

## Capitolo 5

### MARE E AMBIENTE COSTIERO

#### Introduzione

Nelle precedenti edizioni si è ampiamente argomentato sulle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche delle aree costiere e del mare in Italia. Sono stati descritti fenomeni evolutivi naturali dell'ambiente marino-costiero e alcuni degli impatti prodotti dalle attività umane; si è trattato delle forzanti marine, dell'assetto dei litorali e, infine, sono state analizzate alcune azioni di tutela e gestione in termini di pianificazione territoriale e di interventi a livello nazionale e regionale.

In questa edizione saranno presentati prevalentemente dati sulla qualità delle acque per la balneazione e sulla presenza di microalghe *Ostreopsis Ovata*, in riferimento ai rilievi degli ultimi monitoraggi; inoltre saranno sviluppati due focus: uno sull'attuazione della Direttiva "Strategia Marina" e uno sui risultati preliminari del primo anno monitoraggio ISPRA relativo all'incidente della "Concordia"

#### La situazione

I monitoraggi per il controllo 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 unici strumenti in grado di fornire parametri chimici e biologici delle acque marino-costiere e, a regime, un quadro nazionale annualmente aggiornato dello stato qualitativo e ecologico delle acque costiere.

Per la stagione balneare 2012 sono state identificate dalle regioni italiane 5.509 acque di balneazione, di cui 629 acque interne e 4.880 acque marine e di transizione.

L'attività di controllo è stata eseguita tenendo conto delle disposizioni dettate dal decreto 30 marzo 2010 del Ministero della salute, secondo un calendario stabilito da ciascuna regione a inizio stagione balneare e con una frequenza di campionamento mensile. La balneabilità delle acque qui riportata rappresenta uno status qualitativo di natura prettamente igienico sanitario, considerato che viene stabilita esclusivamente sulla base delle concentrazioni di due indicatori microbiologici di contaminazione fecale (*Escherichia coli* ed Enterococchi intestinali).

La valutazione della balneabilità per la stagione 2012 è stata fatta dalla Commissione Europea, considerando unicamente l'ultimo anno di monitoraggio, in termini di classi di conformità (*conforme ai valori guida, conforme ai valori imperativi, non conforme, insufficientemente campionati e non campionati*) determinate sulla base dei valori di riferimento imperativi e dei valori guida (ben più restrittivi rispetto ai primi, ma non obbligatori). Infatti, a partire dalla stagione balneare 2013, così come previsto dalla Direttiva 2006/07/CE, si passerà a un sistema di valutazione in termini di classi di qualità (eccellente, buono, sufficiente e scarso) su base quadriennale.

Tuttavia, per una corretta gestione, la sola classificazione risulta insufficiente a valutare un'acqua di balneazione. Infatti, dovrebbe essere effettuata un'accurata analisi di tutte le componenti ambientali che potrebbero rappresentare un potenziale rischio per la salute, ed eventualmente adottare adeguate misure di gestione per eliminare o minimizzare tale rischio. Al momento, però, non è

*Qualità delle acque marino-costiere.*

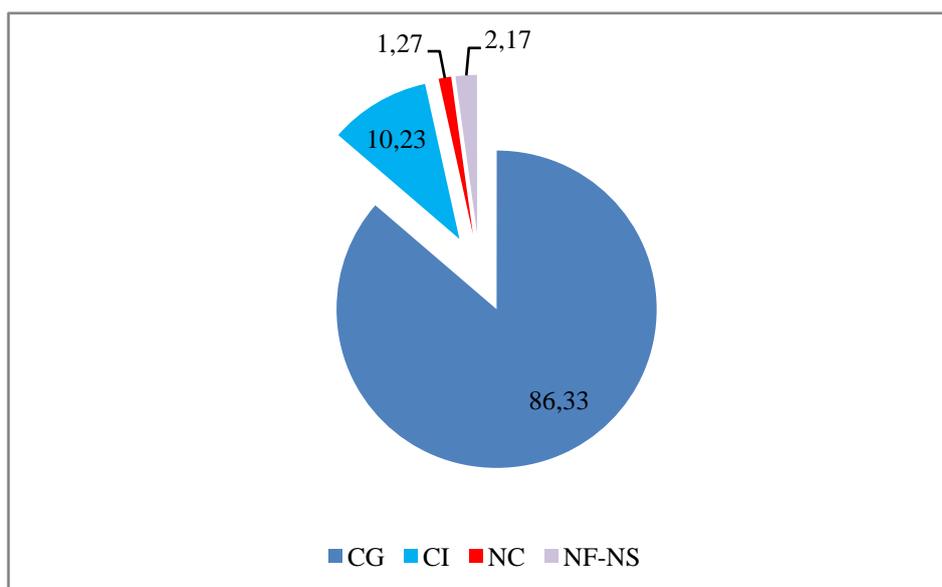
*4.880 acque di balneazione marino costiere e di transizione monitorate.*

stata definita alcuna metodologia per correlare i risultati del monitoraggio, e quindi la classificazione, con eventuali criticità di natura diversa da quelle microbiologiche. Pertanto, un'acqua può risultare di eccellente qualità da un punto di vista di contaminazione fecale ma presentare altri fattori di rischio ambientali quali, per esempio, la presenza di organismi animali o vegetali potenzialmente tossici per l'uomo e per l'ambiente stesso (es. *Ostreopsis ovata*).

A livello nazionale (Figura 5.1), delle 4.880 acque di balneazione marine costiere e di transizione monitorate, 4.213 sono conformi ai valori guida (86,3%), 499 (10,2%) ai valori imperativi, 106 (2,2%) sono insufficientemente campionati o non campionate e 62 (1,3%) non conformi.

*4.213 acque di balneazione sono conformi ai valori guida (86,3%), 499 (10,2%) ai valori imperativi.*

*Nel 2012 è conforme il 96,5% delle acque, di cui l'86,3% ai valori guida e il 10,2% 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

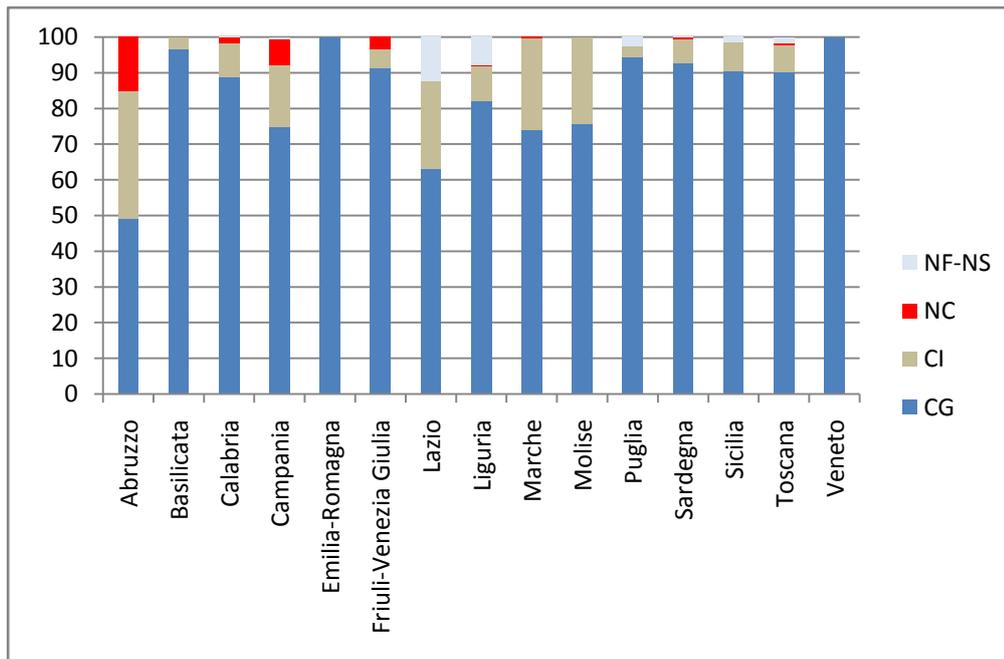
**Figura 5.1: Percentuali di conformità delle acque di balneazione costiere a livello nazionale (2012)<sup>1</sup>**

Come si evince dalla Figura 5.2, in 4 regioni (Emilia-Romagna, Veneto, Molise e Basilicata) la totalità delle acque è conforme. Per 11 regioni costiere su 15 è stata rilevata una conformità superiore al 95%. Considerando, invece, solo la conformità ai più restrittivi valori guida, questa è superiore al 90% in ben otto regioni: Emilia-Romagna, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Toscana, Basilicata, Puglia, Sicilia e Sardegna, con le prime due che raggiungono il 100% di conformità. Il maggior numero di acque non conformi si rilevano in Abruzzo (15,3%) e Campania (7,3%), mentre le percentuali più alte di acque insufficientemente o non campionate, per le quali non è possibile esprimere alcun giudizio qualitativo, sono presenti nel Lazio (12,4%) e Liguria (7,9%).

*In Emilia-Romagna, Veneto, Molise e Basilicata la totalità delle acque è conforme, per le restanti 11 regioni è stata rilevata una conformità superiore al 95%.*

Nonostante questi risultati evidenzino un quadro positivo della qualità delle acque di balneazione italiane, permangono criticità, circoscritte localmente e temporalmente, quali i numerosi divieti temporanei alla balneazione che spesso si verificano anche in acque classificate conformi.

<sup>1</sup> Fonte: Elaborazione ISPRA su dati EEA



*Emilia-Romagna, Veneto, Molise e Basilicata hanno la totalità delle acque conforme.*

Legenda:

CI: conformi ai valori imperativi; CG: conformi ai valori guida; NC: non conformi ai valori imperativi; NF: insufficientemente campionati; NS: non campionati

**Figura 5.2: Conformità delle acque di balneazione costiere a livello regionale (2012)<sup>2</sup>**

*Ostreopsis ovata* Fukuyo è un dinoflagellato potenzialmente tossico presente oltre che in Italia (Tognetto *et al.*, 1995) anche nelle acque marino-costiere di altri Paesi del Mediterraneo quali Spagna, Francia, Grecia, Croazia, Albania, Tunisia, Libano ed Egitto. Sulla base degli studi finora effettuati è stata accertata l'esistenza di un genotipo di *O. cf. ovata* italiano e mediterraneo, oltre alla presenza nelle nostre acque della specie *Ostreopsis cf. siamensis* che non risulta tossica.

In Italia, le fioriture bentoniche di *Ostreopsis cf. ovata* si manifestano quasi esclusivamente durante la stagione estiva e autunnale (giugno-ottobre) 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**)<sup>3</sup>. Durante le fioriture si possono osservare patine bruno-rossastre a ricoprire fondi e substrati, schiume superficiali o flocculi sospesi nella colonna d'acqua.

Sulla base dei monitoraggi di sorveglianza effettuati dalle Agenzie regionali (ARPA), l'*Ostreopsis cf. ovata* è stata riscontrata in 11 regioni costiere nel 2012 e in 12 regioni costiere nel 2013, mentre è sempre assente in tutti i campioni prelevati lungo le coste dell'Emilia-Romagna, Molise e Veneto (la Basilicata non effettua il monitoraggio) (Figura 5.3).

Dal 2007 al 2013 la presenza e la diffusione della microalga sono andate aumentando.

*La microalga bentonica *Ostreopsis ovata* è presente ormai da alcuni anni nel Mediterraneo.*

*Le fioriture sono diffuse in numerose località nei nostri mari e possono dar luogo a fenomeni di tossicità, sia per l'uomo sia per l'ambiente marino.*

*Nel 2012 la presenza della microalga tossica è stata segnalata in tutte le regioni costiere, ad eccezione di Emilia-Romagna, Molise, Abruzzo e Veneto. Nel 2013, invece, è presente anche in Abruzzo.*

<sup>2</sup> Fonte: Elaborazione ISPRA su dati EEA

<sup>3</sup> Rapporti ISPRA n. 127/2010, n. 148/2011, 173/2012 e n.188/2013)

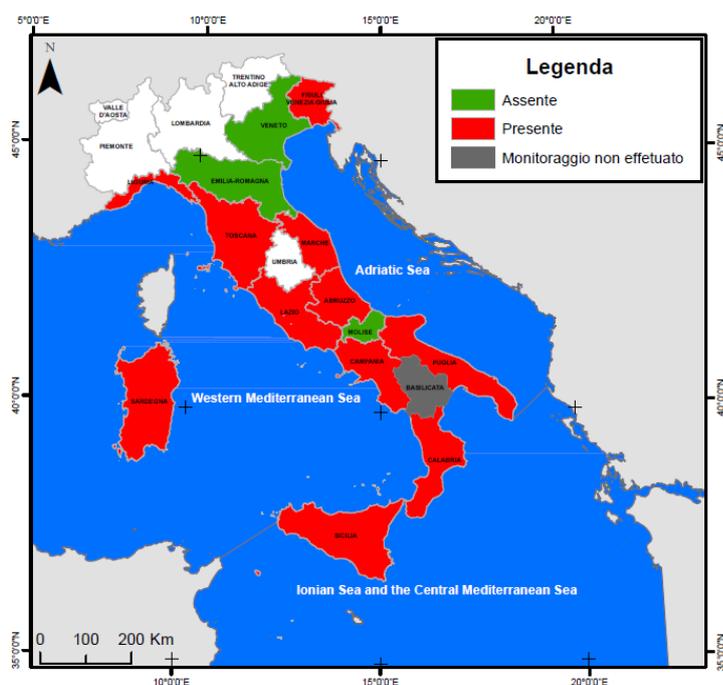


Figura 5.3: *Ostreopsis ovata* lungo le coste italiane (2013)<sup>4</sup>

*Dal 2007 al 2013 la presenza e la diffusione della microalga sono andate aumentando. Nel 2013 si segnala presenza della microalga tossica in tutte le regioni costiere, ad eccezione di Emilia-Romagna, Molise e Veneto.*

### 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. L'EEA<sup>5</sup> riconosce che la fascia costiera europea è interessata da un degrado diffuso e progressivo, in termini di perdita di *habitat*, **eutrofizzazione**, contaminazione, invasione di specie aliene, danno ai fondali marini ed erosione.

Le aree costiere sono i territori maggiormente occupati da insediamenti urbani e da attività economiche e produttive, dove l'artificializzazione con strutture abitative e di trasporto in aree costiere è in progressivo aumento. La densità di popolazione sulle coste è in misura più che doppia rispetto alla media nazionale: il 30% della popolazione italiana vive stabilmente nei 646 comuni costieri, ossia su un territorio di 43.000 km<sup>2</sup>, pari a circa il 13% del territorio nazionale<sup>6</sup>.

All'elevata densità di popolazione corrisponde un'occupazione del suolo in aree costiere più elevata rispetto al resto del territorio nazionale: nella fascia di 10 km dalla riva le strutture urbane occupano il 9,2% del territorio, mentre nel resto del territorio nazionale sono pari al 5,8%.

Se poi si osserva il fenomeno dell'urbanizzazione nei territori più prossimi alla costa, le percentuali di suolo occupato aumentano esponenzialmente.

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

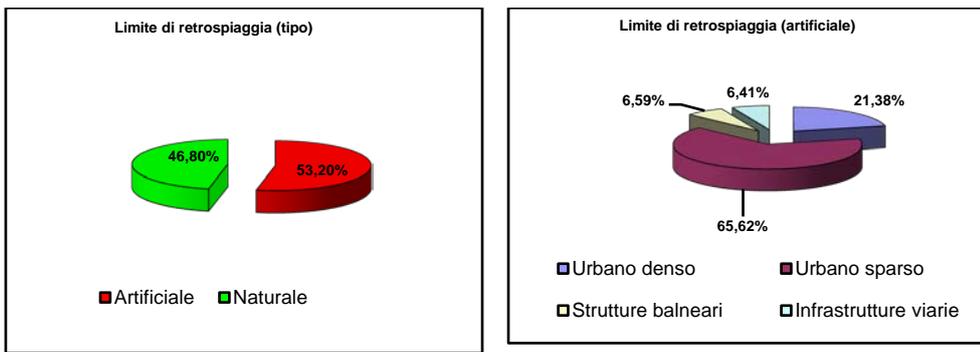
*Urbanizzazione e occupazione suolo: circa il 30% della popolazione italiana vive nei 646 comuni costieri.*

*Nella fascia di 10 km dalla riva, il territorio occupato con strutture urbane è pari al 9,2%.*

<sup>4</sup> Fonte: Elaborazione ISPRA su dati delle ARPA costiere

<sup>5</sup> EEA, 2010, *The European Environment – State and outlook 2010*, Report 1/2010

<sup>6</sup> ISPRA, analisi dei dati del Corine Land Cover aggiornati al 2006



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

**Figura 5.4: Distribuzione del tipo di retrospiaggia (a) e del tipo artificiale (b)<sup>7</sup>**

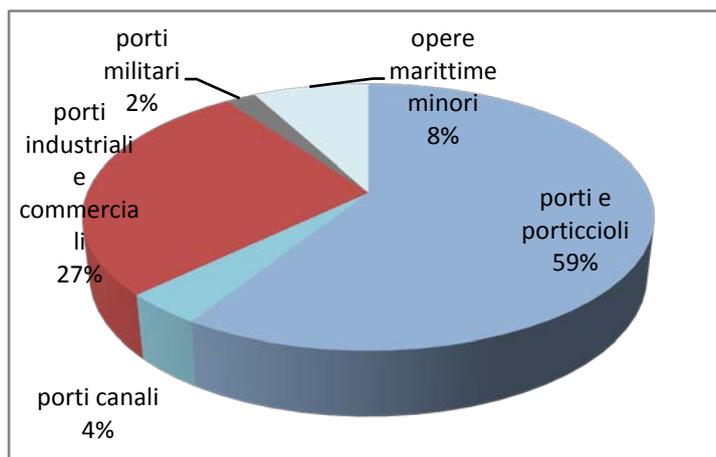
Il 35,8% del territorio nazionale compreso nella fascia dei 300 m dalla riva, area che la normativa annovera tra i beni da tutelare per il loro valore paesaggistico (D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.), è urbanizzato, per un valore complessivo di 731 km<sup>2</sup>.

*Il 35,8% del territorio nazionale compreso nella fascia dei 300 m dalla riva è urbanizzato.*

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 5.4).

Oltre 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.

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



*Le opere marittime connesse al sistema portuale nazionale si sviluppano per una lunghezza complessiva di circa 2.250 km; di cui 615 km (27%) sono destinati a strutture commerciali e industriali, alle attività cantieristiche e quelle asservite all'industria, e circa 1.415 km (63%) è costituito da porti, porticcioli ecc.*

**Figura 5.5: Sviluppo in km delle opere marittime per tipo<sup>8</sup>**

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 (Figura 5.5).

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

I nuovi porti e quelli in costruzione sono prevalentemente adibiti a ospitare imbarcazioni per la navigazione da diporto e gli interventi di ampliamento e ristrutturazione delle strutture portuali esistenti sono destinati a migliorare l'approdo di traghetti e navi da crociera e ad aumentare il traffico merci.

<sup>7</sup> Fonte ISPRA, analisi dei dati costieri rilevati dalle ortofoto a volo IT2006

<sup>8</sup> Fonte: ISPRA

Le principali fonti di inquinamento, sulla terraferma, delle acque costiere e per la 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.

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

Relativamente al fenomeno delle fioriture tossiche, e nello specifico per ciò che concerne l'*O. ovata*, le condizioni che sembrano favorirle 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 termoclino<sup>9</sup>.

### Le risposte

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.

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

La Comunità Europea ha promosso in numerosi ambiti strumenti per la tutela delle aree marine e costiere, unitamente ad azioni di indirizzo delle attività antropiche verso un uso sostenibile delle risorse marittime.

La Direttiva quadro sulla Strategia per l'ambiente marino, cui è dedicato un box di approfondimento, con le Direttive Uccelli e Habitat e la Strategia per la conservazione della biodiversità costituiscono il pilastro delle politiche di protezione ambientale del mare. La Direttiva per la gestione delle acque di balneazione, la Direttiva quadro sulle Acque e la Direttiva Alluvioni, queste ultime per gli adempimenti previsti per le aree costiere, costituiscono lo strumento per la tutela della salute e dell'incolumità dell'uomo da rischi derivanti da eventi naturali o indotti dalle attività umane in aree marine costiere.

Le politiche di più chiara promozione dello sviluppo economico, come la Politica Integrata Marittima, la Direttiva per le Energie rinnovabili, l'iniziativa per le Autostrade del mare, la recente proposta di direttiva per la pianificazione dello spazio marittimo e la Gestione Integrata delle Zone Costiere, fanno esplicito riferimento ad azioni volte all'uso sostenibile delle risorse marittime, alla tutela dell'ambiente e della salute dell'uomo.

### Pianificazione e monitoraggio

L'esigenza trasversale ai vari strumenti comunitari, in via di implementazione, è fondamentalmente quella della pianificazione (delle attività) e della gestione integrata, di un approccio cioè non più settoriale alle problematiche degli ambienti marini, ma che tenga conto dell'intima connessione tra le differenti attività che possono aver luogo lungo la costa e in mare, le esigenze di sviluppo sostenibile e la necessità di preservare l'ambiente.

*L'approccio trasversale a tutti gli strumenti è la gestione integrata delle attività e il monitoraggio della qualità ambientale. Pianificazione per la difesa e la gestione*

In Italia, le competenze inerenti alla difesa e alla gestione integrata delle coste sono affidate alle regioni e, attualmente, 11 regioni costiere su 15 sono dotate di

<sup>9</sup> Rapporti ISPRA n. 127/2010, n. 148/2011, 173/2012 e n.188/2013)

strumenti di pianificazione regionale che includono l'intero territorio costiero. Tra gli strumenti adottati si riscontra ancora un'ampia variabilità di soluzioni. L'approccio più diffuso resta legato alla presenza di fenomeni di erosione costiera, che, ponendo a rischio abitazioni, infrastrutture viarie ed economia turistica, è l'elemento che maggiormente stimola l'attività di pianificazione e di gestione delle aree costiere. Sono comunque riconoscibili chiari tentativi da parte di alcune regioni di attuare una gestione integrata, anche se con percorsi, modalità e tempi differenti. Di recente, infatti, sono state individuate varie iniziative di aggiornamento e approfondimento dei piani già elaborati oppure di elaborazione di un secondo piano regionale, distinguendo con maggiore chiarezza quello destinato alla tutela e protezione delle coste da quello orientato allo sviluppo e coordinamento delle attività socio-economiche (Liguria, Puglia, Toscana).

L'artificializzazione della costa con infrastrutture portuali, strutture produttive e ricreative e l'occupazione del suolo per urbanizzazione sono elementi che interferiscono con le naturali variazioni geomorfologiche delle aree costiere. 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 e produttivi prospicienti la riva. A tal fine per mitigare localmente i processi di erosione costiera e per proteggere abitazioni e infrastrutture di trasporto negli anni sono stati realizzati numerosi interventi di protezione. 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 costiera** in corso, favorire la sedimentazione e limitare la forza d'urto delle mareggiate sulle coste.

*delle zone costiere*

*Il rischio nelle zone costiere è collegato a fenomeni di erosione ed eventi di tempeste e inondazioni.*

**Tabella 5.1: Costa protetta con opere di difesa, situazione al 2007<sup>10</sup>**

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
<b>ITALIA</b>	<b>8.274</b>	<b>1.331</b>	<b>16,1</b>

*Oltre 1.300 km di costa è protetta opere di difesa.*

*Aumento progressivo dei litorali stabilizzati artificialmente con nuovi interventi di protezione con opere rigide o sostituzione con impianti realizzati ex-novo.*

<sup>10</sup> Fonte: ISPRA, analisi dei dati costieri rilevati dalle ortofoto a volo IT2006

I litorali stabilizzati artificialmente aumentano progressivamente, nonostante il ricorso negli ultimi anni alla pratica del ripristino di spiagge mediante ripascimento artificiale.

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

Il ripascimento, che consiste nel ricostruire una spiaggia erosa utilizzando materiale idoneo (sia dal punto di vista granulometrico, sia compositivo) si è rivelata una tecnica valida per contrastare l'erosione costiera, sotto il profilo ambientale ed economico. Dalla fine degli anni '90, la ricerca di nuove fonti di materiale da utilizzare per il ripascimento si è indirizzata ai 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 m<sup>3</sup>), composizione simile alla sabbia dei nostri litorali, limitati effetti sull'ambiente e costi contenuti. In Italia le prime attività di dragaggio di sabbie relitte risalgono al 1994 per i ripascimenti delle spiagge di Cavallino e Pellestrina (Venezia, Mar Adriatico). Tra il 1994 e il 2006, nel Mar Adriatico, sono state dragate sabbie relitte in diversi siti per un volume totale di circa 10.000.000 di m<sup>3</sup>. Anche in Mar Tirreno, lungo le coste laziali, nel periodo compreso tra il 1999 e il 2012, sono state dragate, grandi quantità di sabbie relitte (oltre 7.800.000 di m<sup>3</sup>).

La caratterizzazione fisica dello stato del mare rappresenta un presupposto fondamentale per gli studi climatici, per quelli previsionali legati sia all'ambiente atmosferico sia a quello marino, per la protezione e difesa costiera, la progettazione di opere e strutture costiere, portuali e *offshore*, nonché per lo studio delle dinamiche di trasporto, sedimentazione ed erosione, e la analisi delle biodiversità marine.

*Lo stato fisico del mare è monitorato dalle reti meteo-marine: RMN e RON.*

I principali parametri fisici di interesse sono l'altezza e la direzione del moto ondoso, i periodi delle onde, la temperatura superficiale del mare, la temperatura dell'aria, la direzione e la velocità del vento. Tali parametri sono oggetto di continua osservazione, mediante le reti monitoraggio meteo-marine gestite da ISPRA Rete Mareografica Nazionale e Rete Ondametrica Nazionale, e sono oggetto di studio e ricerca con continui progressi nella messa a punto di sistemi di previsione meteo-marine.

L'obiettivo principale della gestione delle aree di balneazione è quello 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.*

Il Decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 116, che recepisce la Direttiva 2006/07/CE, e il suo decreto attuativo, Decreto 30 marzo 2010, n. 97 del Ministero della salute, definiscono i criteri per determinare il divieto di balneazione, nonché le modalità e le specifiche tecniche per la prevenzione del rischio igienico-sanitario, fino al ripristino delle condizioni di sicurezza sanitaria.

ISPRA, di concerto con le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA), coordina dal 2006 la linea di attività "Fioriture algali di *O. ovata* lungo le coste italiane", nell'ambito della Direttiva Programma Alghe Tossiche del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (GAB/2006/6741/B01).

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

Le regioni, attraverso le ARPA conducono il monitoraggio costiero i cui risultati sono raccolti da ISPRA e diffusi attraverso seminari, rapporti annuali. Inoltre l'Istituto partecipa ai lavori dell'accordo RAMOGE nel GdL GIZC-*Ostreopsis ovata*, del Programma europeo ENPI - progetto M3-HABs "*Risk Monitoring, Modelling and Mitigation of Benthic Harmful Algal Blooms along*

*Azioni e monitoraggi per *Ostreopsis* cf. *ovata*.*

*Mediterranean coasts*” ed 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 di *Ostreopsis cf. ovata*, condotte nel 2012 e 2013, sono state effettuate lungo i litorali di 14 regioni (ad eccezione della Basilicata). I prelievi sono stati effettuati tra giugno e settembre e in pochi casi fino a ottobre o dicembre, con una frequenza quindicinale o mensile. Sono state individuate e monitorate circa 230 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.

*Monitoraggio delle  
ARPA*

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).

## FOCUS

### IL PERCORSO ATTUATIVO DELLA DIRETTIVA “STRATEGIA MARINA”

#### Gli obiettivi della Direttiva

La Direttiva quadro sulla Strategia per l'ambiente marino (Direttiva 2008/CE/56) - d'ora in avanti citata come la “ Direttiva” o MSFD (*Marine Strategy Framework Directive*) - rappresenta un importante e innovativo strumento poiché costituisce il primo contesto normativo vincolante che, in un'ottica sistemica, 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 dei mari e degli oceani. A tale proposito la Direttiva mira, fra l'altro, a promuovere l'integrazione delle esigenze ambientali nei pertinenti ambiti politici e a costituire il pilastro ambientale della futura politica marittima dell'Unione Europea. In considerazione della natura “olistica” della Direttiva, essa si sviluppa in modo coerente con le politiche comunitarie relative a settori 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 giungere a una gestione adattativa, cioè a un equilibrio dinamico tra il “buono stato ambientale” delle acque marine e lo sviluppo sostenibile dell'ambiente marino.

La Direttiva richiede agli Stati membri di raggiungere, entro il 2020, il **buono stato ambientale** (GES, *Good Environmental Status*) per le proprie acque marine. A tale fine ogni Stato membro dovrà mettere in atto, per ogni regione o sottoregione marina, una strategia marina che si compone di una fase di preparazione (artt. 8, 9, 10 e 11) e di un programma di misure (art. 13).

#### Il recepimento a livello nazionale

L'Italia ha recepito la Direttiva nel proprio ordinamento nazionale con il Decreto legislativo n. 190 del 13 ottobre 2010, disponendo in tal modo del contesto giuridico per affrontare organicamente la protezione dei suoi mari basata sulla conoscenza effettiva dello stato dell'ambiente su scala nazionale. Nel D.Lgs. 190/2010 si designa (art. 4) il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (MATTM) quale autorità competente per la Strategia marina con funzioni di coordinamento delle attività nazionali. A tale scopo è istituito uno specifico Comitato tecnico (art. 5), sotto la presidenza del MATTM, cui partecipano le altre Amministrazioni centrali e le Regioni, nonché un rappresentante delle Province e uno dei Comuni.

L'ISPRA fornisce un supporto al MATTM per le attività scientifiche, tecniche e di coordinamento sulla base di specifici atti convenzionali.

#### L'area di interesse e il coordinamento a livello di regione mediterranea

La Direttiva suddivide le acque marine europee in quattro regioni marine: Oceano Atlantico Nordorientale, Mar Baltico, Mar Mediterraneo e Mar Nero; un'ulteriore suddivisione offre la possibilità di elaborare le strategie marine sulla base di sottoregioni marine, al fine di tenere conto delle specificità ambientali e garantire una maggiore omogeneità e incisività a livello attuativo. Nel Mediterraneo sono state individuate quattro sottoregioni: a) Mediterraneo occidentale; b) Mar Adriatico; c) Mar Ionio e Mediterraneo centrale; d) Mar Egeo e Mar di Levante. Le acque marine italiane appartengono alle prime tre sottoregioni e l'Italia ha deciso di attuare la direttiva a livello di sottoregione. La Direttiva si applica a tutte le acque marine su cui uno Stato membro ha giurisdizione, in conformità con la Convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare (UNCLOS). Conseguentemente, l'ambito di applicazione include, oltre alle acque territoriali fino a 12 miglia nautiche, anche la Zona di protezione ecologica, istituita con DPR 209 del 27 ottobre 2011, che ricade nella regione marina Mediterraneo occidentale.

In virtù della natura transfrontaliera dell'ambiente marino, gli Stati membri sono chiamati a cooperare in modo tale da assicurare uno sviluppo coordinato delle singole strategie marine per ciascuna regione o sub-regione marina. A tale scopo sono stati promossi alcuni incontri a livello di

sottoregione che hanno visto il coinvolgimento di Italia, Francia e Spagna per il Mediterraneo occidentale e di Italia, Slovenia e Malta per le altre due sottoregioni. Anche i Paesi terzi dovranno essere coinvolti, per quanto possibile, nel processo di elaborazione delle strategie marine, rendendo così l'obiettivo del conseguimento o mantenimento del buono stato ambientale entro il 2020 maggiormente raggiungibile. La Convenzione di Barcellona (UNEP-MAP) è l'ambito istituzionale più idoneo a tale scopo, anche se di limitata efficacia perché solo un terzo dei Paesi contraenti appartiene all'UE, oltre a presentare sostanziali differenze in termini socio-economici e politici. In seno allo specifico progetto dell'UNEP-MAP, *Ecosystem Approach* (EcAp), volto alla realizzazione di una gestione ecosistemica delle attività umane aventi un impatto sull'ambiente marino e costiero mediterraneo, sono stati istituiti dei gruppi di lavoro aventi lo scopo di armonizzare lo sviluppo del processo EcAp con le richieste e i progressi della MSFD. Su richiesta del MATTM, ISPRA partecipa, insieme ad altri esperti designati dai Paesi contraenti, ai gruppi di lavoro (*correspondence groups*) relativi al buono stato ambientale (COR GES), ai programmi di monitoraggio (COR MON) e all'analisi socio-economica (COR ESA).

### La relazione con le altre direttive CE e con la Politica comune della pesca

Numerose politiche comunitarie relative a tematiche molto diverse tra loro, quali la pesca, i trasporti, l'industria, l'agricoltura, lo sviluppo regionale, la ricerca, l'energia, includono aspetti concernenti l'ambiente marino. Tuttavia, tali politiche non sono state concepite per essere applicate in modo coordinato e si rapportano settorialmente rispetto alle attività umane aventi un effetto negativo sull'ambiente marino. La Direttiva, perciò, ha tra gli scopi principali quello di assicurare coerenza, concordanza e integrazione tra gli strumenti operativi in vigore a livello europeo, e di promuovere uno sviluppo coerente degli accordi e impegni assunti dall'UE a livello internazionale. In tale senso le **misure di protezione** spaziale previste dalla MSFD nell'ambito dei programmi di misure (art. 13), prendono in considerazione le aree protette contemplate dalle Direttive *Habitat* (92/43/CEE) e *Uccelli selvatici* (79/409/CEE), nonché nell'ambito di altri accordi internazionali o regionali. In aggiunta, l'istituzione di reti di aree protette ai sensi della MSFD costituisce un ulteriore avvicinamento agli impegni assunti in seno alla Convenzione per la Diversità Biologica. Inoltre, la MSFD fornisce un legame tra la Politica comune della pesca e gli aspetti concernenti la tutela dell'ambiente, nonché la sostenibilità di tali attività. Ovviamente, la MSFD è strettamente connessa alla Direttiva quadro sulle Acque (2000/60/CE - WFD) che regola l'azione comunitaria in tema di acque interne superficiali, sotterranee, di transizione e costiere. Le due direttive si integrano, permettendo alla MSFD di affrontare, per gli ambiti di applicazione comuni, soltanto gli aspetti non già direttamente toccati dalla WFD o dalle altre legislazioni.

### L'articolazione della Direttiva, i principali aspetti

Tenuto conto del dinamismo e della variabilità naturale degli ecosistemi marini, nonché di come le pressioni e gli impatti agenti su di essi possono cambiare in funzione dell'evolversi delle attività umane e dei cambiamenti climatici, la determinazione di un buono stato ambientale deve potersi adattare nel corso del tempo. È, quindi, necessario che i programmi di misure per la protezione e la gestione dell'ambiente marino siano flessibili e capaci di adattamento, tenendo conto degli sviluppi scientifici e tecnologici. Sulla base dell'adozione del principio della gestione adattativa, la Direttiva prevede l'aggiornamento periodico delle strategie per l'ambiente marino, da attuarsi secondo cicli di sei anni che comprendono:

- la valutazione iniziale dello stato ambientale corrente delle acque marine nazionali e degli impatti ambientali delle attività umane, nonché un'analisi socio-economica (2012);
- la determinazione del GES per le proprie acque marine (2012);
- la definizione di traguardi ambientali (*target*) e degli indicatori associati per il conseguimento del GES entro il 2020 (2012);
- la predisposizione di un programma di monitoraggio per la valutazione in continuo e il regolare aggiornamento dei traguardi ambientali (2014);

- l'istituzione di un programma di misure volte al conseguimento o mantenimento del GES (2015), da avviare entro il 2016;
- l'esame dei diversi elementi della Direttiva del primo ciclo (6 anni) e la preparazione del secondo ciclo (da effettuarsi tra il 2018 e il 2021).

### Il processo attuativo della Strategia marina in Italia: a che punto siamo?

Il nostro Paese ha concluso la prima fase di tale processo e più precisamente ha effettuato: la valutazione iniziale (art.8), la determinazione del buono stato ambientale (GES) (art.9) e la definizione dei traguardi ambientali (art. 10).

La valutazione iniziale è stata effettuata sulla base dei dati e delle informazioni esistenti e realizzata tramite l'analisi:

- degli elementi, delle caratteristiche essenziali (caratteristiche fisiche e chimiche, tipi di *habitat*, popolazioni animali e vegetali) e dello **stato ambientale** attuale della regione marina, sulla base dell'elenco indicativo degli elementi riportati nella Tabella 1 dell'Allegato III della Direttiva;
- dei principali impatti e delle pressioni che influiscono sullo stato ambientale della regione o sottoregione marina, sulla base dell'elenco indicativo degli elementi riportati nella Tabella 2 dell'Allegato III, tenuto conto delle tendenze rilevabili, dei principali effetti cumulativi e sinergici, e delle valutazioni pertinenti effettuate in base alla vigente legislazione comunitaria;
- degli aspetti socio-economici dell'utilizzo dell'ambiente marino e dei costi del suo degrado.

Al fine di validare ed elaborare i dati ambientali e socio-economici, ISPRA, su mandato del MATTM, ha coinvolto una vasta rete di esperti nazionali e di ricercatori (oltre 250), provenienti da 24 Università (di cui 20 affiliate al CoNISMa - Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare), 6 Istituti del CNR, ARPA, ENEA, CIBRA (Centro Interdisciplinare di Bioacustica e Ricerche Ambientali Università di Pavia), INGV, ISS, OGS (Istituto Nazionale Oceanografia e Geofisica sperimentale), SZN (Stazione Zoologica di Napoli), Istituti Zooprofilattici, Aree Marine Protette, Centro di ricerca di Cesenatico, fondazioni e gruppi ambientalisti.

I dati e le informazioni elaborati per la valutazione iniziale, spesso caratterizzati da scale spazio-temporali insufficienti, non hanno permesso una valutazione complessiva dello stato dell'ambiente marino. Sono state inoltre individuate le lacune conoscitive esistenti a livello di Paese.

La determinazione del buono stato ambientale si è basata su un elenco di undici descrittori qualitativi dell'ambiente marino che fanno riferimento a molteplici aspetti degli ecosistemi marini, tra cui la biodiversità, l'inquinamento e l'impatto delle attività produttive (Allegato I della Direttiva). La decisione della Commissione Europea del 1° settembre 2010 (2010/477/UE) ha delineato l'approccio da adottare per la determinazione del GES, definendo 26 criteri e 56 indicatori associati agli undici descrittori. Tali criteri e indicatori comprendono una combinazione di elementi relativi allo stato, agli impatti e alle pressioni. La Commissione Europea insieme agli Stati membri ha stabilito le modalità per la determinazione del GES:

- il buono stato ambientale può essere definito a livello di descrittore, criterio o indicatore;
- la determinazione del buono stato ambientale può essere effettuata sia a livello qualitativo sia quantitativo, definendo, in quest'ultimo caso, dei valori soglia per stabilire quando il GES viene conseguito;
- la scala di valutazione del GES può essere applicata a livello di regione, sottoregione o altre aree definite specificamente dagli Stati membri come "aree di valutazione". In quest'ultimo caso le aree di valutazione devono essere rappresentative per la caratteristica, pressione o impatto considerato, nonché consentire la determinazione del GES su scala di sottoregione.

Nella prima fase di applicazione della Direttiva, la determinazione del GES si è basata in gran parte su informazioni e dati esistenti e sulle metodologie disponibili le quali, come precedentemente detto, non sono risultate esaustive; pertanto, le lacune conoscitive individuate saranno colmate durante i successivi cicli della MSFD mediante, ad esempio, lo sviluppo di nuove metodologie e la raccolta di dati aggiuntivi attraverso i programmi di monitoraggio. In questo primo ciclo di attuazione della Strategia marina, lo stato delle conoscenze specifiche ha reso impossibile un'elaborazione robusta a livello di descrittore o di criterio, di conseguenza la definizione del buono stato ambientale è stata effettuata a livello d'indicatore. Tra i 56 indicatori elencati nella Decisione 2010/477/UE l'Italia ne ha selezionati 35. Solo 8 di essi sono pienamente operativi, cioè consentono sin da ora di poter effettuare una valutazione quantitativa del GES, i restanti 27, invece, saranno resi operativi entro il 2018, in corrispondenza della nuova valutazione iniziale che gli Stati membri dovranno effettuare per il successivo ciclo d'attuazione previsto dalla Direttiva.

I traguardi ambientali sono stati definiti al fine di orientare gli sforzi verso il conseguimento o mantenimento del buono stato ambientale e per la loro definizione ci si basa sulla valutazione iniziale, tenendo conto di una serie di caratteristiche elencate nell'Allegato IV della Direttiva. Esistono diverse tipologie di *target* stabilite sia in funzione del tipo di indicatore corrispondente (stato/pressione/impatto), sia della robustezza dei dati disponibili e della natura del descrittore in questione:

- *Target* di stato
- *Target* di pressione
- *Target* di impatto
- *Target* operativo

Durante la fase di sviluppo dei *target* è stato necessario tenere conto della compatibilità e coerenza degli stessi con gli obblighi nazionali, regionali e internazionali vigenti. Se alcuni traguardi ambientali sono già esistenti, perché previsti da altre normative, occorre verificarne la possibilità di integrazione nelle strategie marine.

Nei casi in cui il GES non sia stato determinato a livello quantitativo è possibile stabilire dei *target* intermedi, che rappresentano delle tappe d'avvicinamento al conseguimento effettivo del GES, in quanto la loro applicazione implica una tendenza al miglioramento nello stato/pressione/impatto. Possono anche essere utilizzati nei casi in cui si ritenga di non poter raggiungere o mantenere il GES entro il 2020 a causa di problemi quali: possibili ritardi nella risposta degli ecosistemi ai cambiamenti, vincoli di natura socio-economica, influenze esterne provenienti dai paesi limitrofi.

Poiché i traguardi ambientali sono volti a conseguire le condizioni auspiccate in base alla determinazione del buono stato ambientale e visto che in questa prima fase l'Italia ha formulato prevalentemente definizioni di GES di tipo qualitativo, ne consegue che anche la definizione dei traguardi ambientali è stata dello stesso tipo. La maggior parte dei *target* proposti è stata di tipo operativo, in quanto allo stato attuale non sono ancora esaustive le conoscenze per stabilire dei valori soglia, e si ravvisa la necessità di realizzare delle attività di mitigazione. La scelta operata consente di anticipare il miglioramento, la rimodulazione o l'introduzione di nuove misure gestionali, previste per il 2015, nella fase di elaborazione dei programmi di misura.

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, questi non sono tuttavia sufficienti a coprire completamente le richieste della Direttiva. Si è riscontrata una generale carenza di dati relativi al mare aperto, poiché la maggioranza di essi proviene da studi scientifici a livello di fascia costiera, dove si effettuano anche i monitoraggi ai sensi della WFD e di altre normative. Per alcuni tipi di pressione, quali le perturbazioni fisiche, il rumore sottomarino o i rifiuti marini, i dati esistenti sono estremamente limitati e non hanno permesso di effettuare una soddisfacente valutazione iniziale. In generale, le insufficienti conoscenze sul funzionamento degli ecosistemi e sugli impatti causati dalle diverse pressioni non hanno permesso di definire, in senso quantitativo, il

buono stato ambientale, né di determinarne i valori soglia. Allo stesso modo, non è stato possibile determinare dei traguardi ambientali basati su valori soglia, pertanto si è ricorso alla formulazione di *target* operativi, ossia direttamente collegati ad azioni gestionali. 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.

I risultati delle attività suddette sono stati notificati alla CE attraverso dei *report* e consultabili nella loro completezza nel portale *Reportnet* della CE<sup>11</sup>. Le definizioni di buono stato ambientale e dei traguardi ambientali per ciascun descrittore, unitamente a una sintesi generale, sono altresì disponibili sul sito ufficiale italiano della Strategia marina<sup>12</sup>. Per le attività di *reporting*, ISPRA ha sviluppato il sistema informativo dei dati marini in conformità agli standard richiesti dalla Commissione.

### Un esempio attuativo della prima fase della Strategia marina: il caso di studio *Caretta caretta* del Descrittore 1 *Biodiversità*

In questa sezione si fornisce un esempio attuativo della prima fase della Strategia marina proponendo un caso di studio. Con riferimento al gruppo funzionale Rettili marini, specie *Caretta caretta*, si illustra il percorso effettuato per elaborare la valutazione iniziale e giungere alla definizione del GES e del *target*, nonché la relazione logica tra questi adempimenti, basandosi sull'indicatore 1.2.1 "Abbondanza e/o biomassa della popolazione".

La specie *Caretta caretta* è la tartaruga marina più comunemente diffusa in tutto il Mediterraneo. Gli esemplari giovani frequentano ambienti oceanici, dove si alimentano di prede epipelagiche, mentre gli esemplari grandi tendono a frequentare *habitat* neritici dove si alimentano di prede bentoniche. Tali abitudini di vita portano gli esemplari a compiere grandi spostamenti in tutto il bacino, dove sono state riscontrate zone di sviluppo pelagiche (ad esempio, Mare di Alboran, Mediterraneo centrale e Ionio centrale-Adriatico meridionale) e zone di sviluppo neritico-demersale (settore occidentale del Mediterraneo centrale, nord Adriatico) (Casale e Margaritoulis 2010). I mari italiani, nello specifico, sono frequentati da un elevato numero di esemplari di *Caretta caretta* poiché includono importanti zone di migrazione e di sviluppo frequentate da esemplari della popolazione mediterranea di *Caretta caretta* appartenenti a diverse unità riproduttive, ben distinte sulla base di una specifica caratterizzazione del DNA mitocondriale. La specie è esposta a una serie di pressioni di origine antropica, principalmente imputabili alla cattura accidentale con specifici attrezzi da pesca, nonché al rischio di ingestione di detriti plastici e di collisione con natanti. La presenza di zone di aggregazione nei mari italiani caratterizzate da un elevato numero di esemplari provenienti da diverse unità riproduttive mediterranee costituisce il motivo per cui si ritiene che questa specie debba concorrere alla definizione del GES per le tre sottoregioni, in quanto lo stato di salute della specie è dipendente da una corretta gestione delle attività antropiche che insistono sull'ambiente marino. Peraltro, la specie è considerata di importanza comunitaria ai sensi della Direttiva *Habitat* che prevede il monitoraggio dello stato di conservazione e delle catture accidentali.

La valutazione iniziale ha condotto a dei risultati parziali, in quanto non vi sono *dataset* storici ed esaustivi tali da permettere la definizione di un *trend*. Tale circostanza è dettata dalla mancanza di un adeguato programma di monitoraggio volto alla conoscenza sistematica di questa specie. È stata, tuttavia, effettuata una valutazione provvisoria dell'indicatore, consistente in una stima minima della popolazione a scala sottoregionale ottenuta mediante *distance sampling* in base a osservazioni raccolte tramite transetti lineari da voli aerei (Fortuna e Filidei 2011a, Fortuna *et al.* 2011b,

---

<sup>11</sup> <http://cdr.eionet.europa.eu/it/eu/msfd8910>

<sup>12</sup> <http://www.strategiamarina.isprambiente.it>

Lauriano *et al.* 2011). Il buono stato ambientale è stato definito come segue: *il GES è raggiunto quando il trend di abbondanza di Caretta caretta, nell'area di valutazione, è stabile o in aumento e non subisce una riduzione (statisticamente significativa e tenuto conto della variabilità naturale) rispetto all'abbondanza osservata allo stato attuale (stima minima indicata nella valutazione provvisoria).*

Si ritiene l'indicatore di stato 1.2.1. ("Abbondanza e/o biomassa della popolazione") il migliore strumento per la misurazione del GES a livello di ogni sottoregione, poiché in grado di evidenziare al meglio eventuali scostamenti da specifiche condizioni di riferimento. In particolare, le stime di abbondanza disponibili si riferiscono a campionamenti esaustivi da un punto di vista di copertura geografica, ma lacunosi come numero di repliche in grado di individuare variazioni interannuali/stagionali (ad esempio, per il Mare Adriatico i dati si riferiscono solamente all'estate 2010), o come estensione dell'area d'indagine della sottoregione, raccolti, inoltre, durante un'unica finestra temporale (ad esempio, nel Mediterraneo occidentale e nel Mediterraneo centrale e mar Ionio). Il completamento delle conoscenze necessarie a definire i valori soglia utilizzabili per il GES, entro il 2018, dovrà prevedere ulteriori campionamenti in grado di determinare la variabilità naturale interannuale, svolti per almeno tre anni nelle tre sottoregioni.

Sulla base della definizione del GES è stato formulato un *target* volto alla riduzione delle catture accidentali (*by-catch*) nelle aree di aggregazione di *Caretta caretta*. Sebbene la definizione delle aree di aggregazione (alimentazione, sviluppo e migrazione) di *Caretta caretta* e le stime della cattura accidentale necessitano di ulteriori monitoraggi per realizzare una valutazione esaustiva dello stato della specie e dell'entità delle pressioni su di essa, si è ugualmente sviluppato un **traguardo ambientale** volto a diminuire la cattura accidentale degli esemplari nelle zone di aggregazione identificate in ogni sottoregione, laddove insiste maggiormente una specifica pressione di pesca. A causa delle lacune esistenti nei dati e nelle informazioni utili per l'indicatore in questione che non consentono di fissare punti di riferimento (*baseline*) e valori soglia (*threshold*), non è stato possibile formulare un *target* di stato e si è proposto uno di tipo operativo. Il ricorso a quest'ultimo tipo di *target* è anche dettato dall'assenza di accordi internazionali volti a un monitoraggio a scala di bacino mediterraneo, un aspetto di grande rilevanza per una specie altamente migratoria.

Detto *target* operativo è finalizzato alla mitigazione del *by-catch* e articolato come segue:

- 1) identificazione spaziale delle zone di maggiore utilizzo del palangaro derivante e dello strascico;
- 2) completamento della definizione spaziale delle zone di frequentazione di *Caretta caretta* che tenga conto della variabilità temporale e stagionale della distribuzione (in base al completamento delle conoscenze per la valutazione dell'indicatore 1.2.1) e successiva nuova definizione spaziale a cui applicare il *target* operativo;
- 3) monitoraggio dell'incidenza delle catture accidentali nelle specifiche aree individuate ai fini dell'indagine;
- 4) applicazione di misure di riduzione del *by-catch* nelle zone di cui al punto 3) mediante una o più delle seguenti attività: mitigazione dell'impatto da cattura accidentale nel palangaro derivante e nello strascico tramite modifiche strutturali dell'attrezzo volte a ridurre il numero di catture, ad esempio tramite ami circolari o TED, e applicazione di *best practice* a bordo per ridurre la mortalità successiva alla cattura; riduzione dello sforzo di pesca.

L'applicazione di tali misure nelle aree identificate dei mari italiani avrà ripercussioni positive sulle popolazioni mediterranee di *Caretta caretta*, nel loro complesso. Ad esempio, la zona di aggregazione identificata nella valutazione iniziale per la sottoregione Mediterraneo centrale e mar Ionio è frequentata anche da un'alta percentuale delle femmine nidificanti afferenti all'unità riproduttiva italiana più grande (zona di nidificazione della Calabria ionica), pertanto misure di riduzione del *by-catch* potranno comportare un beneficio alla popolazione nidificante italiana, in generale, nonché alle popolazioni mediterranee che frequentano questa zona di aggregazione. Poiché i mari italiani contengono, dunque, una discreta porzione di aree di

aggregazione/alimentazione della popolazione mediterranea di *Caretta caretta*, l'attuazione di questo *target* e delle relative azioni, per quanto ambizioso e di difficile applicazione, appare di massima priorità considerando la filosofia della Strategia marina. Allo stesso modo l'obiettivo di ridurre la pressione esercitata dalla cattura accidentale di esemplari nell'attività di pesca entro limiti sostenibili, che garantiscano cioè il buono stato di conservazione della specie, dovrà passare attraverso un approccio coordinato almeno con gli altri Paesi che condividono la stessa sottoregione marina. In tale senso è auspicabile che si realizzi un rafforzamento della cooperazione tra gli Stati su alcune delle misure attuative della Direttiva, il cui coordinamento troverebbe nella Convenzione UNEP-MAP una cornice idonea.

### Bibliografia

Casale P., Margaritoulis D., 2010, *Sea turtles in the Mediterranean: distribution, threats and conservation priorities*. Gland, Switzerland, IUCN. 294 pp.

Fortuna C.M., Filidei E. jr., 2011a. *Annual Report on the implementation of Council Regulation (EC) 812/2004 - 2010*. Rapporto tecnico preparato per il Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali, 10 pagine.

Fortuna C.M., Holcer D., Filidei E. jr, Tunesi L., 2011b, *Relazione finale del progetto "Valutazione dell'impatto della mortalità causata da attività di pesca su Cetacei e tartarughe marine in Adriatico: primo survey per la stima dell'abbondanza"* (Prot. MIPAAF DG PEMAC n. 1690 del 10/02/2010 e al Prot. MATTM DPN n. 27623 del 23/12/2009), 51 pagine + Allegati.

Lauriano G., Panigada S, Casale P., Pierantonio N., Donovan G.P., 2011. *Aerial survey abundance estimates of the loggerhead sea turtle (Caretta caretta) in the Pelagos Sanctuary, Northwestern Mediterranean Sea*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 437:291-302.

## FOCUS

### Incidente Concordia: risultati e considerazioni preliminari<sup>13</sup>

#### Le attività di monitoraggio ISPRA

A seguito del naufragio della nave passeggeri Costa Concordia, avvenuta il 13 gennaio 2012 sulle coste dell'Isola del Giglio, la Protezione Civile ha finanziato a ISPRA e ARPA Toscana la definizione e l'esecuzione di un programma di monitoraggio multidisciplinare, in conformità alla legislazione vigente (D.Lgs. 152/2006; DM 56/2009; DM 260/2010).

Il programma di monitoraggio prevede un approccio integrato, che comprende la valutazione di parametri chimici, fisici, biologici ed ecotossicologici. In generale, le criticità ambientali prese in considerazione, connesse alla valutazione degli impatti a seguito del naufragio, sono principalmente riferite al possibile sversamento, dalla nave, di materiali inquinanti e alla conseguente contaminazione del sedimento e degli organismi presenti nell'area, nonché alla presenza della nave stessa. Nelle quattro settimane seguenti al naufragio è stato condotto un monitoraggio di "emergenza", con l'obiettivo di effettuare una sorveglianza ambientale per descrivere la situazione immediatamente successiva all'evento; l'indagine è stata riferita in particolare a parametri della colonna d'acqua e al comparto biotico e sedimentario, nell'intento di registrare il livello "base" di contaminazione e lo stato di salute degli organismi particolarmente sensibili presenti nell'intorno del sito. A tale scopo sono state individuate alcune stazioni a ridosso del relitto e alcune stazioni di "bianco" spaziale. Successivamente, per valutare l'estensione degli eventuali effetti indotti sull'ecosistema nell'area del naufragio, è stato predisposto e messo in atto un monitoraggio di "indagine", tuttora in corso di svolgimento. Tale monitoraggio prevede indagini sugli Elementi di Qualità Biologica (EQB), integrate con indagini chimiche, idromorfologiche, ecotossicologiche e biologiche al fine di fornire un quadro conoscitivo di dettaglio. Le stazioni e le frequenze di campionamento sono state definite in funzione dei *trend* di variabilità spaziale e temporale dei parametri e dei comparti indagati, e tenendo conto della sorgente di impatto (il relitto). Inoltre, in considerazione del fatto che nell'area oggetto di indagine sono intervenute nel tempo condizioni logistico-operative diverse, collegate alla realizzazione del cantiere per il ribaltamento e la rimozione del relitto, le attività di monitoraggio sono state programmate e svolte in modo da essere intensificate o variate in funzione della situazione ambientale e/o logistica in atto.

Nelle Figure 5.6, 5.7, 5.8 e 5.9 sono riportati tutti i punti di campionamento nell'area oggetto di monitoraggio.

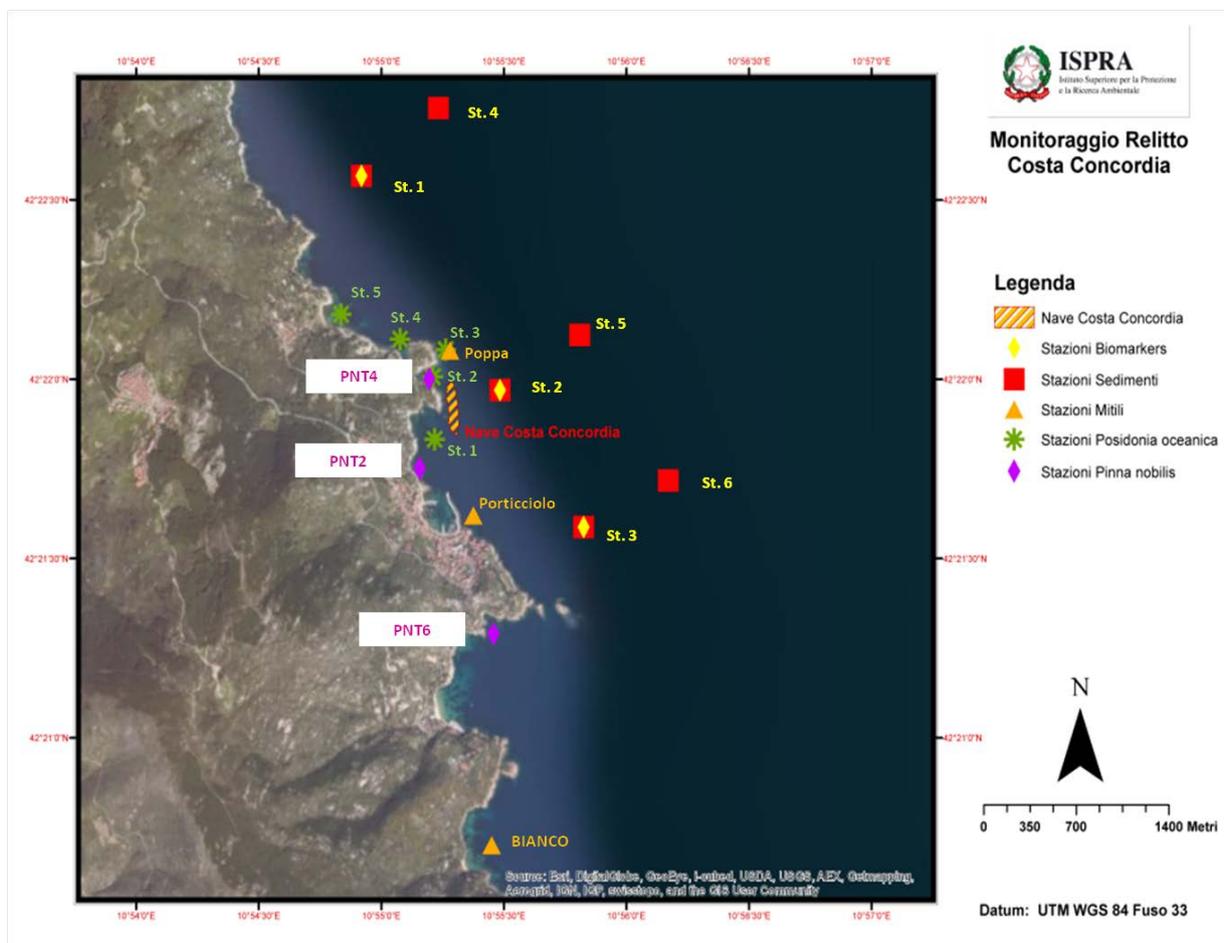
Le operazioni "di campo" sono state realizzate con le imbarcazioni *Poseidon* dell'ARPAT e *Astrea* dell'ISPRA, oltre al supporto di natanti predisposti a vario titolo dalle unità operanti nel sito. Le attività a carico di ISPRA hanno visto il coinvolgimento di altri Enti di ricerca che, per competenza o territorialità, hanno favorito, con efficienza ed efficacia, la realizzazione di indagini specifiche previste dal piano. Al momento sono coinvolti i seguenti Enti: l'Università Politecnica delle Marche; l'Università di Pisa; l'Università di Cagliari e il CIBM (Consorzio Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata) di Livorno. I risultati di seguito riportati sono relativi al periodo che va da gennaio 2012 ai primi mesi del 2013 e sono da considerarsi preliminari. Essi non hanno evidenziato una significativa perturbazione chiaramente riconducibile alla presenza della Concordia, ma hanno mostrato lievi effetti sulle matrici indagate rapportabili al cantiere per la rimozione del relitto e al relativo traffico di mezzi nautici.

---

<sup>13</sup>Estratto dalla Relazione PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE INCIDENTE "COSTA CONCORDIA" ISOLA DEL GIGLIO RELAZIONE TECNICO-SCIENTIFICA SULLE ATTIVITA' E SUI RISULTATI RELATIVI ALLA CONVENZIONE ISPRA GENNAIO 2012 – GENNAIO 2013 che ISPRA ha trasmesso alla Protezione Civile).

Le successive attività di monitoraggio pertanto permetteranno di valutare al meglio l'eventuale impatto complessivo derivante sia dalla presenza del relitto sia dall'insieme delle attività realizzate per la rimozione dello stesso.

I risultati del monitoraggio rappresenteranno, infine, la base per la definizione della futura rete operativa di monitoraggio finalizzata al raggiungimento degli obiettivi ambientali e alla pianificazione di interventi specifici atti a rimediare agli effetti sull'ecosistema marino prodotti sia dall'incidente occorso sia dalle attività di cantiere realizzate per la rimozione del relitto.



**Figura 5.6: I punti di campionamento nell'area oggetto di monitoraggio, relativamente a sedimenti (per le analisi chimiche e biologiche), mitili, Posidonia oceanica e Pinna nobilis**

### Matrici, parametri e strategie di campionamento adottate

#### Indagini sulla colonna d'acqua: saggi biologici e accumulatori passivi

Il monitoraggio della colonna d'acqua è stato effettuato mediante le tradizionali analisi chimico-fisiche, condotte da parte di ARPAT; la conduzione di saggi biologici attraverso l'esposizione di organismi marini sensibili nonché attraverso il posizionamento di accumulatori passivi. Per i saggi biologici sono stati utilizzati: il riccio di mare (*Paracentrotus lividus*) per i test di spermiotossicità ed embriotossicità, e l'alga unicellulare *Phaeodactylum tricornerutum* per la valutazione dell'inibizione della crescita algale. La frequenza di indagine è stata settimanale, nel mese successivo al naufragio; bisettimanale da aprile a maggio 2012; settimanale da giugno 2012 e fino al ribaltamento della nave. Successivamente i campionamenti sono proseguiti con cadenza quindicinale. Gli accumulatori passivi permettono di determinare la presenza di composti organici e di metalli in tracce presenti in forma biodisponibile nella colonna d'acqua. Il monitoraggio della qualità dell'acqua attraverso gli accumulatori passivi è basato sul campionamento e l'analisi di

campioni raccolti da dispositivi *in situ* in grado di accumulare, attraverso la diffusione in una fase ricevente, i contaminanti presenti in soluzione, simulando l'esposizione di un organismo (ad esempio i mitili bivalvi filtratori). Da maggio 2012 a giugno 2013, durante 5 campagne di campionamento, sono stati posizionati accumulatori passivi affiancati a indagini di bioaccumulo in *bivalvi filtratori (mussel watch attivo)*.

Le sostanze considerate sono state le seguenti: Idrocarburi policiclici aromatici (IPA), Idrocarburi policiclici aromatici ramificati (NPD), Policlorobifenili (PCB), Pesticidi organoclorurati (OCP), Polibromodifenileteri (PBDE) ed esabromobifenile, Interferenti endocrini, Metalli (Piombo, cadmio, cromo, mercurio, nickel, rame, vanadio).

### Studi e misure idrodinamiche

Al fine di stimare le aree di maggior impatto per eventuali rilasci di "sostanze" dal relitto, nell'immediatezza dell'incidente, così da disegnare al meglio il piano sperimentale, è stato utilizzato il modello Delft3D, che permette di integrare la simulazione delle correnti marine a quella del moto ondoso. L'area oggetto di studio è rappresentata in Figura 5.7 e forma un quadrato con lato di 20 km.



**Figura 5.7: Area di studio relativa alle misure idrodinamiche**

La simulazione ha previsto la ricostruzione del campo idrodinamico nel periodo 31/01/2012 – 02/03/2012, utilizzando, come riscontro, i dati correntometrici misurati da un ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) posto da ISPRA nei pressi della nave. Al fine di impostare le caratteristiche fisiche e le forzanti presenti, sono stati considerati:

- rilievi batimetrici dell'IIM e dell'ISPRA e linea di costa dell'Isola del Giglio (ISPRA);
- dati di vento *in situ* e da modello (BOLAM – ISPRA);
- dati di moto ondoso misurati dalla boa RON di Civitavecchia (ISPRA) e prodotti dal modello WW3 (LaMMA) in corrispondenza dell'Isola del Giglio;
- dati di corrente, salinità e temperatura al contorno prodotti dal modello numerico ROMS (LaMMA) e relativi alla misura tramite CTD eseguita dalla Regione Toscana nel giorno 31/01/2012.

### Indagini sulla qualità dei sedimenti

Il campionamento dei sedimenti è stato effettuato mediante benna, box corer o carotiere, nelle stazioni riportate in Figura 1, con un campionamento nella fase immediatamente successiva al naufragio ed è proseguito con frequenza semestrale.

Sono state eseguite le seguenti analisi fisiche e chimiche:

- caratteristiche granulometriche
- carbonio organico

- composti organostannici: TBT – tributilstagno, DBT – dibutilstagno, MBT – monobutilstagno
- Policlorobifenili (PCBs)
- Pesticidi Organoclorurati (OP)
- idrocarburi policiclici aromatici (PAHs)
- tensioattivi anionici totali (TA)
- metalli pesanti (Al, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn).

La qualità dei sedimenti è stata valutata anche mediante esposizione di organismi marini a elutriati del sedimento. Gli organismi utilizzati sono stati il batterio *Vibrio fisheri*, il riccio di mare *Paracentrotus lividus* e l'alga unicellulare *Phaeodactylum tricorutum*.

## Indagini sul biota

### Indagini sui bivalvi filtratori: analisi di bioaccumulo in *Mytilus galloprovincialis* (*Mussel watch*)

Per valutare la contaminazione chimica dovuta al rilascio di sostanze dal relitto, ovvero il bioaccumulo di composti chimici in organismi indicatori quali i bivalvi filtratori, è stata applicata la metodologia del *mussel watch* mediante esposizione di esemplari di *Mytilus galloprovincialis*, prelevati da un sito di controllo e trapiantati in prossimità del relitto per periodi di circa 4 settimane. Trascorso tale periodo, gli organismi sono stati recuperati ed è stata analizzata la concentrazione, nel loro tessuto, di composti chimici potenzialmente riferibili al relitto (policlorobifenili, pesticidi organoclorurati, idrocarburi policiclici aromatici, metalli in tracce, idrocarburi alifatici, composti organostannici, ritardanti di fiamma e tensioattivi anionici). Le indagini sul bioaccumulo sono state integrate con le indagini sui biomarker, ovvero con quelle che misurano i cambiamenti delle risposte molecolari e cellulari degli organismi esposti a composti contaminanti.

Le gabbie contenenti i mitili sono state posizionate in tre siti (Figura. 5.6): uno a poppa del relitto; uno in prossimità del porticciolo e uno a sud del relitto, in prossimità della spiaggia “le caldane”, considerata come sito di bianco. Gli organismi sono stati trapiantati a due profondità (circa 1,5 m dalla superficie e altrettanti dal fondale) per monitorare l'accumulo di inquinanti rilasciati a diverse quote ovvero con diversa capacità variabile di trasferimento lungo la colonna d'acqua. La frequenza di indagine è stata mensile.

### Indagini sui bivalvi filtratori: analisi dello stato di salute mediante biomarker in *Mytilus galloprovincialis*

Le analisi dei biomarkers su organismi indicatori, quali i bivalvi filtratori, sono in grado di evidenziare precocemente la comparsa delle risposte che intervengono a livello molecolare e cellulare, a seguito dell'esposizione degli organismi ai composti chimici presenti nell'area di indagine, nonché eventuali compromissioni generali nello stato di salute mitili degli organismi, imputabili alle sostanze eventualmente rilasciate dal relitto. Le risposte analizzate nei mitili hanno incluso sia biomarker di esposizione sia di effetto, tra quelli maggiormente riconosciuti a livello nazionale ed internazionale. Sono stati indagati: i livelli di metallotioneine (biomarker di esposizione a metalli in traccia), la proliferazione perossisomiale come attività enzimatica della acil-CoA ossidasi AOX (biomarker di esposizione a numerosi composti chimici), l'attività dell'acetilcolinesterasi (biomarker di neurotossicità), l'analisi delle difese antiossidanti, catalasi, glutatione S-transferasi, glutatione reduttasi, glutatione perossidasi Se-dipendenti e Se-indipendenti, glutatione (biomarker generali di stress ossidativo), la Capacità Antiossidante Totale (biomarker di stress ossidativo), il contenuto di malondialdeide (biomarker di fenomeni di perossidazione lipidica), la stabilità delle membrane lisosomiali (biomarker generale di danno cellulare), l'accumulo di lipofuscina e di lipidi neutri insaturi (biomarker di fenomeni di perossidazione lipidica e di alterazione dell'omeostasi lipidica), la frammentazione del DNA e alterazioni nucleari (come biomarker di genotossicità).

### **Indagini su policheti bentonici: analisi dello stato di salute mediante biomarker in *Hediste diversicolor***

Le indagini sullo stato di salute di organismi bentonici permettono di valutare gli effetti ecotossicologici indotti dalla matrice sedimento, ovvero gli effetti legati ai contaminanti eventualmente rilasciati/versati in mare e depositati sul fondo. Gli organismi bentonici, infatti, vivendo a contatto con il fondo marino, sono i primi che risentono degli effetti di eventuali contaminanti presenti nel sedimento. Il sedimento da testare è stato prelevato nelle tre stazioni rappresentative dell'area, dove sono effettuate anche le analisi fisico-chimiche e i saggi ecotossicologici: a nord del relitto, vicino al relitto e a sud del relitto (Figura 5.6). L'organismo modello scelto per testare il sedimento è *Hediste diversicolor*, un polichete bentonico largamente diffuso nelle aree di transizione e nelle zone costiere del Mar Mediterraneo, relativamente resistente, che vive in fondali fangosi nei quali è capace di formare gallerie; onnivoro e opportunista, si nutre per predazione o raccogliendo il materiale organico e il detrito depositati sulla superficie del sedimento (Olivier et al., 1996; Masero et al., 1999; Moreira, 2006). Esso rappresenta, a sua volta, un'importante risorsa trofica per crostacei, pesci e uccelli. L'importanza ecologica, il ruolo trofico, il lungo ciclo vitale (da 1 a 3 anni) durante il quale si riproducono una sola volta, individuano questi organismi come buoni bioindicatori. Gli organismi di *H. diversicolor* vengono esposti in condizioni controllate di laboratorio al sedimento campionato e, durante l'esposizione, viene misurata la mortalità (effetto letale). Dopo l'esposizione, negli organismi sopravvissuti, sono analizzate diverse risposte biologiche indicatrici di alterazioni a livello molecolare, cellulare e fisiologico, scelte tra quelle ritenute più idonee per il tipo di indagine che si sta svolgendo. In particolare, per verificare gli effetti dei sedimenti prelevati presso il relitto Concordia, come indice di esposizione a contaminanti specifici, quali metalli in tracce o composti organici, sono stati misurati i livelli di metallotioneine, l'attività dell'acetilcolinesterasi, i livelli di glutazione totale; come indice di stress ossidativo sono stati misurati l'attività della catalasi, i livelli di glutazione totale, la capacità antiossidante totale relativamente a radicali perossilici e a radicali idrossilici; come indice di genotossicità sono stati misurati il danno al DNA mediante test della cometa e la frequenza dei micronuclei nei celomociti; come indice di stress fisiologico è stata valutata la stabilità delle membrane lisosomiali. La frequenza di indagine è stata semestrale.

### **Indagini su specie ittiche: analisi di bioaccumulo**

Contemporaneamente con le attività di traslocazione dei mitili, sono state effettuate anche delle campagne di pesca con reti da posta in due siti posti rispettivamente in un'area di bianco, localizzata a sud, ed in un'area in prossimità della poppa del relitto Concordia. Questa parte dell'indagine ha utilizzato come organismi bioindicatori specie ittiche locali, con abitudini stanziali e rappresentative di livelli trofici diversi. Le analisi di bioaccumulo e dei biomarkers in questi organismi hanno permesso di aumentare la valenza ecologica dello studio evidenziando possibili impatti sul biota residente ed eventuali ripercussioni, anche a lungo termine, sullo stato di salute e la qualità di queste risorse biologiche. I parametri chimici analizzati nei pesci sono gli stessi già descritti per i mitili. Le campagne di pesca sono state effettuate con frequenza mensile.

### **Indagini su specie ittiche: analisi dello stato di salute mediante biomarker**

Anche nei pesci le analisi chimiche sono integrate con un'ampia batteria di biomarkers in grado di evidenziare precocemente la comparsa delle risposte a livello molecolare e cellulare, indicative di possibili alterazioni o forme di tossicità. I biomarker analizzati nei diversi organismi hanno incluso l'induzione epatica del citocromo P450 e i metaboliti aromatici nella bile (che nei pesci riflettono i processi di biotrasformazione attivati da idrocarburi policiclici aromatici o xenobiotici organoalogenati), oltre ai parametri già citati per i mitili, tra i quali: i livelli di metallotioneine, la proliferazione perossisomiale, l'attività dell'acetilcolinesterasi, l'analisi delle difese antiossidanti (catalasi, glutazione S-transferasi, glutazione reduttasi, glutazione perossidasi Se-dipendenti e Se-

indipendenti, glutazione), la Capacità Antiossidante Totale, il contenuto di malondialdeide, la comparsa di effetti genotossici.

### **Indagini su altre specie bentoniche: analisi di bioaccumulo in invertebrati intertidali ed alghe**

Alcune specie di alghe e di invertebrati bentonici sono stati analizzati come ulteriori organismi sentinella per segnalare un'aumentata biodisponibilità di contaminanti chimici per organismi chiave dell'ecosistema marino del Giglio e un possibile impatto sulle coste rocciose, sottoposte a una diversa dinamica di esposizione a eventuali inquinanti chimici. Sono stati effettuati campionamenti (tramite immersione in apnea) negli stessi periodi in cui sono state realizzate le campagne di traslocazione dei mitili e le campagne di pesca. La raccolta è stata effettuata in due aree, una presso le Scole (scelto come sito di bianco) e l'altra in prossimità della poppa del relitto Concordia. Gli organismi campionati sono i gasteropodi *Thais haemastoma* e *Patella sp.*, e l'alga verde *Codium bursa*. I parametri chimici analizzati riguardano le classi di inquinanti già descritte per i mitili e le specie ittiche.

### **Integrazione dei dati: l'analisi di rischio**

L'elaborazione degli indici sintetici fornisce un valore quantitativo del pericolo e una modalità di *output* informativa che, oltre a contenere informazioni scientificamente rilevanti, ne permette una semplice lettura e interpretazione anche per i gestori dell'emergenza e i decisori, non necessariamente specializzati in questo tipo di indagini.

Allo scopo, i dati di bioaccumulo e le variazioni dei biomarkers sono stati elaborati attraverso un modello quantitativo di analisi di rischio (Sediqualsoft) basato su un approccio quantitativo del tipo *Weight Of Evidence* (WOE), che integra cioè i risultati ottenuti da diverse tipologie di indagine (o linee di evidenza: LOEs) elaborando specifici indici di pericolo per ciascuna tipologia di dati, prima di una loro integrazione finale nel calcolo del rischio (Benedetti et al., 2012, 2014; Piva et al., 2011; Regoli et al., 2014).

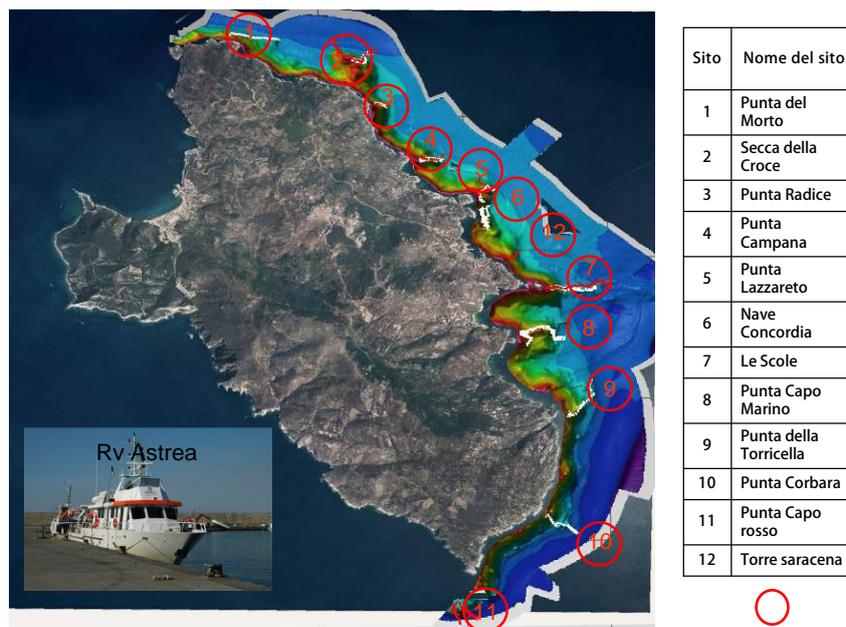
### **Indagini sulla caratterizzazione bionomica di habitat e specie sensibili**

Immediatamente dopo il naufragio della nave sugli scogli di punta della Gabbianara, la R/V *Astrea* dell'ISPRA (Figura 3) è intervenuta sul luogo del naufragio al fine di raccogliere informazioni utili a valutare possibili modificazioni temporali della qualità ambientale ed ecologica della zona impattata e dell'area circostante, potenzialmente coinvolta in caso di un aggravio del quadro emergenziale. Una prima campagna è durata dal 31 gennaio all'11 febbraio, in un periodo caratterizzato da condizioni meteorologiche particolarmente avverse. Al fine di completare la raccolta di informazioni indispensabili è stata condotta una seconda campagna, sempre con nave *Astrea*, dal 28 al 31 maggio 2012.

In questo ambito sono state condotte specifiche attività di rilevamento finalizzate alla caratterizzazione bionomica dei fondali limitrofi al punto di incaglio della nave, al fine di disporre di informazioni su presenza e distribuzione di habitat e specie di interesse conservazionistico, quali elementi conoscitivi di riferimento per consentire una stima del danno ambientale provocato dal potenziale sversamento di inquinanti a seguito delle operazioni di recupero del relitto e delle sostanze inquinanti in esso presenti.

Le attività di rilevamento sono state concentrate lungo la costa orientale dell'Isola del Giglio. Dette attività hanno visto l'impiego di ecoscandaglio *multibeam* ad altissima risoluzione Kongsberg "EM2040" per l'acquisizione di dati batimorfologici, e l'ispezione visiva del fondale tramite l'uso di ROV (*Remotely Operated Vehicle*).

Le attività di "verità mare" lungo transetti "costa largo" (Figura 5.8) sono state effettuate mediante l'uso del ROV Pollux III.



**Figura 5.8: R/V Astrea e rilievo batimorfologico del fondale e siti dei rilievi ROV**

#### **Indagini sull'ecosistema *Posidonia oceanica***

La valutazione degli eventuali effetti sullo stato delle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile conseguenti all'incidente, è stato effettuato tramite lo studio dei parametri funzionali (fenologia) e della comunità epifita delle foglie, che permettono di valutare le eventuali perturbazioni sui posidonieti (Giovanetti et al., 2010). La frequenza delle indagini è stata trimestrale, a partire da marzo 2012 fino a luglio 2013. Le analisi sono tuttora in corso. Le prossime campagne di monitoraggio sono programmate per luglio 2014. Le attività di prelievo sono state condotte attraverso l'utilizzo di auto respiratori ad aria (ARA) in immersione; sono stati prelevati fasci di *P. oceanica* a profondità di circa 10 m e in corrispondenza di 2 stazioni ubicate a prua e a poppa del relitto e di tre stazioni posizionate lungo una direzione di gradiente NO (Figura 5.6). A causa della posa del cantiere per la rimozione del relitto (avvenuta nella tarda primavera del 2012) e del conseguente aumento del traffico marittimo, durante le campagne di luglio e novembre 2012 non è stato possibile proseguire il prelievo nel sito a prua nave. Il campionamento dei fasci di *P. oceanica* è stato eseguito seguendo uno schema di campionamento gerarchico che permette di ottenere una confidenza statistica elevata, riducendo la probabilità di includere errori di interpretazione dei dati dovuti alla variabilità naturale dei parametri indagati.

#### **Indagini su organismi bentonici di fondo duro: analisi dello stato di salute di *Pinna nobilis***

*Pinna nobilis* è un mollusco bivalve endemico del Mediterraneo considerato a rischio di estinzione e protetto dalla Convenzione di Barcellona e dalla Direttiva *Habitat*. Questa specie particolarmente esposta a fenomeni di inquinamento e a impatti antropici diretti quali pesca e ancoraggi, è presente in maniera consistente lungo la fascia costiera dell'Isola del Giglio. Nel primo anno di monitoraggio sono state individuate due stazioni di studio (Figura 5.6): una vicino alla poppa della nave, Cala di Mezzo (PNT4) e l'altra (di controllo) ubicata presso il dissalatore di Cala delle Cannelle (PNT6). Nel secondo anno si è aggiunta una terza stazione (PNT2) ubicata a Cala della Ficaia, tra Giglio Porto e P.ta Gabbianara. Nel primo anno di attività sono state effettuate tre campagne di studio (giugno, ottobre 2012, gennaio 2013), nel secondo anno 2 campagne (luglio e ottobre 2013). Ogni stazione è stata delimitata da un campo boe di circa 50 metri di lato. Nel primo anno di attività, nelle due stazioni sono stati effettuati transekti con cui sono stati individuati, misurati, marcati e fotografati 40 esemplari di *Pinna nobilis* in ciascuna stazione. Gli organismi sono stati marcati in

maniera *random*. Questo approccio è stato ritenuto ottimale per i fini che si prefiggeva il monitoraggio, ovvero captare eventuali segnali di stress in maniera efficace e speditiva in un subcampione di *Pinna nobilis* abbastanza esteso ed eterogeneo in dimensioni, habitat e batimetrica di impianto. La marcatura è stata effettuata mediante l'applicazione di targhette numerate posizionate alla base delle valve. Gli organismi sono stati campionati a una profondità compresa tra i 9 e i 20 metri. Nel secondo anno, nella campagna di luglio 2013, sono stati marcati ulteriori 24 organismi in ciascuna delle stazioni preesistenti e sono stati marcati 40 individui nella PNT2.

### Indagini sul popolamento ittico tramite censimenti visivi

Lo studio delle comunità ittiche al fine di valutare possibili alterazioni della comunità nella zona interessata al naufragio, si è focalizzato sulla: 1) caratterizzazione della comunità ittica costiera nell'area in esame; 2) valutazione di eventuali impatti riconducibili al naufragio; 3) messa a punto di un protocollo agile e utilizzabile per il monitoraggio quanto per valutazioni dovute a un eventuale aggravamento del quadro emergenziale. È stata svolta una campagna di censimento visivo a giugno 2012 (Figura 5.9) a una profondità compresa tra 0-3m tramite tecniche di *visual census*. Alla luce della scarsa disponibilità di dati "ante" impatto e quindi dell'impossibilità di applicare l'approccio BACI (Before-After, Control-Impact), si è scelto di impiegare l'approccio ACI (*After-Control/Impact*) e un disegno di tipo asimmetrico, che consiste nel confrontare l'area potenzialmente impattata con più stazioni di controllo.

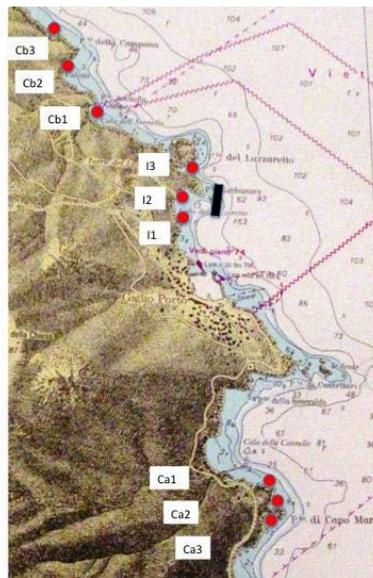


Figura 5.9: Area di studio sul popolamento ittico tramite *visual census* nel settore orientale dell'Isola del Giglio. I pallini rossi indicano i siti, mentre la barra nera rappresenta una proiezione del relitto

## Risultati

### Indagini sulla colonna d'acqua: saggi biologici e accumulatori passivi

#### Saggi biologici

Il saggio con *Paracentrotus lividus* ha mostrato una tossicità assente o di “grado medio” (vedi scala di tossicità riportata in Tabella 5.2) nella maggior parte dei campioni sinora analizzati, sia per quanto attiene alla spermiossicità sia alla embriossicità. Nel corso del 2012, i livelli più alti di tossicità sono stati rilevati dal test di embriossicità a fine di febbraio, soprattutto nella stazione di poppa della nave.

Tabella 5.2: Scala di tossicità per *Paracentrotus lividus*

EC20/EC50	Tossicità
EC20 $\geq$ 90%	Assente/trascurabile
EC20<90% e EC50>100%	Media
40% $\leq$ EC50 $\leq$ 100%	Alta
EC50<40%	Molto Alta

Nota: Il valore EC50 indica la concentrazione della sostanza di prova che causa una riduzione della fecondazione (50% o 20%) rispetto al controllo

I risultati del saggio algale, sinora elaborati (Figura 5.10), hanno evidenziato un'assenza di tossicità nella maggioranza di campioni prelevati dall'inizio del monitoraggio fino a gennaio 2013. Questo trend è stato interrotto da fine febbraio 2012 ai primi di marzo dello stesso anno, quando è stato evidenziato un peggioramento della qualità delle acque. Successivamente, un'inibizione negativa, cioè un incremento della crescita algale, è stata registrata a metà marzo 2012, in tutte le stazioni, verosimilmente dovuta a un eccesso di nutrienti in colonna d'acqua.

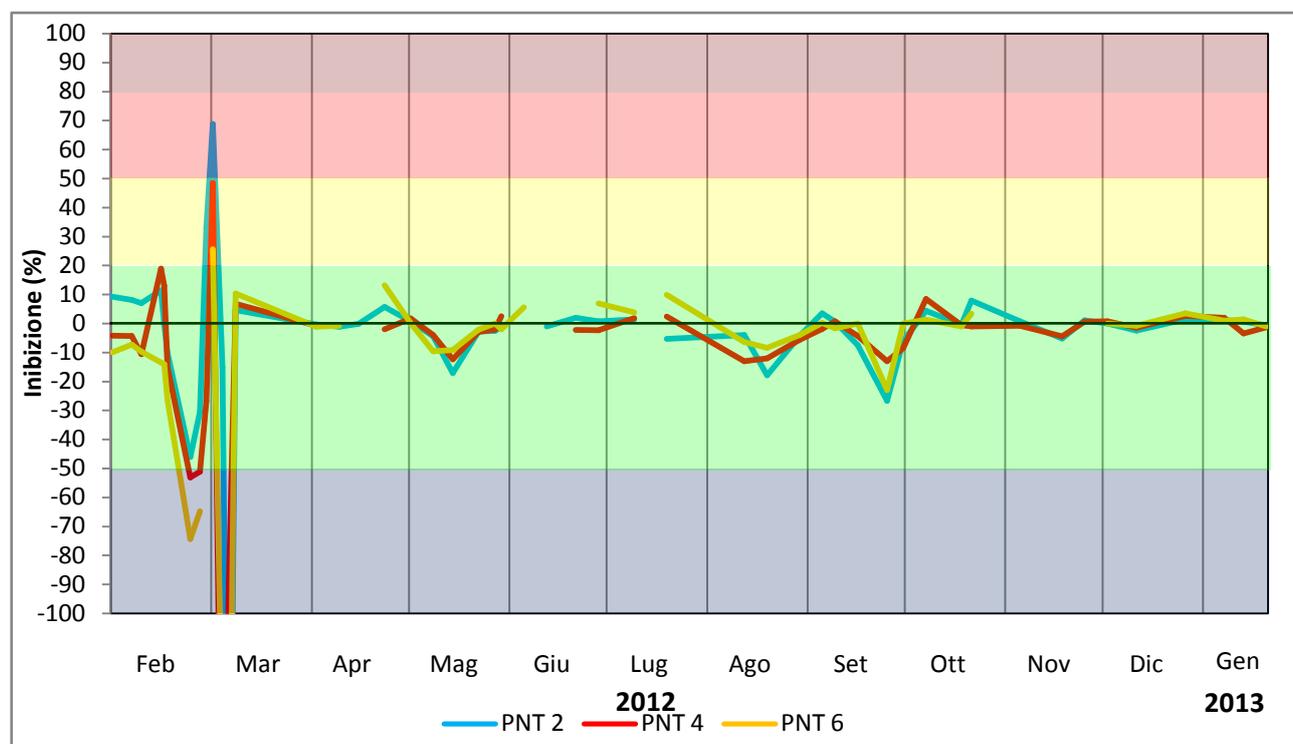


Figura 5.10: Risultati ecotossicologici sulla microalga *Phaeodactylum tricornerutum* [non era *Paracentrotus lividus*?]

Dalle elaborazioni dei dati sinora condotte, è stato evidenziato che il Molo Levante è risultato sempre la stazione con valori più elevati degli analiti cercati, mentre Cala delle Caldane, peraltro identificata come stazione di controllo, quella con i valori più bassi. Non sono stati rilevati composti di tipo farmaceutico, plastificanti (bisfenolo A) e ritardanti di fiamma. Tra il primo e il secondo campionamento (maggio e luglio 2012) è stato evidenziato un fenomeno di contaminazione, probabilmente da imputare all'inizio dei lavori di rimozione del relitto. Detta contaminazione era costituita da vanadio, IPA e IPA ramificati, ed è verosimilmente riconducibile alla presenza di carburanti (combusti e non) utilizzati dal naviglio impiegato nei lavori del cantiere. Nei mesi successivi i valori sono risultati simili a quelli del primo campionamento o, comunque, in diminuzione.

Le simulazioni eseguite, relative a un periodo significativo di 20 giorni, hanno mostrato una corrente media, parallela alla linea di costa, che si alterna tra la direzione Nord-Nord-Est e Sud-Sud-Est. Tale campo di corrente include gli effetti della circolazione generale nel Tirreno, delle onde e del campo di vento locali.

L'esperimento di rilasciare in modalità continua un tracciante dalla nave ha dimostrato che, in queste condizioni, un punto di accumulo critico è l'insenatura in cui si trova anche il porto, subito a Sud del relitto.

### Indagini sulla qualità dei sedimenti

La composizione granulometrica dei sedimenti superficiali indagati evidenzia una prevalenza delle frazioni grossolane (sabbie), con l'eccezione della stazione a nord del relitto, caratterizzata da sedimenti più fini.

Le concentrazioni di carbonio organico totale ( $0,52 \pm 0,17\%$ , media  $\pm$ dev.std.) nei sedimenti superficiali nelle 6 stazioni nell'area di indagine adiacente al relitto hanno evidenziato valori simili a quelli riportati per sedimenti costieri adriatici (Giani et al., 2009). Le più alte concentrazioni di carbonio organico si sono determinate nelle stazioni 1 e 2, in corrispondenza del maggior contenuto pelitico.

Per quanto riguarda le analisi dei composti organostannici (tributilstagno-TBT, dibutilstagno-DBT e monobutilstagno -MBT) nei campioni di sedimento superficiale nell'area d'indagine, le concentrazioni sono risultate inferiori al limite di quantificazione della metodica analitica adottata ( $<4\text{ng TBT g}^{-1}$  s.s.;  $<8\text{ng DBT g}^{-1}$  s.s.;  $<6\text{ng MBT g}^{-1}$  s.s.)

Le analisi di PoliCloroBifenili e pesticidi hanno incluso i congeneri di PCBs e i pesticidi ritenuti di maggior rilevanza ambientale (DM 260/2010, tab. 3/b): sono stati analizzati 17 congeneri di PCBs, gli isomeri (o,p e p,p) del DDT e i loro metaboliti DDD e DDE, gli isomeri  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\delta$  dell'esaclorocicloesano, il pentaclorobenzene, l'esaclorobenzene e l'aldrin. Dalle analisi effettuate sui sedimenti campionati nel corso del 2012 si sottolinea una contaminazione diffusa di lieve entità da parte di alcuni congeneri di PCB.

La contaminazione da pesticidi è per lo più assente con l'eccezione di tracce di DDT e dei suoi metaboliti. Sia questi ultimi sia la sommatoria dei PCB sono sempre inferiori ai limiti fissati come standard di qualità ambientale per i sedimenti marini (DM 8 Novembre 2010 n. 260, tabb. 2/A e 3/B).

Le concentrazioni di Policiclici Aromatici (IPA), Idrocarburi Alifatici e tensioattivi anionici, relative a gennaio e aprile 2012, sono sempre risultate basse e senza differenze di rilievo tra siti di campionamento, permettendo così di escludere fenomeni di contaminazione da parte del relitto per queste classi di inquinanti chimici.

Per quanto riguarda i metalli, nei sedimenti campionati non si registrano, in generale, particolari anomalie per gli elementi analizzati. Per una valutazione del contenuto vengono presi come riferimento i valori (LCB-LCL) individuati da ISPRA nel "Manuale per la movimentazione dei sedimenti" (ICRAM\_APAT 2007).

Per quanto riguarda le analisi ecotossicologiche effettuate sugli organismi marini, di seguito si riporta una sintesi dei risultati:

#### *Saggio ecotossicologico con *Vibrio fischeri**

Il sedimento prelevato nelle prime quattro campagne è risultato privo di elementi di tossicità.

#### *Saggio di spermio ed embriotossicità sull'echinoide *Paracentrotus lividus**

I risultati del saggio di spermiotossicità non hanno evidenziato criticità. Per quanto riguarda l'embriotossicità invece la campagna di giugno 2013 ha mostrato valori di tossicità elevata nelle stazioni 3 e 4, con EC50 = 60% e 70% rispettivamente.

#### *Saggio algale con *Phaeodactylum tricornutum**

I dati della percentuale di inibizione della crescita algale dei campioni testati (dalla St1 alla St6), hanno mostrato tossicità assente e/o trascurabile durante le 4 campagne effettuate nel 2012.

#### **Indagini sul biota**

##### **Indagini sui bivalvi filtratori: analisi di bioaccumulo in *Mytilus galloprovincialis* (*Mussel watch*)**

#### *Metalli in traccia nei mitili trapiantati*

Le concentrazioni di metalli in traccia nei mitili trapiantati nelle prime 7 campagne di traslocazione, relativamente al 2012 mostrano valori generalmente confrontabili con quelli di organismi di aree non inquinate. Alcune differenze sono state osservate in funzione del periodo di campionamento.

#### *Composti organostannici*

Le analisi dei campioni di mitili trapiantati in tutte le campagne di prelievo nell'area d'indagine dell'Isola del Giglio adiacente al relitto Concordia hanno evidenziato basse concentrazioni di TBT, e valori di DBT e MBT inferiori al limite di quantificazione della metodica analitica (<4ng TBT g-1 s.s.; <8ng DBT g-1 s.s.; <6ng MBT g-1 s.s.).

#### *Policlorobifenili e Pesticidi Organoclorurati*

Le indagini sono state indirizzate alla determinazione dei congeneri di Policlorobifenili (PCB) e di pesticidi organoclorurati ritenuti più significativi dal punto di vista ambientale (DM 260/2010, tab. 3/b). Sono stati ricercati 17 congeneri di PCBs e, tra i pesticidi, gli isomeri (o,p e p,p) del DDT e i loro metaboliti DDD e DDE, gli isomeri  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\delta$  dell'esaclorocicloesano, il pentaclorobenzene, l'esaclorobenzene e l'aldrin. Le indagini di bioaccumulo effettuate sulle prime quattro campagne del 2012, hanno evidenziato relativamente ai PCB un sito di maggior bioaccumulo nella stazione in corrispondenza del Porticciolo (rendere omogenei i nomi delle stazioni), livello profondo, che potrebbe quindi risentire di una influenza legata alla movimentazione di mezzi navali della fase di pre-cantiere e di cantiere. La distribuzione dei singoli congeneri mostra una predominanza dei congeneri esaclorobifenili 153 e 138: tale bioaccumulo, preferenziale in tessuti di organismi marini, concorda con quanto già evidenziato in letteratura (Scarpato et al. 2010, Turrio-Baldassarri et al., 1993). Per quanto riguarda i pesticidi, il Pentaclorobenzene, identificato come sostanza pericolosa e prioritaria (Decisione n. 2455/2001/CE del 20/11/2001) e l'Aldrin sono sempre inferiori al limite di quantificazione (0,10 ng/g). Gli isomeri dell'Esaclorocicloesano mostrano nella prima campagna valori leggermente superiori al bianco nei mitili posizionati a poppa del relitto, nel solo livello superficiale, e nella stazione prossima al porto, su entrambi i livelli.

Per gli altri pesticidi considerati (Esaclorobenzene, DDT e prodotti metaboliti) non si evidenziano per lo più valori di bioaccumulo superiori ai rispettivi siti di bianco.

### **Idrocarburi policiclici aromatici, idrocarburi alifatici volatili e totali (C6-C10 e C10-C40), tensioattivi anionici**

I risultati ottenuti sul bioaccumulo di idrocarburi policiclici aromatici, idrocarburi alifatici volatili e totali (C6-C10 e C10-C40) e tensioattivi anionici hanno permesso di escludere preoccupanti fenomeni di contaminazione dal relitto ovvero un incremento della contaminazione ambientale durante le numerose attività legate alla fase di emergenza post naufragio; al recupero del carburante ed alle operazioni tutt'ora in corso per la rimozione definitiva del relitto. Sebbene alcuni fenomeni episodici sembrano essere avvenuti, gli effetti sono sempre stati di natura transitoria e reversibili.

### **Indagini sui bivalvi filtratori: analisi dello stato di salute mediante biomarker in *Mytilus galloprovincialis***

Il piano di monitoraggio del Mussel Watch ha previsto che i dati di bioaccumulo fossero integrati con l'analisi di un'ampia batteria di biomarkers, per evidenziare l'insorgenza precoce di effetti potenzialmente tossici (Benedetti et al., 2009; Regoli et al., 2005, 2011). A parte alcuni risultati episodici, in generale i biomarker di esposizione non hanno suggerito un ruolo predominante di qualche classe di inquinanti chimici nella modulazione delle risposte biologiche osservate nei mitili trapiantati in prossimità del relitto.

### **Indagini su policheti bentonici: analisi dello stato di salute mediante biomarker in *Hediste diversicolor***

I risultati relativi alle risposte biologiche (biomarker) analizzate finora nei policheti esposti ai sedimenti prelevati presso il relitto della nave (anno 2012) consentono di escludere un effetto biologicamente rilevante dei sedimenti nei confronti dell'organismo bentonico utilizzato come bioindicatore (*H. diversicolor*), sia al livello temporale che al livello spaziale. Infatti gli organismi esposti ai sedimenti prelevati nelle diverse campagne e nelle diverse stazioni, nonostante abbiano mostrato un lieve disturbo al livello genetico (rilevato unicamente nella campagna di ottobre 2012), hanno mantenuto una condizione di "buon stato fisiologico", non hanno mostrato effetti legati allo stress ossidativo, nè effetti solitamente indotti dalla presenza, nell'ambiente, di metalli o di composti organici specifici (pesticidi organofosforici e carbammati).

### **Indagini su specie ittiche: analisi di bioaccumulo**

I parametri analizzati nei pesci riguardano gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), gli idrocarburi alifatici volatili, semivolatili e non volatili (C<10, C>10), i policlorobifenili (PCB), pesticidi organoalogenati e ritardanti di fiamma, i composti organo-stannici e i tensioattivi anionici.

Questi composti sono stati misurati nelle branchie delle specie ittiche *Scorpaena scrofa* (scorfano rosso), *Phycis blennioides* (musdea bianca), *Uranoscopus scaber* (pesce prete), *Mullus barbatus* (triglia di fango). Tra queste, mentre *S. scrofa* è risultata sempre presente nei vari campionamenti e con un numero di organismi sufficiente per tutte le analisi, le altre specie sono state pescate più irregolarmente e talvolta con un numero di individui troppo basso. A partire dal campionamento T5 (luglio 2012) tutte le analisi chimiche sono state concentrate su *S. scrofa*. Le branchie sono state scelte come tessuto bersaglio per meglio evidenziare un accumulo nel breve tempo associato ad eventuali rilasci da parte del relitto o delle operazioni associate alla sua rimozione, evitando l'influenza sia dei meccanismi di biotrasformazione epatica del citocromo P450, che di un possibile trasferimento trofico di questi contaminanti nei tessuti muscolari.

Coerentemente a quanto già descritto per i mitili, anche le analisi dei pesci hanno permesso di escludere una situazione di contaminazione chimica preoccupante nell'area intorno al relitto della Concordia.

### **Indagini su specie ittiche: analisi dello stato di salute mediante biomarker**

Anche nei pesci le analisi chimiche sono state integrate con un'ampia batteria di biomarkers per evidenziare precocemente i primi campanelli di allarme, o l'insorgenza di forme di tossicità più

intergrata, sia acuta sia cronica, in grado di compromettere lo stato di salute generale o la qualità di questi organismi.

In generale le risposte dei *biomarkers* hanno evidenziato qualche debole o moderata variazione dei sistemi di biotrasformazione (come attività EROD e metaboliti aromatici nella bile) durante le campagne corrispondenti ad un più elevato accumulo di idrocarburi (tipo benzo(a)pirene; naftalene; pirene). I livelli di induzione e di accumulo dei metaboliti biliari sono tuttavia risultati bassi se confrontati con le variazioni che si possono osservare in organismi provenienti da ambienti inquinati, al limite dei valori considerati di rilevanza biologica (Benedetti et al., 2013; Gorbi & Regoli, 2004; Kamman et al., 2008; Regoli et al., 2003, 2005; 2011; Roy et al., 2003; van der Oost et al., 2003).

### **Indagini su altre specie bentoniche: analisi di bioaccumulo in invertebrati intertidali ed alghe**

I parametri analizzati nei gasteropodi *Thais haemastoma* e *Patella sp.*, e nell'alga verde *Codium bursa* riguardano le stesse classi di inquinanti descritte precedentemente: idrocarburi policiclici aromatici (IPA), idrocarburi alifatici volatili, semivolatili e non volatili (C<10, C>10), policlorobifenili (PCB), pesticidi organoalogenati, ritardanti di fiamma, tensioattivi anionici e metalli pesanti (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, V, Zn). I risultati di seguito presentati si riferiscono alla specie *Thais haemastoma*, che è risultato l'organismo più sensibile e per il quale sono state ottenute la maggiori variazioni. I livelli di idrocarburi policiclici aromatici e gli idrocarburi volatili (C5-C10) sono aumentati durante le prime campagne negli organismi campionati nei pressi del relitto con un aumento più marcato negli organismi prelevati durante il campionamento di maggio 2012, mentre non si sono osservate variazioni per quanto riguarda le concentrazioni degli idrocarburi alifatici (C10-C40); questi risultati confermano un aumento della biodisponibilità di questi composti nell'area attorno alla nave durante le fasi corrispondenti alla emergenza iniziale e allo svuotamento dei carburanti, sebbene le concentrazioni misurate non siano indicative di una grave forma di contaminazione. I tensioattivi anioni totali mostrano una aumentata biodisponibilità nelle campagne comprese tra maggio 2012 e gennaio 2013 confermando un possibile effetto legato alle attività intorno al relitto. Le concentrazioni di PCB, pesticidi organoalogenati e ritardanti di fiamma sono generalmente risultate sempre al di sotto del limite di rilevabilità analitica.

Le concentrazioni dei metalli hanno spesso evidenziato delle differenze significative, con valori tissutali più alti negli organismi raccolti in prossimità della Concordia rispetto a quelli provenienti dall'area di bianco a partire dal campionamento di aprile 2012. Tale aumento è risultato continuo fino al campionamento di gennaio 2013 per il cromo, mentre rame, ferro, manganese e nichel hanno evidenziato il massimo incremento percentuale nelle campagne di maggio/giugno 2013; valori percentualmente superiori di zinco sono stati misurati negli organismi presso il relitto solo nel mese di gennaio 2013, mentre nessuna differenza significativa rispetto agli organismi di controllo è stata misurata per arsenico, cadmio e mercurio.

### **Integrazione *Weight Of Evidence* e analisi di rischio**

I dati di bioaccumulo e *biomarker* ottenuti nei mitili, pesci, invertebrati ed alghe (e relativi al periodo marzo 2012-gennaio 2013) sono stati elaborati tramite un approccio *Weight Of Evidence* (WOE) con il modello di analisi di rischio SediquaSoft (Figura 5.11a). Sebbene in questa fase dello studio, siano state elaborate soltanto 2 linee di evidenza (bioaccumulo e *biomarker*), il modello è risultato uno strumento utile per integrare e riassumere ampi *data-sets* di dati complessi sia chimici che biologici, fornendo informazioni scientificamente rilevanti in un formato semplice anche per i numerosi portatori di interesse, non necessariamente esperti in questo tipo di indagini. Per ciascuna campagna di traslocazione è stato infatti elaborato un indice di pericolo sia per il bioaccumulo sia per le risposte dei biomarkers, prima di una loro integrazione finale e della valutazione di rischio in prossimità del relitto.

Nonostante le variazioni occasionalmente misurate nell'accumulo di alcune classi di contaminanti chimici, il livello di pericolo elaborato, come esempio, per la biodisponibilità è stato generalmente classificato dal modello come Assente o Lieve, con l'unica eccezione del T5 (luglio 2012) quando è risultato Moderato (Figura 5.11b). Questa elaborazione è basata su criteri di integrazione ponderata già validati in condizioni reali che considerano, non solo la tipologia dei contaminanti e la significatività statistica delle differenze, ma anche il numero e l'entità delle differenze rispetto alla variabilità naturale riscontrabile per le diverse classi di composti chimici (Benedetti et al., 2012; Piva et al., 2011).

Gli indici di pericolo elaborati sui dati dei *biomarker* hanno confermato l'assenza di situazioni critiche nei mitili trapiantati in prossimità del relitto, sebbene siano risultati più sensibili rispetto al bioaccumulo nell'evidenziare un forma di disturbo per questi organismi; il livello di pericolo elaborato è generalmente compreso tra Lieve e Moderato, con un'unica eccezione nei mitili superficiali di T7 (gennaio 2013) idem quando è stato Elevato (Figura 5.11b).

I risultati complessivi ottenuti dal primo anno di *Mussel Watch* presso il relitto della Concordia permettono di escludere fenomeni rilevanti in termine di contaminazione chimica o di aumento costante della biodisponibilità di inquinanti ambientali. Analogamente ai risultati ottenuti sul bioaccumulo, anche quelli dei *biomarker* non hanno evidenziato preoccupanti effetti sullo stato di salute degli organismi, pur permettendo di evidenziare sintomi estremamente precoci di lieve disturbo.

L'elaborazione dei dati ottenuti in *S. scrofa* per ciascuna campagna di pesca ha generalmente classificato il livello di pericolo biodisponibilità come Lieve o Moderato, in funzione del numero, dell'entità e della significatività statistica delle differenze misurate soprattutto a carico dei singoli idrocarburi policiclici aromatici (Figura 5.11b). Anche per quanto riguarda i *biomarkers*, il pericolo è sempre risultato compreso tra Assente e Lieve, mentre soltanto nelle campagne delle prime fasi dell'emergenza e di dicembre 2012 è stato elaborato come Moderato (Figura 5.11b), confermando così l'assenza di situazioni biologicamente critiche nei pesci campionati in prossimità del relitto. L'integrazione finale *WOE*, basata sulle precedenti valutazioni su biodisponibilità e *biomarker*, ha discriminato i diversi periodi di campionamento, confermando un impatto Moderato nelle prime fasi dell'emergenza ed in corrispondenza del campionamento di dicembre 2012 (T6), mentre è risultato Lieve o Assente durante tutti gli altri periodi (Figura 5.11b).

I risultati ottenuti dal primo anno di monitoraggio sui pesci prelevati in prossimità del relitto Concordia hanno sostanzialmente confermato il quadro già delineato con il *Mussel Watch*. Nonostante alcuni effetti siano stati identificati, è tuttavia possibile infatti escludere che il relitto abbia determinato rilasci di sostanze tali da determinare preoccupanti fenomeni di contaminazione, un aumento costante della biodisponibilità di inquinanti, o l'insorgenza di alterazioni sullo stato di salute degli organismi.

Per quanto riguarda invertebrati ed alghe, il livello di biodisponibilità ha fornito un indice di pericolo da lieve ad elevato nella *Thais haemastoma*, confermando un certo aumento nell'accumulo di inquinanti organici e metalli nelle diverse fasi analizzate. Il gasteropode *T. haemastoma* è inoltre risultato un bioindicatore più sensibile sia di *Patella sp.* sia di *Codium bursa*, per i quali l'indice di pericolo elaborato per la biodisponibilità è risultato oscillare tra Lieve e Assente. Questi risultati confermano un diverso livello di risposta in funzione sia della possibile via di diffusione/esposizione, sia del tipo di organismi scelti come bioindicatori, suggerendo la necessità di continuare con un approccio multidisciplinare nella valutazione dei possibili rischi associati alle operazioni di rimozione del relitto Concordia.

## LOE Bioavailability (a)

ID:	448	n° param in class 1 (effect Absent)	29
Latitude:	42°22'04.80" N	n° param in class 2 (effect Slight)	1
Longitude:	10°55'16.80" E	n° param in class 3 (effect Moderate)	0
Area code:	Giglio Island	n° param in class 4 (effect Major)	0
Site code:	Costa Concordia wreck	n° param in class 5 (effect Severe)	0
Reference Area code:	Giglio Island	Cumulative hazard quotient HQ	2,51
Reference Site code:	Caldane beach	Level of hazard for bioavailability	SLIGHT
Sampling date:	01/10/2012		
Sampling code:	Giglio_biod_mit_VI_sup		
Core code:			
Core level:			
Exposure condition:	Transplanted		
Sample code:	Wreck_sup_T6		
Reference Sample code:	Ref_sup_T6		
Exposure time:			
Note:			

Absent
Slight
Moderate
Major
Severe

## LOE Biomarkers (b)

ID:	403	<div style="text-align: center;"><b>RESULTS</b></div> <table border="0"> <tr> <td>class 1 (effect Absent)</td> <td>n° biomarker</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>class 2 (effect Slight)</td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>class 3 (effect Moderate)</td> <td></td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>class 4 (effect Major)</td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>class 5 (effect Severe)</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Cumulative HQ for biomarkers</td> <td></td> <td>4.824604</td> </tr> <tr> <td>Level of hazard for biomarkers</td> <td></td> <td>MODERATE</td> </tr> </table> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <table border="1" style="margin-left: 10px;"> <tr><td>Absent</td></tr> <tr><td>Slight</td></tr> <tr><td>Moderate</td></tr> <tr><td>Major</td></tr> <tr><td>Severe</td></tr> </table> </div>	class 1 (effect Absent)	n° biomarker	13	class 2 (effect Slight)		0	class 3 (effect Moderate)		2	class 4 (effect Major)		0	class 5 (effect Severe)		1	Cumulative HQ for biomarkers		4.824604	Level of hazard for biomarkers		MODERATE	Absent	Slight	Moderate	Major	Severe
class 1 (effect Absent)	n° biomarker		13																									
class 2 (effect Slight)			0																									
class 3 (effect Moderate)			2																									
class 4 (effect Major)			0																									
class 5 (effect Severe)			1																									
Cumulative HQ for biomarkers			4.824604																									
Level of hazard for biomarkers			MODERATE																									
Absent																												
Slight																												
Moderate																												
Major																												
Severe																												
Latitude:	42°22'04.80" N																											
Longitude:	10°55'16.80" E																											
Area code:	Giglio Island																											
Site code:	Costa Concordia wreck																											
Reference Area code:	Giglio Island																											
Reference Site code:	Caldane beach																											
Sampling date:	01/10/2012																											
Sampling code:	Giglio_biom_mit_VII_sup_wreck																											
Core code:																												
Core level:																												
Experimental condition:	Transplanted																											
Exposure time:																												
Species:	Mytilus_galloprovincialis																											
Sample code:	Wreck_sup_T6																											
Reference Sample code:	Ref_sup_T6																											
Note:																												

## Weight of evidence integration (c)

Area name:	Giglio Island	<div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <table border="1" style="margin-left: 10px;"> <tr><td>Absent</td></tr> <tr><td>Slight</td></tr> <tr><td>Moderate</td></tr> <tr><td>Major</td></tr> <tr><td>Severe</td></tr> </table> </div>	Absent	Slight	Moderate	Major	Severe
Absent							
Slight							
Moderate							
Major							
Severe							
Site code:	Costa Concordia wreck (sup T6)						
Chemical HQ:							
Bioavailability HQ:	SLIGHT						
Biomarker HQ:	MODERATE						
Bioassay HQ:							
<b>Cumulative class of HQ:</b>	<b>MODERATE</b>						

Figura 5.11a: - Output del modello di analisi di rischio relativamente alla elaborazione dei dati di Bioaccumulo (LOE Bioavailability), dei Biomarker (LOE Biomarkers) e della loro integrazione Weight of Evidence.

### Mitili superficiali

	LOE Biodisponibilità	LOE Biomarkers	WOE Weight od Evidence
T1	Assente	Moderato	LIEVE
T2	Lieve	Lieve	LIEVE
T3	Lieve	Lieve	LIEVE
T4	Lieve	Moderato	LIEVE
T5	Moderato	Lieve	MODERATO
T6	Lieve	Moderato	MODERATO
T7	Lieve	Alto	MODERATO

### Mitili sul fondo

	LOE Biodisponibilità	LOE Biomarkers	WOE Weight od Evidence
T1	Lieve	Lieve	LIEVE
T2	Lieve	Lieve	LIEVE
T3	Lieve	Lieve	LIEVE
T4	Lieve	Moderato	MODERATO
T5	Assente	Moderato	LIEVE
T6	Lieve	Moderato	MODERATO
T7	Assente	Lieve	LIEVE

### Scorpaena scrofa

	LOE Biodisponibilità	LOE Biomarkers	WOE Weight od Evidence
T1	Moderato	Moderato	MODERATO
T2	Moderato	Lieve	MODERATO
T3	Lieve	Assente	ASSENTE
T*	Lieve	Lieve	LIEVE
T6	Moderato	Moderato	MODERATO
T7	Moderato	Assente	LIEVE

### Invertebrati ed alghe

	LOE Biodisponibilità		
	<i>Thais haemastoma</i>	<i>Patella sp.</i>	<i>Codium bursa</i>
T1	Lieve	Lieve	Lieve
T2	Lieve	Lieve	Assente
T3	Moderato	Lieve	Lieve
T4	Lieve	Lieve	Assente
T6	Alto		
T7	Moderato		

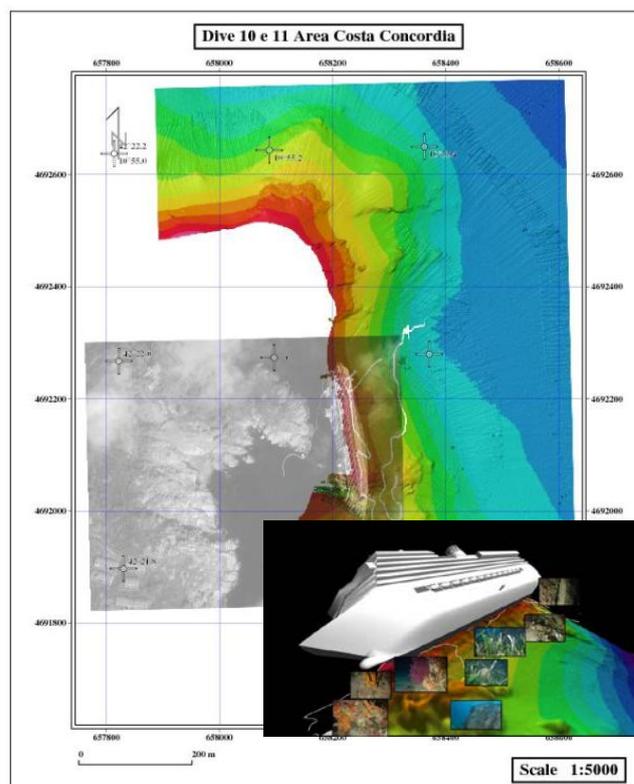
Legenda: T1 marzo 2012; T2 aprile 2012; T3 maggio 2012; T4 giugno 2012; T6 dicembre 2012; T7 gennaio 2013.

Figura 5.11b: Classificazione del livello di pericolo per le linee di evidenza (LOE) biodisponibilità e biomarker, e livello di rischio complessivo Weight Of Evidence (WOE).

### Indagini sulla caratterizzazione bionomica di *habitat* e specie sensibili

L'analisi dei dati *multibeam* raccolti nelle due campagne condotte e quella delle foto e dei video raccolti con il *ROV* ha permesso di identificare la presenza di *habitat* e di specie di particolare valenza conservazionistica sui fondali del versante orientale dell'Isola del Giglio, interessato

dall'incidente della Costa Concordia come, ad esempio, la prateria di posidonia e il coralligeno che si trovano nella zona vicina al relitto (Figura 5.12). Particolare interesse rivestono anche l'estesa prateria di corallo nero (*Antipathella subpinnata*), presente in vicinanza della poppa della nave e in altri tre siti; le foreste di gorgonie (*Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata*, e *Eunicella cavolinii*) in ottimo stato di conservazione, che si trovano lungo le pareti rocciose a partire già dai 15 metri di profondità; il corallo rosso (*Corallium rubrum*) nella parte sud dell'Isola; la prateria della rarissima gorgonia *Paramuricea macrospina*, presente con un'abbondanza di colonie mai riscontrata in altri siti lungo le coste italiane, e la rarissima gorgonia dorata *Acanthogorgia irsuta*. Ad arricchire la composizione faunistica sono stati individuate due colonie di grandi dimensioni di falso corallo nero (*Savalia savaglia*), localizzati sia in corrispondenza della punta nord, sia della punta sud dell'isola, una estesa *facies* a crinoidi (*Leptometra phalangium*) e una estesa *facies* a grandi briozoi ramificati. La lista delle specie marine sottoposte a vincoli di protezione censite lungo i transetti ROV è riportata in tabella 5.3. L'accuratezza dei dati raccolti e la georeferenziazione di ogni immagine scattata e di ogni frame di video registrato, costituiscono un "punto zero" a cui fare riferimento rispetto a ogni prossima valutazione dello stato dei fondali dell'isola del Giglio, quando la nave "Costa Concordia" sarà stata rimossa dalla sua attuale posizione.



**Figura 5.12: –Rilevo batimetrico, tracciati percorsi ROV e ricostruzione della localizzazione di alcuni popolamenti bentonici emblematici, rispetto al relitto**

**Tabella 5.3: – Lista delle specie marine sottoposte a vincoli di protezione, censite per sito di indagine**

<b>SPECIE</b>	<b>PROTEZIONE</b>	<b>SITI</b>
<b>MAGNOLIOPHYTA</b> <i>Posidonia oceanica</i>	<b>P2, B1</b>	Punta del Morto, Punta della Croce, Punta Radice, Punta Campana, Punta Lazzaretto, Area Costa Concordia, Torre Saracena, Punta Campo Marino, Punta della Torricella
<b>PORIFERA</b> <i>Axinella cannabina</i> <i>Axinella polypoides</i> <i>Aplysinia cavernicola</i>	<b>P2</b> <b>P2, B2</b> <b>P2, B2</b>	Area Costa Concordia, Le Scole Punta del Morto Secca di Capo Rosso
<b>CNIDARIA</b> <i>Corallium rubrum</i> <i>Antipathella subpinnata</i> <i>Savalia savaglia</i>	<b>P3, B2,</b> <b>H5</b> <b>P3, B3,</b> <b>CB</b> <b>P2, B2</b>	Secca di Capo Rosso Punta Lazzaretto, Punta della Torricella, Secca di Capo Rosso Secca della Croce, Secca di Capo Rosso
<b>MOLLUSCA</b> <i>Charonia lampas</i> <i>Pinna nobilis</i>	<b>P2, B2</b> <b>P2, H4</b>	Punta Lazzaretto Secca della Croce, Area Costa Concordia, Punta Campo Marino
<b>CRUSTACEA</b> <i>Palinurus elephas</i>	<b>P3, B3</b>	Punta Campana, Punta Lazzaretto, Area Costa Concordia, Punta della Torricella, Punta Corbara, Secca di Capo Rosso
<b>ECHINODERMATA</b> <i>Ophidiaster ophidianus</i> <i>Centrostephanus longispinus</i>	<b>P2, B2</b> <b>P2, B2</b> <b>H4</b>	Punta del Morto, Secca della Croce, Punta Radice, Punta Campana, Punta Lazzaretto, Area Costa Concordia, Punta della Torricella, Punta Corbara Secca della croce, Le Scole, Secca di Capo Rosso

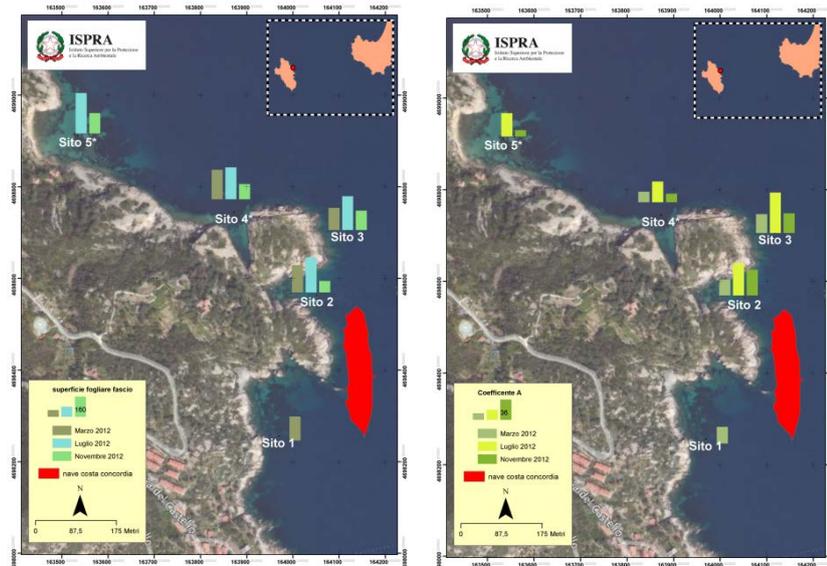
Legenda: Sigle relative agli annessi delle Convenzioni internazionali che riportano le specie listate.

- P2** Annesso II, Protocollo SPA\BIO della Convenzione di Barcellona
- P3** Annesso III, Protocollo SPA\BIO della Convenzione di Barcellona
- B1** Annesso 1 BERNA
- B2** Annesso 2 BERNA
- B3** Annesso 3 BERNA
- CB** Annesso B CITES
- H4** Annesso 4 della Direttiva HABITAT 42/93

#### **Indagini sull'ecosistema *Posidonia oceanica***

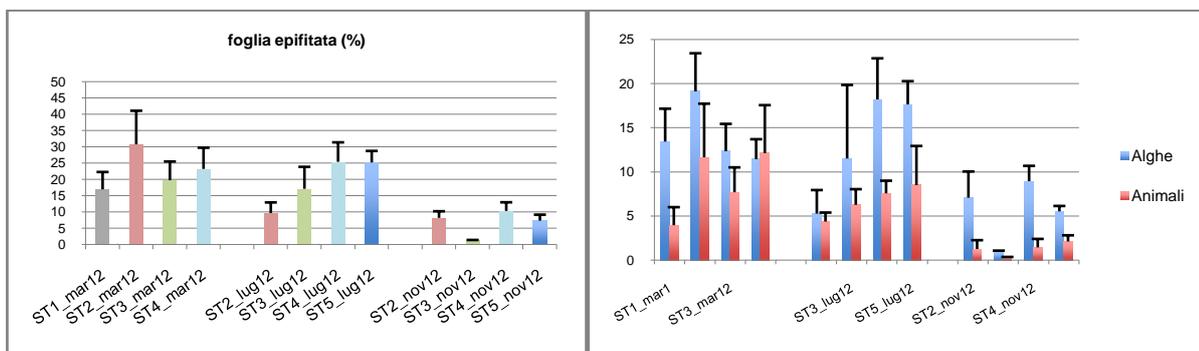
Le osservazioni qualitative condotte in ARA nei siti di indagine (Figura 5.6) per i periodi di monitoraggio marzo 2012, luglio 2012 e novembre 2012, evidenziano segni di alterazione sulla prateria soprattutto nel sito posto a poppa della nave e coincidente con l'area di cantiere.

I risultati relativi all'analisi fenologica condotte sono riportati in Figura 5.13a e mostrano che i parametri quali la lunghezza fogliare, il numero di foglie, la superficie fogliare e il coefficiente A (Figura 5.13a), in tutte e tre le campagne di monitoraggio (condotte nel 2012 successivamente all'incidente), sono risultati quasi sempre coerenti con le normali fluttuazioni stagionali nonché con la presenza di micro fattori che incidono a livello locale e sub locale quali, ad esempio, il tipo di substrato, l'idrodinamismo di fondo ed il diverso confinamento delle praterie monitorate.



**Figura 5.13a - Mappa delle stazioni rappresentative della superficie fogliare e del valore medio di Coefficiente A (percentuale di foglie adulte ed intermedie che presentavano gli apici rotti) per fascio (+ DS; n=15). (\* sito di controllo)**

L'assetto della comunità epifita della pagina interna della lamina fogliare, indicatore di perturbazione sulla prateria (Giovannetti et al., 2010) è riportato in Figura 8b. I dati preliminari a disposizione mostrano, così come riscontrato nella campagna effettuata il mese successivo al sinistro, notevoli variazioni a piccola scala spaziale, comuni in tutti i sistemi biologici, che non aiutano la comprensione e l'interpretazione del dato rispetto all'effetto-nave. Tuttavia, la variabilità temporale molto elevata della comunità epifita rilevata nella stazione posta in vicinanza della poppa della nave, diversamente da quanto riscontrato nelle stazioni di controllo, appare probabilmente riconducibile ad una condizione di alterazione della prateria, in parte riscontrata anche in alcuni parametri fenologici.



**Figura 5.13b- Ricoprimento medio ( $\pm$  SD, n=9) (%) da parte della comunità epifita totale (animale e vegetale) sulla pagina interna della lamina fogliare e ricoprimento medio da parte della componente algale e animale della comunità epifita (si considera l'intero lembo, dalla ligula all'apice, delle prime 4 foglie adulte e/o intermedie) nelle ST1, ST2; ST3, ST4 ST5 (marzo 2012, luglio 2012, novembre 2012)**

Le indagini future di tipo cartografico, ed in particolar modo le analisi sui campioni già prelevati, relativi al marzo 2013 e al luglio 2013, saranno di grande importanza per interpretare quanto desunto dai risultati preliminari, permettendo una migliore comprensione della natura degli effetti sulle praterie di *P. oceanica*, anche in relazione all'evolversi delle attività del cantiere e di rimozione della nave.

### Indagini sullo stato dei popolamenti bentonici di fondo mobile: analisi dello stato di salute di *Pinna nobilis*

Alla fine del primo anno di monitoraggio (2012), si sono registrate perdite di organismi sia a poppa della Concordia (stazione 1) sia nell'area di controllo (stazione 2) (Figura 5.6). Le cause, anche se riconducibili in entrambi i casi a impatti di tipo meccanico, sono tuttavia da attribuirsi a fattori diversi. Nella stazione di controllo la pressione antropica si è focalizzata in particolare nel periodo estivo ed è dovuta all'alto numero di imbarcazioni nella baia delle Cannelle che, in assenza di boe di stationamento apposite, hanno provocato con l'ancoraggio la rottura e l'espianto di numerosi individui.



Figura 5.14 a Parti della nave collocati sul fondale (staz 1) Figura 5.14b *Pinna nobilis* espiantata e con catena per ancoraggio (staz 2)

Nella stazione 1 a poppa della Concordia, la pressione antropica, essendo la zona interdetta alla navigazione diportistica, è legata alle numerose attività cantieristiche per il recupero della nave quali passaggio cavi, ancoraggi imbarcazioni e piattaforme, parti della stessa Concordia collocati o caduti nello specchio di mare interessato dal monitoraggio (Figura 5.14a). In questa stazione gli organismi di vecchia marcatura persi nel primo anno di monitoraggio, sono stati 4, mentre a fine del secondo anno di monitoraggio (2013) sono saliti a 11. Gli individui di nuova marcatura (luglio 2013) a distanza di tre mesi (ottobre 2013) sono rimasti invariati. Nella stazione 2 (Figura 5.14b) in prossimità del dissalatore, sono stati persi 9 organismi nel primo anno di monitoraggio mentre per il secondo anno il dato sugli organismi marcati dal 2012 non ha subito variazioni. Relativamente agli esemplari di nuova marcatura sono invece stati persi 4 organismi. Le campagne successive potranno chiarire se il mancato ritrovamento è attribuibile all'effettiva perdita degli organismi o allo spostamento e/o alla perdita delle boe di segnalazione dovuta al recupero delle ancore e di attrezzi da pesca. La nuova stazione (Stazione 3) Cala della Ficaia, alla prima campagna di controllo dopo tre mesi dal censimento non ha registrato nessuna perdita.

### Indagini sul popolamento ittico tramite censimenti visivi

Le analisi condotte sin ora, non rivelano effetti significativi sulla comunità ittica riconducibili all'impatto del naufragio della Concordia. La composizione e struttura dell'*assemblage* in corrispondenza della zona interessata dall'incidente è infatti compatibile con quanto rilevato nelle aree di controllo. Non sono altresì stati individuati elementi di alterazione della comunità, quali dominanza di specie o riduzioni della diversità. Sono rilevabili leggeri incrementi della diversità specifica nell'area interessata dal naufragio rispetto ai siti di controllo. Tali incrementi, non statisticamente significativi, potrebbero essere dovuti ad un eventuale effetto riserva procurato dalle misure impiegate per la protezione dell'area circostante il relitto. Non si registrano particolari modificazioni nelle abbondanze e diversità di specie sensibili alle modificazioni ambientali, quali i labridi, una famiglia di pesci tipicamente costieri e particolarmente sensibile ad alterazioni dell'habitat in relazione all'aumento della sedimentazione, arricchimento organico e alterazioni della copertura macro-algale bentonica. Non sono state individuate specie dominanti ed opportuniste.

## BIBLIOGRAFIA

- Benedetti, M., Fattorini, D., Martuccio, G., Nigro, M., Regoli, F. (2009). Interactions between trace metals (Cu, Hg, Ni, Pb) and 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin in the antarctic fish *Trematomus bernacchii*: oxidative effects on biotransformation pathway. *Environ. Toxicol. Chem.* 28, 818–825
- Benedetti M., Ciaprini F., Piva F., Onorati F., Fattorini D., Notti A., Ausili A., Regoli F., 2012. A multidisciplinary weight of evidence approach toward polluted sediments: integrating sediment chemistry, bioavailability, biomarkers responses and bioassays. *Environ. Intern.* 38: 17-28
- Benedetti, M., Gorbi, S., Fattorini, D., Pacitti, D., D'Errico, G., Piva, F., Regoli, F. (2014). Multidisciplinary weight-of-evidence characterization of hazards from natural emissions of hydrocarbons in shallow, coastal seepage: integrating sediment chemistry, bioavailability and biomarkers responses in caged sentinel species. **In press**
- Giani, M., D. Berto, F. Rampazzo, F. Savelli, F. Alvisi, P. Giordano, M. Ravaioli, Frascari, F., 2009. Origin of sedimentary organic matter in the north-western Adriatic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 84 (4), 573-583.
- Giovannetti E., Montefalcone M., Morri C., Bianchi C.N., Albertelli G. 2010: Early warning response of *Posidonia oceanica* epiphyte community to environmental alterations (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin* 60 : 1031-1039
- Gorbi, S., Regoli, F. (2004). Induction of Cytochrome P4501A and biliary PAH metabolites in european eel *Anguilla anguilla*: seasonal, dose- and time- response variability in field and laboratory conditions. *Mar. Environ. Res.* 58, 511-515.
- Kammann, U., Lang, T., Berkau, A.-J., Klempt, M. (2008). Biological effect monitoring in dab (*Limanda limanda*) using gene transcript of CYP1A1 or EROD. A comparison. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 15, 600–605.
- Masero J.A., Perez-Gonzalez M., Basandre M., Otero-Saavedra M. 1999. Food supply for waders (Aves: Charadrii) in an estuarine area in the Bay of Cadiz (SW Iberian Peninsula). *Acta Oceanol.* 20: 429-434.
- Moreira S.M., Lima I., Ribeiro R., Guilhermino L. 2006. Effects of estuarine sediment contamination on feeding and on key physiological functions of the polychaetes *Hediste diversicolor*. Laboratory and in situ assays. *Aquat. Toxicol.* 78: 186–201.
- Olivier M., Desrosiers G., Caron A., Retiere C., Caillou A. 1996. Juvenile growth of *Nereis diversicolor* (O.F. Müller) feeding on a range of marine vascular and macroalgal plant sources under experimental conditions. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 208: 1–12.
- Piva F., Ciaprini F., Onorati F., Benedetti M., Fattorini D., Ausili A., Regoli F., 2011. Assessing sediment hazard through a weight of evidence approach with bioindicator organisms: A practical model to elaborate data from sediment chemistry, bioavailability, biomarkers and ecotoxicological bioassays. *Chemosphere.* 83: 475-485.
- Regoli F., Winston G.W., Gorbi S., Frenzilli G., Nigro M., Corsi I., Focardi S. (2003). Integrating enzymatic responses to organic chemical exposure with total oxyradical absorbing capacity and DNA damage in the European eel *Anguilla anguilla*. *Environmental Toxicol. Chem.* 22: 2120-2129.
- Regoli F., Nigro M., Benedetti M., Gorbi S., Pretti C., Gervasi P.G., Fattorini D. (2005). Interactions between metabolism of trace metals and xenobiotic agonists of the aryl hydrocarbon receptor in the Antarctic fish *Trematomus bernacchii*: environmental perspectives. *Environ. Toxicol. Chem.* 24: 1475-1482.
- Regoli, F., Giuliani, M.E., Benedetti, M., Arukwe, A. (2011). Molecular and biochemical biomarkers in environmental monitoring: a comparison of biotransformation and antioxidant defense systems in multiple tissues. *Aquat. Toxicol.* 105, 56-66.
- Regoli F., Pellegrini D., Cicero A.M., Nigro M., Benedetti M., Gorbi S., Fattorini D., D'Errico G., Di Carlo M., Nardi A., Gaion A., Scuderi A., Giuliani S., Romanelli G., Berto D., Trabucco B., Guidi P., Frenzilli G. A multidisciplinary weight of evidence approach for environmental risk assessment at the Costa Concordia wreck: integrative indices from Mussel Watch. (2014). *Marine Environmental Research*, 96, 92-104.

Roy, L.A., Steinert, S., Bay, S.M., Greenstein, D., Sapozhnikova, Y., Bawardi, O., Leifer, I., Schlenk, D. (2003). Biochemical effects of petroleum exposure in hornyhead turbot (*Pleuronichthys verticalis*) exposed to a gradient of sediments collected from a natural petroleum seep in CA, USA. *Aquat. Toxicol.* 65, 159-169.

Scarpato A., Romanelli G., Galgani F., Giovanardi F., Giordano P., Calvo M., Caixap J., BenBrahim S., Sammari C., Deudero S., Boulhadi M., Andral B., 2010. Western Mediterranean coastal waters- Monitoring PCBs and Pesticides accumulation in *Mytilus galloprovincialis* by active mussel watching: the Mytilos project. *J. Environ. Monit.* 12, 924-35.

Turrio Baldassari L., di Domenico A., Fulgenzi A.R., Iacovella N., La Rocca C., 1993. Differences in polychlorinated (PCB) contamination patterna in various environmental matrices, *Sci. Total Environ.*: 1439-51.

Van der Oost, R., Beyer, J., Vermeulen, N.P.E. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 13; 57-149.

## GLOSSARIO

### Buono stato ambientale

Ai sensi della Direttiva 2008/56/CE è lo stato ambientale delle acque marine tale per cui queste preservino la diversità ecologica e la vitalità di mari e oceani che siano puliti, sani e produttivi nelle proprie condizioni intrinseche e l'utilizzo dell'ambiente marino resti a un livello sostenibile, salvaguardando in tal modo il potenziale per gli usi e le attività delle generazioni presenti e future.

### 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.

### Misure di Protezione Spaziale

Una qualsiasi forma di restrizione spaziale o nella gestione di alcune delle attività umane su determinate aree, messa in atto al fine di tutelare la biodiversità (ad esempio, le riserve marine) e di regolare un'attività umana e che comporti indirettamente per la medesima area un sufficiente livello di tutela per la biodiversità (ad esempio, divieti permanenti di pesca, aree di esercitazione militare, campi eolici in mare aperto, zone archeologiche marittime, ecc.).

### 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.

### **Sabbie relitte**

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

### **Stato ambientale**

Ai sensi della Direttiva 2008/56/CE è lo stato generale dell'ambiente nelle acque marine, tenuto conto della struttura, della funzione e dei processi degli ecosistemi marini che lo compongono, nonché dei fattori fisiografici, geografici, biologici, geologici e climatici naturali e delle condizioni fisiche, acustiche e chimiche, comprese quelle risultanti dalle attività umane all'interno o all'esterno della zona considerata;

### **Traguardo ambientale**

Ai sensi della Direttiva 2008/56/CE è la determinazione qualitativa o quantitativa delle condizioni auspiccate dei diversi componenti delle acque marine e di pressioni e impatti sulle stesse, relativamente a ciascuna regione o sottoregione marina.