

LUIGI CUCCOLI - PAOLO FABBRI - FRANCO MONTANARI

LA DINAMICA DEL LITORALE IN ROMAGNA (*)

A partire dal settembre 1978 per il tratto costiero tra le foci del Rubicone e del Reno, e dal marzo 1977 per quello tra Gabicce e il Rubicone è stata impostata una serie di punti fissi di riferimento, dai quali si potessero eseguire periodiche misurazioni di distanza dalla linea di battigia.

Gli scopi erano di conservare — e darne approssimata valutazione — i movimenti della linea e di chiarire fino a che punto fossero affetti dalle tendenziali variazioni per cicli stagionali delle condizioni mateomarine, oppure da fatti collegati a tendenze non stagionali e di tempo più lungo. Inoltre di verificare l'esistenza di correlazioni spaziali tra i modi di «muoversi» di questo litorale e la presenza di elementi significativi, quali foci fluviali, moli portuali, opere di difesa degli arenili.

E' noto che scopi tanto ambiziosi con metodi tanto semplici quali sono le misurazioni sulla spiaggia emersa sono difficilmente perseguibili. Le obiezioni che il metodo è incompleto e che le misure soffrono di scarsa precisione per la presenza di fatti di disturbo, sono tanto facili che da lungo tempo ce ne siamo appropriati. Anzi, siamo tanto convinti della necessità di presentare risultati più completi (ad esempio, integrare i dati di spiaggia con profili morfometrici estesi alla spiaggia sommersa), che l'abbiamo già fatto in più di un'occasione (1). E nelle medesime occasioni non abbiamo invece dato sufficiente diffusione a queste misure su are-

(*) Lavoro eseguito nell'ambito del Progetto Finalizzato C.N.R. «Conservazione del suolo» (Sottoprogetto «Dinamica dei litorali», pubbl. num.). Gruppo di ricerca diretto da P. Fabbri (Università di Bologna).

(1) P. FABBRI, *Erosione litoranea e gestione del territorio*, «La marineria romagnola», Cesenatico 1978, pp. 25-40; L. VARANI, *L'assetto idrografico dell'entroterra nei suoi riflessi sul regime del litorale romagnolo*, ibid. pp. 41-56; AA. VV. *Le spiagge di Romagna: uno spazio da proteggere*, C.N.R. «Conservazione del suolo», Bologna 1980, voll. 2, pp. 159 + 59.

nile che è invece utile diffondere: non fosse altro per il fatto che chiunque può proseguirle e quindi osservare via via la dinamica del litorale in Romagna. Quanto alla scarsa precisione delle misure, ne ripareremo in sede di metodologia.

Le distanze fra punto fisso di riferimento, che impropriamente chiameremo caposaldo, e battigia sono state nuovamente misurate in settembre 1977, marzo 1978, settembre 1978. Si sono così potute ottenere quattro serie complete di misure (cinque tra Rubicone e Reno) e poichè i caposaldi sono 112 (di cui 72 a Nord del Rubicone), un totale di 520 misure e di 408 valori di differenza. Si tratta di un patrimonio non grande e anche imperfetto, ma che nessuno aveva accumulato in precedenza: lo offriamo con l'auspicio che qualcuno sia ora interessato ad arricchirlo dato che — è bene ribadirlo — la possibilità di eseguire questo tipo di misure non richiede che pochi giorni di addestramento sul terreno anche per chi sia sprovvisto di studi specifici.

I caposaldi sono stati ubicati in punti che dessero sufficienti garanzie di stabilità: in genere su manufatti quali stabilimenti balneari, pali, pilastri delle strade litoranee, nei tratti in cui corrono al retro immediato dell'arenile. Il criterio di scelta è stato in ogni caso quello della stabilità: dunque i caposaldi non si trovano lungo un allineamento predeterminato (dune vive, strade, stabilimenti, cabine) e di conseguenza la distanza assoluta dalla battigia non indica la larghezza dell'arenile. Quello che interessavano ai nostri fini erano in realtà le differenze successivamente misurate da un medesimo caposaldo.

In questo tipo di misure, oltre alla possibilità d'errore strumentale, ne esistono di altri due tipi, entrambi connessi con la difficoltà di ubicare con precisione sufficiente la posizione della battigia: ci riferiamo alle escursioni di marea e alle condizioni di mare mosso. Già un mare forza 3, infatti, rende malcerta la definizione della linea, che tende di fatto ad espandersi in una fascia di alcuni metri (in rari casi fino a 10-20 metri) in relazione ai valori di altezza delle onde battenti il fronte di spiaggia. In questi casi, l'errore nell'impianto della palina d'arrivo della misura dipenderà dall'esperienza del rilevatore: se questi ha buona pratica e sensibilità, dovrebbe essere contenuto entro i ± 5 metri, nelle circostanze più sfavorevoli dei fronti a bassa acclività. Quanto alle influenze di marea, il criterio adottato di eseguire le misure fino alla linea dell'alta marea giornaliera, che non è difficile riconoscere in condizioni di marea diversa, ha in linea teorica sensibilmente diminuito, se non annullato, questo tipo di errore. E' chiaro, in ogni caso, che la distribuzione, sia spaziale che temporale, di questi due tipi di errore è da ritenersi casuale, per cui il loro peso tende a diminuire con l'aumentare delle prove. Di tipo casuale ci

sono sembrati anche gli errori strumentali: nelle numerose prove di tarature eseguite con i telemetri ottici da noi impiegati si è infatti constatato che eventuali errori sistematici dovuti ai limiti dello strumento sono mascherati dall'errore casuale dovuto ai limiti della percezione visiva del rilevatore. In ogni caso, su distanze inferiori ai 50 metri, l'errore è generalmente contenuto nei limiti di $\pm 3\%$; per distanze maggiori, le misure sono state eseguite in due volte, o anche in tre.

Per queste considerazioni, riteniamo che una differenza tra due successive misure non sia significativa se contenuta entro i limiti del 5% rispetto alla prima misura: entro questi limiti infatti la possibilità d'errore dovuto ad una o più delle cause viste sopra potrebbe facilmente mascherare ogni effettivo spostamento della linea di riva, a qualsiasi causa attribuibile. Per maggiore prudenza, nel considerare questi spostamenti abbiamo elevato i limiti al 10%, abbiamo cioè assunto che sia avvenuto uno spostamento reale della linea di riva solo quando una misurazione risulta diversa dalla precedente di oltre il 10% in valore assoluto; e che lo spostamento sia stato sensibile con differenze percentuali superiori a 20.

Proprio per l'approssimazione insita nelle misure, non abbiamo in nessun caso attribuito significati carismatici ai valori assoluti delle misure o delle loro differenze; per lo stesso motivo, non pubblichiamo questi valori e ci limitiamo a fornire un prospetto delle differenze rilevate, suddivise in cinque classi: entro il 10% (stabilità), tra il 10 e il 20% nei due sensi, oltre il 20%, sempre nei due sensi.

1 — VARIAZIONI DELLA DISTANZA DI LINEA DI RIVA DA PUNTI PREFISSATI: VALORI DIFFERENZA TRA MISURE SEMESTRALI. ANNI '76-'78

Valore delle variazioni	Numero osservazioni
> - 20%	46
-10% / -20%	67
$\pm 10\%$	187
10/20%	51
> 20%	41
Totale	392

Alcune considerazioni possono già proporsi dall'esame della tabella. Innanzitutto che delle 392 differenze rilevate (2), 187 sono contenute entro il 10% e quindi sembrano indicare una sostanziale stabilità della linea di riva nel 47,7% dei casi. Questo elemento, che smentisce che il litorale romagnolo sia tutto o quasi in erosione, non è nuovo per gli studiosi, ma lo è per il pubblico non specialista, crediamo, e va dunque dichiarato per primo. Negli altri casi, si sono rilevati sicuri indizi di arretramento 113 volte e di avanzamento 92 volte. In sostanza un arretramento della terraferma è stato accertato solo in 113 casi su 392, pari al 28,8%.

Con tutto ciò, la differenza tra casi di arretramento e casi di avanzamento della linea di riva, pur non clamorosa, è sufficiente per provare l'esistenza di un tendenziale decremento di valori nelle misure effettuate. Se si assume per valida, entro limiti di errori — peraltro sistematici — la estrapolazione ai tratti contigui delle misure lineari (3), il decremento si estende alle stesse superfici degli arenili. In ultima analisi, il saldo dei sedimenti sabbiosi che formano gli arenili è apparso nel periodo 1978-79 negativo, in un rapporto indicativo di 113 a 92.

Quali i motivi? E' noto che, per una serie di fattori che non è qui il caso di ricordare, nel corso di questo secolo si è registrata una sensibile diminuzione di apporti sabbiosi ai litorali da parte dei fiumi. Questo elemento tuttavia non è sufficiente a spiegare un saldo negativo dei sedimenti nel «sistema spiaggia»; in altri termini, una diminuzione del cosiddetto input non spiega di per sé una differenza negativa tra input o output e occorrerà dunque indagare sulle casue del maggiore output.

Tale indagine conduce in tre direzioni:

- a) perdite di sabbia verso gli alti fondali, temporanee o permanenti;
- b) perdite dovute all'azione di venti foranei e facilitate dallo smembramento dei cordoni dunari di protezione;
- c) perdite dovute alla presenza umana.

Di perdite di sedimento verso gli alti fondali, dovute a fenomeni turbiditici non si ha notizia su questo mare epicontinentale, dove i bassissimi valori di acclività dei fondali non sembrano certo favorire fenomeni di risedimentazione al largo. D'altra parte, non sono mai stati rilevati in-

(2) Si sono qui prese in esame 392 delle 408 differenze rilevate. Per vari motivi, 16 valori davano scarsa affidabilità.

(3) I caposaldi sono ubicati ad intervalli di circa 1000 m; in alcuni casi, di circa 500 m. Numerose misure effettuate in punti intermedi — di cui non si è tenuto conto — hanno dimostrato che gli spostamenti della linea di riva lungo gli allineamenti principali possono ragionevolmente estrapolarsi in entrambi i sensi fino a mezza via dai caposaldi contigui.

dizi di tali fenomeni nel corso dei numerosi sondaggi e prelievi di materiali di fondo. Quanto alle perdite temporanee, che sono legate al regime del moto ondoso, le vedremo più avanti.

I venti, soprattutto quelli foranei (4), sono notoriamente un fattore di asporto della sabbia: lo sono, però, a misura della fragilità delle protezioni dunari al retro della spiaggia. Tali protezioni avrebbero nel litorale romagnolo (e di fatto hanno avuto nel passato) altezza fino a 6-8 metri e larghezza di almeno 50-70 metri, corrispondenti ad una superficie di circa 520 ha. Si può stimare che ancora alla fine dello scorso secolo — cioè subito prima che iniziasse l'uso intensivo degli arenili — tale superficie ammontasse a 480 ha; ma era già ridotta a 248 ha a metà degli anni Cinquanta ed è oggi di appena 73 ha (5). E' superfluo aggiungere — ma non inutile ricordarlo — che l'abbattimento delle dune non è ascrivibile a processi naturali.

Altre perdite di sabbia dovute alla presenza umana sulle spiagge non sono mai state valutate, ma appare poco dubbio che siano ingenti. Fino a tempi recenti, la sabbia dell'arenile e delle dune era materia prima per la costruzione di attrezzature balneari e anche di più grossi manufatti al retro. Ancora dalle dune, demolite per acquisire spazi, veniva il materiale di ripascimento delle spiagge in erosione. E si pensi infine ai pur pochi grammi che ogni persona e ogni mezzo asportano quando lasciano la spiaggia: una quantità trascurabile, ma per quale numero potrebbe moltiplicarsi?

E' infine opportuno un cenno a parte sulle perdite di sabbia verso i fondali che hanno carattere temporaneo, essendo legate, come prima accennato, al regime del moto ondoso. E' noto infatti che le onde di burrasca esercitano sul fronte di spiaggia una prevalente azione di scalzamento, con asporti di materiale al largo, a formare due o tre allineamenti di scanni. In condizioni di mare calmo, invece, questi scanni tendono ad essere demoliti ed il materiale che li compone ad essere restituito alla spiaggia emersa. La letteratura specialistica tende a riconoscere ovunque due cicli in un anno: l'uno di prevalente ripascimento, l'altro di prevalente erosione, che coincide col tempo delle mareggiate più intense e frequenti. Si riconosce generalmente che nell'Alto Adriatico i due periodi corrispondono al semestre cosiddetto estivo (aprile-settembre) ed al se-

(4) I venti che spirano da terra hanno minore influenza perchè la sabbia trasportata verso i bassi fondali tende a rientrare in circuito.

(5) Il più completo ed aggiornato studio sulla materia è stato condotto, nell'ambito del nostro gruppo, da C. CRENCINI. *L'evoluzione delle dune del litorale romagnolo nell'ultimo secolo*, «Rass. Economica», Forlì 1980, nn. 6/7.

mestre invernale (ottobre-marzo) rispettivamente. La scelta dei mesi di marzo e settembre per la esecuzione dei nostri rilievi non è dunque casuale: essa tendeva precisamente a valutare quanta parte di movimenti di riva fosse di natura «elastica», cioè dovuta ad oscillazioni stagionali, e quanta dovesse invece ascriversi ad altri fattori di tipo anelastico.

Per questo possiamo riferirci ai dati rilevati tra Rubicone e Reno, per i quali disponiamo di due cicli annuali completi.

2 - LITORALE TRA LE FOCI DEL RENO E DEL RUBICONE VARIAZIONI INVERNALI (Δi) ED ESTIVE (Δe)

Valore variazione	Δi % 77-76		Δe % 77-77		Δi % 78-77		Δe % 78-78	
> - 20%	10	14	4	6	14	20	8	13
-20/- 10%	13	18	14	20	12	17	11	17
$\pm 10\%$	32	45	31	44	31	43	31	49
10/20%	7	10	11	15,5	9	13	8	13
>20%	9	13	11	15,5	5	7	5	8
Totale	71		71		71		63	

Qui i 23 decrementi osservati alla fine del primo inverno si sono ridotti a 18 dopo la successiva estate; nel secondo anno si risale a 26 decrementi invernali e infine si torna a 19 decrementi estivi. Su un totale di 49 decrementi osservati alla fine dell'inverno, 37 sono stati confermati anche alla fine dell'estate e dunque non sembrano legati a cicli stagionali; per gli altri 12 invece (25% del totale) si può proporre un'influenza dei cicli semestrali.

A conclusioni simili, anche sul piano quantitativo, si perviene osservando le frequenze degli accrescimenti: delle 22 differenze positive riscontrate alla fine dell'estate 1977, 6 sembrano legate alla stagione, dato che le altre 16 erano presenti prima dell'estate. Per il 1978, invece, non si riscontra un'incidenza della stagionalità: 14 aumenti alla fine dell'in-

verno e addirittura 13 dopo l'estate.

Una conferma viene anche dai dati relativi al litorale riminese, che pure sono incompleti.

3 - LITORALE TRA LA FOCE DEL RUBICONE E CATTOLICA

Valore variazione	Δe % 77-77		Δi % 78-77		Δe % 78-78	
>-20%	—	0	8	21	2	5
-20/-10%	8	21	6	15	3	8
$\pm 10\%$	22	56	18	46	22	58
10/20%	7	18	4	10	5	13
> 20%	2	5	3	8	6	16
Totale	39		39		38	

Qui si registrano 8 e 5 decrementi alla fine delle estati e 14 alla fine dell'inverno intermedio. In simmetria, 9 e 11 incrementi estivi, contro 7 invernali. In conclusione, un decremento dell'arenile legato ad asporti stagionali di sabbia verso i fondali sembra essere presente in 21 casi dei 63 che si possono prendere in esame.

Altri e più specifici commenti si possono proporre disaggregando le osservazioni e raggruppandole per «zone omogenee». Ci è parso conveniente individuare:

- zone difese da scogliere al largo (Cattolica, da Rimini a Gatteo Mare, Casal Borsetti): 81 osservazioni;
- zone di estroflessione del litorale, ai lati delle cuspidi focali di Savio, Fiumi Uniti e Reno: 88 osservazioni;
- zone di inflessione (Bevano, Marina di Ravenna, Marina Romea): 72 osservazioni;
- altre zone ad andamento rettilineo e prive di difesa: 106 osservazioni sui fronti di Riccione, Rimini, Cesenatico, Cervia.

I risultati sono riassunti nella tabella seguente e, pur nei limiti che abbiamo già discusso, ci sono sembrati assai interessanti.

4 — VARIAZIONI DELLA LINEA DI RIVA PER ZONE OMOGENEE ANNI '76-'78

Tipi di litorale	Stabilità ± 10% %		Aumento > 10% %		Diminuzione < 10% %		Totale
Difese a scogliere	31	38	29	36	21	26	81
Rettilinei	67	63	11	10	28	27	106
Inflessioni	37	52	16	22	19	26	72
Estroflessioni	34	39	28	32	26	29	88

Si rileva innanzitutto che l'incidenza delle osservazioni di decrementi sembra essere indifferente al tipo di litorale, all'orientamento, alla presenza o meno di difese al largo: nei quattro tipi esaminati, i valori sono infatti compresi tra 26 e 29%. Se però si esamina il rapporto tra aumenti e diminuzioni, si vede che esso è favorevole (36 a 26%) nei tratti di costa difesi e sfavorevole (10 a 27%) in quelli rettilinei e non difesi. E' noto che le scogliere sono ubicate di fronte a tratti già in erosione: i nostri dati indicano che in tre casi su quattro l'erosione è stata fermata, o addirittura si è registrato un ripascimento. Esaminandoli a rovescio, i dati indicano tuttavia che nel 26% dei casi sono stati registrati arretramenti di spiaggia anche dopo la posa delle scogliere. Nei semestri invernali, questi casi arrivano ad incidere al 33% e corrispondono per la quasi totalità ad arretramenti maggiori del 20%, che quindi lasciano poco spazio a dubbi.

Può anche riuscire interessante un rilievo di raffronto tra i comportamenti dei litorali presso le foci (estroflessioni) e quelli al centro delle falcature (inflessioni): questi ultimi risultano più stabili di quelli, in linea con presunzioni teoriche, ma il rapporto tra aumenti e diminuzioni risulta rovesciato nei due tipi, rispetto al prevedibile. Non daremo a queste smentite un valore profondo: parte dei litorali presso le foci è difesa da scogliere e quindi si va comportando in maniera diversa. Quanto alle falcature, il loro comportamento è alterato dalla presenza di moli.

Ulteriori elaborazioni e nuove misure dirette sono ora in corso per meglio valutare l'influenza delle opere a mare (in particolare delle scogliere) sul comportamento degli arenili al retro e di quelli ai lati; inoltre

per seguire col maggiore dettaglio possibile il comportamento degli apparati focali e delle falcature interposte (6).

(6) I primi risultati sono già stati resi noti in L. CUCCOLI — L. VARANI, *Recenti tendenze dinamiche del litorale ravennate*, «Boll. Econ. C.C.I.A.A. Ravenna», 1980, n. 5, pp. 255-258 e in C. CENCINI — S. TORRESANI, *Recenti tendenze dinamiche del litorale forlivese tra Misano e Riccione*, C.C.I.A.A., Forlì 1981, pp. 1-18.