fine dello stesso anno si verificava una inversione, nel 1966 riprendeva la direzione primitiva (verosimilmente dettata da correnti litorali da NW a SE), con notevole accumulo di materiali a ponente, avanzamento della linea di costa, e tendenza a riformare il delta. Nel 1967 l'asse si spostava verso nord per il prevalere di correnti da SE a NW e l'erosione tornava ad operare sulla zona.

(20) D. SETTE, *Lezioni di fisica*, Roma 1963.

— dall'attrito che si genera fra i filetti fluidi e lo strato di liquido che aderisce al corpo;

— dalla deviazione che subiscono i filetti di corrente in corrispondenza della parte frontale del corpo;

— dallo stato di moto (lamellare o vorticoso) che si stabilisce in corrispondenza della regione posteriore del corpo. Qui, infatti, la pressione, che è sempre inferiore a quella sul fronte, può variare notevolmente secondo il tipo di moto ed è l'elemento che principalmente determina il modulo di forza che si esercita sul corpo per effetto delle pressioni distribuite sulla sua superficie.

Nel caso di granuli di sabbia  $1/3$  della resistenza è dovuta all'attrito fra filetti fluidi e strato di liquido che aderisce al corpo,  $2/3$  allo stato di moto.

Sempre nel caso di moto lamellare, e quindi nel campo di validità della legge di Stokes che interessa l'intera sezione del liquido con velocità decrescente verso il basso per attrito di fondo (regime di Poiseuille), avvicinandosi il corpo in sospensione ad una spiaggia sottile la velocità del fluido tende a diminuire e la forza  $P$  fa depositare il materiale.

Se la velocità del fluido aumenta il moto lamellare si trasforma in moto turbolento, le linee di corrente si spezzano e generano i vortici. Una qualsiasi disuniformità locale produce effetti inerziali tali da investire l'intera massa del fluido, le cui particelle vengono a possedere moti a caso in tutte le direzioni, e si producono vortici nei quali i filetti fluidi tendono a chiudersi ad anello; parte dell'energia cinetica del fluido viene dissipata in calore per effetto dell'attrito interno.

Durante le mareggiate le onde, che in prossimità della riva sostituiscono al moto oscillatorio un moto di traslazione, scaricano sulla spiaggia una notevole quantità d'acqua la cui energia cinetica è direttamente proporzionale alla massa liquida in movimento ed al quadrato della velocità. L'inerzia della massa fluida è rilevante; già durante l'avvicinamento ai bassi fondali ed agli scanni i vortici più prossimi al fondo cedono, per attrito, parte dell'energia cinetica ai granuli di sabbia che possono così vincere la forza peso, portarsi in sospensione, e mettersi in movimento, mentre gli altri vortici mantengono il movimento stesso. Se si considera anche lo spostamento delle masse d'acqua si ha un flusso che non solo interessa i granuli in sospensione ma anche quelli che prima erano sul fondo.

Quando, infine, la massa fluida si riversa sulla battigia l'energia cinetica residua può dissiparsi lungo il pendio della spiaggia trasformandosi in energia potenziale oppure essere riflessa. Nel primo caso l'energia potenziale tende a vincere l'adesione e la forza peso dei granuli sabbiosi e trasportarli lungo la costa. Nel secondo viene riflessa secondo le leggi dell'urto per cui, indicando con  $E'c$  ed  $E''c$  rispettivamente l'energia cinetica prima e dopo l'impatto, si avrà  $E''c = E'c - \varepsilon$  essendo  $\varepsilon$  la quantità di energia ceduta nell'urto ai granuli sabbiosi che possono in tal modo vincere la forza  $P$  e passare in sospensione.

Il fronte d'onda, che ha subito l'impatto, incalzato da onde successive passa sotto il pelo libero di queste generando una corrente profonda diretta verso il mare aperto (*undertow*) e trasportando i granuli in sospensione; una buona parte di questa corrente sfugge lateralmente formando le *rip-currents*, particolarmente importanti quando il vento soffia ortogonalmente alla riva.

Se il fronte d'onda ha una certa angolatura rispetto al litorale si forma anche una particolare corrente parallela alla costa — *longshore current* — che assume la direzione di questa, fino a quando un ostacolo, o una foce fluviale, o una *rip-current*, non ne deviano la direttrice. L'eventuale deviazione modifica i caratteri fisici della *longshore current* con accentuazioni o riduzioni di velocità, e quindi di capacità di trasporto e di erosione, e con formazione di correnti secondarie.

Fino a quando la fascia litorale, emersa ed immersa, mantiene un declivio dolce l'azione erosiva è contenuta nello smorzamento dell'onda, ma dal momento in cui comincia a formare una micro-falesia la *longshore-current* si avvicina a questa accentuando progressivamente il fenomeno erosivo, fino alla asportazione di notevoli volumi di arena in brevissimo tempo (figg. 5-8).

Non sono immuni da tale fenomeno le difese parallele per le quali si osserva generalmente una più forte corrente sul fronte a mare, con addensamento di filetti fluidi, aumento di velocità, riduzione di pressione ed accentuazione delle capacità di erosione e trasporto (fig. 11). Il Supino (21) ritiene che « queste difese hanno avuto efficacia finora perché esse creano un salto di fondo; dalla parte verso riva del frangiflutti si ha una profondità minore che verso il mare e questa differenza di quota si va accentuando col tempo sicché, passato qualche anno, il frangiflutti si rovescia

(21) SUPINO, op. cit.

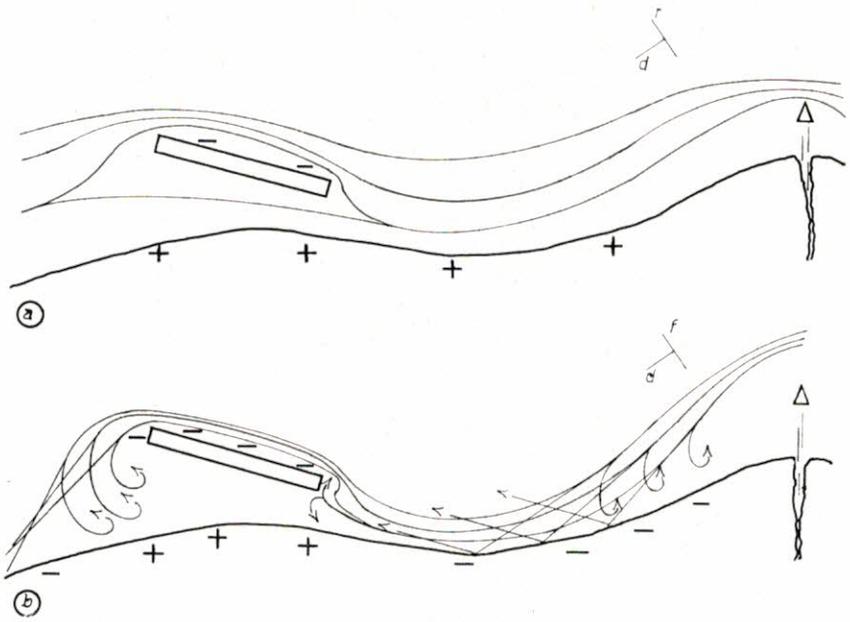


Fig. 11 — Schema degli effetti delle correnti con regime lamellare (a) e turbolento (b) in presenza di una foce fluviale e di una difesa parallela.

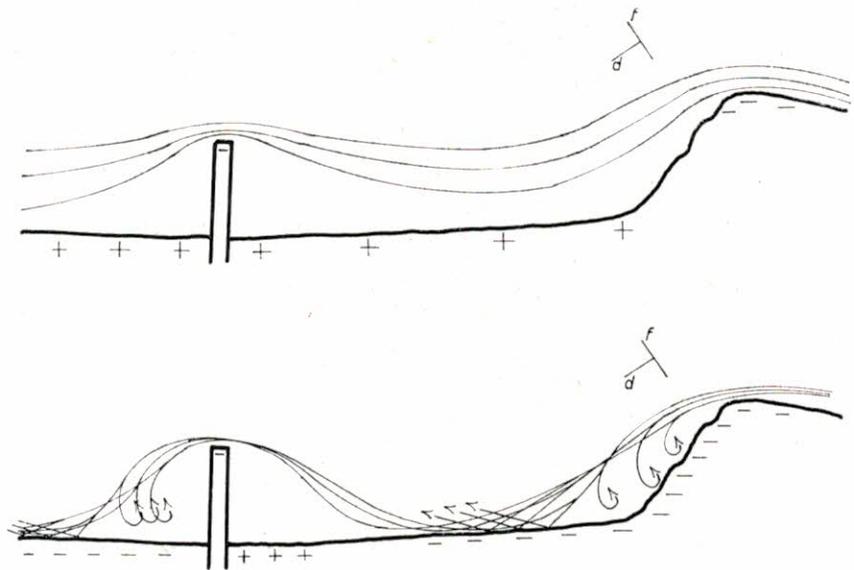


Fig. 12 — Schema degli effetti delle correnti con regime lamellare (a) e turbolento (b) in presenza di un promontorio e di una difesa trasversale.

verso mare e sarà necessario costruirne un altro di maggiori dimensioni. E poiché in questo vi è un limite così il rimedio dato dal frangiflutti non è un rimedio definitivo ».

Nel caso di ostacoli trasversali, che si frappongono al naturale moto delle *longshore currents*, si verifica che sopravvento questa tende ad allontanarsi dalla riva, per scaricare poi sottovento, e con maggior violenza, tutto il potenziale energetico accumulato in prossimità dell'ostacolo. Se la velocità è sufficientemente alta si osserva, a ridosso dell'ostacolo, la formazione di correnti secondarie in moto turbolento (fig. 12).

Logicamente questi fenomeni spaziano in una vastissima gamma di effetti intermedi dipendenti dalle caratteristiche meccaniche e geometriche dell'ostacolo, dalla orientazione, posizione, ecc.

Per concludere quindi si può affermare che apporti ed erosioni agiscono principalmente in funzione del trasporto solido dei fiumi, sensibilmente ridotto in questi ultimi decenni, nonché della velocità e del moto delle correnti: la prima addensa o dirada i filetti fluidi (che per la rotazione terrestre tenderebbero, nel litorale romagnolo, a piegare verso la costa) asportando o depositando materiali, la seconda passando da un regime lamellare ad uno turbolento esercita una analoga azione in termini esponenziali.

#### EVOLUZIONE DELLA LINEA DI COSTA ROMAGNOLA

Si cerca, nel presente capitolo, di tracciare uno schema della evoluzione della linea di costa romagnola dalla fine del Neolitico ai giorni nostri. Come si è in precedenza detto, l'arco di tempo considerato e le ipotesi di lavoro formulate possono giustificare una certa costanza di fenomeni; a maggior semplificazione nelle tavole dimostrative si è preso in esame solo le correnti prodotte da un ben preciso mare, il mare di levante. Non si vuole in tal modo limitare il problema, che può essere trasferito a tutte le possibili condizioni oceanografiche, ma snellire la trattazione selezionando, fra i tanti possibili, il più frequente ed intenso agente di modificazione della linea di costa.

Si precisa inoltre che nel tracciare le probabili linee di costa si è curato l'insieme e non il particolare, per cui i limiti non devono essere presi con rigore geografico ma visti in funzione di uno studio geomorfologico generale dove piccole variazioni non

alterano i rapporti del fenomeno stesso; purtuttavia si è cercato la maggior precisione possibile attenendosi alle testimonianze storiche, archeologiche, studi idrografici e geologici, nonché osservazioni dirette.

Durante la glaciazione würmiana tutto il bacino dell'alto Adriatico, all'incirca fino alla congiungente Ancona-Zara, si presentava come una enorme valle, ricca di acquitrini, dove i neanderthaliani potevano abbondantemente cacciare e liberamente muoversi senza che ostacoli naturali si frapponessero alle loro esigenze di nomadi. La rete idrografica allineava i corsi d'acqua per farli probabilmente convergere in un unico fiume pressoché al centro dell'attuale Adriatico.

Con il post-glaciale il mare invadeva gradatamente la conca adriatica penetrando profondamente nell'attuale pianura.

Alla fine del Neolitico (ca. 2500 a.C.) la morfologia costiera presentava un grande golfo dominato a nord dal gruppo dei Colli Euganei ed a sud dal promontorio di Gabicce, ancora ben esteso nel suo motivo anticlinale e probabilmente fagliato longitudinalmente a qualche chilometro dall'attuale costa (tav. 1). A NW di Gabicce, fra Cattolica e Riccione, si estendeva la grande conoide dei fiumi Conca, Ventena e Tavollo sul cui fronte l'abrasione marina cominciava a scalzare il piede. In analoghe condizioni si trovava, presso Rimini, la conoide del Marecchia; piú a nord la linea di costa rientratava seguendo, grosso modo, la direzione appenninica.

Sotto l'aspetto idrologico una simile morfologia costiera comportava, con mare di levante, un addensarsi di filetti di corrente lungo il promontorio di Gabicce con graduale diradamento verso nord e deviazione ad opera delle correnti fluviali ed in particolare del Po la cui foce, che non formava un delta, era con ogni probabilità ubicata a nord-ovest di Ravenna. Un regime idrico lamellare dava luogo ad una modesta erosione lungo il promontorio di Gabicce, ed una sedimentazione a nord tanto piú intensa quanto piú prossima all'asse della foce del Po. Con regime vorticoso l'erosione era molto piú accentuata a Gabicce e sul fronte della conoide del Conca, mentre tendeva gradualmente a ridursi verso nord, eccezion fatta per le aree poste a ponente dei grandi fiumi che risentivano, in parte, gli effetti delle correnti vorticose secondarie.

Il perdurare del fenomeno, in fasi alterne, portava, nell'Età del Bronzo (ca. 1500 a.C.), ad una linea di costa la cui traccia

è, anche oggi, abbastanza ben definita (tav. 2). Essa è segnata da quella falesia morta che si osserva fra Cattolica e Riccione immediatamente a monte della S.S. 16, ed a valle di questa fra Riccione e Rimini; dirige poi verso NW fino ad est di S. Zaccaria per formare un ampio arco concavo nella media pianura forlivese, faentina ed imolese.

Nel tratto Cattolica-Rimini questa linea di costa rappresenta la massima ingressione marina dal würmiano ad oggi.

La constatazione che a valle della sopraindicata linea non si è rinvenuto, fra Gabicce e Rimini, alcuna traccia di manufatti per lo meno precedenti all'età repubblicana lascia supporre che non si siano verificate, per un lungo lasso di tempo, sensibili variazioni della linea di costa.

Dal punto di vista geologico ed idrologico tale stazionarietà potrebbe spiegarsi ammettendo che l'erosione marina avesse raggiunto i compatti strati arenacei e molassici azzurri, formanti l'ossatura dell'anticlinale di Gabicce, le cui testate sono ancora ben visibili in mare, a circa 500 metri dal porto di Cattolica e fino alla Vallugola e Fiorenzuola di Focara. In tale ipotesi l'abrasione sarebbe stata molto intensa immediatamente a ridosso degli strati molassici (avrebbe cioè formato un golfo aperto a NW, antistante gli attuali centri di Cattolica e Gabicce) e molto lenta lungo tutto il restante litorale. L'azione dinamica delle correnti sarebbe stata influenzata, nell'ambito della unità idromorfologica, dal solo avanzamento della foce del Po che, per la notevole distanza dal settore Cattolica-Rimini avrebbe potuto qui dar luogo tutt'al più ad insalubri acquitrini. Da Rimini alla foce del Po né il regime lamellare né quello turbolento avrebbero potuto arrestare il rapido processo sedimentologico abbondantemente alimentato dagli apporti solidi dei fiumi romagnoli e nord-marchigiani.

Agli inizi dell'Era Volgare la linea di costa corrispondeva pressapoco a quella indicata nella tav. 3. Il Po avanzava rapidamente e, secondo quanto si desume da Plinio, con netta prevalenza delle bocche meridionali, in particolare il Po di Primaro, sulle altre (quelle Carbonarie erano ostruite). L'avanzare dei rami meridionali portava ad intensificare il deposito di materiali a levante di questi, giacché la corrente fluviale tendeva a comportarsi, verso la *longshore current*, come un molo o una difesa trasversale. A sud di Ravenna si determinava in un primo tempo una situazione stazionaria (se non localmente erosiva) in funzione del lentissimo processo abrasivo di Punta Gabicce, ma in seguito il rapido pro-

gredire della foce del Po andava ad interessare direttamente la zona a sud favorendone la sedimentazione e tendendo ad imporre un allineamento N-S, che probabilmente rappresentava una condizione di equilibrio. L'intersezione fra la direzione N-S della

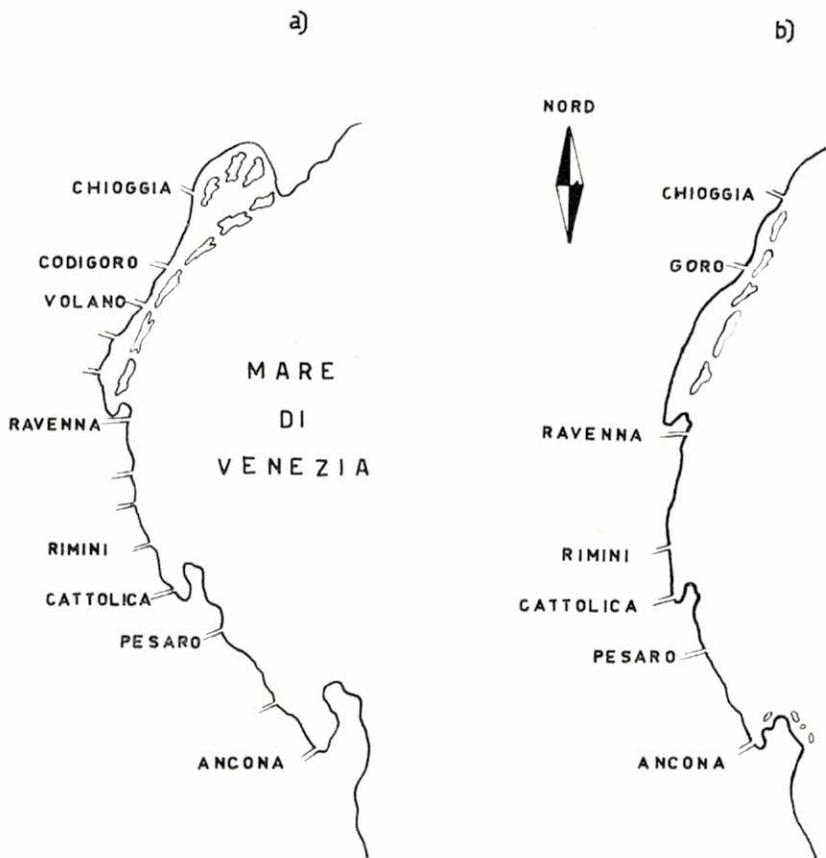


Fig. 13 — La costa romagnola secondo antiche carte portolaniche (riproduzione del particolare):

a) 1373, ANONIMO, Milano, Biblioteca Ambrosiana

b) 1448, Andrea BIANCO, Milano, Biblioteca Ambrosiana.

In entrambe all'altezza di Cattolica è indicato un porto o un approdo.

costa ravennate e quella NW-SE della riminese tendeva, con evolversi del fenomeno a spostarsi sempre più verso Rimini.

Nei secoli successivi perdurava l'apporto a sud del Po di Primaro a cui seguiva, verso meridione, una zona variabilmente influenzata e, all'estremo sud (Rimini-Cattolica) un sensibile avan-

zamento della costa accentuato da un piú rapido smembramento del promontorio di Gabicce (22).

In una carta portolanica del 1373, conservata nella Biblioteca Ambrosiana di Milano (fig. 13), il promontorio di Gabicce si allungava ancora in mare verso NW, e la costa continuava con un vasto arco fino a Ravenna ed alla foce del Po, appena accentuata. Ma già due secoli prima (1150) il Po aveva rotto a Ficarolo spostando a settentrione le bocche piú attive (tanto da preoccupare i Veneti che, attorno al 1600 ne deviavano il corso mediante il Taglio di Porto Viro da cui ha probabilmente preso origine il delta attuale).

Attorno al sec. XIV la linea di costa (tav. 4) da Comacchio dirigeva a sud fino ad oltre Ravenna; piegava poi verso S-SE con un leggero arco fino a Cattolica dove accennava ad una piccola baia avente a levante le ultime propaggini del promontorio di Gabicce. Tutte le carte portolaniche dell'epoca rispecchiano, grosso modo, questa situazione (fig. 13), in esse, anzi, il promontorio di Gabicce si protende in mare con una forte accentuazione, ma bisogna pensare che forse si voleva solo mettere in maggior risalto quei particolari aspetti della morfologia costiera estremamente importanti per la navigazione.

L'idrologia presentava un diradamento di filetti fluidi dalla foce del Po a Cervia con apporti nel tratto piú a nord e, decisamente piú abbondanti, nel ravennate dove l'angolo fra le due diverse direttrici di costa tendeva a spostarsi sempre piú a sud. Con questo spostamento si accentuava però l'addensamento di filetti a levante tanto da non permettere un avanzamento della linea di battigia analogo a quello che si verificava nel settore in mare.

---

(22) L'arretramento del promontorio di Gabicce esercitava, come si è detto, la duplice azione di ridurre l'intensità dei vortici e contribuire ad alimentare, col materiale abraso, tutta la zona di ponente. Per verificare questo asserto si è prelevato un campione molassico nella falesia morta sommersa a circa 500 metri dal lido di Gabicce Mare, disgregato in acqua leggermente acidula, e passato ad una serie di vagli per un esame granulometrico. La ricerca di quella porzione del campione che meglio potesse rispondere alla possibilità di trasporto, con moto lamellare, fino alla battigia è stata orientata sulla base dei « diagrammi di concentrazione dei granuli sabbiosi » (*velocity-concentration diagram*) in funzione della velocità del mezzo, studiati da Passegna, Rizzini e Borghetti (op. cit.) per il tratto Ortona-Pescara dove le condizioni geomorfologiche litorali possono grossolanamente assimilarsi a quelle della costa di Cattolica nei primi secoli dell'Era Cristiana. I risultati, granulometrici e petrografici, ottenuti sono stati comparati con quelli ricavati da un campione prelevato alla profondità di m 14, in Cattolica, vicino al mare, in prossimità dell'Hotel Beurivage. La comparazione ha evidenziato una affinità petrografica per l'80%, e granulometrica per il 65% giustificando sufficientemente quanto in precedenza asserito.

nord dell'unità idromorfologica. A Cattolica, anzi, le lentissime variazioni positive del litorale si verificavano solo in funzione dell'abrasione esercitata su Gabicce che era ancora ben proteso

Una simile situazione darebbe credito a quanto ebbero a scrivere storici illustri come Flavio Biondo (*Italia Illustrata*, 1435), Leandro Alberti (*Descrittione di tutta Italia*, Venezia 1588), Adimari (*Sito Riminese*, Brescia 1616), sulla presenza di torri e mura nel mare antistante Cattolica. Non si intende qui entrare in polemica sulla esistenza o meno di una città sommersa, ma si dà credito alla presenza di terraferma dove oggi è mare aperto. D'altra parte la semplice constatazione della presenza di potenti strati arenacei e molassici al largo di Cattolica non lascia dubbi su una erosione molto recente.

Proporzionato allo smantellamento di Punta Gabicce è il lento ripascimento dell'arenile di Cattolica, Riccione e Rimini; è interessante quanto riferisce il Paoli (23) in merito alle variazioni di costa anche in zone molto vicine: « A Cattolica una torre posta alla sinistra del Tavollo che esisteva nell'anno 1790 lontana dal lido, fu poi superata dalle onde ed ora non vi è più traccia di lei. Il che dimostra invero come ivi il mare tenda ad occupare terreno (in concomitanza con l'erosione di Punta Gabicce). Invece poche centinaia di metri distante dirimpetto a Cattolica (deve intendersi l'attuale quartiere di Cattolica Vecchia) si vedono alcuni terreni ora ridotti a cultura mentre 40 anni addietro non presentavano che arida sabbia ».

Agli inizi del 1800 si aveva lungo tutto l'arco romagnolo una naturale tendenza al ripascimento, eccezion fatta per Punta Gabicce dove l'addensarsi dei filetti di corrente manteneva il fenomeno erosivo, e per la fascia che da Cervia giungeva poco a nord di Ravenna dove si aveva un andamento instabile in funzione delle opere artificiali erette al fine di bonificare e regolare il corso dei fiumi in quella zona (inalveamento del Reno, deviazione dei Fiumi Uniti, ecc.).

Dal 1800 ad oggi il fenomeno, nella naturale evoluzione dell'unità idromorfologica non è variato: Punta Gabicce, sempre abrasa dal moto ondoso, tende a ridursi attenuando l'erosione a

---

(23) D. PAOLI, *Fatti per servire alla storia dei mutamenti avvenuti sulla costa d'Italia da Ravenna ad Ancona per gl'interrimenti, e per comunicazione sul moto radente*, Firenze 1842.

nord, mentre la foce del Po, in fase espansiva, devia sempre piú le correnti litorali con conseguente sedimentazione a sud.

È invece molto cambiata la fenomenologia nell'ambito di ben specifiche sezioni e zone idromorfologiche in funzione della riduzione del trasporto solido fluviale e delle opere artificiali erette per vari scopi lungo il litorale in quest'ultimo secolo, per i cui effetti si rimanda a quanto in precedenza esposto.

## CONCLUSIONI

La carrellata attraverso 10.000 anni di storia morfologica del litorale romagnolo evidenzia marcatamente l'intenso ed ininterrotto lavoro, costruttivo e distruttivo, operato dalle acque marine e continentali in un armonico carosello di cause ed effetti. Colpisce, nello studio di questi fenomeni, la persistenza di un filo conduttore, quasi una finalità, che rifuggendo dal caotico e dall'accidentale vincola le piú disparate manifestazioni fondendole in un complesso ed organico ciclo evolutivo. Eraclito, che per primo ebbe intuizione della vera essenza dei fenomeni naturali, siglò col famoso « πάντα ῥεῖ » l'immagine di questa perenne mutabilità che pervade l'universo e della costante ricerca di equilibrio nel continuo divenire delle cose.

Individuare, nello schema generale degli apporti e delle erosioni, il filo conduttore che tiene le redini di questa meccanica evolucionistica significa determinare quali siano i parametri fondamentali che regolano le variazioni della linea di costa nel passato, nel presente e soprattutto nel futuro. E se passato e presente interessano la scienza e la cronaca, il futuro ha una enorme importanza pratica per le città rivierasche romagnole che, impegnando ogni energia, hanno eretto il piú grande ed importante complesso turistico d'Europa impostandolo unicamente sullo sfruttamento intensivo della transitoria fascia di spiaggia sottile.

Negli ultimi decenni molte di queste città, in tempi diversi, hanno assistito con sgomento al repentino incalzare dell'erosione marina; erano sufficienti, a volte, pochi giorni di forti mareggiate, se non poche ore, per vedere vaste estensioni di arenile spazzato via dai marosi e sparire nel gioco delle correnti. In non pochi casi la minaccia gravava pesantemente anche sui fabbricati.

Mantenere l'arenile nella sua integrità è da allora il categorico imperativo che impegna ed assilla gli enti responsabili che hanno cercato di utilizzare tutti i mezzi della tecnica, a volte

anche con effetti opposti, nel tentativo di trovare una soluzione generale al gravoso problema.

Nel contempo sono stati « brevettati » sistemi ingegnosi, basati sui piú disparati principi, di efficacia « garantita » e di costo proporzionale, che in linea di massima non hanno retto alla prova del tempo. E se in qualche zona si sono avuti apparenti risultati positivi in altre gli effetti sono stati nulli e, peggio ancora, negativi.

Per alcune località, inoltre, alla necessità di mantenere l'arenile si aggiunge quella, assoluta ed impellente, di ampliarlo per far fronte alle sempre piú pressanti esigenze turistiche. Il problema è allora piú arduo e complesso, ma non sempre impossibile per la scienza che trova la piú valida collaborazione nella stessa genesi del fenomeno. Questa, infatti, si sviluppa in un certo lasso di tempo e, nell'ambito dell'unità idromorfologica, secondo un organico ed unitario schema generale. Rispetto a tanti altri fenomeni naturali, che si manifestano repentinamente e senza un palese filo conduttore (terremoti, frane, valanghe, inondazioni, ecc.), lo studioso ha l'enorme vantaggio di poterne seguire lo sviluppo passato e presente ed estrapolarne quello futuro. Logicamente è necessario valutarne dettagliatamente le cause, inquadrarle nell'unità idromorfologica (come le cause anche l'unità idromorfologica varia in funzione del tempo e dello spazio), esaminarne la genesi ed induttivamente definirne il fenomeno generale. Inserendo poi nei parametri di questo i caratteri individuali di una zona idromorfologica si viene ad individuare il modulo evolutivo che è la chiave offerta dalla scienza alla tecnica per tentare di risolvere, in stretta collaborazione con la natura, i piú brucianti problemi.

Collaborare con la natura (e non in opposizione ad essa contro cui ben poco potrebbe la presunzione umana) è l'unica solida e realistica base per giungere a risultati veramente positivi.

È una collaborazione che comporta l'adeguamento dei rimedi alle cause ed alla fenomenologia locale e soprattutto la rinuncia ad una scelta aprioristica delle opere perché, come dice il Bourcart (24) *... il est illusoire et souvent dangereux d'édicter des règles dogmatiques pour la protection contre l'érosion soit des plages, soit de la côte rocheuse, ou même contre l'ensablement des port maritimes. Trop de milliards ont été jetés en vain au fond de la mer.*

---

(24) J. BOUCART, *Problèmes de Géologie sous-marine*, Paris 1958.