



**Interreg**



UNIONE EUROPEA



**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

# COMPONENT T2

## AZIONE T.2.2

**METODOLOGIA ANALISI DEI FENOMENI LEGATI AL BILANCIO  
SEDIMENTARIO - DINAMICA SEDIMENTARIA**

**REPORT T.2.2.3**

*Partner responsabile DiSTAV UINGE*



## Sommario

1. Premessa.....	4
2. Estensione dell'indagine.....	4
<b>2.1 Delimitazione dell'area d'indagine</b> .....	4
2.1.1 Limite del tratto costiero .....	4
2.1.2 Limite della spiaggia sommersa.....	4
<b>2.2 Durata temporale delle indagini</b> .....	4
3. Indagine storica.....	5
<b>3.1 Linea di riva</b> .....	5
<b>3.2 Rilievi plano-altimetrici</b> .....	5
<b>3.3 Strutture costiere</b> .....	5
<b>3.4 Ripascimenti</b> .....	5
<b>3.5 Altre informazioni</b> .....	6
4. Attività di campo.....	6
<b>4.1 Posizionamento</b> .....	6
<b>4.2 Linea di riva</b> .....	6
<b>4.3 Rilevi topografici della spiaggia emersa</b> .....	6
<b>4.4 Rilevi batimetrici della spiaggia sommersa</b> .....	7
<b>4.5 Campionamento spiaggia emersa</b> .....	8
<b>4.6 Campionamento spiaggia sommersa</b> .....	8
5. Analisi di laboratorio .....	8
<b>5.1 Analisi granulometrica</b> .....	8
<b>5.2 Analisi del colore</b> .....	9
<b>5.3 Analisi composizionale</b> .....	9
6. Elaborazione dei dati .....	9
<b>6.1 Carte tematiche</b> .....	9
6.1.1 Carta topo - batimetrica .....	9
6.1.2 Carte sedimentologiche.....	9
<b>6.2 Tendenza evolutiva</b> .....	10
6.2.1 Evoluzione della linea di riva .....	10
6.2.2 Evoluzione della spiaggia .....	11
7. Modelli matematici ed altre elaborazioni .....	11
<b>7.1 Determinazione spiaggia attiva</b> .....	11
<b>7.2 Determinazione del drift litoraneo</b> .....	11

8. Ripascimenti.....	12
<b>8.1 Caratteristiche tessiturali</b> .....	12
<b>8.2 Caratteristiche Colorimetriche</b> .....	13
<b>8.3 Caratteristiche composizionali</b> .....	13
Tabella riassuntiva.....	14

## 1. Premessa

La proposta metodologica, elaborata nel rapporto tecnico T1.2, ha definito i parametri necessari al monitoraggio della costa deposita. Conseguentemente sono stati individuati i principali obiettivi che devono essere perseguiti per impostare un corretto piano di monitoraggio identificabili in:

- determinazione della tendenza evolutiva del litorale;
- definizione dell'assetto dinamico sedimentario del litorale;
- valutazione del bilancio sedimentario.

Inoltre, lo studio, ha messo in evidenza la necessità di introdurre una distinzione di fondo relativa alle indagini che si svolgono sul litorale:

- gli studi di base del litorale;
- il monitoraggio del litorale.

I primi, trattandosi di studi di base, interessano ampie porzioni del territorio e devono fornire tutte le informazioni necessarie a fornire una visione esaustiva di tutti gli aspetti che governano il litorale.

I secondi possono essere definiti come controlli dell'evoluzione del sistema litorale, pertanto dovranno essere protratti nel tempo. Generalmente interessano tratti limitati di costa e forniscono informazioni relative all'evoluzione del litorale a breve o medio termine.

Benché spesso le metodologie e le tecniche utilizzate siano analoghe ad entrambe le tipologie d'indagine, come già previsto nella relazione tecnica T1.2, si procederà a distinguere le attività specifiche per ognuno di essi.

## 2. Estensione dell'indagine

Il primo aspetto che si deve definire è relativo alla definizione dell'estensione dell'indagine, sia areale che temporale.

### 2.1 Delimitazione dell'area d'indagine

La delimitazione dell'area d'indagine è in funzione della tipologia di studio. Essa deve identificare il limite del tratto costiero ed il limite esterno della spiaggia sommersa

#### 2.1.1 Limite del tratto costiero

Negli studi di base questo limite coincide con l'estensione dell'Unità fisiografica che s'intende indagare. Nelle attività di monitoraggio l'estensione può essere limitata ad un tratto di litorale di dimensioni inferiori, coincidente con il tratto di litorale che s'intende monitorare o, nel caso di interventi strutturali, comprendente il tratto di costa che risulta influenzato dall'intervento stesso.

#### 2.1.2 Limite della spiaggia sommersa

L'estensione dell'indagine nella spiaggia sommersa coincide con la porzione di spiaggia attiva. Questa posizione dovrà essere stimata in funzione delle conoscenze pregresse.

### 2.2 Durata temporale delle indagini

La durata temporale delle indagini è considerata solo nelle attività di monitoraggio e deve prevedere la frequenza con cui dovranno essere effettuate le repliche delle indagini di campagna.

La durata delle indagini è generalmente di almeno 5 anni con repliche annuali e/o biennali. In funzione di esigenze contingenti il periodo temporale d'indagine può essere prolungato o ridotto, analogamente alla frequenza delle indagini.

### 3. Indagine storica

L'indagine storica consiste nella raccolta di tutte le informazioni utili a comprendere i fattori che hanno condizionato l'evoluzione del litorale determinandone l'attuale assetto. Si tratta quindi di un'attività essenzialmente bibliografica.

Le principali informazioni che devono essere raccolte sono:

- Linea di riva;
- Rilievi planoaltimetrici;
- Strutture costiere;
- Ripascimenti;
- Altre informazioni.

#### 3.1 Linea di riva

L'evoluzione della linea di riva può essere ricavata attraverso la raccolta di tutti i documenti che riportano la posizione della linea di riva, quindi mappe storiche, carte topografiche, immagini aeree, satellitari. A corredo di ogni planimetria, ove possibile, devono essere raccolte informazioni relative ad anno e scala del rilievo, modalità di esecuzione, precisione della misura.

Il confronto dei rilievi della linea di riva fornisce informazioni sulle zone di accumulo e/o di erosione, permettendo di ricostruire l'evoluzione temporale del litorale. Possono essere fatte anche stime sulle variazioni areali della spiaggia emersa. Il confronto deve essere effettuato anche con la situazione attuale (vedi paragrafo indagini di campagna).

#### 3.2 Rilievi plano-altimetrici

La disponibilità di rilievi storici, sia topografici della spiaggia emersa che batimetrici della spiaggia sommersa permette una valutazione più accurata dell'evoluzione del litorale. Infatti in questo caso si possono effettuare stime sulle variazioni volumetriche di tutto il sistema spiaggia. Informazioni molto utili per una corretta valutazione del bilancio sedimentario. Analogamente al punto precedente, devono essere raccolte informazioni relative ad anno e scala del rilievo, modalità di esecuzione, precisione della misura e confrontata con i rilievi effettuati nelle indagini di campagna.

#### 3.3 Strutture costiere

Le opere di difesa della costa, le strutture portuali e tutti gli altri interventi che hanno modificato l'assetto costiero devono essere individuati e censiti. Devono essere raccolte ulteriori informazioni riguardanti il periodo di realizzazione, la tipologia costruttiva, eventuali modificazioni e tutte le notizie utili a descrivere l'influenza dell'opera sull'assetto dinamico sedimentario.

#### 3.4 Ripascimenti

Le immissioni di sedimento nel sistema litorale mediante ripascimento contribuiscono a modificare il bilancio sedimentario dell'unità fisiografica. Pertanto per una sua corretta interpretazione si rende necessario raccogliere anche informazioni relative a questo parametro. Le informazioni richieste sono il quantitativo di sedimento versato, le sue caratteristiche tessiturali e la sua origine. Altre notizie utili alla corretta

interpretazione degli effetti dell'intervento sono la sua composizione minero – petrografica, il colore e le modalità di sversamento.

### 3.5 Altre informazioni

Altre informazioni che possono essere utili ad una corretta valutazione dell'evoluzione del litorale sono da ricercarsi in tutti quelle modificazioni antropiche della fascia costiera e dei bacini versanti (Report Bacini Versanti) che possono avere influenzato l'assetto dinamico sedimentario del sistema spiaggia. Le più comuni modifiche sono individuabili nell'occupazione della spiaggia da manufatti e/o vie di comunicazione, il prelievo d'inerti dalla spiaggia e dagli alvei fluviali o torrentizi, la realizzazione di sbarramenti fluviali (dighe, briglie ecc.)

## 4. Attività di campo

Le indagini di campagna sono rivolte alla descrizione morfologica della spiaggia emersa e sommersa ed alla caratterizzazione sedimentologica dei depositi che la costituiscono. Sono indagini che devono essere svolte sia negli studi di base, sia nelle attività di monitoraggio.

### 4.1 Posizionamento

Tutte le indagini di campagna devono essere supportate da un sistema di posizionamento in grado di identificare le coordinate geografiche della misura e conseguentemente collocarla nello spazio. L'errore massimo consentito è in funzione della scala dell'indagine. La metodologia consigliata, indifferentemente dalla scala del rilievo, è il Sistema di Posizionamento Globale (**Global Positioning System**) che, in modalità RTK, ha un errore teorico inferiore a 2 cm su tutte le dimensioni (X, Y, Z).

### 4.2 Linea di riva

La linea di riva è sicuramente il parametro più utilizzato nello studio dei litorali. Il rilievo è di facile realizzazione sia mediante misure dirette, sia indirette. La misura può essere eseguita con metodi topografici (GPS differenziale, teodolite a stazione totale ecc.), oppure con l'impiego di immagini (foto aeree, satellitari webcam dedicate ecc.). Qualsiasi metodo utilizzato deve garantire una precisione minima di  $\pm 20$  cm.

Questo parametro è fortemente influenzato dalla situazione contingente (mareggiate, periodi di bonaccia, ecc), e può avere scarso significato nelle valutazioni morfodinamiche a breve periodo.

In questi casi è preferibile utilizzare sistemi di rilevamento in continuo. Web cam dedicate ad esempio forniscono informazioni giornaliere che meglio permettono di comprendere l'evoluzione della spiaggia.

### 4.3 Rilevi topografici della spiaggia emersa

In passato il rilievo della spiaggia emersa prevedeva la realizzazione di profili altimetrici, aventi origine da capisaldi georeferenziati, con spaziatura stabilita in funzione della scala del rilievo. Gli attuali strumenti topografici hanno introdotto modalità di esecuzione che migliorano qualitativamente (precisione della misura) e quantitativamente (numero di punti misurati) i rilievi topografici. Quindi, ove possibile, è sempre preferibile l'utilizzo di strumenti tipo laser scanner. In alternativa può essere ancora utilizzata la tecnica classica basata sui profili altimetrici, utilizzando una strumentazione di elevata precisione (GPS in modalità RTK, teodolite a stazione totale, ecc.). Si ritiene ormai superato il metodo della coltellazione, spesso utilizzato in passato per la facilità e rapidità d'esecuzione, che pertanto è sconsigliato. L'errore massimo consentito è 2 cm per le coordinate X, Y, mentre per la terza dimensione il valore è pari a 5 cm.

Indipendentemente dalla metodologia d'indagine utilizzata devono essere individuate ed indicate le principali strutture morfo-sedimentarie. In particolare devono essere misurate la berma ordinaria e quelle di



tempesta indicando la distanza dalla battigia della cresta e la sua quota e la loro pendenza. A tale scopo può essere utile lo schema proposto da Carobene & Brambati<sup>1</sup>.

Queste misure, oltre a fornire informazioni sulla dinamica morfo – sedimentaria della spiaggia, costituiscono un valido supporto per la taratura dei modelli matematici.

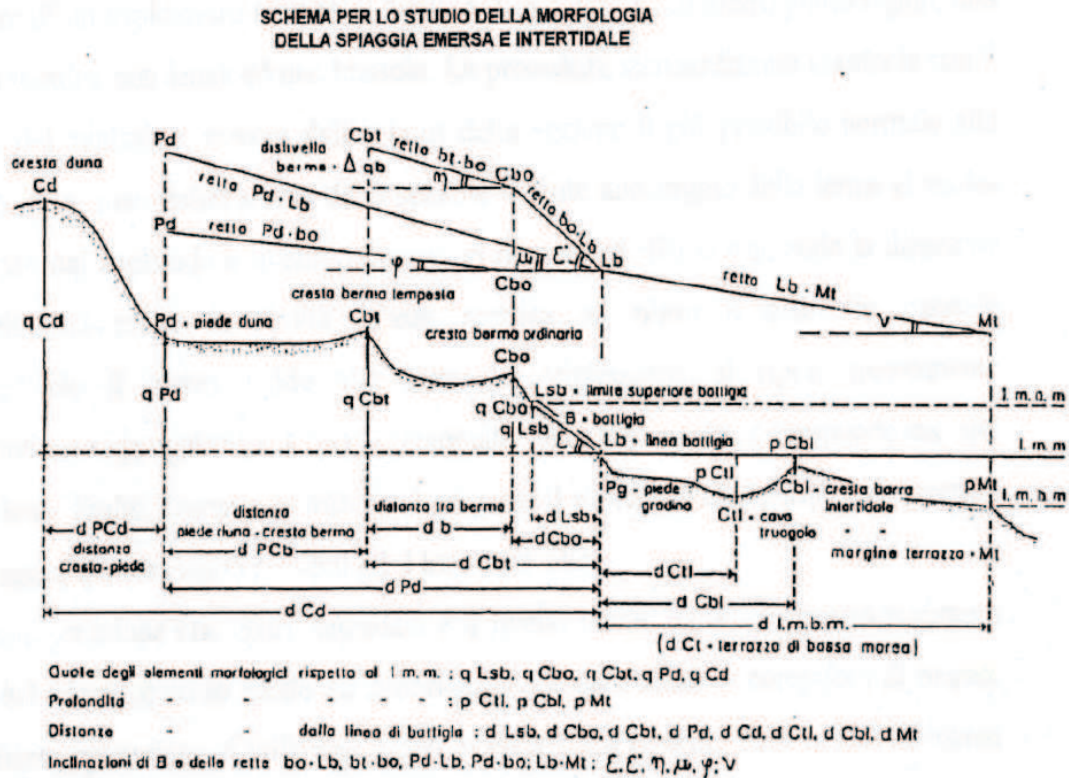


Fig. 1 – Schema per lo studio della morfologia della spiaggia emersa ed intertidale (da: Carobene & Brambati, 1975).

#### 4.4 Rilevi batimetrici della spiaggia sommersa

I rilievi batimetrici possono essere effettuati con la tecnica multibeam o singlebeam. La prima consente un’analisi molto dettagliata dei fondali e sono da considerarsi indispensabili per tutte le attività di in cui sono previsti confronti tra differenti levate batimetriche, ad esempio nella valutazione dell’efficacia di interventi di difesa. I secondi, analogamente a quanto descritto nei rilievi della spiaggia emersa, sono realizzati attraverso profili posti in continuità con quelli realizzati a terra e con spaziatura stabilita in funzione della scala del rilievo. Questa seconda tecnica necessita di interpolazioni che, specie in presenza di morfologie variabili, la rendono decisamente meno precisa ed inadeguata per le attività di monitoraggio. Può essere utilizzata negli studi di base adottando però una scala non superiore ad 1:5.000.

È utile ricordare che le misure precedentemente descritte devono essere corrette in funzione delle variazioni del livello medio mare dovute alla marea astronomica e meteorologica.

<sup>1</sup>Carobene L. e Brambati A. (1975) – Metodi per l’analisi morfologica quantitativa delle spiagge. Bollettino della Società Geologica Italiana, 94(03), 479-494.

#### 4.5 Campionamento spiaggia emersa

Il prelievo di sedimenti nella spiaggia emersa deve essere effettuato lungo profili perpendicolari alla battigia e distanziati in funzione della scala del rilievo. In presenza di morfologie cuspidate il profilo deve essere posizionato in coincidenza del centro della concavità. In generale devono essere prelevati campioni alla battigia, nella spiaggia inferiore e superiore. In presenza di strutture morfo - sedimentarie (berma ordinaria, secondaria e di tempesta) può essere utile anche il loro campionamento. Il prelievo deve interessare solo la parte superficiale del deposito, i primi 2 – 3 cm, cioè le lamine di sedimento interessate dall'azione del moto ondoso. In presenza di spiagge ciottolose, dove risulta difficile eseguire un corretto campionamento, si può eseguire in sostituzione, parziale o totale, la misurazione del primo percentile.

#### 4.6 Campionamento spiaggia sommersa

Analogamente alla spiaggia emersa, anche in quella sommersa il campionamento è effettuato lungo profili perpendicolari alla costa e distanziati in funzione della scala del rilievo. La loro ubicazione può essere individuata in base alla profondità rappresentativa di zone significative: surf zone, frangenza, offshore, profondità di chiusura. In alternativa i punti di campionamento possono essere stabiliti successivamente al rilievo batimetrico e posizionati in coincidenza delle strutture morfosedimentarie (barre e truogoli), variazioni della morfologia ecc.. Il prelievo è effettuato mediante l'utilizzo di una benna Van Veen o di qualsiasi altro strumento in grado di prelevare solo la porzione superficiale del fondale.

### 5. Analisi di laboratorio

Le analisi di laboratorio sono indirizzate alla valutazione quali – quantitativa delle caratteristiche dimensionali e composizionali che caratterizzano i sedimenti costituenti la spiaggia.

#### 5.1 Analisi granulometrica

Le analisi granulometriche sono realizzate mediante setacciatura, per la frazione grossolana ( $> 63 \mu\text{m}$ ), mediante sedigrafo o strumentazione equivalente, per la frazione fine ( $< 63 \mu\text{m}$ ). La scala utilizzata nella setacciatura e nella successiva classificazione, è quella proposta da Udden WentWorth<sup>2</sup>. Nei litorali costituiti da sabbie medio – fini è opportuno adottare la scala a  $\frac{1}{2} \phi$ . L'analisi granulometrica della frazione fine è eseguita solo in presenza di percentuali superiori a 3 – 5%.

I risultati delle analisi granulometriche devono essere successivamente elaborate allo scopo di ricavare oltre alle percentuali di ghiaia, sabbia, silt ed argilla, anche i principali indici sedimentologici: media, Mediana ( $D_{50}$ ), classazione e skewness. I parametri comunemente utilizzati sono quelli proposti da Folk<sup>3</sup>, ciononostante non si esclude l'utilizzo di altre formulazioni.

---

<sup>2</sup> Wentworth C. K. (1922) - A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. The Journal of Geology 30 (5), 377-392.

<sup>3</sup> Folk R.L., Ward W. C. (1957) – Brazos river bar: A study in the significance of grain - size parameters. Journal of sedimentary Research 27 (1) 3 – 26.



## 5.2 Analisi del colore

Questa analisi, benché tecnicamente non riveste alcuna importanza per lo studio dinamico sedimentario dei litorali, ha una oggettiva valenza, da un punto di vista paesaggistico ed ambientale, nella scelta dei sedimenti più idonei al ripascimento. Quindi è fortemente consigliata negli studi riguardanti le spiagge sabbiose, mentre perde significato in quelle ghiaiose ciottolose. La tecnica consigliata è quella che prevede l'utilizzo dello spettrofotometro, strumento in grado di suddividere il colore nelle sue componenti basilari. In alternativa la colorazione dei sedimenti è valutabile mediante il confronto con le tavole di Munsell.

## 5.3 Analisi composizionale

L'esecuzione delle analisi composizionali non costituisce un aspetto prioritario delle indagini sui sedimenti, quindi la loro realizzazione non è obbligatoria ma facoltativa. Può risultare però utile quando si effettuano studi propedeutici ad interventi di ripascimento, specie nei litorali ghiaiosi, allo scopo di verificare la compatibilità del materiale immesso con quello naturale. In casi particolari alcuni minerali possono essere utilizzati come traccianti per la determinazione della provenienza degli apporti sedimentari o per la definizione degli assi di transito. Le analisi sono realizzate attraverso sezioni sottili indagate mediante microscopia ottica o, preferibilmente, mediante microscopia elettronica a scansione (SEM).

# 6. Elaborazione dei dati

I dati raccolti devono essere elaborati allo scopo di ottenere una descrizione più dettagliata possibile dell'assetto dinamico – sedimentario del litorale e della sua tendenza evolutiva.

## 6.1 Carte tematiche

I dati raccolti nelle indagini di campagna opportunamente elaborati devono essere restituiti anche attraverso la realizzazione di carte tematiche.

### 6.1.1 Carta topo - batimetrica

I rilievi della spiaggia emersa e sommersa sono elaborati, possibilmente congiuntamente, in modo da fornire un quadro completo di tutto il litorale. La scala, in funzione del rilievo, non deve essere comunque superiore a 1:5.000. Nella carta devono essere riportate, se visibili, le principali strutture morfo - sedimentarie: barra e truogolo nella spiaggia sommersa; berma ordinaria, secondarie e di tempesta nella spiaggia emersa.

### 6.1.2 Carte sedimentologiche

I dati sedimentologici sono elaborati allo scopo di determinare la distribuzione granulometrica nella spiaggia. La distribuzione rappresentativa dei sedimenti è rappresentata dalle loro dimensioni medie. L'indice sedimentologico medio è preferibile a quello mediano poiché calcolato su tre valori. In litorali costituiti da sabbia omogenea è preferibile adottare nella rappresentazione la scala a  $\frac{1}{2} \Phi$ . In litorali ghiaiosi, dove generalmente la spiaggia sottomarina esterna è costituita da sabbie, può essere utile realizzare una carta di distribuzione delle frazioni sedimentarie (Ghiaia, sabbia e frazione fine). In questo caso la classificazione di Folk<sup>4</sup>, è preferibile a quella di Shepard<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Folk R. L. (1954) - The Distinction between Grain Size and Mineral Composition in Sedimentary-Rock Nomenclature. The Journal Geology 62 (4), 344 – 359.

<sup>5</sup> F. P. SHEPARD (1954) – Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. Journal of Sedimentary Petrology, 24, 151-158.

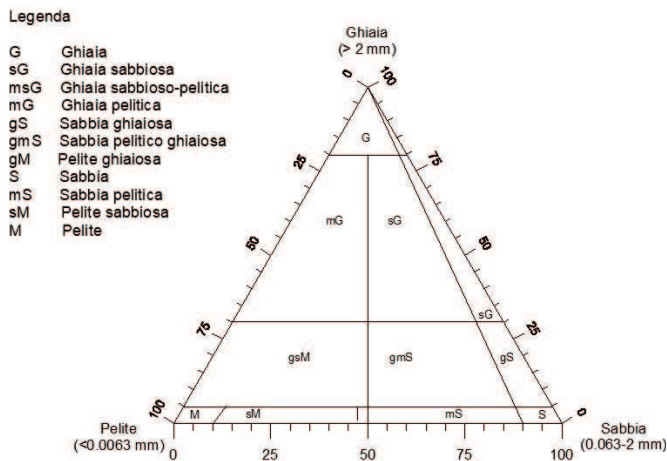


Fig. – Classificazione di Folk (1954).

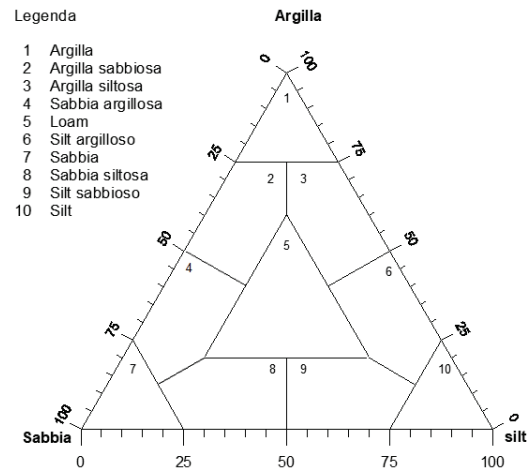


Fig. – Classificazione di Shepard (1954).

A supporto di queste distribuzioni, possono costituire un contributo interpretativo anche la rappresentazione degli altri indici sedimentologici: classazione e asimmetria. Per entrambi i parametri è auspicabile realizzare una distribuzione che utilizzi la suddivisione proposta da Folk & Ward e riportata in tabella 1.

Classazione (Sorting) $\sigma$	Asimmetria (Skewness) $S_k$
$\sigma < 0.35$ estremamente classato	$S_k > +0.3$ asimmetria molto positiva
$0.35 < \sigma < 0.5$ ben classato	$+0.1 < S_k < +0.3$ asimmetria positiva
$0.5 < \sigma < 0.80$ discretamente classato	$+0.1 < S_k < -0.1$ simmetrica
$0.80 < \sigma < 1.40$ mediocrementemente classato	$-0.1 < S_k < -0.3$ asimmetria negativa
$1.40 < \sigma < 2.00$ poco classato	$S_k > -0.3$ asimmetria molto negativa
$2.00 < \sigma < 2.60$ scarsamente classato	
$\sigma > 2.60$ non classato	

Tabella 1 – classificazione degli indici sedimentologici classazione e asimmetria.

## 6.2 Tendenza evolutiva

L'utilizzo dei dati ottenuti dall'indagine storica confrontati tra loro e/o con quelli raccolti nelle indagini di campagna permettono di ricostruire l'evoluzione del litorale. Negli studi di base questo confronto deve essere effettuato a scala temporale lunga, mentre nelle attività di monitoraggio il confronto è realizzato a medio – breve termine.

### 6.2.1 Evoluzione della linea di riva

Negli studi di base sono confrontate tutte le linee di riva storiche, del recente passato ed attuali, lo scopo è quello di definire la tendenza evolutiva, a grande scala temporale, del litorale. Nelle attività di monitoraggio il confronto interessa solo le misure effettuate durante le campagne di rilievo ed ha lo scopo di individuare l'evoluzione recente, ad esempio dopo una modificazione dell'assetto costiero, del litorale. Il confronto delle linee di riva ottenuto mediante misure dirette, per i motivi precedentemente indicati, può essere spesso affetto da un errore superiore alla stessa variazione, pertanto i risultati devono essere interpretati con estrema cautela.

Benché siano interessate da un errore di georeferenziazione superiore, le misure in continuo mediante immagini digitali fisse sono preferibili. Con questi sistemi di acquisizione la comparazione può essere realizzata con modalità differenti. In funzione delle esigenze dell'indagine possono essere estrapolate linee

di riva corrispondenti alla posizione media di un determinato momento (immagini timex), della media giornaliera (immagini daytimex) o anche mensili. Quindi può essere individuata con più accuratezza la linea di riva rappresentativa dello stato della spiaggia e conseguentemente determinare con più esattezza l'evoluzione del sistema litorale.

### 6.2.2 Evoluzione della spiaggia

Negli studi di base, analogamente alla linea di riva, il confronto tra levate batimetriche e/o topografiche storiche con quelle più recenti ed attuali, fornisce informazioni sull'evoluzione costiera. Teoricamente il confronto contemporaneo della spiaggia emersa e sommersa, è in grado di quantificare le variazioni volumetriche della spiaggia e quindi determinare il bilancio sedimentario della spiaggia. In realtà specie nei confronti effettuati in epoche e con tecniche differenti, queste determinazioni sono pressoché irrealizzabili. Conseguentemente è più opportuno effettuare un confronto solo qualitativo, che metta in evidenza le zone in erosione, accumulo e stabili. Nelle attività di monitoraggio, se le indagini di campo sono svolte con strumentazione adeguata, laser scanner o GPS in modalità RTK per la spiaggia emersa, multibeam per quella sommersa, è possibile eseguire una valutazione corretta ed ottenere valori utili a quantificare il bilancio sedimentario.

## 7. Modelli matematici ed altre elaborazioni

I modelli matematici costituiscono l'elaborazione finale dove gran parte delle informazioni, descritte precedentemente, sono utilizzate per determinare il quadro finale dell'assetto dinamico sedimentario del litorale. Questa attività richiede il supporto dell'attività T2.1 per quanto attiene le caratteristiche del moto ondoso.

### 7.1 Determinazione spiaggia attiva

La determinazione della spiaggia attiva è generalmente implementata su modelli matematici 2DH (*Horizontal two-dimensional approach*) ma possono essere utilizzate anche altre modalità. Le analisi sono rivolte all'individuazione della profondità di chiusura ( $d_b$ ), della zona di frangenza (*breaking zone*), l'altezza d'onda alla frangenza ( $H_b$ ) e la massima risalita del moto ondoso ( $Ru_{max}$ ). Le simulazioni dovranno essere effettuate considerando il clima ondoso con tempi di ritorno differenti, ad esempio  $T_1$  (1 anno),  $T_{10}$  (10 anni) e  $T_{50}$  (50 anni), per le principali provenienze del moto ondoso. Oltre all'utilizzo dei dati topo - batimetrici e sedimentologici ( $D_{50}$ ), possono essere utilizzate anche le informazioni spaziali relative alle strutture morfologiche (barre, berme di tempesta ecc.) e quelle fornite dalle web - cam (zona di frangenza, run up, ecc.). Infatti se opportunamente correlate con le caratteristiche del moto ondoso, possono essere un ottimo sistema per la taratura dei modelli.

### 7.2 Determinazione del drift litoraneo

Il trasporto litoraneo è determinato sia utilizzando modelli matematici, sia attraverso le indagini sedimentologiche.

I modelli matematici, 2DH (*Horizontal two-dimensional approach*), ricostruiscono la propagazione del moto ondoso in bassi fondali e delle correnti da esso indotte. L'obiettivo è quello di determinare sia le potenziali direzioni di trasporto longshore, con le relative zone di accumulo ed erosione, e la presenza di correnti trasversali (*rip currents*) che possono costituire settori preferenziali di dispersione al largo dei sedimenti. Ciò di valutare la risposta del litorale ai fenomeni meteo-marini. L'indagine, analogamente al punto precedente, è realizzata in differenti condizioni di moto ondoso.

I dati sedimentologici permettono, mediante l'utilizzo della metodologia proposta da Gao & Collins<sup>6</sup> di fornire una valutazione qualitativa delle principali direzioni di trasporto dei sedimenti. Questo procedimento è basato sul confronto della distribuzione spaziale degli indici sedimentologici media ( $M_z$ ), classazione ( $\sigma$ ) e asimmetria ( $Sk$ ), per maggiori dettagli si rimanda alla pubblicazione riportata a piè di pagina. In questo caso i risultati devono essere messi in relazione con le caratteristiche del moto ondoso, che ha determinato l'assetto dinamico sedimentario investigato, e che preferibilmente deve essere quello relativo alle agitazioni ondose dominanti.

## 8. Ripascimenti

I ripascimenti costituiscono ormai una delle tecniche più utilizzate negli interventi di recupero e/o ricostruzione delle spiagge. Nei casi in cui sono previsti questa tipologia d'intervento, può risultare utile estendere le indagini di campagna ai potenziali siti di prelievo del materiale. Le indagini devono essere rivolte alla definizione delle caratteristiche tessiturali, composizionali e colorimetriche dei sedimenti, senza dimenticare di valutare anche gli aspetti igienico sanitari, che in questo caso fanno riferimento alle rispettive normative nazionali e regionali.

### 8.1 Caratteristiche tessiturali

Sono effettuate con lo scopo di valutare l'idoneità del materiale. Gli aspetti principali da considerare sono le dimensioni del materiale e la percentuale di fine presente.

Il materiale immesso dovrà avere le dimensioni più simili possibili con quello naturale. In letteratura sono presenti metodologie che permettono di valutarne l'idoneità. Le più note sono quelle proposte da Hobson<sup>7</sup> e James<sup>8</sup>. Queste metodologie sono basate sul confronto degli indici sedimentologici, media e classazione, tra i sedimenti nativi e quelli artificiali. In questo caso però gli indici sedimentologici non sono calcolati con le formulazioni proposte da Folk ma con quelle definite da Inman<sup>9</sup> e qui riportate.

$$\text{Media } M_z = \frac{\Phi_{84} + \Phi_{16}}{2} \quad \text{Classazione } \sigma = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{2}$$

Inoltre è opportuno determinare i valori del  $D_{50}$  sia per il confronto con il sedimento nativo sia per i successivi calcoli per la determinazione dei quantitativi necessari. In questo caso il parametro Mediana è preferibile alla Media in quanto è quello comunemente utilizzato in queste formulazioni<sup>10</sup>.

La determinazione della percentuale di frazione fine (silt e argilla) presente nel materiale artificiale è altrettanto utile alla valutazione dell'idoneità, sia per quanto attiene l'efficacia dell'intervento, sia per i potenziali danni alle biocenosi marine presenti. I valori massimi consentiti non possono essere determinati in termini assoluti ma in funzione delle caratteristiche regionali del litorale. In linea di massima questi valori

---

<sup>6</sup> Gao S., Collins M. (1992) – Net sediment transport patterns inferred from grain size trends, based upon definition of “transport vectors”. *Sedimentary Geology*, 81, 47 -60.

<sup>7</sup> R.D. Hobson (1977) - Review of Design Elements for Beach Fill Evaluation. U.S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center. TP 77-6, 42 p.

<sup>8</sup> W. R. James (1975) - Techniques in Evaluating Suitability of Borrow Material for Beach Nourishment. U.S. Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center. TM-60, 81 p.

<sup>9</sup> D. L. Inman (1952) - Measures for describing the size distribution of sediments *Journal of Sedimentary Research* 22 (3), 125-145.

<sup>10</sup> R. G. Dean (2002) – Beach nourishment: theory and practice. World Scientific, 399pp.

dovranno essere minori nelle aree sensibili, cioè dove sono presenti biocenosi di pregio (Posidonia oceanica, coralligeno ecc.). In ogni caso per la definizione di questi limiti si rimanda alle relative direttive regionali.

## 8.2 Caratteristiche Colorimetriche

Il confronto tra le caratteristiche colorimetriche del sedimento naturale ed artificiale è una prassi ormai consolidata negli interventi di ripascimento delle spiagge sabbiose. Le problematiche nell'utilizzo di sedimenti cromaticamente differenti sono essenzialmente di carattere paesaggistico, anche se, alterando la capacità di acquisire calore della spiaggia, non si possono escludere ugualmente ripercussioni di carattere ambientale. Non sono presenti metodologie standardizzate, anche se alcuni interessanti studi sono stati effettuati<sup>11</sup>, e conseguentemente si rimanda alle direttive regionali. Per quanto riguarda invece le spiagge ghiaiose e ciottolose questa caratteristica ha scarsa importanza ed è sostanzialmente subordinata ai litotipi che costituiscono il sedimento e che ne condizionano anche il colore.

## 8.3 Caratteristiche composizionali

Le caratteristiche composizionali del materiale artificiale sono spesso trascurate in quanto ritenute ininfluenti nella valutazione del sedimento. In effetti questo parametro ha scarso interesse per i sedimenti sabbiosi, generalmente costituiti da quarzo, ma può essere importante nel caso di materiale ghiaioso e ciottoloso. Infatti una loro scarsa resistenza all'alterabilità ed all'abrasione può determinarne una scarsa efficacia dell'intervento, oltre a provocare danni alle biocenosi marine introducendo sedimenti fini nell'ambiente. Purtroppo, anche in questo caso, non esistono metodologie codificate per valutarne l'idoneità, ma solo proposte episodiche<sup>12</sup>. Conseguentemente si possono solo suggerire informazioni di carattere generale desunte da osservazioni di campo a seguito di interventi di ripascimento. Non sono utilizzabili litologie costituite da importanti percentuali di sedimenti fini, quali ad esempio le argilliti, le marne, i calcari marnosi. Anche materiali carbonatici microcristallini, risultano poco idonei. Altri aspetti da valutare sono la presenza di scistosità e foliazioni che possono favorire l'alterazione e la disgregazione del materiale. Infine, i clasti poliminerali possono essere costituiti da minerali che rispondono in modo differente alle sollecitazioni imposte dall'ambiente marino e conseguentemente degradare più rapidamente.

---

<sup>11</sup> Pranzini E. (2008) – Il colore della sabbia: percezione, caratterizzazione e compatibilità nel ripascimento artificiale delle spiagge. Studi Costieri 15, 89 - 108

<sup>12</sup> Cavallo C., Cevasco A., Ferrari M., Piazza M. (2008) - Valutazione dell'idoneità di materiali flyshoidi derivanti da scavo in sotterraneo per interventi di ripascimento di spiagge ghiaiose. Studi Costieri 15, 25 – 37.

	Estensione area d'indagine		Durata temporale delle indagini	Indagine storica			
	Limite del tratto costiero	Limite della spiaggia sommersa		Linea di riva	Rilievi planoaltimetrici	Strutture costiere	Ripascimenti
Studi di base	Unità fisiografica	Profondità di chiusura o $L_0/2$	No	Storiche	Storici	Informazioni generali	Informazioni generali
Monitoraggio		Profondità di chiusura	Annuale	No	No	No	No

	Analisi di laboratorio			Elaborazione		
	Dimensionale	Colore	Composizione	Carta topobatimetrica	Carte sedimentologiche	Evoluzione
Studi di base	Si	Opzionale	Opzionale	Si	Si	Confronto
Monitoraggio	Si	No	No	Si	Si	Confronto