

DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 17 marzo 2025, n. 310

Adozione degli “Studi per il contrasto all’erosione costiera: analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio”.

LA GIUNTA REGIONALE

VISTI:

- gli artt. 4, 5 e 6 della L.R. 4 febbraio 1997, n. 7;
- la Deliberazione della Giunta Regionale n. 3261 del 28 luglio 1998;
- gli artt. 4 e 16 del D.lgs. n. 165 del 30.03.2001 e ss.mm.ii.;
- gli artt. 43 e 44 dello Statuto della Regione Puglia;
- il Decreto del Presidente della Giunta regionale 22 gennaio 2021, n. 22 e ss.mm.ii., recante l’Atto di Alta Organizzazione M.A.I.A. 2.0;
- il Regolamento interno di questa Giunta;

VISTO il documento istruttorio della Sezione Demanio e Patrimonio – Servizio Demanio Costiero e Portuale, concernente l’argomento in oggetto e la conseguente proposta del Dott. Michele Emiliano;

PRESO ATTO

- a) delle sottoscrizioni dei responsabili della struttura amministrativa competente, ai fini dell’attestazione della regolarità amministrativa dell’attività istruttoria e della proposta, ai sensi dell’art. 6, co. 8 delle Linee guida sul Sistema dei controlli interni nella Regione Puglia, adottate con D.G.R. 23 luglio 2019, n. 1374;
- b) della dichiarazione del Direttore di Dipartimento, in merito a eventuali osservazioni sulla proposta di deliberazione, ai sensi degli artt. 18 e 20 del Decreto del Presidente della Giunta regionale 22 gennaio 2021, n. 22 e ss.mm.ii..

Con voto favorevole espresso all’unanimità dei presenti e per le motivazioni contenute nel documento istruttorio che è parte integrante e sostanziale della presente deliberazione

DELIBERA

1. di **adottare**, per l’effetto, gli *Studi per il contrasto all’erosione costiera: analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio*, la cui “*Relazione generale*” è allegata al presente provvedimento (Allegato A) per farne parte integrante e sostanziale;
2. di **rendere** consultabile, in formato digitale (pdf), tutta la documentazione relativa agli *Studi* come dettagliata nell’Elenco allegati contenuto nella *Relazione generale* (Allegato A) tramite pubblicazione sul sito istituzionale regionale all’indirizzo <https://www.regione.puglia.it/web/demanio-marittimo>, a cura del competente Servizio Demanio Costiero e Portuale;
3. di **pubblicare** il presente provvedimento sul BURP in versione integrale e sul sito istituzionale informatico regionale ai sensi dell’art. 23 del D.Lgs. 33/2013 e ss.mm.ii., nella sezione Amministrazione trasparente – Provvedimenti – Provvedimenti organi indirizzo politico – Provvedimenti della Giunta regionale.

Il Segretario Generale della Giunta
NICOLA PALADINO

Il Presidente della Giunta
MICHELE EMILIANO

DOCUMENTO ISTRUTTORIO

Oggetto: Adozione degli *“Studi per il contrasto all’erosione costiera: analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio”*.

VISTI:

- gli articoli 4 e 5 della L.R. n. 7 del 04/02/1997 e s.m.i. “Norme in materia di organizzazione dell’Amministrazione regionale”, che definisce la separazione dell’attività di direzione e di indirizzo politico da quella di gestione amministrativa;
- il Decreto Legislativo 7 marzo 2005, n. 82 e s.m.i. “Codice dell’amministrazione digitale”;
- la Legge regionale 20 giugno 2008, n. 15 e ss.mm.ii. “Principi e linee guida in materia di trasparenza dell’attività amministrativa nella Regione Puglia”;
- il Regolamento (UE) n. 679/2016, relativo alla protezione delle persone fisiche con riguardo al trattamento dei dati personali, nonché alla libera circolazione di tali dati, che abroga la direttiva 95/46/CE (Regolamento generale sulla protezione dei dati) e il successivo D.Lgs. n. 101/2018 recante “Disposizioni per l’adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) 2016/679 del Parlamento europeo e del Consiglio del 27 aprile 2016”;
- la D.G.R. n. 1974 del 07/12/2020 e s.m.i. con cui è stato approvato il nuovo Modello organizzativo denominato Modello Ambidestro per l’Innovazione della macchina Amministrativa regionale “MAIA 2.0”, pubblicata sul BURP n. 14 del 26.01.2021;
- il D.P.G.R. n. 22 del 22/01/2021 e s.m.i. avente ad oggetto “Adozione Atto di Alta Organizzazione. Modello Organizzativo “MAIA 2.0”, pubblicato sul BURP n. 15 del 28 gennaio 2021;
- la D.G.R. n. 1289 del 28/07/2021 e s.m.i. con la quale si è provveduto alla definizione delle Sezioni di Dipartimento e delle relative funzioni;
- il D.P.G.R. n. 263 del 10 agosto 2021 e s.m.i., recante: “Attuazione modello organizzativo MAIA 2.0 adottato con Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 22 del 22 gennaio 2021 e smi. Definizione delle Sezioni di Dipartimento e delle relative funzioni”, pubblicato sul BURP n. 104 suppl. del 10 agosto 2021;
- la D.G.R. del 15/09/2021, n. 1466 recante l’approvazione della Strategia regionale per la parità di genere, denominata “Agenda di Genere”;
- la D.G.R. n. 1295 del 26/09/2024 recante “Valutazione di Impatto di Genere (VIG). Approvazione indirizzi metodologico-operativi e avvio fase strutturale”;
- il “Documento di programmazione delle strategie per la prevenzione della corruzione e la trasparenza della Regione Puglia” (Allegato A3 al P.I.A.O. 2023-25 – Aggiornamento per l’anno 2025, approvato con D.G.R. n. 50 del 29/01/2025);
- la Legge Regionale n. 42 del 31/12/2024 “Disposizioni per la formazione del bilancio di previsione 2025 e bilancio pluriennale 2025-2027 della Regione Puglia - Legge di stabilità regionale 2025”;
- la Legge Regionale n. 43 del 31/12/2024 “Bilancio di previsione della Regione Puglia per l’esercizio finanziario 2025 e bilancio pluriennale 2025-2027”;
- la D.G.R. n. 26 del 20/01/2025 “Bilancio di previsione per l’esercizio finanziario 2025 e pluriennale 2025-2027. Articolo 39, comma 10, del decreto legislativo 23 giugno 2011, n. 118. Documento tecnico di accompagnamento e Bilancio Finanziario Gestionale. Approvazione”.

Il conclamato aumento dei fenomeni erosivi a carico delle coste ha reso necessaria la definizione di un quadro programmatico a livello regionale nel quale articolare organicamente le fasi, gli obiettivi e l’attività dell’azione di contrasto all’erosione costiera.

Pertanto, con D.G.R. n. 1694 del 28/09/2018, avente ad oggetto *“Indirizzi operativi per l’Azione di contrasto all’Erosione Costiera regionale e avvio 1° fase del Quadro Programmatico – Studi Preliminari”*, è stato approvato il Quadro Programmatico di contrasto al fenomeno erosivo, così articolato:

- 1) Studi preliminari e individuazione delle Unità Fisiografiche critiche, ossia maggiormente colpite da

- fenomeni di erosione, con individuazione di almeno cinque interventi urgenti (almeno due Progetti Pilota di diversa tipologia da realizzare nel primo quadrimestre di attività);
- 2) Redazione del "Piano Regionale Morfodinamico delle Coste";
 - 3) Definizione del Piano degli Interventi e del relativo Piano finanziario, eventualmente articolato in piani pluriennali di intervento;
 - 4) Definizione di indirizzi operativi, linee guida, azioni di contrasto e norme tecniche;
 - 5) Istituzione dell'Osservatorio Regionale delle Coste previsto dalla L.R. n. 17/2015 e Monitoraggio continuo.

Nell'ambito della citata delibera di giunta regionale è stato, inoltre, approvato lo schema di Accordo fra Pubbliche Amministrazioni, sottoscritto ai sensi dell'art. 15 della L. n. 241/90 in data 19/12/2018, dal Direttore del Dipartimento Mobilità, Qualità Urbana, Opere Pubbliche, Ecologia e Paesaggio e dal Rettore del Politecnico di Bari, per lo sviluppo e l'attuazione dei contenuti del Quadro Programmatico che rappresenta obiettivo comune delle parti.

In prosieguo di tempo, nel dicembre del 2018, il Tavolo Nazionale sull'Erosione Costiera MATTM-Regioni, con il coordinamento di ISPRA, ha provveduto ad emanare le nuove "Linee Guida per la Difesa della Costa dai fenomeni di Erosione e dagli effetti dei Cambiamenti climatici. Versione 2018", aggiornando quanto già pubblicato nel marzo del 2017.

In un contesto di particolare dinamismo intorno alle tematiche legate all'erosione costiera e alla gestione del demanio marittimo, il Tavolo tecnico costituitosi per la realizzazione dell'attività di ricerca sulla dinamica costiera di cui all'art. 1 del citato Accordo, ha ritenuto prioritario definire indirizzi operativi e linee guida per la gestione delle spiagge previsti dal Quadro Programmatico di cui alla D.G.R. n. 1694 del 28/09/2018 e in accordo alle nuove LLGG nazionali.

Inoltre, la ricerca di cui all'Accordo è stata portata avanti con lo sviluppo degli "Studi preliminari per il contrasto all'erosione costiera: analisi dei fenomeni evolutivi e progetti pilota" trasmessi dal Politecnico di Bari in data 18/12/2019; tuttavia, attesa l'indisponibilità dei fondi necessari, non si è potuto dare attuazione ai progetti pilota.

Successivamente, l'attività del tavolo tecnico ha subito un inevitabile rallentamento a causa dell'emergenza epidemiologica da Covid-19, pur continuando ad analizzare le questioni emerse dai lavori fino allora svolti e, in particolare, la necessità di una rimodulazione dei contenuti del quadro programmatico di cui alla D.G.R. n. 1694/2018.

Con D.P.G.R. del 22 gennaio 2021 n. 22, recante *Adozione Atto di Alta Organizzazione. Modello Organizzativo "MAIA 2.0"* sono state definite le strutture organizzative secondo il nuovo modello organizzativo nonché la composizione del Dipartimento Bilancio, Affari generali e Infrastrutture al quale afferisce, fra le altre, la Sezione Demanio e Patrimonio.

Con successiva D.G.R. del 28 luglio 2021 n. 1289, alla Sezione Demanio e Patrimonio sono state attribuite, rispetto al precedente modello organizzativo, ulteriori competenze in materia di gestione della costa – diventate effettive a partire dal 1° novembre 2021 - che riguardano sostanzialmente:

1. La pianificazione costiera e portuale compresa l'attività di censimento classificazione e valorizzazione dei porti regionali nonché l'approvazione dei PRP;
2. La programmazione e gestione delle risorse regionali, statali e comunitarie per gli interventi di contrasto all'erosione costiera, il trasferimento agli enti attuatori delle risorse finanziarie e la definizione dei procedimenti di realizzazione dei suddetti interventi.

Atteso il nuovo assetto delle strutture regionali e la ripartizione delle competenze operate con gli atti sopra richiamati, nell'Accordo ex art. 15 L. 241/90 e ss.mm.ii., al Dipartimento Mobilità, Qualità Urbana, Opere Pubbliche, Ecologia e Paesaggio è subentrato il Dipartimento Bilancio, Affari generali e Infrastrutture. Pertanto, la Sezione Demanio e Patrimonio regionale, avendone titolarità, ha assunto le funzioni di coordinamento per la prosecuzione delle attività previste dall'Accordo di cui alla D.G.R. n. 1694/2018, provvedendo innanzitutto ad accertare lo stato d'avanzamento delle stesse.

Con nota del 05/05/2022 il Politecnico di Bari ha trasmesso alla Sezione Demanio e Patrimonio il documento recante *“Studi per il contrasto all’erosione costiera: analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio”*.

Gli elaborati sono stati successivamente oggetto di ulteriore revisione congiunta da parte del gruppo di lavoro.

Nella riunione del tavolo tecnico tenutosi in data 08/02/2023, il Politecnico di Bari ha relazionato in merito agli esiti dell’attività di ricerca condotta nell’ambito dell’Accordo, giusto verbale acquisito al prot. AOO_108_08/02/2023 n. 1681 della Sezione Demanio e Patrimonio.

Nello specifico, il Politecnico di Bari ha evidenziato che *“gli elementi morfologici di dettaglio della costa (con specifico riferimento ai dati topo-batimetrici) e la loro interazione con le strutture antropiche (a terra e a mare), non consentono - ad oggi - un’analisi dei fenomeni locali e una caratterizzazione dei rischi ad essi connessi, necessari alla programmazione sistematica di interventi strutturali e gestionali da attuarsi a scala comunale.*

Lo studio svolto, pertanto, ha consentito la definizione di un quadro generale sull’evoluzione della costa e sull’analisi del rischio connesso, solo a scala regionale, che restituisce tuttavia elementi sufficienti per orientare l’azione amministrativa regionale verso il contrasto del fenomeno, ma che non consente di definire un Piano strutturale né, di conseguenza, un programma degli interventi e un piano finanziario di dettaglio.”

Per quanto sopra, tenuto conto dell’attività finora svolta nell’ambito dell’Accordo in parola fra la Regione Puglia e il Politecnico di Bari, si propone di adottare gli *“Studi per il contrasto all’erosione costiera: analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio”*, resi disponibili su supporto informatico dal Politecnico di Bari in data 25/01/2023, la cui *“Relazione generale”* è allegata al presente provvedimento (Allegato A), per farne parte integrante e sostanziale.

GARANZIE DI RISERVATEZZA

La pubblicazione sul BURP, nonché la pubblicazione all’Albo o sul sito istituzionale, salve le garanzie previste dalla legge 241/1990 in tema di accesso ai documenti amministrativi, avviene nel rispetto della tutela della riservatezza dei cittadini secondo quanto disposto dal Regolamento UE n. 679/2016 in materia di protezione dei dati personali, nonché dal D.Lgs. n. 196/2003 ss.mm.ii., ed ai sensi del vigente Regolamento regionale 5/2006 per il trattamento dei dati sensibili e giudiziari, in quanto applicabile. Ai fini della pubblicità legale, il presente provvedimento è stato redatto in modo da evitare la diffusione di dati personali identificativi non necessari ovvero il riferimento alle particolari categorie di dati previste dagli articoli 9 e 10 del succitato Regolamento UE.

COPERTURA FINANZIARIA AI SENSI DEL D.LGS. 118/2011 E SS.MM.II.

La presente deliberazione non comporta implicazioni, dirette e/o indirette, di natura economico-finanziaria e/o patrimoniale e dalla stessa non deriva alcun onere a carico del bilancio regionale.

Tutto ciò premesso, al fine di adottare gli *Studi per il contrasto all’erosione costiera: analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio*, ai sensi dell’art. 4, co. 4, lett. d) della L.R. 7/1997, si propone alla Giunta regionale:

1. di **adottare**, per l’effetto, gli *Studi per il contrasto all’erosione costiera: analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio*, la cui *“Relazione generale”* è allegata al presente provvedimento (Allegato A) per farne parte integrante e sostanziale;
2. di **rendere** consultabile, in formato digitale (pdf), tutta la documentazione relativa agli *Studi* come dettagliata nell’Elenco allegati contenuto nella *Relazione generale* (Allegato A) tramite pubblicazione sul sito istituzionale regionale all’indirizzo <https://www.regione.puglia.it/web/demanio-marittimo>, a cura del competente Servizio Demanio Costiero e Portuale;
3. di **pubblicare** il presente provvedimento sul BURP in versione integrale e sul sito istituzionale informatico regionale ai sensi dell’art. 23 del D.Lgs. 33/2013 e ss.mm.ii., nella sezione Amministrazione trasparente – Provvedimenti – Provvedimenti organi indirizzo politico – Provvedimenti della Giunta regionale.

I sottoscritti attestano la regolarità amministrativa dell'attività istruttoria e della proposta, ai sensi dell'art. 6, co. 3, lett. da a) ad e) delle Linee guida sul "Sistema dei controlli interni nella Regione Puglia", adottate con D.G.R. 23 luglio 2019, n. 1374.

Il Responsabile E.Q. "Gestione del demanio costiero e contrasto ai fenomeni erosivi"

(Emanuele Bellisario LEO)

 Emanuele
Bellisario
Leo
13.03.2025
17:31:09
GMT+02:00

La Dirigente della Sezione Demanio e Patrimonio
ad interim del Servizio Demanio Costiero e Portuale
(Costanza Moreo)

 COSTANZA
MOREO
14.03.2025
12:32:44
GMT+01:00

Il Direttore ai sensi degli artt. 18 e 20 del Decreto del Presidente della Giunta regionale 22 gennaio 2021, n. 22 e ss.mm.ii., NON RAVVISA osservazioni alla presente proposta di DGR.

Il Direttore del Dipartimento Bilancio, Affari Generali e Infrastrutture
(Angelosante Albanese)

 Angelosante
Albanese

Il Presidente Dott. Michele Emiliano, ai sensi del vigente Regolamento della Giunta regionale,

propone

alla Giunta regionale l'adozione del presente atto.

Il Presidente Dott. Michele Emiliano

 Michele Emiliano
17.03.2025
10:42:22
GMT+02:00



REGIONE PUGLIA



**STUDI
PER IL CONTRASTO
ALL'EROSIONE COSTIERA:
ANALISI DEI FENOMENI
EVOLUTIVI E MITIGAZIONE DEL
RISCHIO**



Relazione generale

A cura di:

**prof. ing. Umberto Fratino, prof. Ing. Leonardo Damiani
e ing. Maria Francesca Bruno**

Gennaio 2022

**COSTANZA
MOREO
14.03.2025
12:31:47
GMT+01:00**





Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

SOMMARIO

PREMESSA.....	2
1 OBIETTIVI DELLO STUDIO.....	4
2 CENSIMENTO DELLE OPERE DI DIFESA COSTIERA	5
3 ESPOSIZIONE METEOMARINA DELL'INTERO LITORALE REGIONALE	6
4 CENSIMENTO DEI DATI IDROLOGICI E TORBIOMETRICI DEI CORSI D'ACQUA REGIONALI.....	9
5 ANALISI GEOMORFOLOGICA DEL LITORALE REGIONALE.....	11
6 FENOMENI EVOLUTIVI DELLA COSTA REGIONALE.....	12
7 QUADRO PREDITTIVO DEI FENOMENI EVOLUTIVI.....	15
8 VALUTAZIONE DEL RISCHIO COSTIERO A SCALA REGIONALE.....	16
9 Ipotesi di interventi di mitigazione del rischio EROSIONE.....	19
10 TIPOLOGIE DI OPERE DI DIFESA	21
11 PROGETTI PILOTA	23
11.1 MARGHERITA DI SAVOIA (BAT).....	23
11.1.1 INTERVENTO PROPOSTO	24
11.2 MATTINATA (FG).....	25
11.2.1 INTERVENTO PROPOSTO	27
11.3 PORTO CESAREO (LE).....	30
11.3.1 INTERVENTO PROPOSTO	32
11.4 RODI GARGANICO (FG).....	35
11.4.1 INTERVENTO PROPOSTO	35
12 SISTEMA INFORMATIVO GEOGRAFICO.....	39
13 ALLEGATI.....	39



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

PREMESSA

Il conclamato aumento dei fenomeni erosivi a carico della costa pugliese richiede la definizione di un quadro programmatico a livello regionale nel quale siano organicamente articolate le fasi, gli obiettivi e l'attività dell'intervento di contrasto.

La Giunta Regionale pugliese, su proposta dell'Assessore al Bilancio della Regione Puglia, avv. Raffaele Piemontese, delegato in materia di erosione costiera, con Deliberazione G.R. n. 1694 del 26 settembre 2018 (BURP n. 141 del 05/11/2018) ha approvato un **Quadro Programmatico** che prevedeva le seguenti fasi:

1. Studi preliminari e individuazione delle Unità Fisiografiche critiche, ossia maggiormente colpite da fenomeni di erosione, con individuazione di almeno cinque interventi urgenti (almeno due Progetti Pilota di diversa tipologia da realizzare nel primo quadrimestre di attività), la cui attuazione sarà finanziata dalla Regione con successivi provvedimenti;
2. Redazione del "**Piano Regionale Morfodinamico delle Coste**";
3. Definizione del Piano degli Interventi e del relativo Piano finanziario, eventualmente articolato in Piani pluriennali di intervento;
4. Definizione di indirizzi operativi, linee guida, azioni di contrasto e norme tecniche di attuazione del Piano;
5. Istituzione dell'Osservatorio Regionale delle Coste previsto dalla L.R. n. 17/2015 e Monitoraggio continuo.

Le attività di analisi suindicate erano state articolate secondo uno "*Schema dei contenuti del Piano Regionale Morfodinamico delle Coste*" (Allegato 1, DGR 1694/2018) la cui esecuzione è stata affidata al Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica (DICATECh) del Politecnico di Bari che, per finalità di ricerca, è interessato all'argomento in questione.

Per tale attività di ricerca in data 19/12/2018 è stato siglato un apposito Accordo Quadro tra Politecnico di Bari e Regione Puglia avente ad oggetto "*Realizzazione di un'attività di ricerca sulla dinamica costiera regionale finalizzata all'analisi di rischio ed all'individuazione del fenomeno dell'erosione e dei rimedi attuabili*".

Lo *Schema del Piano Morfodinamico delle Coste* prevedeva i seguenti contenuti:

- A. Quadro Conoscitivo e Individuazione dell'Unità Fisiografica Critica e dei Relativi Interventi.
- B. Quadro Predittivo.
- C. Carta del Rischio (su scala regionale).
- D. Indirizzi operativi per l'azione di contrasto per l'intera linea di costa.

Successivamente, con Legge n. 145 del 30/12/2018 (Finanziaria 2019), lo Stato ha inteso intervenire in materia di demanio marittimo individuando gli strumenti normativi per una generale revisione del settore.

In particolare, la norma nazionale individua un DPCM di prossima emanazione quale strumento necessario a "fissare termini e modalità per la generale revisione del sistema delle concessioni demaniali marittime" (art. 1, comma 675, della L. 145/2018)



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

nonché stabilire le condizioni e le modalità per procedere “all’approvazione dei metodi, degli indirizzi generali e dei criteri per la programmazione, pianificazione e gestione integrata degli interventi di difesa delle coste e degli abitati costieri di cui all’articolo 89, comma 1, lettera h) del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112” (art. 1, comma 676, lettera e) della L. 145/2018).

Pertanto, in tale contesto di particolare dinamismo intorno alle tematiche legate all’erosione costiera e alla gestione del demanio marittimo, ed in considerazione, della indisponibilità di fondi regionali da destinare alla realizzazione dei progetti pilota originariamente, il tavolo tecnico per il coordinamento delle attività previste nell’Accordo ha riformulato titolo e contenuti dello studio affidato al Politecnico di Bari disponendo che gli “Studi per il contrasto all’erosione costiera: analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio” dovessero includere lo stato delle conoscenze a disposizione per l’inquadramento delle problematiche in atto e la definizione delle tipologie di interventi per la mitigazione dei fenomeni erosivi.

Il coordinamento generale delle attività svolte dal Politecnico di Bari è stato effettuato a cura dei proff. ing. Umberto Fratino e Leonardo Damiani e dell’ing. Maria Francesca Bruno.

Il gruppo di lavoro è composto, oltre che dai membri del coordinamento generale, da: ing. Gianluca Adamuccio, ing. Matteo Gianluca Molfetta, ing. Biagio Nobile, geol. Mauro Palombella, ing. Luigi Pratola, prof. geol. Alessandro Reina, ing. Daniela San Lorenzo e ing. Alessandra Saponieri.



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

1 OBIETTIVI DELLO STUDIO

Nel presente lavoro sono stati sviluppati gli “Studi per il contrasto all'erosione costiera: analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio” che costituisce lo stato delle conoscenze a disposizione per l'inquadramento delle problematiche in atto e la definizione delle tipologie di interventi per la mitigazione dei fenomeni erosivi.

Il quadro conoscitivo dei dati di riferimento è stato articolato nei seguenti punti:

1. aggiornamento del censimento delle opere di difesa costiera e degli insediamenti presenti all'interno della fascia demaniale marittima tramite cartografia da integrare, ove necessario, con attività di indagine specifica sui luoghi per documentare lo stato di fatto;
2. censimento delle opere rigide presenti sui litorali pugliesi;
3. aggiornamento dell'analisi dell'esposizione meteomarina dell'intero litorale regionale;
4. censimento dei dati idrologici e torbiometrici dei corsi d'acqua regionali con carattere di significatività ai sensi del DM 131/2008, come integrato dal DM 260/2010;
5. analisi geomorfologica dell'intero litorale regionale;
6. individuazione delle unità fisiografiche ritenute più critiche;
7. individuazione di priorità di intervento nelle unità fisiografiche critiche e relativa tipologia di intervento, con realizzazione di almeno due Progetti Pilota.

Nella definizione del quadro dei dati di riferimento, è stato tenuto conto di tutti i dati a disposizione della Regione Puglia a partire dagli studi condotti per la Redazione del *Piano Regionale delle Coste* della Regione Puglia (PRC, D.G.R. n. 2273 del 13/10/2011), ovvero in documenti a esso relazionabili, le *Linee Guida per la difesa delle coste basse* (D.G.R. n. 410 del 10/06/2011), nonché in supporti cartografici digitali con differente riferimento temporale.

La presente Relazione generale contiene una indicazione sintetica dei contenuti di ciascun allegato prodotto nel corso degli studi.



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

2 CENSIMENTO DELLE OPERE DI DIFESA COSTIERA

A cura di: ing. Maria Francesca Bruno e ing. Biagio Nobile.

L'aggiornamento del censimento delle opere di difesa costiera è stato effettuato attraverso la ricognizione, in ambiente GIS, delle opere presenti lungo la costa pugliese così come rilevate in base alla interpretazione della ortofoto della fascia costiera regionale.

Il supporto cartografico utilizzato è l'ortofoto realizzata nel 2017 ed è stata fornita dalla Sezione Demanio e Patrimonio della Regione Puglia in files immagine con formato digitale ecw, georeferenziati nel sistema UTM33 WGS84.

Per descrivere sinteticamente le opere è stata definita una classificazione basata fondamentalmente sulla tipologia delle strutture, ossia in base alla funzione dei manufatti ed alla loro posizione; in base a tali caratteristiche sono state elaborate 9 classi di seguito riportate:

- opere portuali;
- foci armate;
- opere trasversali;
- opere longitudinali aderenti;
- opere longitudinali distaccate;
- opere longitudinali distaccate con formazione di tomboli;
- terrapieni con gabbionate al nucleo;
- terrapieni senza gabbionate;
- opere miste.

Le informazioni sulle opere censite sono state riportate in uno strato informativo GIS denominato "*Opere_difesa*" la cui tabella dati collegata contiene le informazioni relative al territorio comunale in cui l'opera è inserita, alla tipologia di opera, alla Unità ed alla Sub-Unità fisiografica così come definite nel Piano Regione delle Coste (PRC) della Regione Puglia.

Nella tabella informativa GIS sono state evidenziate le opere realizzate successivamente al 2005, anno di riferimento per le elaborazioni cartografiche alla base del PRC della Regione Puglia; alle nuove opere è stato assegnato l'anno di ricognizione formale del 2017.

Il lavoro di censimento delle opere rigide è presentato nel dettaglio nella relazione denominata "Allegato A".



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

3 ESPOSIZIONE METEOMARINA DELL'INTERO LITORALE REGIONALE

A cura di: ing. Maria Francesca Bruno e ing. Daniela San Lorenzo.

La conoscenza delle forzanti meteomarine al largo di un paraggio è un requisito essenziale per qualsiasi tipo di intervento nella fascia costiera. I gravi problemi di instabilità delle spiagge che investono ormai i litorali di gran parte del bacino mediterraneo impongono attenti studi sulla caratterizzazione del clima ondoso, anemometrico e sulle variazioni del livello marino, anche in relazione ai cambiamenti climatici.

Sui litorali italiani fino a qualche tempo fa erano attive due reti nazionali, entrambe gestite dall'I.S.P.R.A., che provvedevano all'acquisizione sia di dati ondometrici (Rete Ondometrica Nazionale RON) che di dati anemometrici e mareografici (Rete Mareografica Nazionale RMN). A causa della limitata copertura geografica, tuttavia, tali reti non erano in grado di caratterizzare adeguatamente alcuni tratti del litorale italiano. Alcune regioni, tra cui proprio la Regione Puglia, avevano, perciò, provveduto a realizzare proprie reti di monitoraggio, integrandole con quelle a carattere nazionale. Negli ultimi anni, sfortunatamente, la rete RON, a causa di tagli ai finanziamenti, è stata dismessa e si attende ancora di avere notizie in merito ad un possibile rifinanziamento.

La rete di monitoraggio meteo-oceanografica della Regione Puglia attualmente gestita dall'Autorità di bacino della Regione Puglia è stata progettata, realizzata e gestita dal Laboratorio di Ricerca e Sperimentazione per la Difesa delle Coste (LIC), dal 2005 fino a novembre 2011. La rete è stata infatti realizzata con fondi del Programma Operativo Regionale POR Puglia 2000 – 2006 al fine di migliorare ed ampliare le conoscenze in merito al clima meteomarino regionale, andando ad integrare le reti a carattere nazionale. Le serie storiche di dati acquisiti con questo sistema, integrate con quelle raccolte dalle reti nazionali, hanno consentito, nel corso degli anni, non soltanto la caratterizzazione del clima meteomarino lungo il litorale regionale ma anche l'analisi dell'azione di eventi meteo marini particolarmente significativi sulle unità fisiografiche del litorale pugliese (Figura 3.1)

I dati rilevati meteomarini rilevati "in situ" sono stati integrati con i dati estrapolati dal database del modello di previsione globale dal ERA5, sviluppato recentemente da ECMWF (*European Center for Medium range Weather Forecasts*). I dati di ERA5 sono il risultato di un processo di rianalisi che, sulla base dell'assimilazione di dati disponibili (tramite satelliti e sensori al suolo o posti in mare) a livello globale, fornisce la ricostruzione numerica di parametri atmosferici (es. condizioni anemometriche e pressione atmosferica) e di moto ondoso ad alta risoluzione spaziale e temporale.

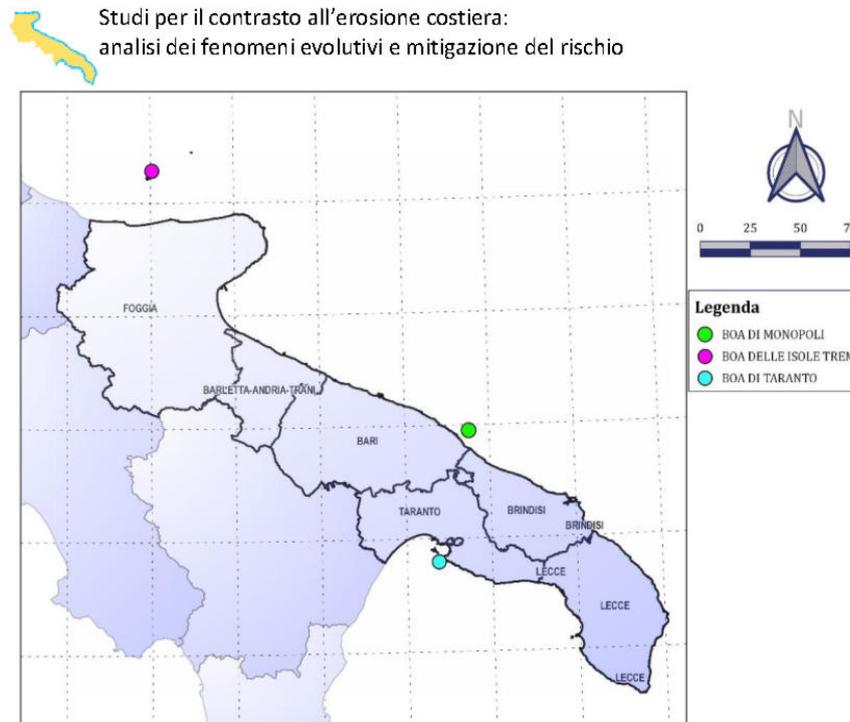


Fig. 3.1: posizione delle boe ondametriche presenti al largo delle coste pugliesi.

Tali dati sono a libera consultazione attraverso il servizio *Copernicus Climate Change Service (C3S)* e scaricabili dal *Climate Data Store di Copernicus (CDS)*. I dati nel CDS sono forniti su griglia con risoluzione spaziale pari a 0.25° (pari a circa 30 km) per i dati atmosferici e 0.5° (pari a circa 60 km) per i dati ondametrici.

I dati sono attualmente disponibili nel CDS dal 01/01/1979 al 31/12/2018 e hanno una risoluzione temporale pari a 1 ora.

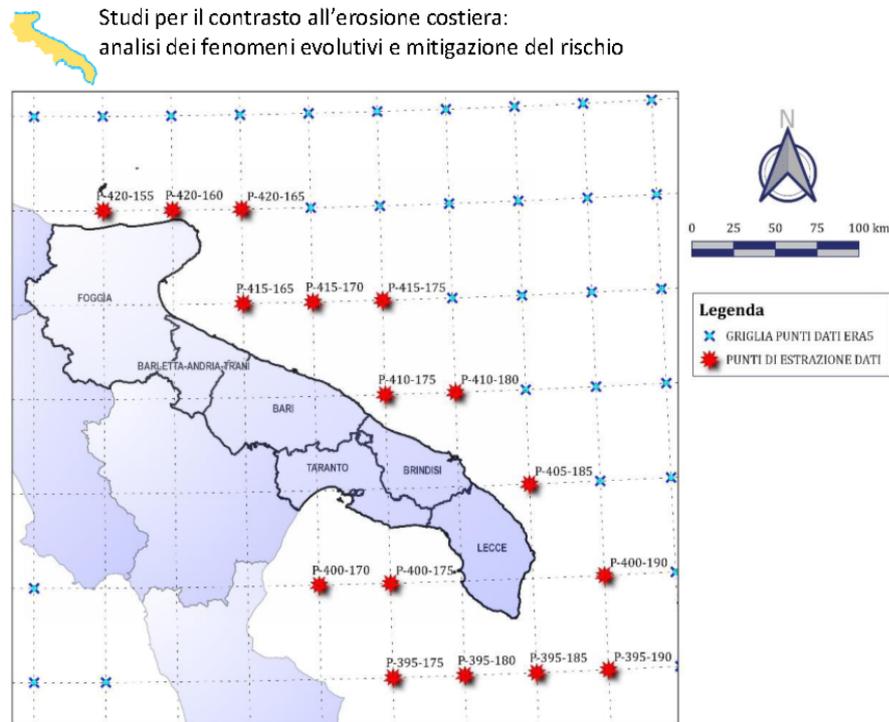
La griglia dei punti in corrispondenza dell'area oggetto del presente studio, in cui è possibile estrarre i dati ERA5, è riportata in Fig. 3.2.

Nella stessa griglia sono evidenziati (in rosso) i punti in cui sono stati effettivamente estratti i parametri meteomarini utilizzati per la definizione del clima meteomarino a largo delle coste pugliesi.

I dati estratti sono stati oggetto di elaborazione, così come descritto nel seguito, al fine di ottenere le serie storiche di onde e vento e di caratterizzare le forzanti meteomarine a largo della costa pugliese.

Il passo successivo è stato quello di definire le caratteristiche sotto costa degli eventi estremi associati ad onde con tempi di ritorno compresi tra 5 anni e 50 anni. Pertanto, note le caratteristiche degli stati di mare a largo, è stato utilizzato un modello numerico che permette di propagare gli stati di mare sotto costa tenendo conto della configurazione batimetrica del paraggio.

La propagazione del moto ondoso sino al margine dell'area costiera è stato effettuato tramite il modello di propagazione spettrale SWAN (*Simulating WAves Nearshore*) sviluppato dalla *Delft University of Technology* (Booij et al., 1996).



La discretizzazione del dominio di calcolo è stata effettuata utilizzando la tecnica agli elementi finiti (FEM, *Finite Element Method*), generando griglie di calcolo del tipo “non strutturato” ossia di forma irregolare costituita: da una serie di elementi triangolari con risoluzione spaziale crescente al progredire verso riva,. In ciascun nodo delle griglie ci sono le informazioni batimetriche, ottenute tramite interpolazione lineare dei dati batimetrici desunti dal portale EMODnet (<https://emodnet.ec.europa.eu>).

Lo studio delle oscillazioni del livello marino nel Medio e Basso Adriatico e nello Ionio è stato effettuato utilizzando i dati acquisiti dalle stazioni mareografiche che hanno una serie temporale più lunga, ossia le stazioni mareografiche di Ortona, Vieste, Bari, Otranto e Taranto gestite dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale).

Le registrazioni di livello sono state preliminarmente sottoposte ad un controllo di qualità per l'identificazione di dati anomali, spike ed errori di temporizzazione e successivamente restituite a cadenza oraria. Dall'analisi dei dati orari di livello è stato calcolato il livello medio annuale considerando l'anno meteorologico che inizia il 01 settembre e termina il 31 agosto, al fine di evitare la scissione della stagione invernale. Considerato che i dati di livello osservati risultano essere costituiti dalla somma dei contributi derivanti dal livello medio mare locale, dalla marea astronomica e dalla cosiddetta marea meteorologica, si è proceduto all'analisi armonica delle serie storiche al fine di separare le componenti astronomiche e meteorologiche della marea.

Tutte le analisi condotte sono presentate nel dettaglio nelle relazioni denominate “Allegato B1”, “Allegato B2”, “Allegato B3” e “Allegato B4”.



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

4 CENSIMENTO DEI DATI IDROLOGICI E TORBIOMETRICI DEI CORSI D'ACQUA REGIONALI

A cura di: prof. ing. Umberto Fratino e ing. Biagio Nobile.

L'erosione è un fenomeno fisico naturale che è relativamente lento, quando non accelerato dall'attività antropica, che dipende da fattori quali clima, suolo, paesaggio, componenti idrologiche, vegetazione e pratiche agricole e ha quali forzanti vento e acqua. L'erosione determinata dal vento si manifesta con la formazione di nuvole di polveri, con accumuli di terreno lungo allineamenti che danno un aspetto irregolare alla superficie del suolo, mentre quella provocata dallo scorrimento delle acque provoca piccoli ruscelli e canali, depositi di terreno alla base dei pendii, sedimenti nei fiumi, nei laghi e aggregati di terreno misti a ciottoli e residui di piante. Mentre nelle regioni aride e semi-aride della terra l'erosione eolica può essere un problema, nelle regioni temperate i rischi maggiori sono connessi con l'erosione idrica superficiale e fluviale. In genere l'erosione può essere limitata cercando di mantenere una copertura protettiva sul terreno (ad esempio, la presenza di un frutteto, rispetto ad un terreno nudo, riduce di circa 80 volte il potenziale erosivo di una pioggia, mentre un bosco o una foresta possono raggiungere valori protettivi fino a 1000 volte superiori).

La valutazione dell'erosione del suolo è un problema che da molti anni la ricerca scientifica tenta di risolvere seguendo vari approcci. È possibile esprimere l'entità dell'erosione sia in termini qualitativi che quantitativi, considerando diverse scale di osservazione, a partire dalla singola porzione di versante, per passare al singolo impluvio, quindi al bacino idrografico fino a giungere alla scala regionale e globale (FAO-UNESCO, 1973). Alla scala di dettaglio appaiono più evidenti i processi di erosione rills, a scala di bacino entrano in gioco fattori quali vegetazione, pedologia; clima e litologia sono invece i due fattori principali da considerare se si studia il fenomeno a scala regionale e globale.

Nel lavoro effettuato, il cui dettaglio è nell'allegato C, sono state condotte analisi sul trasporto solido nei bacini idrografici pugliesi, allo scopo di selezionare e individuare parametri significativi nello sviluppo dei fenomeni erosivi su ampia scala. Inoltre, coniugando l'attività di modellazione con l'esame dei dati storici disponibili, sono state ricercate relazioni in grado di correlare il deflusso solido alle caratteristiche morfologiche, idrologiche e idrauliche delle aree indagate. In primo luogo, sono stati valutati gli effetti dell'erosione idrica relazionandoli alle caratteristiche climatiche e idrologiche del territorio, e tenendo in considerazione l'influenza dei principali meccanismi di generazione del deflusso superficiale, ruscellamento e propagazione.

In seguito, allo scopo di ottenere una ottimale caratterizzazione delle onde di piena a elevato tempo di ritorno, sono stati applicati modelli idraulico-idrologici a parametri concentrati e distribuiti. Nello specifico, attraverso il modello DREAM sono state effettuate simulazioni continue di lungo periodo su un bacino campione e con approccio probabilistico in corrispondenza delle serie storiche di misura



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

idrometrografiche disponibili. Inoltre, attraverso il ricorso ad indici territoriali di erosione potenziale del suolo (CSEP) sono state redatte mappe di erosività potenziale per l'intero territorio pugliese.



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

5 ANALISI GEOMORFOLOGICA DEL LITORALE REGIONALE

A cura del prof. geol. Alessandro Reina e geol. Mauro Palombella

A partire da una breve sintesi delle caratteristiche geomorfologiche ed evolutive della costa pugliese così come desumibile dagli studi di settore di più recente emanazione, è stato seguito un metodo scientifico in grado di contribuire all'aggiornamento della cartografia tematica di supporto per identificare e valutare il grado di rischio geologico, in virtù delle condizioni di evoluzione geometrica della linea di costa pugliese.

È stata effettuata una ricognizione Bibliografica delle conoscenze geologiche già disponibili in ambiente GIS ed è stato deciso di assumere come riferimento per il presente aggiornamento la linea di costa della Carta Idrogeomorfologica e del Piano Regionale delle Coste dalla Regione Puglia.

Un primo obiettivo di questa ricerca è stato quello di verificare, la possibilità tramite l'ausilio di tecniche di telerilevamento e di geoinformatica, di aggiornare le forme individuate nel Piano Regionale delle Coste PRC del tratto costiero pugliese che contribuisce a dare un apporto alla comprensione della problematica erosiva e quindi alla conoscenza dell'evoluzione morfo-stratigrafica della linea di costa.

Un secondo, ma non meno importante obiettivo, è stato quello di impostare lo studio integrato in ambiente GIS (Geographic Information System) e creare gli "strati informativi" nello stesso Sistema di Riferimento del SIT (Sistema Informativi Territoriale) della Regione Puglia affinché i risultati degli studi effettuati possano essere senza interposizione utilizzati per le applicazioni sulla conservazione e lo sviluppo del territorio pugliese, non trascurando anche le eventuali attuazioni in campo ambientale e fra gli elementi di base dei Piani Comunali delle Coste che a loro volta devono contribuire all'aggiornamento della linea di costa realizzando rilievi di maggior dettaglio.

Tutte le analisi condotte sono presentate nel dettaglio nella relazione denominata "Allegato D".



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

6 FENOMENI EVOLUTIVI DELLA COSTA REGIONALE

A cura di: prof. ing. Umberto Fratino, ing. Maria Francesca Bruno e ing. Biagio Nobile.

Nello studio dell'evoluzione recente dei litorali la costa regionale è stata preliminarmente suddivisa in Unità e Sub-Unità Fisiografiche.

Rispetto alle SUF individuate dal PRC si evidenzia che all'interno della UF1 sono state individuate quattro sub-unità, in quanto la realizzazione del molo foraneo del Porto di Rodi Garganico ha introdotto una soluzione di continuità all'interno della precedente SUF1.1. Alla luce dei cambiamenti avvenuti nella dinamica dei sedimenti, la nuova SUF1.1 comprende il tratto litoraneo solo da Chieuti al porto di Rodi Garganico, mentre la SUF 2.2 si estende dal porto di Rodi fino a Peschici.

La ricognizione e mappatura dei litorali sabbiosi è stata condotta sia sugli arenili sabbiosi o ciottolosi che lungo la costa rocciosa (alta e bassa) con spiaggia di sabbia o ghiaia al piede. Lungo i litorali regionali ricadenti nelle succitate tipologie si è proceduto all'estrazione della linea di costa e alla mappatura dell'area di spiaggia compresa tra la linea di costa e il limite di retrospiaggia. Allo scopo di minimizzare il rischio di commettere errori dovuti alla diversa interpretazione del dato da parte di soggetti diversi, l'estrazione è stata eseguita dallo stesso operatore esperto.

La mappatura delle spiagge consente sia la valutazione delle ampiezze dei litorali sabbiosi sia il monitoraggio delle superfici territoriali perse per i fenomeni erosivi.

A valle della mappatura delle spiagge è stato possibile calcolare alcuni parametri dimensionali quali superficie, lunghezza e ampiezza. La misura dell'ampiezza di una spiaggia risulta essere, infatti, insieme alle variazioni della posizione della linea di riva, un parametro significativo nella valutazione dei fenomeni evolutivi.

L'analisi dell'evoluzione costiera è stata condotta sulla base di due set di immagini realizzati, rispettivamente, nel 2005 (ortofoto a colori Terraltaly TM NR del volo 2005 della Regione Puglia) e nel 2017 (reso disponibile Sezione Demanio e Patrimonio - Servizio Demanio Costiero e Portuale della Regione Puglia), seguendo l'approccio metodologico utilizzato per la redazione del PRC.

Nello studio delle tendenze evolutive della costa pugliese, tutte le analisi sono state, quindi, condotte facendo riferimento alla situazione in essere al 2005, impostando così come riferimento la linea di costa ufficiale del PRC.

Al fine di valutare i tratti in evoluzione si è proceduto all'individuazione dei poligoni di superficie delimitati dalle intersezioni delle due linee di costa considerate; tali poligoni rappresentano le aree in avanzamento o arretramento della linea di costa durante l'intervallo temporale di analisi.

Tra tutti i poligoni così creati sono stati selezionati solo quelli che contenessero almeno un punto di distanza, in valore assoluto, tra le linee di costa pari almeno a 10 m, mentre i rimanenti poligoni non sono stati considerati nelle analisi di evoluzione, ritenendo stabili le aree da essi racchiuse. Tale criterio ha consentito di ottenere risultati non affetti dalle inevitabili approssimazioni derivanti dalla procedura di



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

digitalizzazione delle linee di riva e di escludere dalle analisi i mutamenti ordinari legati ai cicli meteomarini stagionali.

Dal perimetro di ogni poligono così selezionato sono stati estratti i segmenti di costa (i cui estremi sono rappresentati dai punti di intersezione delle due linee) appartenenti alla linea di costa più recente; tali segmenti sono stati, quindi, definiti in arretramento o avanzamento (Figura 6.1).

Al fine di individuare i tratti che nel periodo analizzato sono stati interessati da fenomeni erosivi particolarmente intensi la stessa metodologia appena descritta è stata applicata utilizzando anche un valore di scostamento tra le linee di costa pari a 30 m. Questa analisi ha permesso di individuare i tratti di costa pugliese classificabili come "altamente erosivi" nel periodo 2005-2017.

L'analisi dei fenomeni evolutivi è stata, altresì, estesa ad un arco temporale molto lungo osservando quanto accaduto sui litorali regionali già a partire nei periodi 1960-1992 e 1992-2005.

Tutte le analisi condotte sono presentate nel dettaglio nella relazione denominata "Allegato E".

Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio



Fig. 6.1 – Tratti di costa in avanzamento e arretramento dal 2005 al 2017 (range 10 m)



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

7 QUADRO PREDITTIVO DEI FENOMENI EVOLUTIVI

A cura di ing. Maria Francesca Bruno e ing. Biagio Nobile.

La stima dei tassi di erosione a lungo termine può essere utilizzata per la previsione delle aree a rischio di erosione. L'accuratezza predittiva e l'incertezza delle previsioni di erosione sono state discusse in numerosi studi.

L'intervallo temporale dei dati sulla costa da utilizzare per determinare il tasso evolutivo può essere considerato utilizzando dati a breve termine (<30 anni), a medio termine (30-60 anni), o dati a lungo termine (>60 anni).

Il confronto fra linee di costa per intervalli temporali ampi permette di separare le fluttuazioni di breve periodo (errori tipici di misura, incertezze dei metodi di mappatura, errori intrinseci dei dati originali, errori generati in fase di digitalizzazione delle fonti, errori d'individuazione delle linee di costa, variazioni stagionali del livello medio mare, intensi eventi meteomarin) dal trend di lungo periodo (Crowell et al., 1993).

Tra i metodi statistici per la stima della velocità di evoluzione della linea di costa si possono ricordare il modello End Point Rate (EPR), la regressione lineare (LRR) e velocità media (AOR).

Il modello EPR considera solo la linea di costa più datata e la più recente per determinare il tasso evolutivo, trascurando quello che è avvenuto negli anni intermedi ignorando così informazioni potenzialmente utili.

La velocità media dei tassi evolutivi (AOR) si calcola come media aritmetica delle velocità di arretramento/accrescimento stimate dal confronto a coppie di tutte le linee di costa disponibili (Foster e Savage, 1985).

Nell'analisi condotta in questo studio è stato effettuato un confronto a coppie per le linee di costa relative al 1960, 1992, 2005 e 2017. Per ogni transetto è stata stimata la velocità di arretramento/avanzamento per ciascuno dei 3 intervalli temporali considerati al fine di considerare tutti i dati effettivamente disponibili. La media aritmetica dei tre tassi evolutivi è stata, altresì, valutata.

Tutte le analisi condotte sono presentate nel dettaglio nella relazione denominata "Allegato F".



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

8 VALUTAZIONE DEL RISCHIO COSTIERO A SCALA REGIONALE

A cura di ing. Maria Francesca Bruno, ing. Matteo Gianluca Molfetta e ing. Alessandra Saponieri.

Negli ultimi anni la valutazione del rischio sta assumendo un ruolo sempre più rilevante nelle attività di pianificazione e gestione del territorio costiero. I processi fisici ai quali i litorali sono soggetti, oltre a causare nel lungo periodo un notevole depauperamento della loro qualità e sostenibilità ambientale, possono determinare importanti mutazioni sociali nello sviluppo delle attività economiche e nello stile di vita delle popolazioni che vivono a ridosso delle coste. Le osservazioni e le previsioni dei cambiamenti climatici in atto (p.es. innalzamento del livello marino, frequenza di mareggiate intense, etc.), inoltre, mostrano una maggiore esposizione delle zone costiere alle determinanti di rischio e, in particolare, ai fenomeni di erosione e inondazione. Si deve, altresì, evidenziare la grande estensione dei territori costieri per i quali la necessità di intervenire attraverso opere di mitigazione e contrasto per il ripristino di un'accettabile qualità ambientale deve, purtroppo, confrontarsi con la scarsità di risorse economiche a disposizione delle amministrazioni competenti. La ricerca di una scala di priorità di intervento attraverso cui individuare le aree maggiormente critiche risulta, dunque, di fondamentale importanza per una corretta gestione integrata dell'ambiente costiero.

Il calcolo dell'effettivo grado di rischio, ancorché calcolato a scala regionale e non locale, permette la valutazione quantitativa della presenza di fattori causa/effetto di eventi potenzialmente dannosi. L'analisi delle criticità riguarda non solo i processi fisici responsabili dei fenomeni di erosione e inondazione, ma anche le caratteristiche dell'ambiente naturale, di quello antropico e delle interazioni tra i due, in termini di indici e indicatori compatti, rappresentativi delle caratteristiche morfologiche, geologiche e sedimentologiche del paraggio, nonché delle caratteristiche energetiche del moto ondoso e del grado e tipologia di antropizzazione, infrastrutturazione e livello di sviluppo socio-economico.

Il rischio può essere definito come di seguito riportato.

$$R = H \times E \times V$$

dove,

R = Rischio: possibilità di una perdita;

H = Pericolosità (Hazard): probabilità che entro l'intervallo di tempo considerato avvenga nel territorio oggetto di studio un particolare evento distruttivo. Ne deriva che la pericolosità è valutata tenendo in considerazione sia le caratteristiche della sorgente di rischio, sia quelle del sito al quale è riferita;

E = Valore Esposto, è la misura degli elementi a rischio. Può essere espresso in vite umane o in termini economici reali o convenzionali (poiché il valore storico, culturale e ambientale non è, in molti casi, monetizzabile);



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

V = Vulnerabilità, è la frazione del valore esposto che può essere persa al seguito del verificarsi di uno specifico evento avverso.

Il rischio può essere ricavato analizzando una serie di indicatori di origine multidisciplinare, tendenti a descrivere le diverse fenomenologie fisiche, ambientali e socio-economiche che concorrono alla definizione di "H", "V" e "E".

La definizione di indicatori ed indici che siano in grado di rappresentare una determinata matrice ambientale, sia nell'ambito di processi di valutazione della matrice stessa, sia come reporting dello stato dell'ambiente, avviene generalmente attraverso l'utilizzo di schemi in grado di mettere in relazione le pressioni esercitate sulla matrice, lo stato della matrice stessa e le risposte che già ci sono o che sono ipotizzabili per il futuro.

Nel caso specifico, lo schema di riferimento utilizzato è il DPSIR (Driving forces, Pressure, State, Impact e Response) ed il modello utilizzato è basato sulle indicazioni del progetto EUROSION.

Le indicazioni riportate nel progetto EUROSION (EUROSION, 2004) consentono di stimare l'Indice di Rischio (IR) in funzione della predisposizione delle coste ad essere sede di erosione e/o di inondazioni (Indice di Vulnerabilità Costiera, IVC) e del relativo impatto (Indice di Esposizione Costiera, IEC) attraverso i seguenti indicatori:

$$R = IVC \times IEC$$

La vulnerabilità rappresenta le caratteristiche morfologiche, geologiche e sedimentarie dell'area di studio insieme ai parametri meteomarini e climatici, mentre l'esposizione rappresenta il livello delle attività antropiche, delle infrastrutture e lo sviluppo socio-economico della fascia costiera.

La quantificazione degli indici è stata effettuata a livello comunale, per tutti i comuni costieri pugliesi. Per ciascun indicatore sono stati reperiti i dati utili e, in base a questi, sono stati assegnati dei punteggi standardizzati secondo la procedura proposta nel progetto EUROSION, attraverso i quali quantificarne il peso per il calcolo dell'IVC e dell'IEC.

I livelli di rischio sono stati quindi mappati su scala regionale con livelli normalizzati rispetto al valore massimo teoricamente derivato dal modello, in accordo con la procedura Eurosion (Figura 8.1).

Sono state identificate 5 classi di rischio: (i) molto basso, 0-5 (ii) basso, 5-15 (iii) medio, 15-30 (iv) alto, 30-50 (v) molto alto, 50-100.

Gli impatti delle inondazioni e dell'erosione legati ai cambiamenti climatici sono valutati non solo considerando diversi scenari adottati per il Percorso di concentrazione rappresentativo a lungo termine (RCP).

Tutte le analisi condotte sono presentate nel dettaglio nella relazione denominata "Allegato G".

Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

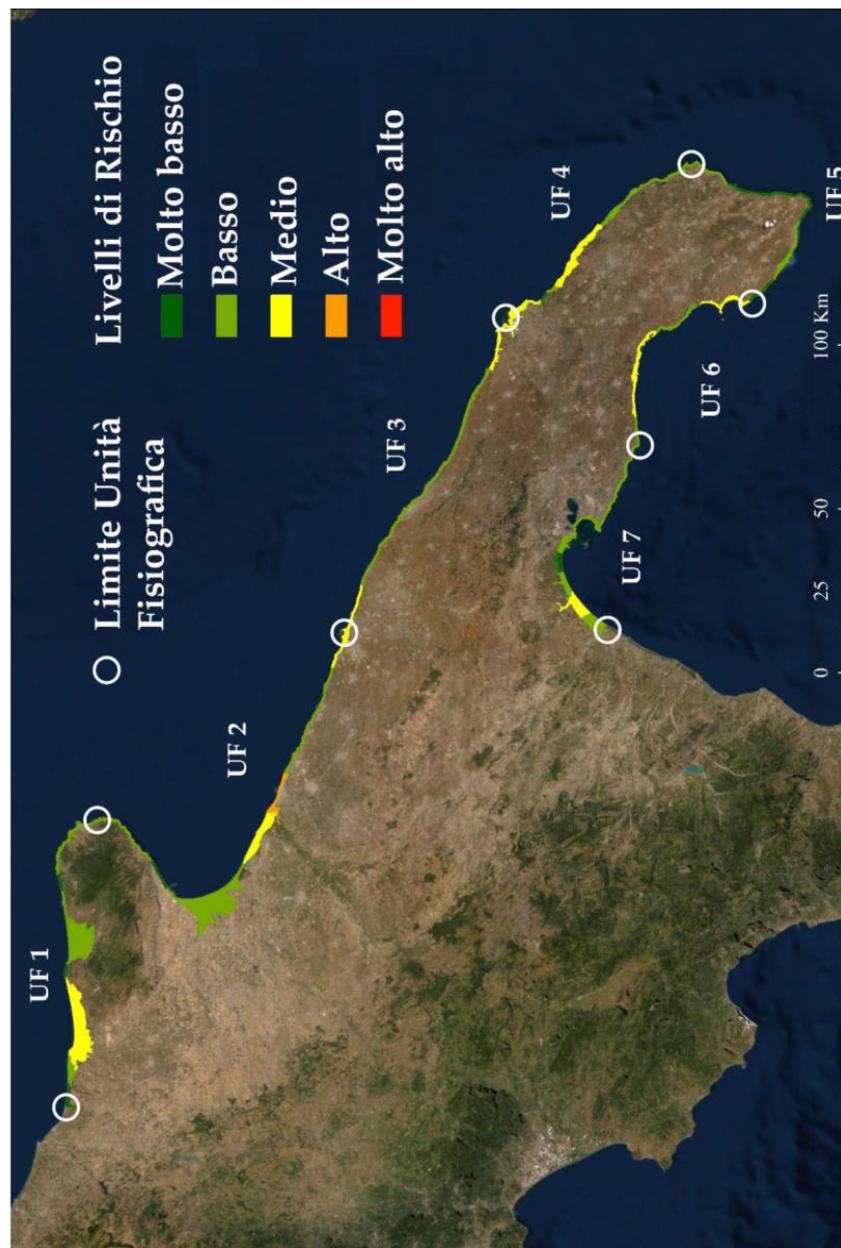


Figura 8.1 – Mappa del rischio RCP 2.6



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

9 IPOTESI DI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO EROSIONE

A cura di prof. ing. Umberto Fratino, prof. Ing. Leonardo Damiani, ing. Maria Francesca Bruno, ing. Biagio Nobile.

Sulla scorta delle analisi sulle dinamiche evolutive in atto sul litorale regionale e sulla base degli studi meteomarini condotti nell'ambito del presente studio, nell'Allegato H sono state riportate, a solo a titolo indicativo e non prescrittivo, le tipologie di intervento di mitigazione del rischio erosione che si ritiene essere quelle compatibili con la dinamica costiera in atto in ciascuna Unità Fisiografica.

Tuttavia, alla luce della rilevante lunghezza della costa regionale (circa 1000 km) e stante la presenza di diffusi fenomeni di erosione, molti dei quali però a carattere locale, l'intervento su tutti i tratti che presentano tendenze erosive non appare realisticamente ipotizzabile, stante anche la necessità di preservare quanto più possibile l'ambiente costiero naturale.

Ne consegue che quanto riportato a seguire, è quindi indirizzato alla definizione di interventi di protezione e/o ripristino del litorale, che siano efficaci e, al tempo stesso, ambientalmente sostenibili, in grado di mitigare i fenomeni erosivi in atto ed evitare l'insorgere di situazioni a rischio.

Preso atto che le considerazioni a seguire sono derivate da osservazioni di carattere fenomenologico e necessitano di doverosa verifica di carattere numerico sperimentale, ne consegue che i suggerimenti circa le opere di protezione e/o gli interventi di ripristino da considerare sulle diverse sub-unità fisiografiche necessitano di attenta e scrupolosa verifica atta a quantificarne la fattibilità e a quantificarne l'efficacia. La verifica in merito all'attendibilità dell'indicazione progettuale potrà quindi essere soddisfatta solo attraverso un approfondimento tecnico da effettuare a livello locale e con scala di dettaglio adeguata.

L'analisi della dinamica evolutiva delle coste sabbiose ricadenti nelle diverse Unità Fisiografiche ha messo in evidenza alcune situazioni di criticità che interessano lunghi tratti di litorale in prossimità di importanti infrastrutture di servizio pubblico che, in assenza di opportuni interventi di difesa costiera, potrebbero evolvere in situazioni di rischio per la popolazione e le infrastrutture stesse. Per tali tratti sono stati ipotizzati interventi di protezione che potrebbero essere realizzati prioritariamente proprio in virtù delle situazioni di rischio presenti.

Nel presente studio sono stati analizzati e individuati i processi erosivi presenti lungo il litorale sabbioso regionale così come desumibili dal confronto diacronico delle linee di costa, tuttavia, a fini di completezza nella definizione dello stato delle coste pugliesi, giova sottolineare che numerose criticità interessano anche le coste rocciose della regione.

La mappa dei litorali rocciosi affetti da fenomeni erosivi e che presentano situazioni di instabilità con conseguente pericolo di crolli è stata redatta nell'ambito del Piano



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (L. n. 183 del 18/05/89; L. n. 253 del 7/08/90; L. n.493 del 4/12/93; L. n. 226 del 13/07/99; L. n. 365 del 11/12/00) dalla Unit of Management Regionale Puglia e interregionale Ofanto - ex Autorità di Bacino Interregionale Puglia- facente parte dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale. Dall'osservazione di tale mappa risultano evidenti diffuse ed estese zone rocciose a rischio di instabilità lungo tutta la costa regionale, per le quali risulta necessario attuare, a scala locale, accurate misure di monitoraggio ed ulteriori indagini geognostiche per verificare la stabilità dei costoni rocciosi.



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

10 TIPOLOGIE DI OPERE DI DIFESA

A cura di ing. Gianluca Adamuccio e ing. Alessandra Saponieri.

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

Per limitare l'erosione costiera esistono due fondamentali approcci: uno con opere di tipo rigido ed uno con opere di tipo morbido

Fra gli interventi di tipo rigido possono annoverarsi: opere parallele alla linea di riva (longitudinali) e da questa distanziate; opere perpendicolari alla costa (pennelli); opere parallele ed aderenti alla riva (radenti); sistemi di difesa a T; muri di protezione; combinazioni dei tipi precedenti. Gli interventi di tipo rigido permettono di intervenire in maniera localizzata, arginando il fenomeno erosivo solo lungo i litorali laddove esso si presenta, e sono caratterizzati da un tempo di vita elevato. Tali opere, tuttavia, favorendo il deposito dei sedimenti e l'avanzamento della linea di riva in corrispondenza del tratto di litorale ove sono collocate, possono innescare una consistente perdita di sedimento nei tratti di litorale limitrofi non direttamente interessati dall'intervento e addirittura sull'intera Unità Fisiografica.

La progettazione delle opere di tipo rigido richiede, altresì, attenzione particolare per garantire effetti trascurabili sull'ambiente e la buona fruibilità balneare. Risulta, inoltre, necessario un continuo monitoraggio ante e post operam al fine di osservare gli effetti sul paraggio interessato e, eventualmente, a pianificare possibili interventi di riassetto delle nuove opere (compreso anche l'eventuale salpamento delle stesse nei casi di evidente danno procurato all'ambiente).

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

Nello studio sono state, inoltre esaminate, le tecniche per la ricostruzione ed il consolidamento dei sistemi dunali che rappresentano una vera e propria opera di difesa naturale frutto dell'equilibrata compresenza di sedimento, di azione del vento superficiale, del mare e delle correnti, di particolari condizioni topografiche e naturalistiche, ed infine di una particolare posizione del livello freatico capace di accrescere la coesione dei sedimenti e di un determinato grado di umidità sufficiente all'attecchimento ed allo sviluppo della vegetazione.

La soluzione verso cui sempre di più ci si indirizza nella progettazione di opere di difesa costiera, sia grazie all'acquisizione di maggiori informazioni sui dati ambientali marini (onde, maree, correnti, ecc.), sia per il progresso delle conoscenze sui processi



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

idrodinamici costieri, sia infine per la consapevolezza di dover coniugare la protezione del litorale con la salvaguardia dell'ambiente, è costituita da una commistione di interventi di tipo rigido ed interventi di tipo morbido, con una combinazione di versamenti di materiale e realizzazione di pennelli e/o scogliere a cresta bassa. Tale approccio, in un'ottica di corretta progettazione, deve essere sempre preceduto da un rigoroso studio preventivo, esteso all'intera Unità Fisiografica, delle variazioni a cui le dinamiche dei sedimenti vengono inevitabilmente assoggettate a seguito dell'inserimento di nuove opere.

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

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

Nell'Allegato I sono stati esaminati e riportati i vari tipi di opere di protezione, convenzionale e non, riportando indicazioni su: la geometria dell'opera, l'ambito applicativo, gli aspetti ambientali, i vantaggi e svantaggi, gli strumenti di calcolo ed esempi di realizzazioni.

L'allegato I riporta, inoltre, i costi parametrici di alcuni tra i principali interventi di difesa e mitigazione della fascia costiera. Si evidenzia che tale stima dei costi è indicativa, in quanto si riferisce ai costi unitari degli interventi di difesa **non comprensivi** della gestione e del piano di monitoraggio e manutenzione, nonché dei costi delle analisi preliminari (fisiche, geologiche, geognostiche, batimetriche, meteomarine), degli studi su modelli matematici e fisici e dei costi di progettazione, somme a disposizione dell'Amministrazione (e.g., IVA, imprevisti e somme a disposizione, incentivo per la progettazione ai sensi dell'art.113, comma 2, del D. Lgs. n.50/2016 e ss. mm. ii.), poiché variabili in funzione del tipo di intervento da realizzare e generalmente appartenenti al quadro economico pertinente la realizzazione di ogni singola opera.

I costi riportati fanno dunque riferimento al costo unitario del materiale (previa stima delle quantità da utilizzare) e al costo di costruzione (fornitura e posa in opera)

Al fine di determinare i costi di ciascuna tipologia di intervento, si è fatto riferimento all'Elenco regionale dei prezzi delle opere pubbliche della Regione Puglia, approvato con deliberazione della Giunta regionale n. 611 del 29/03/2019.



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

11 PROGETTI PILOTA

A cura di prof. ing. Umberto Fratino, prof. Ing. Leonardo Damiani, ing. Maria Francesca Bruno, ing. Matteo Gianluca Molfetta, ing. Biagio Nobile, ing. Luigi Pratola, e ing. Alessandra Saponieri.

Sulla base delle analisi preliminari svolte nel presente lavoro di inquadramento delle problematiche erosive in atto lungo tutto il litorale pugliese sono stati individuati quattro Progetti Pilota da attuare in siti in cui sono state rilevate criticità significative. La tipologia di interventi proposti è stata accordata con la volontà di sviluppare progetti in cui applicare tecniche e tecnologie innovative o anche sperimentali, allo scopo di verificarne, tramite opportune campagne di monitoraggio, l'efficacia e la replicabilità in termini di costi/benefici, su più estesi tratti della costa pugliese. I siti con le relative proposte di intervento sono sinteticamente descritti nei paragrafi successivi, mentre il dettaglio dei progetti è riportato nell'Allegato L"

11.1 MARGHERITA DI SAVOIA (BAT)

Il litorale a Nord di Margherita di S. (BAT), a partire dagli anni '50 in cui sono stati realizzati i moli foranei del porto, ha subito un notevole arretramento della linea di riva causato dai massicci interventi antropici di cui è stato oggetto.

La costruzione del porto di Margherita di S., infatti, ha bloccato l'apporto di sedimenti provenienti dall'Ofanto e trasportati dalle correnti longitudinali prevalenti orientate verso Ovest, impedendo il naturale ripascimento delle spiagge poste a ponente del porto. In conseguenza di ciò, sul litorale posto a levante del porto si è avuto un notevole accumulo di sedimenti che ha determinato l'avanzamento della linea di riva, mentre a ponente di Margherita di S., a causa del mancato apporto di sedimenti, si è verificata la tendenza opposta con un sensibile arretramento della linea di riva. Negli anni, l'erosione costiera si è quindi propagata sempre più a Nord, verso i litorali di Zapponeta e Manfredonia, con la contestuale realizzazione di una serie indefinita di opere di protezione costiera di varia tipologia (barriere distaccate, barriere radenti, pennelli semplici e a T, terrapieni e gabbionate).

Nell'ambito delle presenti attività si prevede di realizzare un intervento di difesa costiera consistente nella ricarica mediante movimentazione di sabbia all'interno di due celle confinate da opere rigide trasversali (pennelli), situate a nord del porto di Margherita di S. al fine di ripristinare una opportuna estensione di spiaggia emersa e far fronte ai fenomeni di erosione. In una delle due celle è prevista l'installazione di un sistema di drenaggio spiagge a protezione del materiale movimentato. Il monitoraggio dell'evoluzione morfodinamica di lungo termine all'interno di entrambe le celle oggetto di intervento consentirà di verificare gli effetti del sistema di drenaggio sulla stabilizzazione dell'arenile.



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

11.1.1 INTERVENTO PROPOSTO

Il sistema di drenaggio delle spiagge (Beach Drainage System, BDS) proposto è un sistema di difesa costiera annoverato tra gli interventi di tipo morbido, orientato alla protezione dei litorali al fine di stabilizzare le spiagge sabbiose, rallentando i fenomeni di erosione e riducendo la dispersione dei sedimenti al largo ad opera del moto ondoso e delle correnti.

Il sistema (Figura 11.1.1.1) è costituito da un tubo drenante disposto parallelamente alla linea di riva e collegato mediante una tubazione cieca ad un pozzetto, nel quale l'acqua drenata è convogliata per gravità e allontanata attraverso un impianto di sollevamento. L'acqua drenata, filtrata durante il passaggio attraverso il mezzo poroso, può essere riutilizzata per altri fini o reimessa in mare. Le condotte drenanti sono tubi corrugati in PVC, la cui superficie laterale presenta delle fessure rettangolari uniformemente distribuite che permettono il passaggio dell'acqua, ma non dei sedimenti, essendo ricoperte da uno strato di geotessile che ne evita l'intasamento.



Figura 11.1.1.1 - Schema del BDS.

L'efficacia del drenaggio nella stabilizzazione della linea di riva è stata approfondita in numerose campagne sperimentali di campo (e.g. Procida, Alassio, Metaponto) e di laboratorio (e.g. Politecnico di Bari, Università di Hannover). I risultati hanno dimostrato come il sistema sia in grado di aumentare la capacità di infiltrazione della spiaggia, poiché induce l'abbassamento della linea di saturazione all'interno del mezzo poroso.

L'applicazione del BDS è una soluzione proposta in combinazione agli interventi di ricarica dei sedimenti, quali i ripascimenti artificiali. È noto, difatti, come questi ultimi, se non opportunamente protetti siano soggetti alla perdita di sedimenti, richiedendo ricariche periodiche per compensare i sedimenti persi. Il BDS si pone l'obiettivo di stabilizzare i sedimenti versati e ridurre al minimo gli interventi periodici di ricarica, rallentando l'arretramento della linea di riva ed aumentando la sostenibilità ambientale dei sedimenti.

L'intervento previsto nel presente progetto di ricerca riguarderà, nello specifico, il ripristino dell'ampiezza di spiaggia emersa mediante la movimentazione di materiale sedimentario lungo un tratto di litorale situato a nord del porto di Margherita di S., il quale comprende due celle contigue confinate da opere rigide trasversali.

Nella Figura 11.1.1.2 si riporta un'ipotesi preliminare delle 2 celle oggetto di intervento; le celle adottate hanno una configurazione simile per conformazione e tipologia di opere laterali di contenimento, al fine di rendere i risultati derivanti dalle attività di monitoraggio confrontabili. In una delle due celle sarà installato il sistema di drenaggio spiagge BDS per la stabilizzazione dei sedimenti di ricarica.



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

Gli effetti del BDS sulla stabilizzazione della linea di costa e dei sedimenti versati saranno valutati attraverso una campagna di monitoraggio di confronto tra l'evoluzione morfodinamica della cella protetta, sia nel breve sia nel medio termine (e.g., 1 anno), con l'evoluzione della spiaggia della cella non protetta.



Figura 11.1.1.2 - Celle proposte come siti di studio.

Il piano di monitoraggio prevedrà periodici rilievi della spiaggia emersa e sommersa attraverso l'utilizzo di UAV, stazione totale e laser scanner, e della spiaggia sommersa mediante multibeam. Il monitoraggio continuo delle aree sarà invece effettuato con un sistema di video monitoraggio. La campagna di misure prevede, inoltre, l'installazione di trasduttori di pressione per la misura del carico idrico (livello di falda/saturazione) all'interno della spiaggia emersa, e delle portate drenante mediante trasduttore per la misura del livello idrico all'interno del pozzetto di raccolta.

11.2 MATTINATA (FG)

Nel presente lavoro è stato analizzato un tratto del litorale di pertinenza del Comune di Mattinata (FG), nella parte meridionale del promontorio del Gargano (Figura 11.2.1). Tale tratto di costa, compreso fra il porto di Mattinata ed il promontorio di Punta Rossa, è lungo circa 2km ed è collocato al termine di una piana alluvionale; morfologicamente è costituito da una spiaggia di ciottoli prevalentemente di natura calcarea e selciosa.



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

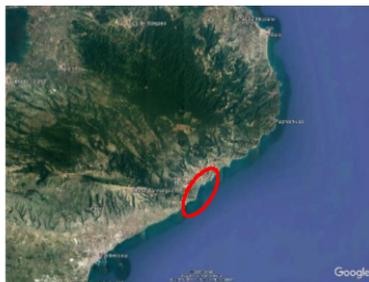


Figura 11.2.1 – Litorale di Mattinata.

La spiaggia di Mattinata si è formata sia con il materiale trasportato verso mare da alcuni corsi d'acqua che si riversano in tale tratto di costa, sia dai materiali crollati dalle falesie circostanti e movimentati per effetto delle correnti longitudinali.

Nel corso degli anni il volume di apporto solido dei torrenti è notevolmente diminuito e ciò ha determinato un sensibile deficit sedimentario della spiaggia con conseguente arretramento della linea di riva.

Il trend erosivo della spiaggia di Mattinata, innescato dalla carenza di apporto solido dei corsi d'acqua affluenti, si è aggravato intorno agli anni '80 allorquando sono stati realizzati alcuni interventi sulla costa; nello specifico è stato modificato il molo di sopraflutto del porto di Mattinata ed inoltre è stato realizzato in



Figura 11.2.2 - Vista aerea del porto di Mattinata.

prossimità della battigia un ampio muro di sostegno di un tratto della strada provinciale Mattinata - Vieste, che ha determinato un aumento dell'energia del moto ondoso per effetto della riflessione delle onde.

Per porre rimedio al progressivo degrado dello stato del litorale, nel 2003 sono state realizzate una serie di opere di difesa della costa con fondi della Misura 1.3 del POR Puglia 2000-2006 (Figura 11.2.3).

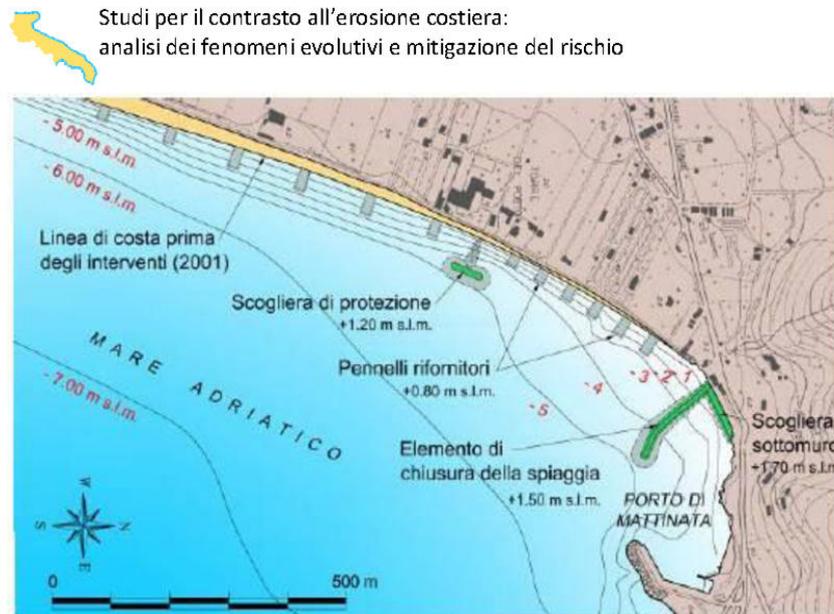


Figura 11.2.3 - Interventi di difesa costiera 2003 (fonte DPP – PUG Mattinata).

Negli anni successivi all'intervento, per effetto della morfodinamica del paraggio che prevede correnti longitudinali prevalenti di trasporto solido dei sedimenti dirette da nord verso sud, si è verificato un progressivo arretramento della linea di riva in corrispondenza del settore settentrionale della spiaggia di Mattinata, ed un evidente avanzamento sul versante meridionale (Figura 11.2.4).



Figura 11.2.4 - Vista della spiaggia di Mattinata dal promontorio di Punta Rossa.

11.2.1 INTERVENTO PROPOSTO

Il settore di spiaggia maggiormente interessato dai fenomeni erosivi lungo il tratto di costa in esame è certamente la porzione di litorale immediatamente a Sud rispetto alla scogliera emersa distaccata realizzata nell'ambito degli interventi effettuati nel 2003 (Figura 11.2.1.1).

Relazione generale
Gennaio 2022



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio



Figura 11.2.1.1 – Area critica di erosione (ortofoto aprile 2019).

Per la mitigazione del trend erosivo in atto sono state valutate varie soluzioni con interventi di tipo strutturale (barriere emerse distaccate e/o pennelli trasversali) ma ne è stata verificata l'inadeguatezza al paraggio de quo, quindi è stato ipotizzato di attuare un intervento di tipo "morbido", ossia un ripascimento del tratto in erosione attraverso la **redistribuzione del materiale esistente lungo la stessa spiaggia**.

La tipologia di intervento proposta si configura come un'attività di **manutenzione stagionale della spiaggia** e sarà attuata sulla scorta delle indicazioni contenute nelle recenti "*Linee guida per la manutenzione stagionale delle spiagge*", approvate con D.G.R. n. 1197 del 03 luglio 2019.

Nello specifico le attività proposte al sito della spiaggia di Mattinata ricadono nell'opzione 1 prevista dalle Linee Guida per la quale sono previsti i seguenti parametri:

- volume complessivamente movimentato non superiore a 5000 m³;
- volume massimo movimentato non superiore a 20 m³/m;
- la movimentazione di sedimenti dovrà coinvolgere esclusivamente accumuli conseguenti a mareggiate e/o trasporto eolico;
- il materiale dovrà essere redistribuito previa vagliatura per la rimozione dei rifiuti eventualmente presenti, le cui modalità di smaltimento sono definite dall'ambito di raccolta ottimale (ARO) territorialmente competente o da altro ente di governo per la gestione dei rifiuti;
- la movimentazione dovrà avvenire nella massima misura possibile attraverso interventi "perpendicolari", con riporti sulla spiaggia emersa dei sedimenti presenti in zone direttamente retrostanti la linea di riva; qualora sia dimostrata con la documentazione tecnica la presenza di fenomeni di prevalente trasporto



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

longitudinale con rotazione della linea di riva, potranno essere progettati interventi "trasversali";

- per la gestione delle biomasse vegetali spiaggiate eventualmente presenti sull'arenile dovranno essere utilizzate, in via prioritaria, le Opzioni 1, 2 e 3 di cui alle "Linee Guida per la gestione delle Biomasse Vegetali Spiaggiate" regionali approvate con Atto Dirigenziale del Servizio Demanio e Patrimonio n. 229/2015 e ss.mm.ii.;
- la movimentazione del materiale dovrà avvenire mediante l'utilizzo di mezzi meccanici idonei, per stazza e tecnologia, a garantire la corretta esecuzione dell'intervento e la sicurezza degli operatori.

L'intervento di ripristino interesserà un fronte mare di circa 250 metri, comporterà un avanzamento della linea di riva pari a circa 6 metri con una movimentazione di sedimento pari a circa 18 mc a metro lineare, per un totale di circa 4500 mc. Nella figura 11.2.1.2 è rappresentata una planimetria generale della zona di intervento con delimitate le aree di sversamento (in verde) e prelievo (in rosso).

Le attività di manutenzione stagionale della spiaggia suddette, così come prevedono le Linee Guida, comprendono un piano di monitoraggio consistente in:

- un rilievo della linea di riva;
- un rilievo topografico con la restituzione del profilo di spiaggia emersa, dalla duna (ove presente) fino alla batimetrica di -1 metro sul livello medio mare.

Entrambi i rilievi dovranno essere eseguiti:

- a) prima dell'intervento (in fase progettuale);
- b) a conclusione dei lavori (trasmissione alla Sezione Demanio e Patrimonio della Regione Puglia entro 10 giorni dalla conclusione dei lavori);
- c) nel mese di marzo, dell'anno successivo a quello di intervento.



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

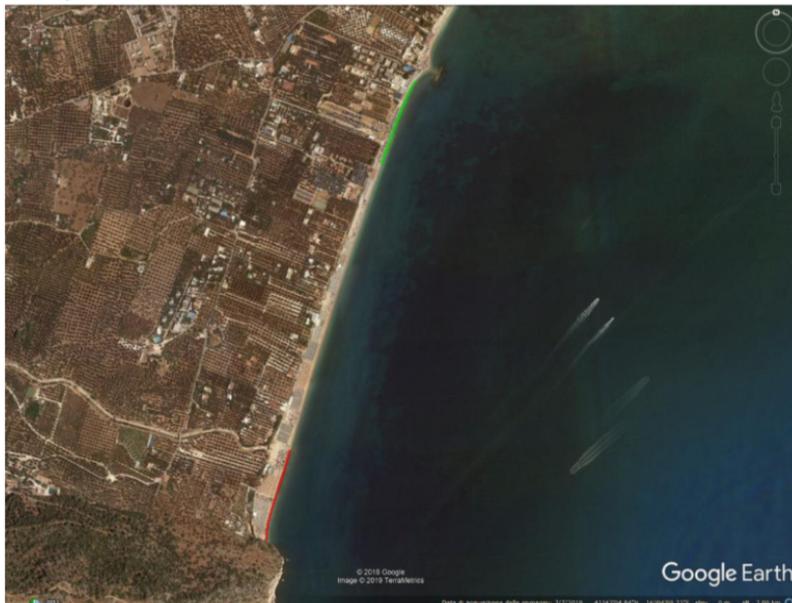


Figura 11.2.1.2– Tratto di litorale oggetto dell'intervento (rosso: prelievo; verde: sversamento).

Proprio per il carattere sperimentale di questo intervento, sono stati previsti, già in sede di progettazione, tre ulteriori azioni di monitoraggio che comprendono un periodo di osservazione di almeno due anni e sono costituiti da:

- video monitoraggio della linea di riva;
- due rilievi dei fondali fino almeno alla batimetrica -10 metri con tecnologia "multibeam";
- quattro rilievi aerofotogrammetrici per mezzo di aeromobili a pilotaggio remoto (APR).

11.3 PORTO CESAREO (LE)

Il tratto di litorale sabbioso compreso tra Torre Lapillo a Nord, e Torre Chianca - isola della Malva a Sud, all'interno del territorio comunale di Porto Cesareo (LE) (Figura 11.3.1), è caratterizzato da un trend erosivo in atto che interessa soprattutto la parte più meridionale della suindicata ansa, con effetti molto impattanti sia in termini ambientali, sia in termini economico-sociali.

L'arretramento della linea di riva è molto significativo in questa zona con valori di punta, rilevati dal confronto delle ortofoto 1992-2016, pari a circa 46 metri. La forte antropizzazione legata alla realizzazione di lidi e strutture balneari ha comportato la quasi completa scomparsa del sistema dunale, creando un notevole danno ambientale soprattutto se si considera che le aree in esame ricadono all'interno dell'Area Marina Protetta di Porto Cesareo, istituita con Decreto del Ministero dell'Ambiente del 12/12/97.



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio



Figura 11.3.1 – Vista aerea prospettica dell'area di studio.

Nelle figure seguenti sono riportate alcune foto del tratto di costa in questione dalle quali è evidente l'arretramento della linea di riva e lo stato di precarietà di alcune strutture esistenti. Per proteggersi dall'aggressione del moto ondoso incidente alcune abitazioni sono state protette con una barriera radente in massi naturali; in altre zone, a seguito della scomparsa della spiaggia, sono state sbancate ulteriori porzioni di duna.



Figura 11.3.2.a – Abitazioni in corrispondenza di via Mar Glaciale Artico



Figura 11.3.2.b – Relitto di duna in prossimità del Lido Belvedere.





Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

Figura 11.3.2.c – Lido Belvedere: nuova area ombrelloni a seguito dell'arretramento della spiaggia.



Figura 11.3.2.d – Lido Belvedere.



Figura 11.3.2.e – Lido Goa.

11.3.1 INTERVENTO PROPOSTO

Per risolvere la problematica erosiva in atto lungo il tratto meridionale dell'ansa tra Torre Lapillo e Torre Chianca, nel presente lavoro si prevede la realizzazione di una **barriera frangiflutti soffolta in moduli sperimentali prefabbricati di calcestruzzo ecofriendly**.

Tale tipologia di intervento di protezione costiera, essendo completamente sommersa, è stata proposta in quanto rappresenta una soluzione ambientalmente compatibile con il contesto naturalistico e paesaggistico circostante, creando nel contempo condizioni favorevoli alla colonizzazione da parte di varie specie ittiche, e contribuendo in maniera significativa al ripopolamento ittico ed al miglioramento dell'habitat marino.

La soluzione prevista costituisce una tecnica innovativa e sperimentale nell'ambito degli interventi di protezione costiera. Esistono diversi studi relativi ad esperienze effettuate, in scala ridotta (modelli fisici) e scala reale, sull'applicazione di svariate tipologie di moduli sperimentali.

Lo scopo del presente lavoro è quello di effettuare una sperimentazione sul comportamento idrodinamico di una particolare tipologia di moduli disponibili in commercio denominati Reef Ball, al fine di stabilire l'effettiva efficacia in termini di sistemi di protezione costiera. Le dimensioni ridotte e la facilità di spostamento che caratterizzano tali tipi di strutture, consentirebbe comunque una rapida rimozione dei manufatti in caso di riscontro negativo sulla capacità di stabilizzazione del tratto di litorale sabbioso retrostante la barriera in progetto, o lungo i tratti limitrofi.



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

I moduli Reef Ball sono costituiti da blocchi prefabbricati di calcestruzzo seafriendly pH9, prodotti senza utilizzo di armatura in ferro, aventi una particolare forma a campana, cavi internamente, forati sulle pareti laterali ed assemblati tra loro per formare strutture sommerse.

La peculiarità degli elementi Reef Ball è la presenza di vuoti sulla superficie degli stessi che si ripercuote sul comportamento idrodinamico di questi moduli in calcestruzzo. Infatti questa caratteristica genera dei piccoli vortici i quali riducono la forza di galleggiamento oltre a dissipare l'energia del moto ondoso mediante la generazione di getti e vortici.

Grazie alla presenza nella loro struttura di vari fori e/o cavità, oltre alla funzione di proteggere la spiaggia a tergo, hanno la capacità di favorire al tempo stesso lo sviluppo di habitat per la vita di organismi marini,



Figura 11.3.1.1 – Reef Ball.

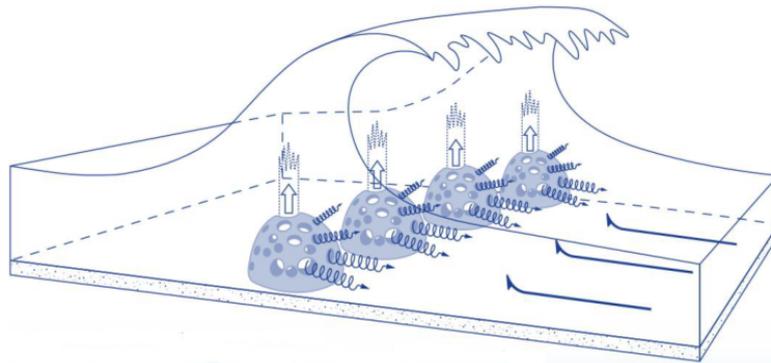


Figura 11.3.1.2 – Reef Ball: funzionamento idrodinamico (fonte ENEA).

La configurazione di progetto prevista consiste nella realizzazione di una barriera soffolta in moduli tipo Reef Ball avente uno sviluppo lineare di circa 200 metri, ubicata innanzi al tratto di litorale in erosione, ad una distanza di circa 400m dalla costa (Figura 11.3.1.3).

La barriera sarà posizionata su fondali variabili tra -1.5 - -2.5 m s.l.m.m., con allineamento subparallelo alla costa da proteggere, ed in asse con lo sviluppo longitudinale dell'isolotto della Malva.

La barriera sarà realizzata con moduli di varia pezzatura con dimensione crescente in funzione della batimetria di appoggio; il fondale di sedime dovrà essere preliminarmente regolarizzato al fine di consentire un adeguato assestamento dei moduli nel substrato sabbioso e per eliminare eventuali sporgenze o avvallamenti che potrebbero compromettere la stabilità degli stessi. I moduli saranno disposti su almeno due file con ordinamento alternato in modo da aumentare la superficie frontale di impatto dell'onda incidente.



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

La profondità di sommergenza dei moduli sarà di circa 40cm nelle condizioni di alta marea in modo che in nessuna condizione tidale la barriera sia visibile da terra. Ad ogni modo per questioni di sicurezza saranno predisposti dei pali sulle estremità della barriera per la segnalazione ai natanti ed ai fruitori della spiaggia (bagnanti, surfisti, etc).

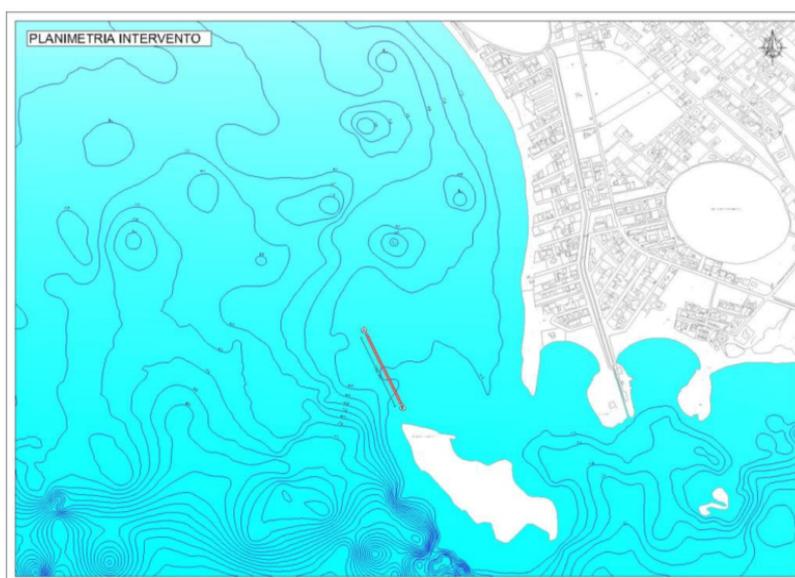


Figura 11.3.1.3 – Configurazione di progetto.

La realizzazione della barriera soffolta in moduli Reef Ball consentirà di ridurre l'energia del moto ondoso incidente senza alterare l'immagine dell'attuale stato dei luoghi, circostanza questa di non marginale rilievo in un ambito importante come la riserva naturale di Porto Cesareo.

Al fine di individuare adeguate strategie di tutela e gestione dell'opera soffolta in progetto, nell'intento di monitorare lo sviluppo morfodinamico del litorale interessato e quello biologico delle comunità marine esistenti e di quelle che colonizzeranno la nuova struttura sommersa ecocompatibile, è stato previsto un apposito schema di **Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA)** attraverso il quale sarà possibile verificare il successo della soluzione implementata e, in caso contrario, apportare eventuali tempestive misure correttive. L'arco temporale di controllo dovrà avere quantomeno una durata di due anni, con step di verifica annuali.

Il monitoraggio riguarderà gli aspetti legati all'analisi della morfodinamica costiera (quali erosione o sedimentazione, profilo del fondale, ecc.), e consisterà in una serie di rilievi batimetrici dei fondali e plano-altimetrici della spiaggia emersa, oltre che analisi granulometriche su campioni presi dal profilo complessivo di spiaggia.

Il monitoraggio sarà diretto anche agli aspetti prettamente bionaturalistici ed in particolare riguarderà il rilievo delle comunità macrozoobentonica e



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

macrofitobentonica; saranno infatti condotte nell'area di intervento due campagne di rilievo all'anno per l'acquisizione e il controllo di indicatori di base, nonché per il campionamento diretto delle comunità instaurate sulle strutture sommerse in progetto e nelle aree contermini.

Per quanto attiene alla qualità delle acque nello specchio acqueo protetto dalle strutture soffolte in progetto, saranno attuati controlli ante operam, in corso d'opera e post operam (cadenza annuale), e riguarderanno alcuni parametri generali relativi alla idrologia della massa d'acqua quali torbidità, pH, salinità, conducibilità.

11.4 RODI GARGANICO (FG)

Il porto di Rodi Garganico è ubicato sul versante settentrionale del promontorio del Gargano ed è interessato da gravi problemi di interrimento legati al fenomeno delle correnti longitudinali di trasporto solido costiero (Figura 11.4.1).

Attualmente il tratto di costa a sud del porto di Rodi Garganico, la cui realizzazione è terminata nel 2009 ed ha modificato la dinamica dei sedimenti nell'area, si presenta in arretramento per circa 2 km, fino alla località Molino di Mare, fatta salva la zona immediatamente a ridosso della struttura portuale dove si è registrato nel tempo un progressivo accumulo di sabbia.

Anche l'area dell'imboccatura portuale è interessata da tale accumulo tanto da determinare una sensibile riduzione della profondità che rende impraticabile l'accesso alle imbarcazioni.



Figura 11.4.1 - Porto di Rodi Garganico.

11.4.1 INTERVENTO PROPOSTO

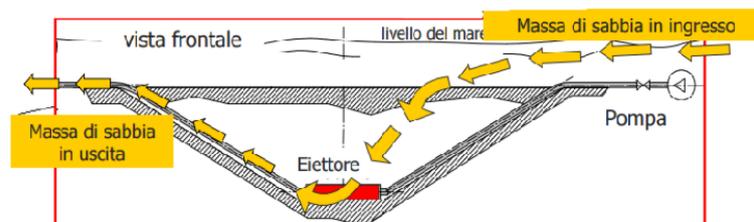
Per la risoluzione della problematica dell'insabbiamento dell'imboccatura del porto di Rodi G., nel presente lavoro è previsto di adottare una nuova soluzione sperimentale progettata dal Gruppo Trevi spa, leader mondiale nel campo della geo-ingegneria e della costruzione di attrezzature correlate.



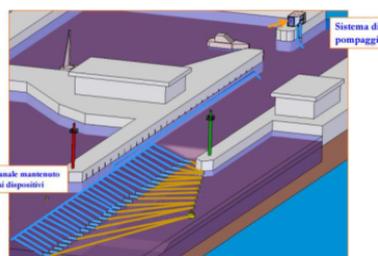
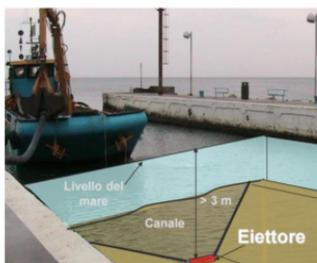
Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

La soluzione proposta consiste in un sistema di dragaggio automatico da installare in corrispondenza dei fondali all'imboccatura del porto, basato sull'utilizzo di elementi principali chiamati "eiettori".

Il **sistema ad eiettori** è costituito da una pompa jet aperta (i.e. senza una camera di suzione chiusa e bocca di miscelazione) con una sezione convergente invece di un diffusore. La suzione dell'eiettores è determinata dal comportamento di un jet di fluido che fuoriesce liberamente da un buco (diametro dell'ugello d) verso un ambiente aperto. In queste condizioni, il jet incrementa il proprio flusso, da una sezione di ingresso ad una sezione di uscita, a causa del flusso assorbito all'interno del jet stesso (e proveniente) dall'ambiente circostante: l'alta velocità del jet crea un'area di bassa pressione fuori dall'ugello portando il pompaggio del secondo flusso verso un punto di minima pressione. Di conseguenza, si verifica uno scambio di momento tra le due correnti che dà origine ad un'unica corrente uniforme che scorre a velocità intermedia tra il flusso primario e quello secondario.



11.4.1.1 - Schema funzionamento eiettores.



11.4.1.2 - Schema applicazione sistema automatico di dragaggio.

L'eiettores viene utilizzato come dispositivo fisso posizionato sul fondale marino e operante su un'area limitata il cui diametro dipende dalle caratteristiche del sedimento come, ad esempio, l'angolo di riposo. Integrandolo in serie ed in parallelo è possibile creare un canale navigabile.

Ciascun eiettores aspira un miscuglio di acqua e sedimenti la cui composizione dipende dalle caratteristiche geometriche dell'eiettores (in particolare, dal diametro d dell'ugello), dalla portata in ingresso e dalle caratteristiche del sedimento e del fondale marino.

L'impianto viene progettato in modo da realizzare una miscela solida/liquida, normalmente tra 1-5%, ottenendo dunque una concentrazione molto bassa di materiale solido. Di conseguenza, non si verifica alcuna torbidità né risospensione



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

dovute all'attività dell'impianto sia vicino agli eiettori, sia in prossimità del punto di uscita dei tubi di scarico.

I punti di uscita dei tubi di scarico dell'impianto sono posizionati in favore di corrente per consentire una rimozione naturale del sedimento. Pertanto, gli eiettori si limitano semplicemente a spostare i sedimenti che sono naturalmente trasportati dalle correnti marine da una posizione che, per quanto riguarda il mantenimento di una determinata profondità dell'acqua, risulta critica, fino ad un'altra posizione in cui i sedimenti stessi possono essere nuovamente trasportati dalle correnti da un'altra parte o comunque in un punto dove non rappresentano un ostacolo alla navigazione.

L'intervento proposto nel presente lavoro prevede di realizzare un impianto dimostrativo all'imboccatura del porto di Rodi G. costituito da un modulo con tre eiettori (A₁, A₂, A₃) collegati a un impianto di sollevamento (pompa "A") ubicato all'interno di un vano tecnico emerso da posizionare sul molo di sottoflutto del porto (Figura 11.4.1.3).

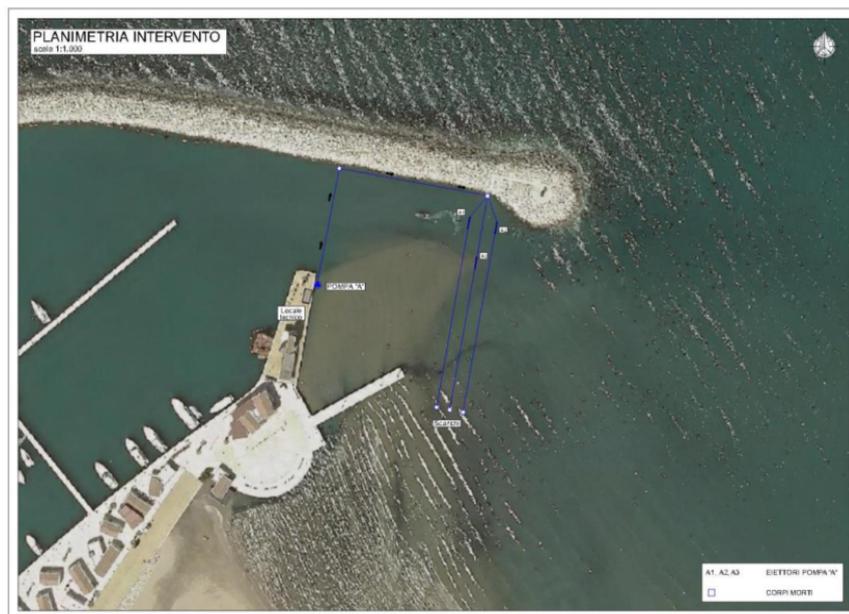


Figura 11.4.1.3 - Ipotesi di configurazione impianto ad eiettori.

L'eiettori verranno posizionati senza alcun tipo di vincolo sul fondale. Le tubazioni di alimentazione e scarico saranno flessibili di tipo spiralato in PVC; esse dovranno essere collegate a punti fissi sul fondale in maniera tale da evitare che eventi meteomarinari rilevanti possano stravolgere il posizionamento delle tubazioni e dell'eiettoe stesso. Una configurazione tipo idonea per l'installazione è mostrata nella figura seguente, limitatamente ad un'unica tubazione: la tubazione spiralata di scarico è collegata a dei corpi morti per tramite di cime di richiamo.

Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio



Figura 11.4.1.4 - Modalità di installazione a mare delle tubazioni.

La presenza dei corpi morti sarà segnalata con delle boe, utili anche ai fini dell'individuazione dello scarico dell'eiettore. Nel caso specifico in progetto la posizione degli scarichi degli eiettori è stata fissata al di là del molo esterno per l'attracco dei traghetti.

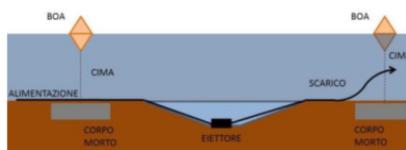


Figura 11.4.1.5- Rappresentazione qualitativa della sezione della installazione marina.

L'efficacia del sistema di dragaggio automatico previsto all'imboccatura portuale sarà verificata attraverso un monitoraggio basato sull'esecuzione di rilievi batimetrici diffusi dell'area di imbocco del porto.

Si prevede che le indagini siano effettuate prima dell'inizio dei lavori, immediatamente dopo la fine dei lavori di posa degli eiettori, quindi con cadenza almeno semestrale (fine periodo invernale, fine periodo estivo) per il successivo periodo di monitoraggio previsto (due anni).

Per una corretta valutazione e gestione del sistema sarebbe opportuno effettuare rilievi batimetrici singoli in occasione di eventi eccezionali di mareggiata al fine di valutare le condizioni ottimali di funzionamento della pompa.

Per la valutazione della concentrazione della miscela in uscita dagli eiettori, oltre all'installazione di un misuratore per la rilevazione in continuo della torbidità dell'acqua legata all'azionamento della pompa, sarà ideato un sistema costituito da una deviazione su uno dei collettori in uscita da uno dei collettori verso un pozzetto di calma a terra in cui effettuare la misura della portata solida della miscela acqua/sabbia.



Studi per il contrasto all'erosione costiera:
analisi dei fenomeni evolutivi e mitigazione del rischio

12 SISTEMA INFORMATIVO GEOGRAFICO

A cura di ing. Maria Francesca Bruno e ing. Biagio Nobile

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

Un sistema GIS è costituito da un complesso di componenti informatiche (hardware e software) che consente di archiviare e gestire una notevole quantità di dati multidisciplinari riferiti a coordinate geografiche ed archiviati in forme alfanumeriche, grafiche e video. Esso può essere impiegato per applicazioni in cartografia e come strumento di supporto alle decisioni.

Un GIS ha come obiettivo fondamentale la creazione di uno strumento flessibile e tecnologicamente avanzato per fornire ai decisori la possibilità di gestire rapidamente i dati a disposizione.

Nell'ambito dello studio è stato realizzato un GIS per fornire una banca dati georeferenziata di riferimento per la gestione della fascia costiera della Regione Puglia.

All'interno del GIS sono stati implementati numerosi strati informativi contenenti dati peculiari relativi a differenti proprietà della costa, la cui descrizione è dettagliata nell'Allegato M.

13 ALLEGATI

Allegato A - Censimento delle opere di difesa

Allegato B1 - Esposizione alle forzanti meteomarine: clima ondoso a largo

Allegato B2 - Esposizione alle forzanti meteomarine: clima anemometrico

Allegato B3 - Esposizione alle forzanti meteomarine: propagazione moto ondoso sottocosta

Allegato B4 - Esposizione alle forzanti meteomarine: variazioni del livello marino

Allegato C - Censimento dei dati idrologici e torbiometrici dei corsi d'acqua regionali

Allegato D - Morfologia costiera

Allegato E - Fenomeni evolutivi della costa pugliese ed individuazione delle unità fisiografiche ritenute più critiche

Allegato F - Quadro predittivo

Allegato G - Valutazione del rischio costiero a scala regionale

Allegato H - Interventi di mitigazione del rischio erosione

Allegato I - Tipologie Opere di Difesa

Allegato L - Progetti Pilota

Allegato M - GIS

STUDI PER IL CONTRASTO ALL'EROSIONE COSTIERA: ANALISI DEI FENOMENI EVOLUTIVI E MITIGAZIONE DEL RISCHIO

ELENCO ALLEGATI

Relazione generale

Allegato A

Censimento opere difesa e portuali

Allegato B1

Esposizione alle forzanti meteomarine: clima ondoso al largo

Allegato B2

Esposizione alle forzanti meteomarine: clima anemometrico

Allegato B3

Esposizione alle forzanti meteomarine: propagazione moto ondoso sottocosta

Allegato B4

Esposizione alle forzanti meteomarine: variazioni del livello marino

Allegato C

Censimento dei dati idrologici e torbiometrici dei corsi d'acqua regionali

Allegato D

Morfologia costiera

Allegato E

Fenomeni evolutivi della costa pugliese ed individuazione delle unità fisiografiche ritenute più critiche

Allegato E1

Mappe dei Fenomeni evolutivi della costa pugliese scala 1:25.000 (formato stampa A3)

Allegato F

Quadro predittivo

Allegato G

Valutazione del rischio costiero a scala regionale

Allegato H

Interventi di mitigazione del rischio erosione

Allegato I

Tipologie Opere di Difesa

Allegato L

Progetti Pilota

Allegato M

GIS