

17. LINEE GUIDA SUGLI INTERVENTI DI DIFESA DEI LITORALI

17.1. Premessa

17.2. Dati e rilievi necessari

17.2.1. Batimetrie

17.2.2. Indagine geotecnica

17.2.3. Regime dei venti

17.2.4. Regime delle onde

17.2.5. Determinazione dell'evoluzione della linea di costa in assenza dell'opera da realizzare

17.3. Indicazioni per la scelta della tipologia di un intervento

17.1 Premessa

Nelle presenti note vengono riportate, oltre alle informazioni di massima che il progettista deve reperire per la corretta progettazione di opere di difesa dei litorali, le indicazioni per la scelta più idonea della tipologia di un intervento sulla base della D.C.S.LL.PP. *“Istruzioni tecniche per la progettazione e la esecuzione di opere di protezione delle coste”* del 28 giugno 1991 .

17.2 Dati e rilievi necessari

Requisito fondamentale per la progettazione di una qualunque opera a mare volta alla difesa dall'erosione costiera è la corretta identificazione dei fenomeni che ivi si manifestano, di quelli a cui l'opera sarà esposta e di quelli causati dall'opera stessa, nonché l'idonea quantificazione di tutti questi.

All'atto del progetto si dovrà pertanto accertare la idoneità dei dati già disponibili e provvedere alla raccolta delle informazioni necessarie per consentire una adeguata valutazione dei parametri di progetto e per valutare il comportamento e l'impatto dell'opera sull'ambiente circostante.

17.2.1 Batimetrie

I rilievi batimetrici, che individuano il fondale vengono normalmente riferiti planimetricamente ed altimetricamente alla rete geodetica nazionale e comunque a capisaldi a terra. Usualmente si ritiene sufficiente un riferimento ai soli capisaldi locali.

La distanza fra i profili topografici è scelta in relazione allo scopo del rilievo, alla profondità ed alla natura del fondale.

I profili vanno scelti in relazione alle finalità del rilievo; al fine di determinare, come d'uso, le linee batimetriche il più esattamente possibile, la direzione dei profili deve risultare ortogonale alla direzione presunta delle batimetriche.

Per la costruzione di opere, il rilievo batimetrico dovrà essere dettagliato così da produrre carte in scala da 1:500 a 1:2000 o con denominatore inferiore.

17.2.2 Indagine geotecnica

L'indagine geologica e geotecnica ha lo scopo di raccogliere tutti i dati qualitativi e quantitativi occorrenti per il progetto, per il controllo dell'opera nel suo insieme ed in rapporto al terreno. Essa comprende la raccolta dei dati geologici, geofisici e geotecnici esistenti, nonché l'esecuzione di sondaggi, prove in situ e prove di laboratorio per determinare la natura e la successione dei terreni del sottosuolo (profilo litostratigrafico) e le loro proprietà fisico-meccaniche.

E' opportuno sottolineare come l'indagine geotecnica vada comunque condotta seguendo le *"Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"* (D.M. LL.PP. 11.3.1988 Suppl. Ord. alla G.U. 1.6.88 n. 127) e le istruzioni corrispondenti (Circ. LL.PP. 24.9.88 n. 30483).

17.2.3 *Regime dei venti*

L'analisi dei fenomeni ventosi, sulla base dei dati disponibili, è stata in parte già condotta. Tuttavia, individuata l'area da proteggere con maggiore dettaglio, è opportuno almeno rideterminare:

- a) lunghezza dell'area di generazione (fetch) delle onde che interessano il paraggio;
- b) serie storiche di direzione e intensità del vento e statistiche nel paraggio in esame;

ed inoltre stimare la statistica dei valori di pressione atmosferica (per valutare l'associata componente della sopraelevazione del rilievo marino nel caso di burrasca e in vicinanza della costa, *storm surge*).

Infine, all'indicazione grafica del settore di traversia va aggiunto il diagramma polare dei fetch e quello della rosa dei venti (con le percentuali di frequenza ed intensità).

17.2.4 *Regime delle onde*

Per il progetto di un'opera per la difesa dall'erosione costiera come nel caso in questione, interessa valutare sia le probabili condizioni estreme di sollecitazione ondosa, ai fini del corretto dimensionamento statico dell'opera, sia le onde di intensità ordinaria, ai fini della corretta funzionalità dell'opera. Sarebbe opportuno quindi realizzare una campagna di misura ad hoc, sempre giustificata per costruzioni di questo tipo. Tuttavia, se vincoli di tipo economico non rendono percorribile tale via, si può richiedere una caratterizzazione delle onde per via indiretta seguendo, ad esempio, l'approccio presentato nei paragrafi precedenti, senza tuttavia dimenticare le osservazioni a vista dello stato del mare (stima dell'altezza e direzione dell'onda, nonché la stima dell'onda lunga eventualmente presente) da punti a terra o da navi in transito. Le relative informazioni, come richiamato, sono raccolte e diffuse dal Servizio Idrografico della Marina Italiana o da alcuni servizi esteri, che operano in campo mondiale.

17.2.5 *Determinazione dell'evoluzione della linea di costa in assenza dell'opera da realizzare*

Lo studio della linea di costa in assenza dell'opera da realizzare, con particolare riguardo alla determinazione dell'evoluzione morfologica, rappresenta una condizione essenziale per la corretta realizzazione di un'opera. Appare infatti fondamentale poter stimare il raggiungimento di quella che, in analogia a quanto avviene in ambito fluviale, viene definita "spiaggia di equilibrio", cioè a dire di quella configurazione della spiaggia caratterizzata da una planimetria, nonché da un profilo del fondo, tali che il materiale eroso e trasportato risulti pari a quello depositato.

A tale scopo un valido aiuto è oggi rappresentato da codici di calcolo largamente disponibili sul mercato. Si ritiene opportuno segnalare come tale studio debba almeno coinvolgere l'evoluzione planimetrica della linea di costa sotto l'azione delle correnti litoranee generate da un attacco obliquo del moto ondoso. Come è noto, infatti, dette correnti, parallele alla linea di costa e caratterizzate da una velocità che decade rapidamente al largo della zona di frangimento, rappresentano in genere la principale causa del trasporto solido litoraneo. Pertanto, si suggerisce di effettuare le seguenti analisi:

- i) assegnate le caratteristiche dell'onda al largo, bisogna calcolare l'evoluzione della stessa fino a determinarne le caratteristiche in prossimità della riva e, cioè, al frangimento, sulla base, ad esempio, di un modello per la rifrazione;
- ii) nota la posizione della linea di frangimento, è opportuno valutare il trasporto solido litoraneo sulla base di considerazioni inerenti al flusso direzionale dell'energia del moto ondoso incidente e, di conseguenza, l'evoluzione della linea di costa con, almeno, uno dei modelli noti in letteratura come "ad una linea".

17.3 Indicazioni per la scelta della tipologia di un intervento

La stesura di quanto espresso nel presente paragrafo è stata effettuata sulla base di quanto riportato nelle *"Istruzioni tecniche per la progettazione e la esecuzione di opere di protezione delle coste"* (Deliberazione del Consiglio Superiore Lavori Pubblici N.151 – Assemblea generale 28 giugno 1991).

Il punto di partenza nella scelta della tipologia di intervento è l'identificazione del tipo di erosione a cui è soggetto il litorale.

Prima di arrivare a una decisione sulla necessità dell'intervento e sulla tipologia dello stesso bisogna percorrere alcuni passi. Il primo passo è la valutazione dei processi morfologici che interessano l'area di interesse tramite l'analisi dei dati disponibili e la predizione degli sviluppi futuri con tecniche di estrapolazione e modelli matematici. Inoltre bisogna valutare i diversi interessi coinvolti, come la salute, l'ambiente, l'economia, ecc. Il confronto tra questi interessi e il tasso di erosione della spiaggia porterà alla decisione sull'intervento.

I fattori determinanti il tipo di opere da realizzare possono essere:

- l'urgenza;
- il tipo di regime dei trasporti longitudinali;
- la stabilità morfologica del paraggio;
- la finalità dell'intervento;
- l'importanza della marea.

Per quanto concerne quest'ultima, con riferimento alle coste siciliane, ad esempio, essa si può certamente ritenere spesso insignificante.

L'urgenza porta a scegliere quelle opere che non hanno grosse controindicazioni, per cui possono essere attuate senza approfonditi studi, e che coinvolgono piccoli volumi di materiale e quindi piccoli costi in genere. L'urgenza, anche la più estrema, non deve essere addotta a giustificazione di interventi palesemente antieconomici, in quanto, pur se frettolosa, una stima dei beni difesi e dei costi può sempre essere fatta e ciò indipendentemente dalla salvaguardia della vita umana, che è garantita assai più da provvedimenti di sgombero che non da opere di difesa, le quali, anche in condizioni di necessità, coinvolgono tempi che si misurano in giorni. Poiché, per ottenere la difesa duratura del bene in oggetto si dovrà intervenire in seguito con altre opere, l'urgenza non dovrà condurre alla realizzazione di difese di costo superiore al 30% circa del valore dei beni difesi dall'erosione, che potrebbe manifestarsi nel lasso di tempo necessario per progettare e realizzare un intervento più meditato.

Si distinguono qui i seguenti tipi di urgenza:

- a. estrema; l'intervento deve essere iniziato subito (entro 15 giorni), in assenza di un formale progetto;
- b. media; l'intervento deve essere iniziato entro 1 anno, ma possono essere programmate ed eseguite parte delle indagini necessarie alla corretta progettazione;
- c. generica; possono essere eseguite tutte le indagini necessarie, pur nei tempi imposti dall'urgenza dell'intervento.

Come tipi di regime del trasporto litoraneo sono stati schematicamente individuati i seguenti:

- d) trasporto litoraneo assente o insignificante rispetto ai movimenti trasversali alla spiaggia;
- e) deriva litoranea (trasporto netto) assente o insignificante rispetto ai trasporti lordi;
- f) deriva litoranea modesta ma ben definita;
- g) trasporti litoranei importanti ma con deriva mal definita;
- h) trasporti litoranei importanti e deriva ben definita.

Per l'importanza della marea si distinguono due classi:

- i) insignificante; escursioni di livello contenute in mezzo metro circa;
- j) importante; escursione di marea abituale dell'ordine di meno metro o più e/o possibilità di acqua alta di altezza superiore al metro.

Convien, infine, osservare che la instabilità morfologica del paraggio è inversamente legata alle dimensioni spaziali delle grandi forme caratterizzanti la riva ed all'altezza della spiaggia attiva nella sua più ampia accezione, e direttamente alla erodibilità della costa; si distinguono le seguenti classi:

- k) insignificante; ad es. falesie;
- l) modesta; ad es. spiagge sottili di grande estensione e spiagge a tasca (*pocket beach*);
- m) importante; ad esempio cuspidi focali e piccole unità fisiografiche con forti trasporti.

L'importanza della marea porta a scegliere strutture, la cui risposta funzionale sia poco sensibile alle variazioni del livello del mare, mentre l'instabilità morfologica dovrebbe orientare il progettista verso la scelta di strutture con costo iniziale e vita presunta limitati.

Infine è necessario distinguere fra opere di difesa della spiaggia, a cui si richiede la conservazione o il protendimento della spiaggia stessa, dalle opere di difesa della costa, in cui, vedi il caso delle difese parallele, la finalità può essere raggiunta anche a scapito della conservazione della spiaggia.

In particolare possono darsi le indicazioni seguenti:

- I pennelli sono consigliabili dove la deriva litoranea è ben definita per ridistribuire lungo il litorale gli apporti fluviali in ragione diversa da quella derivante dal regime ondoso e dalla configurazione attuale del litorale; ad es. per la stabilizzazione di apparati focali andati in erosione per il ridursi, senza annullarsi, degli apporti solidi sabbiosi. Essi risultano abbastanza insensibili alla marea, ma debbono essere ben radicati a terra ed impiegati con prudenza in litorali morfologicamente labili.
- I frangiflutti foranei sono da consigliare dove l'escursione di marea ed il trasporto litoraneo sono modesti.
- Rivestimenti e soprattutto muri di sponda sono in genere da sconsigliare per la stabilità della spiaggia, ad eccezione di opere di modesto rilievo, che vengono interessate dall'onda solo in condizione di acqua alta eccezionale o quasi.
- Le difese parallele, frangiflutti foranei e difese radenti, non sembrano consigliabili dove, la conformazione della costa è rapidamente variabile.
- I ripascimenti artificiali sono da consigliare su piccola scala dove il trasporto è modesto; si prestano ottimamente sia dove l'escursione di marea è forte sia dove la morfologia è labile. Dove il trasporto litoraneo è consistente, i ripascimenti potranno essere abbinati ad opere di contenimento al fine di ridurre gli oneri di manutenzione.
- Interventi a difesa delle dune possono consigliarsi dove, per la presenza di forti venti foranei, sono temibili perdite significanti di sabbia verso il retrospiaggia e dove, essendo il retrospiaggia basso, sono particolarmente temibili gli effetti dell'acqua alta.

Il complesso è riassunto nel quadro seguente dove, al variare della caratterizzazione fisica del paraggio, viene indicato il grado di idoneità di ciascun tipo di intervento; l'idoneità è indicata nel modo seguente:

- 3 soluzione consigliabile;
- 2 soluzione idonea;
- 1 soluzione accessoria
- + soluzione idonea o accessoria per qualche forma del tipo, inefficiente per altre;
- 0 soluzione inefficiente;
- * soluzione sconsigliabile.

Tabella 17.I Quadro schematico per la scelta del tipo di opera per difese di spiaggia.

Tipo di intervento	Caratteristiche del paraggio												
	Urgenza			Trasporto litoraneo					Marea		Instabilità morfologica		
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
Pennelli	*	1	2	0	1	3	2	2	1	2	2	1	*
Frangiflutti foranei	*	0	2	2	3	+	2	+	2	1	2	1	0
Difese aderenti	2	+	*	1	0	0	*	*	1	2	2	1	*
Ripascimenti	3	3	2	3	2	2	1	1	2	2	1	2	3

Con riferimento alla tabella 17.I, si noti come in essa si faccia esclusivo riferimento ad opere di difesa della spiaggia e del retrospiaggia, che sono peraltro le più diffuse.

La suddivisione delle opere per tipi è in larga misura schematica; esistono strutture e interventi che hanno caratteristiche proprie di tipi diversi, o risultano dal combinato di tipi diversi. Così è, per esempio, di pennelli, consigliati da taluni, aventi la testa rivolta sottoflutto e formante un angolo non grande rispetto alla riva, o frangiflutti disposti obliqui e non distanti da riva, si che una delle teste viene di fatto a radicarsi a terra. Oppure il caso di ripascimenti contenuti fra pennelli e/o barriere foranee.

Pare opportuno chiarire che la differenza fra un ripascimento e un rivestimento in massi gettati alla rinfusa, consiste soprattutto nella dimensione dei granuli-massi impiegati in rapporto ai grani-ciottoli della spiaggia. La forte preferenza, che viene data ai ripascimenti rispetto ai rivestimenti, deriva dalla constatazione dei problemi di stabilità del fondo che si incontrano in prossimità e sotto la struttura, quando questa è costituita di grossi massi (stabili su pendenze elevate). Ciò non toglie che, per interventi di urgenza, considerato il minor volume del versamento, possa convenire impiegare massi anche grossi; in tal caso, però, non sembra opportuno versare solo massi grossi, ma un misto graduato che possa vagamente costituire un filtro rovescio e, passata l'urgenza estrema, versare ancora del materiale intermedio, per consentire un passaggio di dimensioni più graduale dalla spiaggia sommersa alla zona di versamento di massi.

Nello studio del paraggio in esame, non si avverte una urgenza tale da rendere necessaria la realizzazione di interventi immediati; ciò rende accessoria la realizzazione di quelle opere che si prestano ad interventi d'urgenza. L'entità del trasporto litoraneo, irrilevante rispetto al trasporto lordo, sconsiglia l'adozione di una soluzione quale le difese aderenti, le quali peraltro, presentano un forte impatto visivo. Dal punto di vista morfologico peraltro l'area si rivela poco erodibile. Le caratteristiche del paraggio pertanto sembrano indicare come consigliabile, vista la moderata energia con cui si presenta il moto ondoso, l'adozione di barriere frangiflutti. Considerazioni di natura economica, altresì tendono a scoraggiare la scelta di soluzioni alternative. Come già esposto i frangiflutti possono essere sia emergenti che immersi (*barriere soffolte*). Naturalmente i primi danno una maggiore sicurezza da un punto di vista della protezione da mareggiate ma presentano problemi non trascurabili come un elevato impatto con

l'ambiente circostante e il ristagno delle acque comportando ulteriori problemi di carattere igienico.