



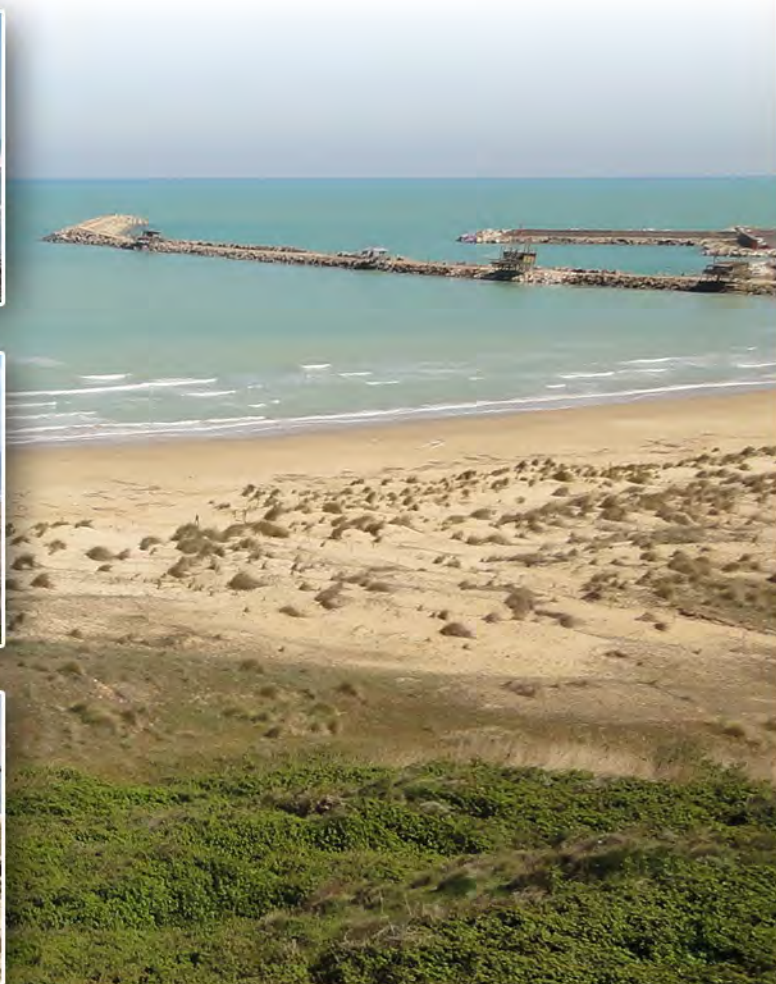
ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



**REGIONE
LAZIO**

Linee guida per gli studi ambientali connessi alla realizzazione di opere di difesa costiera



MANUALI E LINEE GUIDA



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



REGIONE

LAZIO

Linee guida per gli studi ambientali connessi alla realizzazione di opere di difesa costiera

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo manuale.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Manuali e Linee Guida 105/2014
ISBN 978-88-448-0637-8

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

ISPRA

Grafica di copertina: Franco Iozzoli

Foto di copertina: ISPRA, A. Acosta (foto di sfondo)

Coordinamento editoriale:

Daria Mazzella

ISPRA – Settore Editoria

Gennaio 2014

Autori

Daniela Paganelli (ISPRA)
Paola La Valle (ISPRA)
Stefania Ercole (ISPRA)
Iolanda Lisi (ISPRA)
Corrado Teofili (Federparchi-Europarchi Italia)
Luisa Nicoletti (ISPRA)

Si prega di citare il documento con la seguente dicitura:

Paganelli D., La Valle P., Ercole S., Lisi I., Teofili C., Nicoletti L., 2014 - Linee guida per gli studi ambientali connessi alla realizzazione di opere di difesa costiera. ISPRA, Manuali e Linee Guida 105/2014: 73 pp.

INDICE

INTRODUZIONE	5
1. OPERE DI DIFESA COSTIERA E PRINCIPALI EFFETTI FISICI SULL'AMBIENTE	7
1.1 Difese aderenti rigide	7
1.2 Difese aderenti morbide	12
1.3 Difese distaccate	12
1.4 Difese trasversali	16
1.5 Ripascimenti	21
1.6 Sistemi di <i>by-pass</i>	23
1.7 Sistemi di drenaggio	23
1.8 Interventi di ripristino e protezione delle dune	25
2. PRINCIPALI EFFETTI AMBIENTALI DELLE OPERE DI DIFESA COSTIERA	29
3. NORME DI PROTEZIONE AMBIENTALE	34
4. IDENTIFICAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEGLI HABITAT COSTIERI PROTETTI SENSU DIRETTIVA HABITAT	39
4.1 Criteri di classificazione	39
4.2 Categorie fisiografiche e macroambienti	39
4.2.1 <i>Habitat marini</i>	42
4.2.2 <i>Habitat acquatici ed umidi alofili</i>	43
4.2.3 <i>Habitat dunali</i>	44
4.2.4 <i>Habitat rupestri</i>	47
5. DEFINIZIONE DEI CRITERI DI ASSOCIAZIONE DELLE SPECIE DI FLORA E FAUNA PROTETTE ALLE CATEGORIE FISIOGRAFICHE	48
5.1 Specie di flora protette, sensibili e/o minacciate	48
5.2 Specie di fauna protette, sensibili e/o minacciate	52
6. MATRICI "OPERA/IMPATTO VS HABITAT E SPECIE"	53
Scheda informativa per la lettura delle matrici	55
Matrice per Difese aderenti	58
Matrice per Difese distaccate (emerse e sommerse) e piattaforme isola	59
Matrice per Pennelli (permeabili e impermeabili)	60
Matrice per Pennelli compositi	61
Matrice per <i>Headlands</i>	62
Matrice per Ripascimenti	63
Matrice per Sistemi di drenaggio	64
Matrice per Ricostruzione morfologica delle dune costiere	65
Matrice per Barriere frangivento, restauro e consolidamento dune mediante	66
BIBLIOGRAFIA	67

INTRODUZIONE

La fascia costiera mediterranea è un ambiente caratterizzato da paesaggi di eccezionale valore naturalistico e da un elevato numero di habitat particolarmente rilevanti in termini di biodiversità e complessità funzionale, ma, al contempo, piuttosto sensibili e fragili. Essa ospita anche aree attrattive sulle quali insistono importanti e numerose attività economiche, quali porti, industrie, turismo e infrastrutture. Essendo per definizione l'interfaccia terra-mare, la fascia costiera costituisce una delle zone più critiche, soggette a degrado ambientale, sia per gli interessi conflittuali che vi si accentrano, sia per la fragilità tipica di ogni ambiente di transizione. Tale fragilità è accentuata dai fenomeni erosivi che oggi colpiscono il 15% delle coste europee, ovvero circa 15.000 km su un totale di 101.000 km di coste (EUROSION, 2004; Southerland, 2010).

I problemi connessi con l'erosione costiera, sempre più rapida e intensa, hanno fatto crescere l'attenzione sui temi della difesa dei litorali non solo in termini di salvaguardia delle risorse economiche e sociali, ma anche, in accordo con i criteri propri della gestione integrata (GIZC), in termini di protezione e conservazione della biodiversità e delle risorse ecologiche. E' noto infatti che la realizzazione di interventi di difesa della costa, necessari per preservare e proteggere dall'erosione arenili, edifici e infrastrutture, determina cambiamenti sull'ambiente, che possono generare impatti significativi soprattutto in presenza di habitat e/o specie sensibili. In fase di pianificazione e progettazione di un'opera di difesa costiera, quindi, sarebbe necessario tenere conto, non solo dell'efficacia di un'opera nel contrastare l'erosione, ma anche degli effetti che la sua presenza può generare sull'ambiente emerso e sommerso.

In questo volume vengono presentate le “*Linee guida per gli studi ambientali connessi alla realizzazione di opere di difesa costiera*”, che permettono di identificare *a priori*, attraverso l'utilizzo di un sistema di matrici, non solo i potenziali tipi di impatti attesi sull'ambiente, ma anche gli habitat e le specie di flora e di fauna protetti che potrebbero essere interessati da tali impatti.

Esse sono scaturite, infatti, dalla considerazione che gli effetti generati sull'ambiente dalle opere di difesa possono causare diversi impatti sugli habitat e le specie coinvolte. Il processo di valutazione di tali impatti può risultare a volte estremamente difficoltoso, sia per la complessità propria degli ambienti costieri, sia per la scala strettamente locale alla quale vengono generalmente riferiti gli studi. Pertanto, queste linee guida rappresentano uno strumento efficace di supporto alla normativa vigente in materia di V.I.A. e quindi di ausilio per le Pubbliche Amministrazioni coinvolte nella valutazione degli studi di impatto ambientale e per i tecnici coinvolti nella loro predisposizione e redazione.

L'approccio metodologico messo a punto per la realizzazione delle linee guida è stata sviluppato e condiviso all'interno del Progetto Europeo COASTANCE “*Strategie di Azione Regionale per l'Adattamento della Zona Costiera ai Cambiamenti Climatici*”, nella Componente 5, di cui la Regione Lazio era il Capo Fila (www.coastance.eu). Le linee guida prodotte sono state adottate all'interno del Dipartimento Istituzionale e Territorio, Direzione Regionale Ambiente, Area Valutazione Impatto Ambientale e Valutazione Ambientale Strategica della Regione Lazio con un atto formale (Determinazione Regionale n. A01160 del 20/02/2013).

Per lo sviluppo del sistema di matrici, elaborato su base bibliografica non sperimentale, sono stati seguiti i passaggi di seguito riportati:

- analisi dei principali tipi di opere di difesa costiera e descrizione dei principali effetti fisici;
- analisi dei potenziali effetti/impatti ambientali indotti dalla realizzazione delle opere di difesa costiera;
- identificazione e classificazione dei tipi di habitat *sensu* Direttiva Habitat in categorie fisiografiche;
- definizione dei criteri per associare le specie di flora e di fauna protette alle categorie fisiografiche.

Il sistema di matrici, denominato “*opera/impatto vs habitat/specie*”, mette in relazione:

- ogni opera di difesa con gli effetti e gli impatti che possono essere generati sull'ambiente;
- ogni tipo di effetto/impatto con una o più specifiche categorie fisiografiche potenzialmente coinvolte;
- ogni tipo di impatto, per ciascuna categoria fisiografica, con i tipi di habitat protetti e le specie di flora e fauna protette potenzialmente coinvolti.

E' importante sottolineare, infine, che il sistema di matrici, pur fornendo la lista dei principali effetti attesi e degli impatti potenziali su habitat e specie, non ne quantifica l'entità. La quantificazione dell'intensità dell'impatto richiede, infatti, la conoscenza approfondita degli aspetti tecnico-progettuali dell'opera e delle caratteristiche locali del sito di intervento, quali ad esempio aspetti morfodinamici e stato di conservazione di habitat e specie.

1. OPERE DI DIFESA COSTIERA E PRINCIPALI EFFETTI FISICI SULL'AMBIENTE

Gli interventi di difesa costiera sono realizzati con lo scopo di salvaguardare l'ambiente costiero dai fenomeni erosivi e dagli effetti indiretti che tali fenomeni possono generare, quali inondazioni, intrusione del cuneo salino, e, più in generale, distruzione degli habitat preesistenti (Nicholls e Laetherman, 1994; Nicholls *et al.*, 2009; Bulleri e Chapman, 2010; Dugan *et al.*, 2011). Sono comunemente classificati in interventi di tipo "attivo", che alterano l'idrodinamica costiera e il trasporto solido litoraneo, e di tipo "passivo", che proteggono la fascia costiera senza modificare sostanzialmente il trasporto solido longitudinale.

Gli interventi di difesa costiera maggiormente utilizzati in ambito mediterraneo sono:

- difese aderenti rigide: rivestimenti, scogliere, muri, paratie, argini a mare;
- difese aderenti morbide: opere di stabilizzazione in ghiaia;
- opere di difesa distaccate: barriere (emerse e sommerse) e piattaforme-isola;
- opere di difesa trasversali: pennelli, *headlands*;
- ripascimenti;
- sistemi *by-pass*;
- sistemi di drenaggio;
- interventi di ripristino e protezione delle dune (ricostruzione morfologica delle dune costiere, barriere frangivento, restauro e consolidamento mediante vegetazione, gestione degli accessi).

Di seguito si riporta una sommaria descrizione delle opere di difesa costiera sopra elencate e dei principali effetti fisici che possono essere associati alla loro realizzazione e alle alterazioni indotte sulla naturale dinamica dei litorali⁽¹⁾. Per condurre tale disamina si è fatto riferimento principalmente a U.S. Army Corps of Engineers (2003a) e Van Rijn (2005).

1.1 Difese aderenti rigide

Le difese aderenti (**figura 1.1.1**), o radenti rigide, sono opere di tipo passivo, realizzate mediante il posizionamento di strutture rigide parallele e aderenti alla linea di costa, che possono estendersi sulla fascia emersa, arrivando a interessare il retro-spiaggia e (se presente) il piede della duna. Appartengono alle difese aderenti i rivestimenti con mantellate di massi naturali e artificiali, le scogliere radenti, i muri di sponda, le paratie e/o palancolati e gli argini a mare (APAT, 2007).

Tali opere sono spesso realizzate in condizioni di emergenza e con una estensione limitata ai soli tratti di costa in erosione per la loro efficacia nel limitare l'azione meccanica ed erosiva delle onde incidenti e nel prevenire le inondazioni dovute a forti mareggiate.

La presenza del rivestimento riduce la risalita e la tracimazione delle onde accentuandone i fenomeni di riflessione e dissipazione dell'energia ma, al contempo, può ad una alterazione dei fenomeni erosivi e deposizionali a scala locale, di fronte alla struttura e nei tratti di costa adiacenti.

In generale, si possono manifestare fenomeni erosivi nei tratti di costa adiacenti alla struttura quando la sottrazione diretta alla dinamica litoranea dei sedimenti a tergo dell'opera porta ad una significativa riduzione dell'apporto sedimentario sottoflutto.

Si assiste, inoltre, ad un cambiamento del profilo di spiaggia emersa e sommersa. In particolare, i sedimenti al piede della struttura tendono ad essere risospesi e trasportati verso il largo dalle onde riflesse, con possibile formazione del fenomeno dello scalmamento al piede (*scouring*). In questi casi viene esaltato, in maniera corrispondente all'escavazione indotta, l'incremento dell'altezza d'onda e quindi l'attacco ondoso in prossimità della struttura (Wallingford *et al.*, 2000; APAT, 2007). Pertanto, nel caso di eventi meteo-marini di particolare intensità i sedimenti messi in sospensione potranno essere trasportati oltre la fascia attiva⁽²⁾ e sottratti definitivamente al bilancio del trasporto solido, con

⁽¹⁾ L'analisi delle variazioni indotte sulla tendenza evolutiva dei litorali è importante per l'identificazione delle aree costiere potenzialmente impattate dalle opere di difesa costiera. La scala spaziale, cui riferire le possibili alterazioni indotte sull'ambiente, è generalmente definita in funzione delle dimensioni dell'opera di difesa e dei principali parametri fisici che caratterizzano l'area di intervento: caratteristiche morfologiche e sedimentologiche, esposizione ai fattori meteo-marini, bilancio sedimentario ecc. (Van Rijn, 2005; Stive *et al.*, 2002).

⁽²⁾ Uno dei fattori che maggiormente incide sull'evoluzione di un sistema costiero è l'estensione verso il largo della fascia attiva, spesso individuata mediante il calcolo della profondità di chiusura, definita come la profondità oltre la quale il trasporto dei sedimenti può essere ritenuto trascurabile e non si riscontra alcuna variazione significativa della profondità del fondale in un caratteristico intervallo di tempo (Hallermeier, 1981). Tale parametro è considerato molto importante per lo studio dell'evoluzione di spiaggia a breve termine (Larson *et al.*, 1999; Phillips e Williams, 2007).

possibili ripercussioni sia sugli scambi di sedimento tra spiaggia emersa e sommersa (Wallingford *et al.*, 2000) sia, nei casi di moto ondoso caratterizzato da una forte componente obliqua (Pranzini, 2004), sull'estensione della spiaggia emersa dei tratti di costa adiacenti.

Le difese aderenti realizzate ricoprendo, in parte o *in toto* (fino al piede della duna se presente), la fascia emersa, infine, provocano un irrigidimento della fascia di transizione che ostacola lo scambio di sedimenti tra spiaggia emersa e sommersa (Wallingford *et al.*, 2000).

I principali effetti fisici attesi che possono aversi a seguito della realizzazione di opere aderenti sono:

- la mancata formazione di un nuovo arenile a tergo;
- l'alterazione delle correnti e del trasporto solido litoraneo, dovuta alla presenza del rivestimento che modifica i processi erosivi e deposizionali locali;
- i fenomeni di erosione localizzati per lo scalzamento al piede (*scouring*), che possono progressivamente incidere anche sul bilancio sedimentario dei tratti di litorale sottoflutto;
- la scomparsa della spiaggia (Pranzini, 2004) e dell'*habitat* dunale.

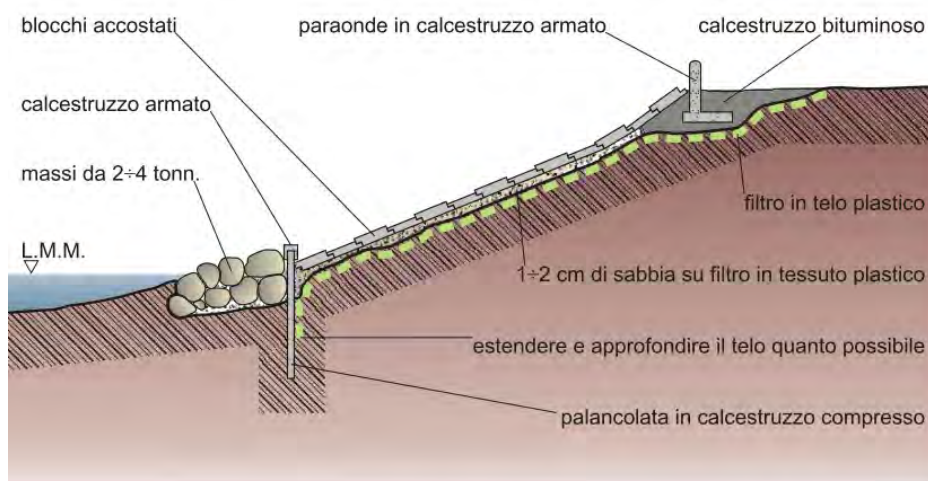


Figura 1.1.1 - Schema di una barriera aderente per coste basse con limitata azione ondosa. Il rivestimento è costituito da piastre di calcestruzzo mutuamente incastrate tra loro, poggianti su un fondo dotato di filtro, da una protezione al piede e da un muro paraonde in sommità (APAT, 2007).

Di seguito si fornisce una descrizione dei principali tipi di opere radenti: rivestimenti, scogliere aderenti, muri di sponda, paratie e argini a mare.

Rivestimenti

I rivestimenti sono strutture utilizzate per la difesa delle scarpate a mare, quando la spiaggia naturale e le dune costiere hanno estensione troppo ridotta, e per limitare gli effetti delle inondazioni in aree sottoposte a rilevanti escursioni di marea. Sono realizzate mediante il posizionamento sullo strato superficiale della scarpata di materiale impermeabile (calcestruzzo, malte cementizie, bituminosi ecc.) o permeabile (pietrame, rocce a spigoli vivi o arrotondati, gabbioni, elementi artificiali interconnessi, sacchi geotessili ecc.). La risalita delle onde può essere ridotta con una struttura verticale o curva, posta sul coronamento dell'opera (**figura 1.1.2**). In genere, i rivestimenti presentano un'estensione limitata rispetto alla linea di riva e sono realizzati su fondali a debole pendenza, in modo da consentire alle onde di raggiungere l'opera dopo aver dissipato parte dell'energia per frangimento. La loro efficacia dipende anche dalla capacità di dissipare l'energia delle onde sulla superficie esterna e di trattenere il materiale fine all'interno della struttura (soprattutto se questa è scabra o porosa).

Scogliere radenti

Sono realizzate in corrispondenza della spiaggia emersa (parallelamente alla linea di riva) con massi naturali o artificiali disposti in modo da formare un incastro più o meno ordinato (**figura 1.1.3**). Sono strutture definite "flessibili", perché consentono lo spostamento dei massi che le compongono senza pregiudicare la stabilità complessiva dell'opera, e "permeabili", perché

permettono alle onde incidenti di penetrare al loro interno e di dissipare gran parte dell'energia. Questo limita la riflessione delle onde, ma lo scalzamento al piede dell'opera è solamente rallentato.

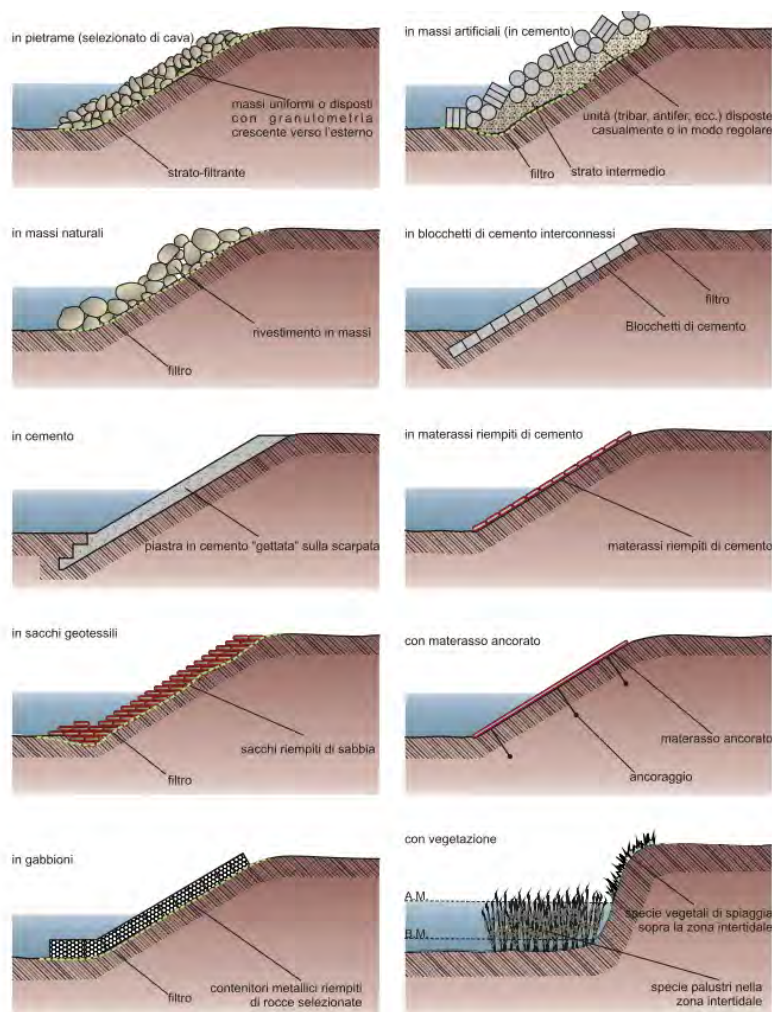


Figura 1.1.2 - Tipi di rivestimento (APAT, 2007).



Figura 1.1.3 – Esempi di scogliera radente: a sinistra, a difesa di un centro abitato (Foto ISPRA); a destra, a difesa di un litorale (APAT, 2007).

Muri di sponda

Sono strutture a ritenuta verticale o inclinate, costruite parallelamente alla linea di riva come rinforzo di una parte del profilo costiero, per proteggere strade o case poste al limite del profilo naturale della spiaggia (**figura 1.1.4**). Sono utilizzate per lo più in presenza di costa alta. Possono essere realizzate con diverse forme (a gradoni, curve, verticali ecc.) e materiali⁽³⁾. La costruzione, generalmente in calcestruzzo, con il suo stesso peso provvede alla stabilità dell'opera rispetto allo scorrimento. Può essere protetta con mantellate di scogli naturali o massi artificiali, al fine di limitare la risalita delle onde (**figura 1.1.4**), che può essere ridotta anche con una struttura verticale o curva posta sul coronamento dell'opera.

I muri di sponda proteggono la spiaggia retrostante dall'azione diretta delle onde, ma l'elevata riflessione prodotta può generare sensibili variazioni del fondo, aumentando la ripidità del profilo di spiaggia.

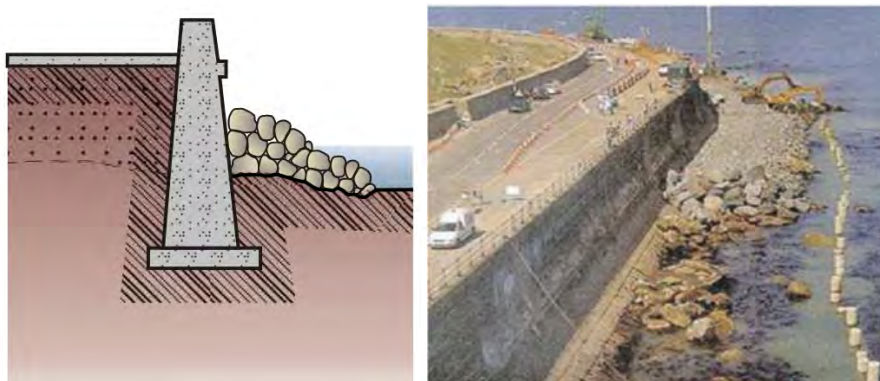


Figura 1.1.4 - Muro verticale in calcestruzzo con protezione al piede con massi naturali (APAT, 2007).

Paratie

Sono opere verticali di tipo leggero (**figura 1.1.5**) e non hanno la capacità strutturale di resistere al moto ondoso, a meno che non vengano adeguatamente rinforzate⁽⁴⁾. Lo scopo primario di una paratia è di trattenere e prevenire lo scorrimento del terreno, aumentandone la stabilità e fornendo una protezione dall'erosione indotta prevalentemente da onde con bassa energia. Un sistema di paratie è in genere allineato parallelamente alla costa e progettato per trattenere materiale granulare, come suolo o sabbia. Tali opere sono utilizzate solitamente per proteggere piccole porzioni di costa, per lo più alta, dall'erosione. Inoltre, sono spesso realizzate per mantenere un'adeguata profondità dei fondali dove è previsto l'ormeggio di imbarcazioni (lungo canali navigabili, in ambiti portuali e aree costiere industrializzate) e come temporanea protezione dal moto ondoso durante la realizzazione di opere a mare (banchine, dighe, interventi di bonifica ecc.). Essendo strutture verticali, non permettono alle onde di dissipare energia, ma portano ad un incremento della riflessione e della locale agitazione ondosa. Come nel caso dei muri di sponda, si assiste a un incremento della riflessione delle onde e alla formazione dei fenomeni di scalzamento al piede della struttura (*scouring*) e ai lati della porzione protetta. Ciò può accrescere i fenomeni erosivi, se già esistenti.

⁽³⁾ Si tratta generalmente di: strutture a parete verticale come muri massicci a gravità in calcestruzzo; strutture vincolate realizzate con pali di acciaio o calcestruzzo; strutture con contenitori riempiti di pietrame; strutture con faccia esterna inclinata rinforzata con piastre di calcestruzzo; strutture rivestite di blocchi artificiali in calcestruzzo o pietrame; muri con parete gradonata; strutture con parete esterna curva (concava o convessa).

⁽⁴⁾ Una paratia verticale può essere realizzata con materiali di diversa natura (in acciaio, alluminio, legno, calcestruzzo) e viene solitamente costruita con pali circolari infissi nel fondale a una profondità pari almeno all'altezza della struttura sul fondale stesso.

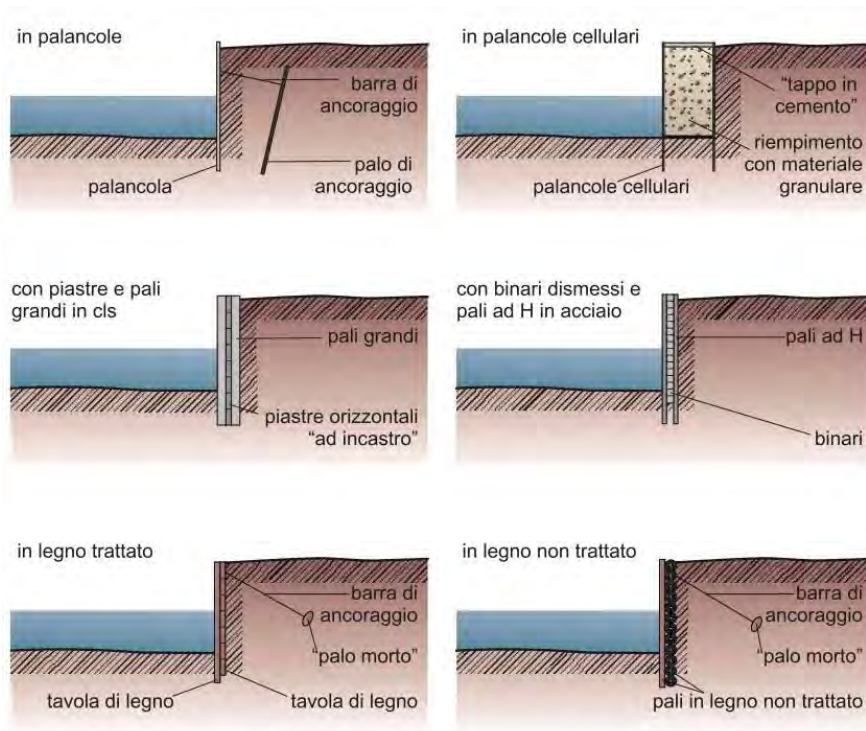


Figura 1.1.5 - Esempi comuni di paratie (APAT, 2007).

Argini a mare

Sono delle opere artificiali realizzate con sagoma adeguata all'esposizione del paraggio, con lo scopo di proteggere la costa dalle inondazioni. Sono distinte, sulla base del materiale utilizzato, in argini in sabbia e pietrame, argini con celle geotessili e argini in terra (terrapieni). Gli argini più frequentemente realizzati sono costituiti da terrapieni generalmente in sabbia, ghiaia e ciottoli, imbasati sul fondale marino.

1.2 Difese aderenti morbide

Alle difese aderenti morbide appartengono le opere di stabilizzazione di arenili a matrice prevalentemente sabbiosa con ubicazione *in situ* di una copertura di materiale ghiaioso sciolto. In genere sono realizzate a difesa di siti particolarmente critici e di limitata estensione dalla cui salvaguardia dipende la messa in sicurezza delle infrastrutture (strade, linee ferroviarie ecc.) a ridosso dell'arenile. L'impiego di materiale più grossolano (meno mobile) aumenta la stabilità e la resistenza all'erosione, perché favorisce l'assorbimento dell'energia delle onde frangenti, producendo al contempo sensibili variazioni del profilo di spiaggia. In particolare, sono favoriti l'irripidimento della fascia di battigia e la formazione di una cresta di berma più elevata che tende ad accrescersi con l'accumulo di ghiaia (*gravel ridge*), soprattutto dopo eventi di tempesta, fino a costituire una sorta di barriera. Parte del materiale, inoltre, può essere ridistribuito nella parte interna dell'arenile fino ad assumere una particolare forma a ventaglio (*washover fans*), che limita lo scambio di sedimento fra la porzione di spiaggia emersa e quella sommersa e causa dei ristagni d'acqua.

Tra i principali effetti attesi a seguito della realizzazione di difese aderenti morbide sono soprattutto da considerare: la variazione del profilo di spiaggia nella zona di raccordo fra la cresta di berma e la battigia e la classazione verticale del materiale per effetto del rimaneggiamento operato dal moto ondoso, che può portare alla sepoltura della componente ghiaiosa.

1.3 Difese distaccate

Le difese distaccate (o barriere distaccate) sono opere di tipo attivo-rigido costruite a una certa distanza dalla linea di riva per proteggere le coste basse e quelle alte dall'azione diretta delle onde. Generalmente hanno un andamento parallelo alla costa (barriere parallele) e trovano il loro principale campo applicativo nel caso di moto ondoso ortogonale alla riva. Sono realizzate anche con giaciture planimetriche diverse nel caso di onde provenienti da un settore direzionale obliquo rispetto alla normale alla linea di riva.

Tali opere sono costituite da strutture fisse o, più raramente, galleggianti e possono essere isolate o costituire un sistema di barriere segmentate intervallate da varchi. In base alla quota di coronamento (quota di cresta) rispetto al l.m.m. sono distinte in emergenti e sommerse. 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.

Le barriere (soprattutto quelle emergenti) offrono una protezione diretta al litorale dalle onde perché ne attenuano il potere erosivo sui bassi fondali e creano una zona di bassa agitazione (o zona d'ombra) a tergo della struttura. Questo, qualora il fondo sia costituito da materiale incoerente, favorisce i processi di sedimentazione dietro le barriere e, quindi, la formazione di protendimenti della spiaggia. In particolare, in funzione della loro peculiare configurazione, le barriere⁽⁵⁾ possono incidere in maniera più o meno pronunciata sulla morfodinamica del litorale, la cui "risposta" può portare alla formazione di lievi ondulazioni, di cuspidi (salienti) e di tomboli quando tali protendimenti della spiaggia si congiungono con la barriera.

I principali effetti fisici (idraulici e morfodinamici) attesi in presenza di opere distaccate (emergenti e sommerse) sono:

- riduzione dell'energia delle onde a riva, per i fenomeni di frangimento e riflessione sulla barriera e per i fenomeni di diffrazione, trasmissione e/o tracimazione conseguenti al passaggio delle onde dalla struttura alla zona protetta;
- incremento della locale deposizione dei sedimenti a tergo della struttura, con formazione di un saliente simmetrico o di un tombolo, nel caso di onde incidenti normalmente alla costa, e di un saliente di dimensioni consistenti, nel caso di onde incidenti in modo obliquo;
- discontinuità nel trasporto solido litoraneo, per la riduzione dell'apporto solido dalla spiaggia protetta ai litorali limitrofi, con conseguente trasferimento del fenomeno erosivo sottoflutto;
- locale approfondimento dei fondali tra i varchi delle barriere, per la formazione delle correnti di ritorno (*rip currents*) che si instaurano quando vi è un considerevole passaggio d'acqua attraverso la struttura (sopra di essa o attraverso i varchi);
- locale approfondimento dei fondali per lo scalzamento al piede, causato dalla riflessione delle onde e dal conseguente trasporto dei sedimenti dalla base della struttura verso il largo.

⁽⁵⁾ Generalmente, le scogliere presentano una sezione trasversale trapezoidale e sono costituite da una fondazione stabile (imbasamento), da un nucleo solitamente di rocce di piccole dimensioni, da uno strato esterno protettivo (mantellata), caratterizzato da massi naturali (materiale di cava *tout-venant*) o uniti in cemento e da un elemento di protezione al piede sul lato mare, si ricorre ai massi in cemento per opere in alti fondali e/o in mari di forte intensità, o nei casi in cui non si dispone di idonee cave di prestito.

Le barriere distaccate, interferendo sull'idrodinamica e sul trasporto litoraneo, possono inoltre portare ad alterazioni della qualità dell'ambiente marino e costiero, quali:

- variazioni morfologiche nel sistema spiaggia-duna con conseguenze sugli habitat presenti in tutta la fascia costiera interessata direttamente o indirettamente dalle modificazioni indotte (Wallingford *et al.*, 2000);
- aumento della torbidità dell'acqua, della deposizione della frazione sedimentaria più fine (Pranzini, 2004) e della proliferazione di flora algale (eutrofizzazione), per il minore ricambio idrico negli specchi acquei protetti causato dalla ridotta azione delle onde a tergo delle strutture.

Oltre alle barriere distaccate emergenti e sommerse, appartengono a questa categoria di opere anche le piattaforme-isola (Pranzini, 2004).

Barriere emergenti

Una barriera è definita emergente se la quota di coronamento è superiore al l.m.m. (figura 1.3.1) o, più precisamente, se è tracimabile solo in determinate condizioni meteo-marine. Le portate di tracimazione risultano variabili e dipendenti sia dalla quota di coronamento dell'opera sia dalle condizioni meteo-marine che si verificano.

Queste opere sono realizzate con scogli di cava o massi artificiali posti su fondali mediamente bassi. Possono essere costituite da strutture singole o in serie, intervallate da varchi per agevolare la circolazione e il ricambio idrico. Opportuni correttivi possono essere adottati anche per evitare o ridimensionare la formazione di tomboli nella zona protetta.

Oltre agli effetti comunemente indotti dalle opere distaccate sopra esposti, alle barriere emergenti possono essere ricondotti i seguenti effetti:

- deposizione di sabbia nella zona protetta ed erosione nei settori adiacenti e antistanti ai varchi, con formazione di una linea di costa con andamento festonato;
- formazione di veri e propri tomboli che, raccordando la spiaggia alle barriere, intercettano il trasporto di sedimenti litoraneo e accentuano l'erosione nei litorali sottoflutto, che già normalmente risentono in maniera negativa della presenza delle barriere (Pranzini, 2004);
- edificazione di nuove avandune nel retro spiaggia in caso di formazione di tomboli stabili (Wallingford *et al.*, 2000);
- formazione, nel caso di eventi di particolare intensità, di correnti di ritorno (*rip current*) con erosione dei fondali in corrispondenza dei varchi;
- formazione di forti correnti longitudinali nella zona protetta (soprattutto in presenza di opere a debole sommergenza);
- spostamento verso il largo della corrente litoranea e formazione di una barra sabbiosa di dimensioni anche notevoli a una certa distanza dalla linea di riva;
- accrescimento della spiaggia retrostante con materiale sottile.

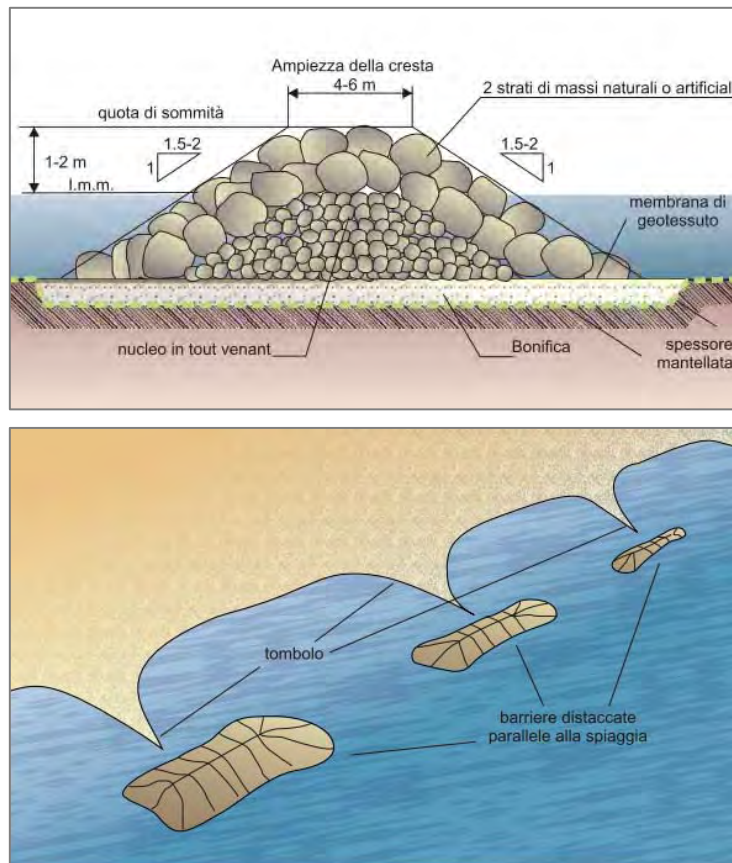


Figura 1.3.1 - Schema di una barriera emergente distaccata (in alto); effetti associati alla presenza di barriere emergenti distaccate (in basso) (APAT, 2007).

Barriere sommerse

Le barriere sommerse (**figura 1.3.2**) hanno la quota di coronamento sempre inferiore rispetto al l.m.m. e possono essere emergenti solo in condizioni di bassa marea. Pertanto sono sempre tracimabili in presenza di moto ondoso. Il frangimento delle onde sul coronamento delle barriere riduce l'energia trasmessa nelle zone a minore profondità, più facilmente erodibili. Possono essere costituite da strutture singole o in serie, utilizzando massi naturali o artificiali e sacchi di sabbia.

Generalmente sono realizzate su bassi fondali, ma la profondità di imbasamento può variare molto con la scelta di collocare la barriera al di fuori o internamente alla zona dei frangenti. Una scogliera situata al di fuori della zona dei frangenti provocherà il frangimento delle onde sul lato esterno all'opera. In questo caso la diffrazione prodotta in prossimità delle testate favorisce il naturale ripascimento a tergo della struttura, con riduzione della formazione di tomboli e dell'entità degli effetti negativi che possono essere generati nel tratto di costa sottoflutto, rispetto al caso di barriere realizzate internamente alla zona dei frangenti.

Diversamente da un sistema di elementi emergenti (o a cresta bassa) con varchi, un sistema di barriere sommerse garantisce un'agitazione ondosa che agevola il ricambio idrico nelle zone protette. Inoltre, la risposta dei litorali alla presenza dell'opera porterà alla formazione di una linea di riva più regolare, nel caso di strutture lunghe e ininterrotte, e di una linea di riva ad andamento festonato, nel caso di scogliere più brevi e intervallate da varchi. In generale le variazioni indotte sui processi costieri (riduzione del trasporto solido trasversale e longitudinale, variazioni dell'andamento della linea di riva, formazione di *rip-current*, scalzamento al piede, aumento della torbidità nei settori protetti) sono di minore entità rispetto a quanto osservato nel caso di barriere emerse.

Inoltre, diversamente dalle barriere emergenti, i possibili effetti indotti sul litorale sono:

- effetti positivi sul retro-spiaggia e, ove presente, sulla duna costiera, se la presenza delle barriere porta alla formazione di una spiaggia emersa sufficientemente ampia ed estesa;
- innalzamento del livello medio mare (*wave set-up*) a tergo delle opere, che induce una maggiore risalita del moto ondoso sulla spiaggia emersa;
- formazione di *rip currents* con erosione dei fondali in corrispondenza dei varchi;

- formazione di turbolenze e di correnti in prossimità dell'opera che accentuano locali fenomeni di erosione della spiaggia retrostante alla scogliera e favoriscono la formazione di ampie cuspidi (Pranzini, 2004).

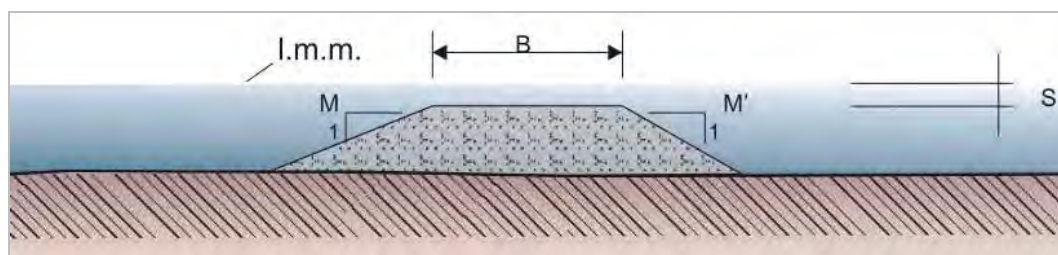


Figura 1.3.2 - Schema tipico di una barriera sommersa (B = ampiezza della cresta, S = sommergezza; M = pendenza lato mare, M' = pendenza lato terra) (APAT, 2007).

Piattaforme-isola

Le piattaforme-isola consistono generalmente in scogliere artificiali di forma circolare e dimensioni limitate, rinforzate e stabilizzate nella parte centrale da un anello di calcestruzzo (**figura 1.3.3**). Il dimensionamento della struttura, nel caso che essa sia realizzata con massi naturali o artificiali, è molto simile a quello utilizzato per la testata di un pennello. Tali opere agiscono sui fenomeni erosivo-deposizionali propri della zona dei frangenti (2-5 m di profondità) e possono influire sulle correnti da moto ondoso rallentando il trasporto dei sedimenti che rimane confinato sottocosta. La forma circolare consente un rapido smorzamento dell'onda riflessa. Questo porta alla diminuzione dell'intensità delle onde nella zona protetta, limitando i fenomeni di scalzamento al piede della struttura lato mare e le variazioni del profilo di spiaggia. Anche il flusso sedimentario nella fascia prossimale è ridotto solo marginalmente. Infatti, se ben progettate, le piattaforme-isola possono portare alla formazione di salienti e tomboli (costituiti da sedimenti a granulometria più sottile di quella presente negli arenili adiacenti) appena emergenti e facilmente superabili dalle onde durante le mareggiate, con un'interferenza solo parziale con il trasporto lungo riva (Pranzini, 2004).

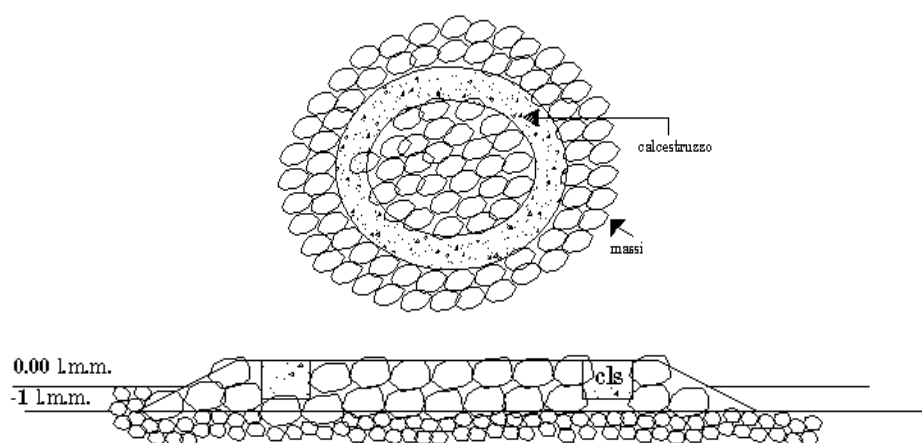


Figura 1.3.3 - Schema tipico di una piattaforma-isola: (in alto) in pianta; (in basso) in sezione (Regione Toscana, 2007).

1.4 Difese trasversali

Le difese trasversali sono opere di tipo attivo-rigido con la funzione primaria di intercettare le correnti litoranee e interrompere totalmente o parzialmente il trasporto solido longitudinale. Generalmente trovano immediata applicazione in presenza di moto ondoso obliquo alla costa e pertanto hanno un andamento planimetrico ortogonale o leggermente obliquo rispetto alla linea di riva, in funzione della direzione principale del moto ondoso incidente.

A questo gruppo di opere appartengono i pennelli (impermeabili, permeabili e compositi) e gli *headlands*.

Pennelli

I pennelli hanno la funzione di intercettare le correnti litoranee in modo da ridistribuire i sedimenti lungo la riva, permettendo la formazione di una spiaggia protettiva oppure il rallentamento dei fenomeni erosivi preesistenti (**figura 1.4.1**). I pennelli si estendono generalmente dal retro-spiaggia alla prima linea dei frangenti di normale mareggiata, oltre la quale il trasporto solido rimane attivo. Devono essere adeguatamente radicati a terra per evitare che siano aggirati sopraflutto dal trasporto longitudinale o cortocircuitati dal fenomeno di erosione della linea di riva sottoflutto. Possono essere isolati oppure formare un campo o sistema di pennelli e, a seconda del contesto e della finalità dell'intervento, possono avere un andamento (spezzato, rettilineo o curvo) e una geometria (lunghezza, altezza, forma, spaziatura e allineamento) molto variabili. Il rivestimento esterno dei pennelli⁽⁶⁾ può essere realizzato con elementi naturali o artificiali di pezzatura adeguata, disposti in modo idoneo per sopportare le sollecitazioni ondose.

I pennelli sono definiti “emergenti”, se la quota di coronamento è posta ovunque al di sopra del l.m.m., e “parzialmente sommersi”, se la quota di coronamento degrada da valori positivi a valori negativi procedendo da riva verso il largo. Dalla quota di sommersione dipende anche il grado di permeabilità dell'opera: a parità di profondità raggiunta dalla testata dell'opera, un pennello parzialmente sommerso sarà più permeabile al trasporto solido longitudinale.

La presenza di pennelli determina un avanzamento della linea di riva sopraflutto (**figura 1.4.1**) con deposizione di sedimenti di granulometria crescente quanto più ci si avvicina al manufatto. Ciò porta anche ad un irripidimento del profilo di spiaggia, che tende ad accentuarsi in prossimità della struttura (Pranzini, 2004) e ad una variazione della granulometria dei sedimenti della spiaggia sottoflutto per la riduzione della capacità di carico del trasporto. Inoltre, i pennelli creano delle zone d'ombra sottoflutto, all'interno delle quali la posizione della linea dei frangenti si sposta verso riva. Si genera così uno squilibrio di livelli che porta alla formazione di una corrente di *rip* nella zona sottoflutto, che favorisce il trasporto dei sedimenti verso fondali più profondi (in taluni casi oltre la fascia attiva) dai quali il sedimento potrà difficilmente essere rimosso.

Nel caso particolare di attacco ortogonale del moto ondoso la linea di riva e la batimetria tendono a disporsi a “lunata” e la corrente di *rip* a spostarsi al centro della cella di circolazione tra i due pennelli.

Se la difesa è costituita da un campo di pennelli, il cambiamento dell'orientamento della linea di riva tra ciascuna coppia di pennelli è accompagnato da una graduale riduzione della componente longitudinale del trasporto solido, che tenderà ad annullarsi fino al raggiungimento di una nuova giacitura planimetrica stabile con andamento a “dente di sega”⁽⁷⁾ (Bush *et al.*, 2001; Charlier *et al.*, 2005). Questo andamento può essere addolcito dalla diffrazione e dalla variabilità della direzione delle onde che incidono le testate, favorendo la formazione di lunate tra i pennelli.

In sintesi, gli effetti che i pennelli possono produrre sulla locale dinamica costiera (Pattiaratchi *et al.*, 2009; Pratap *et al.*, 2012) variano principalmente sulla base delle caratteristiche geometriche e del loro orientamento rispetto alla direzione media del moto ondoso e sono sintetizzabili come segue:

- interruzione (discontinuità) del trasporto solido litoraneo, con trasferimento del fenomeno dell'erosione sottoflutto;
- formazione di protendimenti nella zona sopraflutto (*updrift*) e di arretramenti più o meno marcati nella zona sottoflutto (*downdrift*);
- deformazione della linea di riva, che tende a orientarsi ortogonalmente alla direzione media del moto ondoso sottocosta;

⁽⁶⁾ Generalmente i pennelli presentano sezione trasversale trapezoidale, sono composti da uno strato di fondazione stabile (basamento), da un nucleo centrale e da uno o più strati di rivestimento esterno (mantellata o armatura) e da una sovrastruttura (coronamento).

⁽⁷⁾ Nel caso di un campo di pennelli la spaziatura (o interasse) tra i pennelli è un parametro geometrico/strutturale che incide notevolmente sull'entità degli effetti prodotti. La spaziatura solitamente è pari a 2 o 3 volte la lunghezza dei pennelli. Una sovrastima della spaziatura può portare ad una rotazione eccessiva della linea di riva, causa di possibili fenomeni di aggiramento dei pennelli, e ad un eccessivo arretramento nella parte centrale non protetta, con possibile formazione di correnti di *rip* tra due pennelli consecutivi.

- possibile erosione al fianco se i pennelli non sono correttamente ammortati alla spiaggia;
- modificazione del profilo di spiaggia sopraflutto, che tende a divenire sempre più ripido in prossimità della struttura per l'accumulo di detriti grossolani;
- modificazione del profilo di spiaggia sottoflutto, in funzione dell'entità delle variazioni della granulometria dei sedimenti presenti;
- possibile formazione di correnti di ritorno (*rip currents*), aderenti al pennello e/o tra un pennello e l'altro, che possono compromettere la stabilità dell'opera e deviare le correnti litoranee, talora con perdite "localizzate" dei sedimenti trasportati verso il largo.

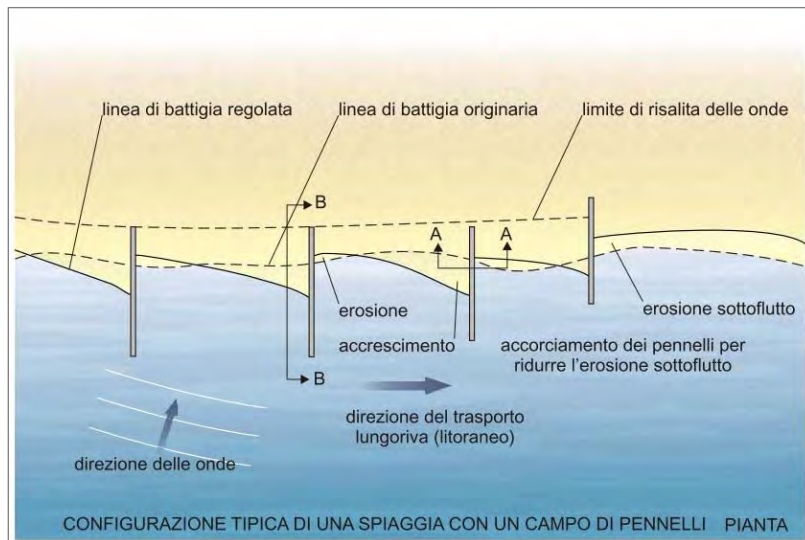


Figura 1.4.1 - Effetti derivanti a seguito della realizzazione di un campo di pennelli (APAT, 2007).

Tra i principali tipi di pennelli si annoverano i pennelli impermeabili, permeabili e compositi.

Pennelli impermeabili

Appartengono a questa categoria di opere (**figura 1.4.2**) i pennelli realizzati con materiali impermeabili, i pennelli stabilizzatori e i pennelli di transizione (APAT, 2007).

I pennelli impermeabili possono essere realizzati sia in massi naturali sia con strutture artificiali⁽⁸⁾. Se emergenti e di lunghezza considerevole possono interrompere completamente il trasporto solido litoraneo e sono definiti "pennelli terminali". In questi casi si possono instaurare correnti di ritorno con possibile trasporto verso il largo dei sedimenti accumulati sopraflutto in prossimità della testata.

I pennelli stabilizzatori sono opere di dimensioni ridotte e seguono il profilo della spiaggia emersa, aggettando di pochi metri rispetto alla battigia. Essi hanno la funzione di stabilizzare i lidi sabbiosi e di obbligare il profilo costiero a mantenere un certo andamento, senza impedire il trasporto solido longitudinale. La loro realizzazione può determinare un aumento della pendenza della spiaggia sommersa, con conseguente incremento della granulometria dei sedimenti. I pennelli stabilizzatori possono rallentare il flusso longitudinale dei sedimenti, con effetti su una ristretta fascia della spiaggia emersa (a pochi metri oltre la battigia) e sommersa, ma non influiscono sul trasporto nella fascia dei sedimenti nella zona dei frangenti.

I pennelli di transizione sono progettati quando deve essere garantita la presenza di una spiaggia naturale (zona di transizione) contigua a quella protetta da un campo di pennelli. La parte terminale del sistema di pennelli viene realizzata diminuendone gradualmente la spaziatura⁽⁹⁾ reciproca e la lunghezza lungo la direzione principale della corrente litoranea (**figura 1.4.3**). In questo modo viene garantito il trasporto solido a valle degli ultimi pennelli e quindi l'apporto di sedimenti per il restante tratto di litorale non protetto.

⁽⁸⁾ I pennelli possono essere realizzati, oltre che con massi naturali, con materiali e/o strutture quali: *tout-venant*, massi naturali con nucleo in sabbia e rivestimento asfaltico, sacchi di sabbia, tubi in materiale sintetico (tubo Longard) riempiti di sabbia o realizzati su pali (di legno trattato, cemento o palancole d'acciaio), sistema *crib* (struttura a scatola su pali in legno).

⁽⁹⁾ Generalmente la lunghezza decresce con la linea che unisce la testata dell'ultimo pennello di lunghezza normale con la spiaggia, formando un angolo di circa 6° con la linea di riva rettificata (tecnica di realizzazione del *tapering*).

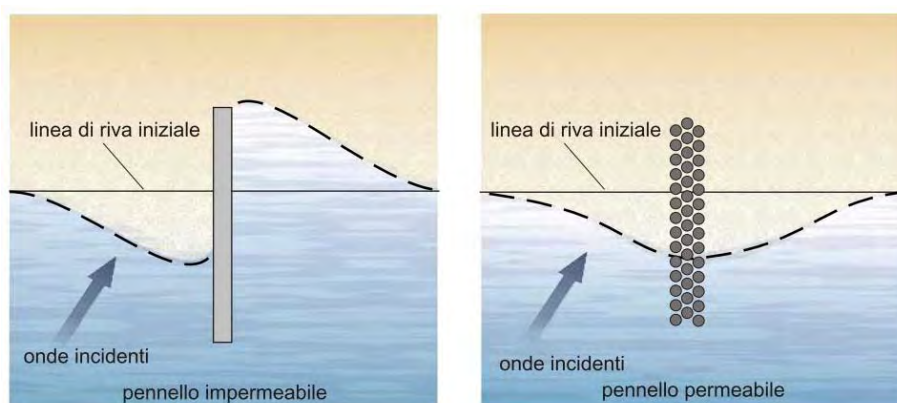


Figura 1.4.2 - Effetti associati alla presenza di pennelli impermeabili (a sinistra) e di pennelli permeabili (a destra) (APAT, 2007).

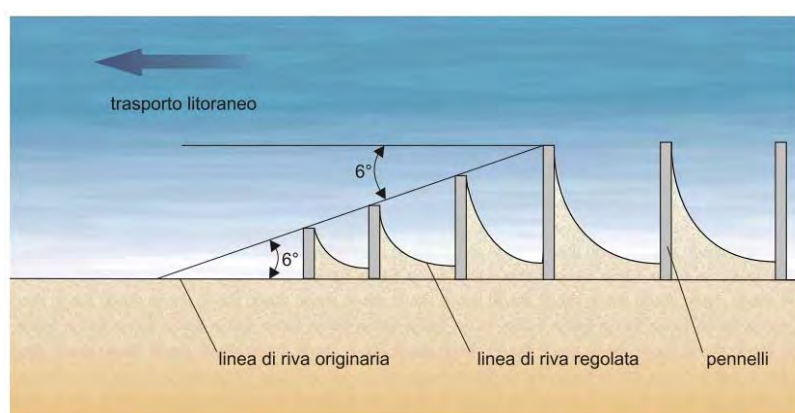


Figura 1.4.3 - Pennelli di transizione (APAT, 2007).

Pennelli permeabili

Sono pennelli a corpo discontinuo la cui struttura permeabile assorbe una parte dell'energia dell'onda e favorisce al contempo la deposizione di sabbia su entrambi i lati (**figura 1.4.2**). Possono essere realizzati in massi naturali senza nucleo o costituiti da pali distanziati (di legno o in cemento armato uniti da elementi prefabbricati) o con gabbioni. A questa categoria di opere appartengono i pennelli sommersi, i pennelli permeabili propriamente detti⁽¹⁰⁾ e i pennelli segmentati o *notched groin*⁽¹¹⁾ (Pranzini, 2004).

I pennelli permeabili si utilizzano quando occorre diminuire il flusso longitudinale dei sedimenti, garantendo la permanenza del materiale grossolano sopraflutto e la minore asportazione di detriti sabbiosi dal lato sottoflutto. Il passaggio della componente granulometrica utile alla formazione della spiaggia avviene solo dopo una fase iniziale di riempimento. Una volta insabbiati, infatti, essi sono scavalcati dal flusso dei sedimenti, e non aggirati alla testata come nel caso dei pennelli impermeabili emersi dai quali derivano (APAT, 2007; Pranzini, 2004). Questo limita l'erosione delle spiagge sottoflutto, che subiscono le conseguenze di un deficit sedimentario solo nella fase iniziale di riempimento, e lo sviluppo di una linea di riva a dente di sega. La scelta del grado di permeabilità del pennello influisce sul flusso e sulla deposizione dei sedimenti sui fondali dell'area di influenza dell'opera.

Pennelli compositi

I pennelli compositi hanno segmenti laterali paralleli alla spiaggia aggiunti alla sezione principale, chiamati aste (**figura 1.4.4**), che rendono la struttura più assorbente e favoriscono la formazione di celle di circolazione chiuse. Possono avere diverse forme: a sperone, inclinati, dentellati, con forma a

⁽¹⁰⁾ Si tratta di pali infissi nel fondo, emergenti, disposti a una certa distanza uno dall'altro, con aperture variabili (trasparenza generalmente prossima al 30%).

⁽¹¹⁾ Si tratta di pennelli emersi caratterizzati da un varco che separa la parte radicata da terra da quella posta al largo.

Z, angolari, con forma a L o con forma a T (Pranzini, 2004). Essi sono costruiti con lo scopo di far conformare la spiaggia a un equilibrio dinamico più stabile in punti specifici e possono favorire l'accumulo di sabbia sul lato sopraflutto e su quello sottoflutto, stabilizzando le spiagge comprese fra pennelli contigui (APAT, 2007). Generalmente, i pennelli compositi sono più efficaci nel mantenere la posizione locale della linea di costa, in quanto riducono il movimento dei sedimenti e il loro allontanamento dalla spiaggia. Le strutture laterali, inoltre, prevengono i fenomeni di scalzamento al piede e rendono questa soluzione particolarmente indicata nei litorali con dune costiere. L'allineamento indotto sulla linea di riva è governato dalle differenti configurazioni delle strutture e dalla direzione media di attacco del moto ondoso.

L'utilizzo di pennelli a T è indicato in situazioni con limitato apporto di sedimenti e in spiagge soggette a onde di tempesta con attacco ortogonale alla costa. Essi provocano accumuli di sabbia sia sui lati sopraflutto che su quelli sottoflutto, rendendo stabili le spiagge tra loro comprese (figura 1.4.5). La risposta funzionale di un'opera trasversale a T è simile a quella di una barriera distaccata, anche se la riduzione del trasporto sottoflutto è potenzialmente maggiore. La differenza sostanziale è che la forma della spiaggia retrostante l'opera è controllata essenzialmente dalle onde e non dalle correnti di deriva litoranea, come invece avviene nel caso delle difese distaccate (APAT, 2007). Tali opere, infatti, interferendo con l'idrodinamica locale, possono alterare la qualità dell'ambiente marino con effetti legati a un minore ricambio idrico a tergo delle strutture (U.S. Army Corps of Engineers, 2003b).

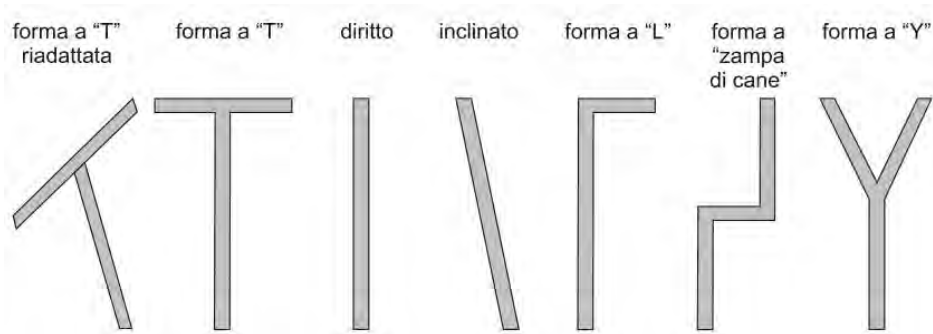


Figura 1.4.4 - Esempi di pennelli compositi (APAT, 2007).

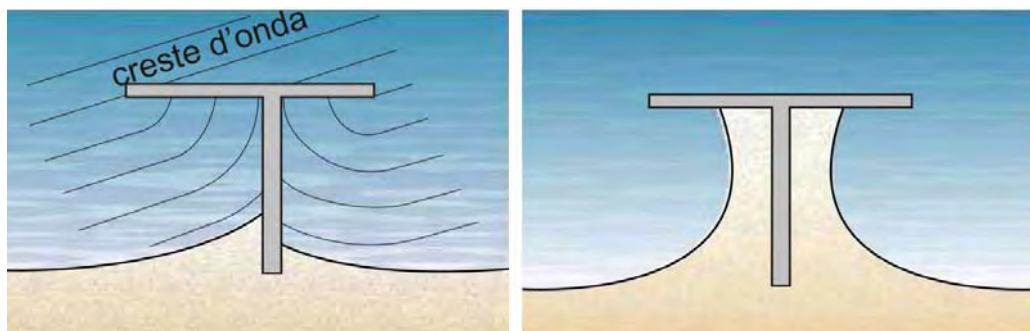


Figura 1.4.5 - Effetti associati alla presenza di un pennello a "T" (APAT, 2007).

Headlands

Gli *headlands* sono interventi di stabilizzazione dei litorali a scala regionale, assimilabili a dei promontori artificiali, la cui realizzazione permette il graduale controllo dell'evoluzione dei tratti di costa adiacenti (Pranzini, 2004) ottenuto anche pilotando locali arretramenti (figura 1.4.6). Il principio di funzionamento si basa sulle condizioni idrodinamiche che avvengono in natura in corrispondenza di promontori che sottendono piccole baie sottoflutto con profilo costiero curvilineo (APAT, 2007).

Gli *headlands* hanno generalmente un andamento parallelo o inclinato rispetto alla linea di riva con orientazione variabile in funzione della direzione media delle onde e dell'andamento della costa. Possono essere costituiti da unità artificiali o naturali (figura 1.4.7). Morfologie particolari, con testata ricurva, minimizzano la formazione di vortici e i fenomeni di scalzamento al piede (APAT, 2007).

Sono generalmente utilizzati per la protezione di baie sabbiose, quando l'attacco del moto ondoso incidente è permanentemente obliquo e favoriscono lo sviluppo di una spiaggia a forma crenulata, orientata parallelamente al fronte d'onda dominante (figura 1.4.6).

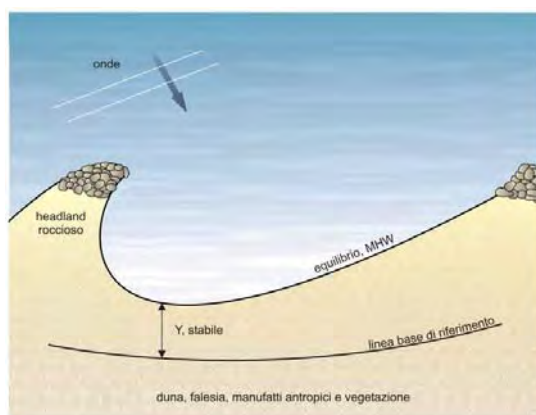


Figura 1.4.6 - Effetti associati alla presenza di un headland in massi naturali (APAT, 2007).

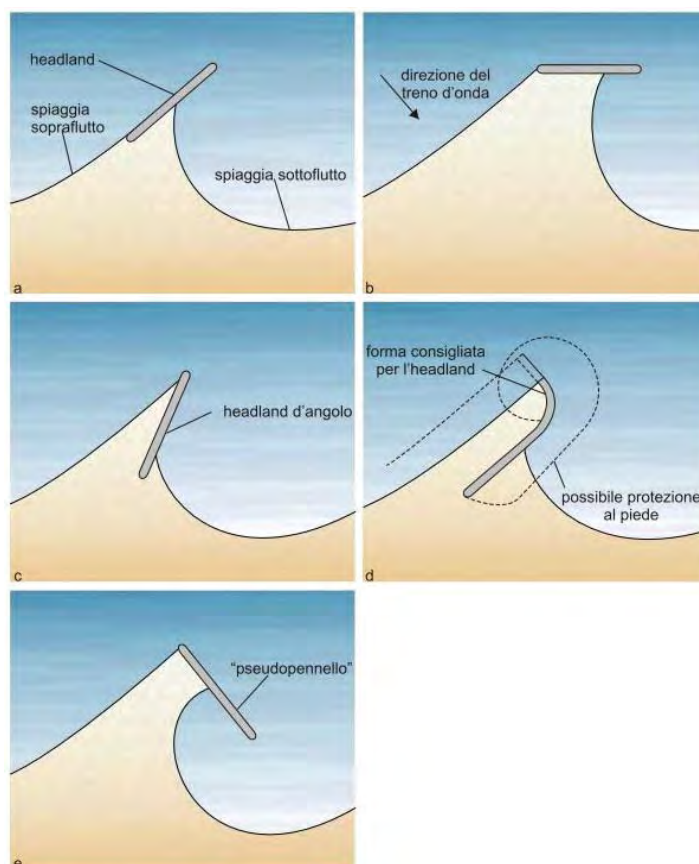


Figura 1.4.7 - Tipi di headlands e loro orientazione (APAT, 2007).

1.5 Ripascimenti

Il ripascimento è un intervento di difesa di tipo “morbido”, che consiste nel versamento di sedimenti idonei, di provenienza marina o terrestre, sulla spiaggia (emersa e/o sommersa). Il materiale viene in parte “lavorato” mediante l’impiego di mezzi di terra (movimento terra) e in parte ridistribuito dalle onde lungo il profilo di equilibrio. Lo scopo dell’intervento è generalmente quello di ripristinare o stabilizzare una spiaggia in erosione (**figura 1.5.1**).

La funzione del ripascimento è infatti quella di agire sul bilancio dei sedimenti di un tratto di litorale, rendendo lo stesso positivo o nullo. Tale intervento può essere eseguito in un’unica soluzione o mediante alimentazione periodica, con quantità di sedimento da stabilirsi in base alle specifiche di progetto⁽¹²⁾. Il ripascimento di un piccolo tratto di litorale in erosione, inoltre, può essere ottenuto anche stoccando materiale idoneo all’estremità sopraflutto dell’area di intervento, sfruttando cioè i naturali processi di trasporto agenti lungo riva per la redistribuzione del sedimento.

La scelta del sedimento da utilizzare costituisce un fattore essenziale per la riuscita degli interventi di ripascimento: esso deve essere opportunamente scelto, tenendo conto delle caratteristiche granulometriche e mineralogiche e, se possibile, cromatiche dei sedimenti originari (Douglass, 1995; 1996; Dean, 2002; Klein, 2005). Per quello che concerne in particolare l’aspetto granulometrico, il sedimento scelto dovrebbe avere un diametro medio confrontabile (uguale o di poco maggiore) rispetto a quello dei sedimenti originari. Infatti, sebbene i sedimenti a granulometria più grossolana siano generalmente più stabili, il loro impiego può dar luogo a profili di spiaggia più ripidi in seguito all’azione di rimaneggiamento delle onde.

In alternativa al ripascimento come descritto (ripascimento libero o morbido), utile soprattutto in presenza di erosione limitata, vi è la possibilità di prevedere ripascimenti integrati con pennelli e/o barriere di contenimento al piede (ripascimenti protetti), che possono delimitare delle vere e proprie “celle di protezione” dei sedimenti, limitando il più possibile la perdita del sedimento refluito (Di Risio *et al.*, 2010). In particolare, la realizzazione di barriere sommerse lungo un tratto di costa sottoposto a ripascimento ha lo scopo di fissare l’altezza d’onda massima delle onde in grado di arrivare sul litorale e di provocare il frangimento di quelle di altezza maggiore (in tal caso si parla di spiagge sospese). I pennelli, quando associati ad interventi di ripascimento, hanno invece la funzione di strutture di contenimento laterale, in grado di ridurre la velocità delle correnti lungo la riva, configurando delle *pocket beach*.



Figura 1.5.1 - Operazioni di ripascimento (Foto Regione Lazio).

⁽¹²⁾ Il computo della quantità di sedimento necessario viene eseguito valutando, oltre alle caratteristiche meteo-marine agenti localmente, l’entità del *deficit* sedimentario lungo il tratto di costa esaminato e le caratteristiche sia dei sedimenti nativi sia di quelli che si intende utilizzare ai fini della ricostruzione dell’arenile.

Per quanto concerne gli effetti fisici associati al ripascimento, il versamento della sabbia sul litorale può indurre variazioni morfologiche e di substrato (in termini di granulometria) direttamente riconducibili all'avanzamento verso mare del profilo di equilibrio della spiaggia e all'aumento dell'ampiezza della spiaggia emersa. Un altro effetto è quello legato all'aumento temporaneo di particellato sospeso (quindi di torbidità), atteso sia durante la fase di refluitamento sia nella fase immediatamente successiva al termine dell'intervento. Tale fenomeno può essere accentuato in caso di moto ondoso rilevante, favorito anche dal basso grado di compattazione del sedimento appena deposto. Gli incrementi delle concentrazioni del particellato sospeso e dei livelli di torbidità lungo la colonna d'acqua sono legati principalmente all'allontanamento della frazione di sedimento fine (Van Dolah *et al.*, 1984; Green, 2002); tali valori generalmente tornano alla normalità in breve tempo dopo il raggiungimento del nuovo profilo di equilibrio (Green, 2002). Infatti, nel caso dei ripascimenti, la conclusione dell'intervento non coincide con il termine delle operazioni di refluitamento della sabbia sulla spiaggia (emersa o sommersa), ma include il tempo necessario affinché il sedimento preso in carico dal moto ondoso venga ridistribuito lungo la spiaggia (emersa e sommersa) fino al raggiungimento del nuovo profilo di equilibrio.

Incrementi dei livelli di torbidità persistente, invece, potrebbero derivare dall'impiego di materiali con caratteristiche mineralogiche (durezza) troppo diverse da quelli presenti sulla spiaggia nativa.

Nel caso dei ripascimenti protetti, dovranno, infine, essere considerati tutti quegli effetti normalmente associati alla realizzazione delle strutture rigide (pennelli e barriere), quali i fenomeni di scalzamento, le modifiche sul profilo di spiaggia e sul trasporto solido litoraneo, la formazione di correnti di *rip* con conseguenze sul bilancio dei sedimenti, la riduzione del ricambio idrico con conseguenti alterazioni della qualità di acqua e sedimenti ecc..

1.6 Sistemi di *by-pass*

I sistemi di *by-pass* vengono realizzati per ripristinare il trasporto dei sedimenti da un lato all'altro di opere marittime aggettanti che intercettano il trasporto solido litoraneo (come opere portuali e trasversali), con l'obiettivo di ridurre al minimo le variazioni della linea di riva e dei fondali adiacenti l'opera.

In funzione della velocità di accumulo e delle caratteristiche del trasporto sedimentario del litorale, si possono progettare diversi sistemi di *by-pass* classificabili, sulla base delle modalità operative, in sistemi per intercettazione e per accumulo e, sulla base delle tempistiche operative, in continui e periodici.

Nei sistemi a intercettazione il *by-passing* viene effettuato quando il trasporto litoraneo longitudinale si presenta con caratteristiche di continuità, mentre in quelli ad accumulo viene effettuato in concomitanza dei picchi stagionali di trasporto sedimentario.

Nei sistemi a intercettazione, quando la capacità di immagazzinamento è bassa, il *by-passing* viene effettuato con continuità, su una base giornaliera o settimanale. Quando il trasporto solido è elevato e la variabilità stagionale è significativa, è preferibile utilizzare sistemi ad accumulo, nei quali il *by-passing* è effettuato in modo intermittente o periodico ad intervalli variabili da pochi mesi a qualche anno.

I potenziali effetti fisici attesi sono riconducibili principalmente al meccanismo di aspirazione e refluento dei sedimenti⁽¹³⁾, che può indurre un incremento della risospensione e quindi della torbidità delle acque in prossimità dell'area di intervento (U.S. Army Corps of Engineers, 2003b; APAT, 2007).

1.7 Sistemi di drenaggio

Questi sistemi di protezione si basano sul principio secondo il quale le spiagge formate da sedimenti ben drenati sono più stabili (figura 1.7.1). Il loro ambito di applicazione è quello dei litorali a costa bassa e sabbiosa. Appartengono alla tecnica del B.M.S. (*Beach Management System*) o del B.D.S. (*Beach Dewatering System*) e prevedono l'abbassamento della superficie freatica con la finalità di creare una zona non satura all'interno della falda (Vesterby e Parks, 1988; Vesterby, 1991; 1994). L'insaturazione delle sabbie presenti lungo la fascia di battigia viene indotta artificialmente tramite l'inserimento di tubi drenanti in trincee ricavate all'interno della spiaggia, nella zona di risalita delle onde (*swash zone*) in corrispondenza della linea di riva, e collegati ad una stazione di pompaggio. L'acqua in eccesso può essere pompata nuovamente in mare o riutilizzata per altri scopi (Pranzini, 2004). Questi sistemi sono in grado di controllare (e contrastare) l'erosione non solo delle spiagge ma anche delle dune retrostanti, se presenti (Wallingford *et al.*, 2000; www.shoregro.com).

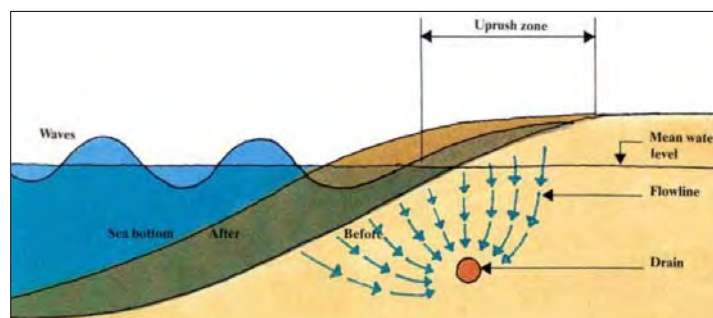


Figura 1.7.1 – Schema di un sistema di drenaggio in sezione (<http://www.shoregro.com>).

I sistemi di drenaggio, tramite l'eliminazione dell'acqua nella *swash zone*, incrementano la capacità della spiaggia di assorbire l'energia associata al moto ondoso, riducendo la fluidificazione delle sabbie

⁽¹³⁾ Oltre ai sistemi tradizionali di *bypass* che prevedono la movimentazione dei sedimenti via terra o via mare, si possono individuare differenti metodologie di movimentazione per intercettazione, quali ad esempio: stazione di pompaggio fissa a terra con testa dragante nella zona di dispersione; pompa a testa dragante rotante montata in posizione fissa sul molo sopraflutto o un corpo pontile che si diparte da quest'ultimo; pompa a testa dragante rotante montata in posizione mobile lungo il molo sopraflutto; sistema fisso o mobile montato su pontile (APAT, 2007).

e favorendone la deposizione. La sabbia così depositata forma una berma che può proteggere il piede della duna in condizioni meteo-marine straordinarie (Wallingford *et al.*, 2000; Vicinanza *et al.*, 2006). Questi sistemi di protezione permettono di ottenere un buon grado di stabilizzazione della spiaggia con limitati impatti ambientali. Tuttavia, va tenuto in considerazione che l'abbassamento del livello della falda prodotto dalle operazioni di drenaggio potrebbe indurre effetti sul comparto fisico (www.shoregro.com).

1.8 Interventi di ripristino e protezione delle dune

Gli interventi di ripristino e protezione del sistema dunale comportano generalmente un accrescimento della protezione della retrostante fascia litoranea ed un aumento del quantitativo di sedimenti disponibile in caso di fenomeni di arretramento della spiaggia.

Le tecniche di ripristino sono da correlare con la dimensione e lo stato di compromissione di un cordone dunale. Le principali di tecniche di ripristino sono:

- ripristino con tecniche di ingegneria convenzionale (ricostruzione morfologica delle dune costiere);
- ripristino o restauro ambientale con tecniche di ingegneria naturalistica (barriere frangivento, restauro e consolidamento mediante la vegetazione, gestione degli accessi).

Ricostruzione morfologica delle dune costiere

La ricostruzione morfologica delle dune si rende necessaria quando vi sono varchi all'interno del cordone, che causano perdita di sabbia.

Nel caso di piccoli varchi (ad esempio prodotti dal passaggio dei pedoni) si utilizzano captatori¹⁴ passivi di varia tipologia e forma (tavolate, o in fibre di cocco o juta, ramaglie prodotte da potature di pino o eucalipto, palizzate, elementi in plastica di sabbia che simulano l'attrito prodotto dalla vegetazione). Tali elementi consolidano le dune perché rallentano l'azione del vento, agevolando il deposito dei sedimenti e lo sviluppo della vegetazione, quest'ultimo favorito anche dalla decomposizione degli stessi captatori di natura organica.

Quando il cordone dunale è maggiormente compromesso, con varchi già ampiamente dilatati dall'azione del vento, la ricostruzione (**figura 1.8.1**) prevede preferibilmente l'apporto di sedimento compatibile con quello esistente *in situ* e il modellamento del versante ricostruito in accordo alle caratteristiche morfologiche del deposito (Wallingford *et al.*, 2000; POSIDUNE, 2007). Ad ogni modo si tende a sagomare il profilo della duna in maniera da ridurre al minimo l'azione deflattiva del vento. In questi casi gli impatti sull'ambiente sono limitati alle fasi di prelievo e di ricollocazione di sabbia dai litorali vicini.

Spesso ad interventi di questo tipo è associata la realizzazione di barriere frangivento e/o l'utilizzo di elementi semi-rigidi posti al piede della duna, con il fine di stabilizzare il deposito appena ricostruito (Dette e Raudkivi, 1994, Wallingford *et al.*, 2000). Col medesimo scopo può essere utilizzato del materiale vegetale spiaggiato che, una volta posizionato sulla superficie della duna ricostruita, fornisce al cordone dunale una protezione supplementare all'azione del vento e del moto ondoso (Wallingford *et al.*, 2000).

Restauro e consolidamento mediante la vegetazione

Gli interventi di rivegetalizzazione appartengono alle tecniche di ingegneria naturalistica (come anche le barriere frangivento e la gestione degli accessi). Essi hanno come principale obiettivo quello di favorire ed accelerare i meccanismi di stabilizzazione dei depositi eolici e quelli di colonizzazione da parte della vegetazione (**figura 1.8.1**).

Le principali tecniche utilizzate sono:

- vegetalizzazione (tramite semi, talee o piante da vivaio) senza utilizzo substrato;
- vegetalizzazione (tramite semi, talee o piante da vivaio) con utilizzo substrato;
- supporto alla ripresa della vegetazione spontanea (utilizzo del solo substrato senza impianto di nuovi individui).

⁽¹⁴⁾ I captatori possono essere disposti in file parallele alla direzione dei venti dominanti o intorno alla vegetazione che popola le zone dunali. Inoltre, possono essere collocati al piede o verso l'interno della duna. I captatori sono infissi per circa un terzo della loro lunghezza (generalmente pari a 1-2 m). Dopo circa 4-5 anni la sabbia accumulata tende a far scomparire i pali, dopo 6-7 anni la struttura assumerà l'aspetto di duna.



Figura 1.8.1 - Esempio degli effetti di un intervento di restauro e consolidamento dunale mediante la vegetazione (POSIDUNE, 2007).

L'impianto della vegetazione può essere preceduto dalla preparazione di un substrato, con lo scopo di fertilizzare il terreno e, tramite l'utilizzo di geotessili, contrastare l'erosione eolica. La vegetalizzazione di una duna mira a produrre un'attivazione e/o un incremento dei meccanismi di *feedback* tra la componente vegetale e quella fisica, che si traduce nella formazione, nell'accrescimento e nella stabilizzazione del deposito sabbioso.

Per questi interventi le piante utilizzate devono essere di provenienza autoctona, sia per la necessità di riproporre comunità coerenti con la vegetazione locale, sia per scongiurare il pericolo di introduzione di specie esotiche, sia per le possibili conseguenze di inquinamento genetico dovuto a varietà o *cultivar* di regioni o nazioni diverse (Marino e Piotto, 2010; Piotto *et al.*, 2010).

Barriere frangivento

Le barriere frangivento sono strutture che vengono realizzate con lo scopo di controllare e contrastare i meccanismi di erosione eolica favorendo la deposizione delle sabbie. Tale risultato viene ottenuto ponendo degli schermi porosi perpendicolarmente alla direzione prevalente del vento, in modo tale da ridurre la velocità e indurre la deposizione del sedimento in carico. Le barriere frangivento sono utilizzate quando l'erosione è concentrata soprattutto nella parte sommitale delle dune o quando l'erosione è limitata alle dune embrionali.

Sono generalmente costituite da una serie di pali montanti ai quali viene fissato lo schermo frangivento. Possono essere realizzate sulla sommità dunale, lungo la cresta (specie in presenza di una strada longitudinale), sul versante marino e al piede della duna. Possono essere realizzate con un'unica serie di schermi o con più serie disposte lungo piani disgiunti, parzialmente sovrapposti o a formare delle celle diversamente orientate rispetto alla linea di riva (parallelamente, perpendicolarmente o diagonalmente) in funzione della dinamica eolica dell'area e delle caratteristiche morfo-topografiche locali (**figura 1.8.2**).



Figura 1.8.2 - Barriera frangivento a scacchiera (POSIDUNE, 2007).

La messa in posa delle barriere frangivento comporta la formazione di depositi eolici, la cui entità è proporzionale al tasso di trasporto eolico. Nel caso in cui il deposito sia interessato da spiaggiamento di materiale vegetale, contestualmente si potrà avere una rapida colonizzazione da parte della vegetazione psammofila, che in condizioni vantaggiose favorisce progressivamente l'accrescimento e la stabilizzazione del deposito stesso. Gli schermi frangivento svolgono, infatti, un'azione protettiva nei confronti della vegetazione sia diretta (protezione meccanica) sia indiretta (favorendo la cattura e l'intrappolamento di materiale vegetale in grado di arricchire le sabbie dunali di sostanze nutritive; la condensazione e il trattenimento dell'umidità atmosferica, fonte idrica fondamentale per la vegetazione xerofila). L'opera riduce, infine, le superfici esposte all'azione del calpestio (Bovina *et al.*, 2003; POSIDUNE, 2007).

Gestione degli accessi

Rientrano in questa categoria tutte quelle opere, realizzate con differenti materiali, aventi lo scopo di proteggere le dune dall'erosione e la vegetazione dagli effetti del calpestio (**figura 1.8.3**). Le strutture più comunemente utilizzate per controllare la pressione esercitata dagli utenti delle spiagge sulle dune costiere sono costituite dalle passerelle (**figura 1.8.4**). Queste possono essere realizzate con l'impiego di una vasta gamma di materiali ed avere caratteristiche anche molto differenti, variando da solide strutture in legno a passerelle più "leggere", realizzate con bioreti in fibra di cocco e pali in castagno.

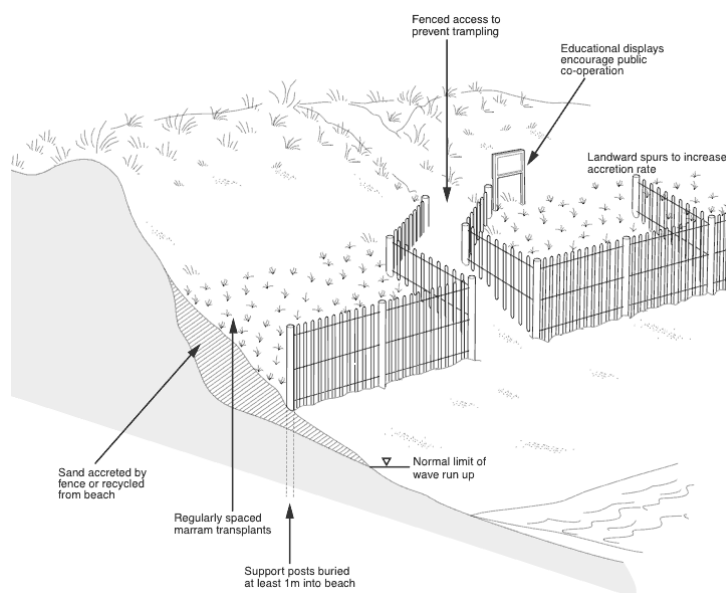


Figura 1.8.3 - Esempi di opere realizzate per la gestione degli accessi alla spiaggia attraverso una duna costiera (http://www.snh.org.uk/publications/on-line/heritagemanagement/erosion/appendix_1.4.shtml).



Figura 1.8.4 - Passerella per l'accesso alla spiaggia (litorale di Sabaudia, Lazio meridionale) (Foto ISPRA).

Le passerelle, costituendo percorsi obbligati per l'attraversamento delle dune, proteggono queste ultime dal calpestio, che altrimenti potrebbe causare danni irreversibili alla vegetazione dunale (Bovina *et al.*, 2003; POSIDUNE, 2007). Le passerelle impediscono, inoltre, che il calpestio lungo percorsi preferenziali possa creare delle linee di erosione in cui l'azione eolica può incidere profondamente i cordoni dunali e innescare la formazione di *blowout*⁽¹⁵⁾. Nella fase di realizzazione, in cui sono previsti l'interramento dei pali montanti, la movimentazione di sedimento e un parziale rimodellamento del tratto di duna interessato dal tracciato della passerella, deve essere ovviamente prestata una particolare attenzione alla vegetazione presente nel sito di intervento.

⁽¹⁵⁾ I *blowouts* sono interruzioni della continuità della copertura vegetale, che creano vere e proprie aperture attraverso il cordone dunale. Danno origine a lobi di sabbia "barcanoidi" che si protendono verso terra. I *blowouts* iniziano dove il potenziale di erosione eolica è cresciuto, in seguito alla riduzione della copertura vegetale.

2. PRINCIPALI EFFETTI AMBIENTALI DELLE OPERE DI DIFESA COSTIERA

In questo capitolo viene presentata una breve rassegna bibliografica relativa ai principali effetti indotti sul comparto biotico dalla realizzazione di opere di difesa costiera esposti per: difese rigide, ripascimenti, sistemi di drenaggio e interventi di ricostruzione e protezione delle dune.

Difese rigide

Gli effetti generati sugli ambienti di spiaggia a seguito della realizzazione di sistemi di difesa rigidi sono abbastanza conosciuti per quanto concerne le barriere aderenti e le barriere distaccate (Jaramillo *et al.*, 2002; Chapman e Bulleri 2003, Martin *et al.* 2005; Dugan e Hubbard, 2006; Dugan *et al.* 2011; Rizkalla e Savage, 2011). Meno studiati risultano essere invece gli effetti associati alla presenza di pennelli, e più in generale di difese trasversali (Pinn *et al.*, 2005; Walker *et al.*, 2008; Martins *et al.*, 2009; Fanini *et al.*, 2009; Pattiaratchi *et al.* 2009).

I principali effetti delle difese rigide comportano in genere cambiamenti e/o perdita di habitat, con conseguenti effetti non trascurabili sulla composizione delle comunità bentoniche presenti in termini di diversità, abbondanza e biomassa e sulla struttura trofica (Fletcher *et al.*, 1997; Meyer-Arendt e Dorvlo, 2001; Chapman e Bulleri, 2003; Martin *et al.*, 2005; Moschella *et al.* 2005; Dugan e Hubbard, 2006; Bulleri e Chapman, 2010). E' noto infatti che la presenza di difese rigide crea nuovi substrati rocciosi all'interno degli ambienti marini caratterizzati da substrato mobile. Questi nuovi "patch" di substrato duro possono favorire l'insediamento e la successiva crescita di specie sessili prima assenti (Bulleri *et al.*, 2000; Chapman e Bulleri, 2003; Bertasi, *et al.*, 2007). Inoltre, l'insediamento di specie invasive può alterare i meccanismi di interazione fra le specie (Chapman e Bulleri, 2003; Bulleri e Airoldi, 2005; Moreira *et al.*, 2006; Glasby *et al.*, 2007; Bulleri e Chapman, 2010). Ad esempio Gonzales *et al.* (2008) hanno osservato che l'introduzione di specie non indigene può comportare non solo la modificazione dell'habitat originario, ma anche una maggiore competizione tra le specie, generando effetti negativi sui popolamenti originari.

La presenza di difese rigide può inoltre indurre effetti non trascurabili sulle comunità bentoniche quali l'alterazione degli apporti larvali e della disponibilità di cibo, a causa delle possibili variazioni idrodinamiche indotte dalla loro realizzazione, che può ostacolare il trasporto lungo costa (Pinn *et al.*, 2005; Dugan e Hubbard, 2006; Walker *et al.*, 2008).

Moschella *et al.* (2005) riportano che seppur alcuni tipi di strutture, come le difese distaccate sommerse, sono considerate assimilabili a substrati rocciosi naturali, nella realtà esse sono solo dei surrogati (di substrati duri). Le comunità epibiotiche presenti su queste strutture, infatti, anche se qualitativamente simili a quelle dei substrati rocciosi naturali, mostrano delle differenze quantitative in termini di diversità e di abbondanza. Bulleri *et al.* (2000) confermano che i popolamenti associati alle difese distaccate sommerse essere sono piuttosto diversi dai popolamenti tipici di substrati rocciosi naturali rinvenuti nelle vicinanze. Tale diversità è legata soprattutto a fattori dipendenti dalle caratteristiche della struttura, quali: la natura del materiale (legno, massi, blocchi in calcestruzzo ecc.), l'età (ovvero il tempo trascorso dalla posa dell'opera) e la geometria (orientamento ed esposizione). In particolare l'orientamento e l'esposizione sono appaiono essere fattori determinanti nella strutturazione dei popolamenti presenti (Connel e Glasby, 1999; Glasby, 2000; Pinn, *et al.*, 2005, Gacia *et al.*, 2007).

Nello studio condotto da Martin *et al.* (2005), relativo agli effetti ecologici indotti dalle barriere distaccate sommerse, gli Autori hanno rilevato come a seguito della realizzazione di tali strutture si generino effetti negativi non trascurabili sui sedimenti e sull'infauna (lato verso terra), soprattutto in presenza di strutture addizionali o dopo un ripascimento. L'intensità degli effetti dipende principalmente dalla composizione del popolamento bentonico originario. In generale, è stato osservato 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. Tali opere possono inoltre fungere da aree di *nursery* per la fauna ittica presente, con conseguente incremento del numero di specie di interesse commerciale.

Walker *et al.* (2008) hanno studiato gli effetti prodotti dalla presenza di un pennello lungo circa 100 m e largo 10 m (Palm Beach, Queensland, Australia) sulla macrofauna bentonica. Gli Autori hanno osservato, come atteso, variazioni delle caratteristiche morfodinamiche della spiaggia e della granulometria dei sedimenti superficiali intorno al pennello; fino a una distanza massima di 10-15 m. Questi cambiamenti hanno determinato variazioni nella composizione delle comunità bentoniche su entrambi i lati del pennello, anche se tale effetto è risultato spazialmente limitato (osservato entro i 10

m). Inoltre, gli Autori hanno osservato un aumento dei valori di abbondanza nelle stazioni poste sopraflutto (deposizione) rispetto a quanto osservato in quelle sottoflutto (erosione).

Un altro effetto dovuto alla presenza di strutture rigide è la capacità di favorire l'aggregazione della fauna mobile, principalmente pesci (Sanchez-Jerez *et al.*, 2002; Duffy-Anderson *et al.*, 2003), fornendo disponibilità di cibo, rifugio dai predatori e siti idonei per la riproduzione e il reclutamento (Martin *et al.*, 2005). Non è ancora chiaro se la presenza di strutture artificiali, oltre a favorire i popolamenti ittici a scala locale, possa avere effetti positivi anche a scala più ampia (scala regionale) (Sanchez-Jerez *et al.*, 2002; Duffy-Anderson *et al.*, 2003; Martin *et al.*, 2005).

La letteratura riporta inoltre che la variazione di habitat indotta da strutture rigide può avere effetti significativi non solo sulla distribuzione pesci della fauna ittica, ma anche su tartarughe e uccelli (Moiser e Witherinton, 2002; Dugan e Hubbard, 2006; Rice, 2006; Rizkalla e Savage, 2011). Dugan e Hubbard (2006) hanno osservato che questi effetti sono principalmente dovuti al restringimento della spiaggia superiore e alla diminuzione di resti organici, con effetti negativi soprattutto per gli uccelli che usano la spiaggia per alimentarsi. In particolare, la presenza di difese aderenti influenza negativamente il successo della deposizione e della schiusa delle uova della tartaruga marina *Caretta caretta*, come riportato in Rizkalla e Savage (2011).

Ripascimento

Nonostante il ripascimento sia un'opzione di difesa costiera *environmental friendly*, la letteratura riporta effetti significativi su diversi comparti ambientali quali comunità bentoniche, popolamenti ittici, fanerogame marine, artropodi terrestri e avifauna (Nicoletti *et al.*, 2006; Speybroeck *et al.*, 2006; Colosio *et al.*, 2007; Defeo *et al.*, 2009; OSPAR, 2009).

Nel complesso, gli effetti del ripascimento sono principalmente legati alle caratteristiche del sedimento sversato (quali granulometria e mineralogia), da valutare in rapporto sia alle caratteristiche del sedimento originario, sia alle modalità tecnico-progettuali proprie dell'intervento (quali la quantità di materiale sversato, la tempistica e la stagione di intervento e, nonché le tecnologie impiegate per il trasporto e per il refluento del sedimento) (Speybroeck *et al.*, 2006; OSPAR, 2009).

E' noto che gli effetti più rilevanti sono quelli agenti sui popolamenti bentonico e ittico demersale, mentre sono considerati trascurabili quelli sulle altre componenti biotiche (ad esempio il plancton). In generale, il refluento della sabbia comporta fenomeni di soffocamento e seppellimento, alterazione dei fondi su cui sono insediati i popolamenti, alterazione delle dinamiche di popolazione (con effetti importanti sulle aree di *nursery* e di riproduzione) e diminuzione delle risorse trofiche (Nicoletti *et al.*, 2006; Peterson *et al.*, 2006; Speybroeck *et al.*, 2006; Defeo *et al.*, 2009; OSPAR, 2009).

Laddove le attività di ripascimento hanno comportato modifiche rilevanti dal punto di vista della granulometria del substrato, sono state osservate importanti variazioni anche nella composizione degli organismi bentonici, con conseguente alterazione dell'ecologia della spiaggia (Rakocinski *et al.*, 1996). La letteratura riporta variazioni temporanee di abbondanza, diversità e composizione specifica della fauna intertidale, della durata variabile da poche settimane a pochi mesi (BNP, 1995). Infatti, subito dopo il refluento del sedimento che comporta il possibile defaunamento (totale o parziale) dell'area direttamente interessata, ha inizio il recupero dei popolamenti coinvolti, attraverso specifici meccanismi di reclutamento quali la migrazione di adulti e giovanili dalle aree adiacenti, la migrazione verticale e l'immissione sulla spiaggia di organismi trasportati con il sedimento (van Dolah *et al.*, 1984). In particolare, la migrazione verticale è risultato essere, per le specie di ambiente intertidale e/o subtidale, il meccanismo più efficace per sopravvivere al ripascimento (Maurer *et al.*, 1986; BNP, 1995; Green, 2002). La questione fondamentale nella valutazione degli effetti indotti dal ripascimento non è pertanto la perdita temporanea degli organismi presenti sulla spiaggia, peraltro attesa, quanto la velocità di recupero di queste comunità dopo il ripascimento.

Il ripascimento può inoltre indurre effetti negativi anche sulla deposizione delle uova di artropodi a causa delle variazioni indotte sulla porosità del sedimento, come osservato da Jackson *et al.*, (2007) lungo alcune spiagge del Delaware (USA), sottoposte a sversamento di sedimenti grossolani e caratterizzate dalla presenza dell'artropode *Horseshoe crabs* (Limulidae). Altri effetti del ripascimento sulla fauna ad artropodi sono inoltre riportati in Fanini *et al.* (2009). Gli Autori confermano come in generale la fauna ad artropodi (specie sopralitorali) risulti essere particolarmente sensibile alle variazioni granulometriche e ai cambiamenti qualitativi del substrato (avvenuti a seguito del ripascimento). Tuttavia l'anfipode *Talitrus saltator* risulta essere influenzato principalmente da altre variabili, quali l'ampiezza della spiaggia e la penetrabilità del substrato.

Studi specifici condotti lungo le coste del Lazio per valutare gli effetti del ripascimento sui popolamenti a *Donax trunculus* (mollusco bivalve di interesse commerciale) (La Valle *et al.*, 2007; La Valle e Nicoletti, 2008; La Valle *et al.*, 2011) hanno rilevato che la specie, pur scomparendo subito dopo il ripascimento (per seppellimento), ricompare a circa 4 mesi di distanza dal termine delle attività. Gli Autori ipotizzano che pianificando le operazioni di ripascimento in periodi specifici prima del periodo di reclutamento dei giovanili, gli effetti sulla specie possono essere minimizzati, evitando così anche importanti ricadute economiche sull'economia locale.

Diversi studi sono stati condotti per valutare gli effetti del ripascimento sulle fanerogame marine, in particolare sulla *Posidonia oceanica* (Ruiz *et al.*, 1993; Ruiz e Romero, 2003, Nicoletti *et al.* 2005). Gli effetti attesi a breve termine sulle praterie di *P. oceanica* sono essenzialmente quelli legati all'aumento della torbidità dell'acqua. È noto che la diminuzione di luminosità generata dall'aumento di sedimenti fini in sospensione determina un calo nella produzione fogliare della prateria, cui potrebbe seguire, con il persistere dell'alterazione, la riduzione della densità e la regressione del suo limite inferiore (Guidetti e Fabiano, 2000). Un altro effetto che può essere indotto dal ripascimento sulle praterie di *P. oceanica* è quello legato ai fenomeni di ipersedimentazione (*oversedimentation*), per la maggior mobilità del sedimento appena deposto. Manzanera *et al.* (1998) hanno in particolare rilevato come la risposta di *P. oceanica* sia fortemente dipendente dall'intensità e dalla durata del fenomeno: anche modesti seppellimenti (5 cm) possono infatti causare una significativa mortalità fogliare.

Relativamente ai popolamenti ittici, i possibili effetti generati dalle attività di ripascimento possono comportare la diminuzione delle abbondanze durante le operazioni di refluento della sabbia, seppellimento di specie demersali, danni agli apparati branchiali dei pesci (per l'aumento del sedimento nella colonna d'acqua) e ridotta disponibilità di cibo (Green, 2002; Wilber *et al.*; 2003).

Ben documentati sono anche gli effetti del ripascimento sulle tartarughe marine, in particolare sulla deposizione e la sopravvivenza delle uova e sul successo della covata (Rumbold *et al.*, 2001; Byrd, 2004; Nordstrom, 2005). Crain *et al.* (1995) ad esempio hanno osservato che il ripascimento può avere effetti non trascurabili sul successo della deposizione a causa dell'occultamento del nido, delle variazioni di geometria della camera di nidificazione, dell'aumento della pendenza delle spiagge (che può bloccare le tartarughe, impedendogli di raggiungere le aree di deposizione). Infine, il ripascimento può influire negativamente sulla capacità di sopravvivenza e sviluppo delle uova durante la fase di schiusa.

Relativamente alla fauna terrestre, Fenster *et al.* (2006) hanno studiato gli effetti del ripascimento sul coleottero *Cicindela dorsalis*. Gli Autori hanno dimostrato, in uno studio condotto lungo 2 spiagge della baia di Chesapeake (Virginia, USA), che il ripascimento non ha effetti negativi sulla distribuzione e sulla abbondanza di adulti e larve. Infatti, tale specie è in grado di spostarsi rapidamente, riuscendo a trovare habitat ottimali per il nutrimento degli adulti, per deporre le uova e per la successiva sopravvivenza delle larve.

Infine, per quanto concerne l'avifauna, i principali effetti sono legati al refluento del sedimento che comporta la rimozione e/o il seppellimento sia dei resti organici sia delle prede disponibili. Inoltre la compattezza del sedimento può comportare una diminuzione dell'abilità di cattura delle prede, influenzando direttamente sulla capacità di alimentazione degli uccelli di spiaggia (Peterson *et al.*, 2006).

Sistemi di drenaggio

Questa tipologia di intervento è poco studiata e sono ad oggi carenti le informazioni relative ai disturbi che può esercitare sull'ambiente costiero. Rispetto agli interventi di difesa costiera convenzionali si ritiene che i sistemi di drenaggio portino ad un buon grado di stabilizzazione della spiaggia con limitati effetti di tipo fisico (Sato *et al.*, 2003) ed ambientali (Ioannidis e Th. V. Karamba, 2007) riconducibili, per tipo ed entità, principalmente alla quota di immissione dei tubi e alla loro dimensione e distanza dalla linea di riva.

Con specifico riferimento ai potenziali effetti che possono aversi in corso d'opera sulle specie florofaunistiche, il *Danish Geotechnical Institute*⁽¹⁶⁾ evidenzia che, poiché la deposizione della sabbia non avviene improvvisamente bensì gradualmente, queste hanno la possibilità di adattarsi alle modifiche morfologiche del profilo di spiaggia, così come alle variazioni di densità, umidità e temperatura della sabbia. Inoltre, contrariamente agli effetti attesi sul comparto fisico e riportati in letteratura riguardo all'abbassamento del livello della falda prodotto dalle operazioni di drenaggio (<http://www.shoregro.com/pdfs/HV-BD-environment.pdf>), gli Autori non hanno riscontrato danni agli

⁽¹⁶⁾ Il *Danish Geotechnical Institute* ha brevettato il sistema *Beach Drainage system* (B.D.S.) nel 1985.

apparati radicali della vegetazione alofila presente sulla spiaggia e sulle dune costiere, sebbene gli effetti di tale variazione non siano ancora del tutto noti.

Interventi di ricostruzione e protezione delle dune

I principali disturbi indotti dagli interventi di ricostruzione e protezione delle dune sono quelli legati a fenomeni di schiacciamento e calpestio (Wallingford *et al.*, 2000). Infatti, i mezzi pesanti e le macchine che vengono utilizzati per il trasporto dei materiali necessari per la realizzazione degli interventi, in assenza di tracciati di accesso idonei, possono causare la distruzione diretta delle comunità vegetali, la mobilitazione delle sabbie stabilizzate e la compattazione del suolo. A queste azioni possono associarsi disturbi di maggiore entità, che si ripercuotono sia sulla stabilità morfologica del sistema sia sulla sopravvivenza delle comunità vegetali interessate. Inoltre, il personale coinvolto nella realizzazione delle interventi, in mancanza percorsi (pedonali) idonei può causare danni alla vegetazione e favorire la formazione di *blowouts* (figura 2.1).

Un altro aspetto da considerare è l'impatto legato alla dispersione nell'ambiente dei materiali utilizzati per la realizzazione delle strutture, soprattutto nel caso di utilizzo di materiale non biodegradabile.



Figura 2.1 - Esempio di un sentiero utilizzato come accesso preferenziale alla spiaggia (Foto ISPRA).

Con specifico riferimento al restauro e consolidamento delle dune mediante la vegetazione, un effetto non trascurabile è quello legato all'impianto di vegetazione e alle specie utilizzate. Al fine di non alterare le comunità vegetali presenti *in loco* e per minimizzare i possibili effetti di "inquinamento floristico" è infatti indispensabile utilizzare specie psammofile autoctone, selezionate in funzione delle esigenze ecologiche, e delle diverse attitudini edificatrici (Wallingford *et al.*, 2000; POSIDUNE, 2007). Il prelievo in natura delle specie da utilizzare in questi interventi è sconsigliato, poiché il prelievo di un elevato numero di individui potrebbe destabilizzare le sabbie, esporle all'azione eolica e renderle sensibili a eventi di mareggiata e *overwash* (Wallingford *et al.*, 2000). È preferibile l'uso di piante provenienti da vivaio (POSIDUNE, 2007), riprodotte partendo da materiale vegetale di provenienza autoctona (Piotto *et al.*, 2010).

Gli interventi di ricostruzione morfologica, prevedendo l'impiego di sedimenti provenienti da una fonte esterna (terrestre o marina) possono indurre alcuni effetti non trascurabili, di seguito elencati:

- i sedimenti con un pH diverso da quello dei sedimenti nativi possono avere effetti negativi sulla vegetazione locale;
- lo sversamento di sabbia lungo la fascia di retrospiaggia può incrementare la quantità di sabbia trasportata dal vento verso l'entroterra, provocando il seppellimento della vegetazione retrostante o un'attivazione/riattivazione di *blowout*;

-
- lo sversamento di sabbia può provocare il seppellimento della vegetazione e delle comunità di invertebrati presenti, riducendo inoltre la stabilità delle avandune e causando una distruzione degli habitat;
 - l'impiego di sedimenti contenenti semi di vegetazione alloctona, può causare impatti negativi sulle comunità vegetali presenti in loco (Wallingford *et al.*, 2000).

Generalmente, apporti di sabbia modesti, seppure frequenti, sono meno dannosi rispetto a interventi isolati che comportano la movimentazione di maggiore quantità di sedimenti.

Altri effetti indotti sull'ambiente dalla realizzazione di tutte le opere di difesa costiera sono quelli causati, in fase di cantiere, dal rumore e dal calpestio. E' noto infatti che il rumore, associato sia ai macchinari sia alla presenza dell'uomo, può indurre disturbi non trascurabili sulla fauna presente (quali pesci, rettili e mammiferi marini, uccelli), con il possibile allontanamento delle specie coinvolte dai siti di intervento e l'abbandono, talvolta definitivo. Analogamente, durante la fase di cantiere, non sono da sottovalutare gli effetti del calpestio e/o schiacciamento (Moffett *et al.*, 1998; Schlacher *et al.*, 2008). E' stato dimostrato, ad esempio, che il calpestio ha effetti negativi sui macroinvertebrati che vivono sulla spiaggia emersa, in particolare sulla fauna ad artropodi (Weslawski, *et al.* 2000, Scapini *et al.*, 2005).

3. NORME DI PROTEZIONE AMBIENTALE

Le convenzioni e gli accordi internazionali rappresentano il riferimento più importante per lo sviluppo di politiche di conservazione e per l'emanazione di norme da parte dei Paesi firmatari. Nell'ambito delle diverse convenzioni l'approccio adottato è molteplice, andando dalla tutela attuata attraverso elenchi di specie da proteggere (Convenzione di Berna e di Bonn), alla conservazione delle specie e dei loro habitat (Convenzione di Barcellona), alla conservazione della biodiversità intesa nel senso più ampio (Convenzione di Rio de Janeiro).

In ambito europeo, la strategia per la conservazione della biodiversità adottata dalla Commissione si fonda principalmente sulle Direttive Uccelli e Habitat. Lo scopo delle due Direttive è la conservazione di elenchi di specie animali e vegetali di particolare interesse a livello comunitario e di tipi di habitat naturali e seminaturali, ritenuti rilevanti per le diverse regioni biogeografiche comprese nel territorio europeo. L'approccio generale adottato è quindi basato sulla tutela delle specie e dei loro habitat. Ciò viene realizzato attraverso la designazione di Zone di Protezione Speciale e di Zone Speciali di Conservazione (Rete Natura 2000).

Per quanto riguarda la situazione italiana, le specie vegetali sono tutelate ai sensi di Convenzioni internazionali (Berna, Washington, Barcellona) e Direttive europee (Direttiva 92/43/CEE "Habitat") recepite dall'Italia. La Direttiva Habitat è stata recepita con il DPR 357/1997 e s.m.i.. Tale Decreto costituisce il riferimento normativo fondamentale per la conservazione delle specie della flora e della fauna selvatica, nonché degli habitat naturali e seminaturali di importanza comunitaria. A tutt'oggi non esiste ancora una legge quadro nazionale per la protezione della flora; questa materia è quindi delegata alle Regioni e Province Autonome, le quali hanno emanato proprie leggi di protezione. Per quanto riguarda la fauna in Italia la principale legge di riferimento rimane, a livello nazionale, la Legge 157/92, le Direttive comunitarie Uccelli e Habitat e le convenzioni internazionali (Berna, Bonn, Parigi, Washington, Barcellona) con le norme di recepimento. Ad esse si devono aggiungere le numerose ed articolate norme regionali che possono rappresentare un valido strumento di salvaguardia a livello locale (Alonzi *et al.*, 2006).

Di seguito vengono brevemente presentate le principali norme di protezione vigenti in Italia in materia di protezione di specie ed habitat.

Convenzione di Ramsar

La Convenzione di Ramsar (*Convention on Wetlands of International Importance, especially as Waterfowl Habitat*) è un atto stipulato nel 1971 a Ramsar (Iran) dai soggetti che parteciparono alla Conferenza internazionale sulle zone umide e gli uccelli acquatici ed è entrata in vigore nel 1975. In Italia la Convenzione è stata ratificata con DPR n. 448 del 13 maggio 1976 e con il successivo DPR n. 184 dell'11 febbraio 1987. Nata come risposta al progressivo degrado delle zone umide, strategiche per la sopravvivenza degli uccelli migratori, la Convenzione ha come obiettivo la tutela di queste zone mediante: individuazione e delimitazione dei siti (Siti Ramsar), studio e ricerca, messa in atto di programmi di conservazione e valorizzazione. Esiste oggi un network di zone umide di importanza internazionale, o Siti Ramsar, di cui l'Italia fa parte con più di 50 Siti dislocati sul proprio territorio. I Siti Ramsar comprendono una grande varietà di ambienti umidi sia interni, sia costieri, zone naturali o artificiali d'acqua, permanenti o transitorie (corsi d'acqua, laghi, paludi, stagni, saline, torbiere ecc.).

Convenzione di Berna

La Convenzione di Berna (*Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats*), adottata a Berna il 19 settembre 1979, è stata ratificata dall'Italia con Legge n. 503 del 5 agosto 1981 ed approvata dal Consiglio Europeo con Decisione 82/72/CE del 3 dicembre 1981.

La Convenzione ha come obiettivo la conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa mediante la cooperazione tra gli Stati. Gli allegati I, II e III della Convenzione contengono liste di specie di flora e fauna da tutelare, indicando diversi livelli di protezione:

- allegato I (Berna 1): Specie di flora rigorosamente protette, per le quali vige il divieto di raccolta, collezione, taglio o sradicamento.
- allegato II (Berna 2): Specie di fauna rigorosamente protette, per le quali vige:
 - il divieto di cattura, uccisione, deterioramento e distruzione di siti di riproduzione/riposo, molestia (soprattutto nei periodi di riproduzione, delle cure parentali e di ibernazione), raccolta/distruzione/detenzione delle uova, detenzione e commercio di animali vivi o morti o di parti di animali;

- l'obbligo di salvaguardia degli habitat con particolare attenzione alla protezione di aree di svernamento, migrazione, raduno, alimentazione e muta.
- allegato III (Berna 3): Lista di specie della fauna protette, per cui sono previsti:
 - il prelievo regolato e attuato purché non comprometta lo stato di conservazione della specie;
 - periodi di chiusura alla caccia, e deroghe di caccia locali;
 - la salvaguardia degli habitat con particolare attenzione alla protezione di aree di svernamento, migrazione, raduno, alimentazione e muta.

Convenzione di Bonn

La Convenzione di Bonn (*Convention on Migratory Species of Wild Animals - CMS*), adottata a Bonn il 23 giugno 1979, è un trattato intergovernativo concluso sotto l'egida dell'ONU, che ha come obiettivo la conservazione delle specie migratorie appartenenti alla fauna selvatica in tutto il loro areale di distribuzione, con particolare attenzione alle specie caratterizzate da un cattivo stato di conservazione. L'Italia ha ratificato la Convenzione tramite la Legge n. 42 del 25 gennaio 1983.

La Convenzione comprende 2 allegati: l'allegato I che riporta le specie migratrici minacciate di estinzione, e l'allegato II che elenca quelle che potrebbero beneficiare significativamente di una maggior cooperazione internazionale. Ai fini della protezione delle specie, le parti contraenti si impegnano in particolare a: garantire la conservazione degli habitat delle specie minacciate e ad eliminare i fattori di rischio che possono impedire o interferire con la migrazione delle specie.

Convenzione di Barcellona e Protocollo SPA/BIO

La Convenzione di Barcellona (Convenzione per la protezione del Mar Mediterraneo dall'inquinamento), trattato intergovernativo nato sotto l'egida del Programma per l'ambiente (UNEP - *United Nations Environment Programme*), è stata firmata a Barcellona il 16 febbraio 1976 da 16 governi e dalla CEE. Entrata in vigore nel 1978, è stata ratificata dall'Italia con la Legge n.30 del 25 gennaio 1979. La Convenzione ha subito, nel tempo, diversi emendamenti; da ultimo è stata emendata nel 1995, divenendo "Convenzione per la protezione dell'ambiente marino e della regione costiera del Mediterraneo" e, in quest'ultima forma, è stata ratificata dall'Italia con la legge n. 175 del 27 maggio 1999. Oggi la Convenzione di Barcellona vede coinvolte 22 Parti Contraenti, tra le quali anche la CE.

La Convenzione di Barcellona ha lo scopo di prevenire, ridurre, combattere ed eliminare l'inquinamento nel Mar Mediterraneo e proteggere e migliorare l'ambiente marino e marino-costiero per contribuire allo sviluppo sostenibile. Per raggiungere gli scopi prefissati, la Convenzione si è dotata di 7 protocolli: nell'ambito del presente studio, e con particolare riferimento all'individuazione di habitat e/o specie minacciate da proteggere, l'accordo di riferimento è costituito dal Protocollo relativo alle Zone Specialmente Protette e alla Biodiversità nel Mediterraneo (Protocollo SPA/BIO).

Il Protocollo SPA/BIO risponde alla necessità di colmare la lacuna normativa sulla conservazione dell'ambiente marino, in quanto la Direttiva Habitat (92/43/CEE), pur costituendo uno strumento fondamentale per la difesa della biodiversità, essendo rivolta principalmente all'ambiente terrestre, non ha avuto la stessa efficacia per la difesa dell'ambiente marino.

Il Protocollo prevede tre principali azioni per assicurare la protezione della diversità biologica nel Mediterraneo:

- la creazione, protezione e gestione di Aree Specialmente Protette (SPAs);
- la creazione di una lista di Aree Specialmente Protette di Importanza Mediterranea (ASPIMs), costituite da zone marine costiere sotto la giurisdizione dei Paesi o zone parzialmente/interamente in alto mare;
- la protezione e la conservazione delle specie.

Con decisione n. 1999/800/CE la Comunità Europea ha aderito al protocollo e sottoscritto gli allegati, che sono tre:

- allegato I, che fornisce i criteri per la scelta delle aree costiere e marine protette da inserire nella "Lista delle zone particolarmente protette di rilevanza mediterranea", denominata "Lista delle ASPIM";
- allegato II, che fornisce l'elenco delle specie in pericolo o minacciate;
- allegato III, che fornisce l'elenco delle specie il cui sfruttamento deve essere regolamentato.

Contestualmente, a supporto delle operazioni di individuazione delle Aree Specialmente Protette, sono state predisposte dal Centro Regionale di Attività per le ASPIM (RAC/SPA) delle liste di riferimento degli habitat e delle specie meritevoli di salvaguardia nel Mediterraneo, di cui 61 habitat e 136 specie (ad esclusione delle specie di uccelli, specificamente protette dalla Direttiva Uccelli) sono presenti in Italia (Bellan-Santini *et al.*, 2002).

Proprio in virtù del fatto che le tematiche trattate risultavano strettamente legate ai contenuti e agli obiettivi generali perseguiti dalla Direttiva Habitat 92/43/CEE, gli habitat elencati nella lista di

riferimento redatta dal RAC/SPA sono validi per entrambe le normative, pur mantenendo codici di riferimento diversi.

Direttiva Habitat

La Direttiva 92/43/CEE, detta Direttiva Habitat, è uno strumento normativo comunitario che ha come obiettivo la conservazione degli habitat naturali e seminaturali e delle specie selvatiche animali e vegetali di interesse comunitario. Alla Direttiva Habitat è seguita la Direttiva 97/62/CE del Consiglio del 27 ottobre 1997 “recante adeguamento al progresso tecnico e scientifico della Direttiva 92/43/CEE del Consiglio relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche”. L'Italia ha dato attuazione alla Direttiva con D.P.R. 8 settembre 1997, n. 357, modificato con D.P.R. n. 12 marzo 2003, n. 120.

Gli obiettivi specifici della Direttiva sono:

- la creazione di una rete ecologica europea coerente, denominata Rete Natura 2000, costituita da Zone Speciali di Conservazione (ZSC) e dalle Zone di Protezione Speciale (ZPS);
- la proposta da parte degli Stati Membri, in base ai criteri riportati nell'allegato III, di un elenco di siti (proposti Siti di Importanza Comunitaria o pSIC) nel quale venga indicato quali tipi di habitat naturali, tra quelli elencati nell'allegato I, e quali specie, di cui all'allegato II, si trovano in detti siti;
- la designazione da parte degli Stati Membri di tali Siti di Importanza Comunitaria (SIC) come Zone Speciali di Conservazione, entro il termine di 6 anni, stabilendo le priorità in funzione dell'importanza dei siti per il mantenimento e il ripristino in uno stato di conservazione soddisfacente degli habitat e delle specie elencate negli allegati e per la coerenza della rete Natura 2000;
- l'esame di ogni piano o progetto che può avere incidenze sul sito, tenendo conto degli obiettivi di conservazione del medesimo (valutazione di incidenza).

L'elenco dei tipi di habitat naturali di interesse comunitario da tutelare è riportato nell'allegato I della Direttiva, mentre l'allegato II contiene la lista delle specie animali e vegetali d'interesse comunitario, comprese quelle prioritarie. Gli altri allegati alla Direttiva riportano i criteri di selezione dei siti adatti per essere individuati quali siti di importanza comunitaria e designati quali zone speciali di conservazione (allegato III), le specie animali e vegetali di interesse comunitario che richiedono una protezione specifica, che comporta ad esempio divieto di raccolta, distruzione, possesso, trasporto, commercializzazione (allegato IV), le specie animali e vegetali di interesse comunitario il cui prelievo nella natura e il cui sfruttamento potrebbero formare oggetto di misure di gestione (allegato V) e i metodi e mezzi di cattura e di uccisione nonché le modalità di trasporto vietati (allegato VI).

Direttiva Uccelli

La Direttiva 2009/147/EC (versione emendata ed approvata della Direttiva 79/409/CEE), nota come Direttiva “Uccelli”, è nata con lo scopo di creare una rete di conservazione delle specie di uccelli selvatici europei. È stata adottata all'unanimità dagli Stati Membri nel 1979 come risposta al declino delle popolazioni di uccelli selvatici, riconosciuti “patrimonio” comune degli stati comunitari. Tale declino è dovuto a fenomeni di inquinamento, sfruttamento non sostenibile delle risorse naturali dell'ambiente e scomparsa degli habitat, quest'ultima individuata come la principale minaccia alla loro conservazione. Per tale motivo, la normativa pone una grande attenzione alla salvaguardia degli ambienti naturali attraverso l'istituzione di una rete di Zone di Protezione Speciale (ZPS) che, assieme alle ZSC, costituiscono il *network* noto come Rete Natura 2000.

Le ZPS comprendono le aree più favorevoli alla sopravvivenza delle specie di uccelli meritevoli di tutela ed elencati nell'allegato I alla Direttiva 79/409/CEE, che comprendono anche le specie dell'ambiente marino.

Gli allegati II, III e IV, invece, disciplinano le attività che danneggiano gli uccelli, quali ad esempio la caccia e il commercio delle specie protette, affinché il loro esercizio sia sostenibile per le popolazioni delle specie elencate dalla Direttiva. Infine, l'allegato V promuove le attività di ricerca relative alla loro protezione e gestione.

Da segnalare come, nel 1995 il Comitato ORNIS (Comitato per l'adattamento al progresso tecnico e scientifico della Direttiva Habitat) abbia approvato una lista di 23 specie di uccelli da considerare, ai sensi della Direttiva 2009/147/EC, come "Prioritarie nell'ambito dei finanziamenti LIFE", comunemente considerate “specie prioritarie”, in analogia con quanto avviene per le specie e gli habitat prioritari identificati nella Direttiva Habitat.

Liste Rosse IUCN

Oltre a tutte le norme di tutela, accordi e/o convenzioni internazionali, per poter identificare al meglio le specie floristiche e faunistiche, si raccomanda di considerare anche le entità elencate nelle Liste Rosse della flora e fauna minacciate.

Le Liste Rosse sono elenchi di specie, riferiti ad un dato territorio, in cui per ogni *taxon* viene indicato il livello di rischio d'estinzione, tale *status* viene definito mediante un processo di valutazione standardizzato (*Risk Assessment*). Le procedure di *Risk Assessment* sviluppate dalla *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) rappresentano oggi lo standard internazionale di riferimento, essendo denotate da caratteristiche di ripetibilità ed affidabilità dei risultati.

Le Liste Rosse della IUCN (www.iucnredlist.org), nate circa 30 anni fa allo scopo di indirizzare la pianificazione delle strategie di conservazione, sono considerate attualmente “*il più autorevole e obiettivo sistema di classificazione delle specie a rischio di estinzione*”.

L'attuale protocollo IUCN (2001; 2013) è il risultato di un processo di perfezionamento iniziato negli anni '60 del secolo scorso. Il sistema IUCN è nato originariamente per consentire la valutazione del rischio d'estinzione di un *taxon* a scala globale, ma nel tempo sono divenute sempre più frequenti le applicazioni a scala regionale (IUCN 2003; 2012), riferite ad esempio ad ambiti nazionali o continentali.

Una Lista Rossa mondiale è di fatto una lista delle specie a priorità di conservazione; una Lista Rossa di livello regionale (continentale, nazionale o locale), seppure compilata secondo le indicazioni IUCN (IUCN, 1994), è valida solo se applicata alla scala alla quale è stata realizzata (Rondinini *et al.*, 2013). Infatti la regionalizzazione del metodo IUCN per la classificazione delle specie non prende ovviamente in considerazione alcuni parametri importanti quali la tendenza della specie a livello mondiale o continentale, l'importanza della popolazione regionale rispetto a quella mondiale o continentale, la posizione dell'area esaminata rispetto all'areale e la fattibilità degli interventi di conservazione necessari (Rondinini *et al.*, 2013). Nonostante le limitazioni insite nella nazionalizzazione del metodo IUCN, si suggerisce sia di consultare le liste globali, sia di utilizzare le Liste Rosse regionali, che forniscono informazioni specifiche sullo *status* della specie nello specifico territorio. Può capitare infatti che una specie risulti in una categoria a basso rischio di estinzione a livello globale, ma in una situazione di rischio più elevato a livello regionale.

In Italia devono quindi essere considerate le Liste Rosse compilate a livello nazionale per le specie vegetali ed animali che, pur non essendo ancora esaustive, sono numerose e in molti casi, di recente pubblicazione (Bulgarini *et al.*, 1998; Calvario *et al.*, 1999; Cerfolli *et al.*, 2002).

Per quanto riguarda la flora esistono liste pubblicate negli anni '90 che ad oggi rimangono le uniche Liste Rosse a carattere nazionale per la flora vascolare italiana (Conti *et al.*, 1992; 1997), briofitica (Cortini Pedrotti e Aleffi, 1992) e lichenologica (Nimis, 1992). Esistono, inoltre, Atlanti che allo *status* IUCN, affiancano anche informazioni distributive e bibliografiche (Scoppola e Spampinato, 2005). Inoltre, a seguito dell'uscita del protocollo IUCN vers. 3.1 (IUCN, 2001) e delle indicazioni per l'utilizzo a scala regionale (IUCN, 2003), più di recente in Italia sono state prodotte nuove Liste Rosse basate su criteri quantitativi e in linea con i nuovi standard IUCN. Questa attività, coordinata dalla Società Botanica Italiana (Rossi e Gentili, 2008; Gargano, 2008), ha portato alla pubblicazione della “*Lista Rossa della Flora Italiana. 1. Policy Species e altre specie minacciate*” (Rossi *et al.*, 2013), che comprende l'*assessment* di 396 *taxa* della flora italiana (297 piante vascolari, 61 briofite, 25 licheni e 13 funghi). Inoltre numerosi casi di *assessment* così condotti, sono stati pubblicati in uno spazio editoriale dedicato dell'Informatore Botanico Italiano in forma di schede standard, che forniscono informazioni di grande utilità su distribuzione, minacce e *trend* dei *taxa*. A livello sovranazionale esiste inoltre la *European Red List of Vascular Plants* redatta per l'Unione Europea (Bilz *et al.*, 2011). Per quanto concerne la fauna, Liste Rosse sono oggi disponibili anche a livello nazionale, perlomeno per alcuni gruppi (Rondinini *et al.*, 2013). Grazie al recente lavoro del Comitato Italiano IUCN, a livello nazionale tutte le specie di pesci d'acqua dolce, pesci cartilaginei, anfibi, rettili, uccelli nidificanti e mammiferi, native in Italia sono state valutate a livello nazionale. Le uniche eccezioni riguardano le specie di uccelli presenti ma non nidificanti in Italia (svernanti, migratori) che non sono state valutate e pertanto è stata loro assegnata la categoria NE (*Not Evaluate*). Anche le specie domestiche o addomesticate non sono state valutate secondo le categorie e i criteri della *Red List IUCN*. Le specie di certa introduzione in tempi storici sono state classificate NA (*Not Applicable*), insieme alle specie occasionali (cioè quelle che occorrono solo marginalmente nel territorio nazionale), e quelle di recente colonizzazione.

La base tassonomica per tutte le specie considerate nelle Liste Rosse della Fauna Italiana è la Checklist della Fauna d'Italia del MATTM (Ministero dell'Ambiente, del Territorio e del Mare). Modifiche sono state apportate ove necessario per conformarsi alla classificazione utilizzata dalla *Red*

List IUCN globale e per seguire la tassonomia più aggiornata. La metodologia adottata per la valutazione è quella ufficiale IUCN.

Nel caso dei *taxa* per i quali non sono state redatte delle specifiche liste rosse nazionali, si può fare riferimento ad alcune Liste Rosse che la IUCN ha pubblicato per il Mar Mediterraneo oppure alla valutazione globale laddove la specie sia stata effettivamente valutata (www.iucnredlist.org).

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle norme di protezione attualmente vigenti in Italia, specificando, caso per caso, se le norme sono riferite all'individuazione degli habitat e/o delle specie di flora e di fauna protette (**tabella 3.1**).

Tabella 3.1 - Norme di riferimento identificate per l'Italia in merito alla protezione di habitat e di specie

Norme di protezione	Habitat/ambienti	Specie di flora	Specie di fauna
Convenzione di Ramsar	X		
Convenzione di Berna (allegato I)		X	
Convenzione di Berna (allegato II)			X
Convenzione di Bonn (allegato I)			X
Convenzione di Barcellona, Protocollo SPA/BIO (allegato I)	X		
Convenzione di Barcellona, protocollo SPA/BIO (allegato II)		X	X
Direttiva Habitat (allegato I)	X		
Direttiva Habitat (allegato II)		X	X
Direttiva Uccelli (allegato I)			X
Liste Rosse IUCN		X	X

4. IDENTIFICAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEI TIPI DI HABITAT (SENSU DIRETTIVA HABITAT)

4.1 Criteri di classificazione

Per la classificazione degli habitat protetti si è fatto riferimento ai tipi di habitat di interesse comunitario riportati nell'allegato I della Direttiva Habitat 92/43/CEE e ai tipi di habitat protetti dal Protocollo SPA/BIO della Convenzione di Barcellona (Bellan-Santini *et al.*, 2002). Nella classificazione non sono state utilizzate le tipologie di aree umide della Convenzione di Ramsar, in quanto descrivono gli ambienti a un livello di minor dettaglio rispetto alla Direttiva Habitat.

L'individuazione dei tipi di habitat costieri è stata svolta tenendo conto primariamente del territorio italiano. Considerata la grande varietà geografica ed ecologica che caratterizza la penisola italiana, si ritiene che le categorie fisiografiche individuate siano rappresentative dell'intero bacino mediterraneo.

L'obiettivo è quello di identificare i comparti ambientali che possono subire gli effetti, anche indiretti, a seguito della realizzazione delle opere di difesa costiera. In Italia sono presenti in totale 132 tipi di habitat di interesse comunitario, ovvero inclusi nell'allegato I della Direttiva Habitat (Biondi *et al.*, 2009). Di questi 132 habitat, 38 sono tipologie di habitat che possono svilupparsi lungo la fascia costiera. In questi habitat litoranei sono compresi gli habitat sommersi e quelli di ambiente emerso, le coste basse sabbiose e quelle rocciose. Pochi di questi habitat non sono esclusivi, potendo trovarsi sia in ambito litoraneo, sia in contesti più interni. Ne sono esempio le comunità erbacee effimere dei *Thero-Brachypodietea*, diffuse anche nell'entroterra o alcune tipologie di habitat rupestri, meno legati all'influenza diretta dei venti salsi marini, che possono trovarsi nelle aree sommitali delle falesie costiere, ma anche su costoni rocciosi più interni. Dei tipi di habitat identificati, 32 hanno areali di distribuzione piuttosto estesi, che comprendono la gran parte dei litorali italiani, 3 sono comunità endemiche esclusive delle isole maggiori e altri 3 sono tipici di settori ristretti delle coste settentrionali del Bacino Adriatico.

4.2 Categorie Fisiografiche e Macroambienti

Allo scopo di rendere possibile la valutazione degli effetti provocati a livello ecosistemico dai diversi tipi di opere, gli habitat costieri identificati (Direttiva Habitat e Protocollo SPA/BIO) sono stati raggruppati in 11 unità territoriali-ambientali, nel seguito denominate categorie fisiografiche (**figura 4.2.1**). Tali unità sono state individuate seguendo criteri di omogeneità morfogenetica, litomorfológica e pedologica. Le categorie fisiografiche, inoltre, rappresentano unità ben identificabili dal punto di vista vegetazionale, per caratteri strutturali, ecologici e fisionomici comuni, oltre ad avere una buona riconoscibilità in termini paesaggistici.

L'uso delle categorie fisiografiche permette una più ampia e flessibile applicazione del metodo proposto, anche quando le informazioni disponibili non consentono di classificare gli ambienti con il dettaglio previsto dalla Direttiva Habitat.

Le categorie fisiografiche sono state a loro volta raggruppate in 4 principali *macroambienti*: habitat marini, habitat acquatici e umidi alofili, habitat dunali e, infine, habitat rupestri.

Come si può osservare nello schema riassuntivo di **figura 4.2.1**, il macroambiente habitat marini include in particolare 3 categorie di ambienti marini, ovvero quegli ambiti permanentemente sommersi da acque marine (M1, M2, M3); il macroambiente habitat acquatici e umidi alofili comprende 3 categorie di ambienti alternativamente sommersi e emersi e di ambienti umidi alofili (W1, W2, W3). Il macroambiente habitat dunali comprende 4 categorie di habitat di ambiente emerso delle dune costiere (D1, D2, D3, D4) e infine il macroambiente habitat rupestri include una sola categoria di habitat (C1).

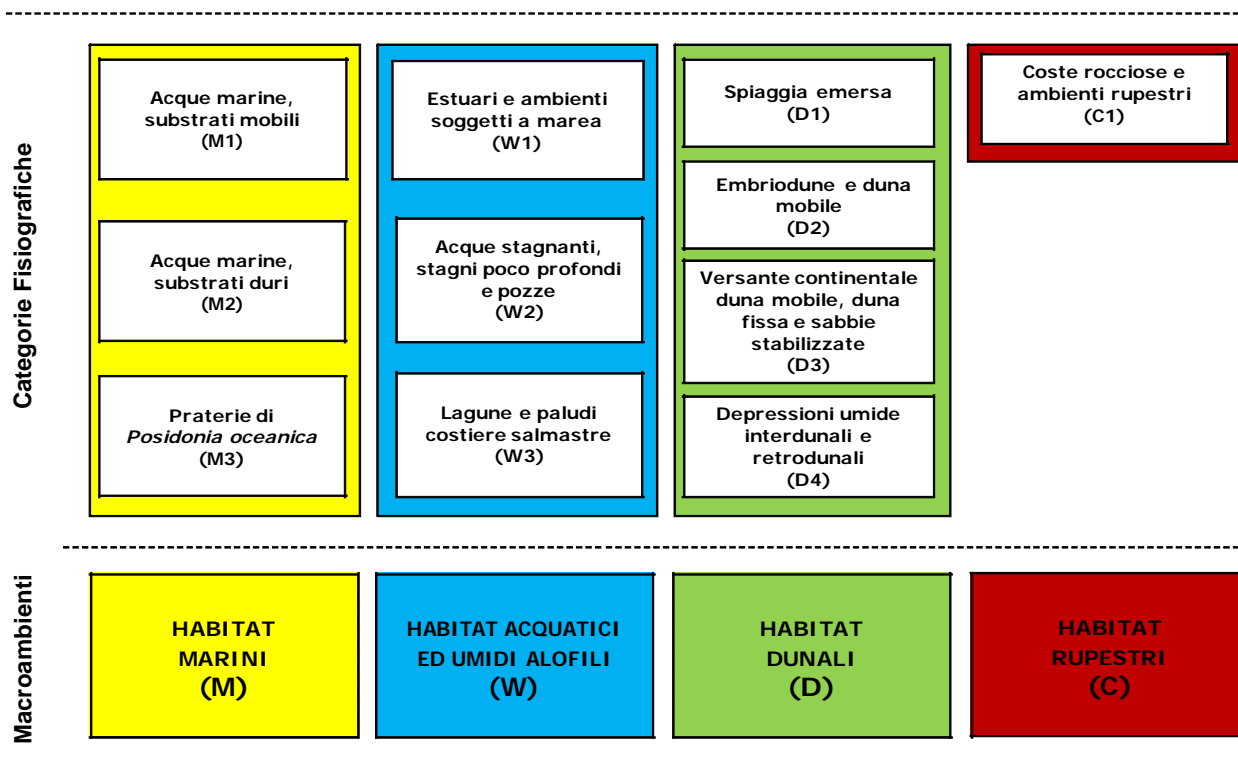


Figura 4.2.1 - Categorie fisiografiche e macroambienti.

Nel seguito le categorie fisiografiche individuate verranno brevemente descritte, esaminando gli habitat in esse comprese, facendo riferimento alle tipologie della Direttiva 92/43/CEE (tabella 4.2.1) e del Protocollo SPA/BIO (Bellan-Santini *et al.*, 2002).

A ciascun habitat descritto nel testo viene associato sia il codice della Direttiva Habitat sia, nei casi in cui vi sia una corrispondenza, quello relativo al Protocollo SPA/BIO. A questo proposito, va ricordato che gli habitat protetti dal Protocollo SPA/BIO si riferiscono esclusivamente all'ambiente marino e per tale motivo solo alcuni degli habitat elencati nell'allegato I della Direttiva Habitat corrispondono a quelli menzionati dal Protocollo.

Per gli habitat italiani di interesse comunitario attualmente il principale riferimento bibliografico è il "Manuale italiano di interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE" (Biondi *et al.*, 2009), utilizzato nel presente lavoro come fonte primaria per le descrizioni che seguono. Gli habitat prioritari ai sensi della Direttiva sono indicati con un asterisco che segue il codice.

In tabella 4.2.1 è riportato lo schema gerarchico di raggruppamento degli habitat costieri italiani di interesse comunitario in categorie fisiografiche e in macroambienti.

Tabella 4.2.1 - Schema gerarchico di attribuzione degli habitat costieri italiani della Direttiva 92/43/CEE alle categorie fisiografiche e ai macroambienti. Un habitat presente in più categorie fisiografiche è segnalato con il simbolo p.p. (pro parte). Con l'asterisco (*) sono indicati gli habitat prioritari.

MACROAMBIENTI	CATEGORIE FISIOGRAFICHE	HABITAT COSTIERI DI INTERESSE COMUNITARIO (DIR. 92/43/CEE)
HABITAT MARINI (M)	Acque marine, substrati mobili (M1)	1110: Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina 1160: Grandi cale e baie poco profonde, quando insediato su substrati mobili
	Acque marine, substrati duri (M2)	1160: Grandi cale e baie poco profonde, quando insediato su substrati duri 1170: Scogliere 8330: Grotte marine sommerse o semisommerse
	Praterie di <i>Posidonia oceanica</i> (M3)	1120*: Praterie di <i>Posidonia</i> (<i>Posidonion oceanicae</i>)
HABITAT ACQUATICI ED UMIDI ALOFILII (W)	Estuari e ambienti soggetti a marea (W1)	1130: Estuari 1140: Distese fangose o sabbiose emergenti durante la bassa marea
	Acque stagnanti, stagni poco profondi e pozze (W2)	3120: Acque oligotrofe a bassissimo contenuto minerale, su terreni generalmente sabbiosi del Mediterraneo occidentale, con <i>Isoëtes</i> spp. 3130: Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei <i>Littorelletea uniflorae</i> e/o degli <i>Isoëto-Nanojuncetea</i> 3140: Acque oligomesotrofe calcaree con vegetazione bentica di <i>Chara</i> spp. 3170*: Stagni temporanei mediterranei
	Lagune e paludi costiere salmastre (W3)	1150*: Lagune costiere 1310: Vegetazione annua pioniera a <i>Salicornia</i> e altre specie delle zone fangose e sabbiose (p.p.) 1320: Prati di <i>Spartina</i> (<i>Spartinion maritimae</i>) 1410: Pascoli inondatai mediterranei (<i>Juncetalia maritimi</i>) (p.p.) 1420: Praterie e fruticeti alofili mediterranei e termo-atlantici (<i>Sarcocornietea fruticosi</i>) 6420: Praterie umide mediterranee con piante erbacee alte del <i>Molinio-Holoschoenion</i> (p.p.)
HABITAT DUNALI (D)	Spiaggia emersa (D1)	1210: Vegetazione annua delle linee di deposito marine 1310: Vegetazione annua pioniera a <i>Salicornia</i> e altre specie delle zone fangose e sabbiose (p.p.)
	Embriodune e duna mobile (D2)	2110: Dune embrionali mobili 2120: Dune mobili del cordone litorale con presenza di <i>Ammophila arenaria</i> (dune bianche) 2230: Dune con prati dei <i>Malcolmietalia</i> (p.p.)
	Versante continentale della duna mobile, duna fissa e sabbie stabilizzate (D3)	2130*: Dune costiere fisse a vegetazione erbacea (dune grigie) 2160: Dune con presenza di <i>Hippophae rhamnoides</i> 2210: Dune fisse del litorale (<i>Crucianellion maritimae</i>) 2230: Dune con prati dei <i>Malcolmietalia</i> (p.p.) 2240: Dune con prati dei <i>Brachypodietalia</i> e vegetazione annua 2250*: Dune costiere con <i>Juniperus</i> spp. 2260: Dune con vegetazione di sclerofille dei <i>Cisto-Lavanduletalia</i> 2270*: Dune con foreste di <i>Pinus pinea</i> e/o <i>Pinus pinaster</i> 6220*: Percorsi substepnici di graminacee e piante annue dei <i>Thero-Brachypodietea</i>
	Depressioni umide interdunali e retrodunali (D4)	1410: Pascoli inondatai mediterranei (<i>Juncetalia maritimi</i>) (p.p.) 1510*: Steppe salate mediterranee (<i>Limonietalia</i>) 6420: Praterie umide mediterranee con piante erbacee alte del <i>Molinio-Holoschoenion</i> (p.p.)
HABITAT RUPESTRI (C)	Coste rocciose e ambienti rupestri (C1)	1240: Scogliere con vegetazione delle coste mediterranee con <i>Limonium</i> spp. endemici 1430: Praterie e fruticeti alonitrofilii (<i>Pegano-Salsoletea</i>) 5320: Formazioni basse di euforbie vicino alle scogliere 5330: Arbusteti termo-mediterranei e pre-desertici 5410: Frigane del Mediterraneo occidentale sulla sommità di scogliere (Sardegna) 5420: Frigane a <i>Sarcopoterium spinosum</i> (Sardegna e Sicilia) 5430: Frigane endemiche dell' <i>Euphorbio-Verbascion</i> (Sardegna e Sicilia) 8210: Pareti rocciose calcaree con vegetazione casmofitica

4.2.1 Habitat marini

La categoria “Acque marine, substrati mobili” comprende tutti i tipi di habitat marini sommersi insediati su fondi mobili, da ghiaiosi a fangosi. Appartiene a questa categoria l’habitat di Direttiva 1110 “Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina” (cod. SPA/BIO: III. 2.1, III. 2.2, III 3.1, III 3.2, III 4.1), comprendente i banchi di sabbia dell’infralitorale permanentemente sommersi da acque il cui livello raramente supera i 20 metri e in genere circondati da acque più profonde e l’habitat 1160 “Grandi cale e baie poco profonde” (SPA/BIO: *Assemblages as in habitats 1110-1120-1140-1170 along the zones from supralittoral (I.), mediolittoral (II.) until infralittoral (III.) on Mud, Sands, Stones and Pebbles, Hard Beds and Rocks*).

Nella categoria “Acque marine, substrati duri” sono invece inclusi gli habitat marini sommersi insediati su fondi duri. Appartengono a tale categoria le grotte marine (habitat 8330 “Grotte marine sommerse o semisommerse”), le scogliere (habitat 1170 “Scogliere”; cod. SPA/BIO: II 4.3, vII. 4.3.1, vIV.3.2, IV. 3.2.1, vIV. 3.2.2, IV. 3.2.3, vV. 3.2) e l’habitat 1160 “Grandi cale e baie poco profonde”, che presenta una notevole variabilità in relazione alle caratteristiche geomorfologiche e al tipo di substrato che può essere roccioso o sedimentario (cod. SPA/BIO: *Assemblages as in habitats 1110-1120-1140-1170 along the zones from supralittoral (I.), mediolittoral (II.) until infralittoral (III.) on Mud, Sands, Stones and Pebbles, Hard Beds and Rocks*).

La categoria “Praterie di *Posidonia oceanica*” include l’habitat prioritario “Prateria di Posidonia” (cod. Direttiva: 1120*; cod. SPA/BIO: III.5). Le praterie di *Posidonia oceanica* (**figura 4.2.1.1**), specie endemica del Mediterraneo, sono presenti nel piano infralitorale, da pochi centimetri a 30-40 m di profondità, su roccia, sabbia e *matte*⁽¹⁷⁾. Esse costituiscono uno degli habitat più importanti del Mediterraneo, sia per il ruolo che svolgono nell’ecosistema marino (elevata produzione primaria e biodiversità, aree di riproduzione e di nursery per molte specie di invertebrati e pesci), sia per il ruolo di stabilizzazione dei fondi mobili (intrappolamento di sedimenti e attenuazione del moto ondoso), difendendo le coste dall’erosione.



Figura 4.2.1.1 - Prateria di *Posidonia oceanica* (Foto ISPRA).

⁽¹⁷⁾ La *matte* (tipica formazione a “terrazzo”) è formata da un intreccio di più strati di vecchi rizomi e radici e da sedimento intrappolato tra questi e fortemente compattato.

4.2.2 Habitat acquatici ed umidi alofili

La categoria denominata “Estuari e ambienti soggetti a marea” comprende gli ambienti complessi del tratto terminale dei fiumi che sfociano in mare, influenzati dalle correnti marine e dal mescolamento di acque dolci e acque marine (habitat 1130 “Estuari”; cod. SPA/BIO: *Assemblages as in habitats 1110-1140 along the zones from supralittoral (I.), mediolittoral (II.) until infralittoral (III.) on Mud and Sands*) e le aree sabbiose o fangose emerse durante la bassa marea (habitat 1140 “Distese fangose o sabbiose emergenti durante la bassa marea”; cod. SPA/BIO: II. 1, II. 1.1, II. 1.1.1, v II.1.1.2, II. 2, II. 2.1, II. 2.1.1). Gli habitat di estuario ospitano cenosi marine, vegetazione delle lagune salmastre, o vegetazione alofila a *Salicornia* o a *Spartina*.

La categoria denominata “Acque stagnanti, stagni poco profondi e pozze” comprende tutti gli habitat tipici dei corpi d’acqua di debole profondità, temporanei e non, tipici della fascia costiera, ovvero pozze, piccole lagune e stagni più o meno isolati dal mare, fossati e canali inondata temporaneamente. Le acque sono da oligotrofe a mesotrofe, salmastre, ed i substrati sono poveri, fangosi o sabbiosi. Le comunità vegetali sono sia cenosi acquatiche (habitat 3140 “Acque oligomesotrofe calcaree con vegetazione bentica di *Chara* spp.”), sia comunità anfobie (habitat 3120 “Acque oligotrofe a bassissimo contenuto minerale, su terreni generalmente sabbiosi del Mediterraneo occidentale, con *Isoetes* spp.”; habitat 3130 “Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei *Littorelletea uniflorae* e/o degli *Isoëto-Nanojuncetea*”; habitat 3170* “Stagni temporanei mediterranei”).

Nella categoria “Lagune e paludi costiere salmastre” sono compresi tutti gli ambienti lagunari e palustri con acque lentiche salate o salmastre, poco profonde, caratterizzate da notevoli variazioni stagionali in salinità e in profondità, in contatto diretto o indiretto con il mare. Gli habitat sono caratterizzati da vegetazione palustre, alofila e subalofila, che si imposta su suoli sabbiosi, fangosi o argillosi, soggetti a salinità variabile (da ipersalini a mesosalini) e a umidità variabile (da suoli inondata a suoli soggetti a lunghi periodi di disseccamento). Sono comprese le comunità delle lagune costiere (habitat 1150* “Lagune costiere”; cod. SPA/BIO: III. 1, III. 1.1, vIII. 1.1.1, III. 1.1.2, vIII. 1.1.3, vIII. 1.1.4, III. 1.1.5, III. 1.1.6, III. 1.1.7, vIII. 1.1.8, III. 1.1.9, III. 1.1.10, III. 1.1.11, III. 1.1.12), i salicornieti (habitat 1310 “Vegetazione annua pioniera a *Salicornia* e altre specie delle zone fangose e sabbiose”) (**figura 4.2.2.1a**), le formazioni costiere con aspetto di prateria dominata da giunchi dell’habitat 1410 “Pascoli inondata mediterranei (*Juncetalia maritimi*)” (**figura 4.2.2.1b**), le formazioni a *Spartina* endemiche delle velme dell’Alto Adriatico (habitat 1320 “Prati di *Spartina* (*Spartinion maritimae*)”), le formazioni costituite da camefite e nanofanerofite alofile succulente (habitat 1420 “Praterie e fruticeti alofili mediterranei e termo-atlantici (*Sarcocornietea fruticosi*)”) e le formazioni a giunchi e alte erbe igrofile (habitat 6420 “Praterie umide mediterranee con piante erbacee alte del *Molinio-Holoschoenion*”). Si fa notare che l’habitat 6420 si ritrova anche nella categoria fisiografica denominata “Depressioni umide interdunali e retrodunali”, potendo essere ubicato anche in quei contesti.



Figura 4.2.2.1a - Vegetazione a *Salicornia* (loc. Santa Maria del Mare, Laguna di Venezia. Foto S. Ercole).



Figura 4.2.2.1b - Pascoli inondata mediterranei (*Juncetalia maritimi*) (loc. Punta Sabbioni, Laguna di Venezia. Foto S. Ercole).

4.2.3 Habitat dunali

L'ambito dunale è stato suddiviso in quattro categorie fisiografiche aventi caratteristiche morfologiche molto riconoscibili e situate in fasce parallele alla linea di riva, ovvero perpendicolari alla direttrice che dal mare va verso l'entroterra. Lungo questa direttrice variano progressivamente i principali fattori fisici che influenzano le comunità dunali (o comunità psammofile), ovvero influenza dello spray marino, granulometria e coerenza del substrato, vento, salinità della falda ecc. La zona della battigia è detta zona afitoica, non potendo essere colonizzata da comunità vegetali (**figura 4.2.3.1a**).

La prima categoria fisiografica che si incontra procedendo dalla zona afitoica verso l'entroterra è la "Spiaggia emersa", caratterizzata dalla vegetazione annua alonitrofila della zona prossima alla battigia e delle aree di deposito lungo le spiagge (**figura 4.2.3.1b**) (habitat 1210 "Vegetazione annua delle linee di deposito marinee"; habitat 1310 "Vegetazione annua pioniera a *Salicornia* e altre specie delle zone fangose e sabbiose").



Figura 4.2.3.1a - Zona afitoica (loc. Cà Roman, Venezia. Foto S. Ercole).



Figura 4.2.3.1b - Sequenza di comunità vegetali in contatto con la zona afitoica: vegetazione delle linee di deposito (in primo piano), embriodune e dune con ammoreto (in secondo piano) (loc. Cà Roman, Venezia. Foto S. Ercole).

In contatto con la precedente si trova la categoria fisiografica "Embriodune e duna mobile" (**figura 4.2.3.2a**), che abbraccia sia la fascia caratterizzata da sabbie ad elevato grado di incoerenza in cui avviene la formazione delle dune embrionali, contraddistinte dalle cenosi a *Agropyron junceum* ssp. *mediterraneum* (= *Elymus farctus* ssp. *farctus* = *Elytrigia juncea*) (habitat 2110 "Dune embrionali mobili"), sia il primo cordone dunale, ovvero le dune costiere definite dune mobili o bianche. Queste dune sono caratterizzate dalla comunità dell'ammofileto (habitat 2120 "Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* (dune bianche)") (**figura 4.2.3.2 b**) e dalla vegetazione annuale dell'habitat 2230 "Dune con prati dei *Malcolmietalia*" nelle radure.



Figura 4.2.3.2a - Embriodune caratterizzate dalle comunità a dominanza di *Elytrigia juncea* (litorale di Ostia. Foto S. Ercole).



Figura 4.2.3.2b - Dune bianche con cenosi a dominanza di *Ammophila arenaria* (Foto A. Acosta).

Allontanandosi ancor più dal mare si entra nella categoria fisiografica “Versante continentale della duna mobile, duna fissa e sabbie stabilizzate”, che abbraccia un’ampia fascia che va dal versante continentale della duna mobile, più protetto dai venti salsi e non raggiunto dall’acqua di mare, al settore compreso tra duna mobile e dune fisse. In quest’area le sabbie divengono maggiormente coerenti e l’influenza di vento e spray marino è minore. In questa categoria è compresa tutta la duna fissa, o duna grigia, dove il substrato sabbioso è compatto e totalmente stabilizzato e possono essere presenti numerosi habitat.

La vegetazione camefitica e suffruticosa a dominanza di *Crucianella maritima* si sviluppa sul versante interno delle dune mobili con sabbie più stabili e compatte (habitat 2210 “Dune fisse del litorale (*Crucianellion maritimae*)”, a mosaico con pratelli terofitici (habitat 2230 “Dune con prati dei *Malcolmietalia*”).

Sui cordoni dunali più interni, dove si assiste ad una consistente stabilizzazione del substrato, si trovano le comunità legnose dominate da ginepri e altre sclerofille mediterranee (habitat 2250* “Dune costiere con *Juniperus* spp.”), le formazioni di macchia sclerofillica dei *Pistacio-Rhamnetalia* (**figura 4.2.3.3**), le garighe di sostituzione della stessa macchia per incendio o altre forme di degradazione (habitat 2260 “Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia*”) e, nelle radure, le comunità erbacee riferibili all’habitat 2240 “Dune con prati dei *Brachypodietalia* e vegetazione annua”.

Nel settore più interno e stabile del sistema dunale, infine, si possono trovare le pinete litoranee (habitat 2270* “Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*”). Si tratta per lo più di rimboschimenti e formazioni create dall’uomo in epoche diverse; in Italia, infatti le pinete costiere ritenute naturali sono localizzate solo in pochi siti in Sardegna. Nelle radure di queste pinete si rinvengono comunità erbacee effimere (habitat 6220* “Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei *Thero-Brachypodietea*”) oltre a lembi delle cenosi legnose precedentemente descritte, che tendono spontaneamente a colonizzare tali ambienti.

Nella stessa categoria fisiografica sono comprese, inoltre, alcune comunità psammofile particolari, tipiche del macrobioclima temperato, localizzate in Italia solo sul litorale adriatico settentrionale (habitat 2130* “Dune costiere fisse a vegetazione erbacea (dune grigie)” e 2160 “Dune con presenza di *Hippophae rhamnoides*”).



Figura 4.2.3.3 - Dune fisse colonizzate da ginepreti (a sinistra) e macchia a sclerofille (a destra) (loc. Piscinas, Sardegna. Foto S. Ercole).

La categoria fisiografica “Depressioni umide interdunali e retrodunali” si localizza nelle zone umide retrodunali inondate occasionalmente da acque salmastre ed è caratterizzata da vegetazione alofila e subalofila che si imposta su substrati con percentuali di sabbia medio-alte. In questa categoria si possono naturalmente rinvenire habitat presenti anche in contesti di tipo palustre (segnalati con la sigla *p.p.* in **tabella 4.2.1**), quindi in altra categoria.

Sono specifiche di questo contesto le comunità con aspetto di prateria dominata da giunchi (habitat 1410 “Pascoli inondati mediterranei (*Juncetalia maritimi*)”), i giuncheti mediterranei e le formazioni igrofile dell’habitat 6420 “Praterie umide mediterranee con piante erbacee alte del *Molinio-Holoschoenion*”.

Si segnala per completezza che in [Biondi et al. \(2009\)](#) l’habitat 2190 “Depressioni umide interdunari” non viene ritenuto presente in Italia, poiché sarebbe tipico esclusivamente dei sistemi dunali atlantici. Ne consegue che, secondo tale interpretazione, le segnalazioni dell’habitat 2190 in Italia risultano errate e vanno in parte riferite al 6420.

In tali contesti, ai margini delle depressioni salmastre retrodunali, su suoli salati argillosi temporaneamente umidi, possono essere presenti anche praterie alofile riferibili all’habitat 1510* “Steppe salate mediterranee (*Limonietalia*)”. Queste formazioni risentono molto della falda di acque salse ed in estate sono interessate da una forte essiccazione con formazione di efflorescenze saline.

4.2.4 Habitat rupestri

La categoria fisiografica “Coste rocciose e ambienti rupestri” (**figura 4.2.4.1**) comprende tutti gli ambienti di scogliera e costa rocciosa. Gli habitat sono caratterizzati da vegetazione casmofitica, rupicola e alo-rupicola a dominanza di camefite e nanofanerofite e da vegetazione arbustiva edafoxerofila impostate su litosuoli e suoli poveri. Tra le cenosi rupicole vere e proprie sono comprese le comunità con specie casmofitiche alofile, altamente specializzate e adattate all’areosol marino, come le comunità endemiche e microendemiche a *Limonium* sp.pl. (habitat 1240 “Scogliere con vegetazione delle coste mediterranee con *Limonium* spp. endemici”) e le comunità rupicole delle coste orientali dell’Adriatico settentrionale (Golfo di Trieste) (habitat 8210 “Pareti rocciose calcaree con vegetazione casmofitica”).

Sempre nella categoria delle coste rocciose rientrano comunità di tipo arbustivo come gli arbusteti nitrofilo o subnitrofilo dei suoli salsi e aridi dei tratti sommitali delle falesie prospicienti il mare (habitat 1430 “Praterie e fruticeti alonitrofilo (*Pegano-Salsoletea*)”), gli arbusteti delle zone termo-mediterranee a dominanza di *Euphorbia dendroides*, le garighe a *Ampelodesmos mauritanicus*, le comunità a palma nana, quelle con *Periploca angustifolia* e i genisteti termo mediterranei (tutte varianti dell’habitat 5330 “Arbusteti termo-mediterranei e pre-desertici”). Sono inoltre presenti le garighe litorali subalofile a dominanza di camefite dei generi *Euphorbia* e *Helichrysum*, che si sviluppano su litosuoli, in una fascia compresa tra le falesie e le comunità arbustive della macchia mediterranea verso l’interno (habitat 5320 “Formazioni basse di euforbie vicino alle scogliere”). Sono, infine, comprese anche le formazioni di frigana endemiche della Sardegna (habitat 5410 “Frigane del Mediterraneo occidentale sulla sommità di scogliere”) e di Sicilia e Sardegna (habitat 5420 “Frigane a *Sarcopoterium spinosum*”, habitat 5430 “Frigane endemiche dell’*Euphorbio-Verbascion*”).



Figura 4.2.4.1 - Habitat di costa rocciosa (a sinistra) e dettaglio di alcune specie casmofitiche (*Crithmum maritimum* e *Limonium* sp) (loc. Torre Lapillo, Salento. Foto S. Ercole).

5. DEFINIZIONE DEI CRITERI PER ASSOCIARE SPECIE DI FLORA E DI FAUNA ALLE CATEGORIE FISIOGRAFICHE

5.1 Specie di flora protette, sensibili e/o minacciate

Nella valutazione degli impatti legati alle opere di difesa costiera vanno considerate sia le specie vegetali tutelate ai sensi di convenzioni, norme e accordi internazionali sia quelle protette dalle normative regionali o comprese nelle Liste Rosse.

Sono quindi da considerare tutte le specie di ambienti litoranei italiani che rientrano nei seguenti quattro gruppi:

- specie protette ai sensi della Convenzione di Berna (allegato I);
- specie protette ai sensi della Direttiva 92/43/CE (allegato II) e del protocollo SPA/BIO (Convenzione di Barcellona);
- specie protette delle normative regionali di protezione della flora selvatica;
- specie incluse nelle Liste Rosse Nazionali e Regionali (Conti *et al.*, 1992; 1997; Scoppola e Spampinato, 2005; Rossi *et al.*, 2013).

Per produrre uno strumento di valenza generale, applicabile agevolmente anche a contesti geografici diversi, risulta estremamente utile attribuire le singole specie protette/a rischio incluse in questi quattro gruppi, alle categorie fisiografiche individuate in precedenza. L'associazione tra specie vegetali ed habitat è molto stretta negli ambienti costieri in esame, basandosi sulle preferenze ecologiche di ciascuna specie. Queste specie sono contraddistinte, infatti, da un'elevata specificità ecologica, che rende semplice associarle alle categorie fisiografiche di riferimento. Le specie vegetali legate a ciascuna categoria sono caratterizzate da adattamenti ecologici e fisiologici simili e, in termini generali, possono reagire in modo analogo a stress e disturbi indotti dalla realizzazione di opere di difesa costiera.

Vengono di seguito riportati per i quattro gruppi di specie sopra elencati, alcuni dettagli e qualche esempio di specie significativa con l'attribuzione alla relativa categoria fisiografica.

Specie protette da Convenzione di Berna, Direttiva Habitat e Protocollo SPA/BIO

Questi contingenti di specie vanno considerati prioritariamente e possono essere trattati insieme poiché molte delle entità incluse nella Direttiva Habitat e, per l'ambiente marino, dalla Convenzione di Barcellona-Protocollo SPA/BIO, sono comprese nella precedente Convenzione di Berna. Purtroppo si tratta complessivamente di un numero limitato di entità, che rappresentano una piccola parte della flora costiera da tutelare.

Le specie di flora marina sono tutelate fundamentalmente dalla Convenzione di Barcellona (allegato 1 al protocollo SPA/BIO), che annovera un totale di 16 specie.

Tutte le specie vegetali italiane incluse nella Direttiva Habitat sono state di recente valutate nella Lista Rossa delle *policy species* italiane (Rossi *et al.*, 2013) alla quale ci si può riferire per le informazioni sul loro *status* in Italia (categoria IUCN, vers. 3.2).

Di seguito si riporta, a titolo di esempio, l'attribuzione alle categorie fisiografiche di alcune specie protette dalle norme precedentemente citate (**tabella 5.1**). Si tratta nella gran parte dei casi di entità endemiche ad areale molto limitato. Si riporta anche l'indicazione relativa all'endemicità e la categoria IUCN di minaccia secondo Lista Rossa delle *policy species* italiane (Rossi *et al.*, 2013).

Tabella 5.1 - Attribuzione di alcune specie vegetali protette dalla normativa europea alle categorie fisiografiche.

Specie marine	Conv. Berna	Direttiva Habitat	Protocollo SPA/BIO	Cat. IUCN	Endemicità
Categoria fisiografica “praterie di <i>Posidonia oceanica</i> ” (macroambiente habitat marini)					
<i>Posidonia oceanica</i> (Linnaeus) Delile	X	-	X	LC	endemica del Mediterraneo
Specie terrestri	Conv. Berna	Direttiva Habitat	Cat. IUCN	Endemicità	
Categoria fisiografica “lagune e paludi costiere salmastre” (macroambiente habitat acquatici e umidi alofili)					
<i>Limonium insulare</i> (Bég. et Landi) Arrigoni et Diana	-	prioritaria	EN	endemica della Sardegna S-W	
<i>Limonium pseudolaetum</i> Arrigoni et Diana	-	prioritaria	VU	endemica della Sardegna, Penisola del Sinis	
<i>Salicornia veneta</i> Pignatti et Lausi	X	prioritaria	LC	-	
<i>Kosteletzkya pentacarpos</i> (L.) Ledeb	X	X	CR	-	
Categoria fisiografica “versante continentale della duna mobile, duna fissa e sabbie stabilizzate”(macroambiente habitat dunali)					
<i>Anchusa crispa</i> Viv	X	prioritaria	EN	endemismo sardo-corso	
<i>Galium litorale</i> Guss.	X	prioritaria	NT	endemica della Sicilia sud-occidentale	
<i>Linaria flava</i> (Poir.) Desf. subsp. <i>sardoa</i> (Sommier) A. Terracc.	X	prioritaria	EN	endemismo sardo-corso	
<i>Muscari gussonei</i> (Parl.) Tod. [syn. <i>Leopoldia gussonei</i> Parl.]	X	prioritaria	EN	endemica della Sicilia	
<i>Rouya polygama</i> (Desf.) Coincy	X	X	EN	-	
<i>Stipa veneta</i> Moraldo	-	prioritaria	EN	endemica dell’alto Adriatico	
Categoria fisiografica “coste rocciose e ambienti rupestri” (macroambiente habitat rupestri)					
<i>Astragalus maritimus</i> Moris	X	prioritaria	CR	endemica della Sardegna sud-occidentale	
<i>Bassia saxicola</i> (Guss.) A.J. Schott (syn <i>Eokochia saxicola</i>)	X	prioritaria	EN	endemica dell'Italia meridionale	
<i>Brassica macrocarpa</i> Guss	X	prioritaria	CR	endemica delle Isole Egadi (Sicilia)	
<i>Brassica insularis</i> Moris	X	prioritaria	NT	-	
<i>Campanula sabatia</i> De Not.	X	X	VU	endemica ligure	
<i>Centaurea horrida</i> Badarò	X	prioritaria	EN	endemica sarda	
<i>Centaurea kartschiana</i> Scop.	X	X	LC	endemica del Carso triestino	
<i>Dianthus rupicola</i> Biv.	X	X	LC	-	
<i>Limonium strictissimum</i> (Salzm.) Arrigoni	-	prioritaria	VU	endemismo della Sardegna nord-orientale	
<i>Primula palinuri</i> Petagna	X	X	VU	endemica dell'Italia meridionale tirrenica	
<i>Silene velutina</i> Loisel	X	prioritaria	NT	-	

Specie protette dalle Leggi Regionali

Un discorso a parte va fatto per le entità vegetali protette dalle Leggi Regionali di protezione della flora. La maggior parte delle Regioni italiane dispone, infatti, di provvedimenti per la tutela della flora spontanea comprensivi di liste di specie da tutelare che rappresentano una certa parte, più o meno ampia, della flora regionale (Alonzi *et al.*, 2006). Ai fini delle valutazioni in oggetto in questo studio, non si può prescindere dal considerare anche questo contingente di specie, che varia da Regione a Regione sia per consistenza, sia per criteri di selezione, che per livelli di tutela. Pur riconoscendo tale disomogeneità e il fatto che molti di questi provvedimenti sono ormai datati e andrebbero aggiornati sulla base delle attuali conoscenze, si ritiene necessario considerare anche queste liste di specie. Dovranno quindi essere considerate anche le entità protette dalle singole Leggi Regionali, anche in considerazione del fatto che, come detto, le specie italiane protette a livello internazionale o europeo sono una minima parte della flora italiana costiera realmente in pericolo.

A titolo di esempio si riportano alcune entità protette dalla Legge regionale della Regione Lazio n. 61 del 19-09-1974 (“Norme per la protezione della flora erbacea ed arbustiva spontanea”), attribuite alle categorie fisiografiche individuate in precedenza:

- Categoria fisiografica “Lagune e paludi costiere salmastre” (macroambiente habitat acquatici ed umidi alofili): *Schoenus nigricans* L.
- Categoria fisiografica “Embriodune e duna mobile” (macroambiente habitat dunali): *Ammophila arenaria* (L.) Link subsp. *australis* (Mabille) Láinz, *Otanthus maritimus* (L.) Hoffmanns. & Link subsp. *maritimus*, *Pancreatum maritimum* L. (figura 5.1.1), *Daphne sericea* Vahl.
- Categoria fisiografica “Coste rocciose e ambienti rupestri” (macroambiente habitat rupestri): *Chamaerops humilis* L.



Figura 5.1.1 - *Otanthus maritimus* (a sinistra) e *Pancreatum maritimum* (a destra) specie tipiche degli habitat dunali, ed in particolare delle embriodune e delle dune mobili (Foto S. Ercole).

Specie di Liste Rosse

Si ritiene importante includere nelle analisi di rischio e impatto anche le specie litoranee italiane inserite nelle Liste Rosse Nazionali e Regionali (Conti *et al.*, 1992; 1997; Scoppola e Spampinato, 2005; Rossi *et al.*, 2013). La rilevanza di questo contingente floristico appare evidente, anche se si pensa che spesso si tratta di entità con areali ristretti, puntiformi o disgiunti e di specie caratteristiche di habitat fortemente minacciati. Sono inoltre inclusi moltissimi endemismi, tra cui endemismi insulari delle grandi isole, endemiti esclusivi delle isole minori (Tremi, Egadi, Lampedusa, Linosa, Eolie ecc.) e alcuni paleo endemismi.

Per quanto concerne la specificità dei territori risulta inoltre utile considerare oltre alla valutazione IUCN a livello nazionale (Conti *et al.*, 1992; Rossi *et al.*, 2013) anche le valutazioni a carattere regionale delle Liste Rosse Regionali (Conti *et al.*, 1997). Si riportano di seguito alcuni esempi di specie costiere incluse nella Lista Rossa Regionale della Regione Lazio:

- Categoria fisiografica “Spiaggia emersa” (macroambiente habitat dunali): *Matthiola tricuspidata* (L.) R. Br. specie di Lista Rossa Regionale (CR), *Cressa cretica* L. specie di Lista Rossa Regionale (CR) e Lista Rossa Nazionale (EN).
- Categoria fisiografica “Versante continentale della duna mobile, duna fissa e sabbie stabilizzate” (macroambiente habitat dunali): *Malcolmia littorea* (L.) R. Br. specie di Lista Rossa Regionale

(VU) e Lista Rossa Nazionale (CR); *Ambrosia maritima* L. specie di Lista Rossa Regionale (LR) e di Legge Regionale n. 61 del 19-09-1974.

- Categoria fisiografica “Lagune e paludi costiere salmastre”(macroambiente habitat acquatici ed umidi alofili): *Alopecurus bulbosus* Gouan, specie di Lista Rossa Regionale (LR); *Plantago maritima* L. specie di Lista Rossa Regionale (LR); *Kosteletzkya pentacarpos* (L.) Ledeb. specie di Lista Rossa Nazionale (CR), di allegato II di Direttiva Habitat e di Lista Rossa Regionale del Lazio (CR), ormai probabilmente estinta nella Regione (Ercole *et al.*, 2013).

5.2 Specie di fauna protette, sensibili e/o minacciate

Considerato l'elevato numero di specie protette, sensibili e/o minacciate cui si fa riferimento nelle diverse convenzioni, norme e accordi internazionali esaminati (cfr. **capitolo 3**), nonché al fine di creare uno strumento di valenza generale, applicabile anche in contesti geografici diversi, si è cercato di individuare delle modalità "oggettive" di attribuzione delle singole specie di fauna protette alle categorie fisiografiche già individuate.

Il criterio scelto è quello di "uso dell'habitat" che rappresenta e descrive la maniera in cui un individuo utilizza le risorse fisiche e biologiche di un determinato ambiente. Un habitat può essere utilizzato da una specie per soddisfare diverse necessità: biologiche, ecologiche o etologiche (ad esempio fasi diverse del ciclo vitale quali riproduzione, alimentazione, sosta temporanea ecc.). Ne consegue che la stessa specie può appartenere a più categorie di habitat e che gli habitat interessati possono variare anche su scala spazio-temporale.

In alcune specie di avifauna, ad esempio, i cicli vitali (e conseguentemente anche gli habitat coinvolti) possono interessare ambienti diversi e in diversi periodi dell'anno: la riproduzione e le migrazioni si svolgono infatti in determinati periodi e in aree e a scale geografiche diverse. Inoltre alcune specie, in stagioni diverse, possono avere esigenze alimentari diverse, che implicano l'uso di habitat differenti. Ad esempio, *Phalacrocorax aristotelis* (noto come marangone dal ciuffo) - specie inclusa nell'allegato I della Direttiva Uccelli e nell'allegato II della Convenzione di Berna - è un uccello marino che nidifica da Dicembre a Maggio in colonie localizzate su scogliere e si nutre principalmente nelle acque costiere. Si tratta di una specie stanziale che utilizza due habitat differenti per la nidificazione (scogliere) e per la nutrizione (acque costiere).

Al fine di disporre di un'unica classificazione, valida per tutti i *taxa* animali interessati (invertebrati e vertebrati), sono state individuate le 8 categorie di uso dell'habitat, di seguito descritte:

- Residenti e Sessili (RS, *Residents and Sessiles*): questa categoria fa riferimento a tutte quelle specie che usano uno stesso habitat per tutte le loro necessità (alimentazione, accoppiamento, riproduzione, letargo ecc.) durante tutte le fasi del ciclo vitale.
- Reclutamento e insediamento larvale (LRS, *Larval Recruitment and Settlement*): questa categoria si riferisce alla fase di reclutamento e di insediamento delle larve sul substrato ed è specifica per le specie di invertebrati e pesci.
- Alimentazione (F, *Feeding*): questa categoria individua gli habitat utilizzati da individui giovani e adulti per l'alimentazione.
- Area di nursery (NA, *Nursery Area*): questa categoria individua le aree di concentrazione dei giovanili in particolare di specie ittiche.
- Riproduzione e accoppiamento (RM, *Reproduction and Mating*): questa categoria fa riferimento agli habitat che le specie utilizzano durante la fase di riproduzione e/o accoppiamento.
- Nidificazione e deposizione uova (ND, *Nesting and Deposition*): questa categoria fa riferimento agli habitat che le specie frequentano esclusivamente durante la fase di nidificazione e deposizione delle uova.
- Sosta temporanea (TS, *Temporary Stationing*): questa categoria si riferisce agli habitat che alcune specie utilizzano come sosta e/o rifugio, per periodi abbastanza brevi, da qualche giorno a un mese, come ad esempio avviene nel caso degli *stop over* di migrazione.
- Sosta prolungata e migrazioni (PSM, *Prolonged Stationing and Migration*): questa categoria si riferisce agli habitat che alcune specie utilizzano come sosta e/o rifugio, per periodi lunghi (ad esempio specie di uccelli svernanti) e agli habitat interessati dalle migrazioni (ad esempio migrazioni dei pesci).

Nella definizione delle categorie di uso dell'habitat è importante inoltre valutare, per ogni specie di fauna, la frequenza di uso dell'habitat su base temporale, che può essere perenne o stagionale. In particolare, laddove risulti una frequenza stagionale, deve essere indicata anche la stagione di riferimento, al fine di poter identificare opportune *environmental windows* (Dickerson *et al.*, 1998).

Un ultimo aspetto da considerare è infine quello relativo alla scala di uso dell'habitat, cioè la porzione di habitat che le specie effettivamente usano e che può essere locale (come nel caso della nidificazione, ND) o vasta (come nel caso delle aree di nursery, NA).

6. SISTEMA DI MATRICI “OPERA/IMPATTO VS HABITAT/SPECIE”

Scopo del sistema di matrici “opera/impatto vs habitat/specie”, realizzato su base bibliografica non sperimentale, è quello di fornire uno strumento multidisciplinare, semplificato e di rapida applicazione, che permetta di identificare *a priori* non solo i potenziali tipi di impatti attesi sull’ambiente ma anche gli habitat e le specie di flora e di fauna protette che potrebbero essere interessate da tali impatti.

Il sistema di matrici è stato redatto per supportare le Amministrazioni Pubbliche e i tecnici coinvolti nella valutazione e nella redazione degli Studi di Impatto Ambientale. Tale sistema non può tuttavia essere considerato sostitutivo di quanto richiesto dalla normativa vigente in materia di Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.), in quanto riferito esclusivamente all’analisi di habitat e specie di interesse comunitario.

Il sistema è stato organizzato in 9 matrici “opera/impatto vs habitat/specie” riferite a specifiche categorie di opere difesa, di seguito elencate:

- ✓ difese aderenti;
- ✓ difese distaccate (emerse e sommerse) e piattaforme isola;
- ✓ pennelli (permeabili e impermeabili);
- ✓ pennelli compositi;
- ✓ *headlands*;
- ✓ ripascimento;
- ✓ sistemi di drenaggio;
- ✓ ricostruzione morfologica delle dune costiere;
- ✓ barriere frangivento, restauro e consolidamento dune mediante vegetazione e gestione degli accessi.

Le matrici suindicate riuniscono opere di difesa di diverse tipologie che producono analoghi effetti fisici sull’ambiente. Questa scelta deriva dalla considerazione che, indipendentemente dal tipo di opera di difesa, è l’effetto fisico associato all’opera che determina gli impatti su habitat e specie. L’analisi dei principali effetti fisici prodotti a seguito della realizzazione delle opere (**capitolo 2**), unitamente all’analisi degli effetti sul comparto biotico (**capitolo 3**), hanno permesso di individuare i principali potenziali impatti generati sull’ambiente da ogni categoria di opera. I principali effetti fisici e i potenziali impatti sono stati considerati sia per la fase di cantiere (fase C - *Construction phase*) sia per quella di esercizio (fase O - *Operational phase*). Non è stata considerata invece la fase di dismissione, in quanto le opere di difesa costiera generalmente non prevedono tale fase.

In generale, le matrici mettono in relazione all’interno di ogni macroambiente (habitat marini, habitat acquatici ed umidi alofili, habitat dunali e habitat rupestri), gli effetti attesi e gli impatti potenziali alle specifiche categorie fisiografiche coinvolte. All’interno di ciascuna categoria fisiografica, ogni impatto potenziale viene poi associato ai tipi di habitat e le specie di flora e fauna protette ad essi associate.

E’ importante sottolineare che le matrici prodotte, pur fornendo la lista degli effetti attesi e degli impatti potenziali su habitat e specie, non ne quantificano l’entità. La quantificazione dell’intensità dell’impatto richiede, infatti, la conoscenza approfondita degli aspetti tecnico-progettuali dell’opera e delle caratteristiche locali del sito di intervento, quali ad esempio aspetti morfodinamici e stato di conservazione di habitat e specie.

La compilazione delle matrici prevede i seguenti passaggi:

- Identificazione dell’area di riferimento. Attraverso un’indagine preliminare, basata sulle informazioni tecniche e ambientali acquisite in fase di progettazione dell’opera, deve essere individuata l’area di riferimento, ossia l’area interessata dagli effetti diretti e indiretti che possono essere generati in seguito alla realizzazione dell’opera e include sia l’ambiente emerso sia quello sommerso.
- Identificazione dei tipi di habitat protetti. Attraverso un’accurata indagine bibliografica e apposite indagini di campo eseguite, devono essere identificate le categorie fisiografiche nell’area di riferimento e per ciascuna di esse i tipi di habitat protetti presenti (*sensu* Direttiva Habitat). E’ importante sottolineare che nella compilazione della matrice devono essere sempre mantenute tutte le categorie fisiografiche presenti nell’area di riferimento. Infatti, anche se non sono presenti

tipi di habitat protetti, l'area di riferimento può essere caratterizzata dalla presenza di specie di flora e di fauna protette.

- Identificazione delle specie di flora protette e loro attribuzione ai tipi di habitat. Attraverso un'accurata indagine bibliografica e specifiche indagini floristiche da effettuare sul campo, devono essere identificate le specie di flora presenti nell'area di riferimento, includendo le specie direttamente correlate agli habitat presenti e le specie protette dalle norme vigenti.
- Identificazione delle specie di fauna protette. Attraverso un'accurata indagine bibliografica e specifiche indagini di campo, deve essere effettuato il censimento delle specie di fauna presenti nell'area di riferimento, tenendo conto delle norme e delle convenzioni vigenti in materia di protezione della fauna.
- Attribuzione delle specie di fauna protette alle categorie fisiografiche. Ciascuna specie di fauna protetta, censita nell'area di riferimento, deve essere attribuita a una o più categorie di uso dell'habitat, specificandone la scala di uso (locale o vasta) e la frequenza temporale (perenne o stagionale), anche al fine di poter eventualmente identificare opportune "finestre temporali" in cui realizzare gli interventi minimizzando l'impatto.

Di seguito si riportano le 9 matrici "opera/impatto vs habitat/specie" prodotte. Al fine di facilitare la lettura e la comprensione delle matrici è stata redatta una scheda informativa comprensiva di approfondimenti e definizioni.

SCHEDA INFORMATIVA PER LA LETTURA DELLE MATRICI

	Tipo di approfondimento/definizione
Area di riferimento	Area interessata dagli effetti diretti e indiretti che possono essere indotti in seguito alla realizzazione dell'opera di difesa costiera e include sia l'ambiente emerso sia quello sommerso.
Impatti su habitat e specie protette	Sono considerati solo gli impatti derivanti dalla messa in opera e dal funzionamento della opera di difesa costiera, con particolare riferimento a quelli agenti su habitat e specie di flora e di fauna protette. Per uno studio di impatto ambientale completo si deve tenere conto di quanto richiesto dalla normativa vigente.
Impatti accidentali e/o derivanti da errori di progettazione e/o realizzazione dell'opera di difesa costiera	Non considerati.
Impatti sul paesaggio	Non considerati.
Rilascio di inquinanti nell'ambiente	Si considera che i mezzi terrestri e navali impiegati per la realizzazione delle opere di difesa siano a norma relativamente al rilascio di inquinanti nell'ambiente. Inoltre, viene considerato l'impatto relativo al rilascio di contaminanti da parte del materiale non naturale utilizzato per la realizzazione dell'opera di difesa (come tessuto non tessuto, geotessili) in quanto per tali materiali deve essere preventivamente verificata l'assenza di rilascio di contaminanti in acqua
Fenomeni di accumulo e/o accrescimento della spiaggia (emersa e sommersa)	Non vengono considerati tra gli impatti in quanto l'obiettivo stesso di un'opera di difesa costiera è quello di ripristinare la situazione preesistente l'instaurarsi dei fenomeni erosivi.
Fase di Cantiere e Fase di Esercizio	Con Fase di Cantiere (<i>C, Construction phase</i>) si intende il periodo di tempo necessario per la realizzazione dell'opera ed è caratterizzata dalla presenza di operai e di mezzi meccanici. Con Fase di Esercizio (<i>O, Operational phase</i>) si intende la fase successiva all'ultimazione dell'opera, a partire dalla quale essa esplica la sua funzionalità. Nel caso del ripascimento, la fase di cantiere include sia la fase in cui il sedimento viene sversato e ridistribuito generalmente con mezzi meccanici lungo tutto il tratto di intervento, sia il periodo successivo necessario al raggiungimento del nuovo profilo di equilibrio di spiaggia (emersa e sommersa) per l'azione rimodellante del moto. Non viene considerata la fase di dismissione in quanto le opere di difesa costiera generalmente non prevedono questa fase.
Categorie fisiografiche e tipi di habitat protetti <i>sensu</i> Direttiva Habitat	Gli habitat costieri protetti sono stati definiti sulla base dei tipi di habitat riportati nell'annesso I della Direttiva 92/43/EEC (Direttiva Habitat). Gli habitat sono stati raggruppati in unità territoriali-ambientali, denominate categorie fisiografiche. Tali unità sono state identificate seguendo criteri di omogeneità morfogenetica, litomorfologica e pedologica. Categorie fisiografiche: M1 - Acque marine, substrati mobili M2 - Acque marine, substrati duri M3 - Praterie di <i>Posidonia oceanica</i> W1 - Estuari e ambienti soggetti a marea

W2 - Acque stagnanti, stagni poco profondi e pozze
W3 - Lagune e paludi costiere salmastre
D1 - Spiaggia emersa
D2 - Embriodune e duna mobile
D3 - Versante continentale della duna mobile, duna fissa e sabbie stabilizzate
D4 - Depressioni umide interdunali e retrodunali
C1 - Coste rocciose e ambienti rupestri

Tipi di habitat sensu Direttiva Habitat:

1110 - Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina
1160 - Grandi cale e baie poco profonde, quando insediato su substrati mobili
1170 - Scogliere
8330 - Grotte marine sommerse o semisommerse
1120* - Praterie di *Posidonia* (*Posidonium oceanica*)
1130 - Estuari
1140 - Distese fangose o sabbiose emergenti durante la bassa marea
3120 - Acque oligotrofe a bassissimo contenuto minerale, su terreni generalmente sabbiosi del Mediterraneo occidentale, con *Isoëtes* spp.
3130 - Acque stagnanti, da oligotrofe a mesotrofe, con vegetazione dei *Littorelletea uniflorae* e/o degli *Isoëto-Nanojuncetea*
3140 - Acque oligomesotrofe calcaree con vegetazione bentica di *Chara* spp.
3170* - Stagni temporanei mediterranei
1150* - Lagune costiere
1310 - Vegetazione annua pioniera a *Salicornia* e altre specie delle zone fangose e sabbiose
1320 - Prati di *Spartina* (*Spartinion maritimae*)
1410 - Pascoli inondati mediterranei (*Juncetalia maritimi*)
1420 - Praterie e fruticeti alofili mediterranei e termo-atlantici (*Sarcocornietea fruticosi*)
1430 - Praterie e fruticeti alonitrofili (*Pegano-Salsoletea*)
6420 - Praterie umide mediterranee con piante erbacee alte del *Molinio-Holoschoenion*
1210 - Vegetazione annua delle linee di deposito marine
2110 - Dune embrionali mobili
2120 - Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* (dune bianche)
2130* - Dune costiere fisse a vegetazione erbacea (dune grigie)
2160 - Dune con presenza di *Hippophae rhamnoides*
2210 - Dune fisse del litorale (*Crucianellion maritimae*)
2230 - Dune con prati dei *Malcolmietalia*
2240 - Dune con prati dei *Brachypodietalia* e vegetazione annua
2250* - Dune costiere con *Juniperus* spp.
2260 - Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia*
6220* - Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei *Thero-Brachypodietea*
1510* - Mediterranean salt steppes (*Limonietalia*)
1240 - Scogliere con vegetazione delle coste mediterranee con *Limonium* spp. endemici
5320 - Formazioni basse di euforbie vicino alle scogliere
5330 - Arbusteti termo-mediterranei e pre-desertici

	<p>5410 - Frigane del Mediterraneo occidentale sulla sommità di scogliere (Sardegna) 5420 - Frigane a <i>Sarcopoterium spinosum</i> (Sardegna e Sicilia) 5430 - Frigane endemiche dell'<i>Euphorbio-Verbascion</i> (Sardegna e Sicilia) 8210 - Pareti rocciose calcaree con vegetazione casmofitica</p> <p><i>Con l'asterisco (*) sono indicati gli habitat prioritari.</i></p>
Categorie di uso dell'habitat per le specie di fauna	<p><u>Legenda:</u> RS - Residenti e Sessili LRS - Reclutamento e Innesdimento larvale F - Alimentazione, NA - Area di nursery M - Riproduzione e Accoppiamento ND - Nidificazione e Deposizione TS - Sosta Temporanea PSM - Sosta Prolungata e Migrazioni</p>
Rumore	<p>Il rumore non ha effetti sugli habitat e sulle specie di flora ad essi associate. Per questo motivo all'interno della matrice nella colonna "tipi di habitat e specie di flora associate" è riportata la dicitura n.p. (<i>not present</i>). Sono invece considerati gli effetti del rumore sulle categorie di fauna protette associate agli habitat.</p>

DIFESE ADERENTI						
MACROAMBIENTI	PRINCIPALI EFFETTI FISICI ATTESI	Fasi (C/O)	PRINCIPALI IMPATTI POTENZIALI	CATEGORIE, HABITAT E SPECIE INTERESSATI DAGLI IMPATTI		
				Categorie fisiografiche	Tipi di habitat e specie di flora associate	Categorie di uso dell'habitat (specie di fauna)
HABITAT MARINI (M)	Perdita di substrato associato alla presenza della struttura	C/O	Perdita e/o variazione di habitat e di specie di flora e fauna	M1	1110, 1160	RS, LRS, F, ND, RM, NA
	Variazioni substrato associate a possibili fenomeni erosivi localizzati	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)	M1	1110, 1160	
	Torbidità e carico sospeso, associati alla movimentazione dei sedimenti	C	Effetti su flora (es. diminuzione capacità fotosintetica) e su fauna (es. diminuzione capacità predatoria)	M3	1120*	RS, NA, F, LRS, RM, PSM
				M1	1110, 1160	
	M2	1160, 1170, 8330				
Calpestio e/o schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna	M3	1120*	RS, LRS, ND	
Rumore	C	Effetti su fauna (es. disturbo delle specie di pesci e rettili marini)	M1	n.p.	RS, F, NA, RM, ND, PSM	
			M2			
			M3			
HABITAT ACQUATICI E UMIDI ALOFILI (W)	Torbidità e carico sospeso, associati alla movimentazione dei sedimenti	C	Effetti su flora (es. diminuzione capacità fotosintetica) e su fauna (es. diminuzione capacità predatoria)	W1	1130, 1140	RS, NA, F, LRS, RM, PSM
	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, rettili e mammiferi)	W1	n.p.	RS, F, NA, RM, ND, TS, PSM
				W2		
W3						
HABITAT DUNALI (D)	Perdita di substrato associata alla presenza della struttura	C/O	Perdita e/o variazione di habitat e di specie di flora e di fauna	D1	1210, 1310	RS, LRS, F, ND, RM, TS, PSM
				D2	2110, 2120, 2230	
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*	
	Perdita substrato associata a possibili fenomeni erosivi localizzati	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)	D1	1210, 1310	
				D2	2110, 2120, 2230	
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*	
	Calpestio e/o schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna (es. invertebrati, avifauna e, limitatamente a D1, rettili marini)	D1	1210, 1310	RS, LRS, ND
				D2	2110, 2120, 2230	
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*	
	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, rettili e mammiferi)	D4	1410, 1510*, 6420	RS, F, RM, ND, TS, PSM
D1				n.p.		
D2						
D3						
D4						
HABITAT RUPESTRI (C)	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna)	C1	n.p.	RS, F, RM, ND, TS, PSM

DIFESE DISTACCATE (EMERSE E SOMMERSE) E PIATTAFORME ISOLA						
MACROAMBIENTI	PRINCIPALI EFFETTI FISICI ATTESI	Fasi (C/O)	PRINCIPALI IMPATTI POTENZIALI	CATEGORIE, HABITAT E SPECIE INTERESSATI DAGLI IMPATTI		
				Categorie fisiografiche	Tipi di Habitat e Specie di flora associate	Categorie di Uso dell'Habitat (Specie di Fauna)
HABITAT MARINI (M)	Perdita di substrato associata alla presenza della struttura	C/O	Perdita e/o variazione di habitat e di specie di flora e fauna	M1	1110, 1160	RS LRS F ND RM NA
	Variazioni substrato associate alle mutate condizioni idrodinamiche	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)	M1	1110, 1160	
				M3	1120*	
	Torbidità e carico sospeso, associati alla movimentazione dei sedimenti	C	Effetti su flora (es. diminuzione capacità fotosintetica) e su fauna (es. diminuzione capacità predatoria)	M1	1110, 1160	RS NA F LRS RM PSM
				M2	1160, 1170, 8330	
				M3	1120*	
	Eutrofizzazione associata alla riduzione di ricambio idrico	O	Effetti su flora e su fauna (es. fioriture algali e fenomeni di anossia)	M1	1110, 1160	RS LRS NA F ND RM PSM
Calpestio e schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna	M1	1110, 1160	RS LRS ND	
Rumore	C	Effetti su fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, pesci e rettili marini)	M1	n.p.	RS F NA RM PSM	
			M2			
			M3			
HABITAT ACQUATICI E UMIDI ALOFILI (W)	Perdita di substrato associata alla presenza della struttura	C/O	Perdita e/o variazione di habitat e di specie di flora e fauna	W1	1130, 1140	RS LRS F ND R NA TS PSM
	Variazioni substrato associate alle mutate condizioni idrodinamiche	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)			
	Torbidità e carico sospeso, associati alla movimentazione dei sedimenti	C	Effetti su flora (es. diminuzione capacità fotosintetica) e su fauna (es. diminuzione capacità predatoria)	W1	1130, 1140	RS NA F LRS RM PSM
	Eutrofizzazione associata alla riduzione di ricambio idrico	O	Effetti su flora e su fauna (es. fioriture algali e fenomeni di anossia)	W1	1130, 1140	RS LRS NA F ND RM PSM
	Calpestio e schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna	W1	1130, 1140	RS LRS ND
	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, rettili e mammiferi)	W1	n.p.	RS F NA RM ND TS PSM
			W2			
			W3			
HABITAT DUNALI (D)	Perdita substrato associata a possibili fenomeni erosivi sottoflutto	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)	D1	1210, 1310	RS LRS F ND RM TS PSM
				D2	2110, 2120, 2230	
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*	
	Calpestio e/o schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna (es. invertebrati, avifauna e, limitatamente a D1, rettili marini)	D1	1210, 1310	RS LRS ND
				D2	2110, 2120, 2230	
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*	
				D4	1410, 1510*, 6420	
Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, rettili e mammiferi)	D1	n.p.	RS F RM ND TS PSM	
			D2			
			D3			
			D4			
HABITAT RUPESTRI (C)	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna)	C1	n.p.	RS F RM ND TS PSM

PENNELLI (PERMEABILI E IMPERMEABILI)							
MACROAMBIENTI	PRINCIPALI EFFETTI FISICI ATTESI	Fasi (C/O)	PRINCIPALI IMPATTI POTENZIALI	CATEGORIE, HABITAT E SPECIE INTERESSATI DAGLI IMPATTI			
				Categorie fisiografiche	Tipi di Habitat e Specie di flora associate	Categorie di Uso dell'Habitat (Specie di Fauna)	
HABITAT MARINI (M)	Perdita di substrato associata alla presenza della struttura	C/O	Perdita e/o variazione di habitat e di specie di flora e fauna	M1	1110, 1160	RS LRS F ND RM NA	
	Variazioni substrato associate alle mutate condizioni idrodinamiche	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)	M1	1110, 1160		
				M3	1120*		
		Torbidità e carico sospeso, associati alla movimentazione dei sedimenti	C	Effetti su flora (es. diminuzione capacità fotosintetica) e su fauna (es. diminuzione capacità predatoria)	M1	1110, 1160	RS NA F LRS RM PSM
				M2	1160, 1170, 8330		
				M3	1120*		
	Calpestio e/o schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna	M1	1110, 1160	RS LRS ND	
	Rumore	C	Effetti su fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, pesci e rettili marini)	M1	n.p.	RS F NA RM ND PSM	
			M2				
			M3				
HABITAT ACQUATICI E UMIDI ALOFILII (W)	Perdita di substrato associata alla presenza della struttura	C/O	Perdita e/o variazione di habitat e di specie di flora e fauna	W1	1130, 1140	RS LRS F ND RM TS PSM	
	Variazioni substrato associate alle mutate condizioni idrodinamiche	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)				
		Torbidità e carico sospeso, associati alla movimentazione dei sedimenti	C	Effetti su flora (es. diminuzione capacità fotosintetica) e su fauna (es. diminuzione capacità predatoria)	W1	1130, 1140	RS NA F LRS RM PSM
		Calpestio e/o schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna	W1	1130, 1140	RS LRS ND
		Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, rettili e mammiferi)	W1	n.p.	RS F NA RM ND TS PSM
				W2			
			W3				
HABITAT DUNALI (D)	Perdita di substrato associata alla presenza della struttura	C/O	Perdita e/o variazione di habitat e di specie di flora e fauna	D1	1210, 1310	RS LRS F ND RM TS PSM	
				D2	2110, 2120, 2230		
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*		
		Perdita di substrato associata a possibili fenomeni erosivi localizzati e sottoflutto in funzione del grado di permeabilità dell'opera	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)	D1		1210, 1310
				D2	2110, 2120, 2230		
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*		
		Calpestio e/o schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna (es. invertebrati, avifauna e, limitatamente a D1, rettili marini)	D1	1210, 1310	RS LRS ND
				D2	2110, 2120, 2230		
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*		
				D4	1410, 1510*, 6420		
		Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, rettili e mammiferi)	D1	n.p.	RS F RM ND TS PSM
				D2			
			D3				
			D4				
HABITAT RUPESTRI (C)	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna)	C1	n.p.	RS F RM ND TS PSM	

PENNELLI COMPOSITI						
MACROAMBIENTI	PRINCIPALI EFFETTI FISICI ATTESI	Fasi (C/O)	PRINCIPALI IMPATTI POTENZIALI	CATEGORIE, HABITAT E SPECIE INTERESSATI DAGLI IMPATTI		
				Categorie fisiografiche	Tipi di Habitat e Specie di flora associate	Categorie di Uso dell'Habitat (Specie di Fauna)
HABITAT MARINI (M)	Perdita di substrato associata alla presenza della struttura	C/O	Perdita e/o variazione di habitat e di specie di flora e fauna	M1	1110, 1160	RS LRS F ND RM NA
	Variazioni substrato associate alle mutate condizioni idrodinamiche	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)	M1	1110, 1160	
	Torbidità e carico sospeso, associati alla movimentazione dei sedimenti	C	Effetti su flora (es. diminuzione capacità fotosintetica) e su fauna (es. diminuzione capacità predatoria)	M3	1120*	RS NA F LRS RM PSM
				M1	1110, 1160	
	M2	1160, 1170, 8330				
	Eutrofizzazione associata alla riduzione di ricambio idrico	O	Effetti su flora e su fauna (es. fioriture algali e fenomeni di anossia)	M3	1120*	RS LRS NA F ND RM PSM
Calpestio e/o schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna	M1	1110, 1160	RS LRS ND	
Rumore	C	Effetti su fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, pesci e rettili marini)	M1	n.p.	RS F NA RM ND PSM	
			M2			
			M3			
HABITAT ACQUATICI E UMIDI ALOFILI (W)	Perdita di substrato associata alla presenza della struttura	C/O	Perdita e/o variazione di habitat e di specie di flora e fauna	W1	1130, 1140	RS LRS F ND RM TS PSM
	Variazioni substrato associate alle mutate condizioni idrodinamiche	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)			
	Torbidità e carico sospeso, associati alla movimentazione dei sedimenti	C	Effetti su flora (es. diminuzione capacità fotosintetica) e su fauna (es. diminuzione capacità predatoria)	W1	1130, 1140	RS NA F LRS RM PSM
	Eutrofizzazione associata alla riduzione di ricambio idrico	O	Effetti su flora e su fauna (es. fioriture algali e fenomeni di anossia)	W1	1130, 1140	RS LRS NA F ND RM PSM
	Calpestio e/o schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna	W1	1130, 1140	RS LRS ND
	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, rettili e mammiferi)	W1	n.p.	RS F NA RM ND TS PSM
W2						
W3						
HABITAT DUNALI (D)	Perdita di substrato associata alla presenza della struttura	C/O	Perdita e/o variazione di habitat e di specie di flora e fauna	D1	1210, 1310	RS LRS FND RM TS PSM
				D2	2110, 2120, 2230	
	D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*				
	D1	1210, 1310				
	Perdita di substrato associata a possibili fenomeni erosivi localizzati e sottoflutto	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)	D2	2110, 2120, 2230	RS LRS ND
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*	
	Calpestio e/o schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna (es. invertebrati, avifauna e, limitatamente a D1, rettili marini)	D1	1210, 1310	
				D2	2110, 2120, 2230	
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*	
	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, rettili e mammiferi)	D4	1410, 1510*, 6420	RS F RM ND TS PSM
D1				n.p.		
D2						
D3						
Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna)	D4		n.p.	RS F RM ND TS PSM
			D1			
			D2			
			D3			
HABITAT RUPESTRI (C)	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna)	C1	n.p.	RS F RM ND TS PSM

HEADLANDS						
MACROAMBIENTI	PRINCIPALI EFFETTI FISICI ATTESI	Fasi (C/O)	PRINCIPALI IMPATTI POTENZIALI	CATEGORIE, HABITAT E SPECIE INTERESSATI DAGLI IMPATTI		
				Categorie fisiografiche	Tipi di Habitat e Specie di flora associate	Categorie di Uso dell'Habitat (Specie di Fauna)
HABITAT MARINI (M)	Perdita di substrato associata alla presenza della struttura	C/O	Perdita e/o variazione di habitat e di specie di flora e fauna	M1	1110, 1160	RS LRS F ND RM NA
	Variazioni substrato associate alle mutate condizioni idrodinamiche	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)	M1	1110, 1160	
				M3	1120*	
	Torbidità e carico sospeso, associati alla movimentazione dei sedimenti	C	Effetti su flora (es. diminuzione capacità fotosintetica) e su fauna (es. diminuzione capacità predatoria)	M1	1110, 1160	RS NA F LRS RM PSM
				M2	1160, 1170, 8330	
				M3	1120*	
Rumore	C	Effetti su fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, pesci e rettili marini)	M1	n.p.	RS F NA RM ND PSM	
			M2			
			M3			
HABITAT ACQUATICI E UMIDI ALOFILI (W)	Perdita di substrato associata alla presenza della struttura	C/O	Perdita e/o variazione di habitat e di specie di flora e fauna	W1	1130, 1140	RS LRS F ND RM NA TS PSM
	Variazioni substrato associate alle mutate condizioni idrodinamiche	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)			
	Torbidità e carico sospeso, associati alla movimentazione dei sedimenti	C	Effetti su flora (es. diminuzione capacità fotosintetica) e su fauna (es. diminuzione capacità predatoria)	W1	1130, 1140	RS NA F LRS RM PSM
	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, rettili e mammiferi)	W1	n.p.	RS F NA RM ND TS PSM
			W2			
			W3			
HABITAT DUNALI (D)	Perdita di substrato associata alla presenza della struttura	C/O	Perdita e/o variazione di habitat e di specie di flora e fauna	D1	1210, 1310	RS LRS F ND RM TS PSM
				D2	2110, 2120, 2230	
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*	
	D1	1210, 1310				
	D2	2110, 2120, 2230				
	D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*				
	Calpestio e/o schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna (es. invertebrati, avifauna e, limitatamente a D1, rettili marini)	D1	1210, 1310	RS LRS ND
				D2	2110, 2120, 2230	
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*	
	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, rettili e mammiferi)	D4	1410, 1510*, 6420	RS F RM ND TS PSM
D1				n.p.		
D2						
D3						
D4						
HABITAT RUPESTRI (C)	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna)	C1	n.p.	RS F RM ND TS PSM

RIPASCIMENTI						
MACROAMBIENTI	PRINCIPALI EFFETTI FISICI ATTESI	Fasi (C/O)	PRINCIPALI IMPATTI POTENZIALI	CATEGORIE, HABITAT E SPECIE INTERESSATI DAGLI IMPATTI		
				Categorie fisiografiche	Tipi di Habitat e Specie di flora associate	Categorie di Uso dell'Habitat (Specie di Fauna)
HABITAT MARINI (M)	Perdita e/o variazione di substrato associate allo sversamento del sedimento	C/O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. seppellimento e soffocamento)	M1	1110, 1160	RS LRS F ND RM NA
	Variazioni substrato associate alla tipologia di sedimento sversato	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)			
	Torbidità e carico sospeso associati alla movimentazione dei sedimenti	C	Effetti su flora (es. diminuzione capacità fotosintetica) e su fauna (es. diminuzione capacità predatoria)	M1	1110, 1160	RS NA F LRS RM PSM
	Ipersedimentazione (su tutti i tipi di fondo) e conseguente instabilità del fondo (solo per i fondi mobili), associate alla movimentazione dei sedimenti			M2	1160, 1170, 8330	
				M3	1120*	
	Rumore	C	Effetti su flora e fauna (es. problemi nella fase di insediamento larvale, soffocamento)	M1	1110, 1160	RS LRS ND
				M2	1160, 1170, 8330	
				M3	1120*	
Rumore	C	Effetti su fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, pesci e rettili marini)	M1	n.p.	RS F NA RM ND PSM	
			M2			
			M3			
HABITAT ACQUATICI E UMIDI ALOFILII (W)	Perdita e/o variazione di substrato associate allo sversamento del sedimento	C/O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. seppellimento e soffocamento)	W1	1130, 1140	RS LRS F ND RM NA
	Variazioni substrato associate alla tipologia di sedimento sversato	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)			TS PSM
	Torbidità e carico sospeso, associati alla movimentazione dei sedimenti	C	Effetti su flora (es. diminuzione capacità fotosintetica) e su fauna (es. diminuzione capacità predatoria)	W1	1130, 1140	RS NA F LRS RM PSM
	Ipersedimentazione e conseguente instabilità del fondo (solo per i fondi mobili), associate alla movimentazione dei sedimenti	C	Effetti su flora e fauna (es. problemi nella fase di insediamento larvale, soffocamento)	W1	1130, 1140	RS LRS ND
	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, rettili e mammiferi)	W1	n.p.	RS F NA RM ND TS PSM
				W2		
W3						
HABITAT DUNALI (D)	Perdita e/o variazione di substrato associate allo sversamento del sedimento	C/O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. seppellimento e soffocamento)	D1	1210, 1310	RS LRS F ND RM TS PSM
	Variazioni substrato associate alla tipologia di sedimento sversato	O	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie)			
	Calpestio e/o schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna (es. invertebrati, avifauna e, limitatamente a D1, rettili marini)	D1	1210, 1310	RS LRS ND
				D2	2110, 2120, 2230	
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*	
				D4	1410, 1510*, 6420	
	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, rettili e mammiferi)	D1	n.p.	RS F RM ND TS PSM
				D2		
D3						
D4						
HABITAT RUPESTRI (C)	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna)	C1	n.p.	RS F RM ND TS PSM

SISTEMI DI DRENAGGIO						
MACROAMBIENTI	PRINCIPALI EFFETTI FISICI ATTESI	Fasi (C/O)	PRINCIPALI IMPATTI POTENZIALI	CATEGORIE, HABITAT E SPECIE INTERESSATI DAGLI IMPATTI		
				Categorie fisiografiche	Tipi di Habitat e Specie di flora associate	Categorie di Uso dell'Habitat (Specie di Fauna)
HABITAT MARINI (M)	Rumore	C	Effetti su fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, pesci e rettili marini)	M1	1110, 1160	RS F NA RM ND PSM
				M2	1160, 1170, 8330	
				M3	1120*	
HABITAT ACQUATICI E UMIDI ALOFILI (W)	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, rettili e mammiferi)	W1	n.p.	RS F NA RM ND TS PSM
				W2		
				W3		
HABITAT DUNALI (D)	Perdita e/o spostamento substrato associata alla posa della struttura (sistema drenante e tubi di restituzione)	C	Perdita di habitat, specie di flora e fauna	D1	1210, 1310	RS LRS F ND RM TS PSM
	Perdita di substrato associata alla posa della struttura (pozzetti di raccolta)	C/O	Perdita di habitat, specie di flora e fauna	D1	1210, 1310	
	Variazione dei livelli piezometrici delle acque sotterranee	O	Effetti sulle specie di flora	D1	1210, 1310	
	Calpestio e/o schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna (es. invertebrati, avifauna e, limitatamente a D1, rettili marini)	D1	1210, 1310	RS LRS ND
				D2	2110, 2120, 2230	
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*	
				D4	1410, 1510*, 6420	
	Rumore	O	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, rettili e mammiferi)	D1	n.p.	RS F RM ND TS PSM
				D2		
				D3		
D4						
HABITAT RUPESTRI (C)	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna)	C1	n.p.	RS F RM ND TS PSM

RICOSTRUZIONE MORFOLOGICA DELLE DUNE COSTIERE						
MACROAMBIENTI	PRINCIPALI EFFETTI FISICI ATTESI	Fasi (C/O)	PRINCIPALI IMPATTI POTENZIALI	CATEGORIE, HABITAT E SPECIE INTERESSATI DAGLI IMPATTI		
				Categorie fisiografiche	Tipi di Habitat e Specie di flora associate	Categorie di Uso dell'Habitat (Specie di Fauna)
HABITAT MARINI (M)	Rumore	C	Effetti su fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, pesci e rettili marini)	M1	n.p.	RS F NA RM ND PSM
				M2		
				M3		
HABITAT ACQUATICI E UMIDI ALOFILI (W)	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna, rettili e mammiferi)	W1	n.p.	RS F NA RM ND TS PSM
				W2		
				W3		
HABITAT DUNALI (D)	Variazione substrato associata allo sversamento del sedimento	C	Perdita e/o variazione di habitat, con effetti su flora e fauna (es. sostituzione di specie, seppellimento e soffocamento)	D2	2110, 2120, 2230	RS LRS F ND RM
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*	
	Calpestio e/o schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna (es. invertebrati, avifauna e, limitatamente a D1, rettili marini)	D1	1210, 1310	RS LRS ND
				D2	2110, 2120, 2230	
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*	
	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna)	D1	n.p.	RS F RM ND TS PSM
D2						
D3						
D4						
HABITAT RUPESTRI (C)	Rumore	C	Effetti sulla fauna (es. disturbo delle specie di avifauna)	C1	n.p.	RS F RM ND TS PSM

BARRIERE FRANGIVENTO, RESTAURO E CONSOLIDAMENTO DUNE MEDIANTE VEGETAZIONE, GESTIONE DEGLI ACCESSI DELLE DUNE						
MACROAMBIENTI	PRINCIPALI EFFETTI FISICI ATTESI	Fasi (C/O)	PRINCIPALI IMPATTI POTENZIALI	CATEGORIE, HABITAT E SPECIE INTERESSATI DAGLI IMPATTI		
				Categorie fisiografiche	Tipi di Habitat e Specie di flora associate	Categorie di Uso dell'Habitat (Specie di Fauna)
HABITAT DUNALI (D)	Calpestio e/o schiacciamento	C	Effetti su flora e fauna (es. invertebrati, avifauna e, limitatamente a D1, rettili marini)	D1	1210, 1310	RS LRS ND
				D2	2110, 2120, 2230	
				D3	2130*, 2160, 2210, 2230, 2240, 2250*, 2260, 6220*	

BIBLIOGRAFIA

- ALONZI A., ERCOLE S., PICCINI C. (2006) - La protezione delle specie della flora e della fauna selvatica: quadro di riferimento legislativo regionale. Rapporto APAT n. **75/2006**.
- APAT - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e Servizi Tecnici dello Stato (2007) - Atlante delle opere di sistemazione costiera. Manuali e linee guida APAT, **44/2007**: 169 pp.
- BELLAN-SANTINI D., BELLAN G., BITAR G., HARMELIN J.G., PERGENT G. (2002) - Handbook for Interpreting Types of Marine Habitat for the Selection of Sites to be Included in the National Inventories of Natural Sites of Conservation Interest. UNEP/RAC/SPA: Tunis, TK: 217 pp. URL <http://www.rac-spa.org/dl/MSDF.pdf>.
- BERTASI F., COLANGELO M.A., ABBIATI M., CECCHERELLI V.U. (2007) - Effects of an artificial protection structure on the sandy shore macrofaunal community: the special case of Lido di Dante (Northern Adriatic Sea). *Hydrobiologia*, **586**: 277-290.
- BILZ M., KELL S.P., MAXTED N., LANSDOWN E R.V. (2011) - European Red List of Vascular Plants. Publications Office of the European Union, Luxembourg: 144 pp.
- BYRD J.I. (2004) - The effect of beach nourishment on loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) nesting in South Carolina. A thesis of the degree requirements for the Master of Science in Environmental Studies at the Graduate School - College of Charleston: 154 pp.
- BIONDI E., BLASI C., BURRASCANO S., CASAVECCHIA S., COPIZ R., DEL VICO E., GALDENZI D., GIGANTE D., LASEN C., SPAMPINATO G., VENANZONI R., ZIVKOVIC L. (2009) - Manuale italiano di interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. URL: <http://vnr.unipg.it/habitat/index.jsp>.
- B.N.P. (1995) - Beach Nourishment and Protection. National Academies Press, 12/dic/1995, Washington. D. C.: 334 pp. URL <http://www.nap.edu/books/0309052904/html/index.html>.
- BOVINA G., CALLORI DI VIGNALE C., AMODIO M. (2003) - L'approccio dell'ingegneria naturalistica nella conservazione degli ambienti dunali. In: Regione Lazio (Ed.), "Manuale di ingegneria naturalistica", **2**: 367-381.
- BULGARINI F., CALVARIO E., FRATICELLI F., PETRETTI F., SARROCCO S. (Eds) (1998) - Libro Rosso degli Animali d'Italia - Vertebrati. WWF Italia, Roma: 19 pp.
- BULLERI F. e CHAPMAN M.G. (2010) - The introduction of coastal infrastructure as a driver of change in marine environments. *Journal of Applied Ecology*, **47** (1): 26-35.
- BULLERI F., MENCONI M., CINELLI F., BENEDETTI-CECCHI L. (2000) - Grazing by tow species of limpets on artificial reefs in the northwest Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **255**: 1-19.
- BULLERI F., AIROLDI L. (2005) - Artificial marine structures facilitate the spread of a nonindigenous green alga, *Codium fragile* ssp. *tomentosoides*, in the North Adriatic Sea. *Journal of Applied Ecology*, **42**: 1063-1072.
- BUSH D.M., PILKEY O.H., NEAL W.J. (2001) - Human impact on coastal topography. In: Steele, J.H., Thorpe, S.A., Turekian, K.K. (Eds), Encyclopedia of Ocean Sciences. Academic Press, San Diego: 480-489.
- CALVARIO L., GUSTIN M., SARROCCO S., GALLO-ORSI U., BULGARINI F., FRATICELLI F., (1999) - Nuova lista rossa degli uccelli nidificanti in Italia, *Riv. Ital. Orn.*, **69** (1): 3-43.
- CERFOLLI F., PETRASSI F., PETRETTI F. (2002) - Il Libro Rosso degli Invertebrati. WWF Italia-ONLUS e Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica.
- CHAPMAN M.G., BULLERI F. (2003) - Intertidal seawalls – new features of landscape in intertidal environments. *Landscape and Urban planning*, **62**: 159-172.
- CHARLIER R.H., CHAINEUX M.C.P., MORCOS S. (2005) – Panorama of history of coastal protection. *Journal Coastal Research*, **21**: 79-111.
- COLOSIO F., ABBIATI M., AIROLDI L. (2007) - Effects of beach nourishment on sediments and benthic assemblages. *Marine Pollution Bulletin*, **54** (8): 1197-1206.
- CONNELL S. D. e GLASBY T. M. (1999) - Do urban structures influence the local abundance and diversity of subtidal epibiota? A case study from Sydney harbour, Australia. *Marine Environmental Research*, **47**: 373-387.
- CONTI F., MANZI A., PEDROTTI F. (1992) - Libro Rosso delle Piante d'Italia. Ministero dell'Ambiente, WWF Italia.
- CONTI F., MANZI A., PEDROTTI F. (1997) - Liste Rosse Regionali delle Piante d'Italia. WWF Italia, Società di Botanica Italiana e Università di Camerino.

-
- CORTINI PEDROTTI C., ALEFFI M. (1992) - Lista Rossa delle Briofite d'Italia. In: CONTI F., A. MANZI, F. PEDROTTI, F.: Libro Rosso delle Piante d'Italia. WWF Italia e Società di Botanica Italiana, Roma: 559-637.
- CRAIN A.D., BOLTEN A.B., BJORN DAL K.A. (1995) - Effects of beach nourishment on sea turtles: review and research initiatives. *Restoration Ecology*, **3** (2): 95-104.
- DEAN R.G. (2002) - Beach Nourishment. Theory and Practice. *World Scientific, Advanced series on Ocean Engineering*, **18**: 399 pp.
- DEFEO O., MCLACHLAN A., SCHOEMAN D.S., SCHLACHER T.A., DUGAN J., JONES A., LASTRA M., SCAPINI F. (2009) - Threats to sandy beach ecosystems: a review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **81**: 11-12.
- DETTE H.H. e RAUDKIVI A. J. (1994) - beach nourishment and dune protection. *Coastal Engineering*, **139**: 1934-1945.
- DICKERSON D.D., REINE J.J., CLARKE D.G. (1998) - Economic impacts of environmental windows associated with dredging operations. DOER Technical Notes Collection (TN DOERE3), US Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS: 18 pp.
- DI RISIO M., LISI I., BELTRAMI G.M., DE GIROLAMO P. (2010) - Physical modeling of the cross-shore short-term evolution of protected and unprotected beach nourishments. *Ocean Engineering*, **37**: 777-789.
- DOUGLASS S.D. (1995) - Estimating landward migration of nearshore constructed sand mounds, *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, **121** (5): 247-250.
- DOUGLASS S.D. (1996) - Nearshore placement of sand, 25th International Conference on Coastal Engineering, ASCE, Orlando: 3708-3721.
- DUGAN J.E. e HUBBARD D.M. (2006) - Ecological responses to coastal armouring on exposed sandy beaches. *Shore & beaches*, **74**: 10-16.
- DUGAN J.E., AIROLDI L., CHAPMAN M.G., WALKER S.J., SCHLACHER T. (2011) - Estuarine and Coastal Structures: Environmental Effects. A Focus on Shore and Nearshore Structures. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, from Treatise on Estuarine and Coastal Science*, **8**: 7-41.
- DUFFY-ANDERSON, J.T., MANDERSON, J.P., ABLE, K.W. (2003) - A characterization of juvenile fish assemblages around man-made structures in the New York New Jersey Harbor Estuary, USA. *Bull. Mar. Sci.*, **72**: 877- 889.
- ERCOLE S., GIACANELLI V., BERTANI G., BRANCALEONI L., CROCE A., FABRINI G., GERDOL R., GHIRELLI L., MASIN R., MION D., SANTANGELO A., SBURLINO G., TOMEI P.E., VILLANI M., WAGENSOMMER R.P. (2013) - Schede per una Lista Rossa della Flora Vascolare e Crittogamica Italiana. *Kosteletzkya pentacarpos* (L.) Ledeb. *Informatore Botanico Italiano*, **45** (1): 159-162.
- EUROSION (2004) - Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability - PART I - Major findings and Policy Recommendations of the EUROSION project: 54 pp. URL <http://www.euroSION.org/reports-online/partI.pdf>.
- FANINI L., MARCHETTI G.M., SCAPINI F., DEFEO O. (2009) - Effects of beach nourishment and groynes building on population and community descriptors of mobile arthropodofauna. *Ecological Indicators*, **9**: 167-178.
- FENSTER M.S., KNISLEY C.B., REED C.T. (2006) - Habitat preference and the effects of beach nourishment on the federally threatened northeastern beach tiger beetle, *Cincidela dorsalis dorsalis*: Western Shore, Chesapeake Bay, Virginia. *Journal of Coastal Research*, **22** (5): 1133-1144.
- FLETCHER C.H., MULLANE R.A., RICHMOND B.M. (1997) - Beach loss along armoured shorelines on Oahu, Hawaiian Islands. *Journal of Coastal Research*, **13**: 209-215.
- GACIA E., SATTA M.P., MARTIN D. (2007) - Low crested coastal defence structures on the Catalan of the Mediterranean Sea: how they compare with natural rocky shores. *Scientia Marina*, **71** (2): 259-267.
- GARGANO D. (2008) - La procedura IUCN, generalità. In: Flora da conservare. Iniziativa per l'implementazione in Italia delle categorie e dei criteri IUCN (2001) per la redazione di nuove Liste rosse. *Informatore Botanico Italiano* **40** (S1): 25-34.
- GLASBY T. M. (2000) - Surface composition and orientation interact to affect subtidal epibiota. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **248**: 177-190.
- GLASBY T.M., CONNELL S.D., HOLLOWAY M.G., HEWITT C.L. (2007) - Nonindigenous biota on artificial structures: could habitat creation facilitate biological invasions? *Marine Biology*, **151**: 887-895.
-

-
- GREEN K. (2002) - Beach nourishment: a review of the biological and physical impacts. ASMFC (Atlantic States Marine Fisheries Commission). *Habitat Management Series*, **7**: 174 pp.
- GUIDETTI P., FABIANO M. (2000) - The use of lepidochronology to assess the impact of terrigenous discharge on the primary leaf production of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Pollution Bulletin*, **40** (5): 449-453.
- ICES (2000) - Report of the working group on the effects of extraction of marine sediments on the marine ecosystems, Gdansk, Poland: 172 pp.
- IOANNIDIS D. e TH. V. KARAMBA S. (2007) - 'Soft' shore protection methods: beach drain system. 10th Int. Conf. on Environmental Science and Technology, CEST2007, Kos Island, Greece: A-528-535.
- IUCN (1994) - IUCN Red List categories and criteria: version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN Gland Switzerland and Cambridge, U. K.: 21 pp.
- IUCN (2001) - IUCN Red List Categories and Criteria: version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK: 30 pp.
- IUCN. (2003) - Guidelines for application of IUCN Red List Criteria at regional levels: version 3.0. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK: 26 pp.
- IUCN. (2013) - Guidelines for using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 10. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee. URL: <http://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>.
- IUCN. (2012b) - Guidelines for application of IUCN Red List Criteria at regional levels: version 4.0. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK: 41 pp.
- JACKSON N. L., SMITH D.R., TIYARATTANACHAI R., NORDSTROM K.F. (2007) - Evaluation of a small beach nourishment project to enhance habitat suitability for horseshoe crabs. *Geomorphology and Ecosystems*, **89** (1-2): 172-185.
- JARAMILLO E., CONTRRAS H., BOLLINGER A. (2002) - Beach and faunal response to the construction of a seawall in a sandy beach of south central Chile. *Journal of Coastal Research*, **18**: 523-529.
- HALLERMEIER R.J. (1981) - Seaward limit of significant sand transport by waves: an annual zonation for seasonal profiles. *Coastal Engineering Technical Aid - Coastal Engineering Research Center, U.S. Army Engineer*. Vicksburg, MS, CETA 81-2: 23 pp.
- KLEIN M.D. (2005) - Modelling rhythmic morphology in the surf zone. Ph.D. thesis, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering.
- LA VALLE P., NICOLETTI L., FINOIA M.G., ARDIZZONE G.D. (2011) - *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) as a potential biological indicator of grain-size variations in beach sediment. *Ecological Indicators*, **11/5** (2011): 1426-1436.
- LA VALLE P., NICOLETTI L. (2008) - Beach nourishment and *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) populations in the Central Tyrrhenian Sea: negative or positive impact? In: Campostrini P. (Ed) A changing coast: challenge for the environmental policies. *Proceedings of the IX International Conference LITTORAL 2008*, Venice, Italy, 25-28 November 2008. Arzanà, Venice. (electronic publication).
- LA VALLE P., BELLUSCIO A., NICOLETTI L., PAGANELLI D., ARDIZZONE G.D. (2007) - Effects of beach nourishment on *Donax trunculus* in the Latium coasts (Central Tyrrhenian Sea, Italy). *Proceedings of the Eighth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST'07*. E. Özhan (Editor), 13-17 November 2007, Alexandria, Egypt.
- LARSON M., KRAUS N.C., WISE R.A. (1999) - Equilibrium beach profiles under breaking and non-breaking waves. *Coastal Engineering*, **36**: 59-85.
- MANZANERA M., PÉREZ M., ROMERO J. (1998) - Seagrass mortality due to over-sedimentation: an experimental approach. *Journal of Coastal Conservation*, **4**: 67-70
- MARINO D., PIOTTO B. (a cura di) (2010) - Il valore economico della biodiversità e degli ecosistemi. Economia della conservazione ex situ. Manuali e linee guida ISPRA 64/2010: 218 pp.
- MARTIN D., BERTASI F., COLANGELO M.A., DE VRIES M., FROST M., HAWKINS S.J., MACPHERSON E., MORCHELLA P.S., SATTA M.P., THOMPSON R.C., SECCHERELLI V.U. (2005) - Ecological Impact of coastal defence structures on sediment and mobile fauna: evaluating and forecasting consequences of unavoidable modifications of native habitats. *Coastal engineering*, **52**: 1027-1051.
- MARTINS G.M., AMARAL A.F., WALLENSTEIN F.M., NETO A.I. (2009) - Influence of a breakwater on nearby rocky intertidal community structure. *Marine Environmental Research*, **67**: 237-245.
-

-
- MAURER D., KECK R.T., TINSMAN J.C., LEATHEM W.A., WETHE C.A., LORD C., CHURH T.M. (1986) - Vertical migration and mortality of benthos in dredged material: a synthesis. *International Revue der gesamten Hydrobiologie*, **71**(1): 49-63.
- MEYER-ARENDT K.J., DORVLO A. (2001) - Recreational development and shoreline modification along the north coast of Yucatan, Mexico. *Tourism Geographies*, **3**: 87-104.
- MOFFET M.D., McLACHLAN A., WINTER P.E.D., DE RUYCK A.M.C. (1998) - Impact of trampling on sandy beach macrofauna. *Journal of Coastal Conservation* **4**: 87-90.
- MOISER A.E., WITHERINGTON B.E. (2002) - Documented effects of coastal armouring structures on sea turtle nesting behaviour. Proceedings of the 20th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation: 304-306.
- MOREIRA J., CHAPMAN M.G., UNDERWOOD A.J. (2006) - Seawalls do not sustain viable populations of limpets. *Marine Ecology-Progress Series*, **322**: 179-188.
- MOSCHELLA P.S., ABBIATI M., ÅBERG P., AIROLDI L., ANDERSON J.M., BACCHIOCCHI F., BULLERI F., DINESEN G.E., FROST M., GACIA E., GRANHAG L., JONSSON P.R., SATTA M.P., SUNDELÖF A., THOMPSON R.C., HAWKINS S.J. (2005) - Low-crested coastal defence structures as artificial habitats for marine life: Using ecological criteria in design. *Coastal Engineering*, **52**: 1053-1071.
- NICHOLLS R. J., LAETHERMAN S.P. (1994) - Global sea-level rise. In: Strzepek K. e Smith J. B. (Eds), as climate changes: potential impacts and implications. Cambridge Univ. press, Cambridge.
- NICOLETTI L., PAGANELLI D., GABELLINI M. (2006) – Environmental aspects of relict sand dredging for beach nourishment: proposal of monitoring protocol. Quaderno ICRAM n.5: 155pp.
- NICOLETTI L., BELLUSCIO A., LA VALLE P., ARDIZZONE G.D. (2005) - Monitoring of Posidonia Oceanica Meadow after Beach Nourishment. In: “MEDCOAST ‘05 - Proceedings of the Seventh International Conference on the Mediterranean Coastal Environment”, Özhan E. (Ed), 25-29 October 2005, Kusadasi, Turkey: 451-460.
- NIMIS, P.L. 1992. Lista Rossa dei licheni d’Italia. In: CONTI, F., MANZI, A., E PEDROTTI, F. 1992. Libro rosso delle Piante d’Italia. Ministero dell’Ambiente, WWF Italia, Società Botanica Italiana: 503-555.
- NORDSTROM K.F. (2005) - Beach nourishment and coastal habitats: research needs to improve compatibility. *Restoration Ecology*, **13**(1): 215-222.
- OSPAR (2009) - Assessment of the impact of coastal defence structures: 27 pp.
- PATTIARATCHI C.B., OLSSON D., HETZEL Y., LOWE R. (2009) - Wave-driven circulation patterns in the lee of groynes. *Continental Shelf Research*, **29** (16): 1961-1974.
- PETERSON C.H., BISHOP M.J., JOHNSON G.A., D’ANNA L.M., MANNING L.M. (2006) - Exploiting beach filling as an unaffordable experiment: benthic intertidal impacts propagating upwards to shorebirds. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **338**: 205-221.
- PHILLIPS M.R. e WILLIAMS A.T. (2007) - Depth of Closure and Shoreline Indicators: Empirical Formulae for Beach Management. *Journal of Coastal Research*, **23** (2):487-500.
- PINN E.H., MITCHELL K., CORKILL J. (2005) - The assemblages of groynes in relation to substratum age, aspect and microhabitat. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **62**: 271-282.
- PIOTTO B., GIACANELLI V., ERCOLE S. (a cura di) (2010) - La conservazione ex situ della biodiversità delle specie vegetali spontanee e coltivate in Italia: stato dell’arte, criticità e azioni da compiere. Manuali e Linee Guida ISPRA, 54/2010: 205 pp.
- POSIDUNE (2007) - Interactions de Posidonia Oceanica et Sable avec l’Environnement des Dunes Naturelles - Cahier Technique étendu de Phase B, INTERREG IIC Beachmed-e: 127 pp. <http://www.beachmed.it/Beachmede/SousProjets/POSIDUNE/tabid/99/Default.aspx>.
- PRANZINI E. (2004) – La forma delle coste. Geomorfologia costiera impatto antropico e difesa dei litorali. Zanichelli Ed.: 245 pp.
- PRATAP K.M., SISIR K.P., SATYANARAYAN B., BUDHADEV E V S., UMAKATANTA P., BALAJI B., PRAVAKAR M., UMA S.P. (2012) - Impact of grin on beach morphology: a case study near Gopalpur Port, East Coast of India. *Journal of Coastal Research*, **28** (1): 132- 132.
- RAKOCINSKI C.F., HEARD R.W., LECROY S.E., MCLELLAND J.A., SIMONS T. (1996) - Responses by macrobenthic assemblages to extensive beach restoration at Perdido Key, Florida, USA. *Journal of Coastal Research*, **12** (1): 326-353.
- REGIONE TOSCANA (2007) - Studio e ricerca per l’implementazione del quadro conoscitivo della costa toscana nell’ambito del piano regionale di gestione integrata della costa. Rapporto Tecnico: 22 pp.
- RICE C.A. (2006) - Effects of shoreline modification on a northern Puget Sound beach: microclimate and embyo mortality in surf smelt (*Hypomesus pretiosus*). *Estuaries and Coasts*, **29**: 63-71.
-

- RIZKALLA, C.E., SAVAGE, A. (2011) - Impact of seawalls on loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) nesting and hatching success. *Journal of Coastal Research*, **27**(1): 166-173.
- RONDININI C, BATTISTONI A, PERONACE V, TEOFILI C (compilers) (2013) - Lista Rossa IUCN dei Vertebrati Italiani. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma: 54 pp.
- ROSSI G., GENTILI R. (2008) - A partnership project for a new Red List of the Italian Flora. *Plant Biosystems*, **142**: 302-304.
- ROSSI G., MONTAGNANI C., GARGANO D., PERUZZI L., ABELI T., RAVERA S., COGONI A., FENU G., MAGRINI S., GENNAI M., FOGGI B., WAGENSOMMER R.P., VENTURELLA G., BLASI C., RAIMONDO F.M., ORSENIGO S. (Eds) (2013) - Lista Rossa della Flora Italiana. 1. Policy Species e altre specie minacciate. Comitato Italiano IUCN; Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. URL <http://www.governo.it/backoffice/allegati/71184-8693.pdf>.
- RUIZ J.M., ROMERO J. (2003) - Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Mar. Pollut. Bull.*, **46**: 1523-1533.
- RUIZ J.M., MARIN A., CALVO J.F., RAMIREZ-DIAZ L. (1993) - Interactions between floodway and coastal constructions in Aguilas Bay (southeastern Spain). *Ocean and Coastal Management*, **19**: 241-262.
- RUMBOLD D.G., DAVIS P.W., PERRETTA C. (2001) - Estimating the effect of beach nourishment on *Caretta caretta* (loggerhead sea turtle) nesting. *Restoration Ecology*, **9**: 304-310.
- SANCHEZ-JEREZ P., GILLANDERS B.M., RODRIGUEZ-RUIZ S., RAMOS-ESPLA´ A. (2002) - Effect of an artificial reef in *Posidonia* meadows on fish assemblage and diet of *Diplodus annularis*. *ICES J. Mar. Sci.*, **59** (Suppl.): 59-68.
- SATO M., NISHI R., NAKAMURA K., SASAKI T. (2003) - Short-term field experiments on beach transformation under the operation of a coastal drain system. *Soft Shore Protection*, Kluwer Academic Publishers, **7**: 171-182.
- SCAPINI, F., CHELAZZI, L., COLOMBINI, I., FALLACI, M., FANINI, L. (2005) - Orientation of sandhoppers at different points along a dynamic shoreline in southern Tuscany. *Marine Biology* **147**: 919-926.
- SCOPPOLA A. e SPAMPINATO G. (2005) - Atlante delle specie a rischio di estinzione (CD-ROM). Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, Direzione per la Protezione della Natura, Società Botanica Italiana, Univ. della Tuscia, Univ. di Roma la Sapienza.
- SUTHERLAND J. (2010) - Guidelines on beach monitoring for coastal erosion. Concepts and Science for Coastal Erosion Management – CONSCIENCE. Deliverable D15. URL <http://www.conscience-eu.net/documents>.
- SPEYBROECK J., BONTE D., COURTENS W., GHESKIERE T., GROOTAERT P., MAELFAIT J.P., MATHYS M., PROVOOST S., SABBE K., STIENEN E.W.M., VAN LANCKER V., VINCX M., DEGRAER S. (2006) - Beach nourishment: an ecologically sound coastal defence alternative? A review. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, **16**: 419-435.
- STIVE M. J. F., AARNINKHOF S. G. J., HAMM L., HANSON H., LARSON M., WIJNBERG K. M., NICHOLLS R. J., CAPOBIANCO M. (2002) - Variability of shore and shoreline evolution. *Coastal Engineering*, **47** (2): 211-235.
- U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS (2003) - Coastal Engineering Manual (CEM), Chapter V-3 "Shore Protection Projects". U.S. Army Engineer Research and Development Center (ERDC), Vicksburg, Mississippi., EM 1110-2-1100 (Part V) 31 July 2003: 116 pp.
- U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS (2003, b) - Coastal Engineering Manual (CEM), Chapter VII "Coastal Engineering for environmental enhancement". U.S. Army Engineer Research and Development Center (ERDC), Vicksburg, Mississippi., EM 1110-2-1100 (Part V) 31 July 2003: 48 pp.
- VAN DOLAH R.F., CALDER D.R., KNOTT D.M. (1984) - Effects of dredging and open-water disposal on benthic macroinvertebrates in a South Carolina Estuary. *Estuaries*, **7**(1): 28-37.
- VAN RIJN, L.C. (2005) - Principles of Sedimentation and Erosion Engineering in Rivers, Estuaries and Coastal Seas. *Aqua Publications* (www.aquapublications.nl), The Netherlands: 600 pp.
- VICINANZA D., GUIDA A., DI NATALE M. (2006) – Stabilizzazione delle spiagge mediante drenaggio: il caso Ciraccio-Ciracciello (isola di Procida, Napoli). XXX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche - IDRA 2006: 14 pp.
- VESTERBY H. e PARKS J. (1988) - Beach management with the coastal drain system. Florida shore and beach preservation association meeting, Florida.

-
- VESTERBY H. (1991) - Coastal drain system: a new approach to coastal restoration. Geo-Coast'91 Conference, September, Yokohama.
- VESTERBY H. (1994) - Beach face dewatering: the European experience. Alternative Technologies in Beach Preservations. Proc. of the 1994 Nat. Conf. on Beach Preservation Technology: 53-68.
- WALLINGFORD H.R., BRAMPTON A., MOTYKA G., COATES T (2000) - A guide to managing coastal erosion in beach/dune systems. Scottish Natural Heritage. URL <http://www.snh.org.uk/publications/on-line/heritagemanagement/erosion/sitemap.shtml>.
- WALKER S.J., SCHLACHER T.A., THOMPSON L.M.C. (2008) - Habitat modification in a dynamic environment: The influence of a small artificial groyne on macrofaunal assemblages of a sandy beach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **79**: 24-34.
- WESLAWSKI, J. M., STANEK, A., SIEWERT A., BEER N. (2000) - The sandhopper *Talitrus saltator*, Montagu 1808 on the Polish Baltic Coast. Is it a victim of increased tourism? *Oceanological Studies*, **29**: 77-87.
- WILBER D.H., CLARKE D.G., RAY G.L., BURLAS M. (2003) - Response of surf zone fish to beach nourishment operations on the northern coast of New Jersey, USA. *Marine Ecology Progress Series*, **250**: 231-246.

Siti consultati (ultimo accesso: 20 gennaio 2014):

<http://www.coastance.eu>
<http://www.iucnredlist.org>
<http://www.rac-spa.org>
<http://ramsar.wetlands.org>
<http://www.shoregro.com>
<http://www.shoregro.com/pdfs/HV-BD-environment.pdf>
http://www.shoregro.com/P01_Home.html
http://www.snh.org.uk/publications/on-line/heritagemanagement/erosion/appendix_1.4.shtml

