

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

*Misure di adattamento
e/o mitigazione per il contrasto del fenomeno erosivo*

Pierluigi Mancuso

**Funzionario Dipartimento Infrastrutture,
Lavori Pubblici e Mobilità**



Regione Calabria



GESTIONE DELL'EROSIONE COSTIERA: LINEE GUIDA NAZIONALI

Presentazione dei primi risultati

Roma 29.04.2016



TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Gruppo di lavoro 2

Regione Calabria

Ing. Giuseppe Iritano

Ing. Pierluigi Mancuso

ISPRA

Ing. Francesco Lalli

Dott.ssa Maria Luisa Cassese

Dott.ssa Barbara La Porta

Ing. Iolanda Lisi

Ing. Alessandro Lotti

Hanno collaborato

Prof. Pierluigi Aminti – Università di Firenze

Ing. Franco Guiducci



TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

1. Descrizione e analisi delle opere di difesa esistenti

2. Principali effetti ambientali legati dalla realizzazione degli interventi

3. Individuazione di metodi adottati per la valutazione dell'efficacia degli interventi

4. Individuazione di metodi pratici standardizzati per la valutazione comparata dell'efficacia delle diverse tipologie di intervento (analisi costi/benefici)

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Dati richiesti alle Regioni e alle Autorità di Bacino

Programmazione di interventi (costo complessivo, tipologia e numero) dal 2000

Caratteristiche tecniche degli interventi, tipologie adottate, risultati attesi e ottenuti

Sistemi di catalogazione delle opere marittime

Metodi per l'individuazione degli ambiti di intervento, la definizione delle priorità e la programmazione degli interventi

Metodi di analisi costi/benefici sviluppati e strumenti di valutazione dell'efficacia degli interventi

Metodi di indagine e di analisi utilizzati per l'identificazione e valutazione degli effetti indotti dagli interventi sulle diverse componenti ambientali

Progetti realizzati o in corso su soluzioni non convenzionali/innovative nel campo delle opere di protezione costiera

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Contenuti Allegato Tecnico 2

Caratteristiche degli interventi di difesa costiera (convenzionali e non)

Descrizione delle modificazioni indotte sulla dinamica costiera (idrodinamica e trasporto solido)

Principali impatti attesi sulle diverse componenti ambientali (flora, fauna, ecc.)

Principali tecniche di modellistica utilizzabili a supporto della progettazione

Individuazione di metodologie finalizzate alla valutazione dell'efficacia delle opere realizzate

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

In generale, la **difesa di un tratto di costa** si può realizzare attraverso interventi di tipo diretto che consentono:

1. la riduzione della risalita e della tracimazione delle onde e il sostegno del terreno a tergo (es. **difese aderenti**)
2. la protezione dall'azione erosiva dell'onda (es. **barriere distaccate e pennelli**)
3. il rifornimento artificiale di sabbia per bilanciare le perdite di sedimenti (**ripascimenti liberi e/o protetti**)

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Opere classiche

- *Difese aderenti (mantellate, muri di sponda, scogliere radenti, ecc.)*
- *Difese distaccate (barriere emerse, soffolte)*
- *Difese trasversali (pennelli)*
- *Ripascimenti (protetti e non)*
- *Sistemi di by-pass*
- *Interventi di ripristino e protezione delle dune (consolidamento, barriere frangivento, ecc.)*

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo



Cetraro (CS)

Ing. A.Borsani, 2015

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo



Cetraro (CS)

Ing. A.Borsani, 2015

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo



Fuscaldo (CS)

Ing. A.Borsani, 2011

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo



Fuscaldo (CS)

Ing. A.Borsani, 2011

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo



Fuscaldo (CS)

Ing. A.Borsani, 2011

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Caratteristiche principali delle barriere distaccate 1/2

Sezione trasversale trapezoidale

Fondazione, nucleo di rocce di piccole dimensioni, strato esterno protettivo (mantellata), elemento di protezione al piede sul lato mare

Si ricorre ai massi in cemento per opere in condizioni di moto ondoso intenso o nei casi in cui non si disponga di idonee cave di prestito

La natura e la disposizione del materiale di cui è costituito lo strato esterno della barriera incidono sulla dissipazione dell'energia dell'onda incidente e quindi sull'aliquota dell'energia riflessa

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Caratteristiche principali delle barriere distaccate 2/2

le difese distaccate (emerse o soffolte) sono costruite ad una certa distanza dalla linea di riva per proteggere le coste dall'impatto diretto delle onde

andamento prevalentemente parallelo alla costa

sono realizzate con giaciture planimetriche diverse in funzione del settore direzionale principale delle onde

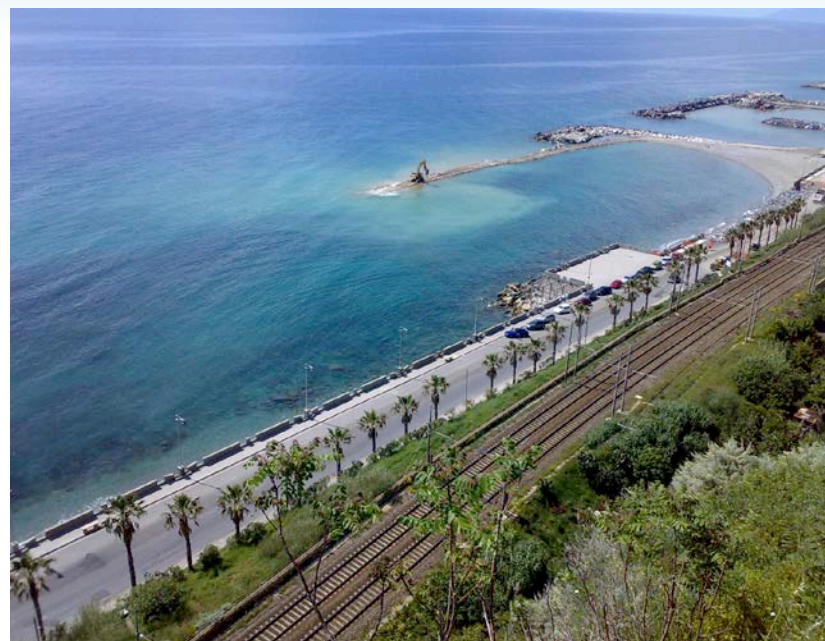
creano una zona di bassa agitazione (o zona d'ombra) a tergo delle strutture

gli effetti principali consistono nella riduzione dell'energia delle onde che insistono sulla riva per i fenomeni di riflessione, diffrazione e frangimento in corrispondenza delle barriere

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo



Barriera sommersa - San Lucido (CS), 2009 – Ing. G. Cantisani

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Principali effetti delle barriere emerse e sommerse

spostamento verso il largo della corrente litoranea e formazione di una barra sabbiosa ad una certa distanza dalla linea di riva

creazione di discontinuità nel trasporto solido litoraneo

riduzione dell'apporto di sedimenti dalla spiaggia protetta ai litorali limitrofi, con eventuale innesco/accentuazione del fenomeno erosivo nel litorale sottoflutto (rilevante nel transitorio, molto attenuato una volta raggiunta una nuova situazione di equilibrio)

aumento della torbidità dell'acqua e della deposizione della frazione sedimentaria più fine, a causa della ridotta azione delle onde (e quindi del minor ricambio idrico) a tergo delle strutture

scalzamento al piede della struttura sul lato mare (in caso di progettazione e realizzazione inaccurata)

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Barriere distaccate in massi: principali impatti ambientali

variazioni dell'ecosistema marino in generale, con alterazione, in particolare, della struttura e funzione dei popolamenti e degli habitat presenti

cambiamenti, perdita e/o frammentazione di habitat, con conseguenti effetti non trascurabili sulla composizione delle comunità bentoniche

un aumento di biodiversità riconducibile sia all'insediamento di nuove specie sul fondo duro artificiale, sia alle variazioni dei popolamenti indotte dalle variazioni granulometriche del fondo in prossimità della struttura

diminuzione del valore ecologico delle aree costiere

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Soluzioni non convenzionali

- *Sistemi di drenaggio*
- *Barriere in geotessuto*
- *Scogliere sommerse con elementi artificiali prefabbricati di tipo non convenzionale*
- *Barriere elettrochimiche*
- *Sistemi di cattura dell'energia del moto ondoso*
- *Altre soluzioni*



TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Non esiste, in generale, l'opera "migliore in assoluto"

studiare accuratamente le caratteristiche fisiche dell'unità fisiografica in esame, individuare le cause dell'arretramento della linea di riva

scegliere le opere compatibili con le caratteristiche fisiche riscontrate, possibilità di "non intervento"

valutare gli effetti indotti, sia dal punto di vista dell'efficacia che delle possibili conseguenze ambientali indesiderate, con strumenti modellistici idonei a supportare la comparazione, la scelta finale e l'ottimizzazione dell'opera

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Utilizzo delle modellistica

E' ormai prassi consolidata utilizzare le prove su modelli sia fisici che matematici, come supporto alla progettazione marittima allo scopo di effettuare analisi di scenari

- Consente di analizzare l'impatto di ogni intervento in riferimento all'intero insieme delle dinamiche che caratterizzano un tratto di costa (a scala di Unità Fisiografica)
- Rende possibile l'individuazione delle soluzioni ottimali attraverso il confronto di molteplici alternative di intervento o gestionali

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Gli interventi di difesa costiera introducono una **modifica della morfologia costiera e interferiscono con il trasporto litoraneo dei sedimenti** e, se non ben progettati, possono risultare inefficaci e dannosi

ostacolare la libera propagazione del moto ondoso

provocare alterazioni del trasporto litoraneo, tipicamente caratterizzati da accumuli nella zona protetta e perdite nelle aree limitrofe

produrre alterazioni e impatti significativi sull'ambiente costiero e sul paesaggio

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo



Pianificare gli interventi di difesa della costa

non come opere singole, ma come componenti di un sistema complessivo di difesa, da studiare nella scala dell'unità fisiografica, al fine di limitare ogni possibile effetto, diretto e indiretto, sull'ambiente costiero (erosione, esondazione, intrusione del cuneo salino, alterazione degli habitat preesistenti, ecc.)

Definire degli scenari attraverso la realizzazione di DATABASE Cartografici, MASTER PLAN, ecc.

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Piano di difesa e gestione della costa

Le attività preliminari per la redazione del piano sono da articolare in tre fasi:

- **Fase conoscitiva**: raccolta, rilevamento e informatizzazione dei dati (es. topologici, climatici, geomorfologici e antropici) con riferimento alla singola Unità Fisiografica
- **Fase di perimetrazione**: individuazione dei tratti costieri soggetti a pericolosità di erosione, valutazione dei livelli di pericolosità, analisi delle criticità e definizione delle conseguenti misure di salvaguardia
- **Fase di programmazione**: programmazione delle azioni per la conservazione, difesa, recupero e valorizzazione della fascia costiera e quantificazione del fabbisogno economico

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Fase conoscitiva

Data-base per la raccolta dei dati relativi ad interventi di protezione della costa già attuati, secondo uno standard esauriente e sintetico

Es. scheda proposta da Guiducci e Paoella (2006), per la raccolta di informazioni su:

- **caratteristiche delle aree di intervento** (es. estensione dell'unità fisiografica, marea e moto ondoso; sedimentologia, idrologia, stato dell'antropizzazione e del dissesto del litorale, bacini idrografici afferenti, ecosistema marino costiero, stabilità morfologica del paraggio, trasporto solido)
- **caratteristiche degli interventi presenti e di progetto** (es. finalità, costo ed interferenza con il trasporto solido)
- **studi specialistici svolti**
- **monitoraggio dell'area** (es. per la verifica della disponibilità di sedimenti e materiali per gli interventi di conservazione dei litorali)

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Più precisamente occorre approfondire gli aspetti relativi a:

- morfologia della costa ed al complesso degli interventi antropici (di tipo insediativo, industriale o di protezione del litorale)
- incidenza degli apporti solidi fluviali e litoranei sul bilancio sedimentario costiero
- incidenza dell'esposizione ai fattori meteo-marini (onde, marea, vento, correnti) sul flusso longitudinale e trasversale dei sedimenti lungo la costa e sui fenomeni di erosione/accumulo
- impatti di natura ambientale, che risultano particolarmente significativi in presenza di habitat e/o specie sensibili
- evoluzione della fascia costiera nel tempo

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Fase di perimetrazione

L'individuazione delle possibili situazioni di pericolosità di erosione, dipendenti dalle condizioni sedimentarie, morfologiche, antropiche e meteomarine di un tratto di costa, va effettuata in funzione dei fattori scatenanti i processi di arretramento della linea di riva, dei fattori socio-economici e della conseguente associata vulnerabilità, quali **(SICORA, Regione Abruzzo del 2006)**:

- studio delle tendenze evolutive del litorale;
- suddivisione della costa in tratti omogenei, sia per gli aspetti morfologici sia socioeconomici;
- definizione dei livelli di vulnerabilità e dei criteri di valutazione del rischio da adottare per la classificazione dei tratti di costa;
- selezione dei tratti di costa più critici e definizione delle prescrizioni da adottare

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Fase di perimetrazione

Sulla base dei risultati dell'attività conoscitiva e degli studi elencati, si potrà procedere con l'identificazione dei tratti costieri caratterizzati da diverse probabilità di erosione e diversi effetti sulle strutture in funzione degli eventi meteo marini estremi, quali ad esempio:

- tratti ad alta velocità di erosione e probabilità di effetti sulle strutture e allagamento per eventi meteomarinari con tempo di ritorno "**Tr**" < **5 anni**;
- tratti a moderata velocità di erosione e probabilità di effetti sulle strutture e allagamento per eventi meteomarinari con tempo di ritorno "**Tr**" di **5 - 10 anni**;
- tratti a bassa velocità di erosione e probabilità di effetti sulle strutture e allagamento per eventi meteomarinari con tempo di ritorno "**Tr**" > **10 anni**.

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Fase di perimetrazione

Con riferimento ad esperienze di pianificazione già effettuate, è possibile definire quattro **livelli di rischio** a gravosità crescente (moderato; medio; elevato; molto elevato), alle quali sono attribuite le seguenti definizioni:

- **moderato R1:** i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali;
- **medio R2:** danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività socio-economiche;
- **elevato R3:** danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
- **molto elevato R4:** danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche e la perdita di vite umane.

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Fase di programmazione

Realizzazione di **analisi ed elaborazioni documentali e grafiche**, sufficienti ad individuare le tipologie di intervento da realizzare per la mitigazione o rimozione dello stato di rischio a cui sono sottoposti i beni esposti e per i quali non si può consentire l'arretramento della linea di riva oltre un limite predefinito

Per tutta l'Unità fisiografica di riferimento, **individuare**, su base tecnica ed economica, con gli opportuni studi, indagini ed elaborati grafici, **tutti gli interventi strutturali e non strutturali (azioni) di mitigazione del rischio**, elencandone le priorità, nonché i vincoli territoriali, definendo le eventuali necessarie misure di delocalizzazione di insediamenti

Prevedere **attività di monitoraggio** degli interventi, come anche specificato nell'Allegato 1, non trascurando gli aspetti della qualità delle acque e dei sedimenti

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

LEGENDA TAVOLA

Classificazione	Sigla	Esistenti (E)	Da realizzare (R)	Progetto (P)	Tipologia Opera
Opere Radenti	RM				Muro di sponda Rivestimento Scogliera
	RR				
	RS				
Opere di Difesa Longitudinali	BE				Barriera emersa
	BS				Barriera sommersa
Opere di Difesa Trasversali	PE				Pennello emerso
	PS				Pennello sommerso
Opere di Difesa Mista	ME				Pennello a "T" o a "L" con scogliera emersa
	MS				Pennello a "T" o a "L" con scogliera sommersa
Ripascimento	RI				Ripascimento
					DC Depositi Costieri DF Depositi Fluviali DM Depositi Marini
					Foci torrente e direzione prevalente trasporto solido

BASE CARTOGRAFICA: CTR Regione Calabria 2012

LINEA DI RIVA ED OPERE ESISTENTI: aggiornate a maggio 2013

MASTER PLAN degli interventi di mitigazione dell'erosione costiera

Autorità di Bacino Regionale
Regione Calabria, 2013

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo



TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo



Tropea (VV)

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Buone pratiche: esempi di analisi costi/benefici

- **Stima del beneficio** che un'opera di difesa riesce ad offrire in termini di ridotta erosione e compensazione con i costi dell'opera stessa
- **Stima del trend evolutivo dei litorali** allo stato attuale (e delle forzanti naturali e antropiche che agiscono a scala globale e locale) e delle stime di quanto un'opera di difesa può ridurre e/o stabilizzare il trend erosivo nel corso degli anni, limitando i costi di gestione e manutenzione
- **Analisi dei costi/benefici** per ogni diversa opera di mitigazione per la scelta degli investimenti più sicuri, tenendo conto dei diversi fattori ambientali ed antropici
- L'applicazione del metodo fornisce la **stima dei benefici totali annuali** (sotto forma di danni prevenuti) ricavati dalla differenza tra il danno medio annuale stimato per ciascuna delle ipotesi progettuali di intervento considerate e quello stimato per l'ipotesi progettuale di non intervento (USACE, 2008)

TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Schema delle voci di costo da stimare (Tratto da: USACE, 2008 modificato).

<i>Voce di costo</i>	<i>Descrizione</i>
Costi iniziali	Progettazione e avvio lavori
Manutenzione	Stima delle spese annuali di manutenzione per conservare/ripristinare l'integrità funzionale e strutturale delle opere, eventualmente danneggiate da eventi di tempesta oltre che dai naturali processi legati alla "vita utile" dell'opera.
Rimozione/modifica	Stima dell'eventuale spesa per modificare il progetto o rimuovere completamente l'opera, in caso di significativi impatti
"Life-cycle"	Stima combinata dei costi iniziali, di manutenzione e di rimozione/modifica richiesti durante il periodo di "vita utile" dell'opera
Durata dell'opera	Stima del numero di anni, ovvero della "vita utile" dell'opera
Danni	Stima dei costi causati dal danneggiamento strutturale e/o dalla diminuzione della funzionalità quando si verificano eventi eccezionali, con altezza d'onda significativa maggiore di quella dell'onda di progetto utilizzata per definire "la vita utile" dell'opera
Bilanciamento	Ricerca del bilancio più efficiente tra costi di costruzione e costi di manutenzione, tale che il costo totale sia il minimo possibile.

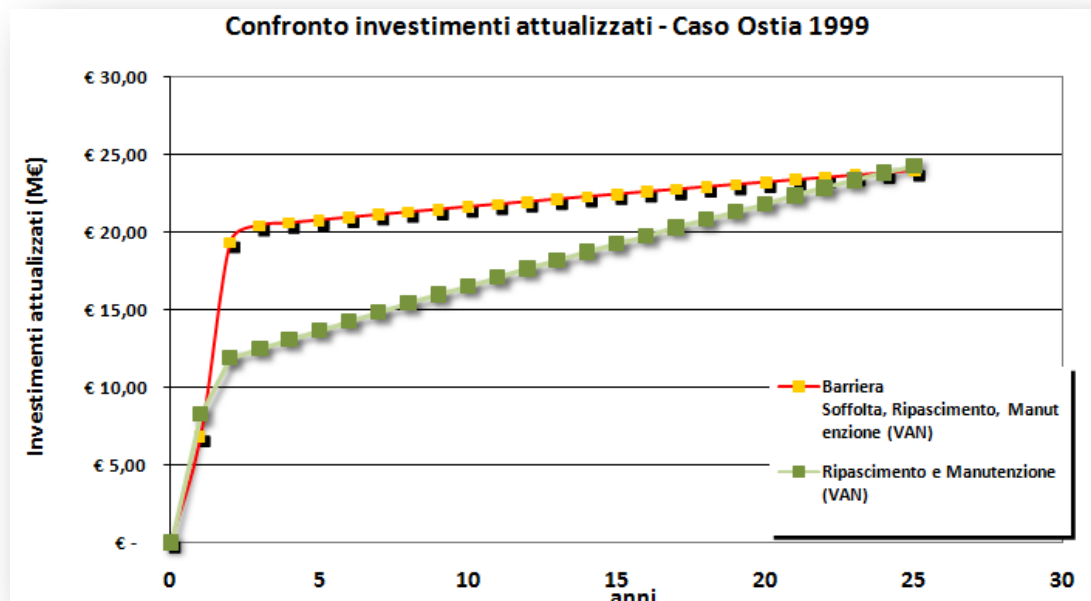
TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Regione Lazio – Progetto BEACHMED

Comparazione economica delle diverse soluzioni progettuali in termini di costi capitale e costi di manutenzione (Valore Attuale Netto). **In questo modo è possibile, ad esempio, verificare l'incidenza degli oneri di manutenzione sul costo totale dell'intervento.**

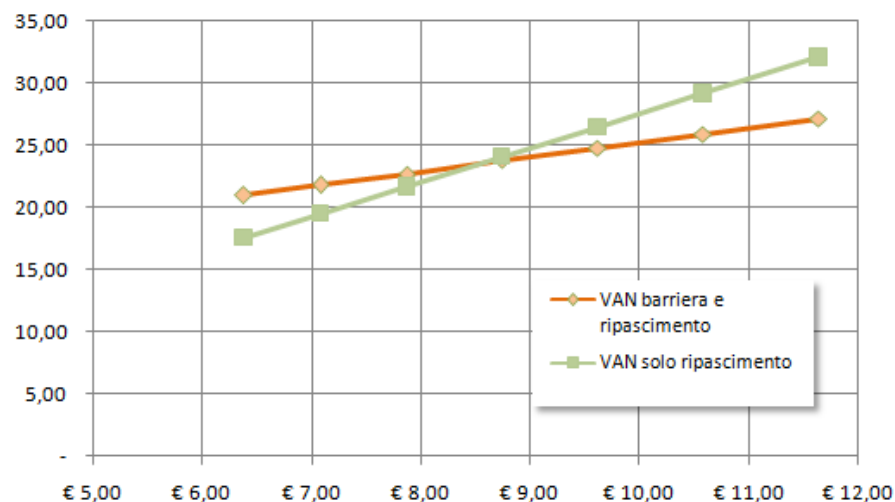


TAVOLO NAZIONALE EROSIONE COSTIERA (TNEC)

Allegato Tecnico 2:

Opere di difesa e misure di adattamento e/o mitigazione del fenomeno erosivo

Variabilità VAN (M€) e costo della sabbia



Analisi di sensitività per verificare la comparazione al variare di alcuni parametri. **In questo modo è possibile, ad esempio, verificare la convenienza di una scelta al variare del costo della sabbia in relazione alla sua maggiore o minore disponibilità.**