# CONVENZIONE

tra

**Autorità di Bacino della Puglia**

e

Politecnico di Bari

**Dipartimento di Ingegneria delle Acque e di Chimica**

**Laboratorio di Ricerca e Sperimentazione per la Difesa delle Coste (LIC)**

**"Studi propedeutici per la predisposizione del Piano Stralcio della Dinamica delle Coste"**

# Relazione generale

**Bari, agosto 2010**

# INDICE

1 PREMESSA ..... 2
2 LA COSTA PUGLIESE ..... 11
2.1 CARATTERISTICHE PRINCIPALI ..... 11
2.2 LE UNITA' FISIOGRAFICHE ..... 21
3 SINTESI DELLO STUDIO ..... 26
3.1 SINTESI "DELL'ANALISI DEI PROCESSI IDRAULICI ED IDROLOGICI A SCALA DI BACINO PER LA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SOLIDA FLUVIALE" ..... 26
3.2 SINTESI DELLA "DETERMINAZIONE DEL CLIMA METEOMARINO AL LARGO E SOTTOCOSTA E DEL TRASPORTO SOLIDO PER PARAGGI SIGNIFICATIVI DELLA COSTA PUGLIESE" ..... 28
3.3 INDIVIDUAZIONE DI STRUTTURE DI MITIGAZIONE DEI RISCHIO PER LE COSTE BASSE ..... 30
3.3.1 SINTESI DELLA "INDIVIDUAZIONE DI STRUTTURE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO (AMBIENTALMENTE COMPATIBILI PER LE COSTE BASSE) ..... 30
3.3.2 SINTESI DELLE "STRUTTURE CONVENZIONALI E NON PER LA DIFESA DELLE COSTE" ..... 34
3.4 SINTESI DEL "GIS DEGLI STUDI PROPEDEUTICI PER LA PREDISPOSIZIONE DEL PIANO STRALCIO DELLA DINAMICA DELLE COSTE" ..... 37
4 GRUPPO DI LAVORO ..... 38
ALLEGATO 1: ..... 39
"Analisi dei processi idraulici ed idrologici a scala di bacino per la definizione della componente solida fluviale". ..... 39
ALLEGATO 2: ..... 39
"Determinazione del clima meteomarino al largo e sottocosta e del trasporto solido per paraggi significativi della costa pugliese". ..... 39
ALLEGATO 3.1: ..... 39
"Individuazione di strutture di mitigazione del rischio (ambientalmente compatibili per le coste basse) per ciascuna Unità Fisiografica". ..... 39
ALLEGATO 3.2: ..... 39
"Strutture convenzionali e non per la difesa delle coste". ..... 39
ALLEGATO 4: ..... 39
"GIS degli Studi propedeutici per la predisposizione del piano stralcio della dinamica delle coste". ..... 39
BIBLIOGRAFIA ..... 40

# 1 PREMESSA

La fascia costiera ha assunto negli ultimi decenni un'importanza sociale ed economica elevatissima.

Negli ultimi 50 anni la popolazione dell'Unione Europea che vive nelle città costiere è più che raddoppiata, portandosi a 70 milioni di abitanti nel 2001, pari al 16% del totale; in Italia, poi, tale percentuale è molto maggiore e raggiunge il 60%.

Con l'aumento della popolazione si sono incrementate anche le attività commerciali, ricreative e industriali; tutto ciò ha portato ad un aumento dell'urbanizzazione della fascia costiera, per i diversi usi, ed alla realizzazione di un'infrastrutturazione trasportistica sia a terra (strade, ferrovie, ecc.), che a mare (porti, approdi, ecc.).

Purtroppo negli anni, la fascia costiera sta man mano perdendo le sue qualità ambientali e si stanno manifestando numerosissimi casi di arretramento della costa sabbiosa.

L'erosione costiera è il risultato della combinazione di fattori, sia naturali che indotti dall'uomo, operanti su diversa scala. I più importanti fattori naturali sono:

- vento, moto ondoso, correnti ai bassi fondali, sollevamento del livello del mare nella zona di riva durante le mareggiate;
- apporto liquido e solido dei fiumi a mare;
- subsidenza del suolo;
- innalzamento del livello medio del mare.

I principali fattori indotti dall'uomo sono:

a) interventi nella fascia costiera:

- utilizzazione della fascia costiera con la realizzazione di infrastrutture e opere per insediamenti abitativi, industriali, ricreativi, ecc.;
- estrazioni di acqua dal sottosuolo;
- realizzazione di nuove opere a mare, di difesa o portuali, che interferiscono con la dinamica dei sedimenti;
- dragaggi.

b) interventi nei bacini idrografici dei fiumi che sfociano sul litorale:

- uso del suolo, alterazione della vegetazione e sistemazioni idraulico forestali, ecc.;
- lavori per la regimazione dei corsi d'acqua per la difesa del suolo e/o per il prelievo di risorsa idrica per uso potabile, irriguo e industriale;
- estrazione di inerti dai fiumi.

L'erosione costiera comporta il rischio di inondazione dell'entroterra a causa dei seguenti fenomeni:

- perdita di arenili sabbiosi e di eventuali sistemi naturali di protezione (spiagge, sistemi dunali ecc.);
- distruzione delle opere di difesa artificiali (scogliere emerse o sommerse, barriere radenti, pennelli).

Molte coste europee sono interessate dall'erosione; i dati cambiano da paese a paese, ma sono comunque, nel complesso allarmanti.

Si riportano di seguito alcuni dati del Progetto EUROSION, studio affidato nel 2002 dalla Commissione Europea ad un Consorzio di Ricerca al quale partecipavano gruppi di quasi tutte le Nazioni dell'Unione.

Lo scopo del Progetto era di tracciare un quadro che permettesse di quantificare il fenomeno dell'erosione costiera in Europa, i problemi ad essa connessi, nonché i successi e gli insuccessi degli interventi realizzati al fine di contenerlo e, soprattutto, fornire un set di proposte alle quali rapportarsi per attivare concreti e corretti piani di gestione dei fenomeni di erosione, diversamente strutturati a livello europeo, nazionale e regionale. Inoltre l'U.E. ritiene, a ragione, che la gestione delle coste debba essere collocata all'interno di un più grande progetto, denominato "Strategia tematica per il suolo", che, con diverse azioni, l'Unione stessa intende portare avanti.

I risultati conseguiti sono stati presentati e discussi a Bruxelles il 28 maggio 2004, nell'ambito della conferenza "Vivere con l'erosione costiera in Europa". Di seguito si utilizzeranno alcuni dati del Progetto per effettuare un'analisi a carattere generale, mentre per aspetti più particolari si rinvia allo studio nella sua completezza (EUROSION, 2004).

Dallo studio EUROSION si evince che la gran parte dei fenomeni erosivi è attribuibile alle azioni antropiche messe in atto negli ultimi decenni sulla fascia costiera e nei bacini idrografici. E' evidenziato che, se da un lato è possibile attuare interventi a protezione delle aree direttamente minacciate, dall'altro la presenza di strutture di difesa, specie se concepite al di fuori di una logica che tenga conto dell'intera Unità Fisiografica, può influire negativamente sulla "capacità del

litorale" di reagire ai cambiamenti indotti naturalmente dalle condizioni climatiche o da azioni antropiche moderate (nel progetto, detta "capacità del litorale" è stata chiamata "resilienza del litorale"). Inoltre emerge con forza l'importanza della comprensione della dinamica dei sedimenti nella fascia costiera considerata, fattore chiave nella gestione dell'erosione. La dinamica dei sedimenti della fascia costiera, come si è detto innanzi, dipende fortemente dalle attività antropiche nei bacini idrografici, per cui ecco che la gestione della fascia costiera rientra nella più ampia tematica della Gestione e Difesa del Suolo, affrontata per la prima volta in Italia con la legge n.183/1989 e successive modificazioni e integrazioni.

Le azioni consigliate dallo studio EUROSION partono dal rafforzamento delle zone costiere che si oppongono naturalmente al moto ondoso quali spiagge con dune, lagune e laghi salati, che assorbono la violenza delle mareggiate e costituiscono un habitat prezioso per variegate specie vegetali ed animali. Occorre limitare gli interventi con opere di difesa artificiali e fare in modo che nella loro progettazione si tenga conto del loro impatto su tutta la Unità Fisiografica. Bisogna inoltre ricorrere là dove possibile al ripascimento dei litorali; per poter attuare questa azione è fondamentale la fase preliminare di individuazione e monitoraggio delle aree in cui la produzione di sedimenti è più consistente, o di giacimenti di sabbia a terra e/o a mare, in modo da arrivare a costituire delle "riserve strategiche di sedimento", dalle quali prelevare materiale per "puntellare" altre zone, senza compromettere l'equilibrio naturale.

Per approntare una strategia di gestione dell'erosione costiera che risulti attuabile ed efficace, di fondamentale importanza è, secondo lo studio, la costituzione di un organico riferimento legislativo strutturato ai diversi livelli (comunitario, nazionale, regionale e locale) attuando le direttive esistenti o la proposta di nuove. In questo contesto, le raccomandazioni relative alla gestione dell'erosione costiera dovrebbero decretare la scomparsa definitiva delle tradizionali strategie d'azione, consistenti quasi sempre in interventi frammentari, dettati dall'urgenza piuttosto che da un'attenta programmazione.

In conclusione, lo studio propone di giocare in anticipo, di non lavorare solo per arrestare l'erosione quando si produce, ma di pianificare delle soluzioni a lungo termine. I piani, supportati da un adeguato monitoraggio meteomarino e dell'evoluzione dei litorali, devono prevedere una valutazione approfondita dei rischi e dei costi e le conseguenze azioni possibili, ossia proteggere, non intervenire, abbandonare la zona.

L'aumentata sensibilità ambientale degli ultimi decenni, unitamente al constatato degrado della qualità dei litorali e delle sue acque, ha consigliato di affrontare la problematica con un

approccio integrato e non settoriale, ossia di considerare sia la difesa fisica delle coste che la conservazione degli habitat costieri e delle biodiversità e, quindi, delle risorse ambientali ivi presenti.

Nella pianificazione della fascia costiera si deve inoltre tener conto dei possibili cambiamenti climatici, nel caso specifico dei litorali questi possono portare ad un incremento dell'attuale trend dell'innalzamento del livello medio mare nei prossimi decenni (Petrillo A.F., 2007).

La variazione del livello marino è un fenomeno legato a diversi fattori ambientali e fisici, a livello globale e locale, ed ha una forte periodicità temporale. La questione è di grande importanza poiché l'innalzamento del livello medio mare determina un naturale arretramento dei litorali sabbiosi e un aumento del rischio di inondazione delle aree costiere basse.

Un'idea tangibile dell'entità del rischio cui i litorali sabbiosi sono sottoposti si può avere dallo studio di BRUUN P., 1962, in base al quale l'aumento di 1 mm del livello marino può produrre un arretramento della linea di riva da 0.05 ÷ 0.10 m, in dipendenza della pendenza del profilo di spiaggia.

Numerosi sono gli studi condotti negli ultimi anni sulla previsione delle variazioni del livello del mare e in alcuni di essi sono stati messi a punto anche modelli matematici; questi però devono essere tarati, per cui sono necessarie serie di dati di campo affidabili e di lunga durata. Infatti, generalmente si impiegano modelli evolutivi, categoria alla quale appartengono anche i modelli per le previsioni meteorologiche oggi ampiamente disponibili e che, come è noto, migliorano le loro prestazioni man mano che aumentano che le informazioni di base. Allo stato attuale, purtroppo, poche sono le grandezze che intervengono nel fenomeno di cui sono disponibili serie storiche adeguate ed affidabili.

Negli ultimi due secoli, da quando cioè sono disponibili misure strumentali affidabili, il livello del mare ha subito una risalita media complessiva compresa tra 1 e 1.5 mm/anno (nell'Adriatico il Mareografo di Trieste ha registrato circa 1.5 mm/anno negli ultimi 100 anni), mentre per gli ultimi 50 anni si è avuto un incremento del trend, infatti si è registrato un valore medio di 1.8 mm/anno (Church et al., 2004).

Il recente rapporto dell'I.P.C.C. del 2007 (I.P.C.C.: Intergovernmental Panel on Climate Change, organo tecnico-scientifico del W.M.O., World Meteorological Organization, e U.N.E.P., United Nations Environment Programme; ha come compiti lo studio dei cambiamenti climatici in atto, lo sviluppo di scenari futuri, la definizione della vulnerabilità dei sistemi naturali e sociali,

nonché stabilire le strategie di adattamento e di mitigazione) utilizzando modelli di previsione riporta che il livello globale del mare nei prossimi 100 anni potrà avere un sollevamento compreso tra 1.8 a 5.9 mm/anno. Come si vede i modelli matematici di previsione forniscono un forte margine di indeterminazione; tuttavia tutti gli studi concordano che nel prossimo futuro vi sarà un incremento del trend del sollevamento del livello medio mare.

Con i dati innanzi indicati prendendo a riferimento un innalzamento del livello medio mare di 1.8 mm/anno negli ultimi 50 anni si è avuto un arretramento naturale della linea di riva dei litorali sabbiosi compreso tra 4.5 e 9 m. Dal 2010 al 2110 prendendo a riferimento un innalzamento di 1.8 mm/anno si avrà un ulteriore arretramento compreso tra 9.0 e 18 m, mentre con un sollevamento medio di 5.9 mm/anno nei prossimi 100 anni si avrà un ulteriore arretramento compreso tra 29.5 e 90 m. Questi dati mostrano la grande influenza che ha l'innalzamento del livello medio mare sulla dinamica dei litorali sabbiosi.

Le problematiche sinteticamente esposte sono state recepite dalla Commissione Europea che nel Libro Bianco sull'adattamento ai cambiamenti climatici (COM(2009)147/4, 01 aprile 2009), propone l'istituzione di un quadro d'azione comune europeo per ridurre la vulnerabilità agli impatti dei cambiamenti climatici in Europa, prevedendo tra l'altro che le politiche di adattamento non si limitino ad un'analisi dei cambiamenti climatici nei vari settori, ma innovando le modalità di gestire il territorio.

La stessa Commissione Europea nella Comunicazione COM (2007)308 sulla Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC) in Europa ritiene necessario elaborare strategie di adattamento ai rischi derivanti dai cambiamenti climatici. Ed infine, nel Protocollo sulla gestione integrata delle zone costiere del Mediterraneo nell'ambito della Convenzione di Barcellona, approvato a Madrid il 21 gennaio 2008, vi è l'impegno delle parti contraenti a prevenire e mitigare più efficacemente l'impatto negativo dell'erosione costiera e ad adottare le misure necessarie per preservare o ripristinare la capacità naturale della costa di adattarsi ai cambiamenti climatici, anche attraverso l'adozione di misure specifiche sui sedimenti costieri e le opere costiere.

Per GIZC si intende un processo adattativo di gestione delle risorse ambientali ai fini di uno sviluppo sostenibile delle zone costiere, che ha come obiettivo quello di creare un raccordo trasversale fra le varie politiche che hanno un'incidenza su tali zone e che si attua attraverso la pianificazione e la gestione delle risorse e dello spazio costieri. La GIZC è pertanto un processo dinamico, interdisciplinare e interattivo inteso a promuovere l'assetto sostenibile delle zone

costiere. Essa copre l'intero ciclo: raccolta di informazioni, pianificazione (nel suo significato più ampio), assunzione di decisioni, gestione e monitoraggio dell'attuazione.

La GIZC non è solo una politica ambientale, anche se come ha ben evidenziato anche la Commissione Europea la tutela degli ecosistemi naturali è indubbiamente uno degli obiettivi principali della strategia, ma la GIZC si prefigge anche di promuovere il benessere economico e sociale delle zone costiere e metterle in condizione di ospitare comunità moderne e dinamiche. Nelle zone costiere gli obiettivi ambientali e socioeconomici sono intimamente e indissolubilmente legati tra loro.

L'Italia, insieme agli altri Stati costieri dell'Unione Europea, è chiamata a redigere, sulla scorta di quanto previsto dalla Raccomandazione UE sulla GIZC, una relazione nazionale, entro il mese di settembre del 2010, sui progressi fatti dagli Enti Centrali e Locali nell'attuazione della GIZC. Dette relazioni nazionali dovranno portare, a breve, alla formulazione di una Direttiva Europea sull'argomento.

In Italia studi organici sulla GIZC sono stati avviati recentemente dal Ministero dell'Ambiente e da alcune regioni, quali la Liguria, l'Emilia Romagna, la Toscana e il Lazio; vi sono poi vari studi, più o meno organici, di altre regioni.

In Puglia negli ultimi anni sono fatte diverse azioni conoscitive e di monitoraggio della fascia costiera pervenendo alla formulazione del Piano Regionale delle Coste (PRC), oggi in fase di adozione.

Il PRC individua su tutta la fascia demaniale della costa pugliese differenti livelli di criticità all'erosione dei litorali sabbiosi, vedasi ALLEGATO n. 7.1.2, "L'erosione costiera in Europa, in Italia e in Puglia" del PRC.

La criticità all'erosione dei litorali sabbiosi è stata definita in funzione di tre indicatori che individuano la tendenza evolutiva storica del litorale, la tendenza evolutiva recente e lo stato di conservazione dei sistemi dunali. La criticità all'erosione è stata classificata in elevata, media e bassa. A tale scopo è stata costruita una matrice ambientale popolata sulla base dei tre indicatori innanzi indicati. Il primo indicatore è stato popolato con i dati riportati nel Progetto Esecutivo del Monitoraggio P.O.R. Puglia 2000-2006; in particolare se il tratto di costa in esame aveva tendenza evolutiva storica all'arretramento all'indicatore è stato attribuito il valore "1", altrimenti "0". Il secondo indicatore è stato popolato utilizzando i dati sull'arretramento tra le linee di riva estratte dalle ortofoto del 1992 e del 2005. Nello specifico sono stati considerati in arretramento i tratti in cui la differenza tra la linea di riva del 2005 e del 1992 presentava valori superiori a 10 m. Come

indicatore è stato utilizzato "il rapporto tra la lunghezza dei tratti di costa sabbiosa in arretramento e la lunghezza della costa sabbiosa stessa". Il terzo indicatore è stato popolato con i dati rilevati nel Progetto Esecutivo del Monitoraggio P.O.R. Puglia 2000-2006 assegnando il valore "1" ai tratti che hanno la duna in erosione, altrimenti "0". Infine, assegnato a ciascun indicatore un peso (attribuendo peso 20 alla tendenza evolutiva storica, 50 all'evoluzione recente e 30 allo stato delle dune) è stato calcolato "il grado di criticità dei tratti di costa sabbiosa" come la somma dei tre contributi. Utilizzando questa procedura è stato possibile determinare la criticità all'erosione delle coste sabbiose sia per un'analisi a livello comunale sia a livello di dettaglio per i singoli comuni.

La sensibilità ambientale è stata definita in funzione di una molteplicità di indicatori che rappresentano lo stato fisico della fascia costiera (comprendente l'area demaniale e il suo contesto territoriale di riferimento), in relazione al sistema delle norme di tutela che ne sottolineano la valenza ambientale. Per definire la sensibilità si è suddivisa l'intera linea di costa in tratti della lunghezza di 100 m. La sensibilità rappresenta lo stato della fascia costiera dal punto di vista storico ambientale e per questo motivo sono stati individuati una serie di criteri che, opportunamente pesati, contribuiscono a definirla.

Tutto ciò ha portato alla costruzione di strumenti normativi idonei a garantire la corretta gestione del territorio e il continuo aggiornamento conoscitivo del relativo patrimonio. Ai fini della normativa le classi di criticità condizionano il rilascio delle concessioni demaniali, mentre le classi di sensibilità ambientale condizionano i tipi di concessioni demaniali e le modalità di contenimento dei relativi impatti. In ogni comune costiero il rilascio delle concessioni demaniali, sia che si tratti di rinnovo che di nuove concessioni, deve interessare in via prioritaria le zone appartenenti ai livelli più bassi di criticità e di sensibilità ambientale.

Da quanto esposto si nota che l'obiettivo prioritario del PRC è quello di regolamentare la fruizione delle aree demaniali e quindi il rilascio di concessioni nel rispetto della criticità e sensibilità dei tratti di litorale. Esso, infatti, è stato redatto per dare attuazione alla legge regionale n. 17 del 23 giugno 2006, "Disciplina della tutela e dell'uso della costa", che regola l'esercizio delle funzioni amministrative connesse alla gestione del demanio marittimo e delle zone del mare territoriale conferite dallo Stato, individuando le funzioni trattenute in capo alla Regione e quelle conferite ai Comuni e alle Province.

Tuttavia, negli studi per la redazione del PRC non è stato focalizzato solo il mero utilizzo delle aeree demaniali, ma è stato considerato un ambito di studio molto più ampio nel quale si sono analizzate le diverse componenti ambientali.

In generale, quando si parla di pianificazione ambientale qualsiasi definizione di confine, di limite o di ambito di riferimento risulta poco significativa, in quanto azioni prodotte in una determinata zona e per un determinato obiettivo possono avere degli effetti imprevisti in termini di spazio e di tempo e quindi in altre zone (anche non contigue) e in momenti diversi. Questo è ancor più vero quando si parla di pianificazione costiera. Dovendo, in ogni caso, definire un ambito territoriale di studio, si è ritenuto perciò necessario ampliarlo in ragione della comprensibilità dei fenomeni ambientali da analizzare. Pur essendo, infatti, lo studio essenzialmente focalizzato sui caratteri fisici e dell'antropizzazione di una stretta fascia costiera a ridosso dell'area demaniale, nella definizione dell'ambito di studio è stato importante fare riferimento a criteri di carattere ambientale, poiché solo così sono quantificabili le "trasformazioni" e sono leggibili i processi che le determinano.

Questa scelta è stata fatta anche nell'ottica di creare un raccordo trasversale ed interdisciplinare del PRC con altri Piani vigenti, adottati o in via di adozione da parte della Regione Puglia, quali il Piano di Tutela delle Acque, il Piano di Assetto Idrogeologico, il Piano Paesaggistico, il Piano delle Attività Estrattive, ecc., che contengono informazioni e/o prescrizioni che dovranno concorrere alla formulazione del Piano di Gestione Integrata della Fascia Costiera (GIZC).

E' qui da evidenziare che i Piani innanzi richiamati sono stati messi a punto da diversi Settori della Regione Puglia, ognuno dei quali ha curato in modo puntuale gli aspetti specifici della relativa pianificazione. Per giungere al Piano di Gestione Integrata della Fascia Costiera (GIZC) occorre creare una sinergia trasversale in modo da recepire i diversi aspetti ambientali, sociali ed economici che devono concorrere alla pianificazione della fascia costiera.

I piani innanzi richiamati pur contenendo informazioni e/o indicazioni sulla Difesa Fisica delle Coste non affrontano in modo organico l'argomento.

La Giunta della Regione Puglia del 4 luglio 2007, Delibera n. 1073, nell'ambito degli studi di fattibilità finanziati con risorse assegnate dal CIPE con delibera n. 35/05, ha affidato all'Autorità di Bacino della Regione Puglia (AdBP) lo "Studio di fattibilità per l'integrazione degli studi propedeutici per la predisposizione del piano stralcio della dinamica delle coste".

Nell'ambito di detto studio l'AdBP ha affidato al Dipartimento di Ingegneria delle Acque e di Chimica del Politecnico di Bari gli studi relativi a:

1. Valutazione degli effetti dell'erosione idrica, in relazione alla "aggressività" della pioggia con la sua variabilità spazio-temporale ed, in funzione di questa, all'individuazione dei

principali meccanismi di generazione del deflusso superficiale, ruscellamento e propagazione. La caratterizzazione delle onde di piena ad elevato tempo di ritorno sarà conseguita attraverso l'applicazione di modelli idraulico-idrologici a parametri concentrati e distribuiti, con simulazioni continue di lungo periodo, su alcuni bacini campione scelti in accordo con l'AdBP e con approccio probabilistico in corrispondenza delle serie storiche di misure idrometrografiche disponibili. Tali valutazioni daranno luogo alla redazione delle mappe di erosività potenziale. A questo scopo verranno utilizzati indici territoriali di erosione potenziale del suolo (ad es: CSEP, EUROSEM et al.) che correlano l'erosione potenziale ai totali mensili di precipitazione, alla loro distribuzione annua ed allo stato di umidità del suolo, elemento base del fenomeno di erosione potenziale del suolo;

2. Determinazione del clima meteomarino al largo e sottocosta e del trasporto solido longitudinale e trasversale per paraggi significativi delle sette Unità Fisiografiche della costa pugliese. I paraggi significativi saranno individuati con l'AdBP tra quelli con costa sabbiosa in erosione e costa alta con instabilità. Determinazione del clima meteomarino a largo e sottocosta per i paraggi di cui al punto 1);

3. Obbiettivo di questa parte dello studio è l'individuazione di strutture di mitigazione del rischio (ambientalmente compatibili per le coste basse), correlate a ciascuna Unità Fisiografica e quindi alla tipologia di sedimenti, alle caratteristiche di trasporto solido e di moto ondoso tipiche dell'area esaminata. Per ciascuna Unità Fisiografica quindi lo studio determinerà la tipologia di intervento ottimale al fine di dar luogo ad un atto di indirizzo, non eludibile, per le successive progettazioni di maggiore dettaglio, a carico delle amministrazioni locali.

I suddetti studi sono stati condotti in coerenza con gli indirizzi della Commissione Europea e forniscono indicazioni utili per prevenire e mitigare più efficacemente l'impatto negativo dell'erosione costiera e per preservare o ripristinare la capacità naturale della costa ad adattarsi ai cambiamenti climatici, anche attraverso l'adozione di misure specifiche sui sedimenti costieri e le opere costiere. Inoltre gli studi producono ulteriori informazioni e indicazioni utili per la futura predisposizione del Piano di Gestione Integrata della Fascia Costiera (GIZC).

Di seguito si riportano anzitutto delle informazioni sulla costa pugliese e poi, in modo sintetico, i risultati degli studi dei punti 1., 2. e 3., che sono riportati in dettaglio nei relativi Allegati, e il Gruppo di lavoro che li ha eseguiti.

# 2 LA COSTA PUGLIESE

## 2.1 CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Per lo svolgimento del presente studio sono stati utilizzati gli elementi conoscitivi in possesso della Regione Puglia al dicembre del 2009, integrandoli con altri reperiti nel 2009 e 2010.

Per ciò che attiene i dati in possesso della Regione Puglia sono state impiegate informazioni contenute negli studi condotti per la "Redazione del Piano Regionale delle Coste della Regione Puglia (PRC)"; tale lavoro è stato terminato nel 2008.

Nell'Agosto del 2008, la Giunta Regionale della Regione Puglia ha recepito il PRC invitando, nel contempo, l'assessorato che lo aveva predisposto a perfezionare l'iter amministrativo Valutazione Ambientale Strategica (V.A.S.), per poterlo, successivamente, sottoporre all'approvazione del Consiglio Regionale. Ad oggi la procedura V.A.S. è in fase di completamento.

Altre fonti di informazione sullo stato della costa pugliese sono state le attività effettuate nell'ambito del Monitoraggio realizzato con fondi P.O.R. 2000–2006 (Misura 1.3 - Sottoazione 4c dell'area di azione 4 – Miglioramento delle conoscenze di base, adeguamento e ampliamento del sistema di monitoraggio del suolo, dei corpi idrici superficiali, sotterranei e costieri).

L'intera documentazione delle succitate attività, terminate nel dicembre del 2009, è stata trasferita per competenza all'Autorità di Bacino della Regione Puglia.

All'attualità le attività avviate con i fondi P.O.R. Puglia 2000–2006 sono sospese ad eccezione della "Gestione della Rete di monitoraggio meteo-marino e del SIMOC" che l'AdB della Puglia prosegue con fondi propri in attesa di avviare le attività di monitoraggio previste nell'Azione 2.3.6 del P.O. FESR 2007 – 2013 di cui l'AdBP è la beneficiaria finale. Si rammenta, a proposito, che il SIMOC (Sistema Informativo di Monitoraggio Coste) contiene tutte le informazioni relative alle attività di monitoraggio delle coste, e all'indirizzo http://193.204.49.110 sono reperibili tutti i dati rilevati, sino all'attualità, con la "Rete di Monitoraggio Meteomarina".

Nell'ambito del presente alcuni strati informativi acquisiti o prodotti sono stati inseriti in un GIS (Sistema Informativo Territoriale) denominato "GIS – Piano Stralcio della Dinamica della Costa"; i contenuti del GIS sono descritti in dettaglio nell'Allegato n. 4.

Il presente studio ha assunto come base cartografica le ortofoto dell'intera fascia costiera pugliese realizzate nel 2008 con fondi del POR 2000–2006.

La prima operazione condotta sulle mappe è stata la digitalizzazione della linea di riva, che ha permesso di quantificare con maggiore precisione l'estensione del litorale, in quanto le ortofoto

utilizzate presentano elevate caratteristiche di risoluzione e precisione, infatti, la dimensione nominale del pixel è di circa 15 cm x 15 cm in coordinate terreno.

Il calcolo della lunghezza di costa è stato condotto per l'intero perimetro costiero regionale e per ciascuno dei 68 comuni che ricadono nella fascia costiera. La lunghezza della costa regionale risulta maggiore di quella ufficiale tratta, ad esempio, dai dati ISTAT, in quanto la digitalizzazione delle foto aeree, cogliendo meglio le sinuosità della costa, specie di quelle alte, fornisce valori maggiori.

Sulla base della linea di riva così definita, la costa è stata classificata secondo i diversi tipi morfologici che la costituiscono.

La costa pugliese si estende per circa 985 km ed è costituita per il 29% da spiagge sabbiose, per il 31% da coste rocciose basse, per il 22% da alte falesie, e per il 9% da tratti antropizzati. Nel calcolo del perimetro costiero regionale è stata considerata anche la fascia litoranea all'interno del bacino interno del Mar Piccolo di Taranto che si estende per circa 30 km.

| **Tipo di costa** | **Lunghezza (km)** | **Lunghezza (%)** |
|---|---|---|
| Costa rocciosa | 310.74 | 31.2 |
| Costa rocciosa con spiaggia ciottolosa al piede | 5.83 | 0.6 |
| Costa rocciosa con spiaggia sabbiosa al piede | 35.33 | 3.6 |
| Falesia | 219.59 | 22.1 |
| Falesia con spiaggia ciottolosa al piede | 13.02 | 1.3 |
| Falesia con spiaggia sabbiosa al piede | 19.36 | 1.9 |
| Rias | 2.50 | 0.3 |
| spiaggia ciottolosa | 10.96 | 1.1 |
| spiaggia sabbiosa | 284.58 | 28.6 |
| Spiaggia sabbiosa - ciottolosa | 0.54 | 0.1 |
| Costa antropizzata | 92.2 | 9.3 |
| **TOTALE** | **994.6** | **100%** |

*Tabella 2.1.a – Morfologia della costa pugliese.*

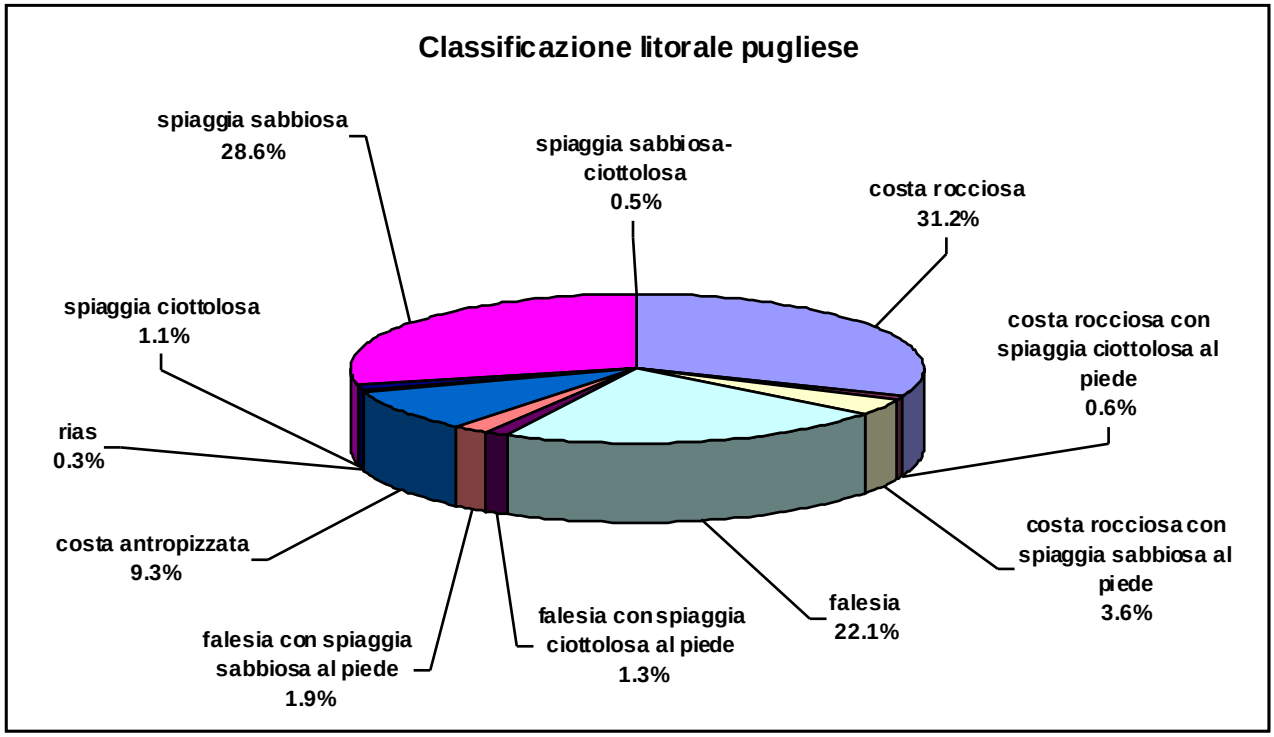


*Fig. 2.1.1 – Morfologia della costa pugliese.*

Dal punto di vista amministrativo la fascia litoranea pugliese ricade in tutte le 6 province ed interessa il territorio di 68 comuni, alcuni dei quali con accessi minimi. Nelle tabelle 2.1.b, 2.1.c, 2.1.d, 2.1.e, 2.1.f e 2.1.g nelle figure 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4, 2.1.5, 2.1.6 e 2.1.7 sono riportate, per ciascuna provincia, le lunghezze di costa suddivise per le diverse tipologie.

| PROVINCIA | Tipo di costa | Lunghezza (km) | Lunghezza (%) |
|---|---|---|---|
| Foggia | Costa rocciosa | 7.4 | 3.3 |
| | Costa rocciosa con spiaggia ciottolosa al piede | 0.1 | 0.1 |
| | Costa rocciosa con spiaggia sabbiosa al piede | 0.9 | 0.4 |
| | Falesia | 91.4 | 40.4 |
| | Falesia con spiaggia ciottolosa al piede | 5.6 | 2.5 |
| | Falesia con spiaggia sabbiosa al piede | 3.4 | 1.5 |
| | Costa antropizzata | 11.8 | 5.2 |
| | Spiaggia ciottolosa | 3.9 | 1.7 |
| | Spiaggia sabbiosa | 101.5 | 44.9 |
| | **TOTALE** | **226** | |

*Tab.2.1.b – Morfologia della provincia di Foggia.*

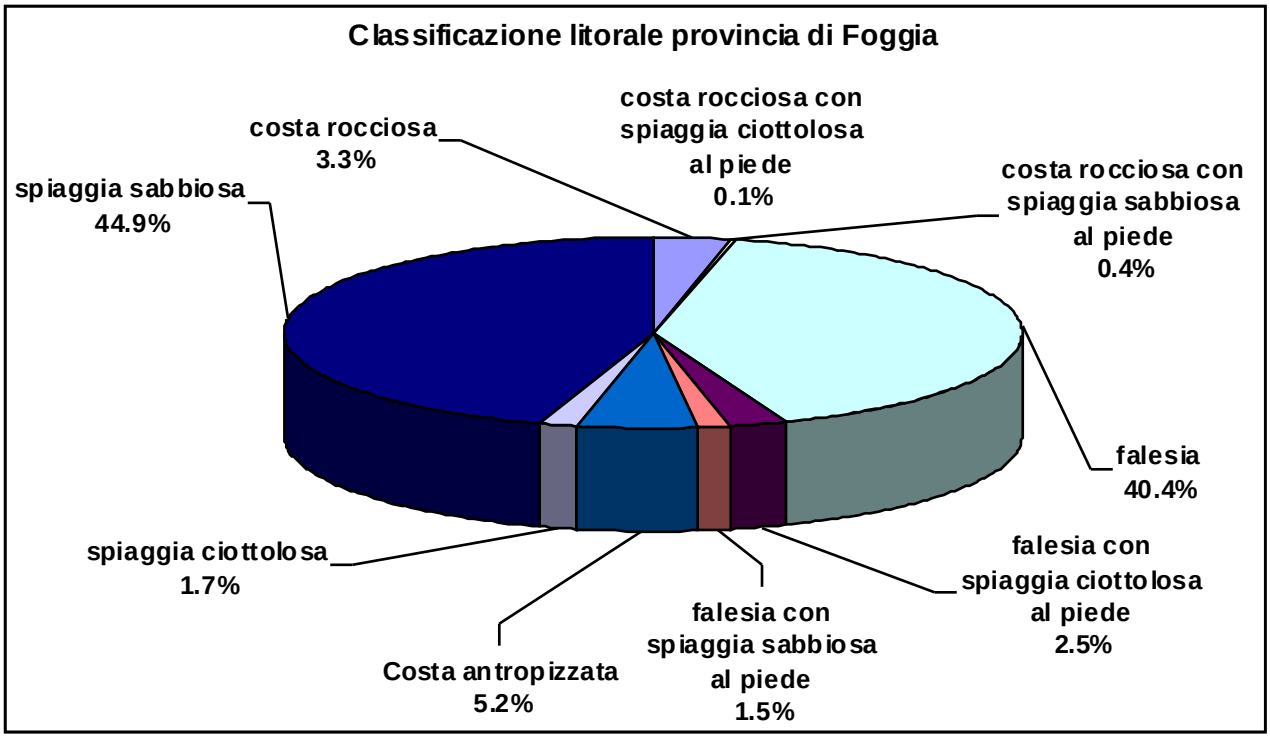


*Fig. 2.1.2 – Morfologia della provincia di Foggia.*

| PROVINCIA | Tipo di costa | Lunghezza (km) | Lunghezza (%) |
|---|---|---|---|
| BAT | Costa rocciosa | 3.0 | 5.4 |
| | Costa rocciosa con spiaggia ciottolosa al piede | 1.3 | 2.5 |
| | Falesia | 2.7 | 4.9 |
| | Falesia con spiaggia ciottolosa al piede | 1.0 | 1.9 |
| | Costa antropizzata | 16.1 | 29.3 |
| | Spiaggia ciottolosa | 2.0 | 3.6 |
| | Spiaggia sabbiosa | 28.3 | 51.5 |
| | Spiaggia sabbiosa-ciottolosa | 0.5 | 1.0 |
| | **TOTALE** | **55.0** | |

*Tab. 2.1.c – Morfologia della provincia di BAT.*

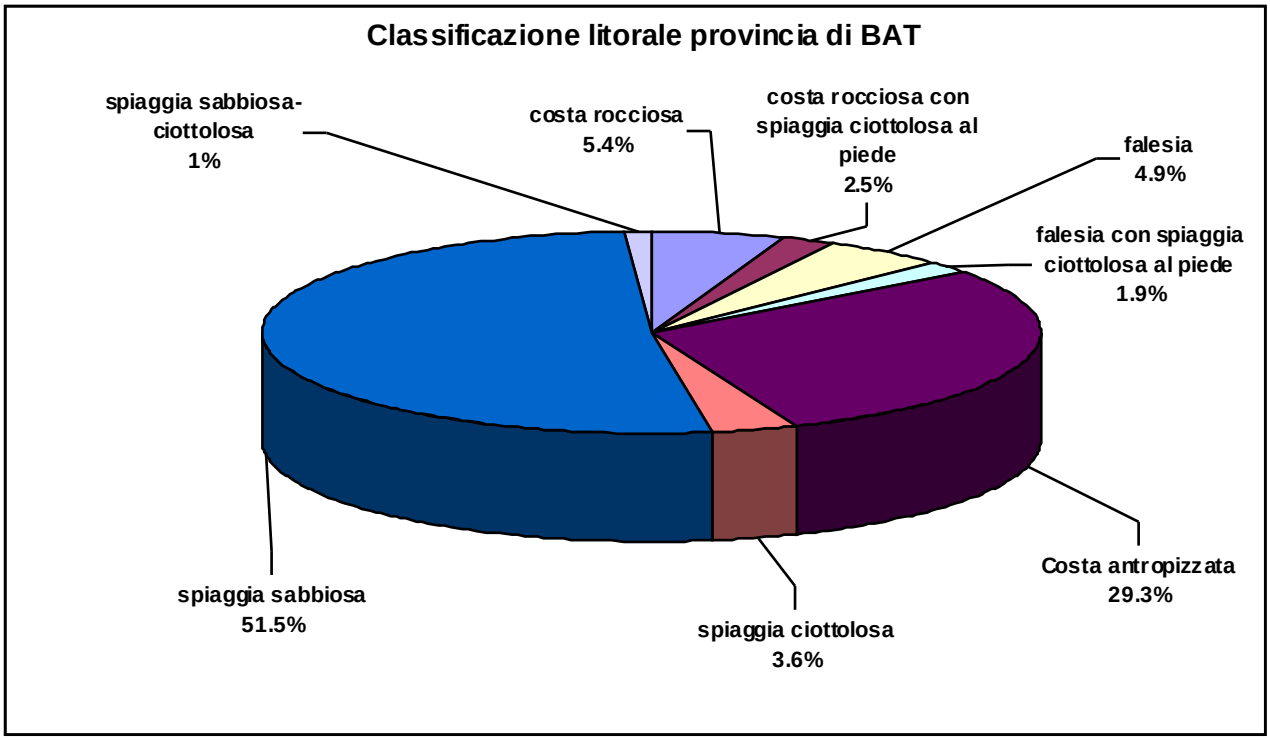


*Fig. 2.1.3 – Morfologia della provincia di BAT.*

| PROVINCIA | Tipo di costa | Lunghezza (km) | Lunghezza (%) |
|---|---|---|---|
| | Costa rocciosa | 67.0 | 50.5 |
| | Costa rocciosa con spiaggia ciottolosa al piede | 3.7 | 2.8 |
| | Costa rocciosa con spiaggia sabbiosa al piede | 2.1 | 1.6 |
| | Falesia | 30.3 | 22.8 |
| **Bari** | Falesia con spiaggia sabbiosa al piede | 0.6 | 0.4 |
| | Costa antropizzata | 20.7 | 15.6 |
| | Spiaggia ciottolosa | 5.1 | 3.8 |
| | Spiaggia sabbiosa | 3.2 | 2.4 |
| | **TOTALE** | **132.8** | |

*Tab. 2.1.d – Morfologia della provincia di Bari.*

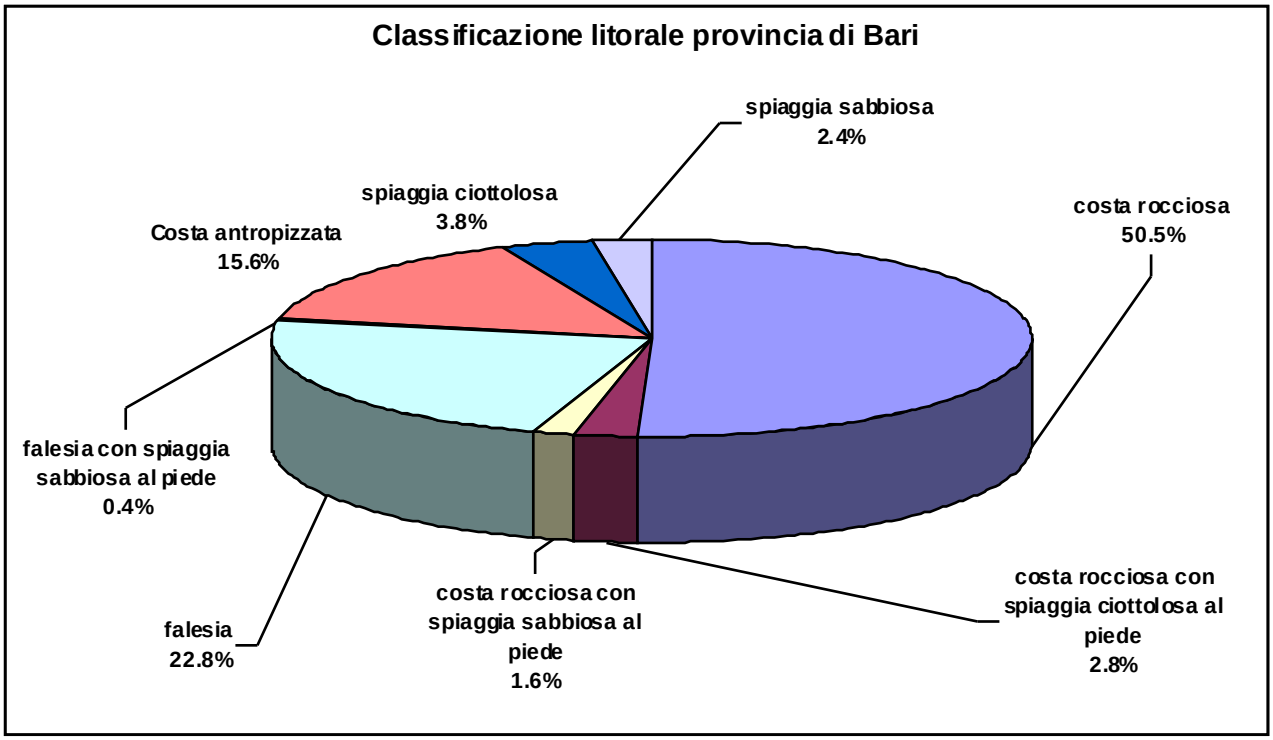


*Fig. 2.1.4 – Morfologia della provincia di Bari.*

| PROVINCIA | Tipo di costa | Lunghezza (km) | Lunghezza (%) |
|---|---|---|---|
| Brindisi | Costa rocciosa | 52.8 | 39.2 |
| | Costa rocciosa con spiaggia ciottolosa al piede | 0.6 | 0.5 |
| | Costa rocciosa con spiaggia sabbiosa al piede | 8.4 | 6.2 |
| | Falesia | 21.3 | 15.8 |
| | Falesia con spiaggia ciottolosa al piede | 2.4 | 1.8 |
| | Falesia con spiaggia sabbiosa al piede | 12.6 | 9.4 |
| | Costa antropizzata | 10.2 | 7.6 |
| | Rias | 1.1 | 0.8 |
| | Spiaggia sabbiosa | 25.2 | 18.7 |
| | **TOTALE** | **134.5** | |

*Tab. 2.1.e – Morfologia della provincia di Brindisi.*

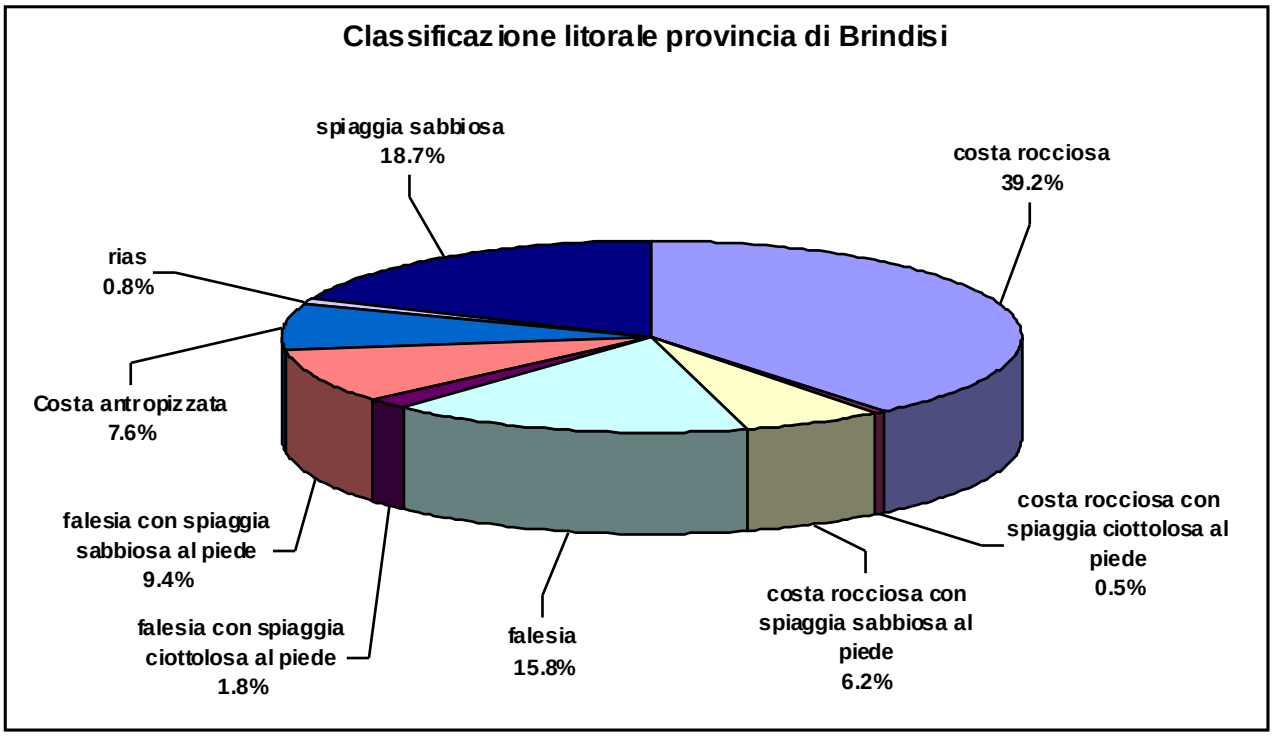


*Fig. 2.1.5 – Morfologia della provincia di Brindisi.*

| PROVINCIA | Tipo di costa | Lunghezza (km) | Lunghezza (%) |
|---|---|---|---|
| | Costa rocciosa | 132.3 | 44.9 |
| | Costa rocciosa con spiaggia sabbiosa al piede | 11.2 | 3.8 |
| | Falesia | 63.3 | 21.5 |
| | Falesia con spiaggia ciottolosa al piede | 3.2 | 1.1 |
| **Lecce** | Falesia con spiaggia sabbiosa al piede | 2.5 | 0.8 |
| | Costa antropizzata | 12.3 | 4.1 |
| | Rias | 1.4 | 0.5 |
| | Spiaggia sabbiosa | 68.5 | 23.2 |
| | **TOTALE** | **294.6** | |

*Tab. 2.1.f – Morfologia della provincia di Lecce.*

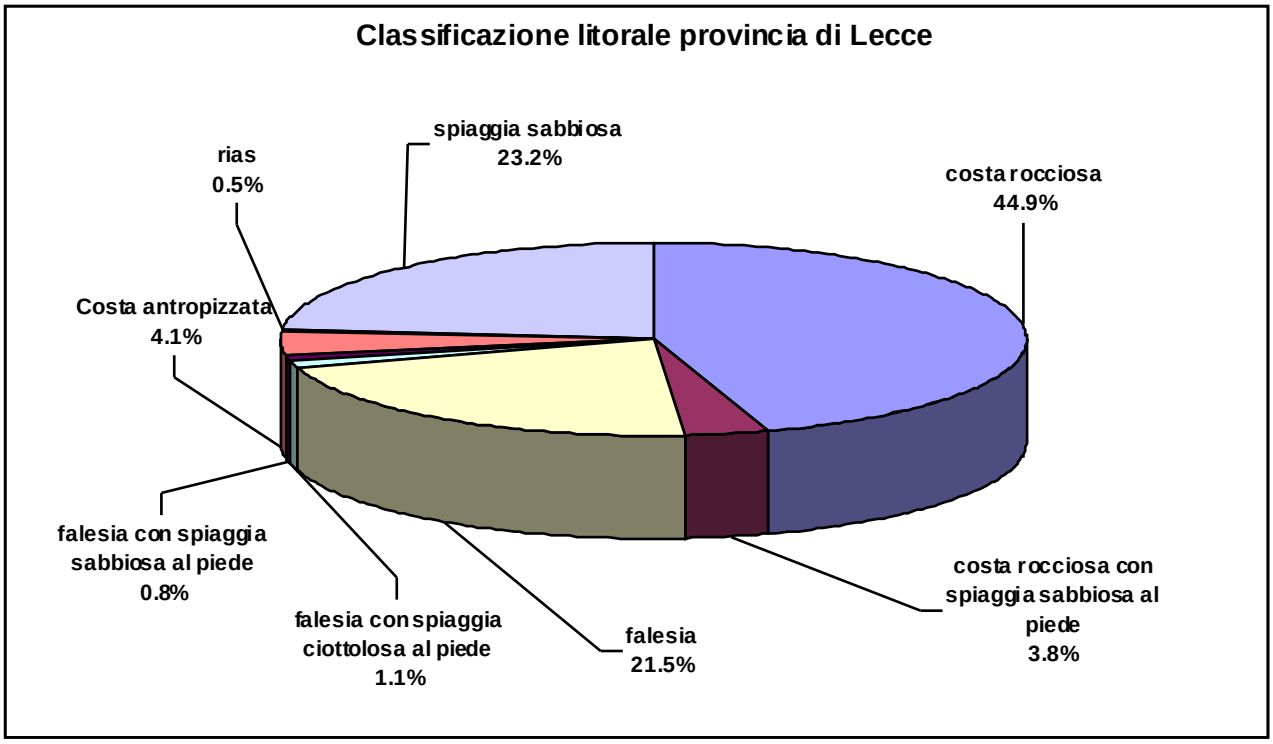


*Fig. 2.1.6 – Morfologia della provincia di Lecce.*

| PROVINCIA | Tipo di costa | Lunghezza (km) | Lunghezza (%) |
|---|---|---|---|
| Taranto | Costa rocciosa | 48.3 | 31.8 |
| | Costa rocciosa con spiaggia sabbiosa al piede | 12.7 | 8.4 |
| | Falesia | 10.6 | 7.0 |
| | Falesia con spiaggia ciottolosa al piede | 0.8 | 0.5 |
| | Falesia con spiaggia sabbiosa al piede | 0.4 | 0.2 |
| | Costa antropizzata | 21.2 | 14 |
| | Spiaggia sabbiosa | 57.8 | 38.1 |
| | **TOTALE** | **151.8** | |

*Tab. 2.1.g – Morfologia della provincia di Taranto.*

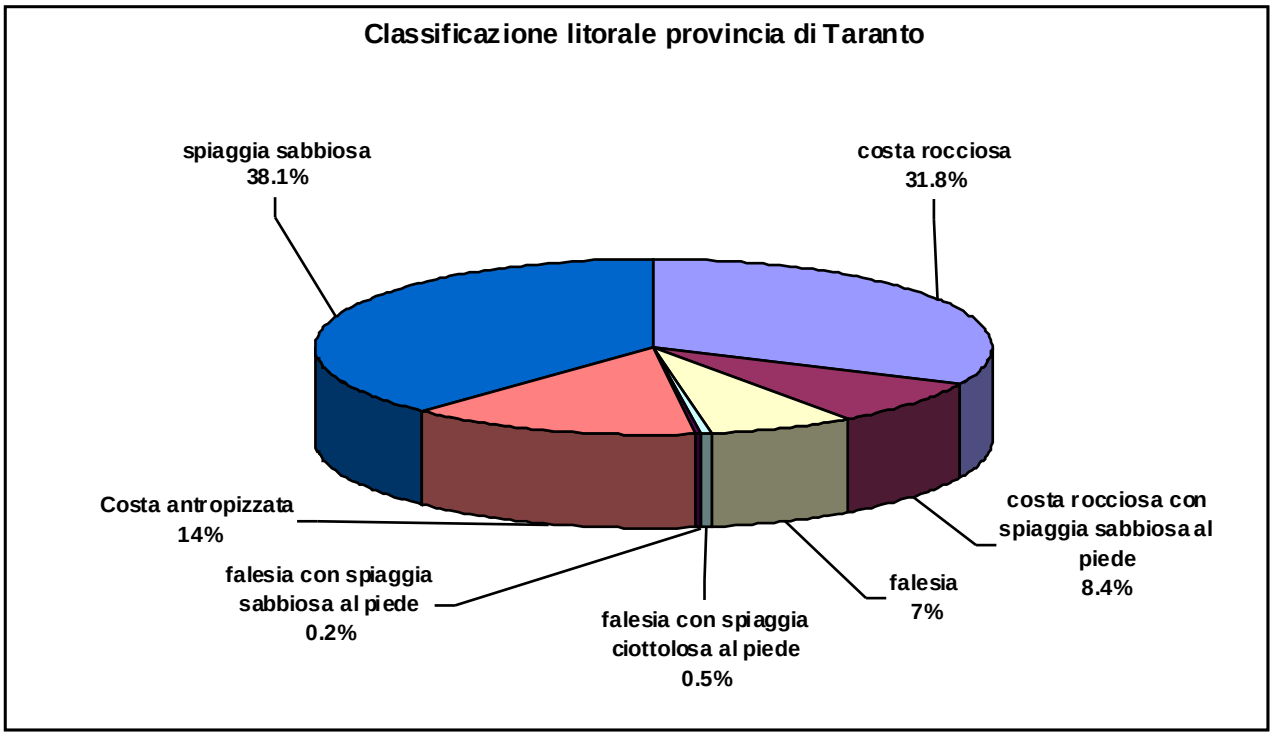


*Fig. 2.1.7– Morfologia della provincia di Taranto.*

Nel presente studio si è provveduto, tra le varie attività condotte, ad aggiornare il censimento delle opere di difesa esistenti sul territorio costiero condotto nel 2003 nell'ambito del progetto esecutivo del POR 2000-2006. Le informazioni già precedentemente raccolte sono state aggiornate sulla base delle ortofoto del 2008 e delle due campagne di rilievo topografico di dettaglio condotte nel 2006 e 2007 nell'ambito del Monitoraggio POR Puglia 2000-2006.

Tale lavoro ha consentito di individuare le opere esistenti e quelle in fase di realizzazione, anche se sono state incontrate notevoli difficoltà nel riconoscimento dalle ortofoto di opere di difesa radenti, quali terrapieni, gabbionate, ecc., in quanto spesso mascherate da vegetazione e/o da accumuli di sabbia e terra.

## 2.2 LE UNITA' FISIOGRAFICHE

Prima di introdurre il concetto di Unità Fisiografica (U.F.) è utile esplicitare alcune definizioni in uso nella dinamica dei litorali.

Per "profilo di spiaggia" si intende il set di dati formato dalle coppie quota – posizione lungo una linea ortogonale alla spiaggia; la quota "zero" rappresenta il punto di separazione terra – mare. L'insieme dei punti a "quota zero" rappresenta, lungo un litorale, la "linea di riva".

Dato il numero di forzanti che agiscono sul litorale, la posizione della "linea di riva" risulta affetta da estrema variabilità. Tra le principali forzanti vi sono: il moto ondoso, le maree, l'innalzamento del livello medio mare sia per moto ondoso (wave set-up) che per vento (wind set-up), la subsidenza.

La "zona attiva della spiaggia" racchiude la fascia di litorale dove vi possono essere movimenti dei sedimenti; essa è delimitata, nella parte emersa, dalla risalita del moto ondoso ("limite del run-up") e, nella parte sommersa, dalla profondità alla quale i sedimenti non sono più soggetti a movimento indotto dal moto ondoso; tale profondità è chiamata "profondità di chiusura".

La "linea di riva", le posizioni del "limite di run-up" e della "profondità di chiusura" sono legate alle forzanti agenti nel paraggio.

Nello studio si è ritenuto indispensabile riprendere la suddivisione della costa regionale in U.F. come definite nel Piano Regionale delle Coste della Puglia. Le Unità individuano tratti di costa in cui il trasporto solido, dovuto al moto ondoso e alle correnti litoranee, è confinato. In genere, le U.F. sono delimitate da promontori le cui conformazioni non consentono l'ingresso e/o l'uscita di sedimenti dal tratto di costa adiacente, ossia, sono presenti fondali maggiori della "profondità di chiusura".

Insieme alle "Unità Fisiografiche naturali" sono state considerate anche le "Unità Fisiografiche antropiche", ossia quei tratti di costa compresi tra un promontorio e un'opera a mare, portuale o di difesa, le cui estremità sono realizzate su fondali con profondità superiori a quella di chiusura. Dette opere a tutti gli effetti sono degli sbarramenti del trasporto solido longitudinale. Per un'analisi di maggior dettaglio, all'interno di ogni U.F. sono state individuate delle Sub-Unità Fisiografiche (S.U.F.) delimitate o da piccoli promontori o da opere a mare le cui estremità sono realizzate su fondali con profondità superiori a quella di chiusura.

La suddivisione della costa in U.F. è di importanza fondamentale per gli studi di dinamica costiera e per la progettazione delle opere a mare. Queste, come molti bacini idrografici, non coincidono con i limiti regionali, evidenziando l'interregionalità della dinamica dei litorali.

Per le coste della Regione Puglia sono state individuate sette Unità Fisiografiche. La prima parte dal Molo sopraflutto del porto di Termoli (Molise), mentre la settima termina a Capo Spulico (Calabria).

Le sette Unità Fisiografiche individuate e i Comuni costieri ad esse appartenenti sono:

U.F.1: Chieuti, Serracapriola, Lesina, Sannicandro Garganico, Cagnano Varano, Ischitella, Rodi Garganico, Vico del Gargano, Peschici, Vieste;

U.F.2: Vieste, Mattinata, Monte Sant'Angelo, Manfredonia, Zapponata, Margherita di Savoia, Barletta, Trani, Bisceglie, Molfetta, Giovinazzo, Bari;

U.F.3: Bari, Mola di Bari, Polignano a Mare, Monopoli, Fasano, Ostuni, Carovigno, Brindisi

U.F.4: Brindisi, San Pietro Vernotico, Torchiarolo, Lecce, Vernole, Melendugno, Otranto;

U.F.5: Otranto, Santa Cesarea Terme, Castro, Diso, Andrano, Tricase, Tiggiano, Corsano, Alessano, Gagliano del Capo, Castrignano del Capo, Patu, Morciano di Leuca, Salve, Ugento, Alliste, Racale, Taviano, Gallipoli;

U.F.6: Gallipoli, Sannicola, Galatone, Nardo, Porto Cesareo, Manduria, Maruggio;

U.F.7: Maruggio, Torricella, Lizzano, Pulsano, Leporano, Taranto, Massafra, Palagiano, Castellaneta, Vinosa.

Nella figura 2.2.1 è riportata una pianta con l'indicazione delle U.F. individuate, mentre nella tabella della figura 2.2.2 sono riportate le stesse con l'indicazione anche delle S.U.F. dei Comuni che hanno tratti di costa che ricadono in esse.

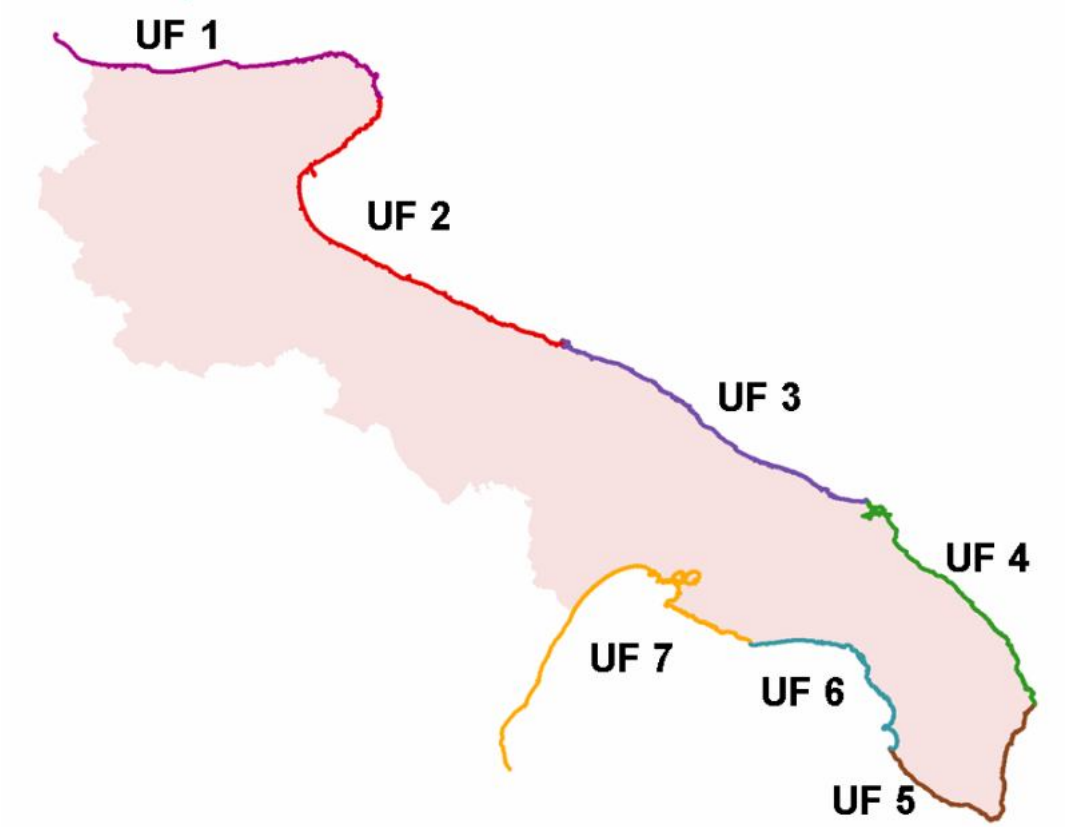


*Fig.2.2.1 - Pianta della costa pugliese con l'indicazione delle Unità Fisiografiche.*

| UNITA' FISIOGRAFICA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Nome UF** | **Nome SUB UF** | **Limite 1** | **Limite 2** | **Fisiografia** |
| U.F.1 | **S.U.F.1.1 Chieuti-Peschici** | Molo sopraflutto Termoli | Peschici | Falcata |
| | **S.U.F.1.2 Peschici-Vieste** | Peschici | Vieste | Promontorio |
| | **S.U.F.1.3 Vieste/Testa del Gargano** | Vieste | Testa del Gargano | Falcata |
| U.F.2 | **S.U.F.2.1 Vieste/Pugnochiuso** | Testa del Gargano | Torre Proposti | Promontorio |
| | **S.U.F.2.2 Vieste/Pugnochiuso-Manfredonia** | Torre Proposti | Porto di Manfredonia | Golfo |
| | **S.U.F.2.3 Manfredonia-Margherita di Savoia** | Porto di Manfredonia | Porto di Margherita di Savoia | Falcata |
| | **S.U.F.2.4 Margherita di Savoia-Barletta** | Porto di Margherita di Savoia | Porto di Barletta | Falcata |
| | **S.U.F.2.5 Barletta-Molfetta** | Porto di Barletta | Porto di Molfetta | Falcata |
| | **S.U.F.2.6 Molfetta-Bari** | Porto di Molfetta | Porto di Bari | Porto |
| U.F.3 | **S.U.F.3.1 Bari-Monopoli** | Porto di Bari | Porto di Monopoli | Falcata |
| | **S.U.F.3.2 Monopoli- Brindisi/Punta Penne** | Porto di Monopoli | Punta Penne | Falcata |
| U.F.4 | **S.U.F.4.1 Brindisi/Punta Penne-Brindisi/Punta Riso** | Punta Penne | Punta Riso | Promontorio |
| | **S.U.F.4.2 Brindisi/Punta Riso-Brindisi/Torre Cavallo** | Punta Riso | Capo di Torre Cavallo | Falcata |
| | **S.U.F.4.3 Brindisi/Torre Cavallo-Otranto/Porto di Otranto** | Capo di Torre Cavallo | Porto di Otranto | Falcata |
| | **S.U.F.4.4 Otranto/Porto di Otranto-Otranto/Capo d'Otranto** | Porto di Otranto | Capo d'Otranto | Promontorio |
| U.F.5 | **S.U.F.5.1 Otranto/Capo d'Otranto-Gagliano del Capo** | Capo d'Otranto | Capo S. Maria di Leuca | Promontorio |
| | **S.U.F.5.2 Castrignano del Capo-Gallipoli/Punta del Pizzo** | Capo S. Maria di Leuca | Punta del Pizzo | Promontorio |
| U.F.6 | **S.U.F.6.1 Gallipoli/Punta del Pizzo-Gallipoli/Porto di Gallipoli** | Punta del Pizzo | Porto di Gallipoli | Golfo |
| | **S.U.F.6.2 Gallipoli/Porto di Gallipoli-Nardò** | Porto di Gallipoli | Torre Inserraglio | Falcata |
| | **S.U.F.6.3 Nardò-Maruggio** | Torre Inserraglio | Torre dell'Ovo | Falcata |
| U.F.7 | **S.U.F.7.1 Maruggio-Taranto/Capo San Vito** | Torre dell'Ovo | Capo S. Vito | Falcata |
| | **S.U.F.7.2 Taranto/Capo San Vito - Taranto/Molo Nord Darsena Nuova** | Capo S. Vito | Molo nord darsena nuova (Taranto) | Porto |
| | **S.U.F.7.3 Taranto/Molo Nord Darsena Nuova -Ginosa** | Molo nord darsena nuova (Taranto) | Capo Spulico | Golfo |

Fig. 2.2.2 - Le Unità Fisiografiche con le rispettive Sub-Unità.

E’ da evidenziare che le U.F. così definite non coincidono con la classificazione degli Ambiti Territoriali fatta dalla Regione Puglia, D.G. n. 1439 del 24/05/93. Nella delibera sono stati individuati quattro Bacini Interregionali (Saccione, Fortore, Ofanto e Bradano), e cinque Bacini Regionali - Ambito Gargano, Ambito Subappennino Dauno, Ambito litorale Adriatico, Ambito Salento e Ambito Arco Jonico -, intendendo per Ambito Gargano il tratto di costa dal fiume Fortore alla foce del torrente Candelaro, per Ambito Subappennino Dauno il tratto di costa dalla foce del Candelaro alla foce dell’Ofanto, per Ambito litorale Adriatico il tratto di costa dalla foce dell’Ofanto al Canale Reale (in seguito la Regione Puglia, D.G. n. 5485 del 14/11/96, ha usato il termine di Ambito litorale Barese), per Ambito Salento il tratto di costa dal Canale Reale a Torre dell'Ovo e per Ambito Arco Jonico il tratto di costa da Torre dell'Ovo alla foce del Fiume Bradano.

# 3 SINTESI DELLO STUDIO

## 3.1 SINTESI "DELL'ANALISI DEI PROCESSI IDRAULICI ED IDROLOGICI A SCALA DI BACINO PER LA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SOLIDA FLUVIALE"

L'erosione del suolo è un fenomeno fisico naturale di mutamento della superficie terrestre, di norma relativamente lento, ma che tuttavia viene sovente accelerato dalle attività antropiche. Dipende da un complesso di fattori, spesso interconnessi, quali clima, tipo di suolo, forma del paesaggio, fattori idrologici, vegetazione, colture e pratiche agricole adottate. È possibile esprimere l'entità dell'erosione sia in termini qualitativi che quantitativi, e considerando diverse scale temporali e spaziali di analisi.

Nel corso delle attività, ***Allegato n. 1 alla presente Relazione***, si è sviluppata l'analisi delle dinamiche di trasporto torbido in alcuni bacini idrografici pugliesi, allo scopo di selezionare ed individuare parametri significativi nello sviluppo dei fenomeni erosivi su ampia scala. In tal modo, coniugando l'attività di modellazione con l'esame dei dati storici disponibili, si sono ricercate relazioni in grado di correlare il deflusso solido alle caratteristiche climatiche, morfologiche, idrologiche ed idrauliche delle aree indagate. Ciò al fine di individuare una metodologia per una stima qualitativa e quantitativa dei processi erosivi anche nei bacini non strumentati, e per caratterizzare l'evoluzione temporale dei processi di erosione e trasporto torbido.

In particolare, sono stati valutati gli effetti dell'erosione idrica relazionandoli ad alcuni parametri sintetici delle suddette caratteristiche del territorio, quali superficie e piena indice. Inoltre tenendo in considerazione l'influenza dei principali meccanismi di generazione del deflusso, sono state analizzate le relazioni tra portate torbide e aree contribuenti alla formazione del deflusso superficiale. Quindi, individuati i parametri più significativi, sono state operate delle regressioni multiparametriche di cui sono proposti, in forma comparata, i risultati.

Infine è stata posta l'attenzione sull'analisi dei dati storici dei bacini imbriferi campione del fiume Ofanto e torrente Candelaro, figura 3.1.1, allo scopo di individuare un trend evolutivo nei fenomeni di erosione e trasporto torbido.

Analizzando l'evoluzione temporale di tali fenomeni, è decisamente evidente una progressiva riduzione negli anni dell'apporto solido verso valle. Ciò appare sicuramente condizionato dall'incremento della pressione antropica, che si è manifestato attraverso interventi diretti (la realizzazione di invasi in numero sempre crescente per soddisfare i fabbisogni idrici, gli

interventi sempre più diffusi e non opportunamente coordinati lungo la costa, ecc. ) ed attraverso interventi indiretti (urbanizzazione crescente, variazione dell'uso del suolo, ecc.), ed ha senza dubbio condizionato l'evoluzione temporale della linea di riva, che in corrispondenza della foce dell'Ofanto ha subito un consistente e preoccupante arretramento.

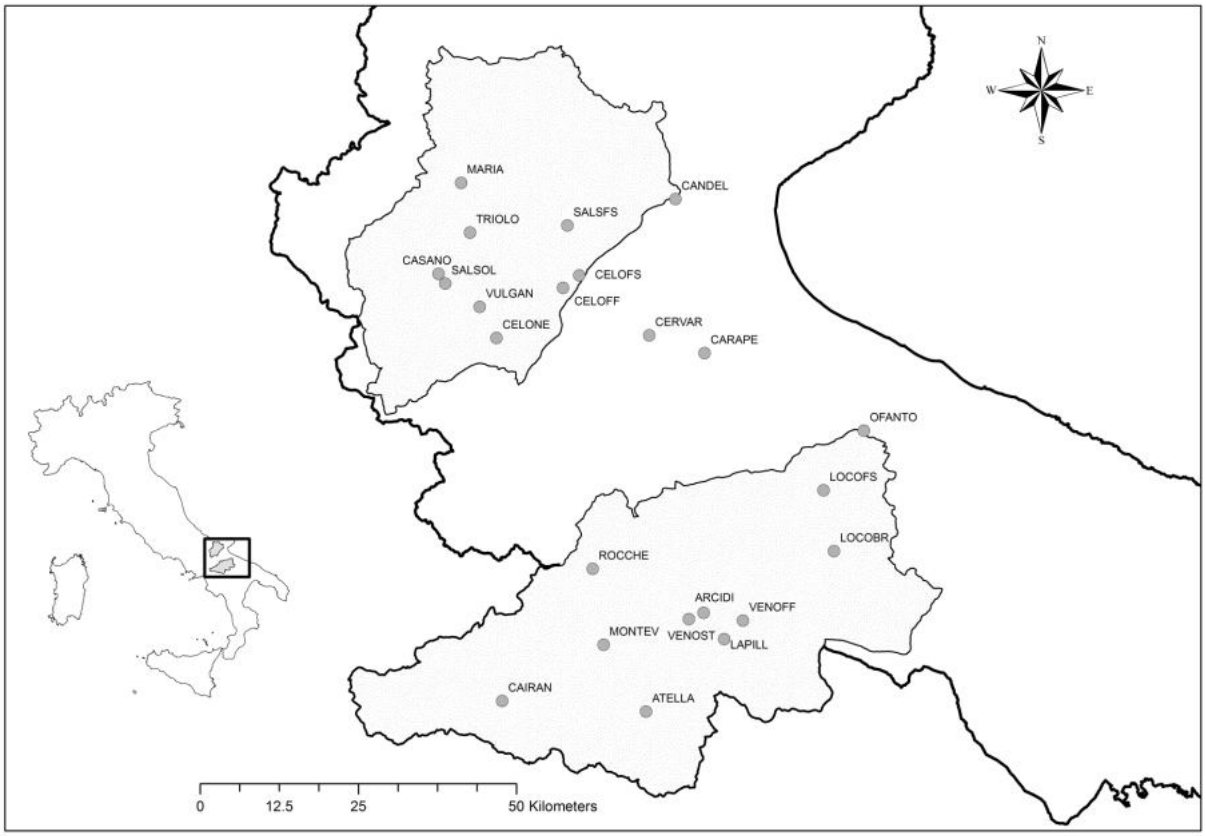


**Figura 3.1.1 Localizzazione dei bacini campione e delle stazioni di misura idrometriche e torbiometriche.**

## 3.2 SINTESI DELLA "DETERMINAZIONE DEL CLIMA METEOMARINO AL LARGO E SOTTOCOSTA E DEL TRASPORTO SOLIDO PER PARAGGI SIGNIFICATIVI DELLA COSTA PUGLIESE"

La conoscenza del clima meteomarino al largo e sotto costa di un paraggio è un requisito essenziale per qualsiasi tipo di intervento nella fascia costiera. Inoltre, i gravi problemi di erosione che investono i litorali pugliesi e gran parte di quelli del bacino mediterraneo impongono attenti studi sulla caratterizzazione del clima ondoso e del livello medio mare.

In letteratura sono presentate diverse metodologie di ricostruzione delle mareggiate sia con metodi indiretti (a partire dai dati di vento), sia con metodi diretti (a partire da misure sullo stato ondoso). In entrambi i casi è necessario disporre di serie storiche piuttosto lunghe per conferire affidabilità alle procedure di tipo statistico necessarie per la previsione degli eventi estremi e per la ricostruzione del clima ondoso medio.

Per quanto riguarda i metodi indiretti, la difficoltà principale risiede nella forte variabilità spaziale e temporale del vento e, soprattutto, nella quasi totale mancanza di dati all'interno dell'area di generazione. In Italia è possibile reperire dati dalle stazioni anemologiche costiere dell'ITAV, che consentono, con opportune procedure, di disporre degli input necessari per i metodi indiretti, ammesso che i venti rilevati possano considerarsi rappresentative dell'intera area di generazione.

I dati utilizzabili per una credibile caratterizzazione del clima meteomarino medio attraverso metodi diretti erano, fino a qualche anno fa, piuttosto rari, tanto da rendere spesso impossibile la ricostruzione di una serie storica affidabile. Da circa due decenni, sui litorali italiani è attiva una Rete Ondametrica oggi gestita dall'I.S.P.R.A. (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Le boe, pur non essendo in grado di caratterizzare l'intero litorale italiano (sia per la limitatezza del periodo di osservazione, sia per la scarsa copertura geografica), consentono interessanti analisi sui metodi di ricostruzione delle mareggiate attualmente in uso.

La definizione del clima ondoso in un paraggio ha sostanzialmente due obiettivi: la ricostruzione del clima meteomarino medio al largo e la determinazione della probabilità di occorrenza delle onde estreme. Il regime medio del mare, la cui definizione è necessaria per valutare la dinamica del litorale, deriva da considerazioni energetiche; si possono cioè calcolare mareggiate aventi un flusso di energia pari quello all'intera serie storica delle mareggiate. Il calcolo delle onde estreme da utilizzare il progetto delle strutture si effettua elaborando statisticamente le

caratteristiche delle agitazioni ondose che si sono verificate nel paraggio. Per quanto riguarda il primo obiettivo, ovviamente, è opportuno considerare tutte le possibili mareggiate che si sono succedute sul litorale, anche se energeticamente modeste. Per quanto riguarda la previsione degli eventi estremi, invece, si possono considerare solo le mareggiate di maggiore intensità, giacché quelle di altezza più bassa non influenzano le previsioni effettuate.

Per quanto riguarda il clima meteomarino sulle coste pugliesi nella Relazione "Il clima meteomarino sul litorale pugliese", Allegato n. 7.1.1 delle "Attività finalizzate alla redazione del Piano Regionale delle Coste (P.R.C.) della regione Puglia" redatto nel novembre 2007, è riportata un'esauriente analisi del moto ondoso al largo per tutte le Unità Fisiografiche della Regione Puglia ricavato sia con il metodo indiretto che diretto.

Nel presente studio, ***Allegato n. 2 alla presente Relazione***, si è ampliato il suddetto lavoro analizzando i dati rilevati della Rete Meteo-Oceanografica realizzata dalla Regione Puglia con fondi del POR Puglia 2000-2006 ed attiva dal 2006. In particolare si sono analizzati i dati ondametrici, anemometrici e mareografici acquisiti dalla Rete.

Per tre paraggi significativi, Monopoli e Fasano (litorali sabbiosi) e Mattinata (litorale ghiaioso), si riporta un'analisi del moto ondoso, del trasporto solido e dell'evoluzione dei litorali.

## 3.3 INDIVIDUAZIONE DI STRUTTURE DI MITIGAZIONE DEI RISCHIO PER LE COSTE BASSE

L'obbiettivo di questa parte dello studio è l'individuazione di strutture di mitigazione del rischio (ambientalmente compatibili per le coste basse), correlate a ciascuna Unità Fisiografica e quindi alla tipologia di sedimenti, alle caratteristiche di trasporto solido e di moto ondoso tipiche dell'area esaminata. Per ciascuna Unità Fisiografica quindi lo studio determinerà la tipologia di intervento ottimale al fine di dar luogo ad un atto di indirizzo, non eludibile, per le successive progettazioni di maggiore dettaglio, a carico delle amministrazioni locali.

Lo studio si è concluso con due elaborati di cui di seguito si riporta la sintesi.

### 3.3.1 SINTESI DELLA "INDIVIDUAZIONE DI STRUTTURE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO (AMBIENTALMENTE COMPATIBILI PER LE COSTE BASSE)

Nello studio si analizzano in dettaglio i litorali sabbiosi delle Unità Fisiografiche (U.F.) della costa pugliese indicando per ciascuno di essi le principali problematiche legate al fenomeno dell'erosione e le strutture di mitigazione del rischio più idonee, coerenti con gli indirizzi della Comunità Europea riportati nelle Premesse della presente Relazione.

Come si è detto, negli ultimi 40-50 anni le coste europee, italiane e quelle pugliesi sono state interessate da significativi fenomeni erosivi.

L'arretramento della costa ha frequentemente messo in crisi la sicurezza di strade, ferrovie ed abitazioni, spesso pregiudicando l'attività turistico - balneare. Per far fronte al problema si è incentivato lo sviluppo di tecniche per la progettazione e l'esecuzione di opere di protezione; queste però non sempre hanno risolto i problemi, soprattutto nel medio e lungo termine, contribuendo spesso al processo di degradazione dei vari ambienti costieri.

Nello studio, ***Allegato 3.1 alla presente Relazione***, viene riportata una ricerca svolta dall'APAT (2006), oggi I.S.P.R.A., con la quale è stata ricavata la distribuzione delle opere di difesa su tutto il territorio nazionale, suddivise in base alle principali tipologie di opere e per incidenza regionale.

Purtroppo, su molti tratti delle coste italiane l'esecuzione degli interventi di protezione è spesso avvenuta senza tener conto della dinamica dei sedimenti nell'U.F. di appartenenza, ma piuttosto tenendo conto dei limiti amministrativi di competenza dell'ente esecutore. Tale approccio, e l'urgenza di esecuzione, spesso non hanno favorito il buon esito dell'intervento. Molti sono i casi di opere di protezione che oltre a presentare costi rilevanti non hanno fornito i risultati attesi. In questo modo si è fatta strada l'esigenza di progettare e programmare gli interventi non con singole opere, ma con un sistema di difesa che consentisse di assicurare l'integrità dell'intera U.F. oppure verificando la trascurabile influenza delle singole opere sui tratti sovraflutto e sottoflutto mediante studi con modello fisico e/o numerico. Un'opera di protezione limitata a un breve tratto di riva in erosione può, infatti, aggravare i fenomeni erosivi in atto o addirittura innescarne di nuovi sui litorali adiacenti non protetti.

Alcune regioni (quale Liguria, Lazio, Toscana, Marche, Emilia Romagna), sia perché sulle loro coste la densità delle opere di difesa è molto elevata, sia perché stimolate dalle Direttive della Comunità Europea, vedasi le Premesse della presente Relazione, stanno ripensando alla progettazione e alla riqualificazione delle opere di difesa e degli interventi di ripascimento da realizzare, o già presenti, secondo un metodo non più caotico e improvvisato, ma studiato adeguatamente per tratti unitari di litorale e coordinato con tutte le altre componenti dell'ambiente costiero (caratteristiche climatiche, qualità dei centri rivieraschi, parametri naturalistici e paesaggistici, ecc.), secondo i principali dettami della Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC). A titolo d'esempio, il Consiglio Regionale della Regione Liguria, in attesa dell'approvazione del Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero – che sarà redatto secondo le indicazioni GIZC - nella seduta del 17.11.2009, delibera n. 29, ha approvato delle Misure di Salvaguardia relativamente alla difesa delle coste e degli abitati costieri dall'erosione marina con le quali si introducono notevoli restrizioni alla realizzazione di nuove opere.

Dai dati dell'APAT si ricava che la densità delle opere di difesa sulle coste pugliesi risulta inferiore rispetto alla media nazionale, a riprova di una buona naturalità della costa, valore indubbiamente da salvaguardare sia dal punto di vista ambientale che socio economico. Di contro, in Puglia vi sono diversi tratti critici dove sono concentrate numerosissime opere, come per esempio il tratto compreso tra Manfredonia e Barletta sul quale le azioni antropiche, soprattutto per la realizzazione del porto di Margherita di Savoia e le sistemazioni nel bacino idrografico del fiume Ofanto, hanno innescato vistosi fenomeni erosivi per arginare i quali si è realizzato, talune volte con progetti approssimativi di opere non idonee, quasi il 55% delle opere di difesa dell'intera Puglia.

La figura 3.3.11, estratta dal "GIS degli Studi propedeutici per la predisposizione del piano stralcio della dinamica delle coste", Allegato n. 4 del presente studio, riporta la colorazione del range in cui ricade il numero delle opere di difesa di ciascun Comune della costa pugliese. Da essa si notano i litorali critici di cui si è detto innanzi, come pure i lunghi tratti di costa sabbiosa, quali quelli dei Comuni di Castellaneta e Ginosa – Arco Ionico – in cui non vi è nessuna opera di difesa.

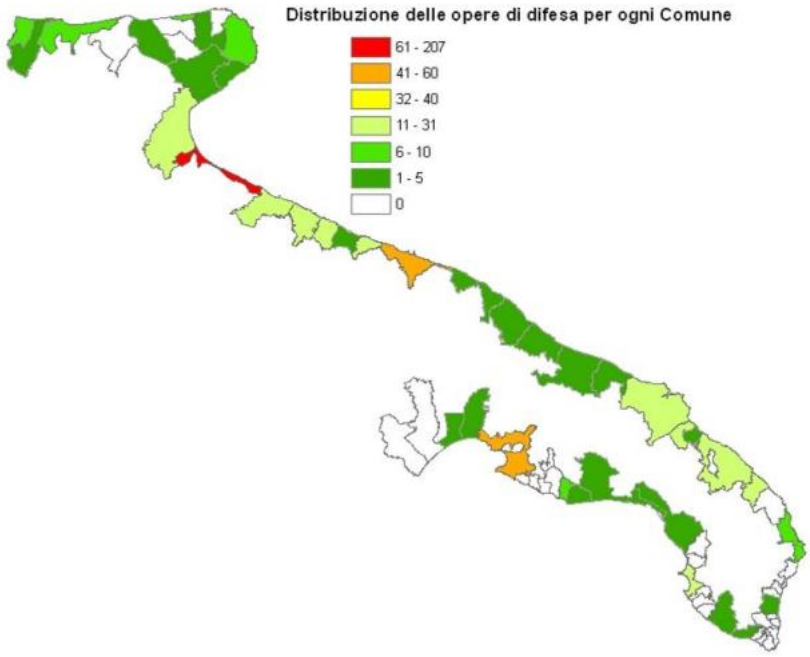


**Figura 3.3.1.1 Distribuzione delle opere di difesa lungo la costa pugliese**

Nello studio per ciascuna U.F. si riportano anzitutto informazioni di carattere generale (limiti geografici, limiti amministrativi, tipologia della costa, sistemi dunali, corsi d'acqua che sfociano nell'U.F., presenza di opere di sbarramento nel bacino idrografico, opere di difesa costiera esistenti, ecc).

Successivamente, per ogni SubUnità Fisiografica, viene valutata la Vulnerabilità all'erosione dei litorali sabbiosi e interventi di mitigazione, con un'analisi dello stato di fatto e l'indicazione degli interventi di mitigazione proposti.

Rimandando all'Allegato 3.1 alla presente Relazione per i dettagli, di seguito si fanno delle considerazioni di sintesi a carattere generale.

Anzitutto è da evidenziare che in tutte le U.F. vi è un deficit sedimentario che impone azioni di mitigazione incisive dirette a favorire il trasporto di sedimenti dai bacini idrografici a mare.

Stante la forte antropizzazione dei bacini e l'uso del suolo degli stessi si impone un controllo puntuale e rigoroso dell'estrazione di inerti dai fiumi e, nel medio e lungo periodo, per far fronte a deficit sedimentari locali e/o per realizzare ripascimenti artificiali di arenili di particolare pregio socioeconomico, occorre individuare tratti di litorale con cospicui e costanti accumuli di sedimenti, per effetto della realizzazione di opere a mare trasversali, e/o cave terrestri e/o sottomarine da cui prelevare sedimenti compatibili con quelli presenti nei tratti di litorale ove occorra attuare interventi di ripascimento.

Altro aspetto molto importante della morfologia di diverse U.F., sia sulla costa adriatica che ionica, è la presenza di numerosi sistemi dunali e di terre a quota bassa.

Purtroppo un gran numero dei sistemi dunali, se non la totalità, sono antropizzati e in erosione, pertanto sono necessarie idonee misure di tutela e di risistemazione.

Per quanto attiene alle terre a bassa quota nello studio è evidenziato che occorre fare delle previsioni puntuali della massima risalita del moto ondoso, nelle condizioni attuali e tenendo conto del possibile innalzamento del livello medio mare, al fine di definire la Fascia Costiera a Rischio Inondazione da Mare ed introdurre tali indicazioni come vincoli nei Piani di Utilizzazione del Territorio sia Regionali che Comunali. Infatti, l'utilizzazione delle aree della Fascia Costiera a Rischio Inondazione da Mare, come purtroppo è avvenuto in molti tratti del litorale pugliese, non solo mette a rischio Beni e Persone, ma innesca la realizzazione di interventi di difesa localizzati che spesso alterano il paesaggio, arrecano danni ai litorali limitrofi e determinano, in ultima analisi, un notevole spreco di risorse economiche sia delle Amministrazioni Pubbliche che dei privati cittadini. Per la definizione delle aree a rischio possono essere utilizzati i dati rilevati della Rete Meteomarina della Regione Puglia (www.puglia-coste.it), di cui sono riportati i dettagli nell'Allegato n. 2.

Nello studio è evidenziato che per molte U.F. è consistente il trasporto solido longitudinale per cui il bilancio dei sedimenti lungo i litorale dipende fortemente dalla direzione delle mareggiate nei diversi periodi temporali e si possono avere quindi consistenti variazioni stagionali. In queste condizioni nello studio sono sconsigliati interventi a mare con opere trasversali; infatti, queste intercettando i sedimenti trasportati dalle correnti longitudinali possono modificare in modo consistente e irreversibile la dinamica dei sedimenti e, quindi, diminuire la capacità del litorale di rispondere dinamicamente e naturalmente alle azioni meteomarine (utilizzando la definizione introdotta nel Progetto EUROSION, tali opere diminuiscono la resilienza del litorale, vedasi le Premesse della presente Relazione).

Infine, per molti litorali critici si ritiene indispensabile continuare l'attività di monitoraggio, avviata con il POR Puglia 2000–2006, in modo da tenere sotto controllo l'evoluzione del litorale, anche ai fini della predisposizione e gestione dei Piani Comunali delle Coste, che, come previsto dal PRC, potranno subire degli aggiornamenti, specie per quanto attiene le concessioni demaniali, in funzione dell'evoluzione dei fenomeni erosivi. Inoltre, i dati del monitoraggio dovranno essere utilizzati per valutare l'efficacia degli interventi di mitigazione e riqualificazione messi in atto e, se necessario, l'opportunità di realizzare eventuali altri tipi di opere di protezione, i quali, dovranno essere comunque accuratamente studiati valutandone l'impatto sulla dinamica dei sedimenti nell'U.F. anche mediante l'utilizzo di studi con modello fisico e/o numerico.

### 3.3.2 SINTESI DELLE "STRUTTURE CONVENZIONALI E NON PER LA DIFESA DELLE COSTE"

Il rapido arretramento delle spiagge costituisce un problema di non agevole soluzione, sia per l'ecosistema costiero, sia per le economie locali. Tale scenario è ascrivibile tanto a cause di ordine naturale quanto all'azione dell'uomo.

Per limitare l'erosione costiera esistono due fondamentali approcci: uno con opere di tipo morbido (*soft*) ed uno con opere di tipo rigido (*hard*), ***Allegato n. 3.2 alla presente Relazione.***

L'approccio con opere di tipo morbido prevede la stabilizzazione della linea di costa a mezzo di ripascimenti artificiali, che consistono nel versamento di materiale granulare, di caratteristiche (tessiturali, cromatiche, ecc.) compatibili con quelle del materiale nativo. Il vantaggio di tali opere risiede nella possibilità di stabilizzare la spiaggia rendendo minimo al contempo l'impatto sull'ambiente ed evitando di interferire con i naturali fenomeni di trasporto litoraneo. Di contro, i costi elevati, soprattutto per ripascimenti non protetti di cui ci si attende una durata limitata nel tempo, costituiscono il principale deterrente al loro impiego.

Fra gli interventi di tipo rigido possono annoverarsi: opere parallele alla linea di riva (longitudinali) e da questa distanziate; opere perpendicolari alla costa (pennelli); opere parallele ed aderenti alla riva (radenti); sistemi di difesa a T; muri di protezione; combinazioni dei tipi precedenti. Gli interventi di tipo rigido sono caratterizzati da una diffusione tipicamente riconducibile alla possibilità di intervenire in maniera localizzata, arginando il fenomeno erosivo solo lungo i litorali laddove esso si presenta, ed alla durata elevata che dette opere hanno mostrato, spesse volte generando l'avanzamento della linea di riva favorito dal deposito di sedimenti lungo il

litorale in corrispondenza del quale sono collocate, con ovvie ricadute in termini di ammanco nei tratti di litorale limitrofi non direttamente interessati dall'intervento e addirittura sull'intera Unità Fisiografica. Inoltre, gli interventi manutentivi possono essere tutt'altro che trascurabili per le modifiche indotte dalle opere sul fondale. Infine, la progettazione delle opere di tipo rigido richiede attenzione particolare per garantire effetti trascurabili sull'ambiente e la buona fruibilità balneare; in presenza di interventi di tipo rigido è sempre necessaria un'intensa attività di monitoraggio tesa a individuare eventuali effetti negativi innescati dalle nuove opere e a pianificare possibili interventi di riassetto delle nuove opere (compreso anche l'eventuale salpamento delle stesse nei casi di maggiore evidente danno procurato all'ambiente).

La soluzione verso cui sempre di più ci si indirizza nella progettazione di opere di difesa costiera, sia grazie all'acquisizione di maggiori informazioni sui dati ambientali marini (onde, maree, correnti, ecc.), sia per il progresso delle conoscenze sui processi idrodinamici costieri, sia infine per la consapevolezza di dover coniugare la protezione del litorale con la salvaguardia dell'ambiente, è costituita da una commistione di interventi di tipo rigido ed interventi di tipo morbido, con una combinazione di versamenti di materiale e realizzazione di pennelli e/o scogliere a cresta bassa. Tale approccio, in un'ottica di corretta progettazione, deve essere sempre preceduto da un "*… rigoroso studio preventivo, esteso all'intera Unità Fisiografica, delle variazioni a cui le dinamiche dei sedimenti vengono inevitabilmente assoggettate a seguito dell'inserimento di nuove opere*" (Petrillo, 2007).

Gli interventi rigidi e quelli morbidi rientrano in un più vasto insieme che può essere definito delle opere di difesa costiera convenzionali; di contro, esistono interventi di difesa cosiddetti non convenzionali data la loro innovatività rispetto ai più consolidati nel tempo e diffusi interventi convenzionali. Fra gli interventi non convenzionali rientrano i ripascimenti realizzati con la tecnica B.M.S. (*Beach Management System*) o B.D.S (*Beach Dewatering System*) che si basa sull'abbassamento indotto della linea di permeazione (di falda) della spiaggia. Vi sono poi altre opere non convenzionali per la difesa della costa; tra queste quelle che impiegano contenitori in geotessuto, che, riempiti con sabbia prelevata in sito, formano l'elemento o gli elementi dell'opera di difesa, e gli *Artificial Reef* (strutture in calcestruzzo realizzate con diversi elementi, costruite a terra ed assemblate in mare) che favoriscono lo sviluppo della flora e della fauna marina.

Nella scelta del tipo di opera da adottare per l'intervento di difesa dall'erosione non si può agire secondo schemi semplici, ma bisogna agire *cum granu salis*. A titolo di esempio, nella scelta tra opere in massi naturali o in contenitori in geotessuto ha larga influenza il costo dei massi naturali o della sabbia, rispettivamente.

A rendere ulteriormente complessa la scelta del tipo di opera da impiegare per la difesa dei tratti di costa in erosione contribuisce anche la necessità di tenere in conto gli effetti dei cambiamenti climatici, quali quelli legati all'innalzamento del livello medio marino.

Nello studio sono esaminate i vari tipi di opere di protezione, convenzionale e non, riportando indicazioni su: la geometria dell'opera, l'ambito applicativo, gli aspetti ambientali, i vantaggi e svantaggi, gli strumenti di calcolo ed esempi di realizzazioni.

## 3.4 SINTESI DEL "GIS DEGLI STUDI PROPEDEUTICI PER LA PREDISPOSIZIONE DEL PIANO STRALCIO DELLA DINAMICA DELLE COSTE"

Il GIS (Sistema Informativo Territoriale) è ormai recepito in tutti gli ambiti territoriali come strumento indispensabile nella pianificazione.

Un sistema GIS è costituito da un complesso di componenti informatiche (hardware e software) che consente di archiviare e gestire una notevole quantità di dati multidisciplinari riferiti a coordinate geografiche ed archiviati in forme alfanumeriche, grafiche e video. Esso può essere impiegato per applicazioni in cartografia e come strumento di supporto alle decisioni. Un GIS ha come obiettivo fondamentale la creazione di uno strumento flessibile e tecnologicamente avanzato per fornire ai decisori la possibilità di gestire rapidamente i dati a disposizione.

Nell'ambito dello studio è stato realizzato un GIS, ***Allegato n. 4 alla presente Relazione,*** per fornire una banca dati georeferenziata di riferimento per la gestione della fascia costiera della Regione Puglia. Il GIS sviluppato in ArcGIS (Ambiente di sviluppo GIS più diffuso al mondo) è stato implementato creando un'interfaccia di navigazione estremamente sintetica e semplice da utilizzare, adattata alle esigenze specifiche dell'ambiente costiero consentendo la navigazione tra i contenuti.

L'architettura del Sistema è basata sull'utilizzo integrato di:

- database geografici;
- dati rilevati o calcolati;
- elaborazione dei dati.

La proiezione cartografica utilizzate nello studio è Gauss-Boaga – Roma40.

All'interno del GIS sono stati implementati numerosi strati informativi contenenti dati peculiari relativi a differenti proprietà della costa.

La quantità di dati resa disponibile con il GIS è stata estesa introducendo diversi link a documenti esterni che permettono una più ampia conoscenza delle caratteristiche della costa.

# 4 GRUPPO DI LAVORO

Il Responsabile Scientifico della Convenzione è il prof. ing. Antonio Felice PETRILLO del Dipartimento di Ingegneria delle Acque e di Chimica (DIAC) del Politecnico di Bari, Responsabile Scientifico del Laboratorio di Ricerca e Sperimentazione per la Difesa delle Coste (LIC).

Il Responsabile Scientifico dello studio riportato nell'Allegato n. 1 ("Analisi dei processi idraulici ed idrologici a scala di bacino per la definizione della componente solida fluviale"), è il prof. ing. Umberto FRATINO, del DIAC, il coordinamento è del prof. ing. Vito IACOBELLIS (DIAC), con la collaborazione dell'ing. Alessandro PAGANO (DIAC) e dell'ing. Eleonora BORRINO (DIAC).

Lo studio riportato nell'Allegato n. 2 ("Determinazione del clima meteomarino al largo e sottocosta e del trasporto solido per paraggi significativi della costa pugliese") sono stati coordinati dal prof. ing. Antonio Felice PETRILLO con la collaborazione dell'ing. Maria Francesca BRUNO (DIAC – LIC), del geol. Roberto FRANCIOSO (DIAC – LIC) e dell'ing. Biagio NOBILE (DIAC – LIC).

Gli studi riportati nell'Allegato n. 3.1 ("Individuazione di strutture di mitigazione del rischio (ambientalmente compatibili per le coste basse) per ciascuna Unità Fisiografica") e nell'Allegato n. 3.2 ("Strutture convenzionali e non per la difesa delle coste") sono stati svolti da ricercatori del DIAC - LIC del Politecnico di Bari e del Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione (DII) dell'Università del Salento. Ricercatori del DIAC - LIC: prof. ing. Antonio Felice PETRILLO (Responsabile Scientifico) con la collaborazione dell'ing. Maria Francesca BRUNO, del geol. Roberto FRANCIOSO e dell'ing. Biagio NOBILE. Ricercatori del DII: prof. ing. Giuseppe Roberto TOMASICCHIO (Responsabile Scientifico) con la collaborazione dell'ing. Felice D'ALESSANDRO, dell'ing. Pasquale Di PACE e dell'ing. Rosanna GENCARELLI.

Gli studi riportato nell'Allegato n. 4 ("GIS degli Studi propedeutici per la predisposizione del piano stralcio della dinamica delle coste".) sono stati coordinati dal prof. ing. Antonio Felice PETRILLO con la collaborazione dell'ing. Maria Francesca BRUNO (DIAC – LIC), del geol. Roberto FRANCIOSO (DIAC – LIC) e dell'ing. Biagio NOBILE (DIAC –LIC).

**ALLEGATO 1:**

**“**ANALISI DEI PROCESSI IDRAULICI ED IDROLOGICI A SCALA DI BACINO PER LA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE SOLIDA FLUVIALE”.

**ALLEGATO 2:**

**“**DETERMINAZIONE DEL CLIMA METEOMARINO AL LARGO E SOTTOCOSTA E DEL TRASPORTO SOLIDO PER PARAGGI SIGNIFICATIVI DELLA COSTA PUGLIESE”.

**ALLEGATO 3.1:**

“INDIVIDUAZIONE DI STRUTTURE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO (AMBIENTALMENTE COMPATIBILI PER LE COSTE BASSE) PER CIASCUNA UNITÀ FISIOGRAFICA”.

**ALLEGATO 3.2:**

“STRUTTURE CONVENZIONALI E NON PER LA DIFESA DELLE COSTE”.

**ALLEGATO 4:**

**“**GIS DEGLI STUDI PROPEDEUTICI PER LA PREDISPOSIZIONE DEL PIANO STRALCIO DELLA DINAMICA DELLE COSTE”.

## BIBLIOGRAFIA

**APAT (2006),** Catalogo delle opere di difesa realizzate in Italia.

**BRUUN P. (1962)** – "Sea level rise as a cause of shore erosion". Proc. Am. Soc. Civ. Eng., J. Waterways and Harbors Division, 88, 117-130, 1962.

**CHURCH, J.A. WHITE N.J.,. COLEMAN R,. LAMBECK, K. MITROVICA J.X (2004**) – "Estimates of the regional distribution of sea-level rise over the 1950 to 2000 period". J. Climate 17, 2609– 2625.

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELLE ACQUE (2001)** - Relazione Convenzione con il Consorzio ELTCON, composto dalla Società Italiana per Condotte d'Acqua S.p.A. Roma e dalla Società Elettronica S.p.A. Roma, e il Dipartimento di Ingegneria delle Acque su attività relative all'ampliamento dello studio della dinamica costiera e dell'interazione laguna mare nell'ambito del "Progetto integrato di recupero e riqualificazione della zona umida della Laguna di Varano".

**EUROSION (2004)** – Sito WEB di EUROSION http://www.eurosion.org.

**PETRILLO A.F. (2007)** – "Aree Costiere: Attuali e Future Criticità". Convegno su "Cambiamenti Climatici e Rischi Geologici in Puglia", castello di Sannicandro di Bari.

**REGIONE PUGLIA (2000) –** Studi preliminari per la redazione del Piano di Bacino Regionale. Atti della Regione Puglia.

**REGIONE PUGLIA (2007**) – Attività finalizzate alla redazione del Piano Regionale delle Coste (P.R.C.) della Regione Puglia. Atti della Regione Puglia.

**REGIONE PUGLIA. POR 2000-2006 (2009**) – Progetto di monitoraggio degli interventi di difesa costiera e dell'evoluzione dei litorali (- Misura 1.3, area di azione 2, sottoazione 2B, - Misura 1.3, ara di azione 4 , sottoazione 4C)". Atti della Regione Puglia.

**Il Responsabile Scientifico della Convenzione**

(prof. ing. Antonio Felice Petrillo)