

Casi studio di dinamica costiera dei litorali italiani

APAT, Via Curtatone, Venerdì 23 settembre 2005

Relatori: Prof. Ing. Paolo De Girolamo, Ing. Paolo Contini

- *Analisi di rischio a scala regionale*
- *Trasporto solido a scala regionale*
- *Modelli numerici a supporto delle attività di progettazione e monitoraggio: casi di studio*

Analisi di rischio a scala regionale (Prof. Ing. Paolo De Girolamo)

Le regioni Abruzzo, Emilia-Romagna e Marche sono tra le più flagellate del Mediterraneo dal punto di vista costiero. Prima delle L. Bassanini che ha conferito le competenze alle regioni, di coste si occupava lo Stato (il Min. LLPP) attraverso il Genio Civile; le concessioni venivano rilasciate dalle Capitanerie di porto. Non esisteva però il concetto di gestione e manutenzione costiera, o comunque la preoccupazione c'era solo a livello di piccoli porti laddove c'era un concessionario. Gli strumenti erano quelli urbanistici: i piani regolatori comunali, provinciali e regionali. Le autorità di bacino avrebbero potuto occuparsi di gestione e manutenzione ma esistevano conflitti con le regioni.

Oggi, finalmente, si parla di "dinamica" costiera ed esiste il concetto di unità fisiografica, la quale è delimitata da "sezioni" che impediscono il trasporto solido verso le unità adiacenti.

Semplificando molto si può dire che a costa arriva il trasporto solido fluviale il quale, se viene ridotto a monte, provocherà una variazione della linea di riva. Infatti, il moto ondoso distribuisce i sedimenti lungo la costa (trasporto solido costiero) la quale ruota (con velocità di giorni/settimane) e si pone perpendicolarmente al moto ondoso stesso. (in modo da annullarne la componente longitudinale). La prima zona di erosione in genere è la foce fluviale, area peraltro soggetta da sempre a forte antropizzazione per motivi strategici e commerciali. E' questa quindi la zona da proteggere, caso per caso, ma occorre chiarire che il fenomeno erosivo si può al massimo stabilizzare.

Ad esempio la costa abruzzese è difesa oggi per il 60% da opere.

Dopo la L. Bassanini, alle regioni sono passati diversi settori: la difesa dal fenomeno erosivo, le concessioni demaniali, la prevenzione e manutenzione costiera, i porti, l'ambiente, ecc. Si è iniziato quindi a inquadrare tutto ciò all'interno della cosiddetta gestione integrata della fascia costiera (il merito non va ovviamente alla L. Bassanini ma agli studi mondiali di settore).

La mia opinione è comunque che un passo avanti si è fatto poichè, pur con le limitazioni dovute alla non comunicazione tra i diversi uffici regionali, è più semplice agire in un solo ente che non in tanti ministeri!

Inoltre è avvenuto un forte sviluppo tecnologico, soprattutto nel settore dei dragaggi e cioè del "ricavar terra dal mare" (vedi Indonesia, Giappone e Corea dove sono stati movimentati centinaia di milioni di mc di sedimenti, come una volta si faceva in Olanda). Si draga su alti fondali (a batimetriche superiori alla -100 metri) sia per alterarli il meno possibile sia perché lì si può trovare sabbia sotto le peliti. Inoltre, è preferibile non estrarre sabbia nella "fascia attiva" (in

Adriatico fino alla batimetrica -10 metri) poiché si tratta della stessa sabbia persa dal litorale!

E' invece ormai vietato estrarre materiale dai fiumi (non parliamo dei danni dovuti alla non compatibilità tra sabbia estratta e sito da ripascere, o dei costi per il trasporto da cave terrestri).

I materiali in Adriatico vengono prelevati (si ascolti il Prof. Chiocci dell'Univ. Di Roma, "La Sapienza") laddove c'era la foce del Po 18000 anni fa e cioè molto più a sud di oggi e a profondità superiori ai 100 metri.

Lo Stato ha "lasciato" alla regione Abruzzo questa situazione: la costa è per il 70% difesa da strutture rigide (87 Km su 125 Km complessivi, nei quali esiste anche costa di tipo roccioso) e per l'80% è coperta da strutture ricettive, mentre il 30% della popolazione si trova nella fascia costiera.

Le regioni hanno assunto i nuovi compiti ma probabilmente manca una specifica preparazione tecnica.

Trasporto solido a scala regionale (Prof. Ing. Paolo De Girolamo)

L'Adriatico è un grande canale dai bassi fondali che si trova tra due catene montuose (gli appennini e i monti jugoslavi) ed è battuto da venti di scirocco. Il fenomeno delle maree non disturba solo Venezia ma anche le coste adriatiche e le abruzzesi in particolare dove avvengono sovralti anche di 1 metro. Attraverso l'analisi diacronica della linea di riva, risulta che quest'ultima oscilla molto nel tempo. In Abruzzo scirocco significa moto ondoso da est e non da sud-est a causa della schermatura del Gargano. Ma c'è un'altra direzione del moto ondoso: quella da nord-ovest. Peraltro accade la stessa cosa che si ha per bora e scirocco: i due fenomeni sono accoppiati. L'esperienza dimostra poi che le mareggiate si verificano quando si hanno veloci variazioni della direzione del vento. Tutto ciò non subisce molte modifiche in stagioni diverse.

Ricapitolando, esistono due settori di traversia: da nord (il più frequente ed intenso) e da est. Nel primo caso -da nord- i sedimenti vengono ovviamente spinti verso sud (ed in Abruzzo la falcata si inclina sempre più nello scendere a sud). Nel secondo caso -da est- i sedimenti vengono spinti a nord.

Peccato che l'Atlante delle spiagge dica il contrario...Probabilmente per esso erano state prese in esame le sole evidenze morfologiche, le quali non possono essere sufficienti!

In ogni caso i fiumi hanno alimentato soprattutto i lati a sud delle foci.

Il catasto permette di valutare la "storia" della difesa costiera: la costa è sempre stata difesa da sud (vedi anche Pescara).

In alcuni casi (Martinsicuro) si ha disordine nelle opere di difesa. In altri (Roseto) si ha solo un pontile (i pontili in Abruzzo spesso sono prodromi dei porti, si veda Giulianova e S. Benedetto del Tronto). Anche a Montesilvano (subito a nord di Pescara) si ha disordine poiché esistono più file di barriere.

Sembra che comunque l'esperienza non insegni molto se è vero che si continua a protestare contro il disagio del paesaggio (le barriere impedirebbero agli abitanti delle case appena dietro il litorale di godere del pieno panorama marino). A Pescara si nota come le opere di difesa non siano parallele: l'unica motivazione è quella di risparmiare (a parità di mc di materiale si difenderebbe

più litorale con una barriera leggermente obliqua). Ma gli studi dimostrano che, essendoci due direzioni del moto ondoso e non una, l'optimum si raggiunge con barriere parallele alla linea di riva! Ad Ortona un proprietario si è costruito da solo una barriera disinteressandosi assolutamente di qualsiasi progettazione integrata della costa!

La regione Abruzzo dal 1998 ad oggi ha intrapreso soprattutto il progetto RICAMA ed il progetto SICORA. Nel primo dei due sono state condotte diverse attività quali la ricerca di cave di sabbia a mare e di posidonie, studi sulla qualità delle acque, monitoraggio morfologico (è in programma la terza campagna di immagini satellitari condotta con punti di georeferenziazione a terra) ed il progetto CIPE "Coste" che ha fornito una "classifica" delle priorità degli interventi basata su analisi di rischio. Questo progetto ha naturalmente incrociato le altre attività. Il progetto SICORA invece si conclude questo inverno ed ha riguardato attività di studio e formazione, ma anche l'informatizzazione del servizio Opere Marittime della regione Abruzzo (ad opera dunque dell'università dell'Aquila).

Parliamo a questo punto del RISCHIO. Una definizione di rischio è la seguente: "la probabilità di rottura e l'entità economica delle conseguenze di questa rottura".

Gli elementi di difesa della fascia costiera sono la spiaggia, le dune, le opere. Ciò che viene protetto è il centro abitato, le infrastrutture ed eventualmente l'ambiente e la spiaggia stessi. Le "forzanti" del sistema sono il moto ondoso, i livelli e le correnti: tutte grandezze stocastiche, aleatorie. Per questo si parla di rischio.

Va definito l'obiettivo dello studio. Poi, carichi, resistenti ed effetti. Si arriva così ad una funzione di affidabilità che permette il calcolo probabilistico.

Per le coste esistono soprattutto 2 problemi: l'erosione (RISCHIO DI ARRETRAMENTO) e l'inondazione (RISCHIO DI ALLAGAMENTO).

Nel caso dell'inondazione accade che, pur avendo costruito bene la difesa, potrei avere tracimazione, Dovrei quindi definire una funzione di affidabilità, una probabilità di rottura ed un rischio (attraverso una funzione che tenga conto della VULNERABILITA' e del VALORE ECONOMICO).

Ricordiamo che nel caso della spiaggia le mareggiate possono susseguirsi e quindi la resistenza, data dalla spiaggia stessa, non rimane sempre la stessa! In ogni caso, più è larga la spiaggia e più le quote della spiaggia emersa aumentano.

Vista però la scala in esame (130 Km di coste), è davvero molto difficile applicare l'analisi di rischio poiché mancano molti dati cartografici di dettaglio che sarebbero necessari come input. Peraltro, dovrei decidere come quantificare e "monetizzare" la perdita di litorale. Inoltre si dovrebbe parlare non solo di singoli danni ma anche di danni cumulati. A questo proposito, infatti, va detto che non sempre si riesce ad intervenire prima di un successivo danno. Allora l'approccio di maggior buon senso è cercare di stilare una "classifica" di priorità degli interventi.

La seconda analisi di rischio riguarda l'erosione. In tal caso si passa innanzitutto dalla resistenza del sistema alla sua vulnerabilità la quale varia tra

una costa difesa ed una non protetta e tra una sabbiosa ed una ghiaiosa. Così facendo, si entra naturalmente nel campo soggettivo della classificazione. Inoltre, si rinuncia alla valutazione probabilistica dell'evento cercando di analizzare il RISCHIO RELATIVO tra tratti omogenei. Se cioè accade un evento erosivo a Martinsicuro, probabilmente accadrà anche a Pescara, ma con quale differenza?

Saranno infine due le grandezze da prendere in considerazione:

- LA VULNERABILITA' MORFOLOGICA
- LA SENSIBILITA' SOCIOECONOMICA

Lo studio della linea di riva è in ogni caso difficile da condurre e probabilmente un aiuto potrebbe arrivare dagli "0" mareografici dati dalla R.M.N. Ma molto importante è l'analisi del territorio immediatamente dietro il litorale.

Intanto la demarcazione spiaggia/beni da proteggere serve come scelta politica per lo studio della vulnerabilità. In secondo luogo, viene utilizzato il dato relativo alla variazione annua della linea di riva (m/anno) sfruttando le serie storiche a disposizione.

La fuzzy logic è lo strumento per fondere queste due informazioni, potendo rendere continuo ciò che continuo non è.

E' stato necessario però variare la scala di studio e scendere a tratti lunghi 1-2 Km discretizzando la costa dal punto di vista socio-economico e morfologico e quindi risuddividendola anche in base alle unità censuarie. Questo ha dato luogo ad una classifica di tutti i tratti. Per ognuno di essi è stato anche valutato il moto ondoso a riva (o meglio dove le onde frangono). Questa informazione è molto utile per gli stessi operatori balneari.

Per studiare la dinamica del trasporto solido potenziale, si è lavorato su griglie di calcolo da usare in input al modello Merope che permette una trasposizione geografica del moto ondoso ad esempio a partire dai dati di un ondometro (Ortona). Ne derivano i punti di inversa spettrale. Una limitazione forte è che non si tiene conto del frangimento. Dunque è fortemente consigliabile il posizionamento dei punti di inversa spettrale un po' più in profondità e cioè intorno alla batimetrica -10 metri. In ogni caso nel punto di inversa viene calcolato il flusso di energia come valore RELATIVO.

Un'alternativa è usare il modello SWAN che permette di posizionarsi a riva.

I dati confermano il fatto che le onde con trasporto solido verso sud est sono molto più intense, pur esistendo anche una componente verso nord ovest.

Vanno infatti riportate e tenute in conto sempre le due singole componenti oltre a farne una semplice media. Pescara, ad esempio, è un elemento di discontinuità nella linea di costa da quando è stato modificato il porto: a Pescara sud c'è trasporto solido verso nord, mentre a Pescara nord prevale il trasporto da nord verso sud est, a causa della schermatura rispetto ai venti da est. Si sono insomma create due unità fisiografiche.

Purtroppo va rilevato come per molti geologi (si è già citato l'Atlante delle spiagge) non esista la componente da nord ed il trasporto solido avvenga quindi solo da sud verso nord! Ma questo è smentito anche solo dalle rotte delle navi che, con venti da nord, evitano le alte ondate cercando di tenersi lontano dalla costa italiana e quindi passando vicino alla costa jugoslava.

Modelli numerici a supporto delle attività di progettazione e monitoraggio: casi di studio (Ing. Paolo Contini)

Occorre sempre schematizzare quando si progetta e le condizioni al contorno nel nostro caso sono le caratteristiche fisico-ambientali e quelle della fascia litoranea. Inoltre il fenomeno prevalente (l'erosione) va analizzato, localizzato e studiato nella sua evoluzione.

Sappiamo quanto l'inserimento di un porto in un'ampia falcata crei erosione sottoflutto e accrescimento sopraflutto. Si sarebbe evitata in Abruzzo tanta difesa costiera se si fosse capito che spesso è lo stabilimento balneare ad invadere la fascia costiera e non solo la mareggiata (magari con tempo di ritorno di 50 anni) a danneggiarlo.

Si potrebbe decidere di effettuare interventi di studio e protezione costiera e sceglierne il tipo (semplice monitoraggio, ripascimento protetto, ecc.) per ogni litorale, ma in ogni caso occorre sempre operare a larga scala e solo dopo zoomare! Va infatti tenuto conto di tutto l'ambiente naturale ed antropico circostante il litorale.

Quando si progetta conviene sempre partire dagli elementi (fisici, meteomarini, cartografici, antropici, ecc.) necessari per studiare l'area marino-costiera.

Esistono modelli per lo studio di un fenomeno e modelli per la progettazione. Le tipologie di modelli di spiaggia sono i modelli 3D, quasi 3D, 2D (orizzontale e verticale) e 1D (ad una linea o a n linee). Nel caso della progettazione consiglio sempre di usare modelli semplici poiché spesso si ha la necessità di filtrare i dati di base constatando di volta in volta la bontà di un'assunzione o meno. Nel caso infatti di un errore concettuale scoperto a posteriori, non è agevole fare delle modifiche su un modello sofisticato: per questo consiglio di usare modelli "ad una linea".

Il modello dovrà tener conto del moto ondoso, del trasporto solido e delle correnti. I modelli shorelines (one-line) sono peraltro molto duttili poiché valgono per archi temporali di mesi e anni (fino a 20).

Presenterò ora alcuni casi di studio (si vedano le slides a tal proposito):

1. Meta (a nord di Sorrento)
2. Capo Palinuro
3. i Maronti (Ischia sud)

Attraverso lo studio del fetch e del fetch efficace si arriva al flusso di energia del moto ondoso e alla forzante del moto stesso. Con l'altezza significativa (H_s) è quindi possibile risolvere la formula della profondità di chiusura: $P \approx 2 H_s$.

Ovviamente va condotto un rilievo batimetrico fino alla -8 metri, anche se le autorità locali dovessero non comprenderne il motivo.

L'analisi delle variazioni del profilo dice che, nel caso di Meta, si ha stabilità verso le batimetriche -8, -10 metri.

E' poi utilissimo avere a disposizione le serie storiche degli eventi estremi e non solo una media degli eventi meteomarini.

Ricordo sempre che sarebbe il caso di evitare l'emergenza qualora un evento abbia un tempo di ritorno di 50 anni!

Nel caso di Palinuro, il moto ondoso arriva prevalentemente da nord.

Nel caso dei Maronti, la mareggiata cosiddetta "del secolo" (27 dicembre 1999) è avvenuta dopo la ripresa aerea delle ortofoto del Volo IT2000. Nel caso di analisi diacroniche della linea di riva, infatti, occorre sempre fare attenzione al momento nel quale questa è stata rilevata: il risultato si inficia se la ripresa aerea sulla quale poi si conduce una digitalizzazione della linea di riva è stato effettuato subito dopo una mareggiata.

Esistono per la spiaggia dei Maronti (una tipica "pocket beach" di formazione tufacea) foto e anche cartoline risalenti a decenni fa dalle quali si nota facilmente come negli anni '40 la spiaggia fosse molto larga. Al di sopra di essa esistevano anche i terrazzamenti agricoli. L'antropizzazione degli anni '70 ha portato costruzioni nei pressi del litorale e negli anni '80 già non c'è più spiaggia! E' pur vero che, a seguito delle frana del fronte, si creano fronti rocciosi che difendono il litorale. Nei pressi del pontile in calcestruzzo costruito per supplire alla perdita di spiaggia, crollò una falesia uccidendo due turisti tedeschi.

Nel 2000, a seguito del grande entusiasmo per il ripascimento di Ostia, l'amministrazione ischitana ha molto premuto per fare qualcosa di analogo, ma i nostri studi (leggi Modimar) dimostrarono che ingenti erano le quantità di sabbia necessarie e che mancavano dati cartografici di dettaglio per il modello: la soluzione migliore era il ripascimento protetto da pennelli sommersi di estremità.

Suggerimmo all'amministrazione locale di rivolgersi al Prof. La Monica e alla società Tema (Ing. Carbucicchio) per la ricerca delle cave di sabbia relitta. Fu suggerita una campagna di monitoraggio. Alla fine il versamento di sabbia è stato quasi del tutto nella spiaggia emersa a causa degli alti fondali (a 500 metri da riva si è già alla batimetrica -100 metri). Le perdite da noi subito dichiarate sono state del tutto rispettate: avevamo stimato il 15% di sabbia persa e così è stato. La prima perdita è stata quella per overflow (il 5% dato dalla frazione fine) e poi l'overflow. Il volume totale necessario è stato di 511.000 mc avendo l'obiettivo di difendere la falesia con una certa fascia di rispetto.

Purtroppo, per proteggere il ripascimento, è stato costruito solo un piccolo pennello a Punta della Signora.

Tra le 4 cave possibili ne è stata scelta una con capacità di 800.000 mc, sulla batimetrica -20 (?) metri (costo della sabbia: 6.5€/mc).

Sono sempre necessari per un'operazione così complessa e delicata:

- un rimorchiatore d'appoggio
- una pilotina
- un pontone (per le tubazioni che distribuiranno la sabbia a terra)
- la draga stessa (il cui costo è di 650.000 €/mese il che, a fronte delle tante commesse, spiega come mai si abbia molta fretta di concludere i lavori, e come mai si arrivi a lavorare anche la notte!)

Per il dragaggio i migliori sono olandesi ed inglesi.

Il monitoraggio è una fase non sempre eseguita ma basta chiedere alla capitaneria di porto ed agevolmente si ottengono i dati giornalieri sui volumi di materiale caricato (circa 30.000 mc/giorno nel caso di questo intervento, il quale è iniziato a fine marzo 2000). La mareggiata del 2002 ha "collaudato" il ripascimento e cioè la spiaggia è rimasta intatta! Ormai solo la Regione Lazio insiste per ripascimenti puri ma con le mareggiate dei nostri mari la sola sabbia non può essere sufficiente.