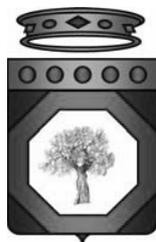


CONVENZIONE

tra



Regione Puglia

Assessorato Trasparenza e Cittadinanza Attiva

Settore Demanio e Patrimonio

e



Politecnico di Bari

Dipartimento di Architettura e Urbanistica

Dipartimento di Ingegneria delle Acque e di Chimica

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

“Attività finalizzate alla redazione del Piano Regionale delle Coste (P.R.C.) della regione Puglia”

ALLEGATO n. 7.1.2

“L’erosione costiera in Europa, in Italia e in Puglia”

Bari, novembre 2007

Gruppo di Lavoro

Dipartimento di Architettura e Urbanistica (D.A.U.)

Prof. Ing. Francesco Selicato
Prof. Arch. Antonella Calderazzi
Dott. Geol. Alessandro Reina
Dott. Francesco Mancini
Ing. Grazia Maggio
Ing. Giuliano Ritrovato
Ing. Milena Miglionico
Ing. Rosalba Innamorato
Ing. Pierangela Loconte

Dipartimento di Ingegneria delle Acque e di Chimica (D.I.A.C.) Laboratorio di Ricerca e Sperimentazione per la Difesa delle Coste (L.I.C.)

Prof. Ing. Antonio Felice Petrillo
Ing. Maria Francesca Bruno
Geol. Roberto Francioso
Ing. Alessandra Giordano
Ing. Margherita Fontanari

INDICE

1	GENERALITA' SULL'EROSIONE COSTIERA.....	6010
1.1	L'EROSIONE COSTIERA.....	6010
1.2	LE DIMENSIONI DEL FENOMENO A LIVELLO EUROPEO.....	6011
1.3	IL RAPPORTO DI "EUROSION".....	6019
1.3.1	LA VISIONE DI "EUROSION".....	6019
1.3.2	LA STRATEGIA DI "EUROSION".....	6020
2	L'EROSIONE COSTIERA NEGLI STATI DELL'UNIONE EUROPEA.....	6022
2.1	ALCUNE LOCALITA' EUROPEE INTERESSATE DA EROSIONE ESAMINATE NEL PROGETTO EUROSION.....	6022
2.1.1	ISOLA DI MALLORCA - CAN PICAFORT.....	6024
2.1.2	BELGIO - DE HAAN.....	6026
2.1.3	POLONIA - PENISOLA DI HEL.....	6029
2.1.4	FRANCIA - ALTA NORMANDIA.....	6033
2.1.5	OLANDA - COSTA HOLLAND.....	6037
2.1.6	REGNO UNITO - SUSSEX COUNTRY.....	6039
2.1.7	SPAGNA - BAIJA DI ZURRIOLA.....	6041
2.1.8	IRLANDA - ROSSNOWLAGH.....	6044
2.1.9	PORTOGALLO - VALE DO LOBO.....	6047
3	L'EROSIONE COSTIERA IN ITALIA.....	6051
3.1	PRINCIPALI STUDI ESEGUITI.....	6051
3.2	ALCUNE LOCALITA' ITALIANE INTERESSATE DA EROSIONE ESAMINATE NEL PROGETTO EUROSION.....	6064
3.2.1	SICILIA - GIARDINI NAXOS.....	6065
3.2.2	ISOLA DI PROCIDA - SPIAGGIA DI CHIAIOLELLA.....	6071
3.2.3	EMILIA ROMAGNA - MARINA DI RAVENNA.....	6076
3.2.4	LAZIO - SPIAGGIA DI VECCHIA PINETA.....	6083
3.2.5	LIGURIA - MARINELLA DI SARZANA.....	6094
3.2.6	TOSCANA - MARINA DI MASSA.....	6100
4	L'EROSIONE COSTIERA IN PUGLIA.....	6107
4.1	PRINCIPALI STUDI PRECEDENTI.....	6107
4.1.1	COMMISSIONE DE MARCHI (1968).....	6107
4.1.2	ATLANTE DELLE SPIAGGE ITALIANE, 1997.....	6110
4.1.3	STUDI PRELIMINARI PER LA REDAZIONE DEL PIANO DI BACINO REGIONALE.....	6115
4.1.4	PROGETTO ESECUTIVO MONITORAGGIO P.O.R. PUGLIA 2000 - 2006.....	6115
4.1.5	MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO.....	6117
4.1.6	STUDIO DELL'APAT.....	6118
4.1.7	CONSIDERAZIONI.....	6119
4.2	PRESENTE STUDIO.....	6119
4.2.1	UNITA' FISIOGRAFICHE.....	6120
4.2.2	CARATTERISTICHE DELLA COSTA PUGLIESE.....	6123
4.2.3	ANALISI DELL'EVOLUZIONE RECENTE DELLA LINEA DI COSTA.....	6131
4.2.4	CRITICITA' ALL'EROSIONE DEI LITORALI SABBIOSI PUGLIESI.....	6134
4.2.5	MONITORAGGIO PER L'AGGIORNAMENTO DELLE CONOSCENZE.....	6143
5	BIBLIOGRAFIA.....	6146

1 GENERALITA' SULL'EROSIONE COSTIERA

1.1 L'EROSIONE COSTIERA

L'erosione costiera può essere definita in maniera esemplificativa, senza rinunciare in alcun modo ad un'efficace chiarezza espressiva, come l'invasione della terra da parte del mare.

E' valutata facendo riferimento ad un lasso temporale sufficientemente lungo, tale da permettere di eliminare, mediando, eventi estremi quali tempeste e dinamiche di sedimento a carattere locale.

L'erosione costiera implica tre differenti tipi di impatto o rischi:

- perdita di aree con valore economico;
- distruzione delle difese naturali (solitamente sistemi di dune) anche a seguito di un singolo evento tempestoso, con conseguente potenziale o effettiva inondazione dell'entroterra;
- distruzione delle opere di difesa artificiali, con conseguente potenziale o effettiva inondazione dell'entroterra.

Il processo di erosione ed accrescimento costiero è sempre esistito ed ha contribuito da sempre a plasmare il panorama costiero creando una grande varietà di tipologie di coste. L'erosione è influenzata anche dall'entroterra: le piogge e l'azione esercitata dall'acqua sul letto dei fiumi e dei torrenti hanno l'effetto di produrre movimento di sedimenti verso la costa. Questi sedimenti forniscono materiale essenziale per contribuire allo sviluppo di spiagge e dune sabbiose e più in generale per creare luoghi atti ad insediare attività economiche e ricreative, proteggendo dal rischio inondazione le aree sottoposte dell'entroterra, assorbendo l'energia delle onde più impetuose durante le tempeste, riducendo l'eutrofizzazione delle acque costiere e favorendo l'insediamento e la proliferazione di varie specie faunistiche.

L'erosione costiera è di solito il risultato di una combinazione di fattori, sia naturali che indotti dall'uomo, operanti su diversa scala. I più importanti fattori naturali sono: venti e tempeste, correnti vicine alle spiagge, innalzamento del livello del mare, subsidenza del suolo e apporto liquido e solido dei fiumi a mare.

I fattori indotti dall'uomo includono: utilizzazione della fascia costiera con la realizzazione di infrastrutture e opere per insediamenti abitativi, industriali e ricreativi, uso del suolo e alterazione della vegetazione, estrazioni di acqua dal sottosuolo, lavori per la regimazione dei corsi d'acqua per la difesa del suolo e per il prelievo di risorsa per uso potabile, irriguo e industriale, estrazione di inerti dai fiumi, dragaggi, eccetera.

1.2 LE DIMENSIONI DEL FENOMENO A LIVELLO EUROPEO

Molte coste europee sono interessate dall'erosione; i dati cambiano da paese a paese, ma sono comunque nel complesso allarmanti. Da un lato si colloca la Polonia con il 55% delle sue coste soggette ad erosione, dall'altro la Finlandia con appena lo 0,04%, grazie ad un litorale fatto di rocce dure.

Preoccupa il dato di Cipro, a rischio per il 37,8%, quello della Lettonia il 32,8%, della Grecia e del Portogallo al 28,6 e 28,5%, del Belgio al 25,5%, della Francia al 24,9%. Poi vi è l'Italia con il 22,8% del litorale soggetto a erosione, in gran parte frutto dell'urbanizzazione rapida delle sue coste e spiagge.

Ammontano a circa 20.000, pari al 20% dell'estensione totale, i chilometri di costa dell'Unione Europea in cui tale problematica assume caratteri di maggior rilievo.

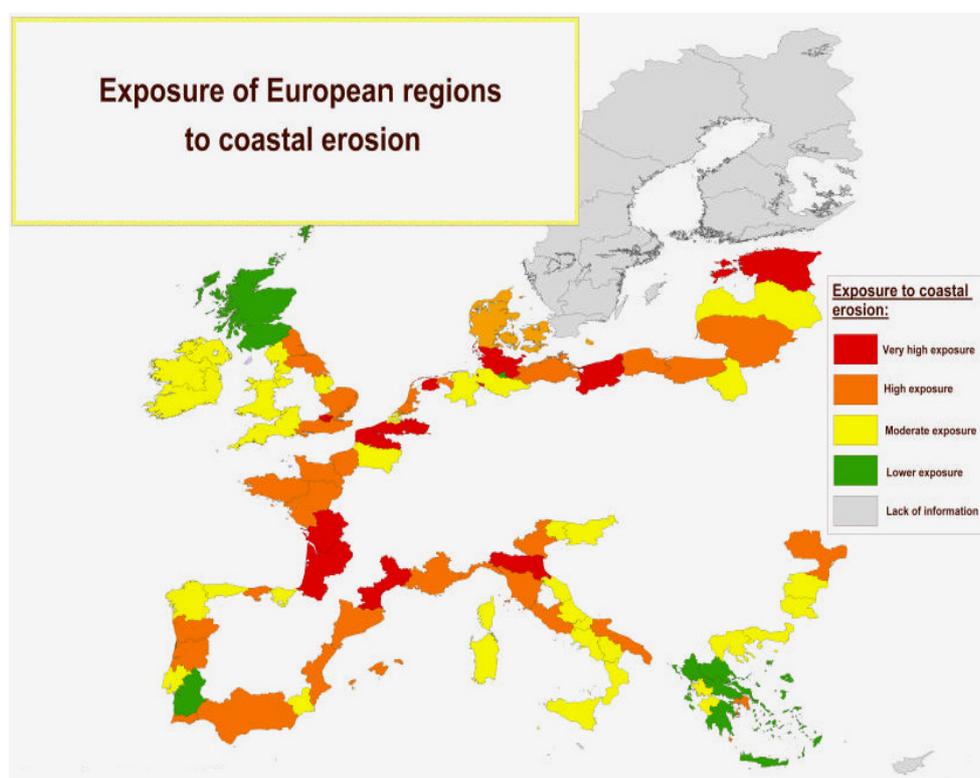


Fig. 1.2.1 - Regioni europee esposte al rischio di erosione costiera.

L'impatto dell'erosione sui litorali è violento da qualsiasi lato lo si guardi. Il 36% delle coste europee (47.500 km² su 132.300 km² di una superficie misurata su una banda di 500 metri dal litorale) sono costituiti da siti naturali di valore ecologico inestimabile. Ecosistemi importanti e zone di grande biodiversità vivono in gran misura sotto la minaccia di distruzione o di forte impoverimento.

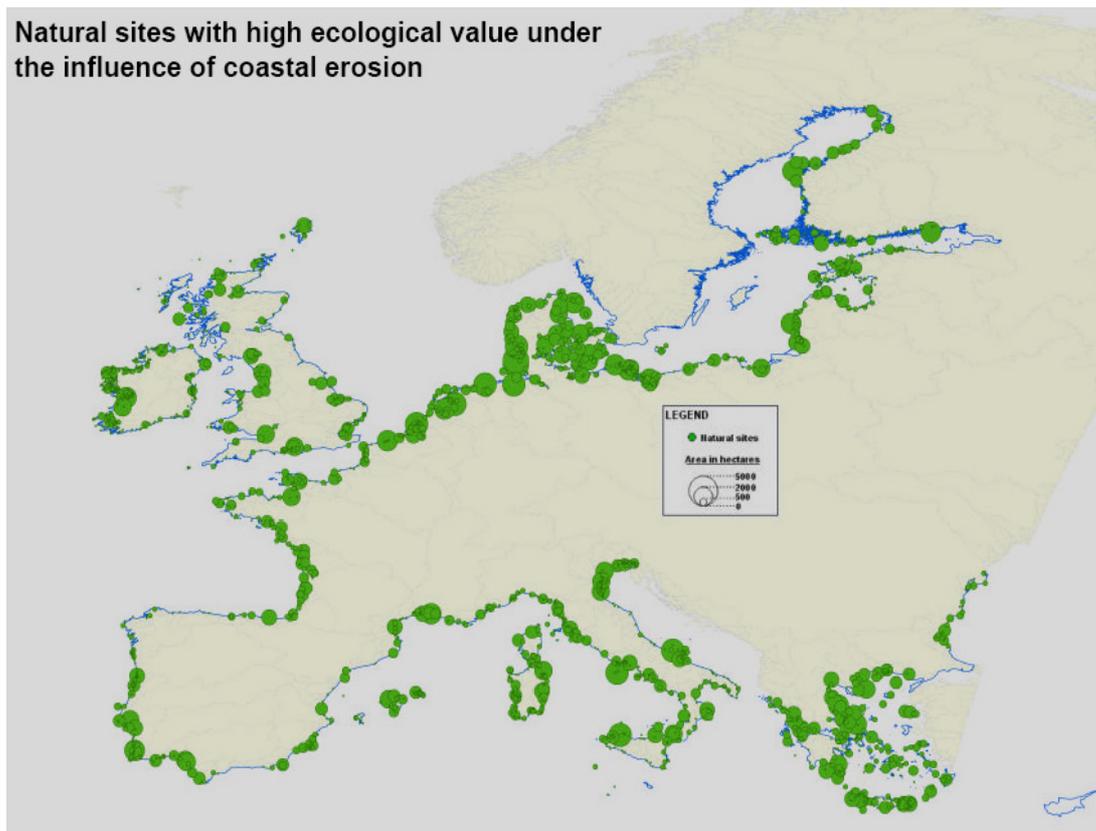


Fig. 1.2.2 - Siti naturali ad elevato valore ecologico a rischio di erosione costiera.

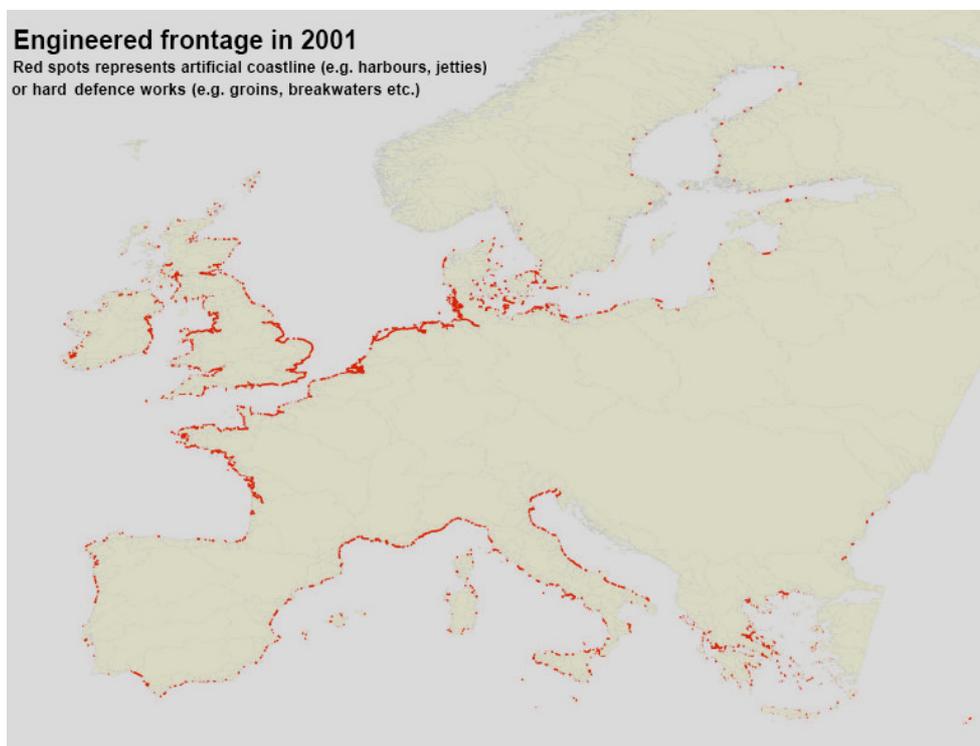


Fig. 1.2.3 - Coste europee protette da opere di difesa.

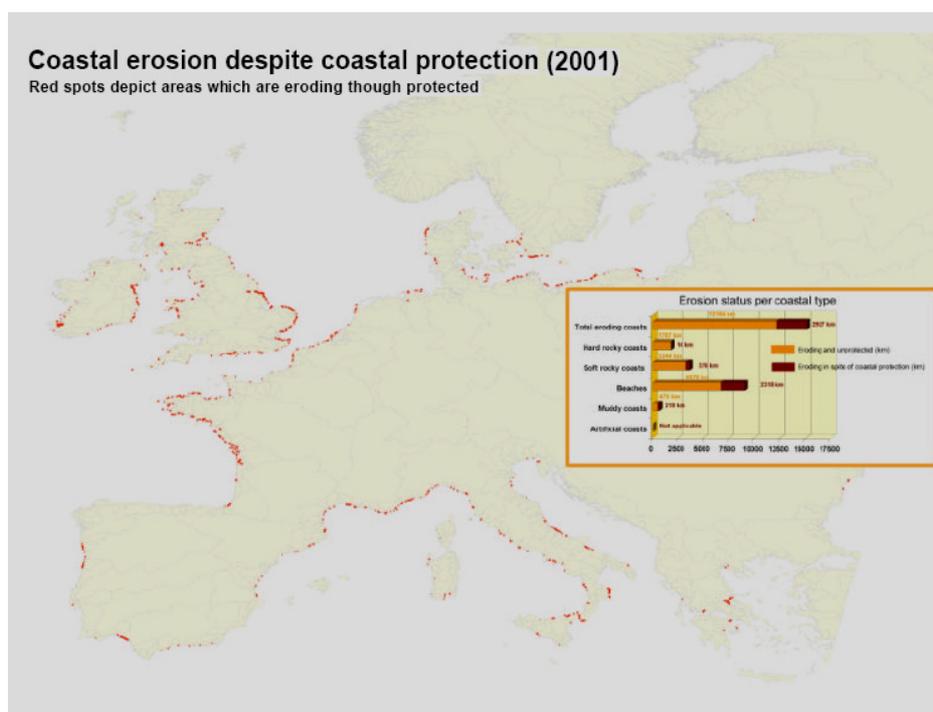


Fig. 1.2.4 - Coste europee soggette all'erosione nonostante le opere di difesa.

Sulla stessa banda di litorale si sviluppa un'attività economica stimata tra i 500 ed i 1.000 miliardi di euro, fatta di turismo, agricoltura ed installazioni industriali, molte a rischio come anche le numerosissime abitazioni.

Molte di tali zone (circa 15.100 km) si stanno considerevolmente ritirando e alcune di esse (circa 2.900 Km) a dispetto di opere di difesa, mentre sono circa 4.700 i km di costa che proprio grazie alla realizzazione delle stesse sono stati resi stabili.

L'area persa a causa dell'erosione, o comunque seriamente compromessa, è stimata in circa 15 km² all'anno. Nel periodo 1999-2002 il numero di abitazioni che sono state abbandonate in Europa a causa dell'erosione sono state circa 300, mentre sono circa 3000 quelle che hanno visto il loro valore di mercato decrescere di oltre il 10% per il rischio di essere sommerse o di precipitare in mare. Ingenti sono anche i danni alle infrastrutture viarie ed alle comunicazioni.

Le perdite sono comunque insignificanti se comparate al rischio di inondazione delle zone costiere in conseguenza della scomparsa delle difese naturali quali le dune.

Tale potenziale minaccia incombe su molte migliaia di chilometri quadrati di territorio e, di conseguenza, su molti milioni di persone.

A dare una gran mano all'erosione è stato l'inurbamento spesso selvaggio della costa. Negli ultimi 50 anni la popolazione che vive nelle città o nei villaggi litoranei si è più che raddoppiata, portandosi a 70 milioni di abitanti nel 2001, pari al 16% dei cittadini dell'UE, accrescendo notevolmente il valore economico degli insediamenti ivi presenti.



Fig. 1.2.5 - Abitazioni e infrastrutture compromesse dall'erosione.



Fig. 1.2.6 - Esempi di Dune.

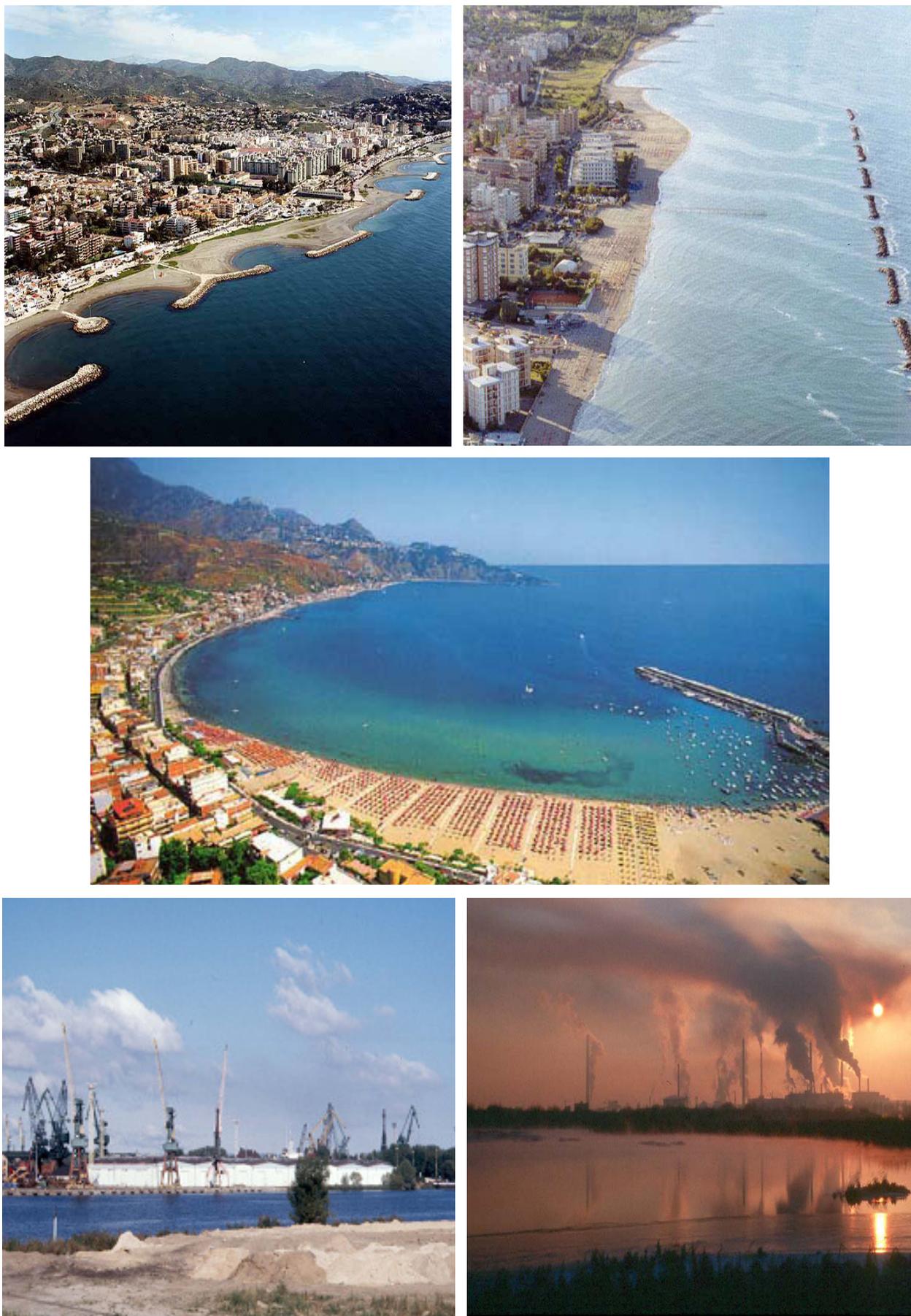


Fig. 1.2.7 - Insediamenti urbani e produttivi nelle aree costiere.

Secondo i risultati resi noti da uno studio condotto dall'UN-IPCC¹ viene stimato in più di 158.000 il numero degli abitanti che nel 2020 saranno coinvolti direttamente nel problema dell'erosione costiera.

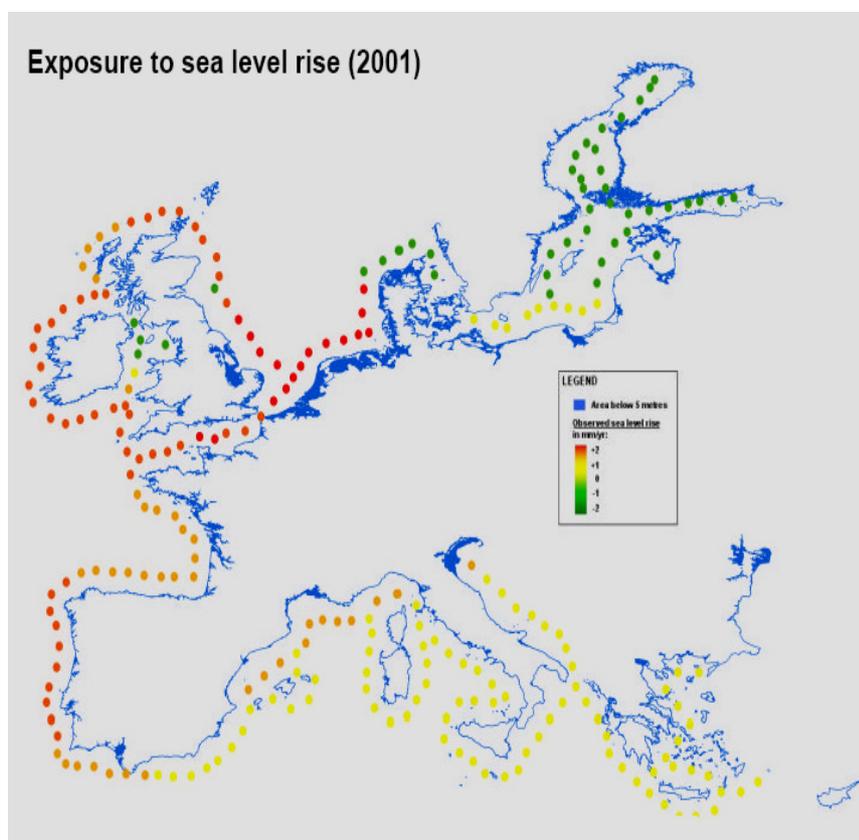


Fig. 1.2.8 - Coste europee esposte al rischio di innalzamento del livello del mare.

L'erosione è un fenomeno naturale e come tale la natura stessa troverebbe la sua soluzione se non intervenisse l'uomo con la sua opera. Sabbia, pietre e ciottoli strappati alle spiagge dalle onde sono infatti naturalmente sostituiti dai sedimenti fluviali, dall'erosione delle falesie o dei banchi di sabbia marini, ma a rompere il meccanismo interviene l'uomo prelevando annualmente 100 milioni di tonnellate di sabbia che servirebbero a riapprovvigionare in maniera naturale gli habitat della costa e che invece finiscono per essere utilizzati nell'edilizia, per costruire barriere fluviali o per

¹ UN-IPCC: United Nations - Intergovernmental Panel on Climate Change; agenzia intergovernativa delle Nazioni Unite istituita nel 1988 dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) e dal Programma Ambientale delle Nazioni Unite (UNEP) per valutare le informazioni scientifiche, tecniche e socio-economiche atte a comprendere il cambiamento climatico, i suoi potenziali impatti e le opzioni per la mitigazione degli stessi.

lavori di genio civile. A questo ritmo le zone naturali, di gran lunga armi più efficaci per proteggerci dal mare, sono destinate a scomparire.

Le barriere artificiali non hanno infatti, la medesima efficacia: limitano localmente l'erosione ma, nello stesso tempo, non fanno altro che spostare di alcuni chilometri il problema. Il 63% degli 875 km di litorale attaccato dall'erosione negli ultimi 20 anni si trova a meno di 30 km di distanza dalle zone costiere in cui sono stati effettuati degli interventi di protezione, mentre il restante 37% è localizzato prevalentemente nelle aree in cui l'innalzamento del livello del mare è stato superiore ai 20 cm negli ultimi 100 anni e, secondo alcune previsioni, potrebbe salire di altri 80 cm nei prossimi 100 anni.



Fig. 1.2.9 - *Differenti tipologie di interventi contro l'erosione costiera.*

Le misure adottate per l'attenuazione di tali fenomeni sono in netto aumento. Nel 2001 la spesa pubblica destinata alla protezione delle coste contro i rischi dell'erosione e dell'inondazione si è attestata a 3200 milioni di euro, contro i 2500 milioni del 1986.

Tali cifre riflettono chiaramente l'impegno e il bisogno di dover difendere tenacemente i beni che versano in situazioni di imminente rischio di erosione costiera, ma ci fanno perdere di vista gli ingenti costi indotti dall'attività dell'uomo a lungo termine.

Recenti studi dell'UN-IPCC hanno stimato che i costi relativi all'erosione saranno, per il periodo che va dal 1990 al 2020, mediamente di 5.400 milioni di euro l'anno.

1.3 IL RAPPORTO DI “EUROSION”

Al fine di delineare una comune ed efficace strategia da seguire per far fronte al problema dell'erosione costiera, descritto nelle sue linee essenziali nei precedenti paragrafi, è indispensabile far riferimento al rapporto redatto dal Consorzio di Ricerca “EUROSION” guidato dal Rijksinstituut voor Kust en Zee, istituto olandese per la gestione del litorale e del mare.

Il rapporto, presentato e discusso a Bruxelles il 28 maggio 2004 nella conferenza finale, conclude lo studio intitolato «*Vivere con l'erosione costiera in Europa: spazi e sedimenti per uno sviluppo duraturo*», commissionato nel 2002 dalla Commissione e dal Parlamento europeo alla struttura EUROSION.

Lo scopo era tracciare un quadro esauriente che permettesse di quantificare in maniera chiara il fenomeno dell'erosione costiera in Europa, i problemi da esso causati, nonché i successi e gli insuccessi degli interventi realizzati al fine di contenerlo e, soprattutto, fornire un set di proposte alle quali rapportarsi per implementare concreti e corretti piani di gestione dei fenomeni di erosione, diversamente strutturati a livello europeo, nazionale e regionale.

La lotta all'erosione delle coste si colloca al centro di un più grande progetto denominato «*Strategia tematica per il suolo*» che la UE intende lanciare.

1.3.1 LA VISIONE DI “EUROSION”

Dalla presentazione del rapporto emerge con forza l'importanza della comprensione della dinamica della fascia costiera, considerata il fattore chiave nella gestione dell'erosione costiera.

Da sempre le popolazioni hanno prediletto la colonizzazione delle aree costiere ed in tempi storici queste sono state largamente alla mercé delle forze della natura. Le prime opere di difesa, essenzialmente muri, massicciate e pennelli, risalgono al periodo Romano; furono inizialmente realizzate per proteggere le aree costiere da erosioni ed alluvioni e successivamente servirono per avviare lo sviluppo abitativo di quelle aree. Le conseguenze di questo massiccio inurbamento sono

state la perdita di habitat naturali quali dune costiere, spiagge, paludi intramareali, piante marine e l'alterazione delle naturali caratteristiche dinamiche.

EUROSION ha dimostrato chiaramente che se da un lato l'indispensabile protezione delle aree direttamente minacciate è possibile, dall'altro la presenza di strutture di difesa, specie se concepite al di fuori di una logica di azione dell'area vasta, può determinare un risultato negativo sulla *resilienza*² di un tratto molto più ampio di costa.

1.3.2 LA STRATEGIA DI “EUROSION”

Per approntare una strategia di gestione del problema dell'erosione costiera che risulti attuabile ed efficace, di fondamentale importanza è, secondo il parere di EUROSION, costituire un organico riferimento legislativo strutturato ai diversi livelli (comunitario, nazionale e regionale o locale) tramite l'emendamento di 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.

Le azioni consigliate da EUROSION partono dal rafforzamento delle zone costiere di resistenza naturale: spiagge dunose, lagune e laghi salati i quali assorbono la violenza delle mareggiate e costituiscono un habitat prezioso per variegata specie vegetali ed animali.

Per attuare queste azioni saranno necessari l'individuazione e il monitoraggio delle aree in cui la produzione di sedimenti è più importante, in modo da arrivare a costituire delle «riserve strategiche di sedimento»³ da cui prelevare materiale per “puntellare” altre zone senza compromettere l'equilibrio naturale; successivamente occorrerà valutare economicamente il costo

² Il termine “resilienza” nella lingua italiana non ha una specifica correlazione con aspetti geomorfologici, ma, considerato il significato relativo all'attitudine dei filati metallici a recuperare dopo la deformazione l'aspetto originale, può essere usato per enfatizzare la capacità intrinseca della costa di reagire ai cambiamenti indotti dalla variazione del livello del mare, dagli eventi estremi e dagli sporadici impatti antropici, mantenendo inalterate le funzioni del sistema costiero per un periodo più lungo (“resilienza costiera”).

³ Le riserve strategiche di sedimento sono delle quantità di sedimento con “appropriate” caratteristiche, derivanti da mare aperto (oltre le acque basse), aree costiere (falesie in erosione, banchi ghiaiosi, sabbiosi e fangosi dell'area intramareale), aree interne (soltanto qualora i giacimenti di sedimento non fossero presenti né in mare aperto né nell'area costiera), disponibili per futuri interventi di ripascimento nelle aree costiere che hanno subito perdita di materiale per eventi estremi e per trends evolutivi-erosivi di lungo termine.

dell'erosione in modo da far ricadere anche sui privati, investitori e costruttori soprattutto, i rischi legati all'erosione.

Si tratta di una formula che aumenta le responsabilità e quindi la vigilanza e che inserisce nella valutazione degli incidenti ambientali anche le responsabilità delle attività che aumentano l'erosione.

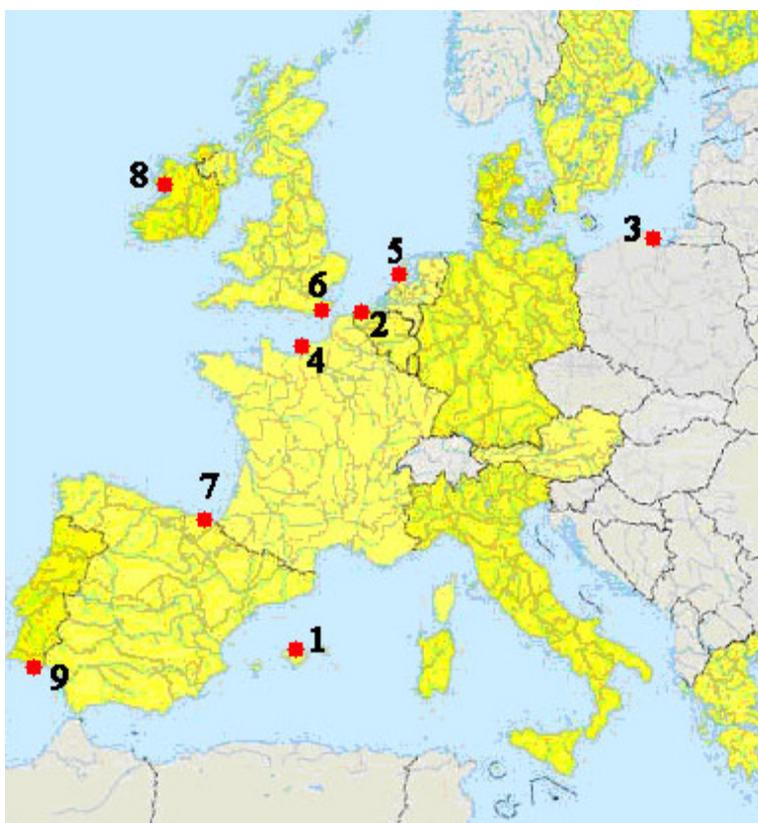
In conclusione, lo studio propone di giocare in anticipo, di non lavorare solo per arrestare l'erosione quando si produce ma, preferibilmente, di pianificare delle soluzioni a lungo termine. I piani dovrebbero prevedere una valutazione approfondita dei rischi e dei costi e le conseguenze delle differenti azioni possibili: proteggere, non intervenire, abbandonare la zona.

2 L'EROSIONE COSTIERA NEGLI STATI DELL'UNIONE EUROPEA

2.1 ALCUNE LOCALITA' EUROPEE INTERESSATE DA EROSIONE ESAMINATE NEL PROGETTO EUROSION

Il fenomeno di erosione ed accrescimento costiero, le cui linee essenziali sono state esposte nel primo capitolo di questo studio, interessa all'incirca 20.000 km di coste europee e si manifesta con caratteristiche variabili. A causa dell'elevato numero di località interessate e per contenere le dimensioni del presente lavoro si è ritenuto opportuno restringere il campo d'indagine e di esaminare dettagliatamente solo alcuni di questi siti in quanto più significativi per illustrare le diverse tipologie di erosione e gli interventi dell'uomo.

Oggetto di questo capitolo è l'illustrazione delle località costiere di alcuni stati membri dell'Unione Europea, selezionate in quanto si affacciano su mari con caratteristiche differenti, determinate dal fatto di essere bacini aperti o chiusi, di insinuarsi in golfi o canali, di manifestare differenti ampiezze nelle escursioni di marea, di lambire diverse tipologie di coste: alte e rocciose, basse e sabbiose, densamente popolate o modificate dall'uomo.



- 1. Isola di Mallorca - Can Picafort**
- 2. Belgio - De Haan**
- 3. Polonia - Penisola di Hel**
- 4. Francia - Alta Normandia**
- 5. Olanda - Costa Holland**
- 6. Regno Unito - Sussex Country**
- 7. Spagna - Baia di Zurriola**
- 8. Irlanda - Rosnowlagh**
- 9. Portogallo - Vale do Lobo**

Fig. 2.1.1 - Mappa dei siti europei esaminati.

Per comprendere e valutare al meglio i processi erosivi in atto nei siti esaminati, le loro manifestazioni, nonché le loro tendenze evolutive è indispensabile fornire per ognuno di essi informazioni dettagliate sull'inquadramento geografico, geo-morfologico e socio-economico e sulle caratteristiche meteo-marine dei relativi paraggi. Un'utile fonte per ricavare tutte le informazioni che verranno presentate sia in questo capitolo che nel successivo è stata il dossier di EUROSION.

2.1.1 ISOLA DI MALLORCA - CAN PICAFORT

Nella baia di Alcudia, costituita da spiagge di natura sabbiosa e dunosa, è in atto un graduale processo di erosione imputabile alle frequenti tempeste di vento ed alle conseguenti mareggiate, allo scarso naturale rifornimento del sedimento eroso ed alla pressione antropica. Il fenomeno si localizza nel tratto di costa, lungo 5 km, compreso tra Can Picafort ed il canale S'Oberta e consiste nella graduale perdita di sedimento, dovuta al trasporto solido lungoriva in direzione Sud-Nord, che causa il restringimento della spiaggia nel tratto centrale e l'accrescimento nell'estremo Nord (S'Oberta), mentre il tratto posto nell'estremo Sud resta stabile in quanto protetto dai moli del porto di Can Picafort.

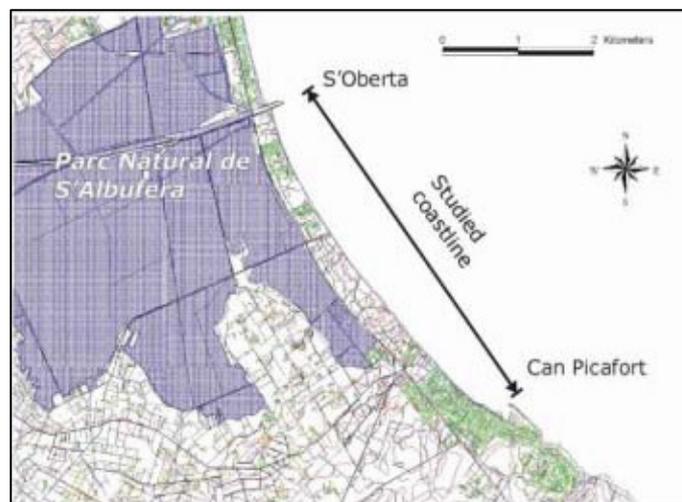


Fig. 2.1.1.1 - Mappa della zona Sud della baia di Alcudia.

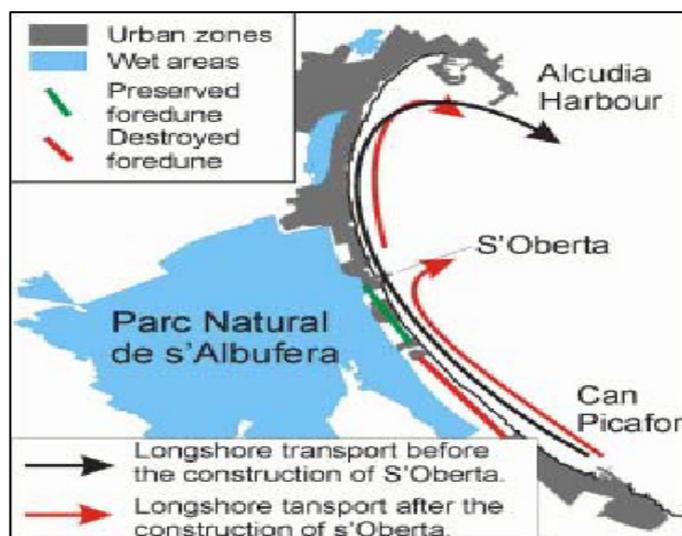


Fig. 2.1.1.2 - Cambiamenti nel trasporto solido lungoriva conseguenti alla realizzazione delle opere di difesa della foce del canale S'Oberta.

Ad avviare il processo di erosione descritto è stata la costruzione dei pennelli a difesa della foce del canale S'Oberta, realizzata alla fine del XIX secolo, che ha di fatto apportato un cambiamento nel trasporto dei sedimenti.



Fig. 2.1.1.3 - Costruzione di un hotel nell'area delle dune.

Ulteriore causa di erosione è la scarsa attenzione che hanno i vigenti strumenti urbanistici nei confronti dell'ambiente costiero, consentendo di esercitare la pratica edificatoria in prossimità o addirittura al di sopra delle aree dunose, privando l'entroterra di tali difese naturali e accrescendo i rischi d'inondazione e di tempeste di vento per le abitazioni e le aree verdi presenti.



Fig. 2.1.1.4 - Conseguenze di una tempesta di vento nell'entroterra.

2.1.2 BELGIO - DE HAAN

La costa del Belgio, pressoché rettilinea, si estende per circa 65 km da Cap Blanc Nez (a Nord della Francia) fino al lato Ovest dell'estuario della Schelda (Paesi Bassi). E' costituita da una spiaggia di sabbia fine poco declive coronata da una cresta di dune a protezione di un ampio piano costiero.



Fig. 2.1.2.1 - La costa belga.

Muovendosi da Ovest verso Est la pendenza trasversale della costa aumenta, mentre l'ampiezza della spiaggia diminuisce. Lungo l'intera costa Est fiamminga una seria minaccia è la regressione della linea costiera, causata dalla combinazione dell'azione delle correnti sia di tipo long-shore che di tipo cross-shore dovute alle onde e alle maree che sono molto pronunciate (escursione sul l.m.m. da 3,5 a 5 m). Le onde sono tuttavia di altezza limitata a causa dei fondali bassi e dell'estensione limitata dei fetch.

Il problema dell'erosione era presente a De Haan, importante località turistica e naturale della costa fiamminga, già a partire dagli anni 30. Per tale motivo venne costruita una diga marina sommersa per proteggere il sistema di dune e, di conseguenza, per scongiurare i rischi conseguenti alle inondazioni dell'entroterra. Nonostante questo intervento, negli ultimi 20 anni l'intero profilo della spiaggia ha subito una grave riduzione che ha raggiunto il massimo valore in seguito all'eccezionale intensità della tempesta, verificatasi nel febbraio 1990, che ha prodotto l'instabilità al piede delle strutture di fondazione della diga, rendendo nuovamente temibili i rischi suddetti.

Per contrastare tale tendenza, nel 1991 è stato portato a compimento un massiccio intervento di ingegneria che ha combinato la stabilizzazione delle scarpate e delle fondazioni della diga preesistente con il ripascimento della spiaggia retrostante.

Paragonato ai tradizionali interventi di ripascimento, il comportamento di quest'ultimo ha dato nel tempo risultati migliori in termini di stabilità del profilo di spiaggia, sebbene ora le maggiori perdite si siano spostate nei tratti di costa ad esso adiacenti.

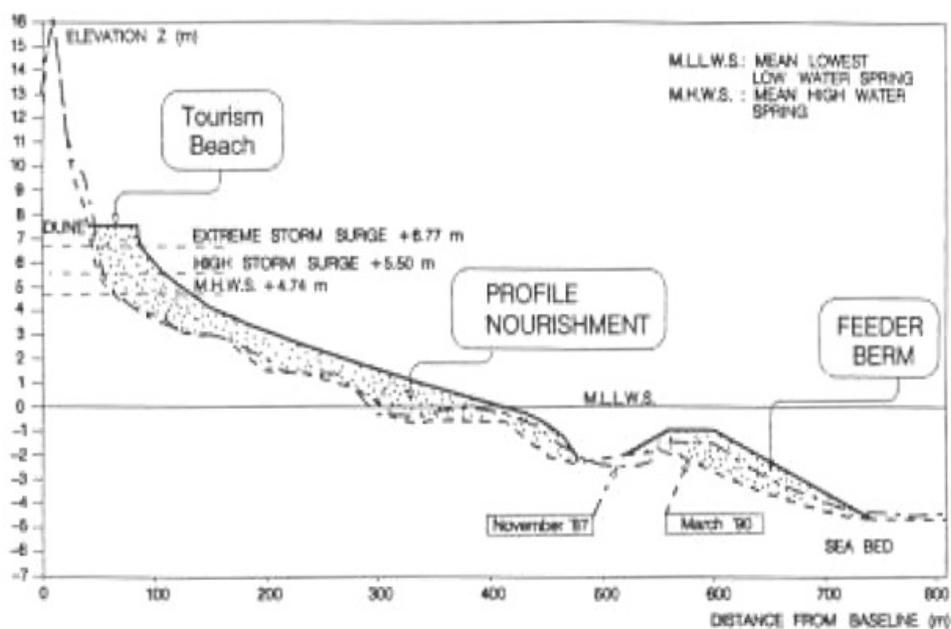


Fig. 2.1.2.2 - Tipica sezione trasversale della spiaggia di De Haan con l'indicazione della diga sommersa e del profilo di ripascimento.



Fig. 2.1.2.3 - Lavori di ripascimento della spiaggia.



Fig. 2.1.2.4 - Veduta aerea della spiaggia di De Haan durante lo svolgimento dei lavori.

2.1.3 POLONIA - PENISOLA DI HEL

La Penisola di Hel è una lingua di terra lunga 36 km con larghezza variabile da un minimo di 300 m, nella parte più vicina al continente, ad un massimo di 3 km in corrispondenza della sua propaggine più estrema. Ubicata a Sud del Mar Baltico, delimita ad Ovest il Golfo di Gdansk e forma la Baia di Puck nel quadrante più occidentale dello stesso. La costa è piatta e i fondali degradano lentamente verso il mare aperto; nella zona a Nord antistante la città di Wladyslawowo l'isobata dei 15 m corre a 4 km dalla linea di riva, mentre si avvicina a 600 m in corrispondenza dell'abitato di Jastarnia.



Fig. 2.1.3.1 - La baia di Puck.

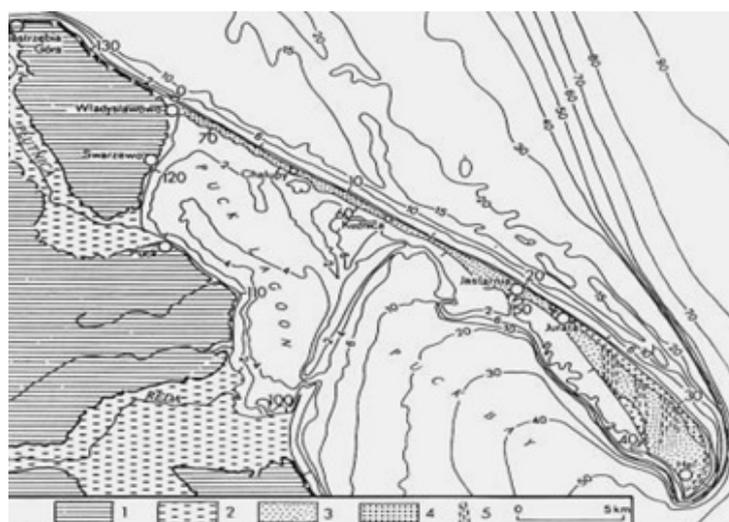


Fig. 2.1.3.2 - Batimetria dei mari che bagnano la Penisola di Hel.

Posta dietro la lingua di terra vi è la laguna di Puck, una depressione di origine glaciale o glaciofluviale, con profondità variabile da 1 a 5-6 m. La parte più interna della laguna è ampia circa 2 km ed ha una profondità che non supera 2 m.

La spiaggia, di natura prevalentemente sabbiosa e ghiaiosa con granulometria fine e media, ha un'ampiezza variabile da 25 a 65 m ed un sistema sommerso di barre lungoriva alte 2-3 m sul versante del Mar Baltico. Sullo stesso versante, a difesa dell'entroterra, si estende una dorsale di dune alte da 2-3 m fino a 10 m sul livello del mare lungo l'intera penisola.

Tale fronte, tuttavia, è oggi pesantemente compromesso dall'erosione che lo interessa per una lunghezza di quasi 25 km.

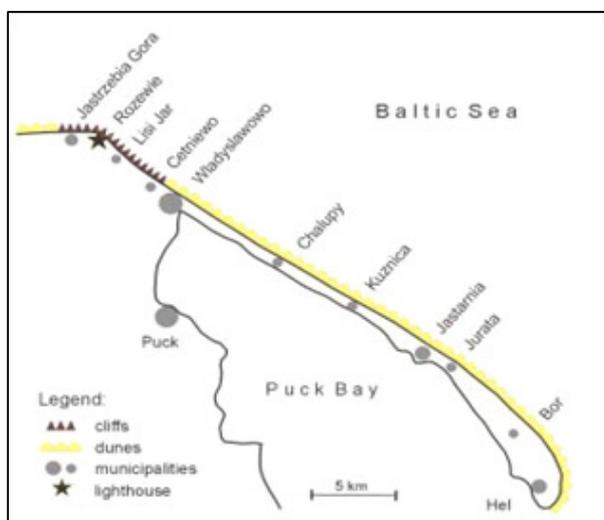


Fig. 2.1.3.3 - Principali formazioni presenti lungo la costa.

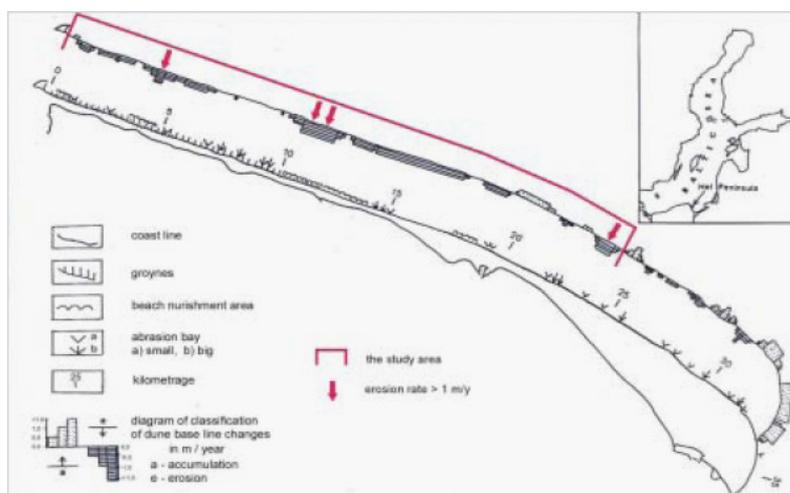


Fig. 2.1.3.4 - Evoluzione della linea di riva nel periodo 1957-1991.

La costruzione delle opere di difesa aderenti del tratto di litorale roccioso antistante il faro di Rozewie ha privato la costa posta a Sud dello stesso dell'unica e cospicua fonte di

approvvigionamento di sedimenti facendo cessare il trasporto solido lungoriva preesistente e causando un brusco arretramento della linea di riva. Particolarmente deleterie sono le tempeste originate dai frequenti venti che spirano in direzione Nord-Est (perpendicolarmente alla costa) perchè producono la formazione di correnti di risucchio molto forti che disperdono il materiale solido verso i fondali più profondi. Di notevole danno per la spiaggia già eccessivamente ristretta e per le dune retrostanti è il verificarsi di tali eventi in concomitanza con gli elevati livelli di marea e/o con le correnti che le maree generano, eventualità che ha reso necessaria la costruzione di dune artificiali nei tratti in cui la penisola è più stretta o dove erano assenti e la stabilizzazione di quelle esistenti direttamente minacciate dall'attacco del mare.



Fig. 2.1.3.5 - Duna artificiale realizzata nel tratto di costa antistante la città di Jastarnia.

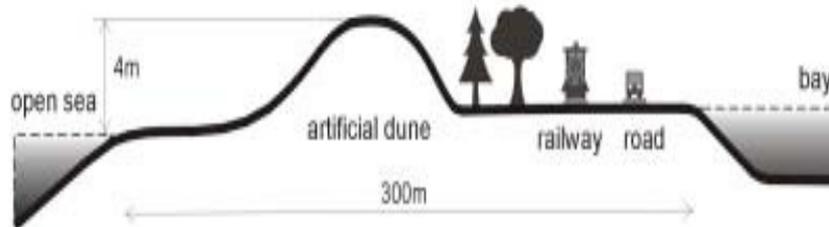


Fig. 2.1.3.6 - Tipica sezione trasversale della parte iniziale della Penisola di Hel.



Fig. 2.1.3.7 - Erosione di una duna.



Fig. 2.1.3.8 - Differenti interventi di stabilizzazione e difesa delle dune.

2.1.4 FRANCIA - ALTA NORMANDIA

La zona si allunga per 130 km dalla baia della Senna (a Sud) alla città di Ault-Onival (a Nord) lungo la parte orientale del Canale della Manica e comprende la costa rocciosa dell'Alta Normandia e della Piccardia.

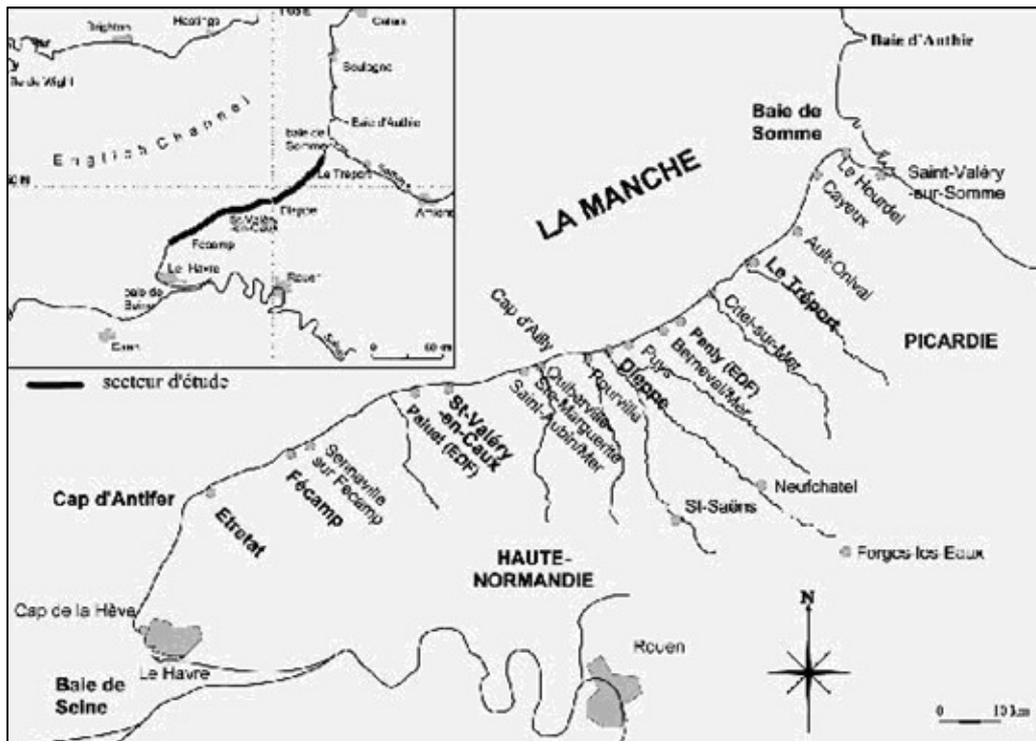


Fig. 2.1.4.1 - La costa dell'Alta Normandia



Fig. 2.1.4.2 - Piccolo agglomerato urbano (Pourville) ubicato allo sbocco di una valle sul mare.

Le rocce, di natura calcarea, hanno un'altezza media di 70 m s.l.m.m. e hanno alla base una spiaggia di ciottoli di ampiezza variabile tra 150 e 300 m. Il fronte roccioso viene di frequente tagliato da numerose valli disposte in direzione perpendicolare alla linea costiera, in genere di quota inferiore al livello medio dei valori massimi di alta marea primaverile, protette da spiagge di ghiaia ampie da 30 a 100 m. Lungo tali valli e in corrispondenza del loro sbocco sul mare si sono insediati la maggior parte degli abitanti e delle attività produttive della regione, nonostante fosse tangibile l'alto rischio di inondazioni.

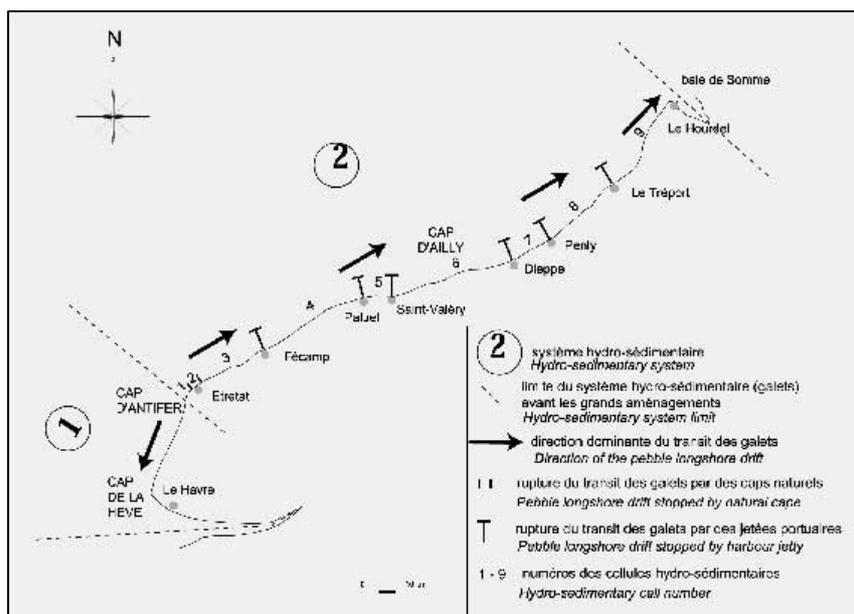


Fig. 2.1.4.3 - Direzione del trasporto solido lungoriva e individuazione delle celle sedimentarie.

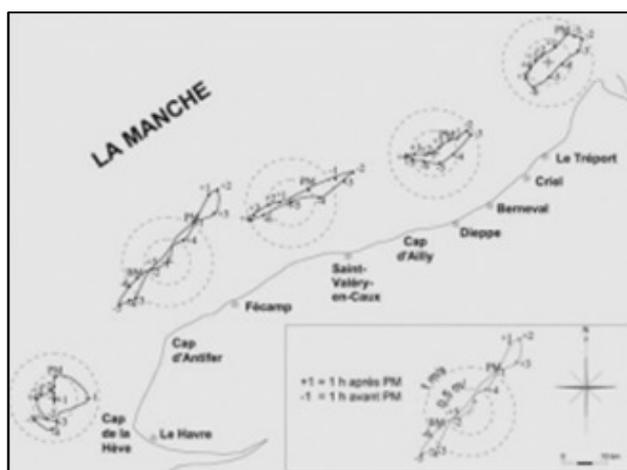


Fig. 2.1.4.4 - Direzione delle correnti di marea lungo le coste dell'Alta Normandia.

L'evoluzione di questo tratto di costa è influenzata dalla combinazione dei processi marini e continentali.

A causa della direzione obliqua, detta costa è direttamente esposta alle tempeste occidentali che originano il trasporto dei ciottoli lungoriva in direzione SO-NE.

Inoltre la conformazione delle coste e dei fondali del Canale della Manica espone quest'area a macromaree che creano correnti alternative parallele alla linea di costa e trasportano solo fango e ghiaia grossolana. La direzione dominante di queste correnti è NE.

Particolarmente temuto è il problema dell'erosione costiera per le aree urbane collocate sulla sommità delle rocce in prossimità del mare.



Fig. 2.1.4.5 - Centro abitato (Criel) sorto sulla sommità di una scogliera minacciata dall'erosione.

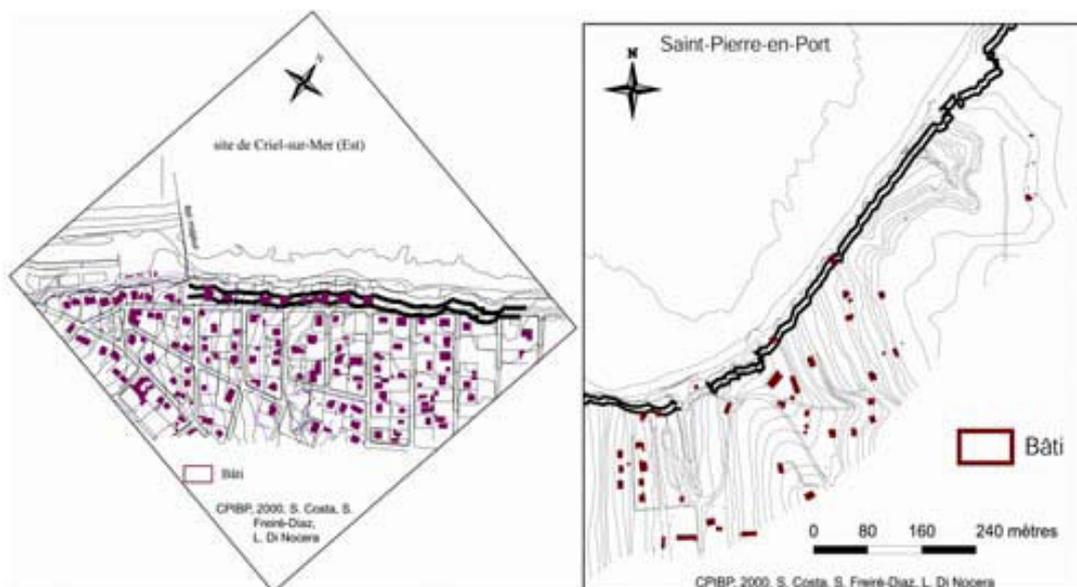


Fig. 2.1.4.6 - Stima dell'arretramento della linea di riva tra 50 e 100 anni nella zona antistante le località di Criel-Quiberville e Saint Pierre en Port. Si osservi il gran numero di abitazioni ed infrastrutture coinvolte.

I numerosi interventi realizzati dall'uomo in difesa delle spiagge di ciottoli che costituiscono le avanguardie verso il mare delle valli antropizzate ha modificato il trasporto dei sedimenti lungoriva, determinando il ritiro delle spiagge a valle e l'attacco diretto delle scogliere da parte del mare.

Nonostante il fenomeno erosivo sia ben conosciuto ed evidente resta tuttavia difficile quantificarlo a causa delle differenze riscontrabili nella conformazione dei versanti rocciosi e nelle condizioni meteomarine a cui sono esposti lungo l'intera costa. L'erosione procede in media di 20 cm all'anno.

2.1.5 OLANDA - COSTA HOLLAND

La Costa Holland si affaccia sul Mare del Nord tra il delta dei fiumi Reno, Mosa e Sceda (a Sud) e la costa Wadden. È costituita per la quasi totale estensione da spiagge sabbiose multibarre, a granulometria fine e media, di ampiezza variabile tra 100 e 200 m e con pendenza media compresa tra 1:35 e 1:60. I 120 km di lunghezza della costa vengono sovrastati in larga misura da un sistema pressoché ininterrotto di dune e protetti in parte da strutture realizzate dall'uomo, quali dighe ed argini. Queste ultime, assieme alle dune ed alle spiagge antistanti, difendono dall'intrusione marina l'entroterra posto per circa il 30% della sua estensione al di sotto del livello del mare.

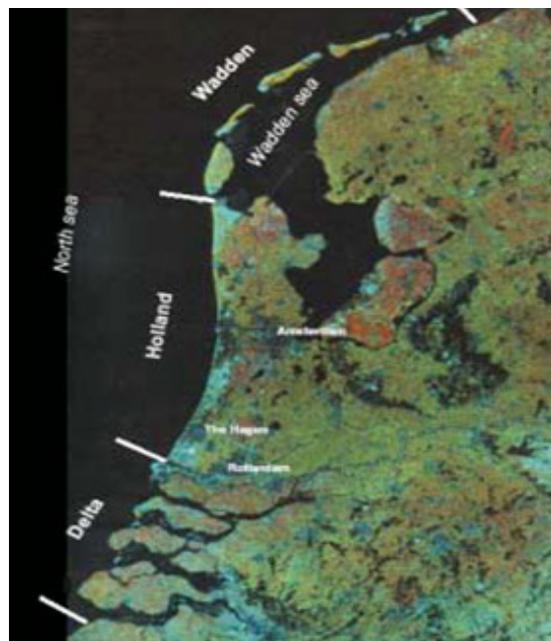


Fig. 2.1.5.1 - La Costa Holland.

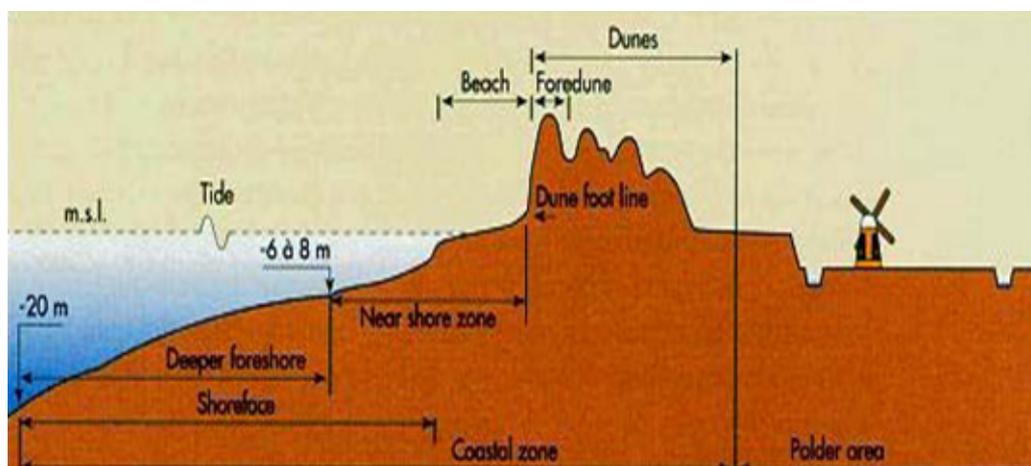


Fig. 2.1.5.2 - Tipica sezione trasversale dell'area costiera protetta da dune lungo la Costa Holland.

L'erosione costiera, che minaccia seriamente la stabilità delle antidune, è prodotta dalle frequenti tempeste provenienti da SO e dalle maree che presentano una pronunciata escursione, compresa tra 1,40 e 3,80 m, variabile nelle diverse località in base alle differenti caratteristiche dei fondali e che generano forti correnti, dando origine ad un consistente trasporto solido lungoriva.

Ogni anno circa 12 milioni di m³ di sabbia vengono trasferiti dal Mare del Nord al Mare di Wadden risalendo la costa in direzione SO-NE.

L'elevata densità della popolazione presente nelle aree metropolitane a ridosso della costa e la scarsa disponibilità di suolo, molto del quale è stato sottratto a fatica dal mare, rendono necessari e continui gli interventi dell'uomo (prevalentemente ripascimenti delle spiagge) finalizzati a garantire la conservazione dei sistemi di dune.



Fig. 2.1.5.3 - Direzione del trasporto solido lungoriva.

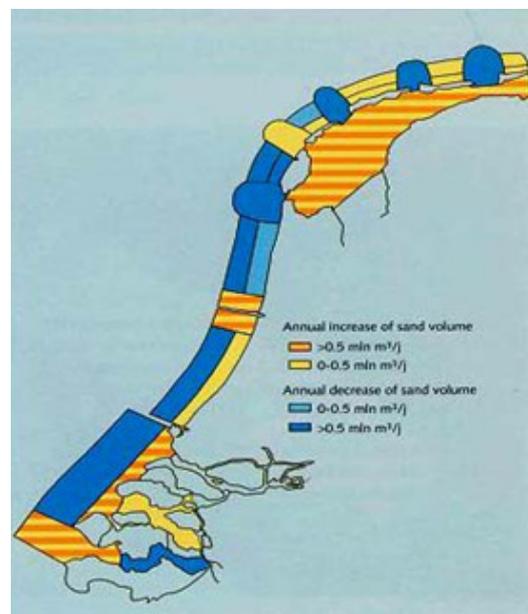


Fig. 2.1.5.4 - Variazioni medie annue del volume di sabbia lungo l'intera costa.

2.1.6 REGNO UNITO - SUSSEX COUNTRY

La contea di Sussex si affaccia sul versante più settentrionale del Canale della Manica lungo la direzione Est-Ovest. La costa si estende per 150 km ed è costituita da bianche scogliere calcaree, alte fino a 160 m s.l.m.m., le quali recano al piede un'ampia piattaforma degradante lentamente verso il mare e si lasciano alle spalle delle vaste aree pianeggianti di origine alluvionale. La piattaforma presenta numerose ed alquanto regolari incisioni, disposte perpendicolarmente alla linea di riva, lungo le quali si incanala il movimento alternato dei ciottoli e dell'arenaria che costituiscono la spiaggia durante le tempeste e le maree. La spiaggia infatti occupa la parte più alta della suddetta piattaforma sino al piede delle scogliere, mentre la parte più bassa della stessa si presenta come un tavolato calcareo ricoperto da una rigogliosa coltre di alghe.



Fig. 2.1.6.1 - La contea di Sussex.

L'intero litorale della contea di Sussex è interessato da notevoli escursioni di marea che si manifestano in misura crescente procedendo da Ovest verso Est, con valore medio di 4,7 m. Anche le correnti di marea da esse indotte sono crescenti lungo la stessa direzione.

I venti e gli attacchi ondosi provenienti da SO-O presentano contemporaneamente carattere di massima frequenza ed intensità e governano il trasporto solido sottocosta, mentre quello al largo è dominato prevalentemente dalle correnti di marea. Il trasporto solido lungoriva si svolge conseguentemente in direzione O-E, come denota l'accumulo di sedimento più grossolano sui versanti ad Ovest delle numerose opere di difesa trasversali costruite dall'uomo (moli, pennelli) e la presenza di sedimento più fine che riesce a raggiungere i tratti di costa posti ad Est delle stesse.

L'erosione che interessa il suddetto tratto di costa ha avuto inizio circa 10.000 anni fa quando al termine dell'ultima glaciazione il Canale della Manica fu nuovamente invaso dalle acque.

L'arretramento delle scogliere procede in maniera discontinua con localizzati e improvvisi crolli delle pareti, raggiungendo in alcuni tratti una media di 0,6 m all'anno. Un crollo di grande entità si ebbe nel gennaio 1999 a Beachy Head, ove, a causa delle infiltrazioni d'acqua dovute alla persistente pioggia, oltre 200 m di scogliera andarono perduti.

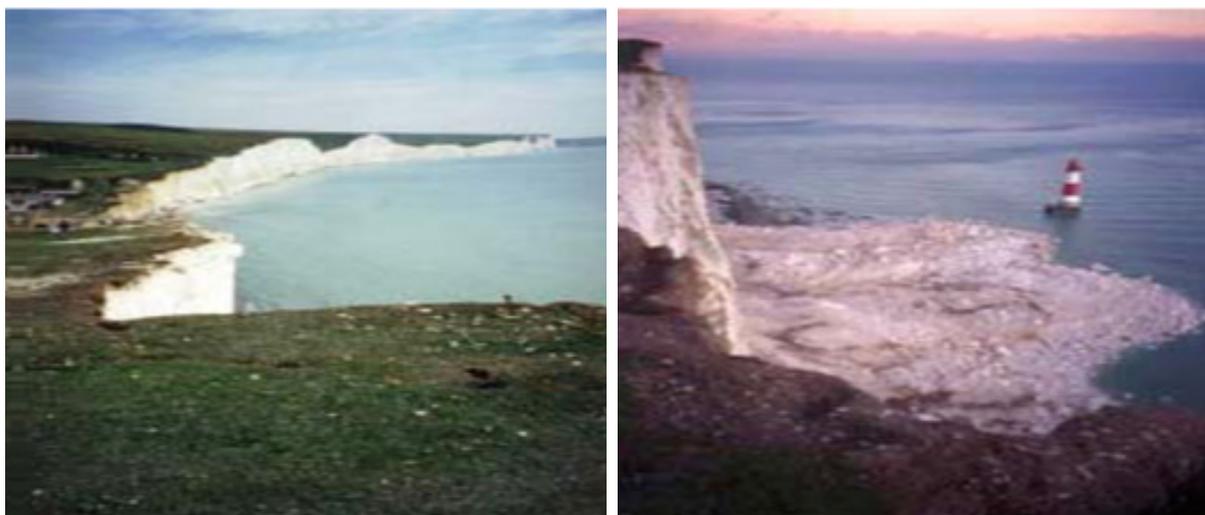


Fig. 2.1.6.2 - Scogliera di Beachy Head prima e dopo il crollo.

I numerosi interventi realizzati lungo la costa hanno accentuato l'erosione delle scogliere, poiché i tentativi di proteggere le aree più vulnerabili all'attacco del mare creano inevitabilmente un deficit di sedimento per le zone contigue poste sottocorrente e comportano la perdita della loro naturale resilienza.

2.1.7 SPAGNA - BAIJA DI ZURRIOLA

La spiaggia di Gross, all'interno della piccola baia di Zurriola, si trova sulla costa cantabrica a Nord della penisola Iberica, a 20 km dal confine con la Francia. Situata sulla sponda ad Est dell'estuario del fiume Urumea è una delle tre spiagge della città di S. Sebastian. La costa cantabrica è caratterizzata, per quasi tutta la sua estensione, dalla presenza di rocce a strapiombo sul mare.



Fig. 2.1.7.1 - La spiaggia di Gross.



Fig. 2.1.7.2 - Spiaggia di Gross nel 1947 e nel 1998. I punti contrassegnati consentono di valutare l'espansione dell'area edificata in tale lasso di tempo.

La spiaggia di Gross, lunga 800 m e larga 110, è costituita da un substrato sabbioso poco declive di origine fluviale, supportato da un basamento roccioso a maggiore pendenza formato dall'incontro dei due massicci montuosi che intercludono la baia: Mompàs Point ad Est e Mount Igueldo ad Ovest. Il fondale antistante ha batimetria regolare e parallela alla linea di riva, mentre a

monte della spiaggia vi sono i residui di un altrettanto regolare ed alto sistema di dune che proteggeva la stessa e l'entroterra dagli attacchi del mare più impetuosi.

Il fiume Urumea, come la maggior parte dei corsi d'acqua che sfociano sulla costa spagnola settentrionale, è piuttosto breve, ha un regime a carattere marcatamente torrentizio e rappresenta la principale fonte di approvvigionamento solido per la spiaggia di Gross. L'accumulo del sedimento da esso stesso trasportato ha formato il tombolo che unisce Mount Urgull alla terraferma.



Fig. 2.1.7.3 - Vedute aeree della spiaggia di Gross e del pennello ad Ovest della stessa.

Il mare cantabrico è un mare aperto ed espone la spiaggia di Gross alle violente tempeste, specialmente durante il mese di Ottobre, ed alle forti correnti provenienti dal quadrante di Nord-

Ovest. Le escursioni di marea, come anche le correnti da queste generate, sono molto rilevanti e raggiungono valori di 4,5 m.

La situazione attuale vede la spiaggia di Gross soggetta ad un preoccupante continuo ritiro, dovuto all'allontanamento di sedimento in direzione perpendicolare alla costa. L'origine di questa evoluzione risale al lontano 1876, anno in cui iniziarono i lavori di costruzione dell'argine sinistro del fiume Urumea per evitare l'accumulo di sedimento in corrispondenza della foce e il conseguente rischio di inondazione delle nuove aree edificate sulle dune a Ovest della spiaggia.

Negli anni compresi tra il 1915 e il 1920, a causa dell'occupazione di aree limitrofe alle suddette e della necessità di garantire la loro protezione, l'argine venne ulteriormente prolungato sino a disporlo quasi parallelamente alla costa.

Tale azione si rivelò dannosa per la spiaggia precludendole la possibilità di essere raggiunta dal trasporto solido già notevolmente ridotto dai diversi interventi di regimazione lungo il corso del fiume Urumea (sistemazione con briglie e traverse).

2.1.8 IRLANDA - ROSSNOWLAGH

Diversamente dall'Europa e dalla Gran Bretagna l'Irlanda ha subito un notevole innalzamento dall'ultima glaciazione come conseguenza dello scioglimento dei ghiacci che ricoprivano l'isola e la parte settentrionale dell'Oceano Atlantico. Attualmente tale processo si è quasi completamente arrestato e prosegue in alcune località costiere del Nord con tassi di sollevamento della crosta terrestre variabili da 0,1 a 0,3 mm all'anno.



Fig. 2.1.8.1 - La baia di Donegal e la spiaggia di Rossnowlagh.

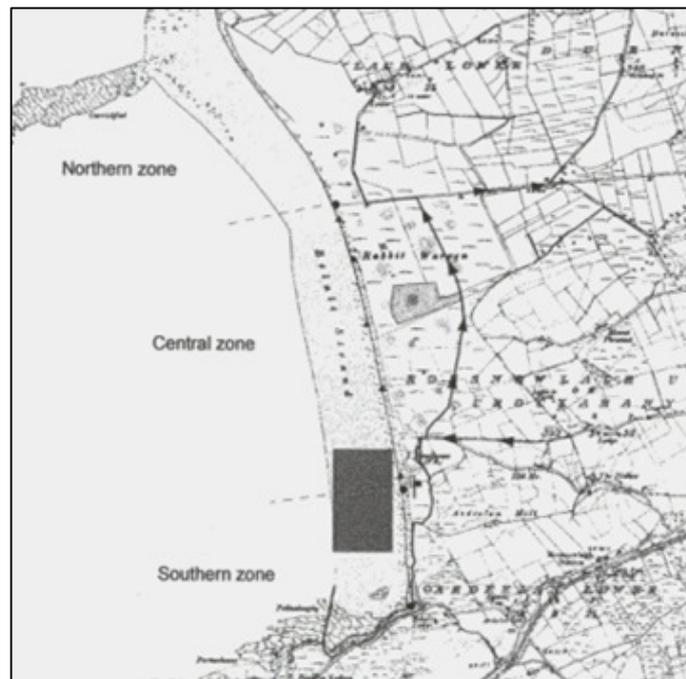


Fig. 2.1.8.2 - Mappa dettagliata della spiaggia di Belalt.

La baia di Donegal, a Sud dell'omonima città, è ubicata sulla costa Nord-Ovest dell'Irlanda. Il versante costiero occidentale irlandese è di tipo molto irregolare e frastagliato, caratterizzato dalla presenza di innumerevoli baie ed estuari racchiusi tra promontori rocciosi.

All'interno della baia di Donegal, ad Est, vi è la località di Rossnowlagh, caratterizzata generalmente da spiagge sabbiose con granulometria fine e ben gradata. Queste presentano un profilo trasversale dissipativo, tipico delle spiagge che sono assoggettate alle forti tempeste ondose provenienti dall'Oceano Atlantico.

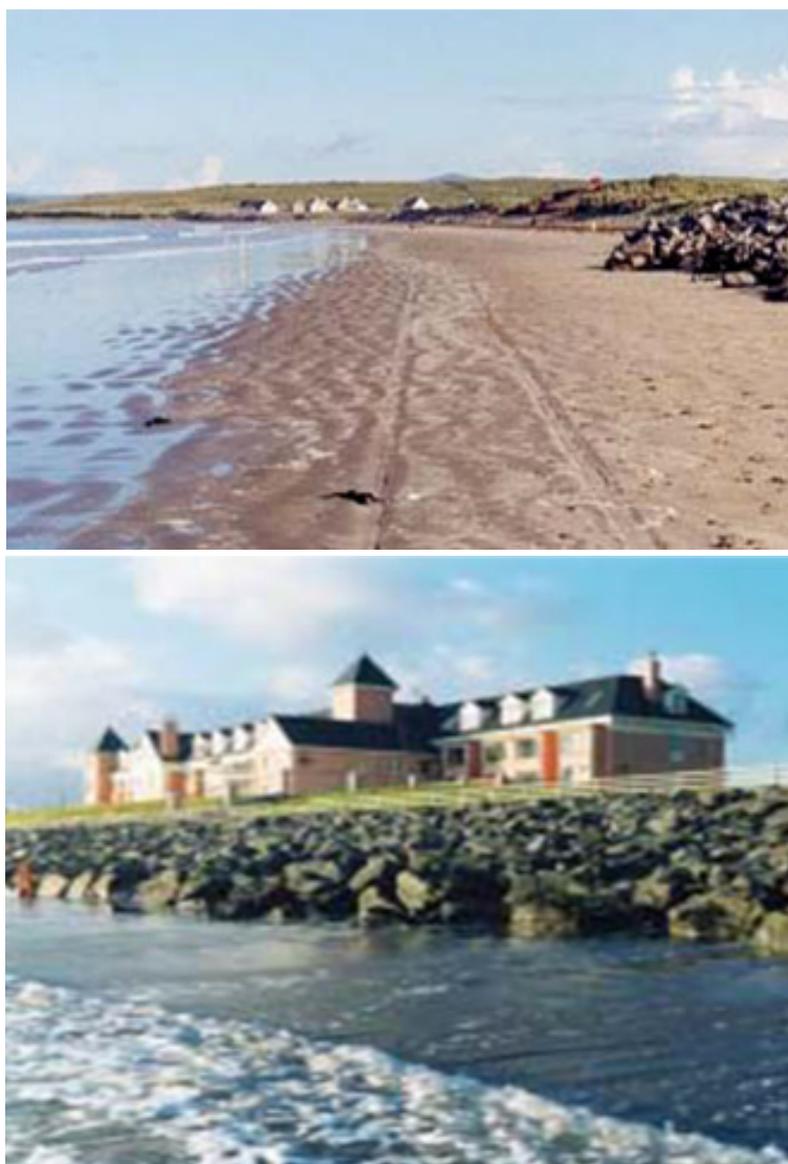


Fig. 2.1.8.3 - Opere di difesa aderenti di tipo discontinuo realizzate sulla spiaggia di Belalt e dinnanzi al Sand House Hotel.

Nella suddetta località la spiaggia sabbiosa di Belalt, lunga 2 km e delimitata a Nord e a Sud da due affioramenti rocciosi, può essere divisa in tre distinti settori in base alle differenti formazioni

presenti nella zona retrostante: la zona nord e la zona sud caratterizzate da cumuli di detriti morenici, la zona centrale da alte dune sabbiose.

Negli ultimi sessant'anni la zona esaminata ha perduto l'equilibrio tra i processi di erosione e di accrescimento che la rendevano stabile, subendo un notevole ritiro del fronte dunose: nella zona centrale al tasso di 0,6 m all'anno; nelle zone estreme di circa 0,1.

I fattori che hanno influito sul processo erosivo sono l'innalzamento del livello del mare, l'accresciuta tempestosità del Nord Atlantico specie nel periodo primaverile in cui l'escursione di marea è massima (4,5 m s.l.m.m.) e lo scarso approvvigionamento di sabbia.

A partire dal 1972 numerosi tratti dunosi sono stati protetti realizzando opere di difesa aderenti di tipo discontinuo, al fine di salvaguardare le costruzioni esistenti.

Tali protezioni hanno prodotto un fronte dunoso molto irregolare che manifesta arretramenti, talvolta superiori a 30 m, in corrispondenza dei tratti non protetti.

2.1.9 PORTOGALLO - VALE DO LOBO

La spiaggia di Vale do Lobo è situata nella Regione Quarteira all'estremità Sud della costa portoghese che si affaccia sull'Oceano Atlantico.



Fig. 2.1.9.1 - La costa portoghese.



Fig. 2.1.9.2 - Scogliere e spiaggia di Vale do Lobo.

La costa, lunga 5 km, è costituita da formazioni rocciose alte e molto fratturate con una stretta spiaggia sabbiosa sottostante che funge da protezione contro il frangimento diretto delle

onde durante le violente mareggiate invernali. Le rocce retrostanti la spiaggia sono formazioni verticali di sabbia rossa risalenti al periodo plio-pleistocenico.

La giacitura Ovest-Est della costa la rende direttamente esposta al clima ondoso proveniente dai quadranti O-SO che genera forti correnti al cospetto delle quali sono del tutto trascurabili quelle prodotte dai venti e dalle escursioni di marea. Il trasporto solido, indotto dal frangimento delle onde, è prevalente lungoriva e si svolge in direzione Ovest-Est.

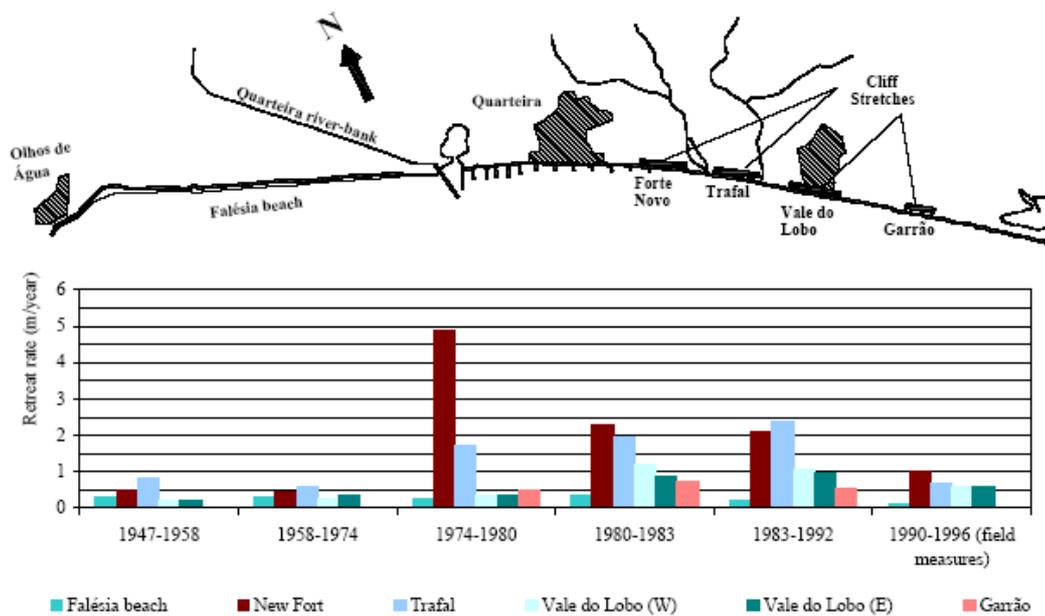


Fig. 2.1.9.3 - Arretramento percentuale medio annuo delle scogliere lungo la costa della Regione Quarteira.



Fig. 2.1.9.4 - Esempi di aree soggette all'erosione lungo la spiaggia di Vale do Lobo.

Il processo di erosione attualmente in atto, iniziato nel 1974, si manifesta con la drastica riduzione delle spiagge e l'arretramento delle scogliere retrostanti interessando molte delle località balneari vicine a Vale do Lobo. A tale anno risale la costruzione di una serie di pennelli nel tratto di

costa compreso tra la città di Quarteira e l'omonimo fiume che ha soppresso bruscamente il trasporto solido lungoriva che si svolgeva verso le spiagge sottocorrente.



Fig. 2.1.9.5 - Capitali a rischio dislocati nelle aree attaccate dall'erosione.



Fig. 2.1.9.6 - Operazioni di ripascimento effettuato mediante dragaggio.

Nel periodo compreso tra il 1980 e il 1983, l'erosione galoppante, che procedeva alla impressionante velocità di 0,6-0,7 m/anno, minacciava in maniera più diretta il tratto di costa antistante Vale do Lobo al punto tale da rendere necessario l'intervento dell'uomo per realizzare numerose opere in difesa della stessa.

Ulteriore causa che ha contribuito e contribuisce tutt'ora ad aggravare il processo erosivo precedentemente descritto è l'ubicazione di estesi campi da golf sulla sommità delle scogliere di Vale do Lobo. La notevole e continua richiesta d'acqua necessaria per garantire l'efficienza del manto erboso dei campi produce la saturazione del terreno sottostante, aumentando la probabilità di smottamenti o di crolli delle alte pareti sulla spiaggia sottostante.

L'accresciuta presenza di capitali a rischio nelle aree interessate dalle suddette dinamiche costiere ha reso continui gli interventi, soprattutto di ripascimento, per contrastare la tendenza in corso del ritiro delle spiagge.

3 L'EROSIONE COSTIERA IN ITALIA

3.1 PRINCIPALI STUDI ESEGUITI

Dagli anni cinquanta anche lungo le coste italiane, e in Puglia lungo i suoi circa novecento chilometri di costa, si sono manifestati in modo palese locali e diffusi fenomeni di erosione delle coste sabbiose, sia come trend naturale sia come fenomeno indotto dalla pressione d'uso della fascia costiera.

Erosioni locali, e in alcuni casi anche diffusi, erano stati già evidenziati nei decenni precedenti, però non erano stati effettuati studi organici, poiché non si era ancora sviluppata una "sensibilità" al problema che investiva importanti aspetti sociali, economici e ambientali.

Ciò si è avuto man mano che sulla fascia costiera si sono incrementate l'urbanizzazione, le attività commerciali ed industriali e la fruizione turistica. Oggi in Italia il 60% della popolazione vive nella fascia costiera e le grandi città costiere rappresentano circa il 24% della popolazione.

Dal punto di vista legislativo il primo richiamo alle "opere e lavori di costruzione e di manutenzione dei porti, dei fari e delle spiagge marittime" è fatto nella Legge fondamentale sui Lavori Pubblici del 20 marzo 1865, n. 2248.

Però, solo con la legge n. 542 del 14 luglio 1907 si stabiliscono i principi fondamentali delle opere di difesa spiagge (viene stabilito che per opere di difesa delle spiagge si intendono pennelli di imbonimento, dighe di protezione "ed ogni altra opera che abbia lo scopo di arrestare il processo di corrosione"; alla esecuzione di tale opere si provvede soltanto su domanda del Comune interessato ed a cura dello Stato, quando "si tratti di difendere gli abitati dalle corrosioni prodotte dal mare"; - la spesa è per 3/4 a carico dello Stato ed 1/4 a carico del Comune interessato il quale può a sua volta cointeressare, per non oltre 1/3 della propria quota (1/12 del totale), i privati "direttamente beneficiati dalle opere eseguite"; - la manutenzione delle opere "è obbligatoria e posta ad esclusivo carico del Comune".) (Di Natale M. ed altri).

La legge era la conseguenza di fenomeni erosivi che negli ultimi decenni del 1800 si erano innescati su alcuni tratti di litorale italiano, quale ad esempio quello di Marina di Pisa, dove a causa dell'erosione prodottasi alla foce dell'Arno erano a rischio le abitazioni realizzate sul litorale adiacente. Come si nota la legge prevedeva di "difendere gli abitati dalla corrosione dal mare" e non le spiagge. Furono così posti in opera svariati tipi di manufatti con lo scopo di proteggere gli insediamenti (Fierro G.).

I primi studi organici relativi ai problemi della dinamica e, quindi, dell'erosione costiera sono quelli effettuati nell'ambito dei lavori della Commissione Interministeriale per lo Studio della Sistemazione Idraulica e della Difesa del Suolo, nota come "Commissione De Marchi", dal nome del prof. Giulio De Marchi che la presiedeva. La stessa fu istituita dopo tanti anni di dibattiti

parlamentari per dare una risposta alla difesa del suolo a seguito di eventi catastrofici, quale l'alluvione del Polesine del 1951 e quello di Firenze del 1966, era ben conscia delle difficoltà di coniugare la difesa dei territori dalle inondazioni con la difesa dei litorali sabbiosi.

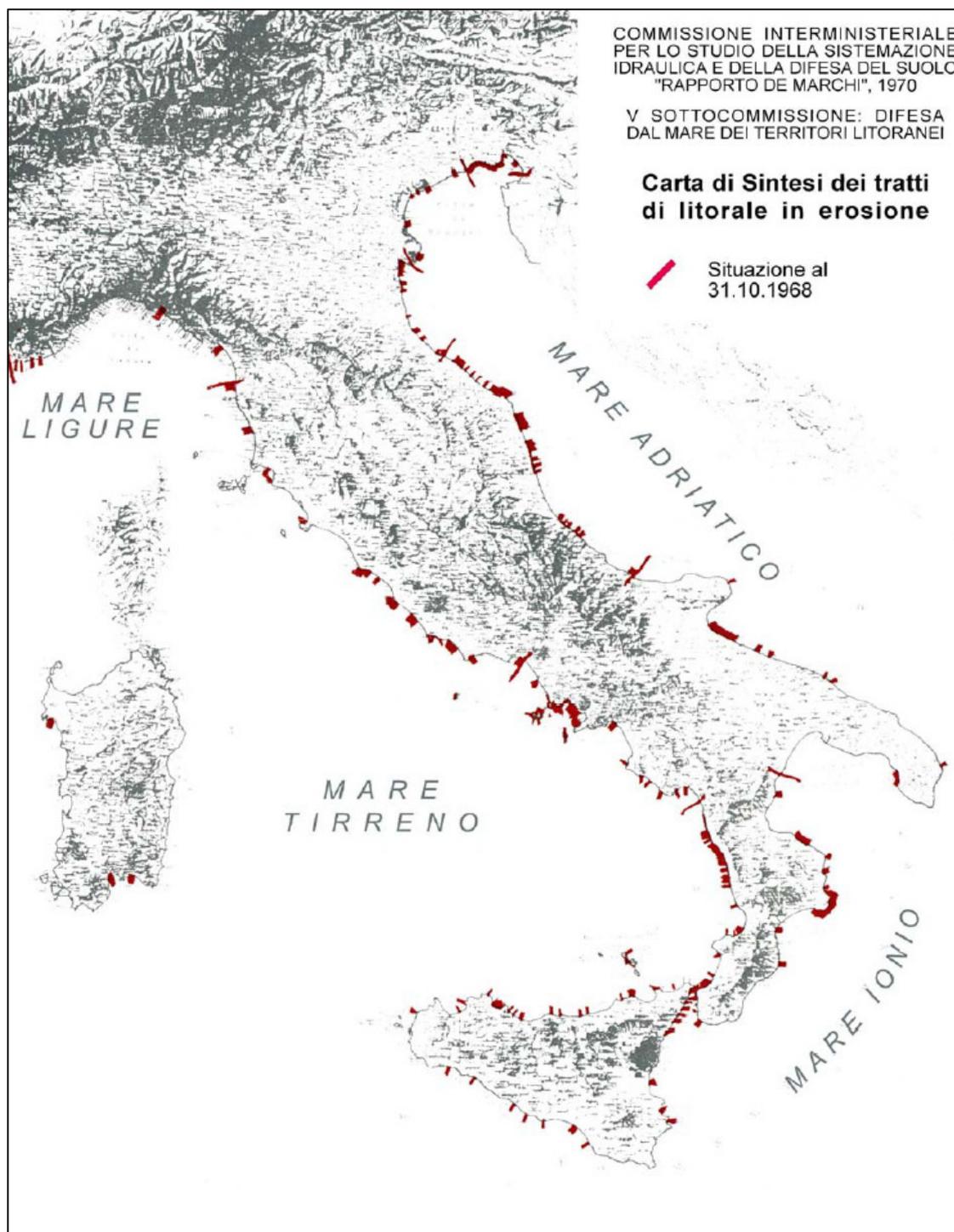


Fig. 3.1.1 - Carta di sintesi dei tratti di litorale in erosione della C.I.S.S.I.D.S.. Situazione al 31.10.68.

Infatti nell'ambito della Commissione la V^a Sottocommissione, presieduta dal prof. Guido Ferro, operò sul tema "Difesa dal Mare dei Territori Litoranei". I lavori della Commissione furono la base di partenza della prima Legge nazionale organica sulla Difesa del Suolo, Legge del 18 maggio 1989, n. 183.

I lavori della Sottocommissione, con il supporto degli uffici del Genio Civile per le Opere Marittime, portarono alla produzione di 39 Fogli, in scala 1:250.000, ricavati dalle carte nautiche dell'Istituto Idrografico della Marina, che coprivano l'intero territorio nazionale e riportavano lo stato del fenomeno erosivi e delle opere a mare al 1968 - 1969. Dall'indagine condotta risultò che i processi erosivi interessavano la maggior parte delle foci dei fiumi italiani e vasti tratti della fascia costiera.

Questa tendenza generalizzata era imputabile principalmente alle sistemazioni idrauliche forestali delle aree interne dei bacini idrografici italiani (rimboschimenti e sistemazioni idrauliche dei corsi d'acqua delle aree interne prealpine e collinari degli appennini, lavori avviati su larga scala alla fine della seconda guerra mondiale, anche per far fronte alla grande disoccupazione di massa esistente a quei tempi). Queste azioni furono avviate dopo tanti decenni di indiscriminato disboscamento delle aree interne per produrre legname, per far fronte alla forte domanda proveniente dall'industrializzazione del paese.

Questi disboscamenti avevano favorito la formazione di ampie foce fluviali e litorali sabbiosi. Accanto a questa causa e da evidenziare l'effetto negativo sulla stabilità dei litorali sabbiosi delle regimazioni dei corsi d'acqua (effettuati sia per la difesa idraulica del territorio che per l'accumulo di acqua per la produzione di energia elettrica e per l'approvvigionamento di risorsa idrica per uso idropotabili, irriguo e industriale), alla bonifica di vaste aree costiere e alla infrastrutturazione delle stesse aree con urbanizzazione, viabilità e opere portuali e alla estrazione di inerti dagli alvei dei fiumi.

Nell'ambito dei lavori della Commissione fu redatta, tra l'altro, una carta di sintesi dei tratti costieri in erosione, figura 3.1.1, e fu stimato che la lunghezza dei litorali in arretramento per i quali si rendevano necessari interventi di difesa erano pari a 600 km (C.I.S.S.I.D.S., 1970).

Analisi successive a livello nazionale fotografano la situazione a distanza di 15-30 anni e ad una scala di dettaglio maggiore. In particolare l'Atlante delle Spiagge Italiane Italiane (lavoro prodotto nell'ambito di Progetti del C.N.R. e del M.U.R.S.T. coordinati dal prof. Giuliano Fierro) è formato da 108 Fogli in scala 1:100.000 in cui sono sintetizzate le ricerche finanziate dal C.N.R. e dal M.U.R.S.T. nel periodo 1985 - 1997.

Nella figura 3.1.2 è riportato il quadro di unione dei fogli dell'Atlante con l'indicazione del periodo a cui risalgono i dati [Fierro G., 1999].

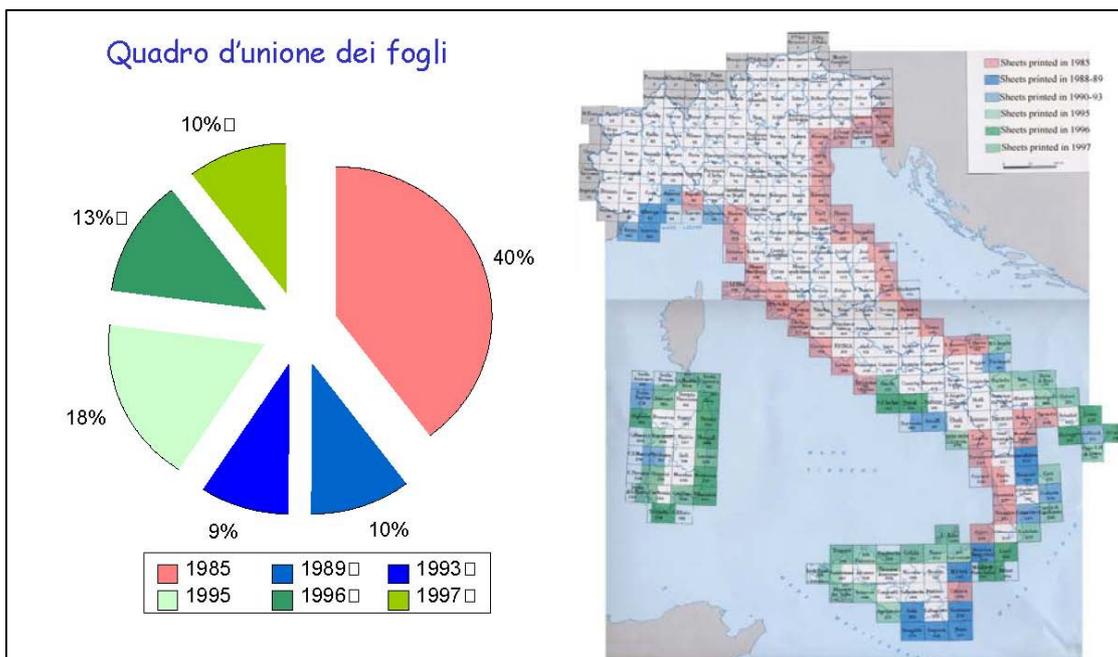


Fig. 3.1.2 - Quadro d'unione dei fogli dell'Atlante e periodo di riferimento della loro realizzazione.

Dai fogli dell'Atlante risultava evidente che il processo di arretramento dei litorali, trattato in termini di tendenza evolutiva a medio periodo, si era aggravato, figura 3.1.3, rispetto allo studio precedente, nonostante la realizzazione di numero opere di difesa. Tutto ciò era avvenuto nonostante la realizzazione di un cospicuo numero opere di difesa (questo aspetto era stato analizzato nell'ambito di un altro progetto CNR, che aveva portato alla redazione delle prime raccomandazioni tecniche italiane per la protezione delle coste (Cortemiglia G. C., ed altri 1981)).

Nella tabella di figura 3.1.4 sono riportati i dati estratti dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Roma "La Sapienza" dall'Atlante delle Spiagge Italiane e presentati nella "Relazione sullo stato dell'ambiente del Ministero dell'Ambiente - 1992"; da essa si osserva che la lunghezza delle spiagge in erosione al 1992 era di 1.039 km, quasi il doppio dei 600 km, stimati dalla Commissione De Marchi nel 1970.

Nel 2006 la Segreteria Tecnica per la Difesa del Suolo della Direzione Generale per la Difesa del Suolo del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, al fine di avere "un ordine di grandezza delle problematiche sull'arretramento costiero in Italia", ha eseguito un'elaborazione dei dati vettoriali disponibili riferiti alla linea di costa tracciata sulla base delle tavolette IGMI 1:25.000 e alla linea di costa tracciata sulla base delle ortofoto aeree del Volo IT2000, (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 2006).

L'intersezione delle due linee di costa ha isolato poligoni che rappresentano superfici in arretramento o in avanzamento della costa, nonché le superfici dei porti in avanzamento verso il

REGIONE	Opere portuali e banchine		Coste alte		Spiagge								Totale km
					In erosione		In crescita		Stabili		Totale		
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	
Veneto					18	11	20	13	122	76	160	100	160
Friuli Venezia Giulia	29	28	15	14	2	3	2	3	56	94	60	58	104
Liguria	63	18	177	50	47	40	3	3	66	57	116	32	356
Emilia Romagna	2	1			31	20	16	10	108	70	155	99	157
Toscana	14	3	242	51	122	57	22	10	72	33	216	46	472
Marche	4	2	37	22	57	44	7	5	65	51	129	76	170
Lazio	13	5	61	21	117	54	12	6	87	40	216	74	290
Abruzzo	3	2	23	19	48	48	2	2	49	50	99	79	125
Molise	1	3	2	6	26	81			6	19	32	91	35
Campania	16	5	172	49	44	27	5	3	113	70	162	46	350
Puglia	41	5	450	57	89	30	1	0	212	70	302	38	793
Basilicata			19	32	40	98			1	2	41	68	80
Calabria	4	1	125	17	196	32	23	4	394	64	613	82	742
Sicilia	37	4	436	41	140	24	36	6	401	70	577	55	1050
Sardegna	12	1	960	71	62	17	17	4	295	79	374	28	1346
Tirreno	125	4	1883	53	585	39	79	5	856	56	1520	43	3528
Adriatico	63	5	353	28	242	28	48	6	555	66	845	67	1261
Ionio	51	4	483	34	212	24	39	4	636	72	887	62	1421
ITALIA	239	4	2719	44	1039	32(*)	166	5	2047	63(*)	3252	52	6210(**)

NOTE: (*) al valore relativo alle spiagge in erosione occorre aggiungere un ulteriore 10% (oltre 300 km), per quei litorali che sono stati resi stabili mediante opere di protezione. Pertanto le spiagge 'naturalmente' stabili costituiscono poco più del 50% del totale.
 (***) compresa l'isola d'Elba; escluse le isole minori, i cui litorali hanno uno sviluppo di circa 1290 km.

Fig. 3.1.4 - Quadro dello stato dei litorali italiani suddivisi in regioni amministrative e geografiche, "Relazione sullo stato dell'ambiente del Ministero dell'Ambiente - 1992". Dati Atlante delle Spiagge Italiane.

Nella figura 3.1.5 è riportata la variazione della linea di costa italiana dal 1960 al 2000, valutata con la procedura innanzi esposta. E' da tener presente che le tavolette IGMI impiegate per lo studio sono state redatte in periodi diversi, nel caso della Puglia, ad esempio, le carte sono state pubblicate in un periodo compreso tra il 1947 (parte sud della regione) ed il 1956 (parte nord della regione). Le ortofoto IT2000 utilizzate per il confronto sono state prodotte sulla base delle riprese aeree eseguite tra il maggio 1998 e il mese di ottobre 1999 dalla Compagnia Generale Riprese aeree. Lo studio condotto, quindi, copre un arco temporale variabile dal 1950 al 2000, ossia 40 - 50 anni.

La sintesi regionale è riportata nelle tabelle 1 e 2 di figura 3.1.6 in cui si evidenziano gli ordini di grandezza dei fenomeni di arretramento e avanzamento della linea di costa e lo sviluppo dei principali porti aggettanti in mare.



Fig. 3.1.5 - Variazione della linea di costa italiana dal 1960 al 2000.

tab. 1 - ANALISI DELLA COSTA DELL'ITALIA PENINSULARE, SICILIA E SARDEGNA
analisi delle superfici

regione	superficie di costa (kmq)				
	avanzamento	arretramento	bilancio	n. porti	porti
ABRUZZO	1,8	-1,6	0,3	5	0,5
BASILICATA	1,8	-1,5	0,3	1	0,0
CALABRIA	8,4	-12,0	-3,6	15	3,4
CAMPANIA	2,6	-3,7	-1,1	18	1,7
EMILIA ROMAGNA	5,8	-9,5	-3,7	5	0,5
FRIULI VENEZIA G	1,1	-0,8	0,3	1	0,7
LAZIO	4,8	-3,2	1,6	11	1,4
LIGURIA	3,1	-2,2	0,9	16	7,6
MARCHE	2,0	-3,4	-1,4	8	1,1
MOLISE	0,6	-1,2	-0,6	2	0,1
PUGLIA	5,3	-5,4	-0,1	22	3,9
SARDEGNA	1,0	-1,3	-0,2	16	1,8
SICILIA	7,4	-13,0	-5,6	43	3,7
TOSCANA	5,2	-5,6	-0,4	15	1,8
VENETO	4,6	-5,6	-1,0	1	0,3
Totale complessivo	55,6	-70,0	-14,4	179	28,5

(sono escluse le variazioni sul delta del F. Po per +2,5 e -25,3 kmq - STDS, marzo 2006)

tab. 2 - ANALISI DELLA COSTA DELL'ITALIA PENINSULARE, SICILIA E SARDEGNA
analisi dei tratti lineari

regione	linea di costa (km)				
	avanzamento	arretramento	totale costa	avanzamento %	arretramento %
ABRUZZO	55,1	45,2	138,7	40%	33%
BASILICATA	26,8	19,2	65,3	41%	29%
CALABRIA	222,4	310,6	726,4	31%	43%
CAMPANIA	86,3	97,2	420,5	21%	23%
EMILIA ROMAGNA	63,4	62,9	153,3	41%	41%
FRIULI VENEZIA G	26,9	25,5	154,6	17%	17%
LAZIO	134,5	84,9	308,8	44%	27%
LIGURIA	109,8	76,0	406,5	27%	19%
MARCHE	64,9	72,6	189,6	34%	38%
MOLISE	13,8	14,3	37,9	37%	38%
PUGLIA	199,2	199,6	881,2	23%	23%
SARDEGNA	61,2	74,8	1530,4	4%	5%
SICILIA	231,8	373,2	1181,1	20%	32%
TOSCANA	105,5	94,3	367,5	29%	26%
VENETO	67,9	46,2	172,3	39%	27%
Totale complessivo	1469,5	1596,7	6734,2	22%	24%

(sono escluse le variazioni sul delta del F. Po per +6,3 e -32,3 km - STDS, marzo 2006)

Fig. 3.1.6 - Ordini di grandezza dei fenomeni di arretramento e avanzamento della linea di costa italiana.

Nello studio, tuttavia, non è stata operata nessuna distinzione fra le diverse tipologie di costa bassa, il che non rende possibile un confronto puntuale con l'Atlante delle Spiagge italiane.

Secondo questo studio nell'arco temporale tra il 1950 al 2000, le coste basse in arretramento hanno una lunghezza di 1597 km, mentre quelle in avanzamento 1470 km. Questo ultimo dato, peraltro molto maggiore di quello indicato nello studio dell'Atlante, è molto discutibile; esso, infatti potrebbe includere i numerosi tratti in cui negli anni si sono effettuati riempimenti di tratti di costa.

Recentemente l'APAT ha eseguito uno studio della fascia costiera italiana che, tra i tanti aspetti, ha analizzato l'evoluzione dei tratti di costa bassa sabbiosi. Il lavoro è stato eseguito in ambiente GIS ed ha portato alla creazione del SIGC (Sistema Informatico Geografico Costiero). Lo studio è in fase di pubblicazione, però informazioni sono state fornite cortesemente dall'APAT e altre sono desumibili dal sito dello stesso ente e da un lavoro di presentazione [Barbano A., ed altri, 2006].

Nello studio "la linea di costa (intesa come confine ultimo tra terre emerse e mare) è stata ricavata, come per il Ministero dell'Ambiente, dalle ortofoto digitali a colori (volo IT2000) e dalle tavolette IGM in scala 1:25.000; essa è stata acquisita con continuità anche in presenza di manufatti (opere di difesa e portuali, moli ecc.), che da essa si dipartono, ne fanno parte integrante e con cui la stessa mantiene consistenza tipologica. In corrispondenza delle foci dei corsi d'acqua la linea di costa è stata raccordata agli estremi delle sponde mediante un tratto fittizio. La linea di costa *digitalizzata* è stata poi classificata in: *naturale*; *artificiale* (in corrispondenza dei manufatti ed opere marittime) e *fittizia*, in corrispondenza delle foci dei fiumi, per il tratto che raccorda gli estremi delle sponde del corso e di alcune tipologie di opere marittime e di difesa. Per i tratti di costa naturali sono stati individuati i tratti di costa alta e di costa bassa". Questa classificazione è importante specie, quando si vogliono fare dei confronti delle tendenze per alcune tipologie di costa.

Nella figura 3.1.7 sono riportate le lunghezze dei tratti di costa, secondo la classificazione fatta dall'APAT, per l'intero territorio nazionale, mentre nella figura 3.1.8 le lunghezze delle coste alte e basse su base regionale.

E' da evidenziare che la procedura adottata per determinare la lunghezza della linea di costa, *digitalizzazione* di cartografie o ortofoto, introduce degli errori legati sia alla scala e/o precisione dei documenti di partenza che dall'operatore che *digitalizza* le stesse. Questi errori sono di difficile quantizzazione. Un altro aspetto da considerare è che con la *digitalizzazione*, in generale, si riescono ad individuare, e quindi valutare, molti dettagli della sinuosità della costa, perciò le lunghezze sono sempre maggiori di quelle determinate con i tradizionali metodi cartografici (MANDELBROT B., 1967).

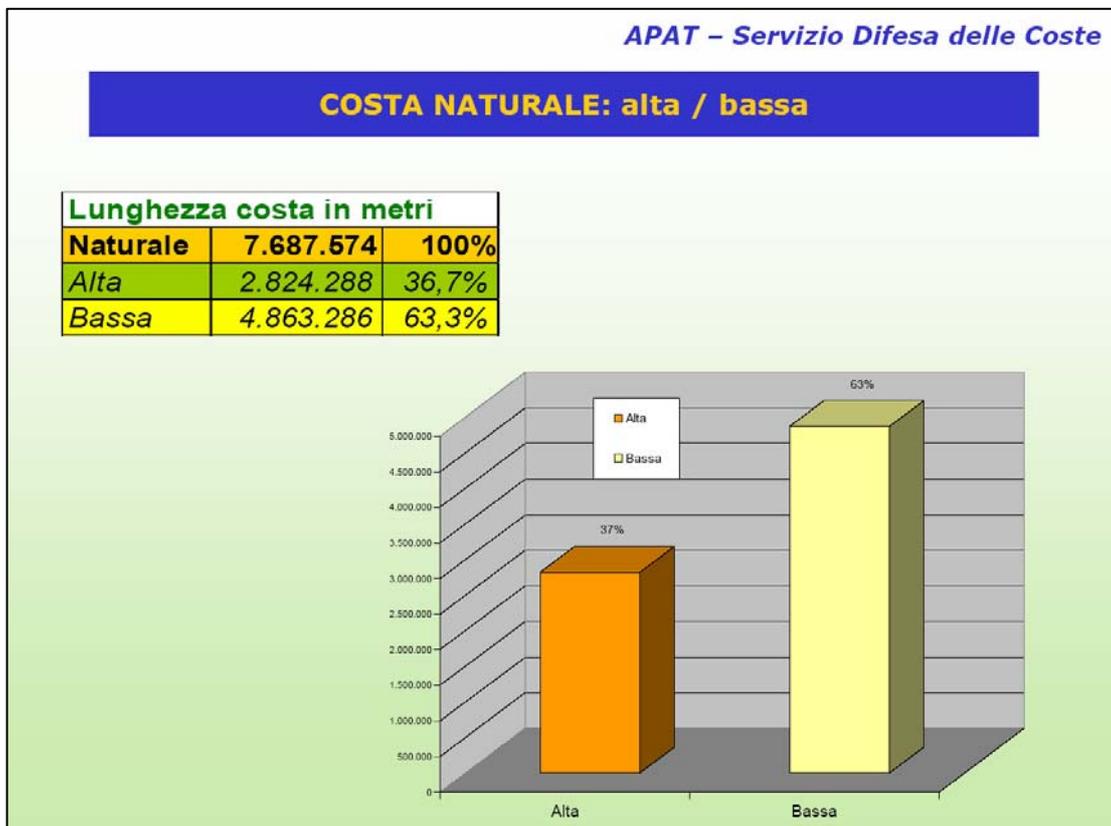
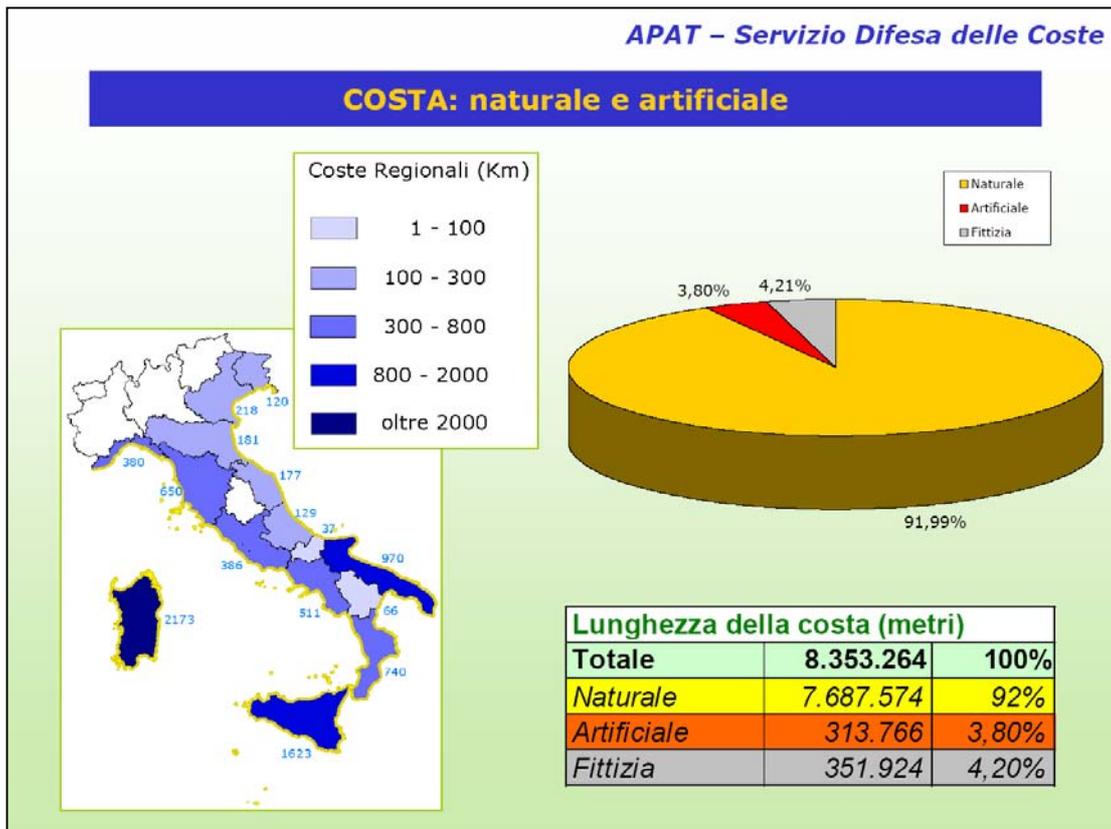


Fig. 3.1.7 - Le lunghezze dei tratti di costa per l'intero territorio nazionale.

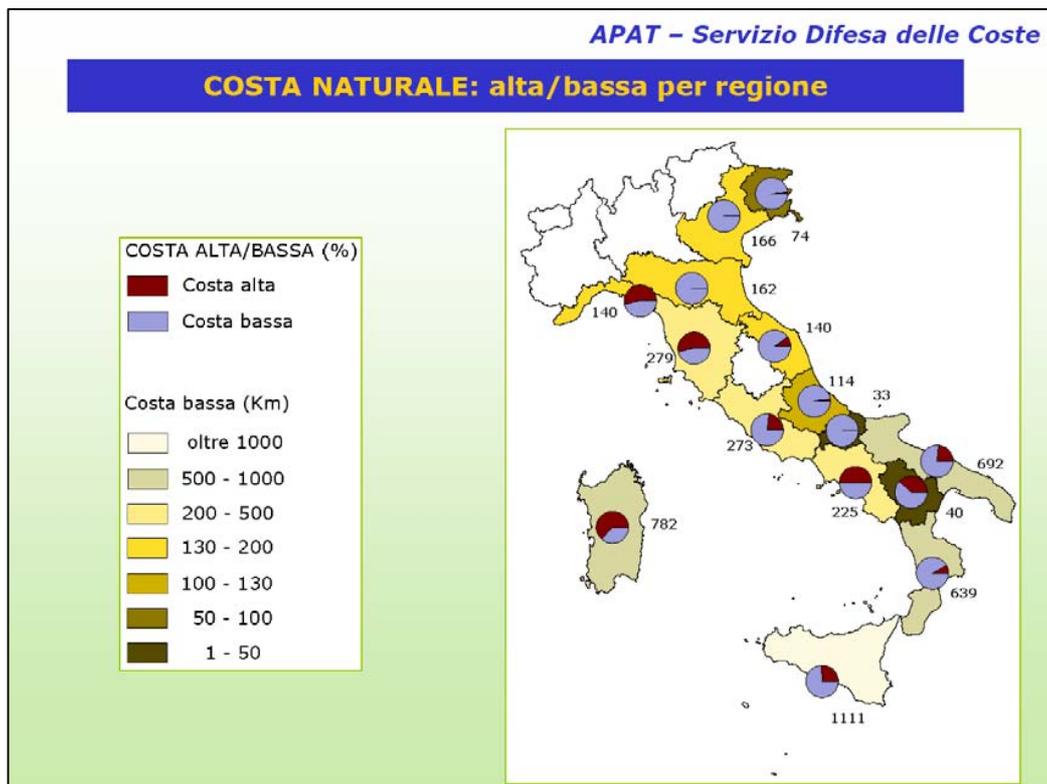


Fig. 3.1.8 - Le lunghezze dei tratti di costa su base regionale.

Dall'Atlante delle Spiagge Italiane risulta che le coste basse e alte sono rispettivamente 3.252 km e 2719 km, mentre dallo studio dell'APAT risultano molto maggiori, 4863 km e 2824 km rispettivamente, e questi dati confermano quanto detto innanzi.

Nello studio dell'APAT l'analisi delle variazioni della linea di costa è stata effettuata con una procedura simile al lavoro del Ministero dell'Ambiente, mediante confronto della linea di costa di riferimento (estratta dalla cartografia IGM in scala 1:25.000) e la linea di costa digitalizzata (estratta dalle ortofoto digitali a colori del Volo IT2000, risoluzione spaziale 1 m). Il confronto ha consentito la suddivisione della linea di riva ricavata dalle ortofoto in più tratti contigui classificati in base alle modifiche (avanzamento, arretramento, stabilità) rispetto alla linea di costa IGM di riferimento. Ciò ha permesso di valutare le modifiche spaziali e temporali dei litorali italiani. L'analisi delle variazioni della linea di riva è stata effettuata mediante elaborazione di due fasce di interesse (buffer) ampie 5 e 30 m e sub-parallele alla linea di costa di riferimento ricavate dai mosaici IGM. I tratti di costa digitalizzati dalle ortofoto, per sovrapposizione, bufferizzazione ed analisi spaziali, sono stati identificati come modificati (avanzati/arretrati) solo se comprendevano almeno un punto avente distanza dalla linea di costa di riferimento uguale o superiore a 30 m, mentre tutti gli altri tratti sono stati definiti stabili" (Barbano A., ed altri, 2006).

Nella tabella di figura 3.1.9 sono riportati i dati di sintesi dello studio sull'evoluzione delle coste basse negli ultimi 40 - 50 anni.

Analisi estesa alle coste basse		
	Lunghezza	
	[m]	[%]
Coste	4.863.285	100,0
Stabili	2.387.415	49,1
Modificate	2.227.431	45,8
Non definito*	248.439	5,1
Coste modificate		
Arretramento	1.169.823	24,1
Avanzamento	1.057.608	21,7

Fig. 3.1.9 - Analisi delle variazioni delle coste basse (APAT 2006).

Prima di tentare di dare un'interpretazione dei risultati di "Arretramento" o "Avanzamento" degli studi innanzi richiamati è opportuno fare ulteriori considerazioni sui dati di partenza e sulle procedure adottate per ottenerli.

Il confronto dei dati della tabella 2 in figura 3.1.6 con quelli della tabella in figura 3.1.9 evidenzia che i due studi, pur avendo la stessa base di dati di partenza, presentano differenze non trascurabili, giustificate però dal fatto che nello studio del Ministero dell'Ambiente (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio, 2006) i singoli tratti in "Arretramento" o in "Avanzamento" sono stati determinati trascurando i poligoni con larghezza inferiore 10 m, mentre quelli trovati dall'APAT (Barbano A., ed altri, 2006), sono stati ottenuti allargando il range da 10 a 30 m.

Queste scelte di elaborazione giustificano il fatto che lo studio del Ministero dell'Ambiente trova valori maggiori, sia per i tratti in "Arretramento" che in "Avanzamento", di quelli dell'APAT.

Per quanto riguarda il calcolo delle *percentuali* di "Arretramento" o "Avanzamento" è importante definire la lunghezza di riferimento. Nel confronto fra i risultati dei due studi innanzi richiamati, i cui dati sono stati ricavati con la stessa procedura, è opportuno far riferimento alla lunghezza delle coste basse definite dall'APAT e valutata in 4.863 km. Con tale assunzione la percentuale di coste basse in Arretramento risulterebbe del 33% per lo studio del Ministero dell'Ambiente e del 24% per lo studio dell'APAT, mentre la percentuale per le coste in

Avanzamento 30% per lo studio del Ministero dell'Ambiente e del 22% per lo studio dell'APAT. Le differenze tra le percentuali sono coerenti con le diverse procedure di calcolo adottate.

Per ricavare delle indicazioni qualitative sulla evoluzione dell'erosione delle coste sabbiose in Italia, di seguito si analizzeranno i dati derivanti dai lavori della "Commissione De Marchi", "Dell'Atlante delle Spiagge Italiane" e "dell'APAT" prendendo come lunghezze di riferimento per il calcolo delle variazioni quelle indicate in quest'ultimo studio.

Nel grafico di figura 3.1.10 è riportata la percentuale delle coste sabbiose in erosione, riferite alla lunghezza totale come innanzi definita, nel periodo 1960 - 1970, ricavato dalle indicazioni degli studi della "Commissione De Marchi", nel periodo 1960 - 1997, ricavato dalle indicazioni degli studi "dell'Atlante delle Spiagge Italiane", e nel periodo nel periodo 1960 - 2000, ricavato dalle indicazioni degli studi "dell'APAT".

Dalla figura si nota che nel periodo 1960 - 1970 la percentuale delle coste sabbiose in erosione era dell'ordine del 12%, nel periodo 1960 - 1997 del 21% e nel periodo 1960 - 2000 del 24%. Questi dati sono in accordo con la correlazione tra azioni antropiche e arretramento delle spiagge sabbiose; infatti, in generale in Italia, la gran parte delle opere che esercitano un impatto consistente sulla dinamica costiera sono state realizzate nei primi due decenni del dopoguerra.

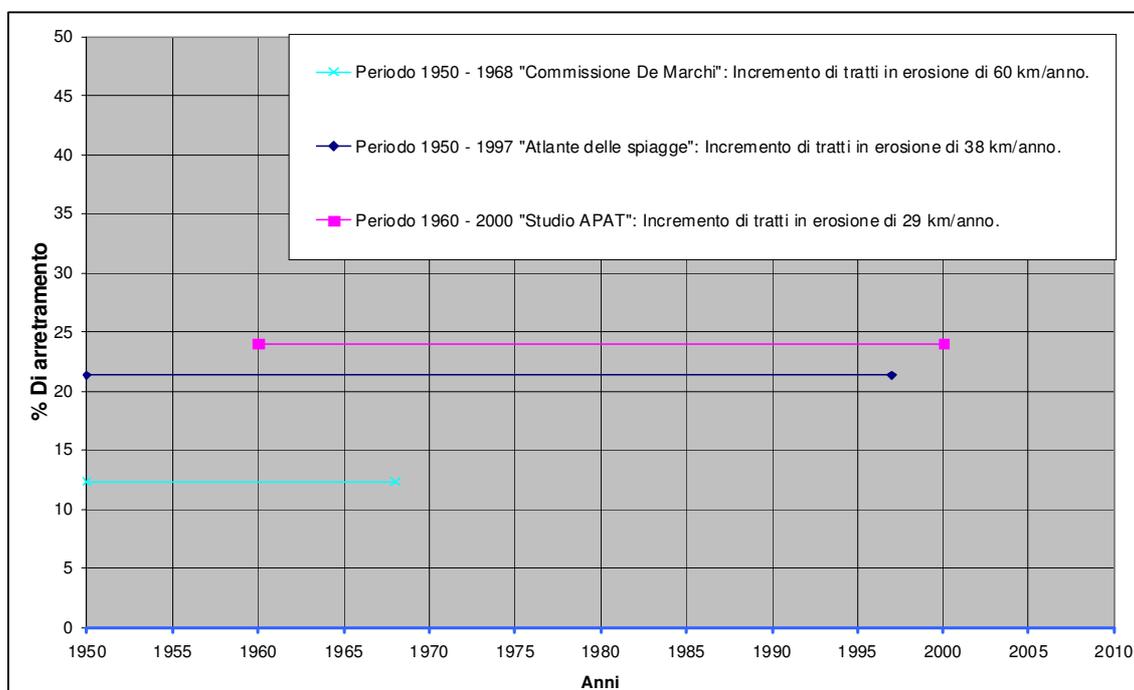


Fig. 3.1.10 - Evoluzione della lunghezza delle coste basse sabbiose in erosione nei diversi studi.

3.2 ALCUNE LOCALITA' ITALIANE INTERESSATE DA EROSIONE ESAMINATE NEL PROGETTO EUROSION

Per meglio comprendere l'incidenza del fenomeno dell'erosione sui litorali e per evidenziare che cosa è stato già fatto e cosa si potrà fare in futuro per arginarlo, si è ritenuto opportuno focalizzare l'attenzione su alcune località scelte come elemento di riferimento.



1. Sicilia - Giardini Naxos
2. Isola di Procida - Spiaggia di Chiaiolella
3. Emilia Romagna - Marina di Ravenna
4. Lazio - Spiaggia di Vecchia Pineta
5. Liguria - Marinella di Sarzana
6. Toscana - Marina di Massa
7. Puglia

Fig. 3.2.1 - Mappa dei siti italiani esaminati.

3.2.1 SICILIA - GIARDINI NAXOS

Il tratto di costa interessato appartiene al quadrante settentrionale della costa ionica della Sicilia. Si estende per circa 5 km tra Capo Taormina a Nord e Capo Schisò a Sud. La spiaggia è costituita da sedimenti relativamente recenti e abbastanza grossolani, addotti dalle piene del fiume Alcantara, mentre occorre spostarsi a Sud del promontorio roccioso di Capo Schisò per incontrare una considerevole estensione di spiaggia sabbiosa.



Fig. 3.2.1.1 - I Giardini - Naxos.

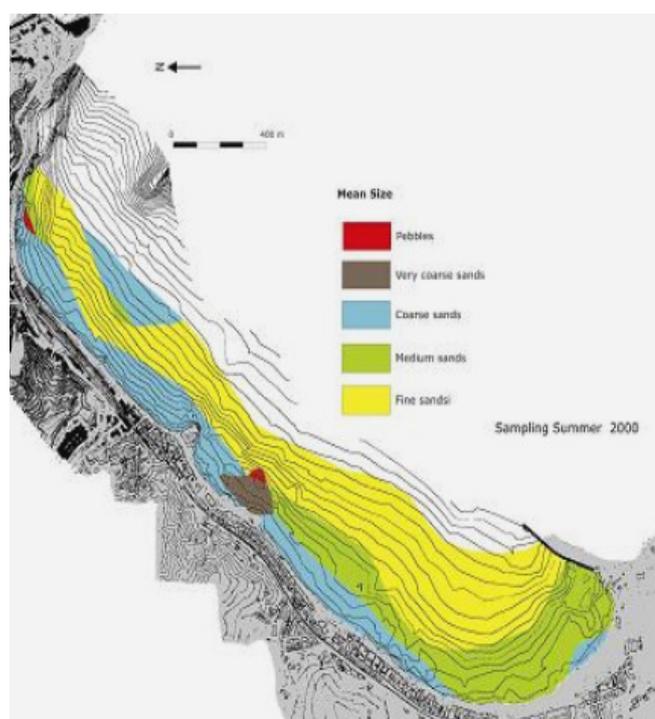


Fig. 3.2.1.2 - Distribuzione dei sedimenti lungo le spiagge e i fondali nella baia di Giardini-Naxos.

Tale promontorio è costituito da rocce laviche che si allungano verso il mare per una dozzina di metri rispetto all'attuale linea costiera, chiudendo di fatto la baia di Giardini Naxos a Sud.

L'area costiera esaminata si lascia alle spalle un ravvicinato entroterra collinoso con notevole pendenza verso il mare. La batimetria sottocosta riflette in pieno l'andamento plano-altimetrico della terra emersa; le batimetriche rispettivamente a -1 e -2 m sono molto ravvicinate tra di loro, mentre è possibile riscontrare una generale distensione di quelle poste tra -2 e -14 m. In tale area il fondale si presenta con una pendenza molto lieve ed è costituito da estesi banchi sabbiosi sporadicamente intervallati da affioramenti di roccia lavica.

I venti con maggiore frequenza di apparizione provengono dai settori di Sud-Ovest, Est e Nord-Est, ma è in questi ultimi due settori che raggiungono le maggiori velocità. Poiché la linea di costa compresa fra Taormina e Capo Schisò è inclinata di circa 45°Nord, i venti dominanti da Est e Nord-Est tendono a generare una corrente litoranea diretta verso Sud. L'unica immissione di sedimenti all'interno della baia è costituita dalla foce del fiume Alcantara ubicata a Nord della stessa.

Il fenomeno dell'erosione interessa maggiormente i tratti di costa posti al centro della baia e il materiale eroso viene in prevalenza trasportato verso Sud producendo un notevole accumulo di sedimenti nel porto di Schisò.

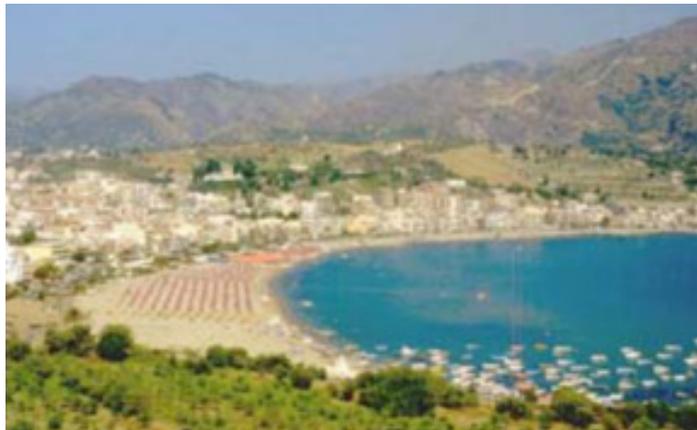


Fig. 3.2.1.3 - Vista della baia di Giardini Naxos dal promontorio di Capo Schisò.

Tale fase distruttiva, accentuata a partire dal 1964, produce allo stadio attuale una perdita di superficie emersa di circa 100.000 m² e arretramenti della linea di riva in media di 2,9 m all'anno, e supera in alcuni punti i 90 m rispetto alla configurazione originaria.

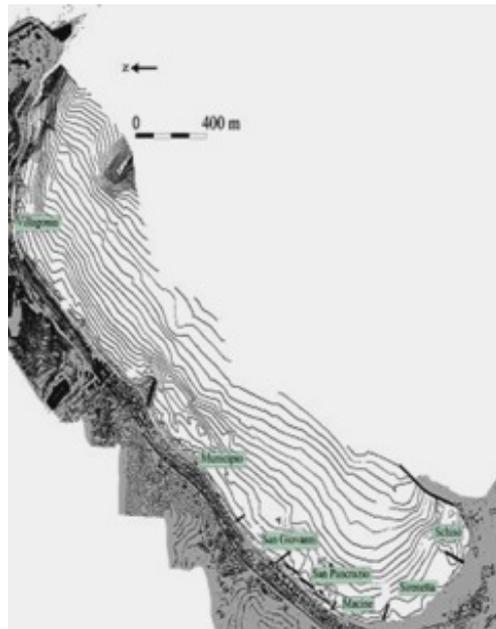


Fig. 3.2.1.4 – Conformazione batimetrica della baia.

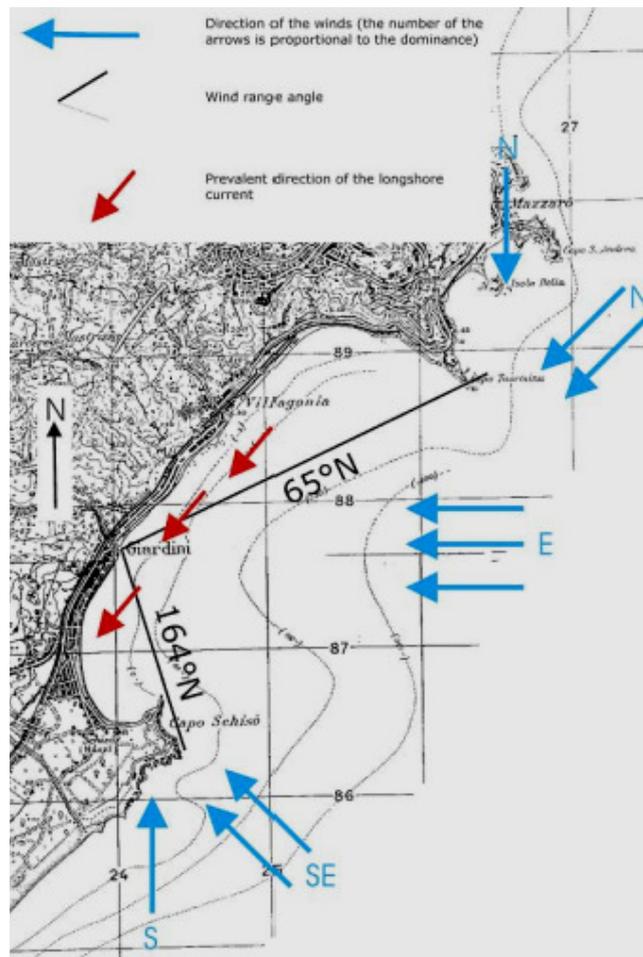


Fig. 3.2.1.5 - Rappresentazione del regime dei venti e delle correnti lungoriva all'interno della baia.

Le cause che hanno favorito l'innescò e l'accrescimento del fenomeno erosivo vanno ricercate negli interventi di regimazione del fiume Alcantara, come la realizzazione di un sistema di briglie; nella indiscriminata attività di prelievo di inerti dalle numerose cave dislocate lungo il suo corso; nella continua e crescente distruzione delle barriere dunose che hanno indebitamente ceduto il posto ai numerosi complessi residenziali e alle attrezzature turistiche che versano oggi in situazioni di imminente rischio e richiedono, talvolta, tempestivi e non sempre ben ponderati interventi in difesa delle stesse.



Fig. 3.2.1.6 - Complesso turistico in serio rischio di erosione.

Nel passato ognuna delle amministrazioni locali interessate dal fenomeno dell'erosione costiera pianificava autonomamente gli interventi da attuare. Allo stato attuale la strategia di difesa seguita risulta profondamente mutata e vede la compartecipazione delle stesse.

Le opere di difesa realizzate tra il 1970 ed il 1990 erano costituite esclusivamente da opere di tipo "rigido", ovvero massicce strutture emerse, raramente posizionate in maniera opportuna lungo la costa.

Gli interventi pianificati ed in parte eseguiti negli ultimi 10 anni nella baia di Giardini Naxos prevedono e realizzano la convivenza tra strutture di tipo "rigido" (barriere frangiflutti distaccate, pennelli ed opere di difesa aderenti) ed interventi di tipo "soft" (ripascimenti effettuati con sabbia e/o ghiaia). La tipologia più comune di intervento è quella che vede il ripascimento delle spiagge protetto da segmenti di barriere sommerse distaccate (in roccia lavica) con berma al piede (ampia 15 m, con scarpa 3:1 verso il mare ed anch'essa in roccia lavica). L'obiettivo proposto è di

realizzare un duplice frangimento selettivo delle onde in arrivo: dapprima sulla berma di protezione della barriera e successivamente sulla barriera stessa.



Fig. 3.2.1.7 - Pennello nella località di San Pancrazio.

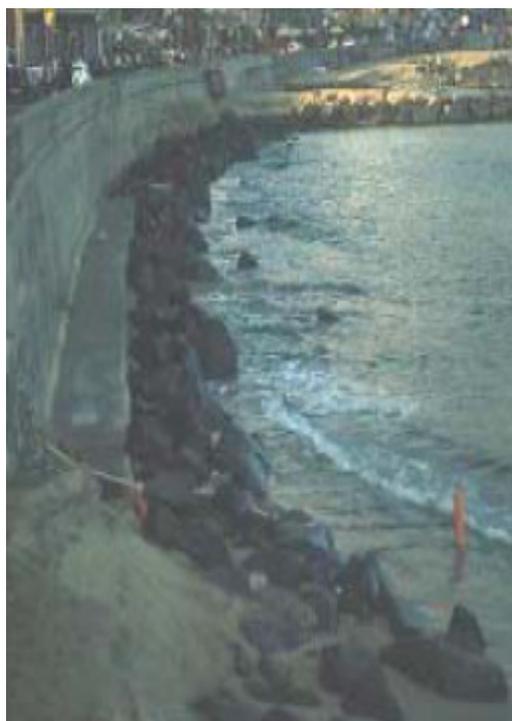


Fig. 3.2.1.8 - Frangiflutti obliquo distaccato (San Giovanni).

Fig. 3.2.1.9 - Scogliera artificiale aderente (Macine).



Fig. 3.2.1.10 - Lavori di ripascimento della spiaggia di San Giovanni.

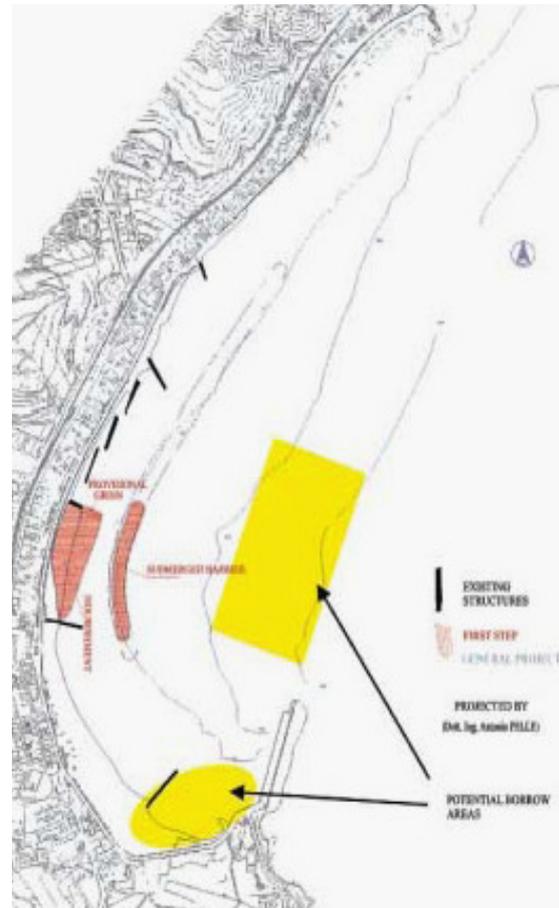


Fig. 3.2.1.11 - Schema della disposizione delle barriere frangiflutti nella baia di Giardini Naxos.

3.2.2 ISOLA DI PROCIDA - SPIAGGIA DI CHIAIOLELLA

L'isola di Procida si trova all'estremo Nord del Golfo di Napoli, nel canale che separa il promontorio di Pozzuoli e l'isola d'Ischia. La spiaggia di Chiaiolella, situata sul versante Nord-Est dell'isola, si estende per circa 1,5 km in direzione Nord-Ovest ed è delimitata a Nord dal promontorio di Punta Serra, a Sud dal canale tra le isole di Procida e Vivara e verso l'entroterra da una scogliera la cui altezza decresce leggermente, spostandosi da Punta Serra all'estremo Sud della spiaggia.



Fig. 3.2.2.1 - L'isola di Procida.



Fig. 3.2.2.2 - La spiaggia di Chiaiolella.

Il fondale marino antistante la spiaggia presenta composizione omogenea ed andamento alquanto regolare con batimetria parallela alla linea di costa ed una pendenza costante di circa il 2% fino all'isobata dei 10 m.

Le analisi granulometriche effettuate sui numerosi campioni prelevati dalla spiaggia emersa, rispettivamente alle profondità di 0,5 e 1,5 m, hanno dimostrato che quest'ultima è costituita da sabbia di grandezza media, ben gradata e con basso contenuto in ghiaia.

Gli studi e le elaborazioni condotte dal servizio meteorologico olandese (KNMI⁴) per delineare il clima ondoso del paraggio in esame hanno preso in considerazione i dati di vento, le altezze e i periodi d'onda osservati negli ultimi 20 anni all'interno di un'area marina opportunamente delimitata.

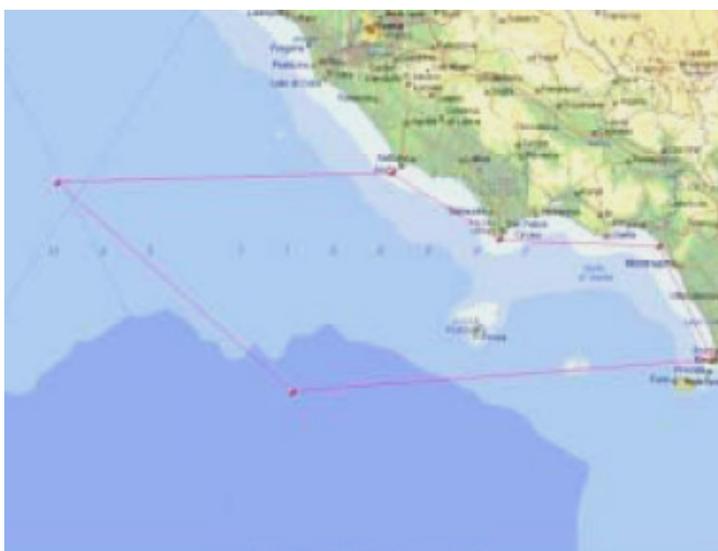


Fig. 3.2.2.3 - Area marina in cui sono state effettuate le osservazioni.

I risultati ottenuti mostrano che la spiaggia di Chiaiolella è principalmente esposta agli attacchi ondosi di maggiore frequenza ed intensità provenienti dal settore di traversia compreso tra 270°N e 0°N.

Le escursioni di marea, come accade nella maggior parte dei bacini del Mar Mediterraneo, sono modeste e pertanto trascurabili risultano le correnti che esse generano. I principali fattori da cui le correnti prendono origine restano dunque i venti e le onde in prossimità della costa.

La propagazione del moto ondoso e delle correnti dal mare aperto verso la costa subisce modificazioni differenti in rapporto alla direzione di provenienza, sia nell'intensità che nella

⁴ KNMI: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut; istituto olandese per la meteorologia.

direzione, a causa della marcata interazione con i fondali dello stretto che separa l'isola di Procida da quella di Ischia e dalla terraferma.

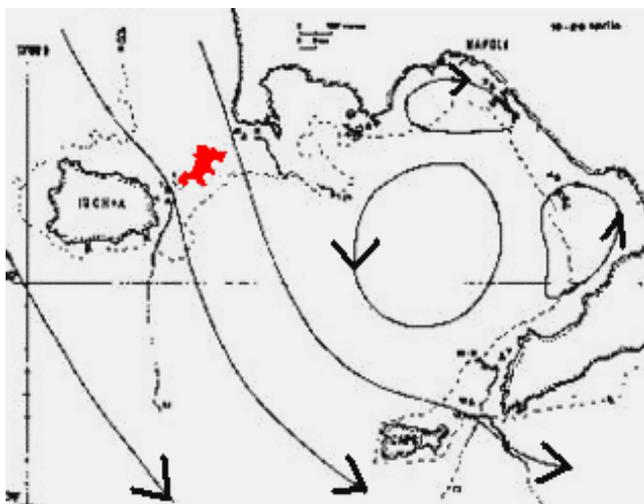


Fig. 3.2.2.4 - Schema della circolazione delle correnti marine prodotte dai venti provenienti da Nord.

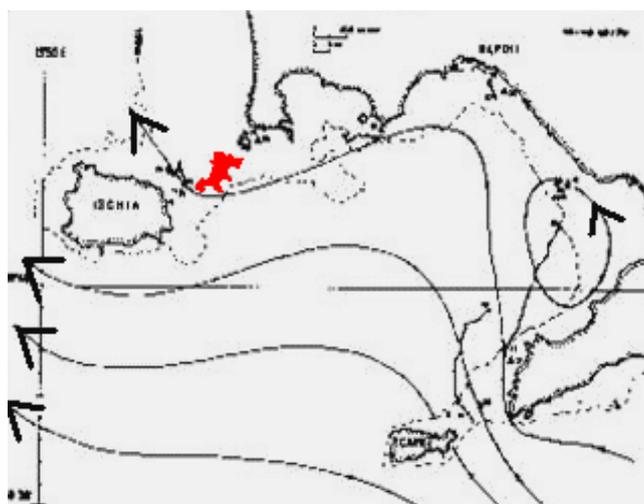


Fig. 3.2.2.5 - Schema della circolazione delle correnti marine prodotte dai venti provenienti da Sud.

L'erosione costiera ha portato ad un notevole ritiro della spiaggia e al conseguente danneggiamento delle scogliere rimaste prive di protezione. Il pietrisco derivante dalla loro demolizione è ben visibile e ricopre per lunghi tratti la spiaggia residua sottostante. Le principali cause alla base di tale processo erosivo hanno diversa natura e vanno dalle violente tempeste che si abbattano sulla costa durante i periodi invernali, al ridotto apporto solido proveniente dalla terraferma, agli ingenti prelievi di sabbia effettuati nel passato dai fondali antistanti la costa e alla indiscriminata pratica edificatoria che ha interessato la spiaggia emersa e le zone retrostanti.

Sino a pochi decenni fa il problema dell'erosione costiera è stato quasi completamente ignorato dalle amministrazioni locali che si sono succedute e la realizzazione di sporadici interventi di difesa, quali frangiflutti e piccoli ripascimenti, avveniva in maniera semi-empirica senza disporre di concreti piani di intervento.

Negli ultimi anni, l'accresciuta valenza turistica e ricreativa dell'isola, che vanta oggi numerose spiagge attrezzate e tre piccoli porti (per imbarcazioni da diporto, per i pescherecci e per l'attracco dei traghetti che la collegano con Napoli), e lo scarso successo degli interventi di difesa realizzati, non sono serviti tuttavia a mettere a punto una necessaria *strategia di protezione della costa*.



Fig. 3.2.2.6 - Spiaggia attrezzata sull'isola di Procida.

È da sottolineare comunque il mutato atteggiamento della pubblica amministrazione nell'approccio al problema dell'erosione costiera e all'individuazione delle tipologie di interventi più idonei per contrastarla. L'obiettivo prefissato è evitare di fare ricorso alle massicce e impattive strutture di difesa, largamente utilizzate nel passato, cercando di prediligere soluzioni alternative "più moderate" ma altrettanto efficaci nell'arrestare o invertire la tendenza al ritiro attualmente in atto.

Tra le possibili tipologie di intervento attuabili sembra avere migliori possibilità la realizzazione di un sistema di drenaggio della spiaggia. Tale soluzione ha portato a concreti risultati in altre località balneari, ad esempio nel Lido di Ostia, per cui l'amministrazione dell'isola ne ha commissionato lo studio di fattibilità.



Fig. 3.2.3.2 - Dettaglio della spiaggia, delle dune sabbiose più recenti e della laguna retrostante (Laguna di Piomboni). La pineta è stata artificialmente piantata sulla sommità delle dune più antiche.

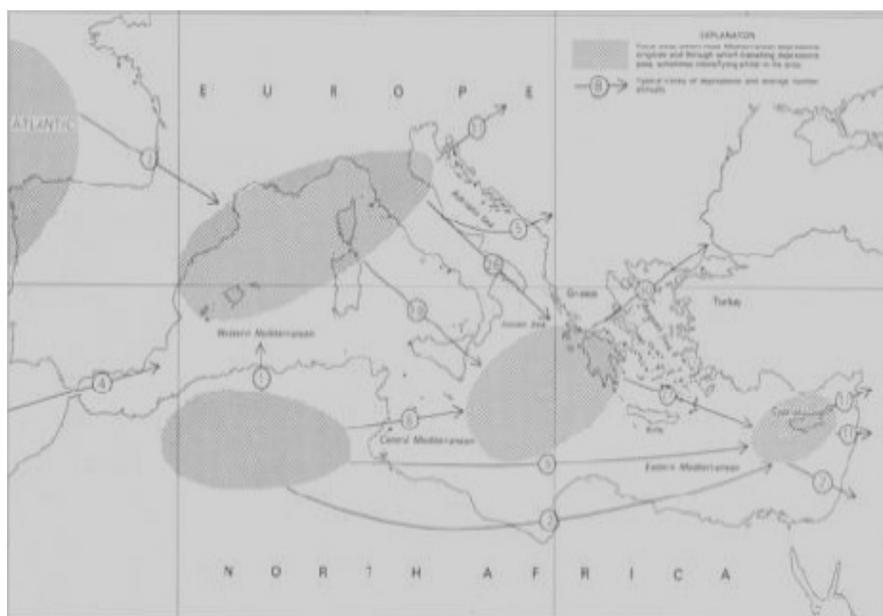


Fig. 3.2.3.3 - Mappa dei sistemi depressionari che attraversano il Mar Mediterraneo.

I venti che presentano contemporaneamente carattere prevalente e dominante sono quelli provenienti da Nord-Est (venti di Bora) e da Sud-Est (venti di Scirocco). Questi generano attacchi ondososi e correnti verso la costa nelle medesime direzioni e sono pertanto i principali fautori del trasporto solido nell'area esaminata. Analisi più dettagliate sul trasporto solido totale, condotte nell'intera unità fisiografica, hanno messo in evidenza che i venti di Scirocco e le conseguenti tempeste marine attivano il trasporto solido vicino alla linea di costa, mentre i venti di Bora lo attivano nelle zone più lontane, laddove la profondità dell'acqua è superiore ai 3m.

Il regime di marea è moderato e si manifesta con escursioni massime di 80 cm in primavera e di 30 cm durante le maree di quadratura lunare. I più alti livelli d'acqua nel Nord Adriatico vengono raggiunti durante le mareggiate provenienti da Sud-Est, causate dai venti di Scirocco, che sono generalmente associate a vasti campi depressionari.

A causa della notevole estrazione di fluidi dal sottosuolo, operata negli ultimi 40-50 anni (gas metano ed acqua per scopi prettamente irrigui), particolarmente elevata è stata la subsidenza dei suoli ricadenti nell'intera piana costiera romagnola, tale da produrre abbassamenti anche superiori ad 1 m. Allo stadio attuale tale processo, sebbene più lentamente, continua a manifestarsi con uno sprofondamento medio di 5-6 mm/anno e valori di picco di 9-10 mm/anno registrati in alcune aree.

Negli ultimi decenni è avvenuta una marcata evoluzione della linea costiera compresa tra la foce del Fiume Uniti e la banchina Sud del porto di Marina di Ravenna che ha prodotto una pesante erosione nei tratti ubicati immediatamente a ridosso della foce del Fiume Uniti ed un notevole accrescimento in quelli più distanti.

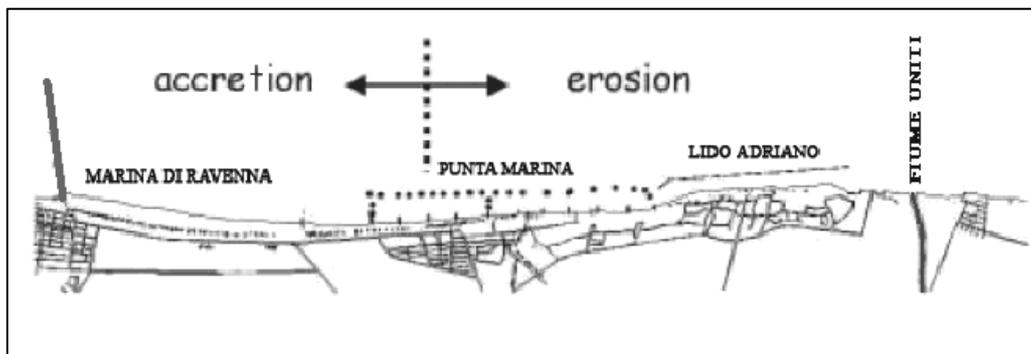


Fig. 3.2.3.4 - Mapa schematica delle zone di erosione e accrescimento nell'area litoranea compresa tra la foce del Fiume Uniti e la banchina Sud del porto di Marina di Ravenna.

Rilevanti sono anche le variazioni altimetriche subite dai fondali antistanti i differenti tratti di costa. Nel tratto antistante Marina di Ravenna la spiaggia emersa si è accresciuta di 140-150 m negli ultimi 50 anni, mentre oltre le batimetriche dei 3-4 m si registra un cospicuo approfondimento causato dalla perdita di sedimento, stimata in 1,7 milioni di m³ nel periodo compreso tra il 1968 e il 2000.

Nello stesso periodo valori ben più elevati sono stati registrati nei fondali antistanti le località di Punta Marina e di Lido Adriano che vengono interessati dal processo erosivo descritto in precedenza. In queste aree la perdita di sedimento varia dai circa 13 milioni di m³ nel tratto compreso tra Punta Marina e Lido Adriano a più di 27,5 milioni di m³ tra Lido Adriano e la foce del Fiume Uniti.

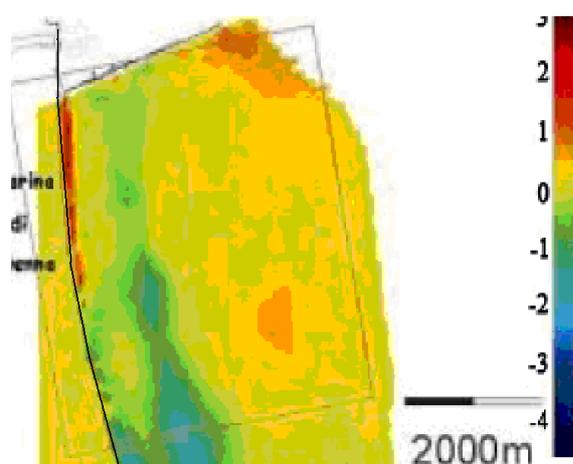


Fig. 3.2.3.5a - Mappa schematica delle variazioni altimetriche (1968-2000) del fondale antistante Marina di Ravenna.

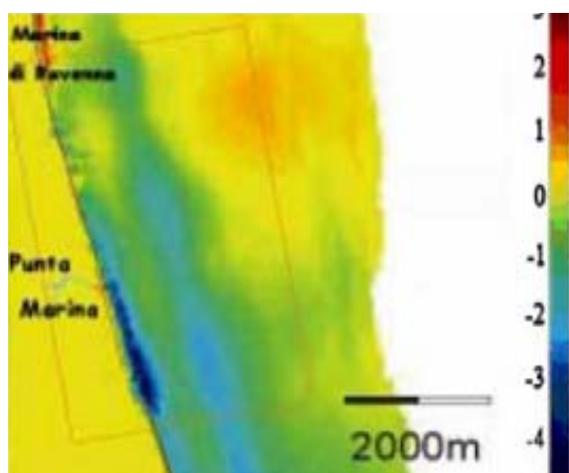


Fig. 3.2.3.5b - Mappa schematica delle variazioni altimetriche (1968-2000) del fondale tra Punta Marina e Lido Adriano.

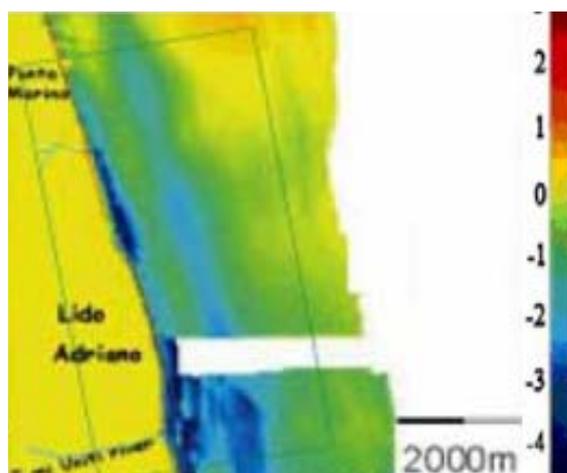


Fig. 3.2.3.5c - Mappa schematica delle variazioni altimetriche (1968-2000) del fondale tra Lido Adriano e la foce del Fiume Uniti.

Dalle mappe schematiche (figure 3.2.3.5a, 3.2.3.5b e 3.2.3.5c) si osserva che il fenomeno erosivo ha interessato in maniera più incisiva i tratti di costa adiacenti la foce del Fiume Uniti che nell'ultimo secolo hanno subito un arretramento di circa 450 m a causa della drastica diminuzione dell'apporto solido proveniente dall'entroterra e diretto verso il mare.

Nel corso di tale periodo l'intera regione ha visto affiancare e sostituire alle attività economiche e produttive tradizionali (ittiche, agricole e zootecniche) nuove attività maggiormente impattive (industriali, commerciali e soprattutto turistiche). L'ampliamento del porto di Marina di Ravenna con la costruzione della banchina Sud lunga 2800 m, l'impianto di numerose cave di inerti lungo il corso del Fiume Uniti, l'eccessivo emungimento di fluidi dal sottosuolo e l'occupazione delle aree dunose preesistenti per stabilire zone di nuova edificazione ha di fatto sconvolto l'originario assetto ambientale e alterato in maniera significativa le naturali dinamiche costiere innescando i suddetti processi erosivi in atto.

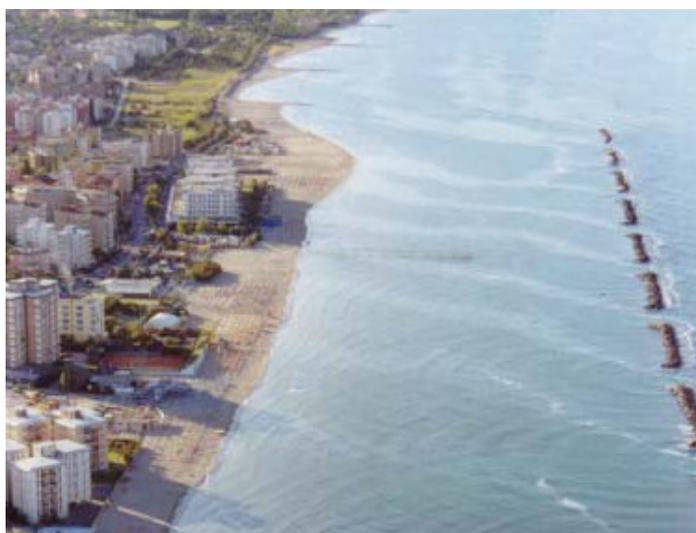


Fig. 3.2.3.6 - Chiaro esempio di urbanizzazione incontrollata nella località di Lido Adriano e opere di difesa distanziate a protezione delle abitazioni.



Fig. 3.2.3.7 - Esempio di stabilimenti balneari e opere di difesa realizzati nella località di Punta Marina.

La subsidenza dei suoli ha contribuito in maniera rilevante al ritiro delle spiagge favorendo l'ingressione marina ed accrescendo la minaccia di più frequenti inondazioni dell'entroterra.

A Lido Adriano l'abbassamento dei suoli di 45 cm (tra il 1957 ed il 1977) ha comportato l'arretramento della linea di riva di quasi 126 m e l'allagamento di una vasta area costiera in seguito ad una forte tempesta verificatasi nel 1966. Tale disastroso evento spronò le amministrazioni locali ad una forte tempesta verificatasi nel 1966. Tale disastroso evento spronò le amministrazioni locali a correre ai ripari dotando i tratti di costa antistanti le località di Lido Adriano e Punta Marina di differenti opere di difesa, costituite rispettivamente da frangiflutti distaccati in entrambi i tratti e da una serie di pennelli rocciosi sommersi e ripascimenti nel secondo.

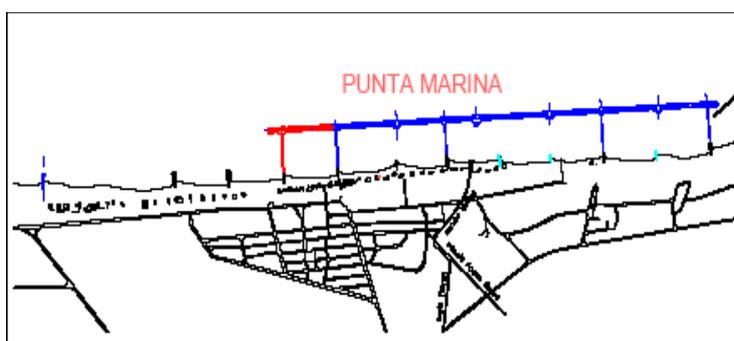


Fig. 3.2.3.8a - Strutture di protezione esistenti (riportate in blu) e relative modifiche (in rosso). Area costiera di Punta Marina.

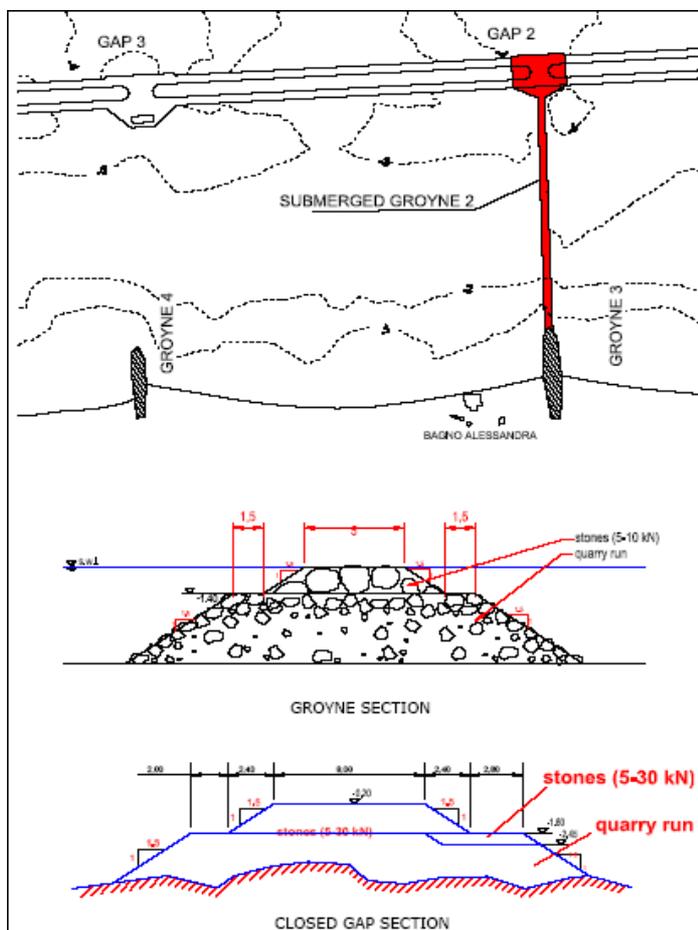


Fig. 3.2.3.8b - Particolare della pianta e delle sezioni relative alle nuove strutture di difesa semi-sommerse.

La realizzazione di tali interventi non ha condotto ai risultati attesi e di conseguenza l'erosione della costa procede velocemente.

A partire dal 1997 sono stati proposti nuovi progetti finalizzati a garantire la conservazione delle spiagge attraverso il mantenimento dell'attuale linea di riva e da scongiurare la minaccia di un tracollo economico dell'area che trae dal turismo balneare la principale fonte di reddito.

Gli interventi proposti prevedono la realizzazione di nuove strutture di difesa semi-sommerse e la chiusura radente dei varchi tra i frangiflutti esistenti in modo da proteggere la spiaggia dagli attacchi ondosi più violenti e consentire allo stesso tempo la circolazione delle acque.

3.2.4 LAZIO - SPIAGGIA DI VECCHIA PINETA

Il sito esaminato si trova sulla costa laziale a Sud-Est della foce del fiume Tevere e rappresenta il confine Sud del litorale ostiense.

La spiaggia di questa località, denominata “Vecchia Pineta”, è di tipo sabbioso (di colore giallo-grigio e con granulometria media e fine) con ampiezza e pendenza trasversale media rispettivamente di 45 m e di 1:40 e si estende per circa 450 m a partire dalla foce del Canale dei Pescatori. È delimitata verso l’entroterra da una serie di dune che degradano leggermente verso il mare e nella parte sommersa da un sistema di 1-2 barre trasversali. Alla distanza di 50-60 m dalla linea di riva, per un’estensione di 400-500 m, si possono osservare i resti di un frangiflutti sommerso realizzato in ciottoli, fortemente compromesso dall’azione del mare.



Fig. 3.2.4.1 - La spiaggia di Vecchia Pineta.

Il regime dei venti su base annuale mostra una predominante frequenza da Nord Nord-Est con più del 35% sul totale degli eventi, mentre i venti provenienti da Nord-Ovest sono meno frequenti e più forti (con velocità superiori a 10 m/s nel 4% dei casi e a 15 m/s nello 0,2%). Il clima estivo porta venti deboli da Nord-Est e venti con frequenza più alta da Sud-Ovest associati alla brezza estiva; in tale periodo diminuisce anche la frequenza delle tempeste di vento (solo il 2% degli eventi superano la velocità di 10 m/s e lo 0,01% i 15 m/s).

In quest’area l’escursione di marea è modesta e presenta valore medio di circa 0,2 m con punte massime di 0,4 m. Anche le correnti di marea non sono rilevanti e raggiungono velocità massime che difficilmente superano i 5 cm/s, pertanto la quasi totalità delle correnti marine sono in

generale prodotte dai venti e vengono fortemente condizionate dalla variabilità del tempo e dalla struttura della batimetria vicino alla costa.

Per delineare le caratteristiche del clima ondoso, considerato il principale responsabile delle dinamiche costiere, si è fatto riferimento ai dati acquisiti dalla boa ondometrica, installata dal Ministero dei Lavori Pubblici a largo dell'isola di Ponza e distante 100 km dal litorale ostiense, e alle misure ondose non direzionali effettuate nell'area costiera a Nord del Lazio.

Il principale movimento ondoso, sia per l'intensità che per la frequenza, proviene da Sud Sud-Ovest, ma registra una significativa frequenza anche quello proveniente da Ovest e Nord-Ovest. Durante l'estate le mareggiate più forti attaccano la costa dai settori di Sud-Est e Sud-Ovest.



Fig. 3.2.4.2 - Vista del ristorante "La Vecchia Pineta" con il pontile in lontananza.



Fig. 3.2.4.3 - La spiaggia di Vecchia Pineta prima dell'imponente intervento di ripascimento dell'autunno 1999.

Nel febbraio 2001 sono stati ultimati i lavori di installazione del sistema di drenaggio della spiaggia, denominato “BMS” (Beach Management System), finalizzato a mantenere stabile la linea di riva durante le mareggiate più forti e a produrre l’avanzamento in condizioni normali.



Fig. 3.2.4.5a - Lavori di scavo delle trincee.



Fig. 3.2.4.5b - Posizionamento delle tubazioni.



Fig. 3.2.4.5c - Particolare del dreno e della calza in geo-tessile.

L'impianto messo in opera è costituito da tre distinti segmenti ed ha tubazione con lunghezza complessiva di 400 m, di cui 160 m di condotta drenante flessibile avvolta in una calza di geo-tessile e interrata ad una profondità di 2,5 m dal piano di calpestio (80 cm sotto il livello medio del mare) e ad una distanza media di 7 m dalla linea di riva. Ogni segmento è connesso ad un pozzetto di raccolta attrezzato con una pompa sommersa di tipo Flyght ed una condotta di scarico verso il mare.

Il sistema ha mostrato in breve tempo risultati più che soddisfacenti, riuscendo non solo ad arrestare il processo erosivo in atto ma addirittura ad accrescere la spiaggia di svariati metri in pochi giorni, sino a raggiungere i 20 m in corrispondenza dei due moduli estremi. L'unico inconveniente sopraggiunto è stato la rottura del dreno del modulo centrale in seguito alla caduta di alcuni massi dalla bassa scogliera ai piedi della quale era stato collocato, ciò ha richiesto, nel settembre 2002, la rimozione del dreno danneggiato e il posizionamento di uno nuovo ad una distanza maggiore dalla scogliera.



Fig. 3.2.4.6 - Massi caduti dalla bassa scogliera sul dreno del modulo centrale a Sud del ristorante.

E' da evidenziare che l'impianto ha mostrato la sua funzionalità principalmente nella fase iniziale dell'installazione per due motivi fondamentali. Il primo riguarda la gestione dell'impianto che inizialmente è stata fatta in modo abbastanza adeguata, mentre successivamente vi sono state varie disfunzioni legate alla mancanza di energia elettrica e alla gestione quotidiana delle parti meccaniche e idrauliche della rete. La funzionalità iniziale era poi dovuta alla presenza, nei fondali bassi, di una quantità notevole di sedimenti che sono stati quindi trattenuti dal drenaggio, successivamente anche perché si era avuto un buon avanzamento della linea di riva, l'effetto drenaggio è diminuito.



Fig. 3.2.4.7a - Sezione 1 Nord: situazione al 07 Novembre 2000 (senza sistema BMS).



Fig. 3.2.4.7b - Sezione 1 Nord: situazione al 22 Febbraio 2001 (dopo 10 gg. dall'avvio del sistema BMS).



Fig. 3.2.4.8a - Sezione 1 Sud: situazione al 23 Ottobre 2000 (senza sistema BMS).



Fig. 3.2.4.8b - Sezione 1 Sud: situazione al 22 Febbraio 2001 (dopo 10 gg. dall'avvio del sistema BMS).



Fig. 3.2.4.9a - Sezione 2 Nord: situazione al 23 Ottobre 2000 (senza sistema BMS).



Fig. 3.2.4.9b - Sezione 2 Nord: situazione al 22 Febbraio 2001 (dopo 10 gg. dall'avvio del sistema BMS).

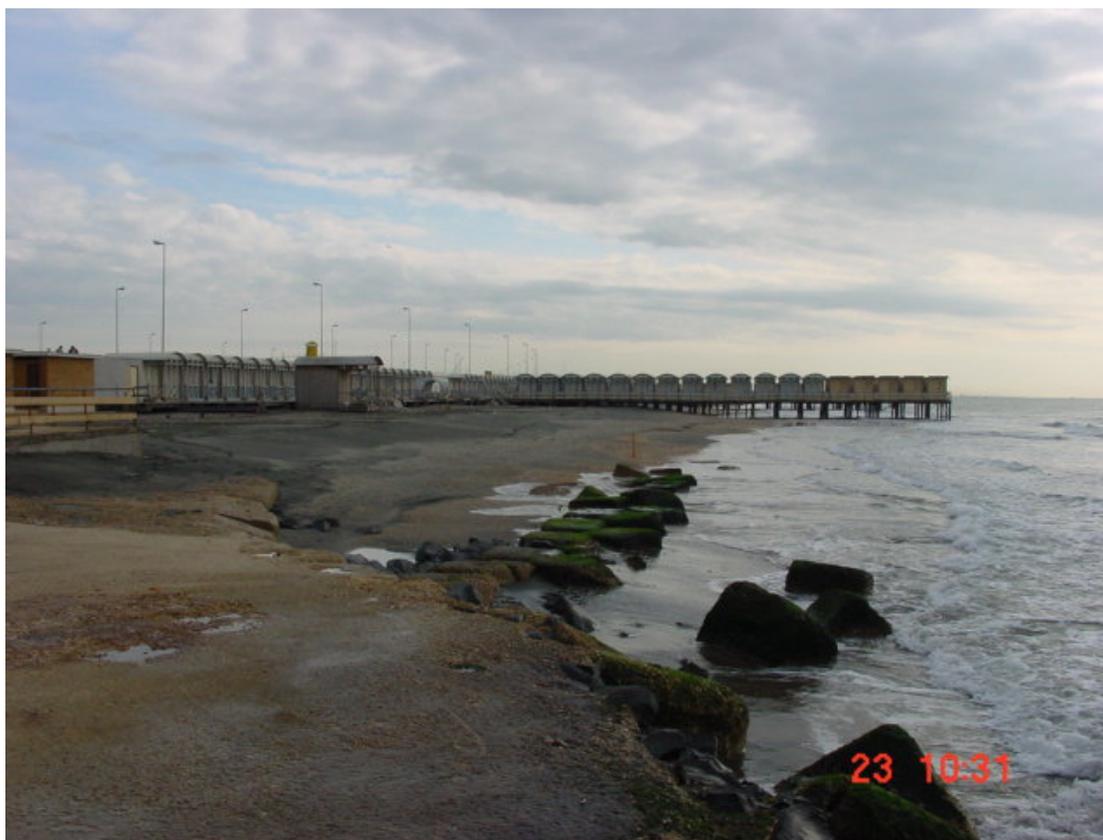


Fig. 3.2.4.10a - Sezione 2 Sud: situazione al 23 Ottobre 2000 (senza sistema BMS).



Fig. 3.2.4.10b - Sezione 2 Sud: situazione al 22 Febbraio 2001 (dopo 10 gg. dall'avvio del sistema BMS).



Fig. 3.2.4.11a - Sezione 3 Nord: situazione al 23 Ottobre 2000 (senza sistema BMS).



Fig. 3.2.4.11b - Sezione 3 Nord: situazione al 22 Febbraio 2001 (dopo 10 gg. dall'avvio del sistema BMS).

La cattiva gestione amministrativa dell'impianto si desume anche dal fatto che dopo un periodo abbastanza lungo di non funzionamento esso è stato completamente dimesso.

Questo esempio, come altri si ritrovano in Italia e all'estero, indica che questo tipo di difesa della costa in assenza di una adeguata gestione programmata nel tempo non è consigliabile adottarlo.

3.2.5 LIGURIA - MARINELLA DI SARZANA

Marinella di Sarzana è sita a Sud-Est della costa ligure in provincia di La Spezia a pochi chilometri dal confine con la regione Toscana.

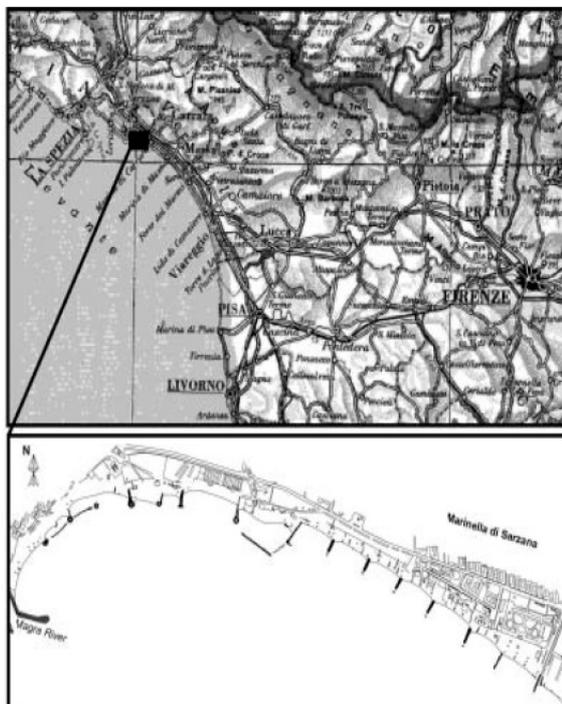


Fig. 3.2.5.1 - La spiaggia di Marinella di Sarzana.



Fig. 3.2.5.2 - Sub-unità fisiografica con evidenziato il limite amministrativo.

Per una migliore comprensione delle dinamiche delle correnti e dei sedimenti che interessano tale località è opportuno fare riferimento alla sotto-unità fisiografica compresa tra la foce del Fiume Magra (Liguria) ed il porto di Marina di Carrara (Toscana), appartenente a sua volta

all'unità fisiografica più grande che si estende per circa 63 km tra la foce del Fiume Magra ed il porto della città di Livorno (all'interno della quale ricade la spiaggia di Marina di Massa, cui si farà riferimento nel successivo paragrafo 3.2.6).

L'entroterra è caratterizzato dalla presenza di un'ampia pianura alluvionale (circa 7 km) delimitata dal massiccio montuoso delle Alpi Apuane, formazione rocciosa di origine sedimentaria costituita da una successione di falde che si sovrastano l'un l'altra in direzione Ovest-Est. La spiaggia sabbiosa di Marinella di Sarzana, lunga 4,2 km, rappresenta l'elemento di giunzione tra il mare e la pianura costiera.



Fig. 3.2.5.3 - Piana costiera di Sarzana.

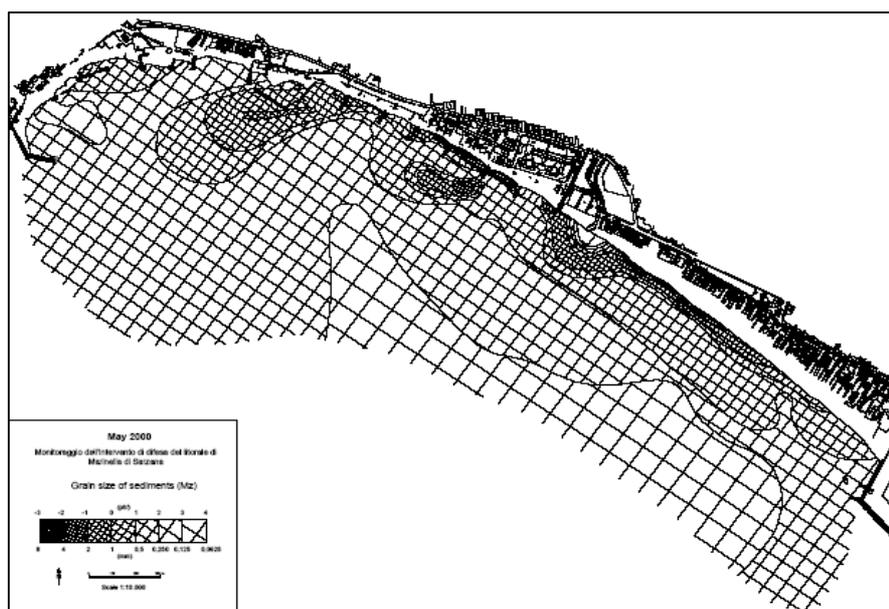


Fig. 3.2.5.4 - Mappa della distribuzione granulometrica dei sedimenti di spiaggia (monitoraggio degli interventi di difesa del litorale, Maggio 2000).

Il fiume Magra, all'interno dell'unità fisiografica suddetta, è il terzo fiume in ordine di importanza dopo l'Arno ed il Serchio. Nasce a Nord-Nord Est sugli Appennini a circa 40 km dalla costa e scorre per circa 62 km attraverso le formazioni sedimentarie della Falda Toscana in un bacino di raccolta esteso 1693 km². Lungo il suo corso superiore e medio, ancor prima di serpeggiare nella pianura, attraversa le formazioni sabbiose dell'Oligocene della zona denominata "Macigno" mettendo in sospensione grandi quantitativi di sedimento (circa 632.000 t/anno) che vanno ad alimentare i processi di dinamica costiera.

La sabbia di cui sono costituite le spiagge ricadenti nell'area litoranea esaminata è in larga parte frutto dell'erosione del Macigno, del trasporto e della sedimentazione operata dal fiume Magra.

I numerosi studi effettuati hanno messo bene in evidenza le modalità con le quali si svolge il trasporto solido lungoriva ed hanno consentito l'individuazione di due differenti correnti: la prima di tipo distale, con direzione prevalente Nord Ovest-Sud Est, la seconda di tipo prossimale. Quest'ultima è la principale responsabile della redistribuzione di sedimento lungoriva e presenta alcune locali inversioni nella direzione dovute alle numerose strutture di difesa presenti lungo la costa.

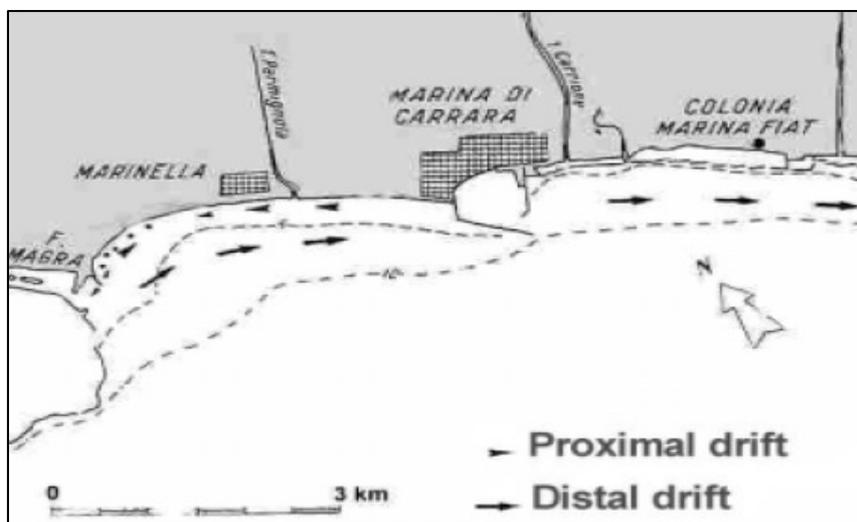


Fig. 3.2.5.5 - Mappa del trasporto solido lungoriva.

La spiaggia di Marinella di Sarzana ha subito forti erosioni già a partire dalla fine del XIX secolo, arretrando in alcuni tratti anche più di 500 m; nello stesso lasso di tempo si è registrato un considerevole accrescimento della spiaggia di Marina di Carrara per la presenza del porto che intercetta il trasporto solido lungoriva diretto a Sud. La linea di riva è rimasta stabile in corrispondenza della foce del torrente Parmignola, punto attorno al quale l'intera linea costiera della sub-unità fisiografica ha ruotato in senso orario.

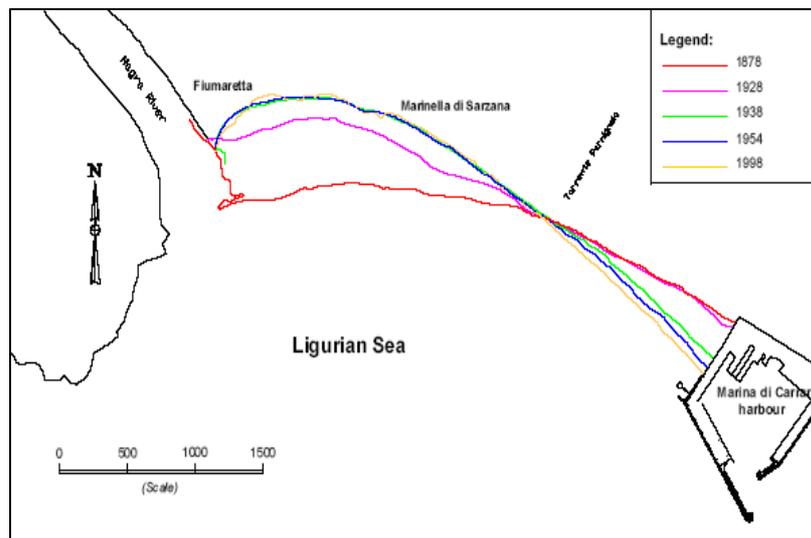


Fig. 3.2.5.6 - Evoluzione della linea costiera dal 1878 al 1998.

Alla base di tale situazione vi è da una parte il diminuito apporto solido proveniente dal fiume Magra, in conseguenza dei lavori di imbrigliamento e della presenza di numerose cave di inerti lungo il suo corso, dall'altra la costruzione, nel 1938, di una lunga banchina fluviale allo sbocco e dei frangiflutti nel periodo compreso tra il 1955 ed il 1998.

Il monitoraggio del fenomeno erosivo è stato svolto nel periodo compreso tra l'Ottobre 1998 e il Luglio 2002, suddividendo in 22 settori il tratto di costa compreso tra la foce del fiume Magra ed il Porto di Marina di Carrara.

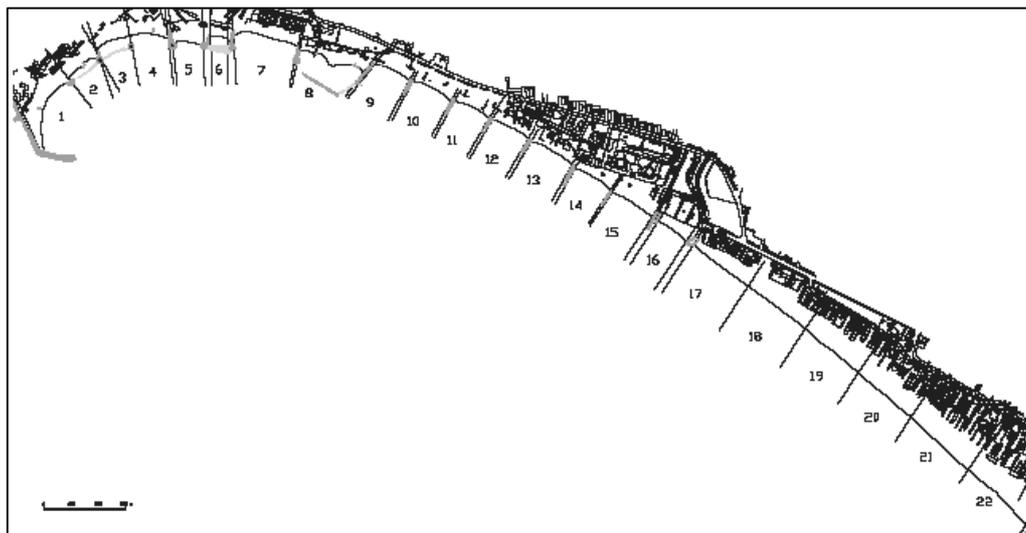


Fig. 3.2.5.7 - Mappa della suddivisione in 22 settori della sub-unità fisiografica.

I rilievi effettuati hanno evidenziato l'accrescimento nei settori n° 1 e 2 in cui l'espansione della spiaggia è stata rispettivamente di 12,6 e 3,6 m ed il ritiro più elevato nel settore n° 16 (10,81

m), delimitato dalla Fossa Maestra e dal torrente Parmignola. Globalmente l'erosione si sta spostando verso il porto di Marina di Carrara ed ha già interessato le spiagge ubicate a 500 m a Nord dello stesso.

N° Sector	Length (m)	June 2001 - July 2002	May2000-June2001	May 2000-July 2002	October 1998-July 2002
1	233,14	12,63	-5,41	7,22	21,87
2	142,71	3,56	-3,23	0,33	-3,13
3	128,60	0,06	-2,46	-2,40	-2,68
4	137,37	-1,14	-0,71	-1,85	-2,26
5	114,64	-0,36	-1,90	-2,26	3,07
6	63,34	1,26	-2,61	-1,35	3,34
7	239,26	2,65	-2,20	0,45	0,85
8	251,38	-1,88	-2,28	-4,17	-2,60
9	141,62	-0,44	-1,17	-1,61	5,41
10	141,14	2,36	-3,83	-1,48	8,94
11	140,69	1,21	-1,23	-0,02	6,00
12	148,42	3,58	-1,80	1,78	4,68
13	172,25	3,20	-4,34	-1,14	-0,76
14	151,49	-1,15	-2,21	-3,36	-3,79
15	172,14	-0,25	-0,13	-0,38	-4,35
16	125,34	-5,11	-2,55	-7,66	-10,81
17	250,03	-1,53	-1,82	-3,35	1,71
18	213,84	-3,61	-6,02	-9,64	0,06
19	250,68	-3,27	-1,52	-4,79	0,16
20	193,69	1,90	-0,61	1,29	8,66
21	282,29	4,92	0,20	5,12	9,42
22	286,45	0,84	3,44	4,28	7,90

Fig. 3.2.5.8 - Evoluzione della linea costiera nel periodo compreso tra l'Ottobre 1998 e il Luglio 2002.

Fino al 1960 l'economia dell'area era esclusivamente basata sull'agricoltura, ma negli ultimi anni tale settore è stato largamente superato e soppiantato dall'industria del turismo, attiva in particolar modo durante il periodo estivo. Le numerose strutture alberghiere, gli stabilimenti balneari, la viabilità e le infrastrutture costiere sono direttamente minacciate dall'erosione. Anche se il più delle volte la stampa locale tende ad enfatizzare la gravità dei danni subiti dagli stabilimenti balneari durante occasionali mareggiate, la graduale perdita delle spiagge ad uso ricreativo e i continui rifacimenti delle strutture di difesa presenti hanno un impatto molto più grande sull'economia dell'area.

Nel passato le amministrazioni comunali non disponevano di sufficienti risorse finanziarie per realizzare un efficace sistema di difesa della costa e tale compito era demandato allo Stato che interveniva solo in situazioni di emergenza senza valutare adeguatamente l'effettiva efficacia degli interventi che venivano realizzati ed il loro impatto sull'ambiente.

Nel 2002 le Regioni Liguria e Toscana hanno messo a punto il progetto preliminare di un nuovo piano d'azione che ha come obiettivo la difesa della costa e il ripristino dei naturali processi

dinamici attraverso il riordino e l'armonizzazione delle strutture di difesa comprese tra la foce del fiume Magra ed il porto di Marina di Carrara. Questo segna il definitivo abbandono delle politiche di difesa costiera attuate sino ad allora solo a livello locale, senza tener conto delle dinamiche naturali dell'unità fisiografica e degli impatti che le strutture di difesa producono sulle spiagge vicine.

Il piano prevede la costruzione di una nuova barra artificiale sommersa, lunga 2,6 km, larga 70 m con sommergenza di 2 m, che corre lungo l'isobata dei 4 m, e la modifica di quelle esistenti, ovvero la trasformazione delle stesse in strutture sommerse per favorire il trasporto di sedimento indotto dalle onde e migliorare la qualità dell'acqua di balneazione. È prevista inoltre la costruzione di due nuovi pennelli sommersi nel tratto di spiaggia non protetta, posto sottocorrente rispetto a Marina di Carrara, al fine di indurre la deposizione di sedimento vicino la riva e di ridurre così la pendenza trasversale della costa. L'intervento verrà completato con il ripascimento artificiale delle zone maggiormente erose, utilizzando la sabbia dragata dal letto del fiume Magra.

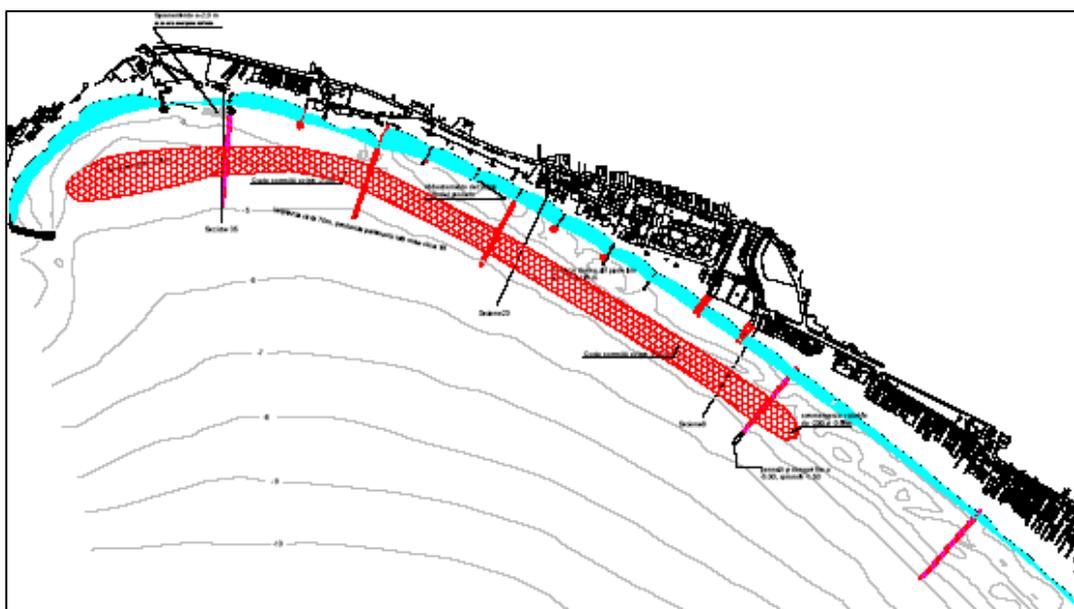


Fig. 3.2.5.9 - Mappa raffigurante le proposte di intervento.

3.2.6 TOSCANA - MARINA DI MASSA

Marina di Massa sorge a Nord del litorale versiliese a pochi chilometri dal confine con la Liguria e poco più a Sud della località di Marinella di Sarzana, esaminata attentamente nel paragrafo precedente. Le stesse indicazioni fornite nella illustrazione di quest'ultima località sono valide per definire l'inquadramento geografico, geologico e morfologico di Marina di Massa.

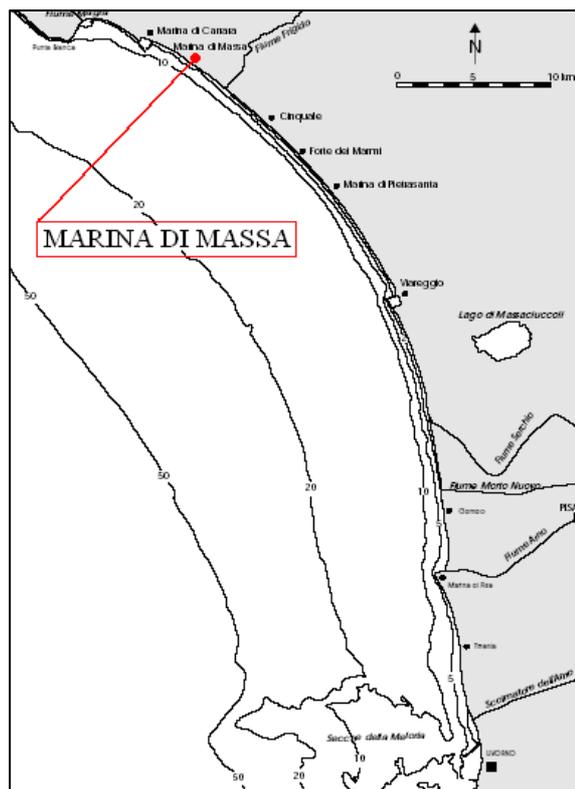


Fig. 3.2.6.1 - Il litorale di Marina di Massa.



Fig. 3.2.6.2 - Breve tratto di spiaggia del litorale di Marina di Massa.

La spiaggia di Marina di Massa è di tipo sabbioso con granulometria fine e media e presenta elevato tenore di quarzo, feldspati e miche (il contenuto di carbonati è invece scarso) ed è il risultato dell'erosione del Macigno⁵, del trasporto e della sedimentazione operata dai numerosi corsi d'acqua, primo tra tutti il fiume Magra, i quali sfociano lungo il litorale.

L'ampio bassopiano, che costituisce il retroterra del litorale versiliese, agli inizi del XIX secolo era completamente acquitrinoso, successivamente fu oggetto di un massiccio intervento di bonifica per prosciugamento; la piattaforma continentale che delimita tale bassopiano ad Ovest, verso il mare, presenta la medesima giacitura sub-orizzontale e raggiunge la profondità di 200 m a circa 30 km dalla costa. Il fondale marino antistante la suddetta area, per tutta la sua estensione, presenta un profilo trasversale di tipo concavo con pendenza media dell'1,61% fra la battigia e l'isobata dei 5 metri, dello 0,71% fra quelle dei 5 e dei 10 metri e dello 0,94% tra la battigia e l'isobata dei 10 metri.

Gli elementi meteomarini tipici del paraggio in esame sono i venti con carattere prevalente che soffiano da Ovest e da Sud-Ovest durante il periodo primaverile ed estivo, mentre quelli provenienti da Nord e da Nord-Est sono più frequenti nel periodo autunnale ed invernale.

I numerosi studi e le altrettanto numerose osservazioni relativi alla determinazione del moto ondoso concordano sul fatto che questo, come la maggior parte delle tempeste che attaccano la costa, provenga in prevalenza da Sud-Ovest.

Marina di Massa	Seawall	1930
	Battery of breakwaters	1957
	Seawalls, breakwaters, groins	1960
	Submerged breakwaters	1960
	Sand by-pass system	1970

Fig. 3.2.6.3 - Cronologia degli interventi di difesa lungo il litorale di Marina di Massa.

La spiaggia di Marina di Massa, analogamente a quella di Marinella di Sarzana, ha subito forti erosioni già a partire dalla fine del XIX secolo, periodo al quale risalgono le prime opere di difesa che caratterizzano il fronte costiero oggi pesantemente "fortificato". Fino al 1850 la spiaggia versava in una ideale condizione di equilibrio che rendeva nel complesso la posizione della linea di

⁵ Formazione collinare dell'Oligocene di tipo sabbioso dell'entroterra toscano, ubicata nella zona di transizione tra la piana costiera versiliese e il piede del versante Sud-Ovest del massiccio montuoso delle Alpi Apuane.

riva stabile. Dopo tale periodo l'azione erosiva cominciò a divenire prevalente e si accrebbe sino a produrre in alcuni tratti arretramenti persino superiori ai 500 m.

La minaccia dell'erosione divenne incombente sia per le infrastrutture viarie e di servizio che per i numerosi stabilimenti balneari presenti lungo il litorale, al punto tale da costringere molti dei titolari delle concessioni ad affrontare ingenti spese per spostarli più all'interno e scongiurare, in tal modo, il rischio di essere letteralmente inghiottiti dal mare.

Successivamente furono avviate campagne di interventi in difesa della costa le quali portarono alla realizzazione di numerose e differenti strutture di tipo rigido (batterie di pennelli, frangiflutti emersi e sommersi per una estensione totale di 9,6 km).



Fig. 3.2.6.4 - Frangiflutti distaccati a Marina di Massa.



Fig. 3.2.6.5 - Ripascimento di spiaggia con ghiaietto di marmo.

La presenza di tali strutture non risolse in maniera definitiva il problema dell'erosione ma lo spostò più a Sud, verso le spiagge non protette che a loro volta richiesero con urgenza la realizzazione di interventi dello stesso tipo, innescando in definitiva un autentico circolo vizioso dai numerosi "effetti collaterali"⁶ ancora oggi riscontrabili.

Ogni anno l'avvio della stagione balneare viene preceduto da localizzati interventi di ripascimento della spiaggia (realizzati su iniziativa del Comune di Marina di Massa in collaborazione con l'associazione di categoria dei proprietari degli stabilimenti balneari) attraverso i quali piccoli quantitativi di sabbia, generalmente dragata dal canale di entrata del porto di Marina di Carrara, vengono sversati sulle spiagge al fine di accrescerne la superficie o di stabilizzare la linea di riva. Per il ripascimento di alcuni tratti di spiaggia non protetti, ultimamente, è stato impiegato ghiaietto di marmo dragato dai vicini corsi d'acqua durante i periodici lavori di manutenzione e pulitura.

Sebbene la principale causa di erosione sia imputabile alla riduzione del sedimento addotto al mare dal fiume Magra (legata al cambiamento dell'utilizzo del suolo, al prelievo di inerti nelle numerose cave sorte in alveo e ai diversi interventi di sistemazione effettuati lungo il suo corso), non meno rilevante è stata la costruzione del porto industriale di Marina di Carrara (nel 1920) che ha intercettato il trasporto solido lungoriva diretto verso Sud, modificando l'andamento della linea di riva delle spiagge limitrofe. L'influenza della presenza del porto sulla dinamica dei sedimenti lungoriva, nonostante la realizzazione dell'impianto di *by-pass* avvenuta nel 1970, ha prodotto, nel periodo compreso tra il 1938 ed il 1998, la progradazione della spiaggia sopracorrente di 44 m, e il ritiro di quella posta sottocorrente di oltre 160 m.

La strategia seguita nella lotta all'erosione delle coste toscane è negli ultimi anni profondamente mutata ed ha intrapreso la strada indicata dalla direttiva emanata dal Parlamento Europeo (L. n.148 pubblicata sulla G.U.C.E. del 6-giugno-2002), relativa alla implementazione negli stati membri di ICZM⁷, rispettosi dei processi naturali.

⁶ Strutture quali pennelli e frangiflutti, sia aderenti che distaccati, sommersi ed emersi, influenzano negativamente il trasporto solido lungoriva e inducono forti variazioni nelle caratteristiche planoaltimetriche dei fondali in cui vengono realizzate. L'energia delle onde, che impattano sui fronti esposti a mare di tali strutture, produce l'allontanamento del sedimento presente ai piedi con conseguente approfondimento dei fondali antistanti e instabilizzazione delle stesse. La loro presenza può implicare il peggioramento della qualità delle acque di balneazione a causa della ridotta possibilità di circolazione e di ricambio delle stesse.

⁷ ICZM: Integrated Coastal Zone Management - Piani di Gestione Integrata delle Aree Costiere.

La Regione Toscana sta lavorando, in collaborazione con le Amministrazioni Provinciali e Comunali, alla redazione di un Piano Regionale per la Gestione Integrata dell'Area Costiera.

La linea di azione da intraprendere prevede che venga mantenuta la "convivenza" tra le gli *interventi di tipo soft e le strutture di difesa di tipo hard* preesistenti previo modifica di queste ultime, nella fattispecie l'abbassamento dei pennelli e delle barriere frangiflutti ubicati nel tratto a Nord del litorale, da effettuare sulla base delle indicazioni fornite dalla costruzione, in via sperimentale, dei 3 pennelli sommersi nel vicino abitato di Marina dei Ronchi. In quest'area, localizzata a Sud delle ultime strutture di difesa di Marina di Massa, il tasso medio di ritiro della linea di riva è stato di 4 m/anno nel periodo compreso tra il 1985 ed il 1999.

Dopo la costruzione di tali pennelli, assieme ad un ripascimento di 35.000 m³ fatto con sabbia e ghiaia, l'intero tratto di costa sta adesso attraversando una fase di stabilità, con accrescimenti locali di circa 10 m dal 1999 al 2004, come mostrano i dati raccolti attraverso un dettagliato programma di monitoraggio. I pennelli si estendono dalla spiaggia emersa, ove sono interrati in trincea, fino all'isobata dei 3 metri e sono costituiti da sacchi in polipropilene (con 3x1,8 m di lato), riempiti con circa 1,5 m³ di sabbia ciascuno (e dal peso medio di 3,7 t) disposti in 2, 3 o 4 strati. Il posizionamento dei sacchi nel tratto di spiaggia sommersa è stato effettuato tramite benna, seguendo le indicazioni fornite dai sommozzatori.

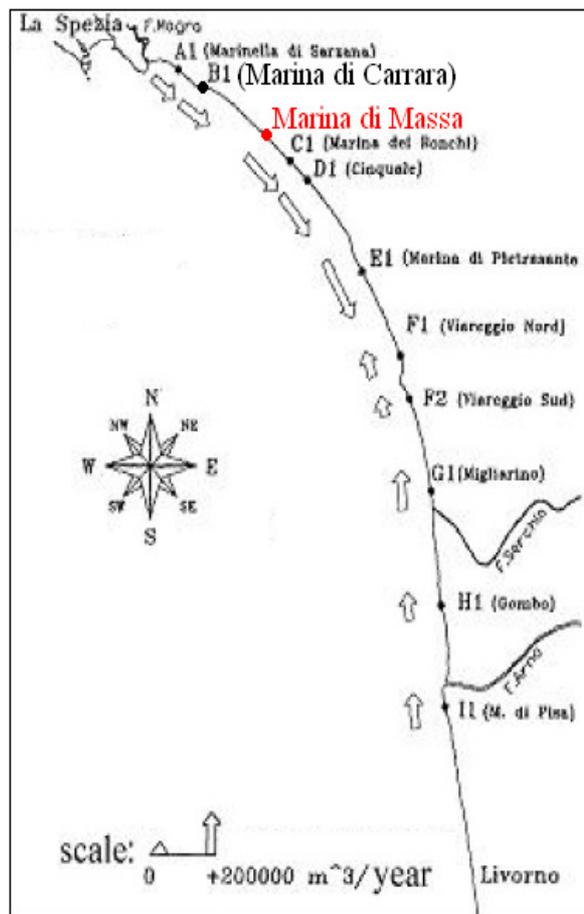


Fig. 3.2.6.6 - Schema sinottico della direzione delle correnti lungoriva e del trasporto solido potenziale netto.



Fig. 3.2.6.7 - Porto di Marina di Carrara con indicata la posizione della linea di riva nel periodo antecedente la sua realizzazione.



Fig. 3.2.6.8 - Costruzione dei pennelli sulla spiaggia di Marina dei Ronchi. Fasi del riempimento (foto a sinistra) e del posizionamento dei sacchi rispettivamente in trincea (foto a destra in alto) e in mare (foto a destra in basso).

4 L'EROSIONE COSTIERA IN PUGLIA

4.1 PRINCIPALI STUDI PRECEDENTI

4.1.1 COMMISSIONE DE MARCHI (1968)

Anche sulle coste della Regione Puglia, come per quelle italiane esaminate nel paragrafo 3.1, negli ultimi decenni si sono manifestati in modo palese locali e diffusi fenomeni di erosione dei litorali sabbiosi. I primi dati sono scaturiti nell'ambito della Commissione de Marchi. Nella figura 4.1.1.1 è riportato un dettaglio della costa regionale estratta dalla carta di sintesi, di cui si è discusso nel paragrafo 3.1, redatta dalla Commissione; in essa sono evidenziati i principali tratti regionali in erosione al 1968. Non si sono reperiti dati sulla lunghezza della costa ritenuta in erosione, tuttavia la figura consente di fare interessanti considerazioni sul fenomeno e sulle cause che le hanno determinate.

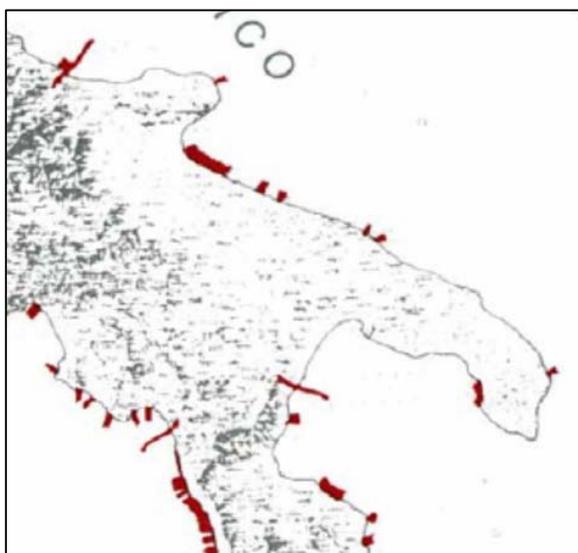


Fig. 4.1.1.1 - Stralcio della Puglia dalla carta di sintesi dei tratti di litorale in erosione. Situazione al 31.10.68 (C.I.S.S.I.D.S.).

La figura evidenzia a nord delle criticità nei tratti adiacenti ai fiumi Saccione e Fortore; queste sono da attribuire principalmente alle sistemazioni idrauliche dei corsi d'acqua e a quelle idraulico-forestali delle aree interne della Puglia, Molise e Campania realizzate in modo consistente dopo la seconda guerra mondiale. Infatti, all'epoca dello studio, la fascia costiera non era stata ancora interessata da significativi interventi antropici e la diga di Occhito sul Fortore non era ancora entrata in esercizio. Questo caso mostra la contrapposizione, più volte richiamata, tra gli interventi compiuti nell'entroterra per l'uso e la difesa del suolo e la conservazione dei litorali.

Altre criticità isolate sono segnalate in più punti della costa pugliese sia adriatica che ionica (nel Gargano, nel barese e nel leccese), mentre è da evidenziare la totale assenza di aree a rischio erosivo sulla costa ionica, da Taranto fino al confine con la Basilicata.

Fenomeni analoghi a quelli riscontrati in corrispondenza dei fiumi Fortore e Saccione, si ritrovano, invece, più a sud, sulla costa lucana, in prossimità della foce del fiume Sinni; anche questi sono attribuibili a sistemazioni idraulico-forestali operate nelle zone interne del bacino idrografico. Invero, già negli anni immediatamente successivi ai lavori della commissione De Marchi, alcuni studi (Cotecchia V. ed altri, 1971 e Cocco E., 1975), mostrarono una inversione di tendenza nell'intero litorale ionico pugliese che, dall'essere storicamente in avanzamento incominciava a manifestare fenomeni di arretramento.

Dagli studi della Commissione De Marchi non si sono avute indicazioni sulla lunghezza dei tratti di costa pugliese in arretramento.

Tornando alla figura 4.1.1.1, si nota una zona di arretramento nel tratto di costa tra il Porto di Margherita di Savoia e Manfredonia. Qui l'avvio del fenomeno erosivo è certamente riconducibile alla costruzione del porto di Margherita di Savoia, avvenuta nel 1952, ed, in particolare, alla realizzazione del molo di levante che, intercettando il trasporto solido netto proveniente dall'Ofanto ha determinato un notevole avanzamento del litorale ad Est del porto, in parte subito interessato da un ampliamento dell'urbanizzazione della città, ed un arretramento nella zona a ponente che, negli anni, si è protratta fino alla zona di Siponto.



Fig. 4.1.1.2 - Immagine IKONOS (maggio 2005) del litorale a levante e a ponente del porto di Margherita di Savoia e, in rosso, la linea di costa del 1952 (Immagine acquisita nell'ambito del Progetto IMCA)

Questo caso, insieme a tanti altri che si sono verificati in Italia e all'estero, è indicativo dell'effetto che può avere sul territorio un'opera a mare realizzata senza aver prima condotto un accurato studio della dinamica dei sedimenti nell'intera Unità Fisiografica. Negli anni successivi

alla costruzione del porto, per contenere l'arretramento, sulla costa tra Margherita di Savoia e Siponto sono state realizzate numerosissime opere di protezione, quasi l'80% del totale delle opere di difesa realizzate sui litorali pugliesi. I pennelli e le scogliere radenti hanno stabilizzato in parte il litorale, anche se, visto il ridotto apporto di sedimenti alla fascia litoranea, non si sono verificati gli avanzamenti della linea di riva auspicati. La tendenza evolutiva è ancora in atto; dalla figura 4.1.1.2 si vede che l'arretramento della linea di riva a ponente del porto dal 1952 al 2005 è di circa 120 m e l'avanzamento a levante di circa 210 m.

E' da evidenziare che il tratto di litorale ha una valenza ambientale notevolissima per la presenza di stagni, saline, cordoni dunari, ecc. che sono a fortissimo rischio. Già allo stato attuale in concomitanza di eventi meteorici e meteomarini, anche non eccezionali, vaste aree, ed alcuni villaggi turistici realizzati nella fascia costiera, sono inondate dalle acque del mare e dei fiumi. Nella figura 4.1.1.3 è riportata una foto di un tratto del litorale a ponente del porto di Margherita di Savoia, zona tra Ippocampo (comune di Zapponeta) e Scialo dei Saraceni (comune di Manfredonia) nella quale sfocia il Torrente Cervaro, ripresa nell'ottobre 2003 dopo un evento meteorico e meteomarino, nella quale sono evidenti le aree inondate.



Fig. 4.1.1.3 - Foto di un tratto del litorale a Nord del porto di Margherita di Savoia dopo un evento meteorico e meteomarino dell'ottobre 2003.

Se si dovessero confermare le ipotesi di sollevamento del livello del mare di 80 cm nei prossimi cento anni quasi tutta l'area costiera sarebbe inondata. Questo evento avrebbe un impatto socio economico di grande rilevanza, per cui occorre pianificare delle soluzioni a lungo termine. I piani devono prevedere una valutazione approfondita dei rischi e dei costi e le conseguenze delle differenti azioni possibili: proteggere, non intervenire, abbandonare la zona.

4.1.2 ATLANTE DELLE SPIAGGE ITALIANE, 1997

Una analisi più dettagliata della costa pugliese è stata eseguita per la redazione dell'Atlante delle Spiagge Italiane, 1997; nella figura 4.1.2.1 è riportata la tendenza evolutiva della costa pugliese risultante dallo studio. Un confronto di questa figura con quella della Commissione De Marchi (redatta nel 1968, ossia circa trenta anni prima) evidenzia una situazione molto evoluta, purtroppo, in senso negativo. Infatti, i fenomeni di arretramento della costa, siano essi puntuali o estesi a lunghi tratti, sono notevolmente aumentati.

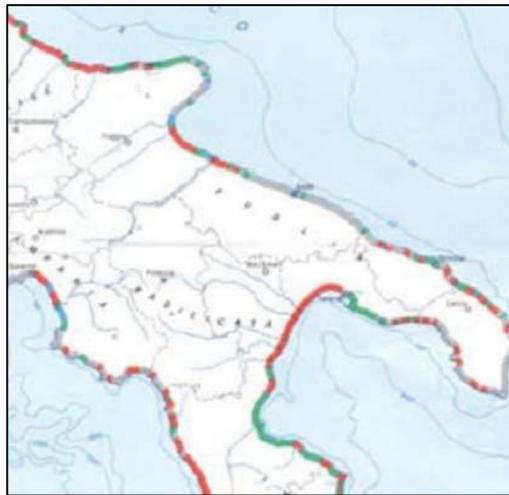


Fig. 4.1.2.1 - Stralcio della Puglia dell'Atlante delle Spiagge Italiane.

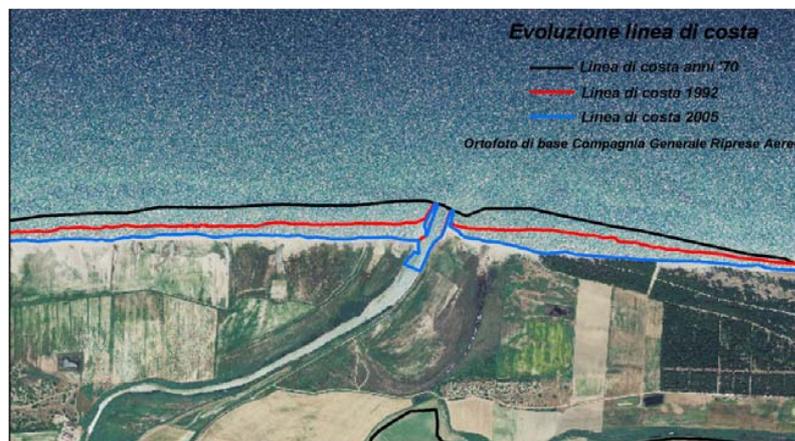


Fig. 4.1.2.2 - Evoluzione della linea di costa in adiacenza del Fiume Fortore.

Non è possibile in questa sede fare una trattazione circostanziata, ma certamente alcune considerazioni interessanti si possono trarre dal confronto dell'evoluzione dei tratti costieri della zona del Saccione - Fortore, dell'Ofanto e della costa ionica, da Taranto al confine regionale.

Nel primo tratto si nota che le criticità che nel 1968 erano circoscritte alle foci del Fortore e del Saccione, nel 1997 si erano allargate all'intero tratto di costa, situazione, questa, che permane

ancora oggi, come si vede dalla figura 4.1.2.2 nella quale è riportata l'evoluzione storica della foce del Fortore dal 1970 al 2005; l'arretramento della linea di riva a ponente è di circa 146 m e a levante di circa 154 m.

Le cause di tale situazione possono essere ricercate in numerosi fenomeni, di seguito richiamati, che sono tutti intervenuti negli anni, e che certamente hanno contribuito alla determinazione delle condizioni attuali anche se in misura diversa.

Nell'area, ad esempio, vi è certamente stata una urbanizzazione della fascia costiera, ma i dati indicano che essa non è stata particolarmente consistente; nella piana alluvionale, inoltre, sono state eseguite sistemazioni del suolo ed è stata avviata una agricoltura intensiva, a cui si sono accompagnati consistenti emungimenti di acqua dal sottosuolo che potrebbero aver determinato subsidenza, anche se dati specifici significativi, in questo senso, non sono stati reperiti; infine in trenta anni (periodo per il quale si hanno informazioni di questo genere) non si è avuto un forte sollevamento del livello del mare. La causa, perciò, che più delle altre ha inciso è la drastica riduzione di sedimenti trasportati dai fiumi a mare, a seguito di azioni antropiche e delle sistemazioni idrauliche nel bacino idrografico a cui, nel caso del Fortore, si è accompagnata la realizzazione dell'invaso di Occhito, diga in terra del volume di 250.000.000 mc. E' inoltre da evidenziare che, in anni recenti, sul fiume Biferno, nella parte del Molise dell'unità fisiografica n. 1, è entrata in esercizio la diga Guardialfiera, circa 50.000.000 di mc di acqua invasata.

La figura 4.1.2.2 indica, anche se solo in modo qualitativo, che il trend dell'arretramento sembra diminuire negli anni; cioè ad un forte arretramento nella fase iniziale dell'impatto, ossia subito dopo la realizzazione dell'invaso, ne segue uno più lento. In questa ultima fase, tenendo presente anche la naturale variabilità temporale del profilo della spiaggia emersa e sommersa, è difficile, se non impossibile, effettuare una analisi attendibile dell'evoluzione del litorale senza un adeguato e continuo monitoraggio.

I dati dell'Atlante mostrano anche una nuova criticità sia alla foce dell'Ofanto che nel tratto di litorale tra l'Ofanto e Barletta. Gli arretramenti in questo ultimo tratto sono in parte dovuti ad una precedente deviazione artificiale della foce del corso d'acqua, figura 4.1.2.3, e, principalmente, alla riduzione dell'apporto solido dal fiume dovuto sia alle azioni antropiche nel bacino idrografico che alla realizzazione di diversi invasi e traverse lungo l'asta fluviale (schema dell'Ofanto costituito dalle dighe di Conza, Saetta, Rendina, Marano Capacciotti e Locone oltre alla traversa di Santa Venere. La quantità di acqua regimabile ammonta a circa 310.000.000 mc l'anno).

Per quanto riguarda la costa ionica, da Taranto (Lido Azzurro) al confine regionale (Ginosa Marina - sponda sinistra del fiume Bradano), figura 4.1.2.4, l'Atlante delle spiagge, a differenza dello studio della Commissione De Marchi, indica che tutta la fascia costiera nel 1997 presentava

una tendenza all'arretramento. La Commissione De Marchi aveva segnalato, come si è detto, l'erosione alla foce del Sinni, però non vi erano indicazioni particolari, anche perché non si erano verificati fenomeni erosivi vistosi e il litorale era abbastanza naturale e con limitati insediamenti.

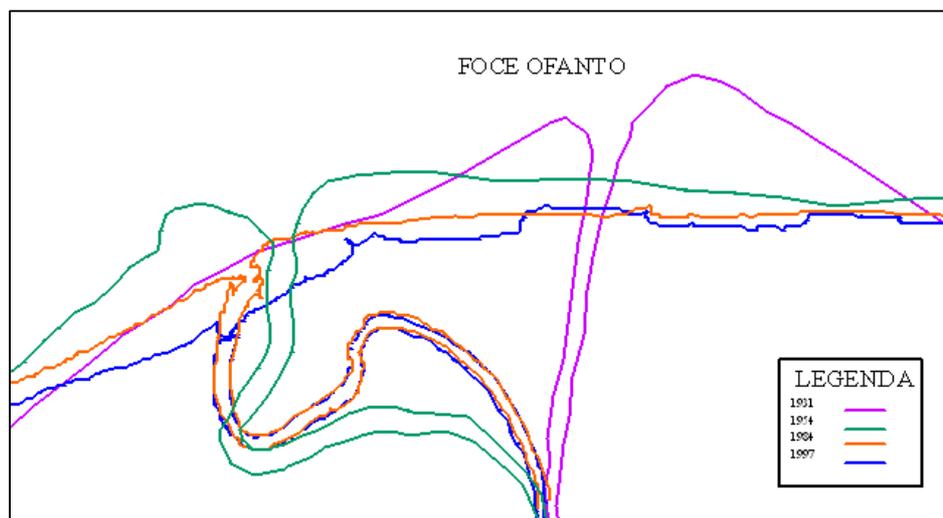


Fig. 4.1.2.3 - Trasformazioni della foce del fiume Ofanto nel periodo compreso tra il 1931 ed il 1997.

Numerosi sono i corsi d'acqua che sfociano nell'Unità fisiografica in cui è inserito il tratto di costa, tra i quali il fiume Bradano che con il suo corso segna il confine naturale tra la Puglia e la Basilicata.



Fig. 4.1.2.4 - Litorale compreso tra Lido Azzurro e la sponda destra del Bradano.

Le spiagge presenti sono quasi ovunque di tipo basso e sabbioso, delimitate verso l'entroterra da vaste zone umide o da cordoni dunari con altezza variabile da pochi metri, nella zona più ad Ovest, fino a raggiungere i 10-12 metri in quella più ad Est.

Le cause della sensibilità del litoraneo risalgono a molti anni addietro e sono imputabili all'azione antropica. La realizzazione della linea ferroviaria, e delle varie viabilità, il massiccio intervento di bonifica delle aree paludose e malsane presenti nella piana costiera, risalente ai primi decenni del '900, avviarono le prime trasformazioni della fascia costiera. La ripresa economica del secondo dopoguerra vide poi la crescita del turismo di massa e di conseguenza una consistente domanda di utilizzo delle aree adiacenti il mare per la costruzione di abitazioni, stabilimenti balneari, accessi alle spiagge e aree di campeggio. Tale attività, favorita da una mancanza e/o insufficienza di normative a favore della protezione delle aree ambientali, ha determinato in molti casi la distruzione delle dune, così che spesso ci si trova di fronte a resti di banchi dunari appiattiti e affetti da numerose falle che difficilmente provvedono al rifornimento delle spiagge antistanti e alla protezione delle aree retrodunali.

Le sistemazioni idraulico forestali nei bacini idrografici prima e i numerosi invasi realizzati sui vari corsi d'acqua poi hanno ridotto drasticamente il quantitativo di sedimenti veicolato verso il mare. Da notare che in tale area vi sono due schemi idrici di fondamentale importanza per l'approvvigionamento di risorsa idrica (per uso irriguo, idropotabili e industriale) per le Regioni Basilicata e Puglia. Esistono infatti due schemi fondamentali: Basento - Bradano, dai nomi dei due fiumi omonimi, e del Sinni - Agri, dai nomi dei due fiumi omonimi. Nel primo schema sul fiume Bradano vi sono le dighe di Aderenza, Genzano, Basentello, Capodacqua, Pentecchia, Gravina e San Giuliano; mentre sul fiume Basento vi è la diga del Camastra e la traversa di Trivigno. Lo schema può regimare una quantità di acqua di circa 175.000.000 mc l'anno. Nel secondo schema, sul fiume Agri, vi sono le dighe di Marsico Nuovo e del Pertusillo e le traverse sul Sauro e sull'Agri; sul fiume Sinni vi è la diga di Monte Cotugno e la traversa sul fiume Sarmento. Lo schema può regimare una quantità di acqua di circa 1.000.000.000 mc l'anno.

Il trasporto di sedimenti a mare è stato poi ridotto anche dall'incontrollata estrazione di ingenti quantitativi di ghiaia e sabbia dagli alvei.

Tutte queste cause antropiche hanno determinato una forte erosione prima delle foci dei fiumi e del litorale lucano per poi interessare la costa pugliese verso cui da Ovest arriva il trasporto prevalente netto dei sedimenti. E' da considerare che sul litorale pugliese, a meno della realizzazione di alcune foci armate e delle opere per l'ampliamento del porto di Taranto di cui si dirà di seguito, non sono state eseguite opere a mare significative.

Nella zona più ad Est del tratto di costa in esame ha avuto un'influenza rilevante la costruzione del Molo Polisettoriale del nuovo porto industriale della città di Taranto; la realizzazione della diga di sottoflutto (lunga 1.500 m), figura 4.1.2.5, e la deviazione verso est della foce del fiume Tara, hanno modificato la dinamica dei sedimenti per cui a ridosso del molo si è avuto un forte avanzamento della linea di riva, mentre più a Ovest, zona del lido Azzurro si innescò un processo erosivo ancora in atto, mitigato in parte dalla realizzazione di opere di protezione parallele alla linea di costa.

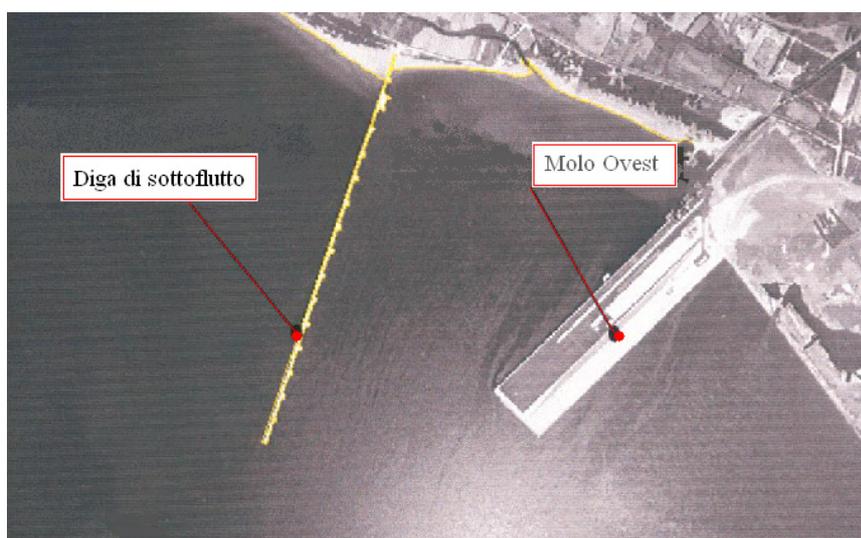


Fig. 4.1.2.5 - Veduta aerea del porto industriale di Taranto con elementi strutturali in fase di costruzione. Si nota la foce del fiume Tara ancora all'interno del bacino e che successivamente sarà deviato ad Ovest, in aderenza alla diga di sottoflutto.

Fra i tanti aspetti negativi, però, è da citare il fatto che, ancora oggi, nella fascia costiera ionica pugliese, la pressione antropica, se pure consistente, è fortemente localizzata in pochi centri quali Chiatona, Castellaneta Marina, Riva dei Tessali e Ginosa Marina, mentre esistono larghi tratti di litorale ancora totalmente privi di insediamenti abitativi. E' probabilmente questa una delle ragioni per cui il trend erosivo manifestatosi negli anni, sembra in fase di diminuzione, se si fa eccezione per la zona di Lido Azzurro sopra citata. Alcuni studi recenti sembrano addirittura segnalare una situazione di "quasi stabilità" del litorale.

Ciò nulla toglie al fatto che il tratto di litorale resta fra quelli ad alta sensibilità ed è necessaria una riduzione della pressione antropica oltre che un monitoraggio continuo il quale consenta di isolare i fenomeni di arretramento veri e propri, che denotano situazioni patologiche dei litorali, da altri che, seppure indichino anch'essi un arretramento della costa, in realtà, possono essere classificati come estemporanei perché ritraggono una situazione fotografata in un determinato momento: sono, per esempio, le variazioni stagionali della linea di riva - fenomeni del

tutto naturali, che in litorali sabbiosi molto bassi, come appunto quelli dell'arco ionico, possono provocare variazioni anche di alcune decine di metri fra una stagione e l'altra; oppure, più banalmente, le variazioni dovute alla sistemazione delle spiagge da parte dei gestori all'inizio della stagione balneare. Tutti aspetti che devono essere inquadrati nel giusto contesto temporale mediante un attento e continuo monitoraggio.

Nello studio dell'Atlante delle spiagge italiane, oltre alla tendenza evolutiva dei litorali, è infine riportato anche il dato relativo alla costa sabbiosa pugliese che risulta in arretramento per un totale di 89 Km ed in avanzamento per solo 1 Km. Quindi al 1997 in Puglia la percentuale di costa bassa sabbiosa pugliese con tendenza all'arretramento rapportata alla lunghezza totale di tale tipo di costa era di circa il 29%, valore appena inferiore a quello nazionale, che, come si è detto innanzi, è del 32%.

4.1.3 STUDI PRELIMINARI PER LA REDAZIONE DEL PIANO DI BACINO REGIONALE

A livello regionale nel 2000 si conclusero gli "Studi preliminari per la redazione del Piano di Bacino Regionale" che la Regione Puglia, mediante apposita Convenzione, aveva affidato al Dipartimento di Geologia e Geofisica (DGG) dell'Università di Bari, al Dipartimento di Ingegneria delle Acque (DIA) del Politecnico di Bari e all'Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA) del C.N.R.. Nell'ambito dello studio, tra altro, era previsto l'analisi della "Geofisica relativamente allo studio della dinamica costiera per aree critiche"; in questa attività è stata studiata la variazione della linea di riva delle coste sabbiose, partendo dalla cartografia e dai dati storici esistenti. Lo studio completò l'indagine conoscitiva che aveva portato all'Atlante delle Spiagge Italiane analizzando in dettaglio anche molti tratti critici e producendo una carta regionale della costa pugliese che riporta la tendenza evolutiva al 2000. Per approfondimenti si rinvia alla Relazione Finale del lavoro.

4.1.4 PROGETTO ESECUTIVO MONITORAGGIO P.O.R. PUGLIA 2000 - 2006

La Regione Puglia ritenendo importante il monitoraggio della fascia costiera, nell'ambito del P.O.R. Puglia 2000 - 2006, ha previsto una serie di azioni di monitoraggio fra cui quella degli interventi di difesa costiera già finanziati e realizzati (Misura 1.3 - Sottoazione 2b dell'area di azione 2 - Difesa delle coste regionali colpite da fenomeni di subsidenza ed erosione dei litorali sabbiosi e dissesto dei litorali rocciosi) e quella dell'evoluzione costiera, basato su riprese aeree ripetute a cadenza stagionale, con successiva restituzione cartografica (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).

Con Delibera di G.R. n. 1411 del 23 ottobre 2001, la Regione Puglia, per l'attuazione delle suddette azioni, prevedeva di avvalersi di strutture pubbliche Universitarie e di Ricerca che già collaborano con la Regione per la redazione degli studi preliminari per la redazione dei Piani di Bacino ed in particolare del Politecnico di Bari - Dipartimento di Ingegneria delle Acque e di Chimica (DIAC), attraverso il Laboratorio di Ricerca e Sperimentazione per la Difesa delle Coste (LIC), dell'Università degli Studi di Bari - Dipartimento di Geologia e Geofisica (DGG) e dell'Istituto di Ricerca delle Acque (IRSA) del C.N.R., come peraltro previsto nel Complemento di Programmazione.

Le suddette strutture pubbliche, costituitesi in ATI, hanno firmato una Convenzione con la Regione Puglia con la quale si sono impegnate all'attuazione tecnica ed amministrativa del "Progetto Esecutivo" delle azioni, redatto dall'ATI ed approvato dalla Regione.

Il Progetto Esecutivo è stato redatto dall'ATI nel 2003 ed approvato dalla Regione nel maggio del 2004. In esso sono riportate in dettaglio tutte le attività.

Il Progetto prevedeva numerose azioni, alcune delle attività previste consistono nell'installazione di attrezzature fisse in grado di fornire dati in modo continuo nel tempo (quali anemometri, boe ondametriche, Web Cam, ecc.); altre, invece, consistono in rilievi in situ, ripetuti a cadenza prefissata in modo da poter verificare l'evoluzione del litorale (quali rilievi planimetrici e batimetrici della fascia costiera, voli per rilevare la cartografia della fascia costiera sabbiosa e ricognizioni aeree visive con foto e video, ecc.).

Ovviamente, il Progetto prevedeva una fase di start up in cui raccogliere tutti i dati già disponibili (quali cartografia di base, informazioni presso Amministrazioni comunali, ecc.). Il Progetto prevedeva fra l'altro che tutti i dati raccolti potessero essere resi pubblici mediante pubblicazione in un sito Internet (SIMOC), le cui modalità di accesso non sono ancora del tutto definite, ma che potesse essere uno strumento essenziale per fornire i dati di input per le progettazioni che riguardano la fascia costiera e per una più corretta gestione del territorio.

Le attività dello studio sono ancora in atto e termineranno nell'ottobre 2008.

Per quanto riguarda l'aspetto specifico dell'evoluzione dei litorali lo studio in fase di redazione del Progetto Esecutivo del Monitoraggio aggiornò le informazioni disponibili dagli "Studi preliminari per la redazione del Piano di Bacino Regionale" producendo una "Carta della costa pugliese: geomorfologia e opere di difesa", costituita da 21 fogli ed aggiornata al 2003; da essa si ricava che la lunghezza dei tratti di costa sabbiosa in arretramento è circa 117 km e quella di quelli in avanzamento circa 10 km. Questo significa che la costa sabbiosa in erosione è aumentata rispetto all'Atlante delle spiagge italiane, passando da 89 km a 117 km, con una percentuale aumentata dal 29% al 39%.

Nella figura 4.1.4.1 è riportata una sintesi dello studio con l'indicazione dei tratti in arretramento, in rosso, e in avanzamento, in verde.

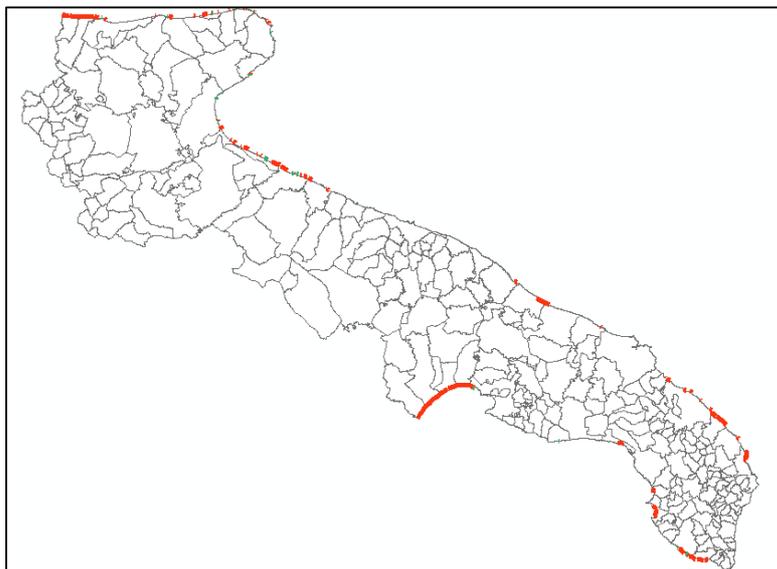


Fig. 4.1.4.1 - Carta della costa pugliese con le tendenze evolutive al 2003; in rosso sono indicati i tratti in arretramento e in verde quelli in avanzamento (Progetto Esecutivo POR 2000 - 2006).

Le attività di monitoraggio sono in corso e si concluderanno nel 2008. Alcuni risultati parziali relativi all'evoluzione della linea di riva negli ultimi due anni saranno presentati e discussi successivamente.

4.1.5 MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO

Successivamente al 2003, come si è detto al paragrafo 3.1, vi sono gli studi a livello nazionale del 2006 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio, 2006) e dell'APAT (Barbano A., ed altri, 2006). Per il primo studio i dati disponibili sono molto pochi, mentre per il secondo l'APAT, che qui si ringrazia, ha messo a disposizione i dati della costa pugliese.

Nella figura 4.1.5.1 è riportato uno stralcio della costa pugliese ripreso dallo studio del Ministero dell'Ambiente con l'indicazione dei tratti in avanzamento e in arretramento nel periodo 1950 - 2000.

Sebbene nel complesso le zone critiche siano le stesse individuate negli studi precedenti, vi sono alcune modificazioni locali di non poco conto. In particolare, per la costa ionica, dalla figura si notano alcune criticità sui litorali a levante di Taranto, mai riscontrate prima; inoltre, fatta eccezione per l'arretramento a Ovest del Molo Polisettoriale, la restante parte della costa pugliese risulta in avanzamento o in situazione di stabilità, mentre nei due studi precedenti tutto il tratto era stato

classificato in arretramento. Sull'arco ionico sono prevalenti i tratti in arretramento, anche se, però, ve ne sono alcuni in avanzamento.

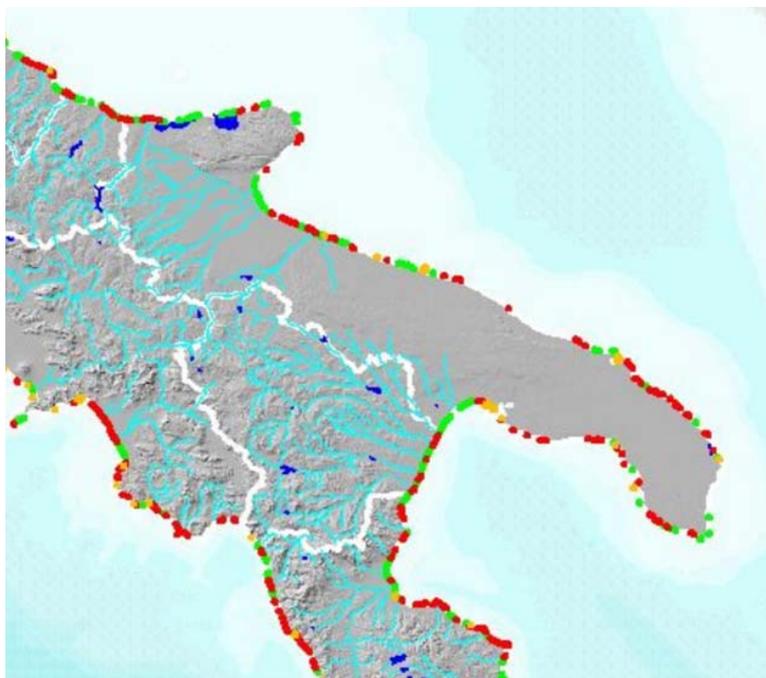


Fig. 4.1.5.1 - Stralcio della costa pugliese dalla linea di costa italiana dal 1960 al 2000, Ministero dell'Ambiente.

Questi risultati confermano la sensibilità dell'Unita Fisiografica del litorale ionico e fornisce dati confortanti per il tratto pugliese, anche se, per quanto detto precedentemente, occorrerebbe interpretare meglio il dato di partenza, conoscere cioè il periodo dell'anno nel quale è stato eseguito il volo del 2000 da cui è stata estratta la relativa linea di riva.

Riferendosi sempre allo studio del Ministero dell'Ambiente i tratti di costa bassa pugliese in arretramento hanno una lunghezza di 199,2 km, mentre quelli in avanzamento di 199,6 km. Anche qui sono naturalmente valide tutte le considerazioni fatte sullo studio nel paragrafo 3.1.

4.1.6 STUDIO DELL'APAT

I risultati dello studio dell'APAT danno la stessa tendenza evolutiva di quello del Ministero dell'Ambiente, salvo le lunghezze dei tratti di costa bassa in avanzamento o in erosione che sono diversi in quanto, come si è detto al paragrafo 3.1, i due studi, pur partendo dalle stesse linee di riva, hanno definito i tratti in avanzamento o in arretramento facendo riferimento ad un range di 10 m nello studio del Ministero dell'Ambiente ed uno di 30 m in quello dell'APAT. Infatti, quest'ultimo studio riporta che i tratti di costa bassa pugliese in arretramento hanno una lunghezza di 127 km, mentre quelli in avanzamento sono 97 km.

Per lo studio dell'APAT sono disponibili anche le lunghezze dei tratti di costa pugliese sabbiosa in arretramento e in avanzamento che sono rispettivamente di 69 km e 73 km. I tratti in arretramento sono minori di quelli trovati nel Progetto esecutivo del P.O.R. Puglia 2000 - 2006, ossia 117 km; la differenza - 48 km - è imputabile principalmente al fatto che in quest'ultimo studio il litorale ionico pugliese, da Taranto a Ginosa della lunghezza di circa 30 km, è considerato per intero in arretramento, mentre nello studio dell'APAT è ritenuto stabile.

4.1.7 CONSIDERAZIONI

In conclusione tutti gli studi concordano che i litorali pugliesi sabbiosi dal 1950 al 2000 hanno avuto una tendenza all'arretramento.

Per quanto riguarda le azioni e/o le prescrizioni è opportuno prendere a riferimento i tratti individuati nel Progetto esecutivo P.O.R. Puglia 2000 - 2006 ed aggiornato al 2003.

4.2 PRESENTE STUDIO

Nel presente studio, dopo l'esame di quelli precedentemente condotti, si è analizzata la tendenza evolutiva della costa pugliese negli ultimi anni al fine di verificare quella di alcuni tratti, quale il litorale ionico, per i quali negli studi precedenti vi erano delle discordanze, ma principalmente per effettuare una quantizzazione sia delle lunghezze che delle aree dei tratti in arretramento o avanzamento.

Nello studio della fascia costiera in altri elaborati sono state analizzati anche altri aspetti, quali: l'altimetria e l'orografia - queste due componenti, infatti, hanno spesso influenzato significativamente le dinamiche e le stesse forme insediative, le lame e l'idrografia superficiale - lame (fiumi fossili) e fiumi sono le principali fonti che alimentano il deposito di sedimenti lungo la fascia costiera, oltre che elementi di connessione ecologica fra mare e terraferma; la tipologia della costa - costa alta o bassa, rocciosa o sabbiosa, la cui articolazione complessa concorre a definire elementi di ricorrenza del territorio costiero; i caratteri geologici - essi contribuiscono in maniera significativa a comprendere gli elementi strutturanti della morfologia costiera -; le zone umide e i caratteri ambientali (aree marine protette, SIC, ZPS, ambiti rilevanti desunti dal Piano Urbanistico Territoriale Tematico per il Paesaggio) - sono le zone di maggior pregio ambientale, già definite dal sistema della pianificazione sovraordinata; il sistema vegetazionale che concorre a caratterizzare la fascia costiera in senso ambientale, dando ulteriore significato ai luoghi.

4.2.1 UNITA' FISIOGRAFICHE

Anzitutto nello studio si è ritenuto indispensabile suddividere la costa regionale in Unità Fisiografiche. Queste individuano tratti di costa in cui il trasporto solido, dovuto al moto ondoso e alle correnti litoranee, è confinato. In genere, le unità fisiografiche sono delimitate da promontori le cui conformazioni non consentono l'ingresso e/o l'uscita di sedimenti dal tratto di costa.

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 superiore a 10 metri. Dette opere a tutti gli effetti sono degli sbarramenti del trasporto solido longitudinale. Per un'analisi di maggior dettaglio, all'interno di ogni unità fisiografica sono state individuate delle sub-unità delimitate o da piccoli promontori o da opere a mare le cui estremità sono realizzate su fondali con profondità inferiore a 10 metri.

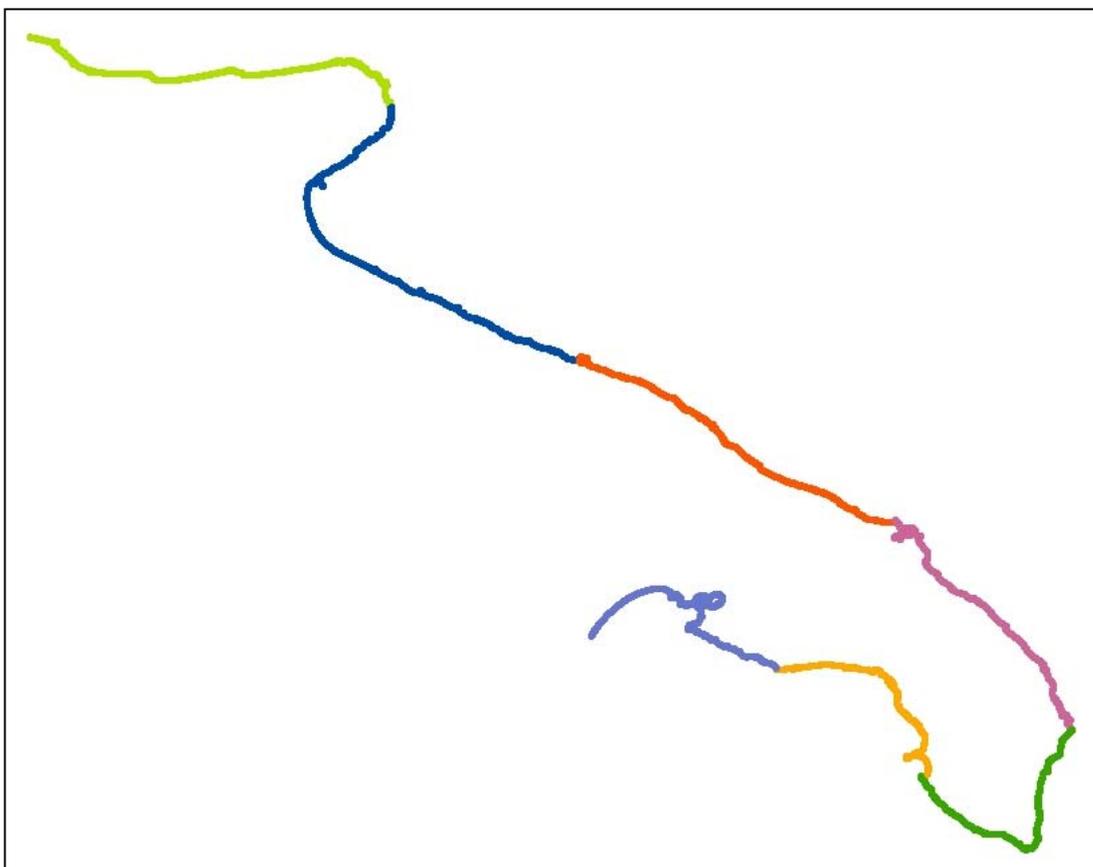


Fig. 4.2.1.1 - Pianta della costa pugliese con le unità fisiografiche.

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. 4.2.1.2 - Le unità fisiografiche con le rispettive sub-unità.

La suddivisione della costa in unità fisiografiche 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 si sono individuate 7 unità fisiografiche. La prima parte dal Molo sopraflutto del porto di Termoli (Molise), mentre la settima termina a Capo Spulico (Calabria).

Nella figura 4.2.1.1 è riportata una pianta con indicate le unità fisiografiche (UF) individuate, mentre nella tabella della figura 4.2.1.2 sono riportate le stesse con l'indicazione delle sub-unità (SUB UF), con i nomi identificativi, e i Comuni che hanno tratti di costa che vi ricadono, con le relative lunghezze.

E' da evidenziare che le unità fisiografiche così definite non coincidono con la classificazione degli ambiti territoriali fatta dalla Regione, 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 Candelabro, 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, 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.

4.2.2 CARATTERISTICHE DELLA COSTA PUGLIESE

La Regione Puglia ha acquisito dalla Compagnia Generale Ripreseeree SpA (CGR) di Parma l'ortofoto digitale a colori a scala 1:10.000 "TerraItaly™ NR" – Anno 2005 - a copertura dell'intero territorio regionale. Il presente studio ha assunto come base cartografica le suddette ortofoto aggiornando tutte le conoscenze sul litorale regionale precedentemente in possesso dagli scriventi.

La prima operazione condotta sulle mappe è stata la digitalizzazione della linea di riva dalle foto, che ha permesso di quantificare con maggiore precisione l'estensione del litorale, in quanto le ortofoto utilizzate presentano elevate caratteristiche di risoluzione e precisione.

La dimensione nominale del pixel è, infatti, di circa 50 cm x 50 cm in coordinate terreno, mentre il modello numerico del terreno ha una struttura matriciale con passo di 40 metri.

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. Dalla tabella 4.2.2.1. si osserva che la lunghezza della costa regionale risulta maggiore della lunghezza ufficiale della costa pubblicata ad esempio nei 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 (tabella 4.2.2.1, figure 4.2.2.1 e 4.2.2.2.), ad esclusione delle Isole Tremiti, si estende per circa 940 km ed è costituita per il 33% da spiagge sabbiose, per il 33% da coste rocciose basse, per il 21% da alte falesie, e per il 5% 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 costa	Lunghezza (km)	% Lunghezza
costa rocciosa	322.72	33.26
costa rocciosa con spiaggia ciottolosa al piede	6.16	0.63
costa rocciosa con spiaggia sabbiosa al piede	30.91	3.19
spiaggia ciottolosa	9.73	1.00
spiaggia sabbiosa	319.48	32.92
spiaggia sabbiosa-ciottolosa	5.34	0.55
falesia	205.64	21.19
falesia con spiaggia sabbiosa al piede	16.69	1.72
rias	5.13	0.53
tratto fittizio	48.62	5.01
TOTALE	970.42	100%

Tab. 4.2.2.1– Morfologia della costa pugliese.

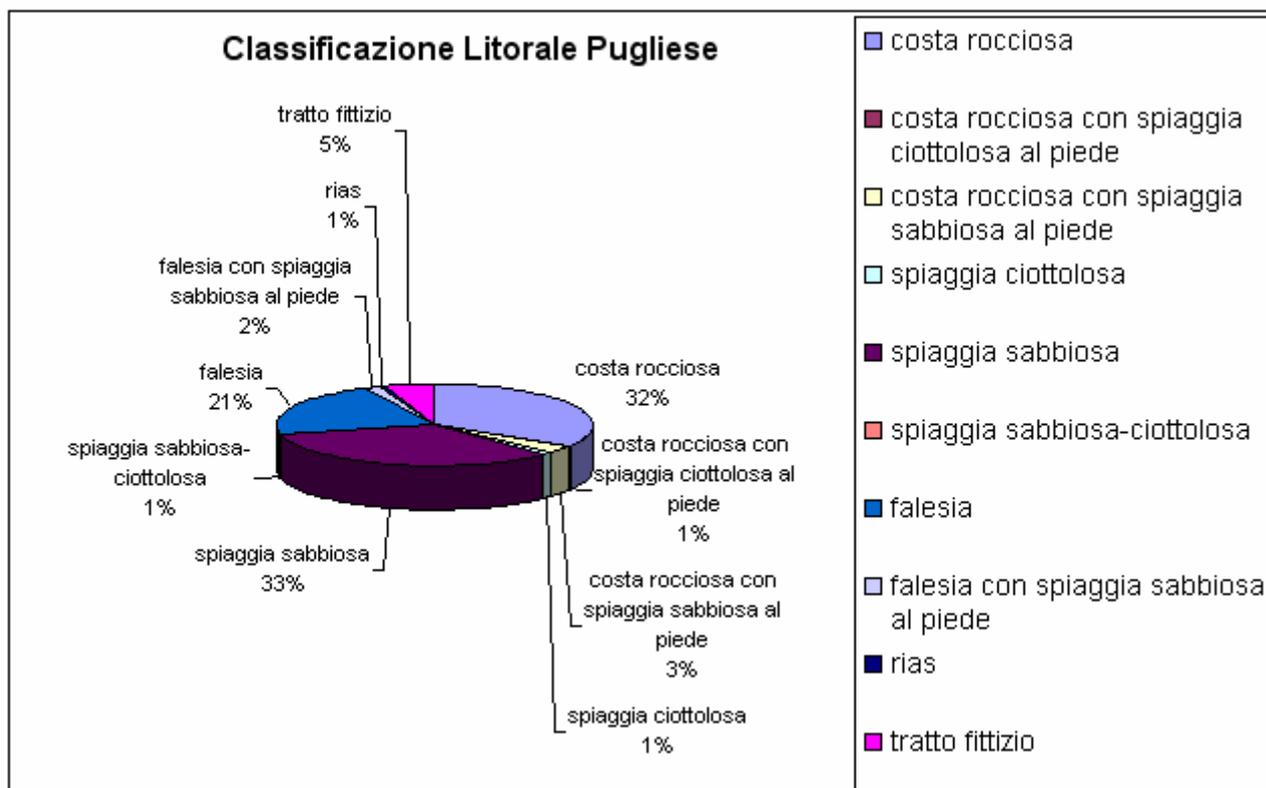


Fig. 4.2.2.1 – Morfologia della costa pugliese.

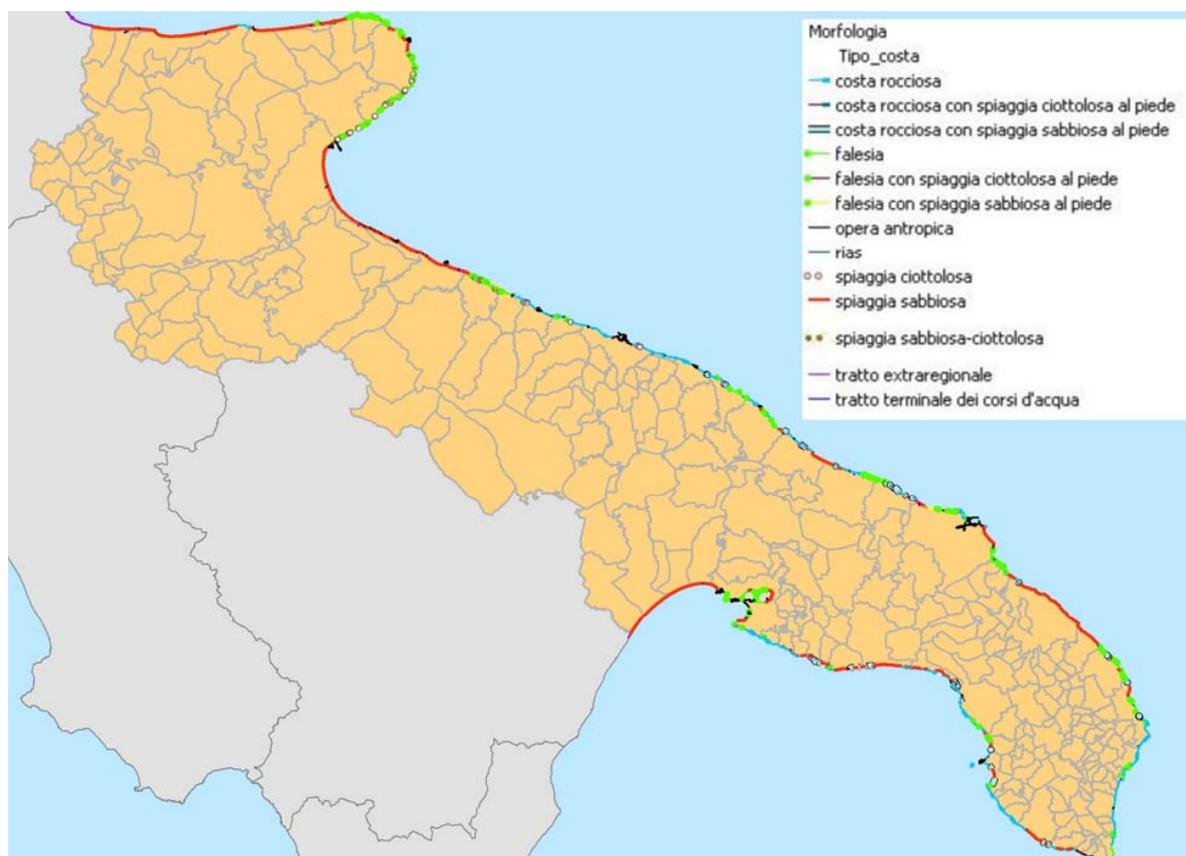


Fig. 4.2.2.2 – Morfologia della costa pugliese.

Dal punto di vista amministrativo la fascia litoranea pugliese ricade in tutte le 6 province (inclusa la istituenda provincia BAT, all'interno della quale ricadono 4 comuni costieri) ed interessa il territorio di 68 comuni, alcuni dei quali con accessi minimi. Nelle tabelle 4.2.2.2 a, 4.2.2.2 b, 4.2.2.2 c, 4.2.2.2 d e 4.2.2.2 e e nelle figure da 4.2.2.3 a, 4.2.2.3 b, 4.2.2.3 c, 4.2.2.3 d e 4.2.2.3 e a 4.2.2.5e sono riportate, per ciascuna provincia, le lunghezze di costa suddivise per le diverse tipologie.

PROVINCIA	Tipo di costa	Lunghezza (km)	% Lunghezza
Foggia	costa rocciosa	6.0	2.68
	Costa rocciosa con spiaggia		
	ciottolosa al piede	0.4	0.16
	falesia	74.5	33.34
	spiaggia ciottolosa	6.6	2.97
	spiaggia sabbiosa	127.9	57.26
	spiaggia sabbiosa-ciottolosa	3.4	1.51
	tratto fittizio	4.7	2.08
	TOTALE	223.4	

Tab. 4.2.2.2 a – Morfologia della provincia di Foggia.

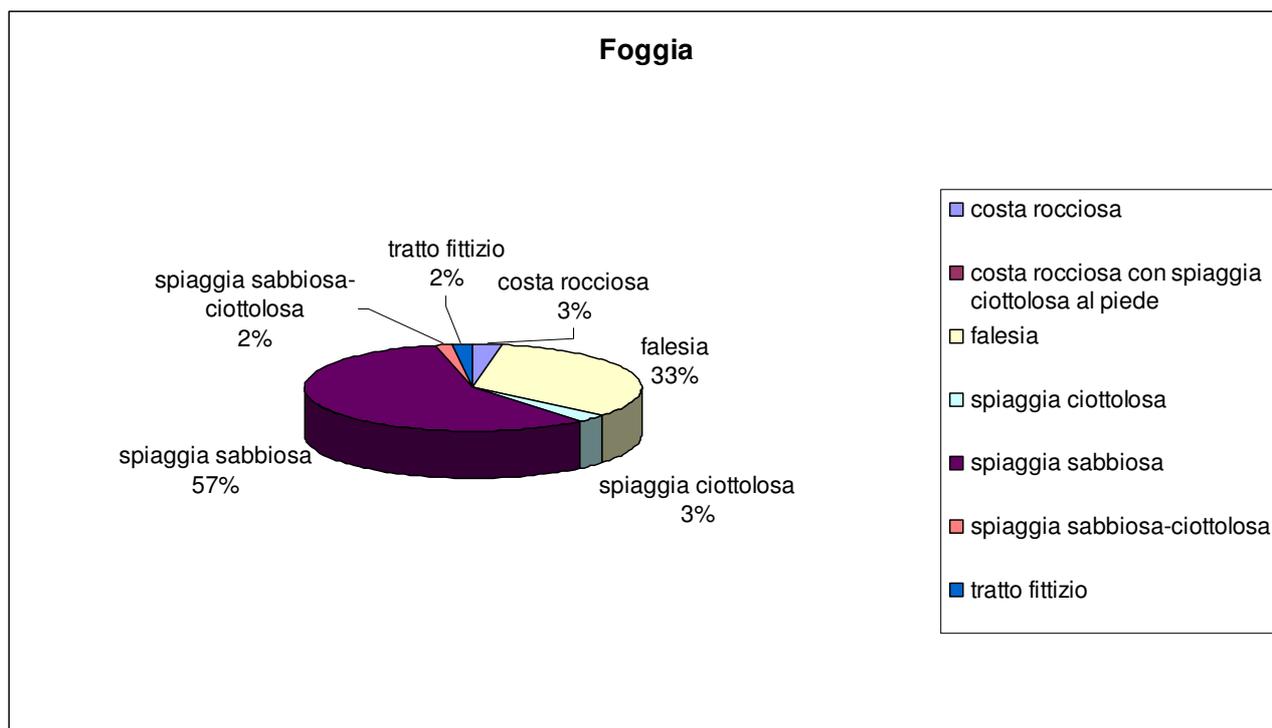


Fig. 4.2.2.3 a – Morfologia della provincia di Foggia.

PROVINCIA	Tipo di costa	Lunghezza (km)	% Lunghezza
Bari	costa rocciosa	82.5	50.59
	costa rocciosa con spiaggia sabbiosa al piede	3.7	2.26
	falesia	37.5	23.00
	spiaggia ciottolosa	3.1	1.89
	spiaggia sabbiosa	20.1	12.30
	spiaggia sabbiosa-ciottolosa	1.5	0.89
	tratto fittizio	14.8	9.07
	TOTALE	163.1	

Tab. 4.2.2.2 b – Morfologia della provincia di Bari.

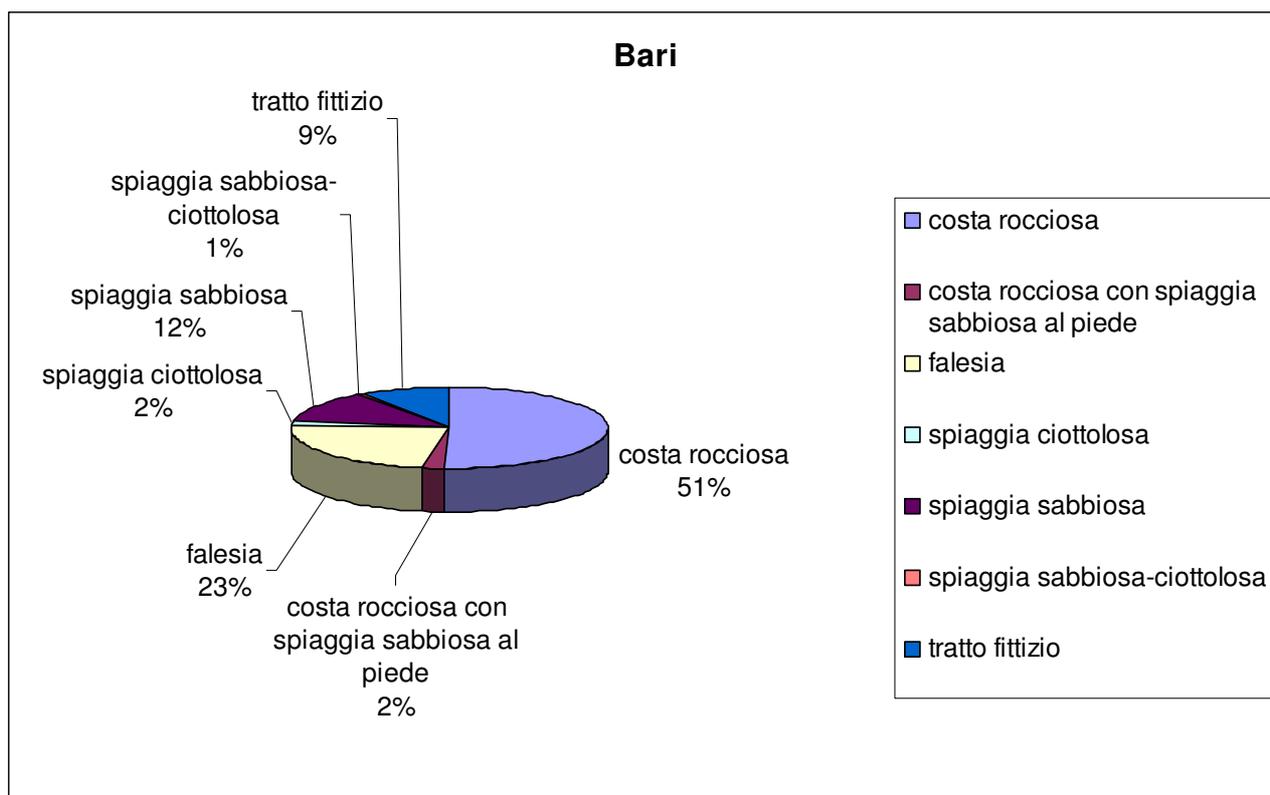


Fig. 4.2.2.3 b – Morfologia della provincia di Bari.

PROVINCIA	Tipo di costa	Lunghezza	
		(km)	% Lunghezza
Brindisi	costa rocciosa	49.2	37.16
	costa rocciosa con spiaggia sabbiosa al piede	9.6	7.23
	falesia	22.7	17.11
	falesia con spiaggia sabbiosa al piede	14.4	10.90
	rias	2.2	1.64
	spiaggia sabbiosa	28.4	21.47
	spiaggia sabbiosa-ciottolosa	0.5	0.39
	tratto fittizio	5.4	4.09
	TOTALE	132.4	

Tab. 4.2.2.2 c – Morfologia della provincia di Brindisi.

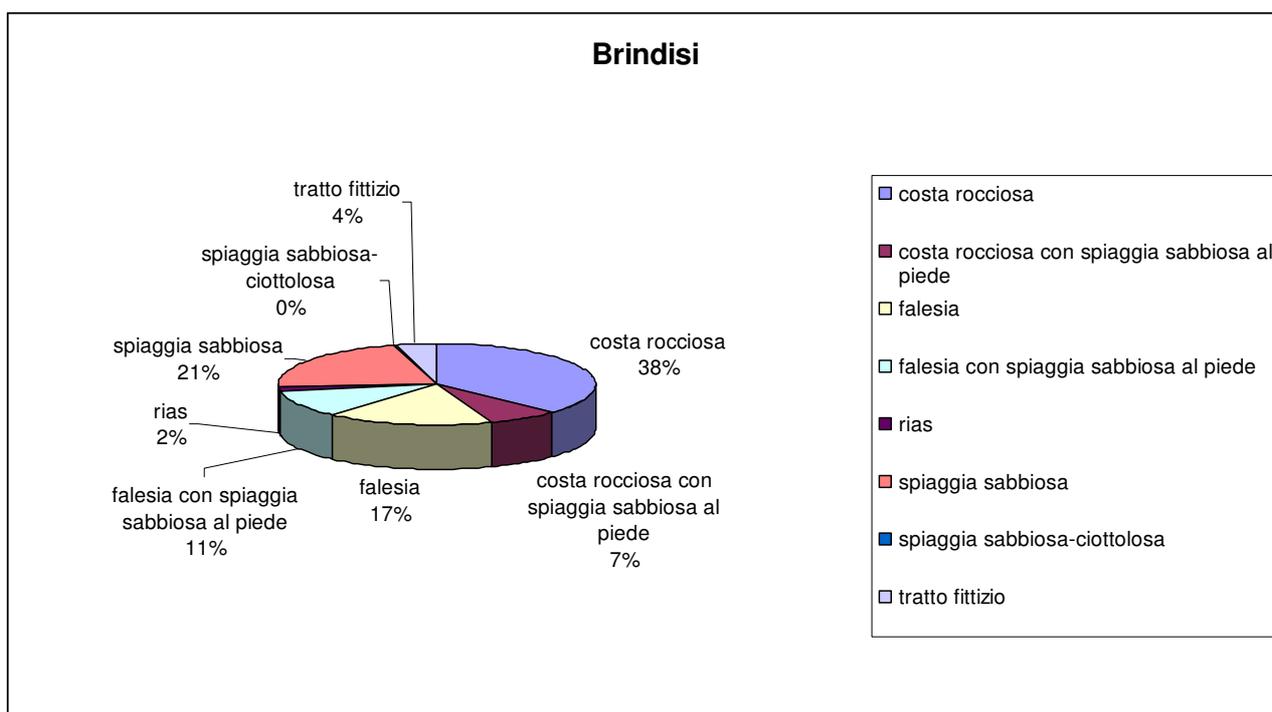


Fig. 4.2.2.3 c – Morfologia della provincia di Brindisi.

PROVINCIA	Tipo di costa	Lunghezza (km)	% Lunghezza
Lecce	costa rocciosa	149.2	50.45
	costa rocciosa con spiaggia sabbiosa al piede	18.3	6.20
	falesia	44.0	14.89
	falesia con spiaggia sabbiosa al piede	1.5	0.51
	rias	3.0	1.00
	spiaggia sabbiosa	71.6	24.23
	tratto fittizio	8.1	2.72
	TOTALE		295.7

Tab. 4.2.2.2.d – Morfologia della provincia di Lecce

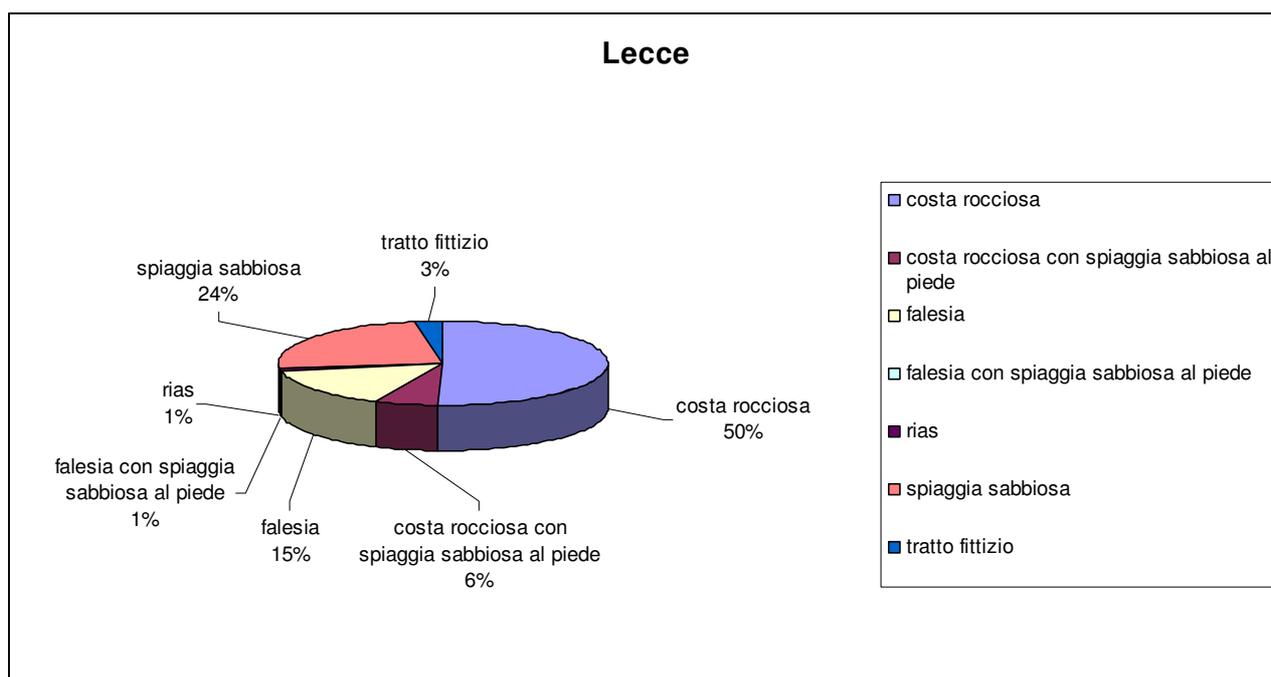


Fig. 4.2.2.3 d – Morfologia della provincia di Lecce.

PROVINCIA	Tipo di costa	Lunghezza (km)	% Lunghezza
Taranto	costa rocciosa	35.9	23.02
	costa rocciosa con spiaggia sabbiosa al piede	5.1	3.3
	falesia	27.0	17.3
	falesia con spiaggia sabbiosa al piede	0.7	0.5
	spiaggia sabbiosa	71.4	45.8
	tratto fittizio	15.7	10.1
	TOTALE		155.8

Tab. 4.2.2.2 e – Morfologia della provincia di Taranto.

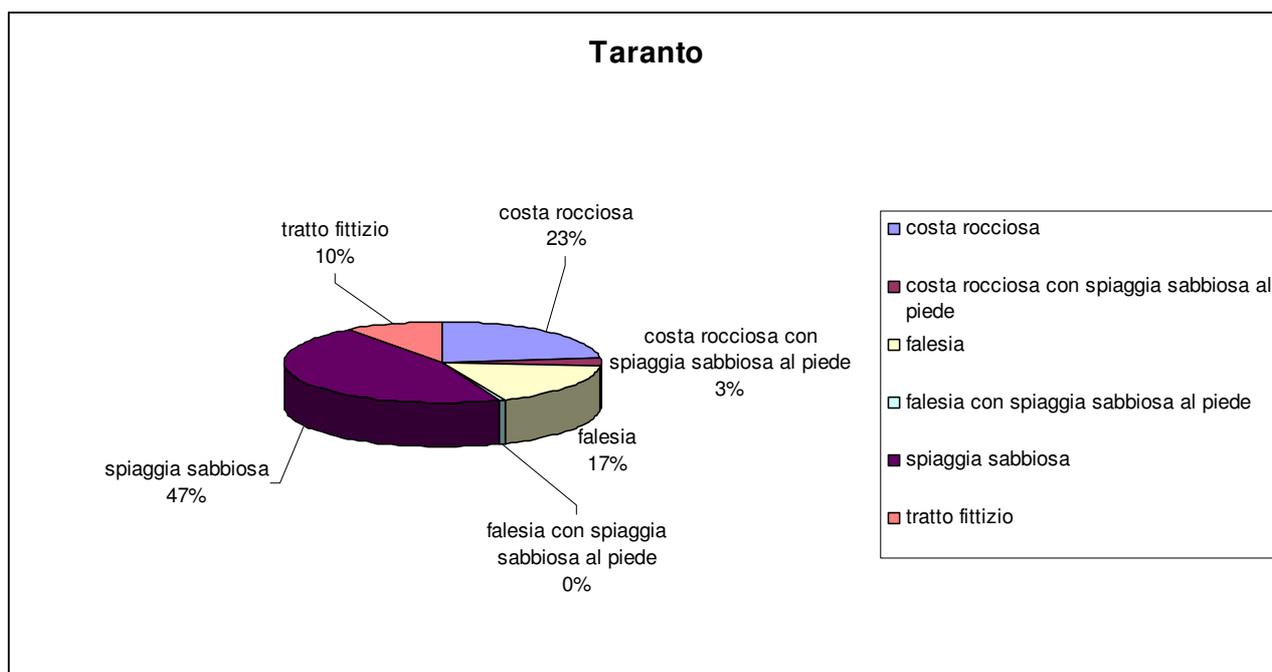


Fig. 4.2.2.3.e – Morfologia della provincia di Taranto.

Nel corso del 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 quindi aggiornate sulla base delle ortofoto del 2005 e delle due campagne di rilievo topografico di dettaglio condotte nel 2006 e 2007 nell'ambito della Convenzione POR.

Tale lavoro ha consentito di individuare con esattezza tutte le opere esistenti e quelle in costruzione, anche se si incontrano notevoli difficoltà nel riconoscimento dalle ortofoto di eventuali nuove opere di difesa radenti (terrapieni, gabbionate, ecc..) in quanto spesso mascherate da vegetazione e/o accumuli di terra.

Sono poi state redatte delle schede per ogni unità fisiografica nelle quali è riportato un quadro molto dettagliato delle opere di difesa individuate, distinte per tipologia d'intervento, includendo anche tutte le infrastrutture portuali e le armature di foce. Nelle stesse schede sono riportate anche le analisi degli insediamenti abitativi e i vincoli preordinati, vedasi la Relazione "La complessità del territorio costiero. Schede sintetiche delle caratteristiche della fascia litoranea".

Nello studio è stato inoltre elaborato un quadro completo dell'esposizione dei litorali pugliesi ai venti e alle mareggiate. Si è infatti proceduto all'elaborazione dei dati di vento registrati nelle stazioni di misura ubicate lungo il perimetro costiero al fine di determinare il regime dei venti lungo la costa. Per ciascuna delle unità fisiografiche individuate è stata condotta la caratterizzazione meteomarina, analizzando il regime delle onde nei paraggi posti ai confini ed in mezzogiorno delle singole unità. Vedasi la Relazione "Il clima meteomarina sul litorale pugliese".

4.2.3 ANALISI DELL'EVOLUZIONE RECENTE DELLA LINEA DI COSTA

Lo studio è stato condotto analizzando le linee di costa del 1992, 2000, 2005. Quella del 1992, messa a disposizione dal Ministro dei Trasporti ed implementata nel SID - Sistema Informativo DEMANIO, è stata ricavata dalle foto aeree eseguite in quell'anno dalla società Rilter di Noci (Bari) su incarico del Ministero. Quella del 2000 è stata messa a disposizione dall'APAT e si riferisce al volo richiamato nel paragrafo 3.1, eseguito tra il maggio 1998 e il mese di ottobre 1999. Infine, quella del 2005 è stata da noi ricavata digitalizzando le foto a colori del volo 2005 della Regione Puglia.

Anzitutto è da evidenziare che, anche se con qualche piccola differenza tra le tre linee di costa, la lunghezza totale è di circa 970 km, di cui 49 km di opere portuali, 601 km di costa non sabbiosa e 320 km di costa sabbiosa. Da notare che, mentre la lunghezza della costa sabbiosa è molto prossima a quella riportata nell'Atlante delle spiagge italiane (302 km), quelle relative alle altre tipologie sono sempre maggiori; tali differenze, come si è detto al paragrafo 3.1, derivano dal fatto che nel presente studio si fa riferimento ad una lunghezza ottenuta dalla digitalizzazione delle foto aeree, questa, infatti, cogliendo meglio le sinuosità della costa - specie di quelle alte -, fornisce valori maggiori (MANDELBROT B., 1967).

Utilizzando la metodologia adottata nello studio dell'APAT, dall'intersezione di due linee di costa si sono ricavati tratti con valori negativi o positivi rispetto alla linea di riferimento, e sono stati

poi definiti in arretramento o avanzamento quelli che contenevano almeno un punto con valore assoluto superiore a 30 m, mentre tutti gli altri sono stati definiti stabili.

Successivamente si sono individuati solo i tratti di costa sabbiosa, questa intesa come arenili sabbiosi o costa alta con spiaggia di sabbia o ghiaia al piede, per i quali si effettueranno le analisi di evoluzione. Per i tratti in avanzamento o erosione sono state calcolate le lunghezze e le superfici.

Nella tabella della figura 4.2.4.1 sono riportate le lunghezze dei vari tratti ricavate elaborando le linee di costa del 1992, 2000 e 2005; nella stessa tabella sono riportati anche quelli ricavati dall'APAT (con analoga procedura, dal confronto delle linee di riva 1950/1960 con quella del 2000) e quelli dell'Atlante delle spiagge italiane e del Progetto Esecutivo P.O.R. Puglia 2000 - 2006.

STUDIO	OPERE PORTUALI km	COSTE ALTE km	COSTE SABBIOSE O COSTE BASSE CON SABBIA O GHIAIA AL PIEDE							TOTALE km
			In Arretramento	%	In Avanzamento	%	Stabili	%	Sommano	
			km	-	km	-	km	-	km	
ATLANTE DELLE SPIAGGE ITALIANE Dal 1950 al 1997	41	450	89	29.5	1	0.3	212	70.2	302	793
Regione Puglia POR 2000 - 2006 Dal 1950 al 2003	41	450	117	38.8	10	3.3	175	57.9	302	793
APAT (*) Dal 1950 al 2000	41	602	69	21.4	73	22.6	180	56.0	322	965
SID - LIC/PRC (*) Dal 1992 al 2005	49	601	15	4.6	27	8.3	279	87.1	320	970
SID - APAT (*) Dal 1992 al 2000	49	601	11	3.4	16	4.9	293	91.7	320	970
APAT - LIC/PRC (*) Dal 2000 al 2005	49	601	8	2.6	10	3.3	301	94.1	320	970

Fig. 4.2.4.1 - Coste sabbiose pugliesi in arretramento, avanzamento o stabili nei diversi studi.
(*) Range di definizione dell'arretramento o dell'avanzamento 30 m.

E' da rimarcare che questi ultimi due studi forniscono per i diversi tratti la tendenza evolutiva, mentre con gli altri si sono valutate le differenze tra le linee di riva a confronto, pertanto non è corretto fare un confronto puntuale fra i diversi dati.

Tuttavia, dalla tabella si nota che lo studio del Progetto Esecutivo P.O.R. Puglia 2000 - 2006 fornisce valori più elevati dei tratti di costa sabbiosa con tendenza all'arretramento di quelli dell'APAT, con una percentuale, riferita ovviamente alla lunghezza totale dello stesso tipologia di costa, pari al 38,8%.

I risultati ottenuti per il periodo 1992 - 2005 possono essere confrontati con omogeneità con quelli ricavati dall'APAT con la stessa procedura per il periodo 1950 - 2000.

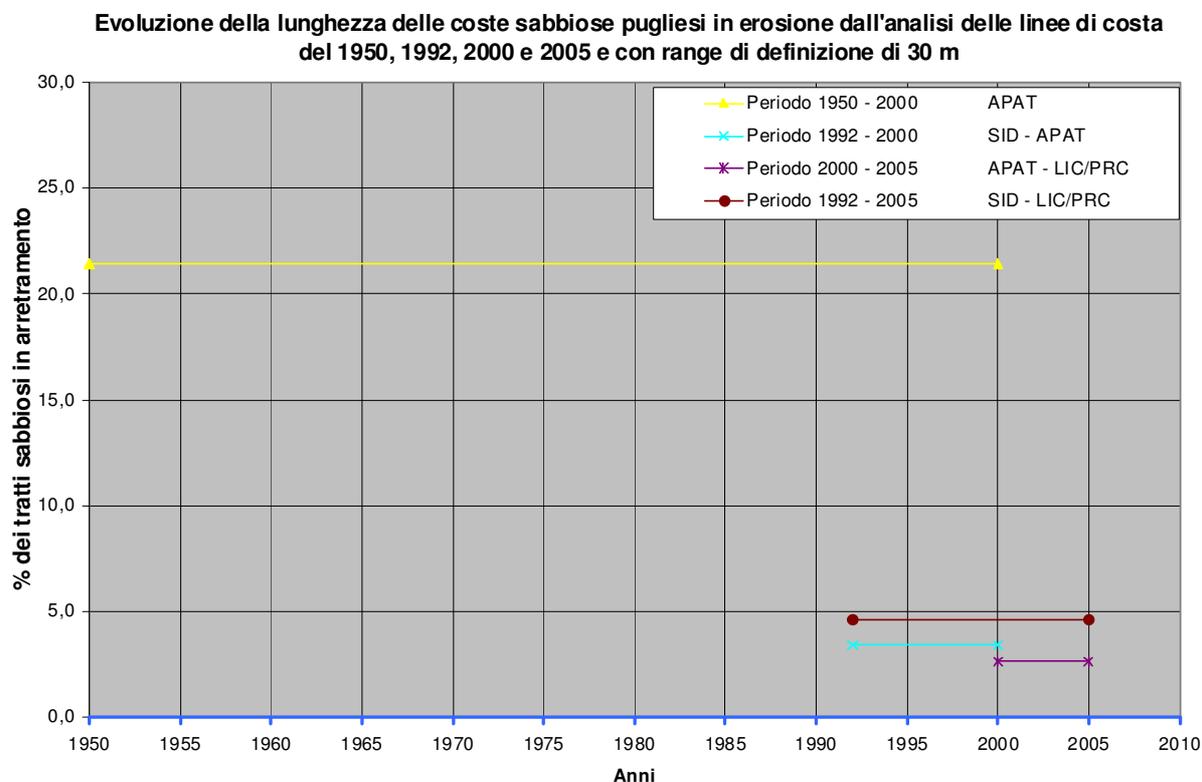


Fig. 4.2.4.2 - Percentuali delle coste sabbiose pugliesi in arretramento dal 1950 al 2005, definite con un range di 30 m.

Nella figura 4.2.4 2 sono riportate le percentuali dei tratti di costa sabbiosa in arretramento per i due studi; da essa si nota che nell'ultimo periodo di osservazione (1992 - 2005) il valore è del 4,6%, contro il 21,4% del periodo 1950 - 2000 trovato dall'APAT.

Questo risultato indica che l'erosione maggiore si è avuta in anni antecedenti al 1992, con una legge presumibilmente decrescente a partire dalla data in cui gli effetti antropici si sono manifestati per la prima volta sul litorale. Se da un lato il trend è confortante però è da tener presente che i tratti ancora oggi in erosione coincidono, in genere, con quelli che hanno già subito precedentemente forti arretramenti, per cui ulteriori azioni erosive, anche se di piccola entità, potrebbero determinare la scomparsa completa dell'arenile. Un altro aspetto confortante scaturito dall'analisi è l'inversione di tendenza dell'evoluzione della costa ionica pugliese ove si nota una avanzamento/stabilità, con eccezione di un tratto del comune di Ginosa al confine con la costa lucana. Questi risultati sono confermati dai rilievi di campo della linea che si sono eseguiti nell'ambito del Monitoraggio POR 2000 - 2006 negli anni 2006 e 2007 per i tratti costa pugliese definiti storicamente in erosione.

Effettuato il confronto con i dati dell'APAT con range di definizione di 30 m, si è ritenuto opportuno eseguire per le linee di costa del 1992, 2000 e 2005 anche le elaborazioni con un range di definizione dell'arretramento o dell'avanzamento di 10 m, al fine di cogliere anche variazioni più piccole dei litorali scabbiosi.

Nella tabella della figura 4.2.4.3 sono riportati i dati delle elaborazioni, ovviamente, come detto in precedenza, si hanno lunghezze maggiori di quelle trovate con il range di 30m, sia dei tratti in arretramento che avanzamento.

STUDIO	OPERE PORTUALI km	COSTE ALTE km	COSTE SABBIOSE O COSTE BASSE CON SABBIA O GHIAIA AL PIEDE						TOTALE km	
			In Arretramento	%	In Avanzamento	%	Stabili	%		
			km	-	km	-	km	-		
SID - LIC/PRC (*) Dal 1992 al 2005	49	601	68	21.3	124	38.8	128	39.9	320	970

Fig. 4.2.4.3 - Percentuali delle coste sabbiose pugliesi in arretramento, dal 1950 al 2005 definite con un range di 10 m.

I risultati delle analisi effettuate saranno utilizzati nel prossimo paragrafo per definire il grado di criticità delle coste sabbiose di tutti i comuni pugliesi.

E' da evidenziare che nel GIS realizzato per lo studio sono riportati tutti i dettagli di quanto innanzi evidenziato. In particolare per quanto riguarda l'evoluzione delle coste sono riportate: le Unità e Sub Unità Fisiografiche; la morfologia della costa; la individuazione delle dune con l'indicazione del loro stato (cementata, in erosione, stabile e in formazione); i porti; le opere di protezione; le condizioni meteomarine del paraggio; la tendenza evolutiva del Progetto Esecutivo P.O.R. Puglia 2000 – 2006; la linea di costa e la dividente demaniale del 1992 (avute dal Ministero dei Trasporti ed implementate nel SID); la linea di costa del 2000 (avuta dall'APAT); i tratti in erosione e in avanzamento ricavati dal confronto delle diverse linee di costa e per il 1992 – 2005 i risultati con i range di definizione di 30 e 10 m.

4.2.4 CRITICITA' ALL'EROSIONE DEI LITORALI SABBIOSI PUGLIESI

Da quanto si è esposto nei paragrafi precedenti si desume che una buona parte della costa sabbiosa pugliese ha una notevole sensibilità all'erosione; però per intraprendere azioni di tutela e mitigazione del fenomeno e per dare delle indicazioni sulla utilizzazione del litorale occorre dare una valutazione obiettiva a tale "criticità".

A tale scopo è stata costruita una *matrice ambientale* popolata sulla base di tre *indicatori*:

- *la tendenza evolutiva storica del litorale;*
- *lo stato di conservazione dei sistemi dunali;*
- *l'evoluzione recente del litorale.*

Il primo indicatore si può popolare con i dati riportati nel Progetto Esecutivo del Monitoraggio P.O.R. Puglia 2000 - 2006; in particolare se il tratto di costa in esame ha tendenza evolutiva storica all'arretramento all'indicatore si darà il valore "1", altrimenti "0".

Il secondo indicatore si può popolare con i dati riportati 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".

Il terzo indicatore si può popolare utilizzando i dati sull'arretramento tra le linee di costa del 1992 e del 2005 trovati con il range di definizione di 10 m. In particolare, si può utilizzare "il rapporto tra la lunghezza dei tratti di costa sabbiosa in arretramento e la lunghezza della costa sabbiosa stessa".

Infine, assegnati ai tre indicatori dei pesi si può calcolare "il grado di criticità dei tratti di costa sabbiosa" come la somma dei tre contributi.

Utilizzando questa procedura è possibile determinare la criticità all'erosione delle coste sabbiose sia per una analisi a *livello comunale* sia a livello di *dettaglio per i singoli comuni*.

Per l'analisi a *livello comunale* nelle tabelle delle figure 4.2.4.1, 4.2.4.2, 4.2.4.3, 4.2.4.4, 4.2.4.5, 4.2.4.6 e 4.2.4.7 sono riportati i tratti di costa di tutti i comuni pugliesi, inseriti nelle rispettive Unità Fisiografiche (UF) e Sub Unità (SB UF); nelle stesse figure sono indicati:

- la lunghezza della costa sabbiosa (L);
- la tendenza evolutiva storica del POR 2000 - 2006 (assunta pari a 1 se essa è di arretramento, altrimenti 0);
- la lunghezza dei tratti di costa in arretramento (Lar) dal 1992 al 2005 ottenuta con range di 10 m;
- il rapporto tra Lar e L;
- l'indicatore dello stato del sistema dunale, assunto pari a 1 se il cordone dunare è in arretramento, altrimenti 0 se conservato.

La criticità è stata ricavata attribuendo peso 20 alla tendenza evolutiva storica, 50 alla evoluzione recente e 30 allo stato delle dune e sommando i tre contributi.

Nell'ultima colonna è riportata la criticità a *livello comunale*.

UF	SUB UF	Comune	L	Tendenza evolutiva storica POR 2000 - 2006	EVOLUZIONE RECENTE 1992 - 2005 Range 10 m		DUNA Er	CRITICITA'
					Lar	Lar/L		
			m		m	-	-	
U.F.1	S.U.F.1.1 Chieuti-Peschici	Tratto extra regionale						
		Chieuti	8.011	1	1.900	0.24	1.0	62
		Serracapriola	7.920	1	5.239	0.66	1.0	83
		Lesina	25.079	1	3.850	0.15	1.0	58
		Sannicandro Garganico	0	0	0	0.00	0.0	0
		Cagnano Varano	6.069	1	916	0.15	1.0	58
		Ischitella	6.823	1	483	0.07	1.0	54
		Rodi Garganico	9.271	1	1.776	0.19	0.0	30
		Vico del Gargano	4.076	1	1.481	0.36	0.0	38
		Peschici, a Ponente del Porto	999	1	175	0.18	0.0	29
	S.U.F.1.2 Peschici-Vieste	Peschici, a Levante del Porto	3.002	1	769	0.26	1.0	63
		Vieste, a nord del Porto	6.035	1	590	0.10	1.0	55
	S.U.F.1.3 Vieste/Testa del Gargano	Vieste, dal Porto a Testa del Gargano	4.460	0	1.134	0.25	0.0	13

Fig. 4.2.4.1 - Tratti di costa sabbiosa in erosione e grado di criticità a livello comunale per l'Unità Fisiografica 1.

UF	SUB UF	Comune	L	Tendenza evolutiva storica POR 2000 - 2006	EVOLUZIONE RECENTE 1992 - 2005 Range 10 m		DUNA Er	CRITICITA'
					Lar	Lar/L		
U.F.2	S.U.F.2.1 Vieste/Pugnochiuso	Vieste, da Testa del Gargano a Torre Preposti	897	0	0	0.00	0.0	0
	S.U.F.2.2 Vieste/Pugnochiuso-Manfredonia	Vieste, a sud di Torre Preposti	209	0	0	0.00	0.0	0
		Mattinata	5.129	1	0	0.00	0.0	25
		Monte S. Angelo	2.384	0	0	0.00	0.0	2
		Manfredonia, a Ponente del Porto	0	0	0	0.00	0.0	0
	S.U.F.2.3 Manfredonia-Margherita di Savoia	Manfredonia, a Levante del Porto	16.264	1	3.475	0.21	0.0	40
		Zapponeta	13.033	1	769	0.06	0.0	36
		Margherita di Savoia, a Ponente del Porto	10.929	1	0	0.00	0.0	27
	S.U.F.2.4 Margherita di Savoia - Barletta	Margherita di Savoia, subito a Levante del Porto	3.450	0	0	0.00	0.0	0
		Margherita di Savoia, zona della foce dell'Ofanto.	3.921	1	2.947	0.75	0.0	68
		Barletta, tra l'Ofanto e il Molo di Ponente	7.836	1	222	0.03	0.0	37
	S.U.F.2.5 Barletta-Molfetta	Barletta, a Levante del Porto	5.806	1	0	0.00	0.0	42
		Trani	5.608	1	0	0.00	0.0	20
		Bisceglie	203	0	0	0.00	0.0	0
		Molfetta, a Ponente de Porto	344	0	0	0.00	0.0	0
	S.U.F.2.6 Molfetta-Bari	Molfetta, a Levante del Porto	0	0	0	0.00	0.0	0
		Giovinazzo	111	0	0	0.00	0.0	0
		Bari, a Ponente del Porto	717	0	0	0.00	0.0	3

Fig. 4.2.4.2 - Tratti di costa sabbiosa in erosione e grado di criticità a livello comunale per l'Unità Fisiografica 2.

UF	SUB UF	Comune	L	Tendenza evolutiva storica POR 2000 - 2006	EVOLUZIONE RECENTE 1992 - 2005 Range 10 m		DUNA	CRITICITA'
					Lar	Lar/L		
			m		m	-	-	
U.F.3	S.U.F.3.1 Bari-Monopoli	Bari, a Levante del Porto	1.559	0	0	0.00	0.0	11
		Mola di Bari	0	0	0	0.00	0.0	0
		Polignano a mare	0	0	0	0.00	0.0	0
		Monopoli, a Ponente del Porto	0	0	0	0.00	0.0	0
	S.U.F.3.2 Monopoli- Brindisi/Punta Penne	Monopoli, a Levante del Porto	1.248	1	0	0.00	1.0	52
		Fasano	5.469	1	0	0.00	1.0	51
		Ostuni	4.541	1	0	0.00	1.0	52
		Carovigno	4.200	1	0	0.00	1.0	51
		Brindisi, a nord di Punta Penna	3.402	0	0	0.00	0.0	7

Fig. 4.2.4.3 - Tratti di costa sabbiosa in erosione e grado di criticità a livello comunale per l'Unità Fisiografica 3.

UF	SUB UF	Comune	L	Tendenza evolutiva storica POR 2000 - 2006	EVOLUZIONE RECENTE 1992 - 2005 Range 10 m		DUNA	CRITICITA'
			m		Lar	Lar/L	Er	
					m	-	-	
U.F.4	S.U.F.4.1 Brindisi/Punta Penne- Brindisi/Punta Riso	Brindisi, da Punta Penna a Punta Riso	323	0	0	0.00	0.0	0
	S.U.F.4.2 Brindisi/Punta Riso- Brindisi/Torre Cavallo	Brindisi, da Punta Riso a Punta Torre Cavallo	2.414	0	0	0.00	0.0	0
	S.U.F.4.3 Brindisi/Torre Cavallo- Otranto/Porto di Otranto	Brindisi, a sud di Punta Torre Cavallo	6.436	0	0	0.00	0.0	8
		San Pietro Vernotico	0	1	0	0.00	0.0	20
		Torchiarolo	2.162	1	0	0.00	1.0	88
		Lecce	26.097	1	0	0.00	1.0	63
		Vernole	9.041	1	0	0.00	1.0	70
		Melendugno	1.142	1	0	0.00	1.0	50
		Otranto, a nord del Porto	4.427	1	2.429	0.55	1.0	81
	S.U.F.4.4 Otranto/Porto di Otranto- Otranto/Capo d'Otranto	Otranto, dal Porto a Capo d'Otranto	0	0	0	0.00	0.0	0

Fig. 4.2.4.4 - Tratti di costa sabbiosa in erosione e grado di criticità a livello comunale per l'Unità Fisiografica 4.

UF	SUB UF	Comune	L	Tendenza evolutiva storica POR 2000 - 2006	EVOLUZIONE RECENTE 1992 - 2005 Range 10 m		DUNA Er	CRITICITA'
					Lar	Lar/L		
			m		m	-	-	
U.F.5	S.U.F.5.1 Otranto/Capo d'Otranto- Gagliano del Capo	Otranto, a sud di Capo d'Otranto	0	0	0	0.00	0.0	0
		Santa Cesarea Terme	0	0	0	0.00	0.0	0
		Castro	0	0	0	0.00	0.0	0
		Diso	0	0	0	0.00	0.0	0
		Andrano	0	0	0	0.00	0.0	0
		Tricase	0	0	0	0.00	0.0	0
		Tiggiano	0	0	0	0.00	0.0	0
		Corsano	0	0	0	0.00	0.0	0
		Alessano	0	0	0	0.00	0.0	0
	Gagliano del Capo	0	0	0	0.00	0.0	0	
	S.U.F.5.2 Castrignano del Capo- Gallipoli/Punta del Pizzo	Castrignano del Capo	0	0	0	0.00	0.0	0
		Patù	0	0	0	0.00	0.0	0
		Morciano di Leuca	0	0	0	0.00	0.0	0
		Salve	4.445	1	0	0.00	1.0	58
		Ugento	6.321	1	1.135	0.18	1.0	65
Alliste		0	0	0	0.00	0.0	0	
Racale		0	0	0	0.00	0.0	0	
Taviano	0	0	0	0.00	0.0	0		
Gallipoli, a sud di Punta del Pizzo	0	0	0	0.00	0.0	0		

Fig. 4.2.4.5 - Tratti di costa sabbiosa in erosione e grado di criticità a livello comunale per l'Unità Fisiografica 5.

UF	SUB UF	Comune	L	Tendenza evolutiva storica POR 2000 - 2006	EVOLUZIONE RECENTE 1992 - 2005 Range 10 m		DUNA	CRITICITA'
					Lar	Lar/L		
			m		m	-	-	
U.F.6	S.U.F.6.1 Gallipoli/Punta del Pizzo- Gallipoli/Porto di Gallipoli	Gallipoli, tra Punta del Pizzo e il Porto	4.183	1	0	0.00	0.0	20
	S.U.F.6.2 Gallipoli/Porto di Gallipoli-Nardò	Gallipoli, a nord del Porto	2.788	1	0	0.00	1.0	61
		Sannicola	0	0	0	0.00	0.0	0
		Galatone	0	0	0	0.00	0.0	0
		Nardò, a sud di Torre Inserraglio	3.051	0	0	0.00	0.0	0
	S.U.F.6.3 Nardò-Maruggio	Nardò, a nord di Torre Inserraglio	1.341	0	0	0.00	0.0	0
		Porto Cesareo	8.806	1	0	0.00	1.0	52
		Manduria	11.509	0	0	0.00	1.0	33
		Maruggio, a sud di Torre dell'Ovo	6.828	0	0	0.00	1.0	33

Fig. 4.2.4.6 - Tratti di costa sabbiosa in erosione e grado di criticità a livello comunale per l'Unità Fisiografica 6.

UF	SUB UF	Comune	L	Tendenza evolutiva storica POR 2000 - 2006	EVOLUZIONE RECENTE 1992 - 2005 Range 10 m		DUNA	CRITICITA'
					Lar	Lar/L		
			m		m	-	-	
U.F.7	S.U.F.7.1 Maruggio- Taranto/Capo San Vito	Maruggio, a nord di Torre dell'Ovo	0	0	0	0.00	0.0	0
		Torricezza	2.914	0	0	0.00	1.0	37
		Lizzano	2.585	0	0	0.00	0.0	1
		Fraz. Di Taranto	2.636	0	0	0.00	0.0	0
		Pulsano	1.093	0	0	0.00	0.0	0
		Leporano	303	0	0	0.00	0.0	0
		Taranto, a sud di Capo San Vito	1.231	0	0	0.00	0.0	0
	S.U.F.7.2 Taranto/Capo San Vito - Taranto/Molo Nord Darsena Nuova	Taranto, da Capo San Vito alla darsena nuova	12.202	0	0	0.00	0.0	4
	S.U.F.7.3 Taranto/Molo Nord Darsena Nuova -Ginosa	Taranto, a ovest della darsena nuova	2.543	1	0	0.00	1.0	50
		Massafra	5.871	1	0	0.00	1.0	50
		Palagianò	6.454	1	0	0.00	1.0	50
		Castellaneta	9.137	1	0	0.00	1.0	50
		Ginosa	6.094	1	0	0.00	1.0	53
		Tratto extra regionale						

Fig. 4.2.4.7 - Tratti di costa sabbiosa in erosione e grado di criticità a livello comunale per l'Unità Fisiografica 7.

Per una *classificazione a livello comunale* della criticità all'erosione della costa sabbiosa si sono individuate tre classi:

- "C1: elevata criticità" quando il valore è uguale o superiore a 60;
- "C2: media criticità" quando il valore è minore di 60 e maggiore o uguale di 20;
- "C3: bassa criticità" quando il valore è minore di 20.

Dalle figure 4.2.4.1 1 4.2.4.7 si può desumere il grado di criticità a *livello comunale* per la costa dei diversi Comuni.

Lo stesso risultato è riportato nel GIS allegato al presente studio in forma grafica.

La criticità all'erosione della costa sabbiosa a *livello comunale* è utile per azioni di pianificazione a livello regionale e per un avvio alla redazione dei Piani Comunali delle Coste (P.C.C.).

Però, per la stesura di quest'ultimi occorre un grado di dettaglio ben maggiore che si può ottenere andando ad analizzare singoli tratti della costa comunale.

Nello studio è stata effettuata anche questa analisi, utilizzando la stessa procedura impiegata per ricavare la criticità all'erosione della costa sabbiosa a livello comunale.

Pertanto, la costa di ogni comune è stata suddivisa in più tratti per ognuno dei quali è stato ricavato il grado di criticità (*C1: elevata criticità* quando il valore è uguale o superiore a 60; *C2: media criticità* quando il valore è minore di 60 e maggiore o uguale di 20; *C3: bassa criticità* quando il valore è minore di 20).

Nella presente relazione, per brevità, non si riporta la classificazione dei tratti dei singoli Comuni, questa però è inserita in forma grafica nel GIS allegato allo studio.

In fase di redazione del P.C.C. occorrerà tener presente di questa classificazione, così come è specificatamente previsto nelle "Norme tecniche di attuazione e indirizzi generali per la redazione dei Piani Comunali delle Coste".

4.2.5 MONITORAGGIO PER L'AGGIORNAMENTO DELLE CONOSCENZE

E' da rimarcare qui che la dinamica dei litorali sabbiosi è fortemente influenzata dalle diversi *forzanti* naturali ed antropiche ampiamente esposte nella presente relazione.

Pertanto, il *grado di criticità* – sia a livello comunale che per i singoli tratti della costa comunale - definiti nel paragrafo precedente sono variabili nel tempo e devono essere aggiornati con un *continuo e puntuale monitoraggio*. A questa azione deve associarsi poi un *periodico aggiornamento* sia del P.R.C. che dei P.C.C..

Il *monitoraggio* deve essere programmato ed effettuato in modo sinergico e virtuoso a due scale differenti: *regionale e comunale*.

A livello *regionale*, per analizzare l'evoluzioni su larga scala, devono essere continuate le azioni già avviate e programmare quelle per il futuro. Per quanto riguarda le azioni avviate è da evidenziare l'attività di "Monitoraggio degli interventi di difesa costiera e dell'evoluzione dei litorali (- Misura 1.3, area di azione 2, sottoazione 2B, - Misura 1.3, area di azione 4, sottoazione 4C, Regione Puglia, POR 2000 – 2006) che terminerà nell'agosto 2008 produrrà un consistente database, sia delle conoscenze precedenti che quelle acquisite nello studio stesso, aggiornate al primo semestre del 2008.

Pertanto occorrerà programmare la prosecuzione delle attività; questa potrà avvenire in un modo più razionale se a livello regionale sarà istituito rapidamente l'*Osservatorio delle Coste*.

Il Governo regionale è ben conscio del problema del monitoraggio, come si evince dalla relazione di accompagnamento alla discussione della L.R. n°17/2006 di cui si riportano alcuni passi: *“Orbene, la regione Puglia intende sub - delegare la funzione amministrativa in questione ai comuni costieri, procedendo anche a proporre un'azione programmatica di breve, di medio e di lungo termine. In sostanza, detta azione si sostanzia: nel breve termine, con la proposta legislativa che, innovando la legge regionale numero 25/99, detta norme di disciplina e regolamentari, con l'obiettivo precipuo di salvaguardare e tutelare l'ambiente, di consentire l'accessibilità e la fruibilità a tutti dei beni del demanio marittimo e del mare territoriale, di semplificare l'azione amministrativa e di integrare i diversi livelli della Pubblica Amministrazione; nel medio termine, di acquisire il Piano Regionale delle Coste (PRC), da intendere quale strumento normativo e tecnico – operativo di disciplina delle attività e degli interventi sulla costa. Il PRC dovrà indicare lo stato della costa pugliese, le strutture ed infrastrutture esistenti, il grado di utilizzazione, il grado di antropizzazione, i rischi geologici e idrologici, i fenomeni di instabilità e di criticità in genere. Il PRC deve essere corredato da Norme Tecniche di Attuazione, per restituire le certezze, sinora mancate, nella gestione del territorio costiero e nei processi e nelle procedure per il rilascio delle concessioni delle aree demaniali marittime. Attesa la notevole valenza da attribuire al PRC, è stato predisposto uno schema di convenzione disciplinante la collaborazione tra la Regione Puglia e il Laboratorio di Ricerca e Sperimentazione per la Difesa delle Coste (LIC) (del Dipartimento di Ingegneria delle Acque e di Chimica del Politecnico di Bari) e il Dipartimento di Architettura e Urbanistica del Politecnico di Bari; nel lungo termine, l'ipotesi di istituzione di un Osservatorio Regionale delle Coste (O.R.C.), quale strumento permanente per il controllo e la gestione integrata del territorio costiero”*.

Presso l'Osservatorio delle Coste si potrebbero, tra l'altro, concentrare tutte le conoscenze specifiche oggi presenti in modo frammentato in diverse strutture regionali, non escludendo quelle derivanti da azioni di monitoraggio effettuate per altri scopi (pianificazioni territoriali, realizzazione di opere a mare, ecc.) da Enti, quali le Province ecc., o Nazionali, quali Ministeri ecc., che possono fornire informazioni e dati estremamente utili per meglio conoscere le dinamiche in atto nella fascia costiera.

A questa struttura operativa regionale dovrebbe poi essere demandato il compito dell'aggiornamento delle conoscenze e dei Piani.

Al monitoraggio a *scala regionale* deve poi accompagnarsi quello a *scala comunale*; infatti, molti fenomeni di dinamica costiera locali possono sfuggire ad un monitoraggio su scala regionale,

pertanto è indispensabile il contributo dei Comuni. La messa in atto di quest'azione sarà positiva anche per un altro aspetto; infatti, essa farà prendere conoscenza e consapevolezza del problema agli amministratori locali.

Nella definizione del monitoraggio comunale occorre però tener conto delle generali difficoltà finanziarie dei comuni per cui in prima istanza, e in attesa di una regolamentazione anche degli aspetti economici, si deve richiedere almeno un monitoraggio minimo.

Ossia:

- il rilievo della linea di riva dei tratti di costa sabbiosa in un congruo numero di transetti all'inizio della stagione balneare, prima che i comuni o i concessionari provvedono alla sistemazione delle spiagge, e alla fine della stagione; questa attività, comunque, dovrà essere imposta ai comuni che risultano dal presente studio ad elevata e media criticità;
- l'annotazione di danni visibili ad opere portuali o di difesa in concomitanza di mareggiate o di altri eventi particolari.

5 BIBLIOGRAFIA

AUCELLI P.C., AMINTI P.L., AMORE C., ARTOM C., BELLOTTI P., BOZZANO A., CAPUTO C., CASTELLITI G., CIPRIANI L.E., COCCO E., CORRADI N., D'ALESSANDRO L., DAMIANI L., DAVOLI L., DE PIPPO T., DEVOTI S., DI GREGORIO F., EVANGELISTA S., FERRARI M., FERRI S., FIERRO G., FONTOLAN G., GINESU S., GIUFFRIDA E., IANNANTUONO E., IULIANO S., LA MONICA G.B., LANDINI B., MASCIOLI F., NESCI O., PALMENTOLA G., PRANZINI E., PIGLIESE F., RANDAZZO G., RAFFI R., ROSSKOPF M., SALVATORE M.C., SILENZI S., SIMEONI U., VELTRI P., 2006. "Lo stato dei litorali italiani". Studi Costieri, n. 10.

DI NATALE M., MIGLIACCIO F.. Corso di Laurea Ambiente e Territorio. Seconda Università di Napoli. Facoltà di Ingegneria.

BARBANO A., CORSINI S., MANDRONE S., PAONE M., ROTUNNO M., 2006. APAT, Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine - Servizio. Difesa delle Coste, Via Curtatone, 3 00185 Roma Italia.

BIANCO R., CALDARA M., CAPOLONGO D., DAMIANI L., PENNETTA L., PETRILLO A. F., URICCHIO V., VURRO M., 2004. "Il monitoraggio delle coste pugliesi con l'ausilio di tecniche innovative". Convegno Nazionale della Società di metodologie per il rilevamento a grande scala e per il monitoraggio. Chia Laguna, Cagliari 22-24 settembre 2004.

BRUNO M. F., CASTELLITI G., DAMIANI L., PALMENTOLA G., 2006. "La costa pugliese tra degrado e potenzialità di sviluppo". Giornata di studio in onore del professore Edoardo Benassai. Guardia Piemontese (Cs), 20 giugno 2006.

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.

CALDARA M., PENNETTA L. 1993. Nuovi dati per la conoscenza geologica e morfologica del Tavoliere di Puglia. "Bonifica", VIII(3), pp. 25-42, Bastogi, Foggia.

CALDARA M., CENTENARO E., MASTRONUZZI G., SANSÒ P., SERGIO A., 1998. "Features and present evolution of apulian coast (Southern Italy)". Int. Coastal Symp., Palm Beach Florida, May 19-23, 1998. Journa of Coastal Research, SI 26, 55-64.

COCCO E. 1975. "Interpretazione aerofotografia delle variazioni della linea di costa tra Capo Spulico e Taranto". Appunti di Geologia Applicata e Idrogeologia. Vol. X, 1975, parte I.

CORTEMIGLIA G. C., LAMBERTI A., LIBERATORE G., LUPA PALMIERI E., STURA S., TOMASICCHIO U., 1981. "Raccomandazioni tecniche per la protezione delle coste". Consiglio Nazionale delle Ricerche, pp 81.

COTECCHIA V., DAI PRA G.,MAGRI G. 1971. “Morfogenesi litorale olocenica tra Capo Spulico e Taranto”. Appunti di Geologia Applicata e Idrogeologia. Vol. VI, 1971.

DAMIANI L., PETRILLO A. F., RANIERI G., 2002. "L'evoluzione della costa dell'isola del lago di Varano", 28° Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche, Potenza 16-19 settembre 2002.

DAMIANI L., PETRILLO A. F., RANIERI G., 2002. "Management of coastal area in Apulia Region" ; *Lanscapes of Water, History, Innovation and Sustainable Design*, vol. I, Uniongrafica Corcelli Editrice, Bari.

DAMIANI L., PETRILLO A. F., RANIERI G., 2003. "The erosion along the apulian coast near the Ofanto river", *Coastal Engineering VI*, Volume edito da C.A. Brebbia, D. Almorza and F. Lopez-Aguayo,. ISBN 1-85312-977-1.

EUROSION, 2004. il Sito WEB di EUROSION <http://www.euroSION.org>

FIERRO G.. “Stato della ricerca sui litorali italiani”, Università degli Studi di Genova, Dipartimento per lo studio del Territorio e delle sue Risorse, Corso Europa 26, I. 16132 Genova.

FIERRO G., 1997. L'erosione dei litorali nel contesto della gestione integrata delle aree costiere. *L'Universo*, anno 97', n°5 settembre-ottobre, 630-651.

FIERRO G., AA.VV., 1999. *Atlante delle Spiagge Italiane*". CNR-MURST., S.EL.CA. EDITORE. pp. 4, 108 tavole.

IMCA “Integrated Monitoring of Coastal Areas”, 2003. Progetto PON finanziato dal MIUR in data 26/06/2003 ai sensi dell'art. 5 del DM 593 del 8/8/2000. Partecipano al Progetto PLANETEK ITALIA S.r.l., Bari; COASTAL CONSULTING & EXPLORATION S.r.l., Bari; SPACEDAT S.r.l., Lecce; POLITECNICO DI BARI: Dipartimento. Interateneo di Fisica (DIF); Dipartimento di Ingegneria delle Acque e Chimica (LIC);UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BARI: Dipartimento di (UNIBA ZLG).

MANDELBROT B., 1967, “How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension”. *Science, New Series*, Vol. 156, No. 3775. (May 5, 1967), pp. 636-638.

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO, 2006. “Le principali variazioni della linea di costa dal 1960 al 2000”.

MOSETTI F., 2007. “Su talune variazioni a lungo periodo del livello marino”. Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste.

PETRILLO A. F., SELICATO F., BRUNO M. F., GIORDANO A., MAGGIO G., 2007. “La gestione integrata della fascia costiera nel Piano Regionale delle Coste in Puglia”. VII Congresso Regionale dell'INU “Territori costieri: Quali politiche per un governo integrato”. Palermo, 29-30 novembre 2007.

PETRILLO A. F., 2007. Relazione su “Aree costiere: attuali e future criticità”. Convegno su - CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISCHI GEOLOGICI IN PUGLIA -Castello Di Sannicandro bi Bari, 30 novembre 2007.

RAICICHN F., 2007. “Evoluzione secolare del livello marino dalle osservazioni areografiche di Trieste”. Istituto di Scienze Marine, CNR, Trieste.

REGIONE PUGLIA, 2000. “Studi preliminari per la redazione del Piano di Bacino Regionale”. Lavoro eseguito dal Dipartimento di Geologia e Geofisica (DGG) dell’Università di Bari, dal Dipartimento di Ingegneria delle Acque (DIA) del Politecnico di Bari e dall’Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA) del C.N.R..

REGIONE PUGLIA. POR 2000 - 2006. “Monitoraggio degli interventi di difesa costiera e dell’evoluzione dei litorali (- Misura 1.3, area di azione 2, sottoazione 2B, - Misura 1.3, area di azione 4 , sottoazione 4C)” Studio, in corso di svolgimento, da parte del Dipartimento di Geologia e Geofisica (DGG) dell’Università di Bari, del Dipartimento di Ingegneria delle Acque (DIA) del Politecnico di Bari e dell’Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA) del C.N.R..

REGIONE PUGLIA, 2007. “Attività finalizzate alla redazione del Piano Regionale delle Coste (P.R.C.) della regione Puglia”. Studio in corso di svolgimento da parte del Dipartimento di Architettura e Urbanistica e del Dipartimento di Ingegneria delle Acque e di Chimica (Laboratorio di Ricerca e Sperimentazione per la Difesa delle Coste (LIC)).

UN-IPCC: United Nations - Intergovernmental Panel on Climate Change; agenzia intergovernativa delle Nazioni Unite istituita nel 1988 dall’Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) e dal Programma Ambientale delle Nazioni Unite (UNEP) per valutare le informazioni scientifiche, tecniche e socio-economiche atte a comprendere il cambiamento climatico, i suoi potenziali impatti e le opzioni per la mitigazione degli stessi.