

MARE E AMBIENTE COSTIERO

Introduzione

Nella precedente edizione si è molto argomentato sulle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche delle aree costiere e del mare. Sono stati descritti fenomeni evolutivi naturali dell'ambiente marino-costiero e gli impatti delle attività umane sui litorali; sono state trattate le forzanti marine, l'assetto del territorio e la qualità delle acque marino-costiere, oltre le risposte in termini di pianificazione territoriale e degli interventi a livello nazionale e regionale.

Gli elementi descrittivi dell'ambiente costiero non sono soggetti a cambiamenti nell'arco di periodi brevi e l'aggiornamento dell'informazione richiede comunque un orizzonte pluriennale.

Le variazioni geomorfologiche delle aree costiere, come i sistemi di protezione e l'esito degli interventi, il tasso di artificializzazione della costa con infrastrutture portuali e strutture produttive e ricreative, l'occupazione del suolo per urbanizzazione, sono fenomeni con evidenze lente e per i quali sono significativi monitoraggi a cadenza quinquennale o almeno decennale; a ciò si aggiunga che per informazioni di sintesi aggiornate a scala nazionale è necessario disporre di nuove coperture territoriali ad alta risoluzione, rispetto a quelle già disponibili.

Per ciò che concerne il mare, le forzanti marine dello stato fisico sono oggetto di continua osservazione, mediante le reti monitoraggio, e di studio e ricerca con continui progressi nella messa a punto di sistemi di previsione meteo-marine.

I monitoraggi della qualità delle acque per la balneazione e dello stato ecologico delle acque costiere (quest'ultimo imposto dalla Direttiva quadro sulle acque) rappresentano attualmente gli strumenti in grado di fornire parametri chimici e biologici delle acque marino-costiere e, a regime, un quadro nazionale periodicamente aggiornato dello stato qualitativo ed ecologico delle acque.

Per ciò che attiene la conoscenza e la valutazione dello stato ecologico del mare a livello di bacini, quindi oltre la delimitazione delle acque costiere, ci si attende maggiore impulso dalle attività e dagli adempimenti derivanti dall'implementazione della Strategia marina in Italia.

In questa edizione, quindi, saranno trattati in sintesi i temi relativi alle caratteristiche fisiche del mare e dell'ambiente costiero e saranno illustrati alcuni degli eventi meteo-marini accaduti nell'anno.

Si esamineranno, inoltre, i temi relativi alla qualità dell'acqua e alla rilevazione di alghe marine, evidenziando, poi, alcuni elementi di cambiamento dell'ambiente marino-costiero, spesso indotti dall'azione antropica, ma il più delle volte percepiti come un problema solo nella stagione estiva per la fruizione turistica e balneare.

La situazione

La particolare morfologia della nostra Penisola determina la suddivisione del Mediterraneo in due bacini principali che possono considerarsi semichiusi. Il primo è quello del Mediterraneo occidentale, delimitato dal canale di Sicilia e caratterizzato da ampie piane abissali; il secondo, il Mediterraneo orientale, molto più irregolare e dominato dal sistema della dorsale mediterranea.

La costa italiana ha una lunghezza di circa 8.300 km¹. Più del 9% di costa è ormai artificiale, delimitata da opere radenti la riva (3,7%), porti (3%) e strutture parzialmente sovrainposte al litorale (2,4%).

La costa naturale è circa 7.500 km. Più di un terzo sono coste alte che si sviluppano, secondo varie morfologie, con tratti rocciosi molto spesso articolati e frastagliati, presenti prevalentemente sulle due isole maggiori, Sardegna e Sicilia, e sulle regioni tirreniche, Liguria, Toscana e Campania. Le coste basse, sabbiose e rocciose, sono generalmente diffuse su tutti i fronti costieri, spesso si alternano a tratti alti rocciosi o sono racchiuse tra due promontori, con eccezione della costa adriatica costituita quasi esclusivamente da lunghi tratti rettilinei di litorali sabbiosi o deltizi e dai più estesi ambienti lagunari del Paese.

Circa il 70% delle coste basse è costituito da spiagge sabbiose o ghiaiose, per una lunghezza complessiva di 3.270 km e una superficie territoriale di oltre 120 km². Le spiagge italiane sono generalmente ampie (alcune decine di metri), presenti soprattutto sul fronte adriatico. L'Emilia-Romagna e il Veneto hanno le spiagge più ampie; la Sicilia è la regione con il maggior numero di chilometri di litorali sabbiosi, mentre la Calabria ha il maggior numero di km² di spiagge.

L'ambiente costiero è un ecosistema dinamico in cui processi naturali e di origine antropica si sommano e interagiscono modificandone le caratteristiche geomorfologiche, fisiche e biologiche e i litorali sabbiosi sono i territori più accessibili e più vulnerabili, ossia dove maggiormente si manifestano e si evidenziano dette evoluzioni. La continua movimentazione dei sedimenti a opera del mare (correnti, maree, moto ondoso, tempeste) sottopone i territori costieri a continui cambiamenti, che si evidenziano con nuovi assestamenti della linea di riva e con superfici territoriali emerse e sommerse dal mare, riscontrabili anche nell'arco di una stagione. L'azione del mare è contrastata principalmente dall'apporto fluviale di materiale detritico, riutilizzato per il naturale ripascimento dei litorali ghiaiosi o sabbiosi, e da tutti quegli interventi, come opere idrauliche e marittime, che costituiscono uno sbarramento al progressivo apporto di sedimenti alla foce dei fiumi e un ostacolo al loro flusso litoraneo. Negli ultimi decenni i litorali italiani hanno subito significative evoluzioni geomorfologiche ed è ormai nota una predominanza dei fenomeni di erosione costiera di origine prevalentemente antropica. Dal 1950 al 1999 il 46% delle coste basse ha subito modifiche superiori a 25 metri e, pur avendo considerato in **progradazione** quelle aree che con opere di colmamento sono state sottratte al mare e nel corso degli anni parzialmente rinaturalizzate, i tratti di costa in erosione (1.170 km) sono superiori a quelli in avanzamento

Costa italiana ha una lunghezza di circa 8.300 km.

7.500 km di costa naturale.

Il 70% delle coste basse è costituito da spiagge sabbiose o ghiaiose, per una lunghezza di 3.270 km e una superficie di 120 km².

Dinamica costiera.

¹ ISPRA. Elaborazione della copertura territoriale disponibile con le ortofoto del volo IT2006. Nella determinazione della lunghezza sono considerati anche tratti di costa rettilinei introdotti in corrispondenza delle foci dei fiumi e delle strutture portuali e marittime (costa fittizia) e tratti di costa artificiali con strutture permanenti realizzate a ridosso della costa

Tabella 5.1: Variazioni dell'assetto della linea di riva, per le sole coste basse, nei periodi 1950/1999 e 2000/2007²

Costa	1950/1999 (variazioni >+/-25m)		2000/2007 (variazioni >+/-10m)	
	km	%	km	%
Stabile	2.387	49%	2.832	60%
Modificata	2.227	46%	1.747	37%
<i>Erosione</i>	1.170	24%	897	19%
<i>Avanzamento</i>	1.058	22%	851	18%
Non definito	248	5%	143	3%
TOTALE	4.862	100%	4.722	100%

Dal 1950 al 1999, il 46% delle coste basse ha subito modifiche superiori a 25 metri. Nel periodo compreso tra il 2000 e il 2007, il 37% dei litorali ha subito variazioni superiori a 10 metri e i tratti di costa in erosione (897 km) sono ancora superiori a quelli in progradazione (851 km).

L'analisi delle variazioni dell'assetto della linea di riva nel periodo compreso tra il 2000 e il 2007 ha confermato tale tendenza: il 37% dei litorali ha subito variazioni superiori a 10 metri e i tratti di costa in erosione (897 km) sono ancora superiori a quelli in progradazione (851 km). In Figura 5.1 è riportato un esempio di rilievo delle variazioni nei periodi analizzati su un tratto di litorale in evidente e progressivo stato di erosione.



Le variazioni dell'assetto della linea di riva e la posizione della spiaggia presentano evidente e progressivo stato di erosione.

Figura 5.1: Tratto di costa in erosione in storica progressione (Trigno - Molise)³

² Fonte: ISPRA. La differenza di lunghezza totale di coste basse è determinata dalla variazione degli assetti della linea di riva, dall'esclusione delle aree di colmamento artificiale, seppure parzialmente naturali, considerate al 1999, dalle ulteriori opere marittime e di difesa realizzate tra il 2000 e il 2007 e dall'esclusione di ulteriori aree mascherate emerse con le ortofoto del volo IT2006

³ Fonte: Elaborazione ISPRA. Rilievi aerei del volo IT2006 e sovrapposizione dell'assetto della linea di riva rilevata dai mosaici delle tavole IGM 1:25.000 e delle spiagge rilevate dalle ortofoto del volo IT2000 e del volo IT2006

In termini di superficie, dal 1950 al 1999 ben 54 km² hanno subito una significativa erosione (superiore a 25 m) e il bilancio complessivo tra le aree in arretramento e in avanzamento è comunque negativo, con una perdita definitiva di territorio costiero di circa 5 km². L'arretramento della linea di riva e la perdita di superfici marino-costiere sono particolarmente evidenti e profonde in corrispondenza delle foci dei fiumi. Interi arenili sono fortemente arretrati, con una perdita di territorio e del suo valore sia dal punto di vista ambientale sia economico, inoltre, molti sono i casi in cui l'erosione dei litorali ha messo in crisi la sicurezza di abitazioni, strade e ferrovie, specie in caso di mareggiate. Nonostante i numerosi interventi di conservazione e ripristino dei litorali, le spiagge continuano a perdere superficie. Tra il 1999 e il 2007 le spiagge italiane hanno perso 16 km² a fronte di 15,2 km² di aree in progradazione. Il bilancio tra le variazioni contrastanti (progradazione e arretramento) e la stabilità dei litorali è ancora negativo (Tabella 5.2), inoltre la differenza tra la superficie delle spiagge in Italia nel 1999 (122,2 km²) e nel 2007 (121,6 km²) ha evidenziato che ulteriori 600.000 m² di arenili sono andati persi. Alcuni arenili si sono ulteriormente ristretti o, come illustrato in Figura 5.1, in alcuni casi si sono riposizionati verso l'entroterra.

Nonostante gli interventi di conservazione e ripristino dei litorali, tra il 1999 e il 2007, le spiagge italiane hanno perso 16 km² a fronte di 15,2 km² di aree in progradazione.

Tabella 5.2: Variazione delle spiagge nel periodo 1999/2007⁴

	km	%	km ²
Spiagge	3.271	100%	121,6
Stabilità	1.499	46%	
Arretramento	882	27%	16,0
Avanzamento	851	26%	15,2
Non definito	39	1%	

Il bilancio tra le variazioni contrastanti (progradazione e arretramento) e la stabilità dei litorali è ancora negativo.

La situazione illustrata è ferma al 2007 e per avere analisi aggiornate è necessario disporre di dati di base nuovi, per esempio coperture territoriali ad alta risoluzione a scala nazionale successive alle ortofoto del Volo IT20006. Le aree costiere sono i territori maggiormente occupati da insediamenti urbani e da attività economiche e produttive; negli ultimi decenni l'elevata densità di popolazione e di attività ha aumentato l'attenzione sui processi evolutivi litoranei, specie di tipo erosivo. La densità di popolazione sulle coste è in misura più che doppia rispetto alla media nazionale, senza tener conto dei flussi stagionali e delle presenze turistiche. Dai dati ISTAT emerge che il 30% della popolazione italiana vive stabilmente nei 646 comuni costieri, ossia su un territorio di 43.000 km², pari a circa il 13% del territorio nazionale. All'elevata densità di popolazione corrispondono numerosi insediamenti urbani, economici e produttivi, che in molte zone hanno modificato e alterato notevolmente le caratteristiche naturali e ambientali del territorio. Le principali infrastrutture di trasporto terrestri si sviluppano, anche per l'orografia del territorio, a poca distanza dalla costa e la posizione strategica dell'Italia nel Mediterraneo ha storicamente favorito il trasporto e gli scambi commerciali marittimi.

Circa il 30% della popolazione italiana vive nei 646 comuni costieri.

⁴ Fonte: ISPRA

In Italia l'occupazione del suolo in aree costiere è più elevata rispetto al resto del territorio nazionale; dall'analisi dei dati del *Corine Land Cover*, aggiornati al 2006, è emerso che il territorio occupato con strutture urbane nella fascia di 10 km dalla riva è pari al 9,2%, mentre nel resto del territorio nazionale è del 5,8%. L'artificializzazione con strutture abitative e di trasporto in aree costiere è in progressivo aumento e, tra il 2000 e il 2006, si è registrato in generale nei paesi europei un incremento relativo del 5% nell'area a 10 km dalla riva⁵.

Se poi si osserva il fenomeno dell'urbanizzazione nei territori più prossimi alla costa, le percentuali di suolo occupato aumentano esponenzialmente. Il 34% del territorio nazionale compreso nella fascia dei 300 m dalla riva, area che la normativa annovera tra i beni da tutelare per il loro valore paesaggistico (D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.), è urbanizzato, per un valore complessivo di 696 km². Le regioni centro-adriatiche, con un processo di urbanizzazione che si è sviluppato prevalentemente negli ultimi 50 anni, hanno occupato oltre la metà del territorio entro i 300 metri dalla riva (Abruzzo - 62%, Marche - 59%, Emilia-Romagna - 55%). Altre zone dell'Italia presentano una condizione più articolata, composta da grandi aree abitative, solitamente collegate ai centri urbani marittimi (Trieste, Napoli, Catanzaro, Catania), ma connesse anche a tratti di costa naturale, libera da edifici e opere, con evidenze maggiori in Sardegna, che nel complesso presenta la minore concentrazione di nuclei e centri abitati costieri.

In Italia, nel 2006, il territorio occupato con strutture urbane nella fascia di 10 km dalla riva è pari al 9,2%, mentre nel resto del territorio nazionale è del 5,8%



Come si evince dall'esempio in figura, l'azione antropica ha interferito sempre di più nei naturali processi litoranei. L'irrigidimento del limite interno delle spiagge con strutture artificiali permanenti, sia di tipo urbanistico sia marittimo, ha condizionato la dinamica e le caratteristiche ambientali di molti litorali.

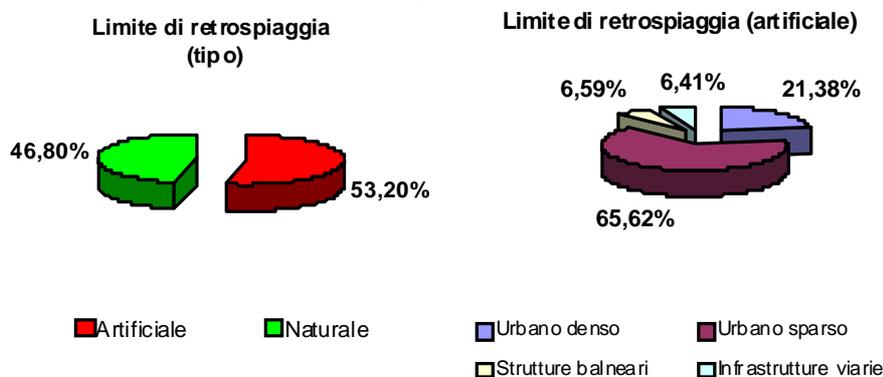
Figura 5.2: Spiaggia con limite interno parzialmente occupato da strutture abitative (Molise)⁶

Come mostra l'esempio in Figura 5.2, l'azione antropica ha interferito sempre di più nei naturali processi litoranei, per trarne vantaggio o per salvaguardare i beni a rischio. L'irrigidimento del

⁵ EEA, Report *The European Environment – State and outlook 2010*

⁶ Fonte: ISPRA

limite interno delle spiagge con strutture artificiali permanenti, sia di tipo urbanistico sia marittimo, ha condizionato la dinamica e le caratteristiche ambientali di molti litorali. Il 53% del limite interno delle spiagge è ormai artificiale e il relativo 87% è rappresentato da tessuto urbano denso dei centri abitati e prevalentemente da abitazioni sparse, spesso con nuclei abitativi adibiti a seconde case e destinate al turismo balneare (Figura 5.3).



Il 53% del limite interno delle spiagge è artificiale. Il 53% del limite interno delle spiagge è artificiale.

Figura 5.3: Distribuzione del tipo di retrospiaggia (a) e del tipo artificiale (b)⁷

In Italia, più di 300 km di coste, inoltre, sono occupati da circa 700 porti e da opere marittime minori, ossia pontili e banchine semplici come quelle dei piccoli approdi turistici.

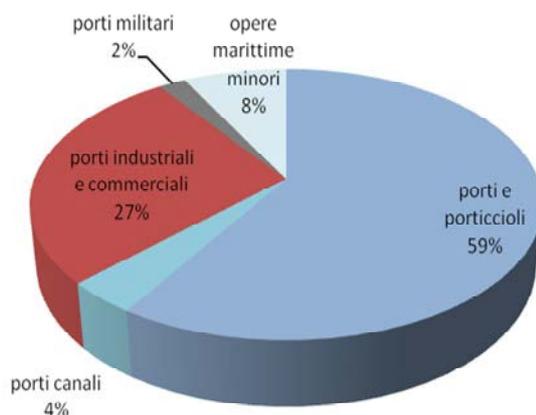


Figura 5.4: Sviluppo in km delle opere marittime per tipo⁸

Le opere marittime connesse al sistema portuale nazionale (l'insieme delle banchine, dei pontili, dei moli, delle dighe foranee) si sviluppano per una lunghezza complessiva di circa 2.250 km; di cui 615 km (27%) sono destinati a strutture commerciali e industriali, adibite prettamente alla movimentazione delle merci, alle attività cantieristiche e quelle asservite all'industria, e circa 1.415 km (63%) è costituito da porti, porticcioli e porti canale che svolgono funzione di terminal traghetti e crociere, di porto peschereccio o da diporto, spesso coniugando insieme queste funzioni in strutture polifunzionali. Dal 2000 al 2007 sono stati realizzati e completati 34 nuovi porti, occupando altri 13 km di costa, per uno sviluppo complessivo di 70 km, e ulteriori 7.500 posti barca⁹.

In Italia, oltre 300 km di coste sono occupati da circa 700 porti e opere marittime minori.

Le opere marittime del sistema portuale nazionale si sviluppano complessivamente per circa 2.250 km; di cui 615 km (27%) destinati a strutture commerciali e industriali, e circa 1.415 km (63%) costituito da porti, porticcioli, canali, ecc.

Il 27% delle opere marittime è rappresentato da porti industriali e commerciali, il 63% da porti, porticcioli e porti canale.

Tra il 2000 e 2007, realizzati e completati 34 nuovi porti.

⁷ Fonte: ISPRA

⁸ Fonte: Ibidem

⁹ Fonte: <http://www.paginegialle.com/italian/porti>

I nuovi impianti portuali sono prevalentemente adibiti a ospitare imbarcazioni per la navigazione da diporto; infatti, 21 sono porti prettamente turistici, 9 sono riservati ad attività di diporto e pesca e solo i restanti svolgono funzioni esclusive di porto peschereccio, commerciale o di trasporto passeggeri.

Nello stesso periodo, tuttavia, 181 delle aree portuali esistenti, compresi i grandi sistemi portuali del paese, come Genova, Napoli, Civitavecchia, Ancona, sono state ampliate o ristrutturate e alcuni interventi sono ancora in corso.

Gli interventi prevedono lavori molto diversi, che vanno dall'ampliamento di piccoli porticcioli alla completa trasformazione d'uso di grandi strutture (per esempio, ex-base NATO della Maddalena riconvertita in polo turistico).

È interessante evidenziare che i lavori a mare hanno riguardato le ristrutturazioni necessarie prevalentemente per far spazio a nuove marine turistiche (Genova, Cagliari, Ravenna, ecc.), per migliorare l'approdo di traghetti e navi da crociera (Palermo, Civitavecchia, ecc.) e per aumentare il traffico merci.

L'azione antropica sulle aree costiere, con opere marittime, insediamenti urbani e attività produttive, ha interferito sempre di più sui naturali processi litoranei.

D'altro canto fenomeni connaturati all'ambiente costiero, che si manifestano con erosione dei litorali, inondazioni ed eventi meteo-marini eccezionali, rappresentano una minaccia per gli insediamenti urbani prospicienti la riva, in cui sono messe a rischio abitazioni, infrastrutture e attività economiche e ricreative.

In Italia, infatti, il rischio nelle zone costiere è essenzialmente collegato a fenomeni di erosione e a eventi di tempeste e inondazioni, rilevanti soprattutto per le coste basse e sabbiose e per le pianure alluvionali costiere, come emerge dalle preliminari azioni di valutazione e gestione dei rischi di alluvioni richieste dal decreto attuativo della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE.

Per fronteggiare il problema negli anni sono stati realizzati numerosi interventi per mitigare localmente i processi di erosione costiera e per proteggere abitazioni e infrastrutture di trasporto.

Nei casi più gravi sono state realizzate opere rigide aderenti la riva, in altri sono state adottate e sperimentate soluzioni alternative, come pennelli, scogliere o soluzioni miste, con l'obiettivo principale di interferire sulla dinamica litoranea in corso, favorire la sedimentazione e limitare la forza d'urto delle mareggiate sulle coste. Le caratteristiche geomorfologiche dei litorali, l'esposizione a fenomeni meteo-marini e all'intensità delle mareggiate sono i parametri che hanno influenzato la scelta del tipo di interventi e le risorse impegnate.

181 delle aree portuali esistenti sono state ampliate o ristrutturate.

In Italia, il rischio nelle zone costiere è collegato a fenomeni di erosione ed eventi di tempeste e inondazioni. Sono stati realizzati interventi di protezione per mitigare i processi erosivi e proteggere le abitazioni e le infrastrutture.

Tabella 5.3: Costa protetta con opere di difesa, situazione al 2007¹⁰

Regione	Lunghezza costa	Costa protetta	Costa protetta
	km	km	%
Veneto	216	81	37,3
Friuli-Venezia Giulia	116	42	36,3
Liguria	378	132	35,1
Emilia-Romagna	174	70	40,4
Toscana	646	73	11,3
Marche	176	116	65,9
Lazio	380	73	19,3
Abruzzo	129	71	54,8
Molise	37	24	66,5
Campania	502	114	22,6
Puglia	957	118	12,3
Basilicata	66	1	1,5
Calabria	734	112	15,2
Sicilia	1.603	208	13,0
Sardegna	2.160	95	4,4
Italia	8.274	1.331	16,1

Oltre 1.300 km di costa protetta con varie tipologie di opere di difesa.

Dall'analisi dei dati emerge che lunghi tratti di costa delle regioni costiere sono protetti con opere rigide e le regioni adriatiche centrali sono quasi completamente protette da opere di difesa radenti la riva o distanti fino ad alcune centinaia di metri. In generale, lungo le coste italiane sono state realizzate circa 270 km di scogliere a fronte di oltre 1.300 km di costa protetta con varie tipologie di opere di difesa (Tabella 5.3). Più di 500 km di costa sono protetti con opere radenti la riva, che rappresentano l'estremo baluardo per la protezione dei litorali. Il resto è protetto con pennelli, foci armate e opere miste, queste ultime sono opere di protezione che in seguito a interventi di ampliamento e/o ristrutturazione nel tempo hanno perso una connotazione specifica.

Le regioni adriatiche centrali sono quasi completamente protette da opere di difesa radenti la riva o distanti fino ad alcune centinaia di metri.

I litorali stabilizzati artificialmente sono aumentati progressivamente e, nonostante il ricorso negli ultimi anni alla pratica del ripristino di spiagge mediante ripascimento artificiale, con riporto di sabbia prelevate dagli alvei dei fiumi o da depositi in mare, tra il 2000 e il 2007 sono stati realizzati ulteriori interventi di protezione (250 tra pennelli, foci armate e opere miste), opere radenti (più di un chilometro) e nuove scogliere (16 km).

Aumento progressivo dei litorali stabilizzati artificialmente: tra il 2000 e il 2007, sono stati realizzati ulteriori interventi di protezione e nuove scogliere.

Gli interventi di difesa, realizzati con l'obiettivo principale di ostacolare la crescente erosione e stabilizzare le spiagge, non hanno sempre garantito il risultato atteso, spesso hanno trasferito i processi erosivi sui tratti contigui e, in molti casi, contribuito al processo di artificializzazione e di degrado degli *habitat* marino-costieri.

In alcuni casi, come illustrato in Figura 5.5, per favorire il ricambio delle acque costiere e ridurre l'impatto sulla qualità o per migliorare l'efficienza dei sistemi di protezione, alcune opere sono state dismesse e sostituite con impianti realizzati *ex-novo*.

¹⁰ Fonte: ISPRA



Alcune opere sono state dismesse e sostituite con impianti realizzati ex-novo.

Figura 5.5: Opere di protezione dismesse e sostituite con nuovi impianti tra il 2000 e il 2006 (Nettuno)¹¹

Una tecnica alternativa in grado di garantire una buona risposta all'erosione costiera, sotto il profilo ambientale ed economico, è il ripascimento. Consiste nel ricostruire la spiaggia erosa immettendo materiale idoneo (sia dal punto di vista granulometrico, sia compositivo). Quest'ultimo, negli anni passati, è stato prelevato da cave terrestri e, solo in alcuni casi, da cave fluviali o marine. Negli ultimi anni, la ricerca di nuove fonti di materiale da utilizzare per il ripascimento di litorali in erosione ha privilegiato lo studio dei fondi marini. Sulla piattaforma continentale si possono, infatti, trovare depositi di **sabbie relitte** (generalmente riferibili ad antiche spiagge), che possono essere utilizzati per il ripascimento. L'impiego delle sabbie relitte, per questa tipologia di intervento, comporta alcuni vantaggi come la disponibilità di elevate quantità di sedimenti (milioni di m³), composizione simile alla sabbia dei nostri litorali, limitati effetti sull'ambiente e costi contenuti. Questi materiali, situati lungo la piattaforma continentale tra 30 e 130 metri di profondità, vengono recuperati mediante operazioni di dragaggio.

Il ripascimento è una tecnica alternativa per il ripristino dei litorali in erosione.

In Italia le prime attività di dragaggio di sabbie relitte risalgono al 1994 per i ripascimenti delle spiagge di Cavallino e Pellestrina (Venezia). Dal 1994 ad oggi sono stati utilizzati circa 6.000.000 m³ di sabbia, provenienti da un deposito al largo tra le foci dei fiumi Tagliamento e Adige, a circa 20 m di profondità. Altri sono stati condotti anche al largo di Ravenna (2002 e 2007) e al largo di Civitanova Marche (AP) (2006). Nel Mar Tirreno, invece, le prime attività sono state quelle relative allo sfruttamento di un deposito di sabbie relitte presente al largo di Anzio (Roma), utilizzate per il ripascimento del litorale di Ostia nel 1999. La Regione Lazio ha avviato, quindi, una serie di dragaggi di sabbie relitte a fini di ripascimento, che ha interessato, fino al 2010, e recentemente nel

Le prime attività di ripascimento, in Italia, risalgono al 1994.

Recentemente sono state avviate una serie di dragaggi di sabbie relitte per ripascimenti, che ha interessato sia la cava di Anzio, sia altri due depositi.

¹¹ Fonte: ISPRA

2012, sia la summenzionata cava di Anzio, sia altri due depositi, localizzati rispettivamente al largo di Montalto di Castro (VT) e di Torvaianica (Roma). Da quanto premesso emerge chiaramente che qualunque intervento in mare o in ambiente costiero non può prescindere da una concreta e solida conoscenza dei processi fisici e biologici di questi ambienti.

Il livello del mare, l'altezza e il periodo delle onde, le correnti, la pressione atmosferica, il vento, la temperatura sono i parametri di base per la caratterizzazione dei regimi mareali e ondosi dei mari italiani e della dinamica marina lungo le coste. I dati rilevati e raccolti dalle reti di misura mareografica (RMN) e ondometrica (RON) dell'ISPRA, opportunamente elaborati e analizzati statisticamente, forniscono una grande quantità di informazioni a scala locale e regionale sullo stato del mare, ad esempio le variazioni di marea, la caratterizzazione delle direzioni prevalenti delle onde di mareggiata, la distribuzione delle massime altezze, la elaborazione statistica delle mareggiate del passato, la stima della probabilità associata alle altezze d'onda attesa per ogni singola locazione, e quindi la valutazione del rischio.

Nel Mar Mediterraneo l'ampiezza massima delle maree è mediamente 45 cm, a differenza dei paesi nel nord Europa dove può superare i 10 metri, e le oscillazioni di marea sono di tipo semidiurno misto, con due massimi e due minimi durante la giornata, che si susseguono con valori diversi nel corso del mese con maree minori e maggiori. Relativamente ai bacini che bagnano le coste italiane, le maree hanno una periodicità media di 6 ore fra una bassa e un'alta marea e le escursioni sono abbastanza limitate, comprese mediamente tra i 30-70 cm.

Nell'Adriatico, che è un bacino semichiuso, si registrano i valori più alti di marea del Mediterraneo. Nell'alto Adriatico le ampiezze di marea possono superare anche il metro e, in particolari condizioni astronomiche e meteorologiche, quali forte vento di scirocco, si possono avere innalzamenti eccezionali del livello del mare, che provocano nella laguna veneta, sia per l'orografia della zona sia per le note problematiche di subsidenza, l'invasione del mare di ampi spazi terrestri per alcune ore, dando luogo al noto fenomeno di acqua alta a Venezia.

La morfologia della nostra Penisola è particolarmente adatta a raccogliere dati di livello del mare utili e significativi non solo alla determinazione dell'andamento delle maree lungo le coste, ma anche a studiare e interpretare molti altri fenomeni che si determinano nel bacino mediterraneo. Fra i più rilevanti si possono citare le *sesse*¹² (la più nota è certamente quella del mare Adriatico) e le onde anomale causate dai movimenti sismici o di origine meteorologica.

Un caso è rappresentato dall'episodio del 12 luglio 2012, quando sulle coste del Lazio e della Calabria, è stata osservata una variazione del livello del mare, durata qualche ora. Tale fenomeno è stato appunto registrato dalla Rete Mareografica Nazionale che, alla stazione di Anzio, ha rilevato una variazione totale di livello del mare di circa 20-30 cm (Figura 5.6), manifestandosi ancora (o forse concludendosi), il 14 luglio.

Lo stato del mare è caratterizzato dai parametri fisici quali: livello del mare, altezza e periodo delle onde, correnti, pressione atmosferica, vento e temperatura.

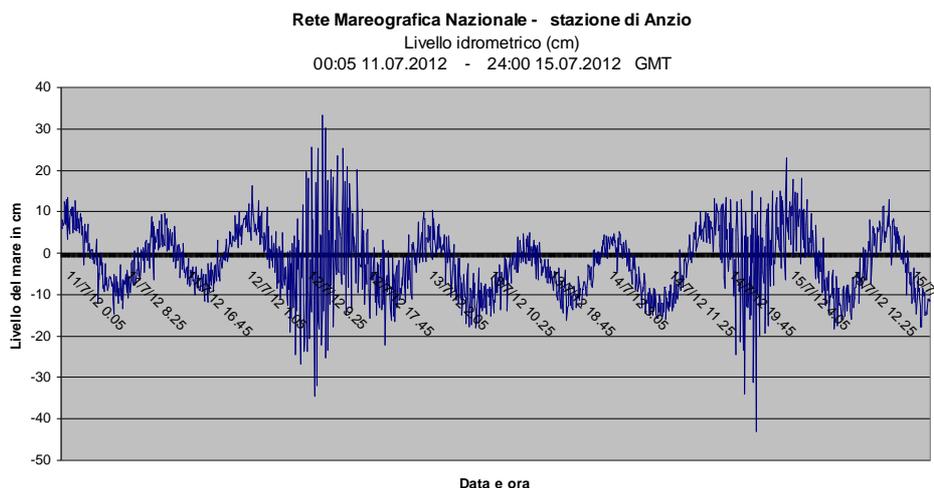
Nel Mediterraneo, l'ampiezza massima delle maree è mediamente 45 cm.

L'Adriatico presenta i valori più alti di marea.

Rilevazione dall'andamento delle maree anche di altri fenomeni, quali sesse o onde anomale.

Variazione del livello del mare registrato il 12 luglio 2012.

¹² Libere oscillazioni dell'intero bacino, il cui effetto si può sommare a quello delle maree



Andamento di marea alla stazione di Anzio che rileva lo tsunami meteorologico.

Figura 5.6: Livello di marea registrato dal mareografo di Anzio che rileva lo tsunami meteorologico di luglio 2012¹³

Secondo i rilievi di ISPRA, consultati anche gli enti preposti alla sorveglianza in tali ambiti, si esclude che il fenomeno sia stato provocato da attività sismica o vulcanica nell'area: le cause sono in corso di approfondimento da parte dei tecnici, ma al momento l'ipotesi più accreditata è legata all'influsso di una perturbazione atmosferica di origine nord-africana. Inoltre, sentite le Capitanerie, per avere notizie sulle eventuali ricadute e interferenze determinate dall'anomalia con le normali attività portuali e turistiche, proprio da Anzio sono stati segnalati problemi di navigazione per un aliscafo che in uscita dal porto, al momento dell'evento, a causa del basso livello del mare non è riuscito a percorrere il canale di navigazione, imbattendosi in un "capo corrente" (un vortice). Anche la Capitaneria di Porto di Gaeta ha ricevuto molte segnalazioni da parte di bagnanti, in particolare dalla spiaggia di Serapo, dove le modeste pendenze della spiaggia hanno determinato un consistente, seppur momentaneo, arretramento dell'acqua verso il mare aperto.

Il fenomeno è stato rilevato e documentato anche dalle Capitanerie di Porto e dai bagnanti.

Sebbene non usuale per le coste tirreniche dell'Italia centro-meridionale, la repentina variazione del livello del mare è fenomeno abbastanza frequente in alcuni tratti delle coste italiane, ad esempio nel canale di Sicilia, dove prende il nome di "marrobbio" ed è associato a particolari condizioni meteo-climatiche. Nel caso registrato a luglio, si tratterebbe però di un "meteotsunami" generato da variazioni repentine delle condizioni atmosferiche, come il passaggio di fronti di pressione.

La repentina variazione del livello del mare è fenomeno abbastanza frequente in alcuni tratti delle coste italiane.

Altro **evento anomalo** rilevato dalla Rete Mareografica Nazionale è la tromba d'aria del 28 novembre 2012 che si abbattuta sul golfo di Taranto e che ha investito la città e provincia: evento passato alla cronaca non solo per l'eccezionale fenomeno meteo-marino, ma soprattutto per le conseguenze devastanti in termini di vite umane e danni alle attività portuali e industriali. Dalle misure rilevate dal mareografo di Taranto (Tabella 5.4), tromba d'aria ha investito l'area portuale nell'intervallo di tempo compreso tra 9:45 e le 9:55 GMT (10:45 – 10:55 ora solare), generando un repentino sbalzo del livello mare con un innalzamento di 30 cm nell'arco di 5 minuti, con ritorno a valori di livello regolari in circa 3 minuti.

Variazione del livello del mare per l'evento meteo-marino del 28 novembre 2012.

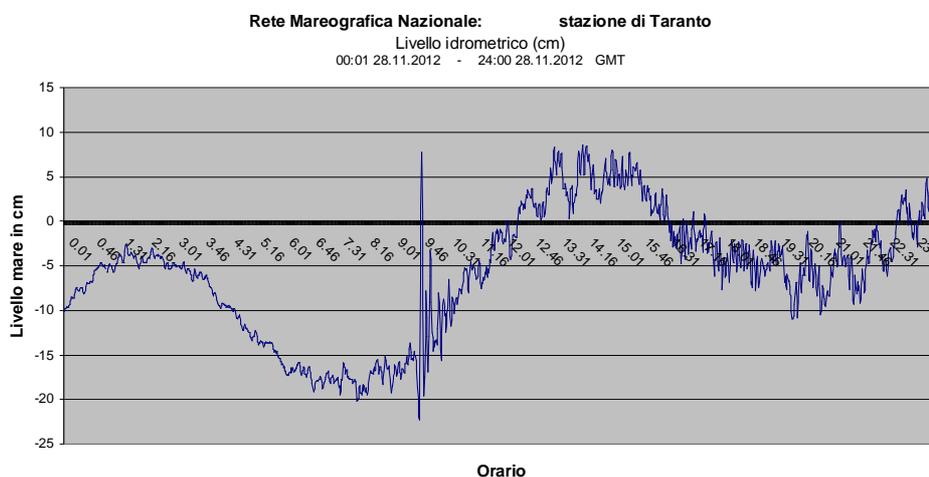
¹³ Fonte: ISPRA

In Figura 5.7 sono evidenti, inoltre, le conseguenti oscillazioni interne al bacino portuale innescate dal tornado.

Tabella 5.4: Livello di marea registrato dal mareografo di Taranto¹⁴

Data	Ora	Livello marea (cm)
28/11/2012	9.45	-22,3
28/11/2012	9.46	-17,9
28/11/2012	9.47	-6,2
28/11/2012	9.48	1,6
28/11/2012	9.49	7,7
28/11/2012	9.50	1
28/11/2012	9.51	-9,3
28/11/2012	9.52	-19,3
28/11/2012	9.53	-19,6

La tromba d'aria ha investito l'area portuale tra le 9:45 e le 9:55 GMT del 28 novembre 2012, generando un repentino sbalzo del livello mare con un innalzamento di 30 cm nell'arco di 5 minuti, con ritorno a valori di livello regolari in circa 3 minuti.



Andamento di marea rilevato dal mareografo di Taranto durante il passaggio della tromba d'aria del 28 novembre 2012.

Figura 5.7: Livello di marea registrato dal mareografo di Taranto (28 novembre 2012)¹⁵

La dinamica e i processi del mare in acqua bassa sono influenzati, oltre che dalle correnti di marea, anche dal moto delle onde, generate prevalentemente dall'azione del vento.

Lo studio statistico delle direzioni caratteristiche delle onde prende il nome di "clima ondoso".

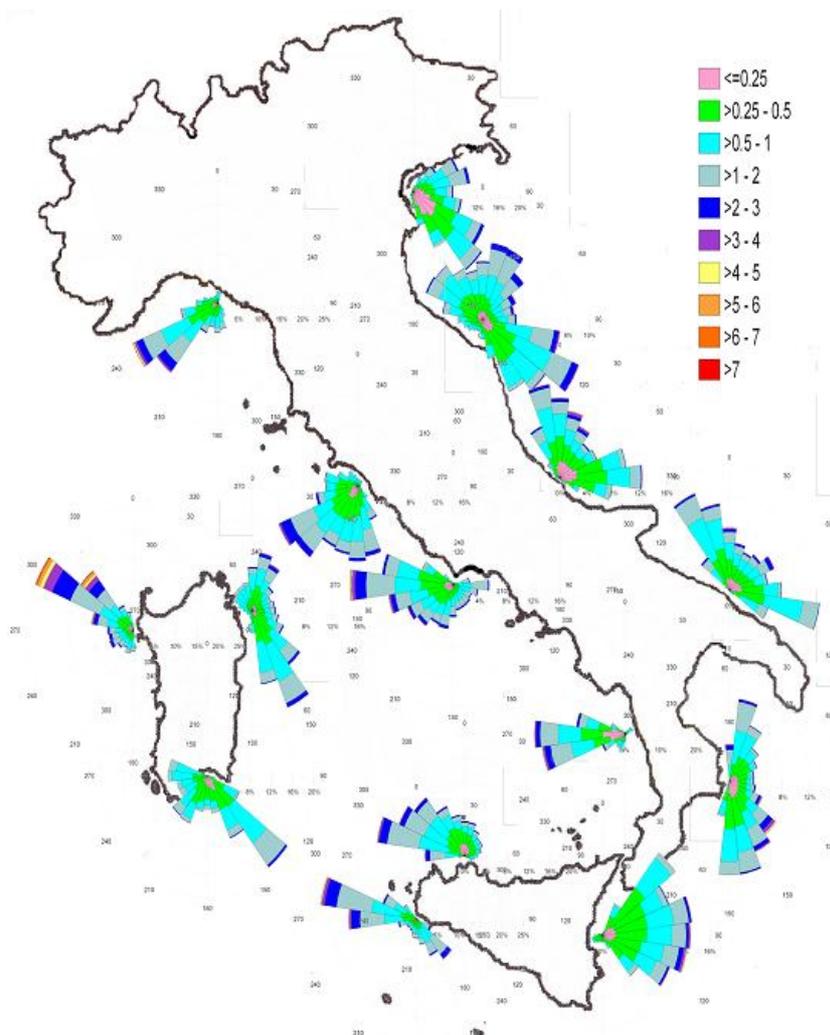
Le analisi più utili per lo studio del clima ondoso in un sito sono le distribuzioni statistiche dell'altezza significativa rispetto al periodo e alla direzione delle onde, che possono essere rappresentate graficamente come "rose dei venti".

Come si evince dalla Figura 5.8, in corrispondenza di ciascun punto di misura è possibile osservare la rosa dei venti che fornisce due diverse informazioni: la distribuzione angolare dell'altezza d'onda significativa e la frequenza degli eventi ondosi divisi per classi di altezza d'onda.

La dinamica e i processi del mare in acqua bassa sono influenzati dalle correnti di marea e dal moto delle onde.

¹⁴ Fonte: ISPRA

¹⁵ Fonte: Ibidem



Il Mar Tirreno mostra una certa unidirezionalità degli eventi, mentre nello Ionio e nell'Adriatico sono sempre presenti dei climi almeno bimodali. Il Tirreno è soggetto, inoltre, ad altezze d'onda massime più alte di quelle presenti nell'Adriatico.

Figura 5.8: Clima ondoso lungo le coste italiane – La distanza radiale indica la probabilità di un evento nel corrispondente settore direzionale, il colore indica l'altezza d'onda significativa¹⁶

Il clima ondoso italiano ha due principali comportamenti: unidirezionale (come nel caso di La Spezia) o distribuito su due o più settori direzionali (come Ancona o Civitavecchia).

Il Mar Tirreno mostra una certa unidirezionalità degli eventi, mentre nello Ionio e nell'Adriatico sono sempre presenti dei climi almeno bimodali. Il Tirreno è soggetto, inoltre, ad altezze d'onda massime più alte di quelle presenti nell'Adriatico, questo trova ragione non soltanto nei regimi di vento intenso ma anche nella maggiore estensione delle aree in cui il vento è in grado di cedere energia alle onde. Le onde più alte sono registrate dalla boa di Alghero; si osserva, inoltre, che ad Alghero è più alto anche il numero di episodi con onde superiori ad almeno 3 m (Figura 5.8). Il vento che genera la quasi totalità delle mareggiate nella Sardegna occidentale è il Maestrale, e i suoi effetti sono evidenti anche nel Tirreno centrale e meridionale. Ad esempio, il massimo assoluto di 9,8 m registrato dalla boa di Alghero si riferisce allo stesso evento registrato anche dalle boe di Cetraro (8,9 m) e di Ponza (7,9 m); si tratta della mareggiata del 28 dicembre 1999, denominata "la mareggiata del secolo" o "mareggiata di Natale".

Il clima ondoso italiano ha due principali comportamenti: unidirezionale (come nel caso di La Spezia) o distribuito su due o più settori direzionali (come Ancona o Civitavecchia).

¹⁶ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati rilevati dalla Rete Ondametrica Nazionale

Nell'Adriatico le mareggiate hanno spesso direzione da Nord o da Nord Est-Est, meno intense (massimo registrato 6,2 m), sebbene non siano rari casi con onde intorno a 3 m.

Il clima ondoso dei mari, con l'ausilio dei parametri delle onde rilevate dalle reti di osservazione, sintetizza il numero e l'intensità delle mareggiate cui sono stati esposti i vari settori costieri, ma gli effetti distruttivi di alcuni eventi di tempesta e il rischio a cui sono sottoposte molte aree costiere rende sempre più necessaria l'analisi degli eventi estremi, per calcolare la probabilità nel lungo periodo che un determinato evento di tempesta si ripresenti.

Lo studio degli eventi estremi consiste nell'individuazione delle serie di eventi massimi indipendenti dalle altezze d'onda registrate e nell'applicazione del metodo *Peak Over Threshold* (POT); il risultato dell'analisi permette di stabilire quanto tempo, in media, trascorre tra due eventi intensi (tempo di ritorno).

Questo metodo consente, inoltre, di stabilire con quale probabilità, in un periodo di tempo definito (ad esempio 25 anni), si presenterà un'onda più alta di 6 m o, all'inverso, una volta fissato un livello di probabilità del 95%, quale sarà l'onda più alta che si presenterà nell'arco di 25 anni (altezza di ritorno).



Nota

Periodo di ritorno corrispondente al massimo valore osservato in 20 anni (T_m); livello di ritorno corrispondente a 35, 40, o 50 anni (H_{s35}, H_{s40}, H_{s50}), a seconda della estensione della serie temporale a disposizione

Figura 5.9: Distribuzione degli eventi estremi lungo le coste italiane¹⁷

Gli effetti distruttivi di alcuni eventi di tempesta e il rischio cui sono sottoposte molte aree costiere rendono sempre più necessaria l'analisi degli eventi estremi.

Lo studio degli eventi estremi consiste nell'individuazione delle serie di eventi massimi indipendenti dalle altezze d'onda registrate e nell'applicazione del metodo Peak Over Threshold (POT). Il risultato dell'analisi permette di stabilire sia quanto tempo, in media, trascorre tra due eventi intensi (tempo di ritorno), sia con quale probabilità, in un periodo di tempo definito, si presenterà un'onda più alta di 6 m o, all'inverso, una volta fissato un livello di probabilità del 95%, quale sarà l'onda più alta che si presenterà nell'arco di 25 anni (altezza di ritorno).

¹⁷ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati rilevati dalla Rete Ondametrica Nazionale

Generalmente nei mari occidentali italiani (Tirreno, Ligure, Canale di Sicilia, Mediterraneo centrale) le mareggiate sono più intense e più frequenti rispetto a quando accade lungo le coste orientali (Mar Adriatico e Ionio).

Le mareggiate sono più frequenti nei mari occidentali italiani.

In funzione del numero medio di mareggiate per anno e delle massime altezze registrate è possibile distinguere tre zone:

- Il mar Adriatico, caratterizzato da 12-15 episodi annui e altezze di ritorno tra 5-6 m;
- Il mar Ionio, caratterizzato da 8-15 eventi annui con altezze di ritorno di circa 6 m;
- Il mar di Sardegna, mar di Sicilia, Tirreno e mar Ligure, caratterizzati da 12-20 episodi annui e altezze di ritorno oltre i 6,8 m.

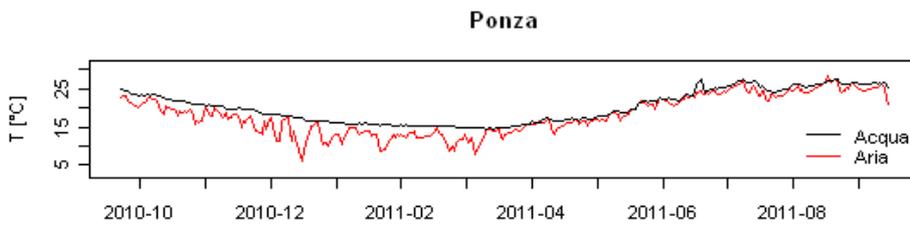
Oltre al regime ondoso e di marea, altro parametro di base per l'analisi dei fenomeni fisici del mare è la temperatura delle acque marine: fattore essenziale per i movimenti delle masse oceaniche, alla stregua della temperatura e dell'umidità dell'aria per i movimenti atmosferici, e fondamentale per valutare i fenomeni di cambiamento climatico.

La temperatura delle acque marine è un fattore essenziale per i movimenti delle masse oceaniche e per valutare i cambiamenti climatici.

La superficie del mare assorbe gran parte dell'energia radiata dal sole. Notoriamente, tale energia si propaga per conduzione dagli strati superiori verso quelli inferiori più freddi, oppure per effetto convettivo dei moti turbolenti della massa fluida. Il processo di trasmissione termica, per sola conduzione, può essere praticamente trascurato nei fenomeni che si svolgono con ritmi diurni e annui, restando significativo soltanto negli equilibri lenti (quali sono quelli stabiliti nel corso di periodi geologici), mentre il fenomeno della convezione è enormemente più rapido ed efficace provocando aumenti di temperatura sensibili sino a centinaia di metri dalla superficie del mare.

Le serie dei valori di temperatura dell'aria e dell'acqua presentano caratteristiche molto simili tra loro, quali una forte autocorrelazione temporale e la presenza di componenti di natura stagionale e giornaliera, dovute alla variazione dell'irraggiamento solare. Il confronto diretto tra queste misurazioni, rilevate in mare aperto dalle boe della RON, permette di avere molte informazioni sui fenomeni termici della superficie dei mari e degli scambi di calore con gli strati superiori dell'aria, anche in assenza di osservazioni sulla forzante del fenomeno, l'irraggiamento solare.

A titolo d'esempio si riporta il confronto della temperatura dell'acqua marina e dell'aria rilevate nel ciclo annuale dalla boa di Ponza (Figura 5.10). Si evidenzia, infatti, che lo strato superficiale del mare subisce oscillazioni termiche limitate nel corso del riscaldamento annuale, per quanto enorme sia l'energia termica da esso assorbita. Il calore assorbito è perduto, in massima parte, negli scambi con l'aria, nell'evaporazione e nella trasmissione convettiva alle acque sottostanti; tuttavia il bilancio tra il calore assorbito e perso per effetto della radiazione solare è positivo e la temperatura media superficiale dell'acqua risulta maggiore di quella dell'aria sovrastante. Dalle misure effettuate mediante la RON, nei mari italiani la differenza termica fra acqua e aria è in media di circa 1,7 °C.



Nota

Temperature rilevate dai sensori della boa di Ponza, ormeggiata in mare aperto a 40°52'00"N di latitudine, 12°57'00"E di longitudine in corrispondenza di un fondale di 115 m

Figura 5.10: Temperature dell'acqua e dell'aria registrate dalla boa di Ponza¹⁸

Lo strato superficiale del mare subisce oscillazioni termiche limitate nel corso del riscaldamento annuale, per quanto grande sia l'energia termica assorbita. La differenza termica, nei mari italiani, tra acqua e aria è in media di circa 1.7 °C.

Per valutare le interazioni aria-acqua sulla superficie libera del mare che determinano lo scambio di calore è opportuno individuare ed eliminare tutte le componenti di stagionalità. Il **cross-correlogramma** delle serie storiche di temperatura media giornaliera di aria e acqua registrate dalla boa di Ponza (Figura 5.11a) evidenzia la presenza di una forte dipendenza tra temperatura dell'aria e dell'acqua, nonché la presenza di una componente stagionale annuale. Questa componente non viene eliminata se si considerano i soli residui ottenuti dalla differenza tra le temperature dell'aria e dell'acqua (Figura 5.11b), e mostra dipendenza anche tra valori distanti nel tempo.

Per valutare le interazioni aria-acqua sulla superficie libera del mare vanno individuate ed eliminate tutte le componenti di stagionalità.

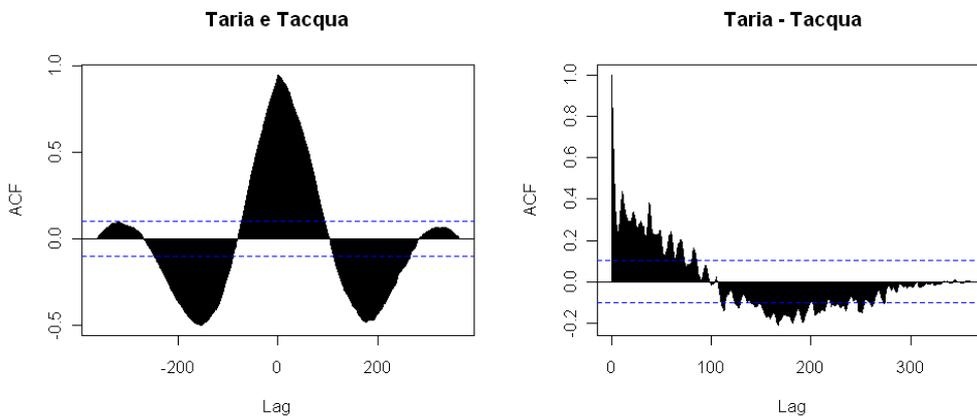


Figura 5.11: Cross-correlogramma delle variabili di temperatura (a) e dei residui (b) (boa di Ponza)¹⁹

Depurando le serie storiche dai rispettivi valori medi mensili è possibile, invece, individuare una debole correlazione dei residui (Figura 5.12a). Tali residui rappresentano la differenza tra la temperatura dell'acqua e quella dell'aria al netto dell'effetto stagionale, dipendenti da una serie di fattori meteo-marini, innanzi richiamati, in modo particolare dall'evaporazione, come evidenziato in Figura 5.12b, in cui sono messi in relazione i valori di umidità relativa e di temperature "destagionalizzate".

¹⁸ Fonte: ISPRA

¹⁹ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati rilevati dalla Rete Ondametrica Nazionale

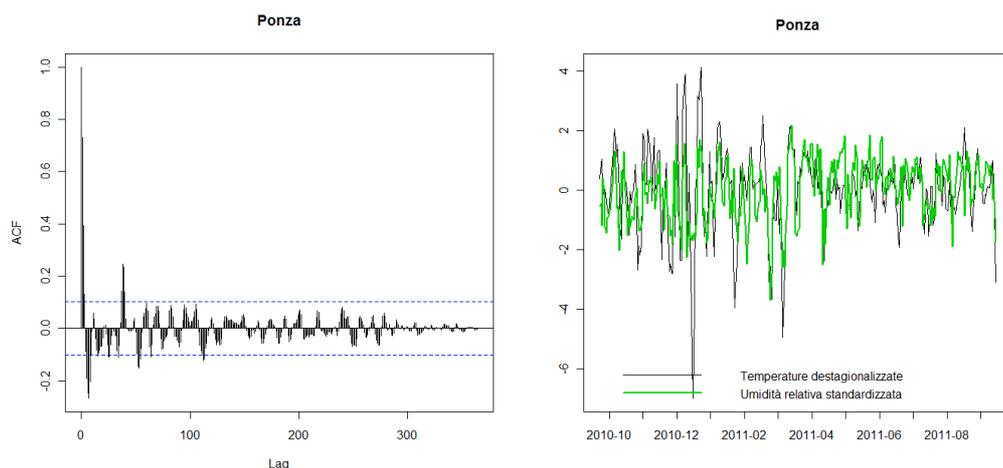


Figura 5.12: Correlogramma dei residui delle temperature destagionalizzate (a) e confronto dei residui con l'umidità relativa (b) (boa di Ponza)²⁰

Alla scala giornaliera, a differenza di quanto avviene nel suolo che si scalda e si raffredda intensamente nel corso del ciclo diurno, le masse acquee superficiali si scaldano e si raffreddano lentamente. L'ampiezza dell'escursione termica diurna varia con fattori dipendenti dalle condizioni geografiche del sito e dal grado di stabilità della stratificazione delle acque, ma anche in base a fattori locali come nuvolosità, tasso di umidità e vento.

In particolare, dalle analisi dell'escursione termica giornaliera della temperatura superficiale del mare e dell'aria soprastante, nel periodo 2010-2011 si è evidenziato che la variazione massima nel Tirreno è stata dell'ordine di 0,3 °C per l'acqua e di circa 1,8 °C per l'aria. In genere la temperatura dell'acqua marina, nella giornata, subisce variazioni dell'ordine di decimi di grado; i massimi termici avvengono intorno alle ore 15.00 circa. Si osserva, inoltre, che in mare aperto l'escursione diurna media non supera pochi decimi di grado, mentre in prossimità della costa si hanno valori maggiori, anche raddoppiati. In ogni caso i valori massimi di temperatura dell'acqua si hanno quando il cielo è sereno, l'aria calma e l'altezza solare massima; i minimi quando il cielo è coperto, l'acqua agitata, l'altezza solare minima e l'oscillazione termica diurna dell'aria supera notevolmente quella dell'acqua superficiale.

Nel corso dell'anno le temperature seguono le variazioni della declinazione solare, crescendo con sole alto, diminuendo con sole basso sull'orizzonte. I massimi termici dell'acqua, però, sono ritardati più di quelli dell'aria; dai rilievi della RON si osservano massime temperature delle acque marine fra luglio e ottobre, con massime frequenze in settembre.

Nei mari che circondano la Penisola, sottoposti a influenze continentali, le oscillazioni termiche annue raggiungono circa 16 °C nel Tirreno e 22 °C nell'Adriatico, a fronte di una temperatura media, rispettivamente, di 19,5 °C e di 18,2 °C. In ogni caso, a parità di latitudine, le oscillazioni termiche marine sono molto minori di quelle proprie di aree continentali.

Le masse acquee superficiali si scaldano e si raffreddano lentamente.

Le oscillazioni termiche annue raggiungono i 16 °C nel Tirreno e 22 °C nell'Adriatico.

²⁰ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati rilevati dalla Rete Ondametrica Nazionale

La qualità delle acque marino - costiere ai fini della balneazione risponde ai requisiti del Decreto del Ministero della salute del 30 marzo 2010, che conclude il processo di recepimento della Direttiva 2006/07/CE, iniziato con il Decreto legislativo 30 maggio 2008, n.116. Infatti, a partire dalla stagione balneare 2010, le acque di balneazione sono monitorate e valutate secondo i nuovi criteri, di seguito descritti.

Il nuovo sistema di monitoraggio prevede il campionamento di soli due indicatori di contaminazione fecale (Enterococchi ed *Escherichia coli*) con frequenza mensile. Inoltre, la valutazione qualitativa non prevede più un giudizio di idoneità alla balneazione, ma avviene associando a ogni acqua di balneazione una classe di qualità (eccellente, buona, sufficiente e scarsa) calcolata sulla base dei risultati del monitoraggio effettuato ai sensi della nuova direttiva negli ultimi quattro anni.

In Italia, la prima classificazione secondo le nuove prescrizioni sarà completata al termine della stagione balneare 2013, anticipando di oltre un anno il termine ultimo fissato dalla Direttiva 2006/7/CE (entro la fine della stagione balneare 2015).

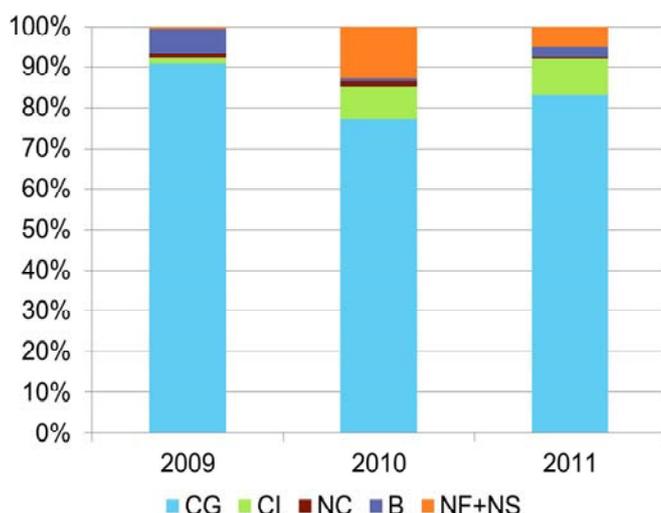
Il periodo antecedente la prima classificazione è considerato dalla Commissione Europea come una fase transitoria. In questa fase, le concentrazioni degli Enterococchi intestinali ed *Escherichia coli*, relative a un solo anno di campionamento, sono valutate in relazione ai valori limite, rispettivamente di Streptococchi fecali e Coliformi fecali della Direttiva 76/160/CEE. In particolare, non si hanno delle vere classi di qualità ma classi di conformità ai valori guida e imperativi della sopracitata direttiva.

Inoltre, tenuto conto delle eventuali difficoltà operative nel passaggio al nuovo sistema di monitoraggio, la Commissione Europea ha concesso, anche per la stagione balneare 2011, una maggiore tolleranza (41 giorni invece di 30) all'intervallo tra due campionamenti successivi; qualora sia superato, anche per un solo campione, il giudizio di qualità non verrà espresso e l'acqua inserita nella categoria "insufficientemente campionati".

In Italia, nella stagione balneare 2011, sono presenti 4.901 acque marine di balneazione. In totale, è conforme il 91,9% delle acque, di cui l'83% ai valori guida e l'8,9% ai valori imperativi (Figura 5.13). Questo risultato rappresenta un miglioramento rispetto al 2010 in cui la conformità era pari all'85,3%, tuttavia ancora inferiore al valore del 2009 (92,2%). Rispetto al 2009, la conformità ai più restrittivi valori guida diminuisce nel 2010 del 13,6%, mentre nel 2011 del 7,8% (Tabella 5.5). È possibile riscontrare un miglioramento anche nella percentuale delle acque classificate come non conformi (valore imperativo di riferimento); infatti, sebbene vi sia un lieve incremento (0,2%) tra il 2009 e il 2010, nel 2011 il valore si riduce allo 0,4% del totale. Nonostante la rilevante diminuzione riscontrata tra il 2009 e il 2010 delle acque chiuse alla balneazione per tutta la stagione (da 310 a 33), nel 2011 il numero delle acque vietate torna a crescere (133). Per le acque classificate come insufficientemente o non campionate, nel 2011, si registra un decremento di 8 punti percentuali rispetto all'anno precedente (4,9% del totale delle acque monitorate).

Il nuovo monitoraggio delle acque di balneazione prevede il campionamento degli indicatori di contaminazione fecale (Enterococchi ed Escherichia coli).

Sistema di classificazione transitorio, previsto dalla CE.



Sono conformi, nel 2011 il 91,9% delle acque di balneazione, di cui l'83% ai valori guida e l'8,9% ai valori imperativi.

Legenda

CI: conformi ai valori imperativi; CG: conformi ai valori guida;
 NC: non conformi ai valori imperativi; NF: insufficientemente campionati;
 NS: non campionati; B: vietati alla balneazione

Figura 5.13: Percentuale di conformità delle acque di balneazione²¹

Tabella 5.5: Conformità delle acque di balneazione per regione - campionamento 2011²²

Regione	TOTALE	CG	CI	NC	B	NF/NS
	n.					
Abruzzo	118	54,2	28,8	1,7	15,3	
Basilicata	60	96,7	3,3			
Calabria	651	72,2	23,3	0,3	3,8	0,3
Campania	348	72,7	7,8	2,0	17,5	
Emilia-Romagna	96	97,9	2,1			
Friuli-Venezia Giulia	57	91,2	8,8			
Lazio	274	85,4	10,9		2,2	1,5
Liguria	406	81,3	11,1	1,2	0,5	5,9
Marche	240	88,3	3,3	0,4	7,9	
Molise	33	100				
Puglia	674	93,5	4,7	0,1		1,6
Sardegna	660	94,7	5,0		0,3	
Sicilia	823	83,1	6,4			10,4
Toscana	367	64,6	3,5	0,8		31,1
Veneto	94	98,9	1,1			
TOTALE	4.901	83,0	8,9	0,4	2,7	4,9

In 7 regioni costiere (Molise, Veneto, Emilia-Romagna, Basilicata, Sardegna, Puglia e Friuli-Venezia Giulia) la percentuale di conformità ai valori guida è compresa tra 90 e 100%, in 4 è superiore all'80% e nelle restanti tra il 50 e il 70%.

Legenda

CI : conformi ai valori imperativi; CG: conformi ai valori guida;
 NC: non conformi ai valori imperativi; NF: insufficientemente campionati;
 NS: non campionati; B: vietati alla balneazione

Analizzando i risultati del monitoraggio effettuato durante la stagione balneare 2011 (Tabella 5.5), si evidenzia che in cinque regioni (Basilicata, Molise, Emilia-Romagna, Veneto e Friuli-Venezia Giulia) le acque di balneazione sono tutte conformi e con alte percentuali di conformità (tra il 91 e il 100%) ai più restrittivi valori guida. In generale, quest'ultimo aspetto accomuna quasi tutte le altre regioni; infatti, le acque conformi lo sono per lo più ai valori guida, ciò a dimostrazione della buona qualità delle acque costiere di balneazione del nostro Paese. Tuttavia, acque non

Basilicata, Molise, Emilia-Romagna, Veneto e Friuli-Venezia Giulia presentano tutte le acque di balneazione conformi e con alte percentuali.

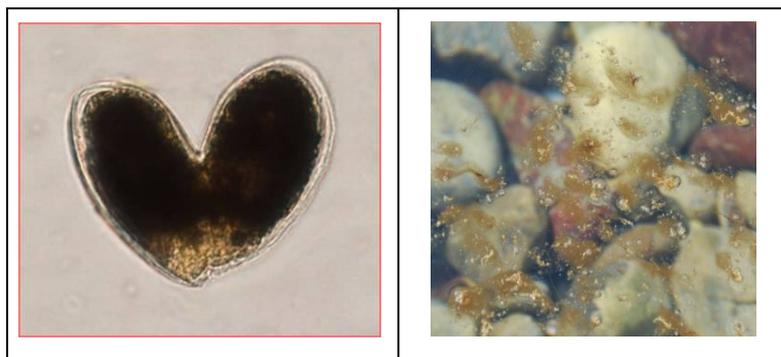
²¹ Fonte: Elaborazione ISPRA su dati EEA

²² Fonte: Ibidem

conformi al valore limite imperativo sono presenti, seppur con percentuali piuttosto basse, in sette regioni; in altrettanti casi, ma con percentuali maggiormente variabili, permangono delle criticità in relazione al numero delle acque vietate per l'intera stagione balneare. Per quanto riguarda le acque non adeguatamente campionate (NF, NS), delle quali non si può esprimere alcun giudizio di qualità, il dato per la regione Toscana risulta rilevante (31%) ed è rappresentato quasi interamente da acque non campionate (30,5%).

Nella stagione 2011 si registrano anche 87 acque temporaneamente vietate alla balneazione a causa eventi di "inquinamento di breve durata"²³ imputabili, nella maggioranza dei casi, a un cattivo funzionamento dei sistemi di depurazione o a condizioni meteo marine avverse che possono aver messo in crisi il sistema fognario. In questi casi, alcune regioni, nel mettere in atto le adeguate misure di gestione, hanno previsto, oltre il divieto alla balneazione dell'area, anche il monitoraggio costante dei corsi d'acqua recapitanti nel tratto di litorale interessato.

Ostreopsis ovata Fukuyo (Figura 5.14) è un dinoflagellato potenzialmente tossico rinvenuto per la prima volta nelle acque italiane nel 1994 nel Lazio (Tognetto *et al.*, 1995). Da allora la presenza di questa microalga è stata rilevata in Italia sempre più frequentemente, con abbondanze molto elevate, soprattutto nel comparto bentonico, in un numero crescente di regioni.



Ostreopsis ovata.

Figura 5.14: *Ostreopsis ovata* al microscopio ottico²⁴ e flocculi galleggianti²⁵

Gli episodi di fioriture negli ultimi anni hanno comportato in alcuni casi fenomeni di intossicazione umana e sofferenza o mortalità di organismi marini bentonici²⁶. *O. ovata* è stata segnalata anche in numerose aree del Mediterraneo. La prima osservazione descritta è quella relativa a Villefranche-sur Mer alla fine degli anni '70 (Taylor, 1979). Altre segnalazioni nel Mediterraneo riguardano la costa libanese, algerina, francese, spagnola e le isole Baleari, in cui sono stati riscontrati casi di intossicazione umana (Illoul 2012, Sechet 2012, Rapporto ISPRA n. 148/2011). Inoltre, la microalga è stata ritrovata nel Nord Egeo ed evidenziata la contaminazione di molluschi da tossine di *Ostreopsis* sp. (Aligizaky e Nikolaidis, 2006).

La microalga bentonica Ostreopsis ovata, presente ormai da alcuni anni in Mediterraneo, può dar luogo a fenomeni di tossicità, sia per l'uomo sia per l'ambiente marino.

²³ L'inquinamento di "breve durata", introdotto dalla Direttiva 2006/7/CE, è rappresentato da una contaminazione microbiologica le cui cause sono chiaramente identificabili e che si presume non influiscano sulla qualità delle acque per più di 72 ore circa dal momento della prima incidenza. Tali eventi devono essere previsti e devono essere applicate misure preventive per la tutela dei bagnanti

²⁴ Fonte: ARPA Liguria

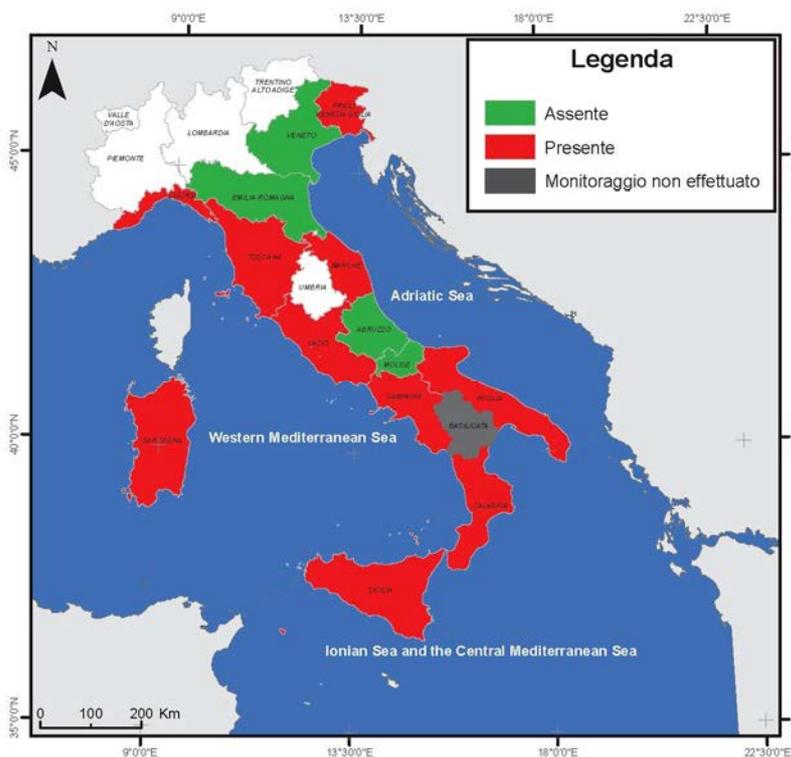
²⁵ Fonte: ARPA Friuli-Venezia Giulia

²⁶ Rapporti ISPRA n. 127/2010, n. 148/2011 e 173/2012

Le fioriture bentoniche appaiono macroscopicamente, in molti casi, sotto forma di strati mucilluginosi o biofilm, di colore bruno-rossastro, a ricoprire diffusamente fondi e substrati duri. È possibile osservare anche lo sviluppo di schiume di colore beige-marrone-rossastre, più frequentemente in superficie, nonché opalescenza diffusa con conseguente riduzione della trasparenza e presenza di fiocchi sospesi nella colonna d'acqua. In Italia, fioriture bentoniche estive e ricorrenti di *Ostreopsis ovata*, spesso in associazione ad altri dinoflagellati potenzialmente tossici come *Amphidinium* cfr. *carterae*, *Coolia monotis* e *Prorocentrum lima*, si sono verificate in sistemi ad alto e basso idrodinamismo, su substrati di varia natura, in numerose località del Mar Tirreno, dello Ionio e dell'Adriatico, con effetti tossici sull'uomo e su organismi bentonici (molluschi ed echinodermi) associati alla produzione di tossine appartenenti al gruppo delle palitossine (palitossina e ovatossina-a)²⁷.

Sulla base degli studi finora effettuati è stata accertata l'esistenza di un genotipo di *O. ovata* italiano e mediterraneo, oltre alla presenza nelle nostre acque della specie *Ostreopsis* cf. *siamensis* (Penna *et al.*, 2008, Accoroni *et al.*, 2011). Nel Mediterraneo l'*O. ovata* è più diffusa rispetto a *O. siamensis*. La distinzione tra le due specie è molto importante, poiché le tossine prodotte hanno effetti differenti sugli organismi marini e la salute umana (Accoroni *et al.*, 2011).

La fioritura di queste alghe può avere un'ampia variabilità spaziale e temporale e provocare gravi danni alle comunità bentoniche.



Nel 2011 la presenza della microalga tossica è stata segnalata in tutte le regioni costiere, ad eccezione di Emilia-Romagna, Molise, Abruzzo e Veneto.

Figura 5.15: *Ostreopsis ovata* lungo le coste italiane (2011)²⁸

Nel 2011, l'*Ostreopsis* cf. *ovata* è stata riscontrata in 10 regioni costiere, mentre è assente in tutti i campioni prelevati lungo le coste dell'Abruzzo, Emilia-Romagna, Molise e Veneto (la Basilicata non ha effettuato il monitoraggio) (Figura 5.15).

²⁷ Rapporti ISPRA n. 127/2010, n. 148/2011 e 173/2012

²⁸ Fonte: Elaborazione ISPRA, su dati delle ARPA costiere, 2011

Spesso la presenza di *O. cf. ovata* è stata rilevata unitamente ad altre specie potenzialmente tossiche, in particolare i dinoflagellati bentonici *Coolia monotis* e *Prorocentrum lima* o *Amphidinium* spp. e *A. carterae*.

Episodi di fioriture si sono verificati in molte aree, comprese quelle già individuate negli anni precedenti come *hot spot* in Puglia e nelle Marche.

Inoltre, sono stati segnalati tra i bagnanti casi di intossicazione umana in Sicilia e Puglia in concomitanza delle fioriture.

Anche il 2011 presenta un'ampia variabilità spaziale e temporale nella dinamica delle fioriture, che pur rendendo possibile un confronto tra i dati raccolti negli anni precedenti non permette al momento di valutare l'andamento nazionale.

Le cause

Nel Mediterraneo e in Italia, le zone marino-costiere rappresentano ecosistemi naturali tra i più vulnerabili e più seriamente minacciati, nonostante siano in larga parte interessate da specifici strumenti di tutela, sia a livello nazionale sia comunitario. A conferma di ciò, l'EEA²⁹ ha nuovamente riconosciuto come la fascia costiera europea sia interessata da un degrado diffuso e progressivo, in termini di perdita di *habitat*, **eutrofizzazione**, contaminazione, invasione di specie aliene ed erosione.

L'azione del mare e la sua forza d'urto durante le mareggiate (forti marosi) si manifesta sulle coste alte con un lento processo erosivo che provoca scalzamenti alla base dei costoni e, in determinate condizioni, il crollo di parti del sistema roccioso; mentre sulle coste basse, territori più vulnerabili, con una costante opera di movimentazione dei sedimenti provoca continui e più evidenti rimodellamenti dei territori. La notevole ampiezza dei litorali italiani è riconducibile alla deforestazione connessa all'intensificazione delle attività commerciali e agricole operata in epoca storica. Tali attività hanno innescato un'accelerazione nei processi erosivi del suolo nelle campagne e nei territori collinari, favorendo il trasporto fluviale di ingenti quantitativi di sedimenti verso il mare. Molte foci fluviali hanno così beneficiato di una grande disponibilità di sedimenti, lo sviluppo di delta ampi e ramificati, permettendo la strutturazione delle pianure costiere nonché la progradazione delle spiagge.

La successiva regimazione dei corsi d'acqua, l'urbanizzazione dei litorali con lo smantellamento e l'irrigidimento degli apparati dunari, un uso del suolo attento a ridurre la perdita di terreno fertile e la stabilizzazione dei versanti hanno fatto mancare questo grande apporto di sedimenti, favorendo la regressione delle spiagge e, quindi, l'innescare di fenomeni erosivi lungo tutta la Penisola.

La costipazione dei sedimenti litorali connessa all'emungimento dell'acqua per usi irrigui e alle opere di bonifica, che hanno reso salubri molte fasce costiere, ha contribuito a creare vaste aree depresse e inondabili, oggi sotto il livello del mare, come nelle aree del ferrarese.

Nel 2011 è stata rilevata un'ampia variabilità spaziale e temporale nella dinamica delle fioriture.

Le zone marino – costiere del Mediterraneo e dell'Italia sono tra gli ecosistemi naturali più vulnerabili e minacciati.

L'evoluzione dei litorali italiani è prevalentemente influenzata dall'apporto fluviale di sedimenti.

²⁹ EEA, 2010, *The European Environment – State and outlook 2010*, Report 1/2010

In sintesi la tendenza ai fenomeni erosivi dei litorali nel nostro Paese è in costante aumento a causa:

- della riduzione di apporto solido fluviale per effetto dei prelievi in alveo e degli intrappolamenti da parte delle opere di stabilizzazione dei versanti, di regimazione fluviale e delle opere di sbarramento (a dominanza antropica più che naturale);
- delle mareggiate concomitanti con eventi alluvionali, che comportano fenomeni parossistici di erosione nelle zone di foce;
- dell'aumento relativo del livello del mare e degli effetti concomitanti di abbassamento del suolo per subsidenza naturale e antropica;
- dell'indiscriminata urbanizzazione costiera, con schiere di seconde case, lungomare, piazzette aggettanti sulla spiaggia, strutture portuali a volte mal contestualizzate e barriere frangiflutti e pennelli potenzialmente costruiti a protezione dei precedenti interventi.

Il sistema portuale italiano si sta modificando sotto la spinta di due fattori principali, la richiesta di posti barca del settore diportistico e lo sviluppo del sistema di trasporto per il traffico merci e la movimentazione dei container (*transshipment*) che richiede grandi *hub* portuali di scambio. Le navi portacontainer (lunghe anche più di 300 m) che fanno scalo negli *hub* di scambio hanno bisogno di fondali profondi (15-18 m), di ampi spazi di manovra e attracco e di almeno 400 m di profondità delle aree portuali di deposito. Per ottenere gli spazi necessari a questo genere di opere, tipicamente sono create strutture nuove lontano dalle aree più urbanizzate, come è avvenuto ad esempio per Gioia Tauro, Cagliari o Savona-Vado e in Europa per Marsiglia, La Rochelle, Algeciras. Tra le opere nuove ultimate tra il 2000 e il 2007 solo a Olbia è stato realizzato un *terminal container* fuori delle aree urbane, mentre altrove, sia per la difficoltà nel reperire i grandi spazi liberi da dedicare alla costruzione di queste opere, sia per beneficiare delle infrastrutture già asservite alle attività portuali, si è optato per la scelta di ristrutturare o convertire i porti piuttosto che costruirne di nuovi. Lo spazio necessario è stato recuperato sottraendolo direttamente al mare con grandi opere di colmata, come nei casi di Livorno, Chioggia, Civitavecchia, Ancona, e le strutture marittime sono state costruite e ampliate intorno a questi spazi.

Le opere rigide (pennelli, barriere, ecc.) realizzate per la protezione dei litorali in erosione non hanno risolto il problema e in molti casi hanno contribuito al processo di artificializzazione e degradazione degli *habitat* marino-costieri. La pratica del recupero delle spiagge in erosione mediante ripascimenti artificiali costituisce una soluzione spesso più eco-compatibile e meno invasiva degli spazi marino-costieri, ma il dragaggio di sabbie da cave terrestri sottrae ulteriori sedimenti destinati al naturale ripascimento dei litorali e il dragaggio di sabbie relitte può generare impatti sui fondali e sull'ambiente marino circostante. La pratica del dragaggio di sabbie relitte nasce dalla necessità di disporre di grandi quantità di materiale da destinare al ripascimento delle spiagge. L'utilizzo dei depositi sabbiosi situati a largo delle coste è del resto una pratica ampiamente diffusa sia in Europa sia nel resto del mondo da diversi anni.

Mareggiate, incremento relativo del livello del mare, subsidenza, urbanizzazione indiscriminata contribuiscono all'erosione dei litorali.

Il sistema portuale continua a crescere nel settore diportistico e in infrastrutture per traffico merci e movimentazione di container.

Le opere rigide realizzate per la protezione dei litorali in erosione non hanno risolto il problema.

I dragaggi delle sabbie relitte per ripascimenti possono indurre effetti non trascurabili sull'ambiente marino.

L'impiego delle sabbie relitte comporta alcuni vantaggi rispetto allo sfruttamento di cave a terra come: disponibilità di elevate quantità di sedimenti (milioni di m³), composizione potenzialmente molto simile alla sabbia dei nostri litorali, limitati effetti sull'ambiente e, per ripascimenti che implicano grandi volumi di materiali, costi contenuti. La movimentazione di sedimenti marini, anche se si tratta di sedimenti di buona qualità, può indurre tuttavia effetti non trascurabili sull'ambiente marino. I principali effetti sono quelli legati alla variazione e natura delle caratteristiche del fondo, con possibili e localizzate ripercussioni sulle attività di pesca (ad esempio la rottura delle reti da pesca) e all'immissione nella colonna d'acqua di sedimento fine, che si verifica principalmente durante la fase di carico della draga per effetto dello scarico dell'acqua in eccesso aspirata insieme al sedimento (*overflow*). La dispersione della nuvola di torbida così generata può danneggiare *habitat* sensibili eventualmente presenti in prossimità delle aree interessate, come ad esempio le praterie di *Posidonia oceanica*, la biocenosi del Coralligeno ecc.

Lo studio dei processi idrodinamici del mare (regime di marea, clima ondoso, mareggiate, ecc.) consente di conoscere le caratteristiche meteo-marine dei bacini, ma rappresenta anche il percorso propedeutico alla pianificazione in area costiera, alla progettazione delle opere strategiche (porti, ferrovie, strade, strutture *offshore*) e di quelle per la protezione degli *habitat* e delle attività nelle aree più vulnerabili. Per le aree costiere il rischio associato alle tempeste si esprime in termini di probabilità degli eventi possibili e di vulnerabilità delle aree considerate. Dal dopoguerra i territori costieri più accessibili hanno subito un fortissimo processo di antropizzazione, con insediamenti urbani, economici e produttivi, che non si arresta e, purtroppo, la vulnerabilità delle aree costiere è sempre più alta. Anche se lo studio degli eventi estremi permette di stimare in modo attendibile le probabilità associate agli eventi possibili nelle varie aree, va tuttavia considerato che l'influenza di cambiamenti climatici nella distribuzione degli eventi meteo-marini potrebbe avere, anche nel medio periodo, conseguenze non trascurabili.

La densità di popolazione e lo sfruttamento del suolo e del paesaggio costiero a fini urbanistici, illustrati precedentemente, forniscono un'indicazione della forte interazione tra l'uomo e l'ambiente marino - costiero e degli impatti prodotti sugli *habitat* costieri, tra cui gli scarichi urbani e industriali quali principale fonte di inquinamento e di eutrofizzazione delle acque marine.

Le potenziali fonti di inquinamento che comportano la non idoneità alla balneazione possono essere molteplici, ma le principali derivano dall'inquinamento di tipo microbiologico.

Le fonti sulla terraferma responsabili dell'inquinamento delle acque di balneazione sono rappresentate da reflui e liquami non sufficientemente o per nulla trattati, e da acque di dilavamento dei suoli a uso agricolo. Pertanto, i depuratori delle acque reflue urbane, le attività industriali, le attività agricole (fertilizzanti, pesticidi, ecc.), gli allevamenti zootecnici e il trattamento dei rifiuti solidi, sono tutte potenziali fonti di inquinamento.

Lo studio dei processi idrodinamici del mare oltre a consentire la conoscenza delle caratteristiche meteo-marine dei bacini, rappresenta anche il percorso propedeutico alla pianificazione in area costiera, alla progettazione delle opere strategiche e di quelle per la protezione degli habitat.

Le principali fonti di inquinamento delle acque di balneazione sono i reflui e i liquami non sufficientemente trattati e le acque di dilavamento dei suoli agricoli.

Il rischio per i bagnanti causato da una fonte di contaminazione può variare in relazione alle caratteristiche idrologiche del bacino drenante; generalmente la presenza di una foce di un fiume di vasta portata in prossimità di un'area adibita alla balneazione può rappresentare un potenziale rischio per i bagnanti, in rapporto al carico di inquinanti trasferito in quel determinato corso d'acqua attraverso scarichi o acque di drenaggio. Assumono, pertanto, particolare importanza le condizioni meteorologiche: è noto, infatti, che a seguito di forti piogge la qualità di un'acqua di balneazione può peggiorare a causa degli inquinanti dilavati dai suoli e veicolati attraverso i fiumi nell'area adibita alla balneazione. Quest'ultima situazione può dar luogo a eventi di inquinamento di breve durata.

Circa il fenomeno delle fioriture tossiche e nello specifico per ciò che concerne l'*O. ovata*, sulla base delle indagini effettuate, è stato possibile verificare che le fioriture bentoniche di *Ostreopsis cf. ovata* si manifestano quasi esclusivamente durante la stagione estiva e autunnale (inizio di ottobre). In particolare, lungo il litorale tirrenico e ionico le abbondanze massime si registrano in piena estate (luglio-agosto), lungo le coste dell'Adriatico meridionale nei mesi di agosto e settembre, mentre nell'Adriatico settentrionale tra settembre e ottobre, lasciando supporre una diversa risposta ecofisiologica delle popolazioni coinvolte (Totti *et al.* 2010, Accoroni *et al.* 2011). Condizioni che sembrano favorire l'instaurarsi e il mantenimento delle fioriture sono: bassa profondità dell'acqua, presenza di substrati rocciosi e/o macroalghe, scarso idrodinamismo dovuto alla morfologia naturale della costa o alla presenza di pennelli e barriere artificiali per il contenimento dell'erosione costiera, condizioni meteo-marine di grande stabilità, temperature delle acque superiori a 25°C nel Mar Tirreno e tra i 20 e i 23°C nel Mar Adriatico, assenza di termoclino³⁰.

Le fioriture bentoniche di Ostreopsis ovata si manifestano quasi esclusivamente durante la stagione estiva e autunnale (inizio di ottobre); in particolare, lungo il litorale tirrenico, le abbondanze massime si registrano in piena estate, mentre lungo le coste del medio Adriatico nei mesi di settembre e ottobre.

Specificità regionale

Il giorno 17/12/2011 la motonave Eurocargo Venezia della società Grimaldi ha perso in mare, a largo dell'isola di Gorgona, due semirimorchi trasportati in coperta, contenenti fusti di catalizzatori esausti utilizzati per la desolforazione del petrolio.

La Capitaneria di Porto, assistita dalla sezione di ISPRA che si occupa di "emergenze ambientali in mare" e dislocata a Livorno, ha curato sia le immediate ricerche dei materiali sia la valutazione degli effetti ambientali e dei rischi connessi con lo smarrimento del carico.

ARPAT - insieme alle altre strutture tecniche (Azienda sanitaria e Istituto Zooprofilattico Sperimentale) - è stata allertata dalla regione per rispondere all'emergenza dei bidoni tossici. Sono state, quindi, attivate forme di monitoraggio indiretto dell'ambiente che possano evidenziare anomalie significative nella presenza dei metalli pesanti contenuti nel materiale disperso. In particolare, le azioni in cui è stata coinvolta l'ARPAT sono:

- intensificazione del monitoraggio ambientale delle acque marine e costiere routinariamente effettuato.
- collaborazione con la Capitaneria di porto e con il Servizio

ARPA Toscana

³⁰ Rapporti ISPRA n. 127/2010, n. 148/2011 e 173/2012

chimico del porto per migliorare la caratterizzazione chimica delle sostanze trasportate e per verificarne il comportamento in ambiente marino.

ARPAT ha effettuato pesca a strascico su un fondale di circa 450 metri, nell'area nella quale è ipotizzata la perdita dei bidoni tossici, campionando il pescato, successivamente trasferito all'Istituto Zooprofilattico Sperimentale (IZS) di Pisa per le relative analisi.

Le risposte

Normativa

Tutti gli strumenti normativi per l'ambiente marino e costiero hanno un denominatore comune: promuovono e richiedono l'elaborazione e lo sviluppo di un "meccanismo" di coordinamento tra i settori economici, amministrativi e culturali, finalizzati alla protezione dell'ambiente marino e allo sviluppo sostenibile delle zone costiere. Ciò implica l'integrazione di tutte le politiche collegate, dei diversi settori coinvolti e dell'amministrazione a tutti i suoi livelli, nonché l'integrazione delle componenti terrestri e marine del territorio interessato, partendo da una valutazione iniziale dello stato e dell'uso dell'ambiente marino e costiero. Altra componente primaria è costituita dalle azioni di monitoraggio dei parametri ambientali ed ecologici, che garantiscono una valutazione in continuo delle strategie nazionali e dell'efficacia dei piani e programmi di sviluppo e di tutela previsti e messi in atto.

Nelle precedenti edizioni si è molto argomentato, sia a livello europeo sia a livello regionale, sulle numerose misure legislative e strumenti la cui applicazione contribuisce alla protezione dell'ambiente litoraneo. Nella presente edizione saranno illustrati gli sviluppi più recenti della Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC), della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni, della Direttiva Quadro sulle Acque (WFD - *Water Framework Directive*) 2000/60/CE e della Direttiva Quadro sulla Strategia per l'ambiente marino (MSFD - *Marine Strategy Framework Directive*) 2008/56/CE del 17/06/2008.

L'ambiente marino nel suo insieme è sempre più al centro degli sforzi delle politiche di vario livello poiché è chiaro che da una sua corretta gestione e pianificazione possano derivare enormi vantaggi di sviluppo e tutela.

In quest'ottica si possono collocare gli sforzi, attualmente in corso, di armonizzare le indicazioni della Commissione Europea relative alla Pianificazione Spaziale Marittima (PSM, relativa alla necessità di pianificazione spaziale e temporale delle attività)³¹ col modello di elaborazione delle politiche suggerito dalla GIZC, che punta su un forte coordinamento tra le varie politiche economiche, culturali e territoriali, improntato a un approccio ecosistemico.

Di contro, sul fronte dell'implementazione della Direttiva sulla gestione integrata, a livello nazionale e regionale, non sono stati osservati particolari sviluppi. C'è da aspettarsi piuttosto che gli sforzi

Approccio comunitario per la gestione dell'ambiente marino e costiero.

Gestione integrata delle zone costiere (GIZC) e Pianificazione Spaziale Marittima (PSM).

³¹ COM (2008) – 791: "Tabella di marcia per la pianificazione dello spazio marittimo: definizione di principi comuni nell'UE" COM (2010) – 771: "Pianificazione dello spazio marittimo nell'UE – risultati ed evoluzione futura"

vengano concentrati sulla pianificazione costiera finalizzata alla gestione del rischio alluvioni, in considerazione delle scadenze previste dalla Direttiva 2007/60/CE per gli adempimenti cui devono rispondere i soggetti preposti.

La Direttiva 2007/60/CE e il relativo decreto di attuazione, D.Lgs. 49/2010, definiscono i criteri per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni. Entrambi contengono riferimenti anche alle inondazioni costiere, per le quali, parimenti a quanto deve essere predisposto per le alluvioni di origine fluviale, prevedono una valutazione preliminare del rischio, finalizzata a individuare le aree per le quali redigere mappe di pericolosità e di rischio e la successiva definizione di piani di gestione.

Procede la diffusione di un approccio integrato nell'elaborazione degli strumenti di competenza delle regioni e Autorità di Bacino. Recentemente, è aumentato il numero delle Autorità di Bacino che si sono dotate di piani stralcio relativi all'erosione costiera: l'impellenza è particolarmente avvertita per quei territori della Penisola caratterizzati da coste alte, in cui gli episodi erosivi possono dar luogo a frane e crolli.

I problemi di difesa del suolo in ambito costiero sono da sempre stati inclusi tra le pertinenze delle Autorità di Bacino, competenti per la porzione del bacino che si affaccia sul mare. Anche le Autorità di Bacino, sempre più spesso, adottano l'approccio GIZC per la pianificazione settoriale lungo la costa: si assiste così, ad esempio, al coinvolgimento durante il processo di pianificazione dei vari portatori di interesse o, più tecnicamente, all'inserimento, ai fini delle valutazioni per le perimetrazioni, tra i beni esposti non solo quelli strettamente connessi alla tutela della vita umana, ma anche i beni paesaggistici e ambientali.

Nel frattempo, le regioni che non hanno ancora un piano relativo alle coste stanno adottando i provvedimenti legislativi e organizzativi per giungere a una loro elaborazione (ad esempio, Basilicata e Sicilia), mentre altre stanno perfezionando, con la definizione di nuovi strumenti, il loro percorso verso la gestione integrata della zona costiera, come la Liguria con il Piano di Tutela dell'Ambiente marino e costiero.

Da una ricognizione sullo stato di attuazione degli adempimenti previsti per la Direttiva 2007/60/CE, realizzata da ISPRA, sono ancora poche le regioni che hanno effettuato valutazioni di rischio di inondazione costiera. La priorità sinora è stata data alle problematiche di erosione, con la definizione di provvedimenti e/o elementi di pianificazione finalizzati alla gestione del fenomeno, più frequente sulle nostre coste, e con importanti ricadute economiche. L'erosione, infatti, sottrae spazio alle attività balneari e mette a rischio le strutture presenti sul litorale. Ciononostante, nell'ambito dell'analisi effettuata è apparso evidente come le valutazioni e le conseguenti azioni messe in atto ai fini della mitigazione del rischio di erosione possano agire indirettamente anche sul rischio di inondazione. La presenza di spiagge, con la loro ampiezza, e l'azione di dissipazione da esse esercitata nei confronti dell'energia del moto ondoso, determina una riduzione della pericolosità: l'evento, per poter interessare la zona di retrospiaggia, deve avere dimensioni tanto più grandi quanto più

La Direttiva Alluvioni e le inondazioni costiere.

Pianificazione in ambito costiero: diffusione di un approccio integrato nell'elaborazione di strumenti per la gestione dell'area costiera.

Da una ricognizione sullo stato di attuazione degli adempimenti previsti per la Direttiva alluvioni, le regioni che hanno effettuato la valutazione del rischio di inondazioni costiere sono ancora poche.

ampia è la spiaggia antistante. Inoltre, la presenza di litorali sabbiosi liberi si traduce in una riduzione del valore esposto, in quanto eventuali mareggiate coinvolgono prevalentemente un sistema, la spiaggia appunto, dotato per definizione di una buona resilienza nei confronti di un'eventuale sommersione. Sulla base di queste considerazioni e della visione di quanto avviato da alcune Autorità di Bacino e regioni, si sottolinea come l'individuazione delle aree caratterizzate da criticità dal punto di vista erosivo possa di fatto tradursi in una sorta di "valutazione preliminare" finalizzata a individuare quelle aree maggiormente esposte rischio di inondazione.

La Direttiva quadro sulla Strategia per l'ambiente marino (Direttiva 2008/CE/56) rappresenta uno strumento importantissimo e innovativo poiché costituisce il primo strumento normativo vincolante che, in un quadro sistemico, considera l'ambiente marino un patrimonio prezioso da proteggere, salvaguardare e, ove possibile, ripristinare al fine ultimo di mantenere la biodiversità e preservare la vitalità di mari e di oceani. A tale proposito, la direttiva mira, fra l'altro, a promuovere l'integrazione delle esigenze ambientali in tutti gli ambiti politici pertinenti e costituire il pilastro ambientale della futura politica marittima dell'Unione Europea. In considerazione della natura "olistica" della direttiva, sono valutati in modo particolare gli aspetti di coerenza con tutte le politiche e tematiche settoriali, suscettibili di provocare effetti sull'ambiente marino attraverso "pressioni" e "impatti" che si ripercuotono poi sullo "stato" delle acque marine. Obiettivo della direttiva, inoltre, è di giungere a una gestione adattativa, cioè a un "equilibrio dinamico" tra un "buono stato ambientale" delle acque marine e uno sviluppo "sostenibile", mediante l'uso appropriato sia delle risorse marine sia dello stesso ambiente marino (aspetti connessi all'uso spaziale e ai vari tipi di inquinamento possibili).

Un altro aspetto fondamentale è la sua natura transfrontaliera, gli Stati membri sono chiamati a cooperare per garantire che le relative strategie siano elaborate in modo coordinato per ogni regione o sottoregione marina. Dal momento che le regioni o sottoregioni marine sono condivise sia con altri Stati membri sia con paesi terzi, si dovranno compiere tutti gli sforzi possibili nella definizione e nell'attuazione delle strategie marine. Tra gli strumenti attuativi, la direttiva privilegia gli strumenti di pianificazione, di coordinamento e di concertazione, e la coerenza con le altre politiche settoriali rilevanti, quali trasporti, pesca, turismo, infrastrutture, ricerca ecc. per costituire una "politica marittima integrata".

La direttiva richiede agli Stati membri di raggiungere entro il 2020, sulla base di un approccio ecosistemico della gestione marina, il buono stato ambientale (GES, *Good Environmental Status*) per le proprie acque marine. Per raggiungere tale fine ogni Stato membro deve mettere in atto, per ogni regione o sottoregione marina, una strategia marina che consta di una fase di preparazione e di un programma di misure.

*Direttiva quadro
sulla Strategia per
l'ambiente marino
(MSFD).*

Il nostro Paese ad oggi ha concluso la prima fase di tale processo e più precisamente ha effettuato:

Adempimenti per la MSFD.

- la valutazione iniziale (art.8, Direttiva 2008/CE/56)³² elaborata sulla base dei dati e delle informazioni esistenti;
- la determinazione del buono stato ambientale (GES) (art.9, Direttiva 2008/CE/56) sulla base di 11 descrittori qualitativi dell'ambiente marino che fanno riferimento a molteplici aspetti degli ecosistemi marini, tra cui la biodiversità, l'inquinamento, l'impatto delle attività produttive (Allegato I, Direttiva 2008/CE/56) La decisione della Commissione Europea del 1° settembre 2010 (2010/477/UE)³³ delinea l'approccio da adottare per la determinazione del GES attraverso 26 criteri e 56 indicatori associati agli 11 descrittori. Tali criteri e indicatori comprendono una combinazione di elementi relativi allo stato, impatti e pressioni;
- la definizione dei traguardi ambientali che aiuteranno a rilevare i progressi nel processo di conseguimento del buono stato ambientale.

I risultati delle attività suddette sono stati notificati alla CE attraverso dei report, predisposti secondo un formato comune che permetterà alla Commissione di valutare se i risultati, da parte di tutti i Paesi, possono soddisfare i requisiti della direttiva.

La fase successiva prevede le seguenti attività:

Italia: stato di attuazione degli adempimenti previsti per la MSFD.

- la predisposizione e l'attuazione, entro il 15 luglio 2014, di un programma di monitoraggio;
- l'elaborazione di un programma di misure nel 2015;
- l'avvio del programma di misure nel 2016.

Stante la complessità e l'articolazione degli adempimenti previsti dalla predetta direttiva e dal suo recepimento nazionale con il D.Lgs. 190/2010³⁴, in considerazione di quanto stabilito dall'art. 1, comma 2, del Regolamento ISPRA di cui al Decreto interministeriale 21 maggio 2010 n. 123, che vede l'ISPRA quale Istituto tecnico-scientifico di riferimento, il Ministero ha stipulato con l'Istituto in data 01/01/2011 un atto convenzionale che delinea tutte quelle attività ulteriori e aggiuntive, rispetto alle ordinarie, per l'attuazione degli articoli 8, 9, 10, 11, 16 del Decreto legislativo.

*Attività di ISPRA per la MSFD.
Prima fase: valutazione iniziale, definizione del buono stato ambientale e dei target ambientali.*

Le attività svolte da ISPRA, al fine di conseguire gli obiettivi di attuazione, sono state sia di coordinamento nazionale attraverso la costituzione di gruppi di lavoro nazionali composti da ricercatori ISPRA e di altri Enti/Istituti scientifici di riferimento, sia di coordinamento con gli Stati membri interessati dalle stesse sottoregioni (Mediterraneo Occidentale, Centrale e Ionico, Adriatico). Inoltre, per effettuare la valutazione iniziale e definire il buono stato ambientale e i *target* ambientali sono state eseguite validazioni ed

³² Direttiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 giugno 2008 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino (GU L 164 (2008), p. 19)

³³ Decisione della Commissione 2010/477/UE del 1° settembre 2010 sui criteri e gli standard metodologici relativi al buono stato ambientale delle acque marine

³⁴ Decreto legislativo 13 ottobre 2010, n. 190. Attuazione della direttiva 2008/56/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino (GU n. 270 del 18-11-2010)

elaborazioni di dati ambientali e socio-economici. È la prima volta che una direttiva contempla l'analisi degli aspetti socio-economici, dell'utilizzo dell'ambiente marino e dei costi del suo degrado in sinergia con i dati ambientali.

Per le attività di *reporting*, ISPRA ha sviluppato il sistema informativo dei dati marini in conformità agli standard richiesti dalla Commissione.

Infine, è stata avviata la consultazione del pubblico attraverso la realizzazione di un sito *web* (www.strategiamarina.isprambiente.it), favorendo la partecipazione dei cittadini e dei portatori d'interesse al processo di definizione della strategia stessa.

La prima fase dell'attuazione della Strategia Marina ha evidenziato che nonostante il Paese abbia un cospicuo numero di dati/informazioni relativi all'ambiente marino, quest'ultimi non sono sufficienti per coprire completamente le richieste della direttiva. La direttiva ha, infatti, un campo di applicazione che non si limita alla sola fascia costiera (1 miglio nautico) ma si spinge fino ai confini della zona su cui lo Stato esercita diritti giurisdizionali, in conformità al diritto internazionale del mare, quali il mare territoriale (12 miglia nautiche, la zona economica esclusiva - 200 miglia nautiche) e le zone di protezione ecologica.

Per alcuni elementi come le perturbazioni fisiche (rumore sottomarino o i rifiuti marini), la mancanza di dati non ha permesso di effettuare una soddisfacente valutazione iniziale. In generale, per la determinazione del GES, le lacune emerse dalla valutazione iniziale, dovute principalmente alla scarsità di dati e quindi di conoscenze specifiche sul funzionamento degli ecosistemi e degli eventuali impatti causati dalle diverse pressioni, non hanno reso possibile la determinazione dei valori soglia e, quindi, la definizione del GES in termini quantitativi.

Per quanto riguarda i *target* ambientali, al fine di non gravare eccessivamente sulle risorse finanziarie, sono stati formulati *target* operativi, ossia direttamente collegati ad azioni gestionali. Tale approccio permette di utilizzare una serie di misure già esecutive nel quadro della legislazione vigente, la cui copertura finanziaria a sostegno è già prevista. I prossimi passaggi sono la messa a punto di programmi di monitoraggio atti a colmare le lacune conoscitive e uniformare il più possibile gli approcci metodologici, l'attuazione di misure supplementari, nonché il potenziamento dei controlli e il rispetto delle norme vigenti.

Consultazione e partecipazione del pubblico al processo di definizione della strategia nazionale. Osservazioni, criticità e prospettive per l'attuazione della MSFD a livello nazionale.

Specificità regionali

La qualità delle acque marino-costiere e di transizione del Friuli-Venezia Giulia è stata determinata utilizzando gli indicatori previsti dal D.Lgs. 152/06 e dai Decreti del MATTM 131/08, 56/09 e 260/10, i quali recepiscono gli obiettivi introdotti dalla Direttiva europea (WFD 2000/60/EC).

Sono stati identificati 38 corpi idrici (19 per le acque marino costiere e 19 per le acque di transizione) considerati tutti "a rischio" di non raggiungere il buono stato di qualità nel 2015.

In linea generale, si riscontra una condizione buona nei corpi idrici

ARPA Friuli-Venezia Giulia

costieri ed elevata in quelli marini situati più al largo. I risultati ottenuti per le acque di transizione evidenziano uno stato ecologico peggiore rispetto all'areale marino-costiero.

Al fine di limitare l'emissione di nitrati e a seguito della definizione delle Zone Vulnerabili ai Nitrati (ZNV) di origine agricola, è stato emanato dalla regione Friuli-Venezia Giulia (D.P.G.R. 24 maggio 2010 n. 0108/2010/Pres) il Programma d'Azione per la tutela e il risanamento delle acque dall'inquinamento causato da nitrati di origine agricola per le aziende localizzate in zone vulnerabili.

Monitoraggio e sistemi di previsione

Le reti di osservazione delle condizioni fisiche, chimiche e biologiche del mare, i sistemi di previsione delle mareggiate e degli eventi meteo marini in generale, e i sistemi di supporto alla valutazione dello stato ambientale e alla pianificazione sono gli strumenti atti a migliorare la conoscenza degli eventi naturali e ridurre sia la vulnerabilità degli ambienti marini e costieri, sia il rischio cui sono esposte le attività e opere antropiche. Tale conoscenza è possibile mediante il monitoraggio continuo degli eventi marini e l'analisi approfondita dei fenomeni e della loro variabilità geografica e temporale.

La mitigazione dei danni possibili, attuata attraverso la prevenzione, è importante soprattutto alla luce dei cambiamenti climatici, che potrebbero evidenziare nuove vulnerabilità e nuovi rischi.

In Italia sono operative ormai da molti anni due reti di monitoraggio a livello nazionale per l'osservazione dello stato del mare: la Rete Mareografica Nazionale (RMN) e la Rete Ondametrica Nazionale (RON), gestite dall'ISPRA.

I parametri rilevati dalle RMN e RON, impiegati per la conoscenza dello stato del mare e dell'ambiente marino - costiero, sono condivisi e inseriti in progetti e *network* internazionali di osservazione del mare (programma *Sea Level Observing System* dell'*Intergovernmental Oceanographic Commission* (IOC); *Global Telecommunication System* (GTS) del *World Meteorological Organization* (WMO)) e da sempre sono di riferimento per gli interventi di pianificazione, progettazione e realizzazione delle opere marittime e di protezione costiera, nonché per la navigazione portuale e in mare aperto.

Il monitoraggio degli eventi marini e l'analisi dei fenomeni consentono l'adattamento e la mitigazione degli effetti.

ISPRA gestisce la Rete Mareografica Nazionale (RMN) e la Rete Ondametrica Nazionale (RON).



La Rete Mareografica Nazionale (RMN) ha 33 stazioni di misura uniformemente distribuite sul territorio.

Figura 5.16: Rete Mareografica Nazionale: siti di misura³⁵

La Rete Mareografica Nazionale (RMN) (Figura 5.16), con 33 stazioni uniformemente distribuite sul territorio, è oggi tra le più importanti reti di misura del livello del mare presente nel Mediterraneo.

Tutte le stazioni mareografiche della RMN sono dotate, oltre che di sensori per rilevare il livello del mare, anche di sensori per la temperatura e l'umidità dell'aria, la temperatura acqua, la velocità e la direzione del vento, la pressione atmosferica. Per misurare la qualità delle acque in aree marine ambientalmente sensibili, 10 stazioni sono inoltre dotate di una sonda multiparametrica con i seguenti parametri: temperatura acqua, pH, Redox, conducibilità.

I parametri rilevati dalle stazioni sono pubblicati sul sito di ISPRA (www.mareografico.it), in cui sono disponibili anche i valori dell'ampiezza di marea previsti per i porti principali e per quelli secondari, riportati nella sezione dedicata alle tavole di marea.

La raccolta di lunghe serie temporali di dati meteo - oceanografici in mare aperto ha da sempre costituito un'esigenza dei meteorologi e degli oceanografi interessati a chiarire i meccanismi degli scambi tra il mare e l'atmosfera e la loro influenza nel comportamento dei due mezzi. Le misure *in situ*, tramite boe meteo-oceanografiche, rappresentano l'unico sistema in grado di fornire elementi diretti per la comprensione dei processi meteo-oceanografici in mare aperto. Esse costituiscono un riferimento essenziale per gli studi climatici e per quelli previsionali legati sia all'ambiente atmosferico sia a quello marino.

Rete Mareografica Nazionale (RMN) e parametri meteo marini rilevati.

³⁵ Fonte: ISPRA



61207	CATANIA
61208	MAZARA
61209	PALERMO
61210	CROTONE
61211	CETRARO
61212	SINISCOLA
61213	ALGHERO
61214	PONZA
61215	MONOPOLI
61216	CIVITAVECCHIA
61217	ORTONA
61218	ANCONA
61219	LA SPEZIA
61220	VENEZIA
61221	CAGLIARI

La Rete Ondametrica Nazionale (RON) è costituita da 15 siti fissi di misura ubicati in maniera omogenea a largo delle coste italiane, a una distanza compresa entro 15 miglia nautiche dalla linea di costa e su fondali dell'ordine di 100.

Figura 5.17: Ubicazione delle boe RON con codifica del WMO³⁶

La Rete Ondametrica Nazionale (RON) dell'ISPRA, operativa dal 1989, è attualmente costituita (Figura 5.17) da quindici siti fissi di misura ubicati a largo delle coste italiane, a una distanza compresa entro 15 miglia nautiche dalla linea di costa e su fondali dell'ordine di 100 metri. Le stazioni di misura sono boe ondametriche direzionali con sensori accelerometrici allo stato solido, equipaggiate con una stazione meteorologica completa, che trasmettono i dati rilevati ogni 30 minuti ai corrispondenti centri di ricezione a terra e da questi concentrati in tempo reale al centro di controllo presso la sede dell'ISPRA. La diffusione dei dati avviene in tempo reale, principalmente via internet all'indirizzo www.telemisura.it, e su televideo RAI (alla pagina 719); inoltre, dal 2009, gli stessi sono diffusi mediante il *Global Telecommunication System (GTS)* agli organismi nazionali e internazionali per la loro integrazione nei modelli previsionali a grande scala.

Se le reti di monitoraggio dello stato del mare rilevano le condizioni correnti, uno strumento importante per la mitigazione del rischio associato al verificarsi di condizioni meteo-marine avverse e di tempeste in mare è la previsione dello stato del mare attraverso modelli numerici di simulazione. Come noto, i processi fisici che determinano l'evoluzione dello stato del mare (moto ondoso, correnti, altezza di marea) sono fortemente legati alla dinamica atmosferica, che a sua volta interagisce in modo cruciale con la superficie marina (tramite scambi di quantità di moto, calore e umidità). Per questo, ad esempio, i modelli globali utilizzati per le simulazioni climatiche sono modelli *accoppiati* atmosfera-oceano. I modelli di previsione dello stato del mare (modelli ondametrici, modelli di previsione dell'elevazione della superficie marina, modelli oceanografici) vanno eseguiti in "cascata" a un modello meteorologico che fornisce loro i valori delle forzanti atmosferiche (tipicamente vento e pressione superficiali) per tutta la durata della previsione.

La Rete Ondametrica Nazionale, con 15 siti fissi di misura a largo delle coste italiane, trasmettono i dati in tempo reale.

Sistemi di previsione meteo-marini.

³⁶ Fonte: ISPRA

Nell'ambiente mediterraneo, la previsione dei fenomeni atmosferici e della superficie marina deve tener conto di difficoltà particolari. Il *weather* (tempo meteorologico) mediterraneo è caratterizzato dall'interazione bidirezionale tra fenomeni di grande scala (ad esempio, cicloni extratropicali di provenienza atlantica) e gli effetti di fattori locali "complessi" (orografia, distribuzione di terre e mari, ecc.) che generano fenomeni su piccola e media scala (tra i 10 e i 1.000 km). A sua volta, la qualità della previsione ondometrica dipende criticamente da quella della previsione del vento marino (lo stesso può dirsi per la previsione dell'altezza di marea rispetto a quella della pressione atmosferica superficiale). In conclusione, un buon sistema di previsione deve risolvere *simultaneamente* tutte le scale coinvolte nei fenomeni atmosferici, ossia necessita di una risoluzione dell'ordine di centinaia di metri su un dominio di integrazione ampio. Nella precedente edizione è stata illustrata la struttura dei modelli e la metodologia di previsione del Sistema Idro-Meteo-Mare (SIMM) dell'ISPRA³⁷, impiegato per l'elaborazione delle previsioni meteorologiche e dello stato del mare e per altre applicazioni, tra cui il *weather routing* (ottimizzazione delle tratte delle navi in funzione delle condizioni meteo-marine) e il *tracking* del trasporto degli inquinanti in mare (come l'*oil spill*).

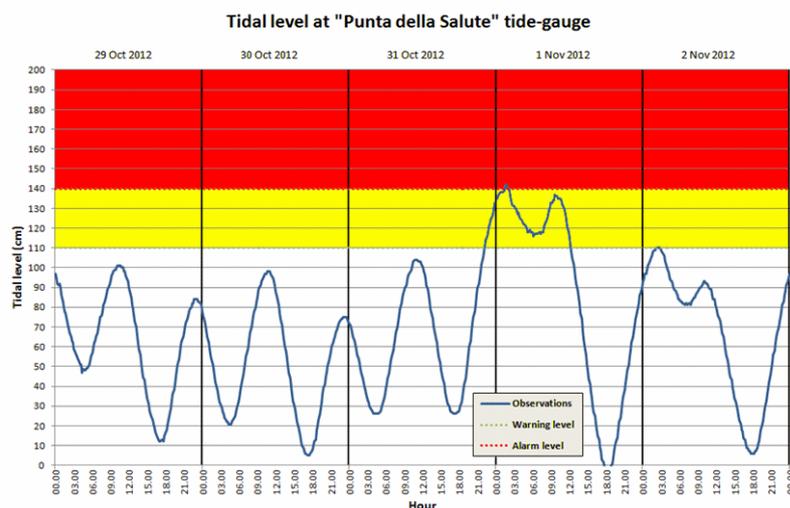
Nel 2012 sono state sperimentate e testate configurazioni più avanzate del modello meteorologico BOLAM (*Bologna Limited Area Model*) del SIMM. In seguito ai risultati della verifica statistica della precipitazione è stata selezionata una nuova configurazione, BOLAM D-4, che, tra le modifiche apportate, incrementa la risoluzione orizzontale del modello dagli attuali 10 a 7.8 km. Per questa versione è stato effettivamente riscontrato un miglioramento delle prestazioni in termini di qualità della previsione. Ai fini dell'accoppiamento con modelli marini, l'incremento della risoluzione della previsione del vento superficiale può rappresentare un valore aggiunto per la previsione ondometrica.

In attesa di rendere operativo il BOLAM D-4 a 7,8 km nel SIMM, la configurazione è stata implementata in via sperimentale e pre-operativa nell'ambito del programma internazionale HyMeX (*Hydrological cycle in Mediterranean EXperiment*), finalizzato al miglioramento della conoscenza del ciclo idrologico del Mediterraneo e di monitoraggio e previsione degli eventi meteo-marini di forte impatto. Le previsioni sono prodotte quotidianamente da settembre 2012; l'archivio delle immagini è disponibile sul sito <http://sop.hymex.org>. L'iniziativa HyMeX prevede campagne di misura in periodi speciali (SOP), nel corso dei quali sono individuati brevi periodi di intenso monitoraggio (IOP) in corrispondenza di eventi rilevanti. Alcuni di questi eventi, occorsi nel SOP 1 (settembre-novembre 2012), saranno considerati come casi studio per un'ulteriore verifica della "cascata" di modelli del SIMM, sia nella configurazione operativa sia in quella sperimentale, in particolare, mediante l'accoppiamento del BOLAM con il modello SHYFEM per la previsione degli eventi di acqua alta a Venezia.

³⁷ www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/; www.isprambiente.gov.it/pre_mare/

Si riporta, a titolo d'esempio, l'evento del 1° novembre 2012 che ha fatto registrare a Punta della Salute un picco di marea di 143 cm (Figura 5.18), rappresentando il 13° valore più elevato dal 1872. Al fenomeno dell'acqua alta, oltre alla marea astronomica, contribuiscono soprattutto gli effetti del vento e della pressione atmosferica ("contributo meteorologico"). Sia la presenza di forti venti da Sud-Est (libeccio) sull'Adriatico, sia l'abbassamento della pressione superficiale sull'Alto Adriatico possono contribuire al fenomeno e, quando tali contributi sono in fase con la marea astronomica, possono dare luogo a eventi eccezionali. Per questo la bontà della previsione dell'acqua alta dipende strettamente dalla bontà della previsione meteo. Nel caso dell'evento in esame si assiste a un fenomeno frequente nel Mediterraneo: la rapida formazione di un ciclone, centrato sul Golfo di Genova, che produce appunto questo doppio effetto (abbassamento della pressione sull'Adriatico settentrionale e forte vento da Sud-Est sull'Adriatico) come è evidente dalla cartina meteorologica mostrata in Figura 5.19a. Queste carte ("analisi") tendono a "smussare" i valori massimi e minimi; infatti i valori delle osservazioni vere e proprie (stazioni superficiali della rete sinottica, figura 5.19b) restituiscono una stima del minimo barico, centrato sull'Isola d'Elba, di meno di 877 hPa, contro i 987 hPa dell'analisi.

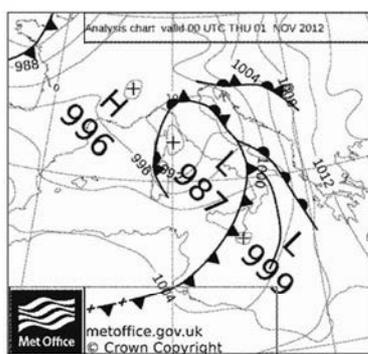
Confrontando le osservazioni con le previsioni prodotte dalle due configurazioni di BOLAM si nota che quella sperimentale (fig. 5.19d) fornisce una previsione più realistica di quella operativa (fig. 5.19c), mostrando un ciclone più sviluppato e profondo (con un minimo di 980 hPa contro i 988 hPa della versione operativa), con un presumibile miglioramento della qualità della previsione di marea da parte di un eventuale modello mareografico in cascata.



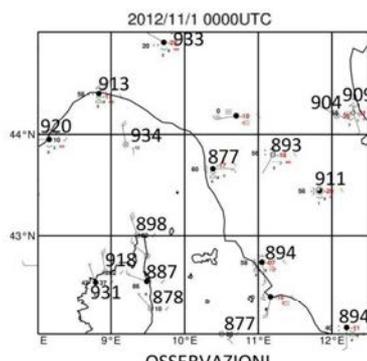
Evento di acqua alta a Venezia del 1° novembre 2012 che ha fatto registrare a Punta della Salute un picco di marea di 143 cm.

Figura 5.18: Evento di acqua alta del 1/11/2012: livelli di marea registrati a Punta della Salute³⁸

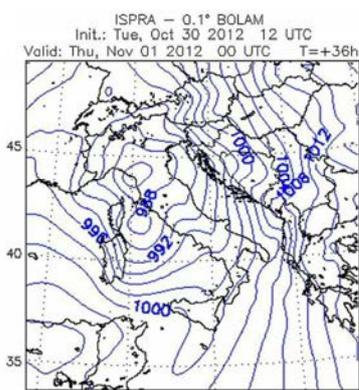
³⁸ Fonte: ISPRA



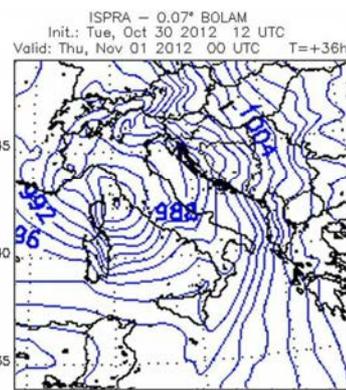
(a)



(b)



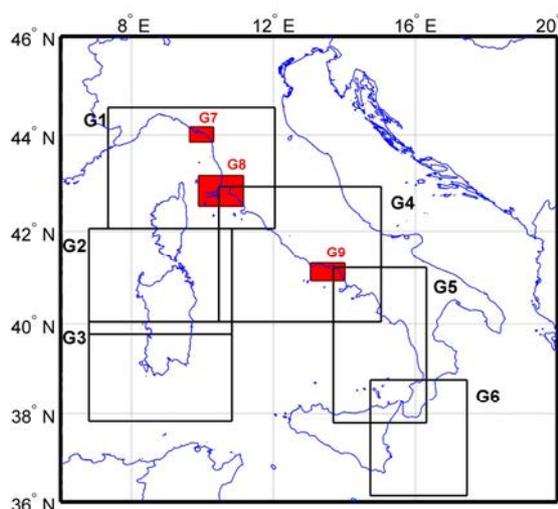
(c)



(d)

Condizioni meteo osservate (carta meteo e valori delle stazioni a terra) e previste (BOLAM operativo e BOLAM-D4) dell'evento del 1° novembre 2012.

Figura 5.19: Evento del 1° novembre 2012. Confronto tra la pressione a livello del mare osservata (ore 0 di Greenwich) e le previsioni delle due configurazioni di BOLAM discusse nel testo. (a) Carta meteorologica³⁹; (b) valori (in hPa) registrati alle stazioni sinottiche di superficie; (c) previsione del BOLAM operativo; (d) previsione del BOLAM-D4⁴⁰



Sistema di Previsione Costiero (SPC), per la programmazione a lungo termine e la progettazione delle opere e interventi di ripristino.

Figura 5.20: Struttura delle aree regionali (in nero) e delle aree costiere (in rosso) nel Sistema di Previsione Costiero⁴¹

³⁹ Fonte: UK Met Office

⁴⁰ Fonte: ISPRA

⁴¹ Fonte: Ibidem

Per le numerose attività presenti lungo le coste è importante disporre anche di un sistema di previsione specifico per le aree costiere, per la programmazione a lungo termine e la progettazione delle opere e interventi di ripristino. Il Sistema di Previsione Costiero (SPC) dell'ISPRA, operativo dal 2011, permette di considerare sei aree regionali, all'interno delle quali sono individuate le aree costiere ad altissima risoluzione e su cui sono condotte le simulazioni numeriche (Figura 5.20). L'obiettivo futuro è integrare il Sistema di Previsione Costiero nel SIMM.

Sistema di Previsione Costiero (SPC).

Per lo studio della morfodinamica delle spiagge e della vulnerabilità delle aree costiere è necessario tuttavia integrare ai sistemi di conoscenza del mare anche programmi di osservazione periodica delle variazioni geomorfologiche della fascia costiera, in grado di fornire misure e indicazioni sull'entità delle variazioni e individuare, secondo il contesto urbano e ambientale, le aree più vulnerabili.

Sistema Informativo Geografico Costiero (SIGC).

Il Sistema Informativo Geografico Costiero (SIGC), sviluppato in ISPRA, dispone della rappresentazione del territorio costiero uniforme a livello nazionale (Figura 5.21), con informazioni sui parametri geomorfologici caratteristici del territorio costiero, dati di analisi della dinamica evolutiva dei litorali, infrastrutture portuali, opere di difesa dei litorali dall'erosione, dati sull'occupazione del suolo e degli strumenti di salvaguardia legati alla gestione delle aree costiere. Il sistema integra coperture territoriali rilevate con tecniche di ricognizione e di diagnostica ambientale di tipo tradizionale (cartografia storica e foto aeree zenitali ortorettificate) e sperimentazioni con immagini satellitari ad alta risoluzione e foto aeree prospettiche.

Il Sistema Informativo Geografico Costiero (SIGC) per la rappresentazione uniforme del territorio costiero a livello nazionale.

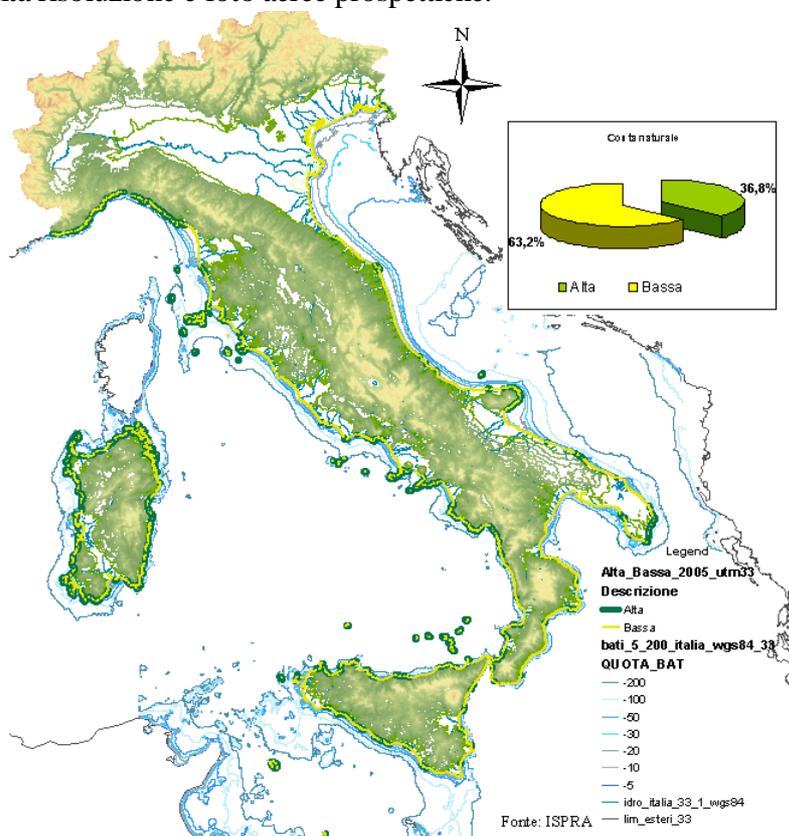


Figura 5.21: Mappa delle coste italiane: alte e basse⁴²

⁴² Fonte: ISPRA, Elaborazione della copertura territoriale disponibile con le ortofoto del volo IT2006; dati batimetrici dell'IIMM (2005)

Attualmente si stanno conducendo studi relativi alla **fisiografia** e morfologia dei mari italiani. Attraverso l'interpretazione di dati batimetrici e utilizzando studi già esistenti, si intende realizzare una mappa degli elementi morfologici (scala 1:750.000) del bacino Adriatico, del Mar Tirreno, del Mar Ionio, del Canale di Sicilia e del Mar di Sardegna, con l'obiettivo di integrare le informazioni delle aree emerse con informazioni sulle principali caratteristiche geomorfologiche dei fondali marini. Il prodotto così realizzato sarà utile per differenti ambiti applicativi, aventi come oggetto di studio il mare, e garantirà una visione a scala nazionale dei bacini italiani; inoltre, la metodologia di realizzazione adottata permetterà di aggiornare e affinare, mediante dati di nuova acquisizione, la quantità e la qualità delle informazioni sui fondali marini.

È in fase di realizzazione una mappa degli elementi morfologici dei mari italiani (scala 1:750.000).

In ambito europeo il tema del dragaggio di sabbie relitte e/o sabbie del largo a fini di ripascimento è stato trattato sotto diversi aspetti (ingegneristico-progettuale, ambientale ed economico) nei progetti: BEACHMED Programma Operazionale INTERREG IIIB - MEDOOC "Recupero ambientale e mantenimento dei litorali in erosione con l'utilizzo di depositi sabbiosi marini" e BEACHMED-e Operazione Quadro Regionale, INTERREG IIIC "La gestione strategica della difesa dei litorali per uno sviluppo sostenibile delle zone costiere del Mediterraneo".

Iniziativa europea in tema del dragaggio di sabbie relitte.

Il quadro normativo di riferimento vigente in Italia, specifico per le attività di dragaggio delle sabbie relitte ai fini di ripascimento risulta ancora parzialmente *in itinere*.

Il quadro normativo di riferimento vigente in Italia è ancora parzialmente in itinere.

Il ripascimento con sabbie relitte è ancora disciplinato dal Decreto Ministeriale 24 gennaio 1996 (attività istruttorie per il rilascio dell'autorizzazione) e dalla Legge 31 luglio 2002, n.179, che ha definito per le autorizzazioni il passaggio delle competenze dallo Stato alle Regioni. Per le attività di dragaggio è importante disporre di conoscenze dettagliate e aggiornate dell'ambiente in cui si trovano i depositi, per poter prevedere e valutare sia gli effetti della movimentazione sia la scelta di eventuali opportune misure di mitigazione degli impatti. L'ISPRA sin dal 1999, inizialmente in collaborazione con la Regione Lazio e la Regione Emilia-Romagna (ARPA Emilia-Romagna), ha condotto una serie di studi ambientali, che hanno portato negli anni alla messa a punto di un protocollo di monitoraggio ambientale specifico per tali attività, esportabile anche in altre realtà geografiche. Successivamente l'ISPRA ha ampliato la sperimentazione del suddetto protocollo anche ad altre regioni italiane (Marche) e presentato il protocollo così perfezionato anche in ambito europeo (www.beachmed.eu).

Esiste un protocollo di monitoraggio ambientale messo a punto da ISPRA.

Il Decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 116 e il suo decreto attuativo, Decreto 30 marzo 2010, del Ministero della salute, stabiliscono le nuove norme tecniche relative alla gestione della qualità delle acque di balneazione. In particolare, il decreto attuativo fornisce la definizione dei criteri per determinare il divieto di balneazione, nonché modalità e specifiche tecniche per la prevenzione del rischio per la salute dei bagnanti. Infatti, l'obiettivo principale della Direttiva 2006/7/CE è di proteggere la salute umana dai rischi derivanti dalla scarsa qualità delle acque attraverso una strategia di prevenzione e miglioramento ambientale.

Norme per la gestione delle acque di balneazione.

La procedura per la classificazione della qualità delle acque di balneazione si basa su un *data-set* di valori relativi a tre o quattro anni anziché sul risultato di un solo anno, rendendola così più realistica rispetto alla precedente. Per un ulteriore livello di controllo, nel DM 30 marzo 2010, rispetto alla Direttiva 2006/07/CE, vengono fissati anche dei valori limite sui singoli campioni, superati i quali va applicato il divieto di balneazione fino al ripristino delle condizioni di sicurezza sanitaria. Tali valori sono pari a 200 ufc/100 ml per gli Enterococchi intestinali e a 500 ufc/100 ml per gli *Escherichia coli*.

Nella nuova gestione delle acque di balneazione, oltre al campionamento dei parametri microbiologici, devono essere eseguite anche una serie di valutazioni ambientali, con particolare attenzione alle potenziali fonti di inquinamento. In particolare, si deve tener conto di diversi fattori, quali la morfologia e le caratteristiche idro-geologiche del territorio e le specifiche condizioni meteo-marine dell'area. Per tale motivo, ogni acqua di balneazione ha un *profilo* che contiene, oltre ai dati identificativi dell'acqua stessa, la descrizione del territorio in cui essa è collocata e, soprattutto, informazioni degli impatti che potrebbero influire sulla qualità dell'acqua. Inoltre, devono essere indicate sia le eventuali previsioni dell'inquinamento di breve durata sia le adeguate misure di gestione adottate. Una prima versione dei profili è stata predisposta prima dell'avvio della stagione balneare 2011. La redazione del profilo comporta un'attenta analisi del territorio cui l'acqua appartiene, rappresentando un utile strumento per le Autorità competenti. Poiché la direttiva dedica particolare attenzione all'informazione del cittadino, è prevista inoltre la predisposizione di una versione sintetica e meno tecnica del profilo, in cui sono riportate, oltre alle indicazioni specifiche sullo stato qualitativo dell'acqua, informazioni di natura pratica come ad esempio le caratteristiche fisiche della spiaggia, le vie d'accesso alla stessa o gli eventuali servizi presenti nell'area.

Discorso a parte va fatto per i casi di proliferazione algale. Infatti, ormai da qualche anno, alcuni tratti di costa sono interessati da fenomeni di fioritura algale di specie potenzialmente tossiche quali l'*Ostreopsis ovata*. Nei casi di maggior rilievo le Autorità locali, a scopo cautelativo, emettono dei provvedimenti di chiusura temporanea dei tratti di costa interessati dal fenomeno. Trattandosi di eventi di carattere eccezionale e non facilmente prevedibili detti provvedimenti non contribuiscono alla determinazione del giudizio qualitativo.

ISPRA, di concerto con le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA), coordina la linea di attività "Fioriture algali di *O. ovata* lungo le coste italiane". Tale attività, iniziata nel 2006 con la Direttiva Programma Alghe Tossiche del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (GAB/2006/6741/B01), ha prioritariamente lo scopo di individuare elementi per una strategia comune nazionale di campionamento, analisi, monitoraggio, sorveglianza, informazione, comunicazione e gestione del fenomeno "alghe tossiche". In tale ambito l'ISPRA, coordinandosi con le ARPA, ha condotto varie iniziative (corsi di formazione, redazione di "protocolli operativi", seminari di studio e confronto, rapporti annuali e triennali, sito *web*) e coordinato il Programma di ricerca "*Ostreopsis ovata* e *Ostreopsis* spp.: nuovi rischi di tossicità microalgale nei mari

Nella nuova gestione delle acque di balneazione, oltre al campionamento dei parametri microbiologici devono essere eseguite anche una serie di valutazioni ambientali, con particolare attenzione alle potenziali fonti di inquinamento.

Azioni e monitoraggi per Ostreopsis ovata.

Ruolo di coordinamento di ISPRA nella linea di attività "Fioriture algali di O. ovata lungo le coste italiane".

italiani” (2008-2010), in cui sono stati approfonditi gli aspetti legati alla biologia, ecologia, fisiologia e genetica, nonché quelli inerenti le metodologie di campionamento e analisi delle microalghe e delle tossine prodotte.

Attualmente l’aggiornamento sulla presenza e abbondanze di *O. cf. ovata* in ambito costiero avviene tramite seminari annuali organizzati da ISPRA con la partecipazione delle ARPA e della comunità scientifica nazionale. La diffusione delle informazioni è inoltre assicurata dalla pubblicazione, da parte di ISPRA, degli atti dei seminari e di rapporti annuali circa le attività di monitoraggio delle ARPA.

Le informazioni sul monitoraggio annuale delle fioriture di *Ostreopsis cf. ovata* sono utilizzate anche per le finalità di *reporting* previste dalla Direttiva 2008/56/CE. Dal 2012 ISPRA è membro del Gruppo di lavoro per la revisione delle linee guida del Ministero della salute, già inserite nel DM 30/3/2010 sulla gestione delle fioriture algali di *O. ovata* e di altre microalghe bentoniche potenzialmente tossiche.

Le attività di monitoraggio delle ARPA sulla presenza e abbondanza di *Ostreopsis cf. ovata* condotte nel 2011, sono state effettuate lungo i litorali di 14 regioni (ad eccezione della Basilicata).

Le indagini sono state condotte sia ai fini delle attività di controllo delle acque destinate alla balneazione in adempimento alla normativa vigente (D.Lgs. 116/08 e DM 30/3/2010), sia nell’ambito di progetti ARPA/Regione, oppure come attività rientranti nel monitoraggio delle specie potenzialmente tossiche nelle acque destinate alla molluschicoltura (Golfo di Trieste).

Il monitoraggio è stato eseguito generalmente nel periodo compreso tra giugno e settembre e in pochi casi fino a ottobre o dicembre, con una frequenza quindicinale o mensile. Sono state individuate e monitorate 246 stazioni di campionamento che presentano caratteristiche idromorfologiche idonee allo sviluppo della microalga o che hanno fatto registrare negli anni precedenti la presenza e le fioriture della microalga. Sono stati prelevati campioni di acqua, macroalghe o substrato duro secondo metodologie condivise⁴³ e rilevati contestualmente i parametri chimico-fisici dell’acqua, eventuali segnali di manifesta fioritura microalgale o stati di sofferenza a carico di organismi marini (ricci, mitili, stelle marine, pesci, macroalghe), verificatisi nelle aree più impattate e durante il picco della fioritura. L’ARPA Liguria, per la stagione 2011, ha affiancato al monitoraggio tradizionale, un modello previsionale sperimentale con 5 classi di rischio, potenzialmente in grado di stimare la probabilità d’insorgenza e permanenza di una fioritura algale, a partire dalla previsione meteo (temperatura - pressione - direzione vento). Tale approccio previsionale potrebbe rappresentare uno strumento utile agli organi di controllo e agli amministratori locali in quanto permetterebbe di ottimizzare le campagne di monitoraggio e sviluppare sistemi di informazione e prevenzione oggettivi ed efficaci su scala locale e regionale.

*Il monitoraggio di
Ostreopsis cf. ovata
nazionale inserito
nella Marine
Strategy
(2008/56/CE).*

⁴³ Protocolli APAT/ARPA 2007, Protocolli ISPRA 2012; Abbate *et al.* 2010

GLOSSARIO

Buono stato ambientale:

Lo stato ambientale delle acque marine tale per cui le stesse preservano la diversità ecologica e la vitalità di mari ed oceani puliti, sani e produttivi nelle proprie condizioni intrinseche e tale per cui l'utilizzo dell'ambiente marino si svolge in modo sostenibile, salvaguardandone le potenzialità per gli usi e le attività delle generazioni presenti e future. (D.Lgs. 190/2010).

Clima ondoso:

Distribuzione statistica di lungo periodo delle grandezze che maggiormente definiscono il regime ondoso, quali: altezza d'onda significativa, periodo di picco e direzione media di provenienza.

Cross-correlogramma:

Rappresentazione grafica delle relazioni lineari tra le variabili di due processi a una determinata distanza temporale (o spaziale).

Dinamica costiera:

Con questo termine si indica il complesso dei fenomeni che governano l'evoluzione della fascia costiera nel tempo. In particolare, la conformazione del litorale è il risultato di una complessa interazione tra numerosi fattori sia marini sia continentali, alcuni dei quali fortemente influenzati da eventi meteorologici estremi: apporti fluviali, moto ondoso e correnti, trasporto eolico, fenomeni tettonici di sollevamento/abbassamento del settore costiero, variazioni eustatiche del livello marino, interventi antropici sui corsi d'acqua o sul litorale, subsidenza naturale e indotta (Atlante delle opere di sistemazione costiera, APAT, 2007).

Eutrofizzazione:

Processo degenerativo dell'ecosistema acquatico dovuto all'eccessivo arricchimento in nutrienti (fosforo e azoto), tale da provocarne un'alterazione dell'equilibrio.

Evento anomalo:

È un evento considerato raro rispetto alla sua distribuzione di probabilità di accadimento, e che eccede una soglia di criticità fissata in un determinato luogo. È definito in base alla sua forte intensità e alla bassa frequenza di accadimento.

Fisiografia:

Parte della geografia che studia la natura e la distribuzione delle terre emerse e dei mari.

Ovatossina:

Composto tossico simile alla Palitossina prodotto dalla microalga bentonica *Ostreopsis ovata* da cui deriva il nome.

Palitossina:

Composto tossico isolato per la prima volta dal celenterato (invertebrato) marino Palythoa toxica dal quale deriva il suo nome.

Progradazione:

Si parla di accrezione frontale o progradazione quando la stratificazione si sviluppa lungo superfici variamente inclinate rispetto all'orizzontale, dette anche clinostratificazioni, ma sempre nel senso di avanzamento principale. Tipiche forme d'accrezione frontale sono quelle sviluppate da spiagge e da barre di foce deltizie lungo gradini litorali, oppure da barre sabbiose costiere dominate da tempeste o da correnti di marea. (A. Bosellini, E. Mutti, F. Ricci Lucchi, in "Rocce e successioni sedimentarie", UTET, 1989).

Sabbie relitte:

Sono depositi sedimentari non diagenizzati, situati lungo la piattaforma continentale in condizioni di non equilibrio con la dinamica sedimentaria attuale.