



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



**Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente**

LE EMERGENZE AMBIENTALI IN MARE IL CASO DELLA M/N "COSTA CONCORDIA"



LE EMERGENZE AMBIENTALI IN MARE

IL CASO DELLA M/N “COSTA CONCORDIA”

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), insieme alle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) per la protezione dell'ambiente, a partire dal 14 gennaio 2017 fa parte del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), istituito con la Legge 28 giugno 2016, n.132.

Le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo documento.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma

www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Documenti Tecnici 2020

ISBN 978-88-448-1024-5

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Sonia Poponessi – ISPRA Area Comunicazione

Foto di copertina: Pierpaolo Giordano – ISPRA CRE-EMA

Alba del 16 settembre 2013 all'isola del Giglio: tutto è pronto per iniziare l'operazione di rotazione del relitto Concordia

Impaginazione: Jam Solution s.r.l.

Fotografie nel testo: dove non diversamente indicato, di Pierpaolo Giordano - ISPRA CRE-EMA

Le figure alle pagine 27, 29, 33, 37, 38 (fig. 5.16), 41, 43, 45, 47 (fig. 6.9), 48, 51 (fig. 6.14), 52, 55 sono state realizzate da Sonia Poponessi

Coordinamento pubblicazione on line:

Daria Mazzella

ISPRA – Area Comunicazione

Dicembre 2020

Autori

Luigi Alcaro, Ezio Amato, Andeka De La Fuente Origlia, Stefano Di Muccio, Pierpaolo Giordano, Michela Mannozi, Paola Renzi, Valerio Sammarini

Ringraziamenti

Si ringrazia il Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed ecologia applicata (CIBM) e in particolare i Professori Giandomenico Ardizzone e Andrea Belluscio per i grafici e i dati forniti nell'ambito della loro attività di consulenza alla società Costa Crociere S.p.A. nel corso delle attività di rimozione e allontanamento del relitto e di ripristino dei luoghi danneggiati.

Si ringrazia, inoltre, Sante Francesco Rende e Lorenzo Rossi per aver fornito le immagini sonar e il fotomosaico dei fondali dell'area di cantiere "Concordia" e il Nucleo subacqueo dei Carabinieri di Genova per la realizzazione del fotomosaico.

Un particolare ringraziamento va, infine, al Presidente dell'Osservatorio ambientale "Concordia", Dottoressa Maria Sargentini, per l'ottima attività di coordinamento.

Revisione e correzione dei testi per ISPRA

Silvia Elena Lodi (CN-CRE)

SOMMARIO

Prefazione	5
Introduzione.....	6
1 Le emergenze ambientali in mare	8
Riferimenti bibliografici del capitolo 1	11
2 ISPRA e le emergenze ambientali in mare	12
Riferimenti bibliografici del capitolo 2	15
3 I relitti: “sorgenti sommerse d’inquinamento”	16
Riferimenti bibliografici del capitolo 3	20
4 Ruolo di ISPRA nell’emergenza ambientale “Costa Concordia”	22
Riferimenti bibliografici del capitolo 4	25
5 L’incidente della M/N “Costa Concordia” e la messa in sicurezza del relitto	26
5.1 L’incidente	28
5.2 La messa in sicurezza del relitto Concordia	32
5.2.1 La stabilità della nave	34
5.2.2 Il recupero degli idrocarburi e di altri inquinanti liquidi	35
5.2.3 La rimozione dei rifiuti solidi	39
Riferimenti bibliografici del capitolo 5	39
6 La rimozione e l’allontanamento del relitto Concordia	40
6.1 La stabilizzazione del relitto	43
6.2 La creazione del “falso fondale” e posizionamento dei cassoni di sinistra	44
6.3 La rotazione del relitto (<i>parbuckling</i>)	47
6.4 Il rigalleggiamento (<i>refloating</i>)	51
6.5 Il traino (<i>towing</i>).....	54
Riferimenti bibliografici del capitolo 6	57
7 Le conseguenze ambientali, occorse ed evitate, del naufragio della M/N “Costa Concordia”	58
7.1 Circostanze che hanno fortuitamente attenuato l’impatto dell’incidente sugli ambienti marini	59
7.2 Isola del Giglio: gli ambienti marini e costieri colpiti	60
7.3 Concordia. I piani di monitoraggio e controllo	64
7.4 Estensione e intensità delle conseguenze ambientali	67
Riferimenti bibliografici del capitolo 7	68
8 Il ripristino ambientale dei fondali danneggiati dal naufragio della Concordia	70
8.1 L’approccio metodologico e le cautele ambientali	71
8.2 Le attività di ripristino ambientale	72
Riferimenti bibliografici del capitolo 8	81
9 Il recupero ambientale dei fondali danneggiati dal naufragio della Concordia	82
9.1 L’approccio metodologico e le cautele ambientali	83
9.2 Il trapianto di <i>Posidonia oceanica</i>	84
9.3 Il trapianto di organismi costruttori appartenenti al coralligeno.....	86
9.3.1 Monitoraggi delle naturali attività di recupero dei fondali	87
Riferimenti bibliografici del capitolo 9	88
10 Conclusioni e lezioni apprese	90
Riferimenti bibliografici del capitolo 10	93

PREFAZIONE

Di tutti i manufatti che giungono a fine vita, le navi sono certamente tra i più ingombranti e difficili da “trattare” rispettando l’ambiente. In Mediterraneo sono molto pochi i cantieri in grado di farlo secondo i dettami della Convenzione di Hong Kong¹ che riguarda la progettazione, la costruzione, il funzionamento e la manutenzione delle navi e la loro preparazione “... *al fine di facilitare il riciclaggio sicuro ed ecologico, senza compromettere la sicurezza e l’efficienza operativa delle navi stesse*”. Sulle coste di Allaga, in Turchia, in questi mesi afflitti anche dall’impossibilità di effettuare crociere, si allineano per essere smantellate grandi navi capaci, sino a poco tempo fa, di ospitare migliaia di passeggeri; borghi galleggianti che dovevano curare, per regole internazionalmente condivise, la tutela delle acque dove navigavano come l’atmosfera dei porti dove facevano scalo. Solo le grandi navi più moderne sono costruite prevedendone una demolizione attenta all’ambiente e al riciclo dei materiali ma questo può avvenire solo in cantieri oltre che capienti, capaci, per serietà di conduzione e dotazione di attrezzature; queste condizioni, ancora oggi, sono, purtroppo, rare da certificare.

Al cospetto di quella che era la più grande di tutte le moderne navi da crociera incagliata sulla costa dell’Isola del Giglio, appariva quindi una sfida temibile il rimuovere la “Costa Concordia” contrastando, per quanto possibile, il degrado degli ambienti colpiti sino alla “fine vita” del relitto, delle migliaia di oggetti e materiali che conteneva e di tutte le opere realizzate per rimuoverlo.

Ma così è stato e nelle pagine e con le immagini che seguono, il lettore potrà apprezzare la complessità dello scenario che si è dovuto affrontare, i diversi ruoli delle istituzioni deputate, le scelte condivise che sono state adottate e i risultati conseguiti sinora. A distanza di anni da quel tragico 13 gennaio 2012, infatti, terminata l’opera di ripristino dello stato dei luoghi, nell’arco di un quinquennio si cerca ora di restaurare le biocenosi in sofferenza. Con i tecnici dell’Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, del Centro Interuniversitario di Biologia Marina di Livorno e dell’Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Toscana, l’ISPRA coopera a questo fine e per me, Direttore Generale dell’Istituto che sin dalle prime ore, al fianco del Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare, del Dipartimento della Protezione Civile, della Regione Toscana e della Guardia Costiera, ha curato la messa in campo delle migliori tutele per le acque e i fondali marini colpiti, è quindi motivo di particolare soddisfazione presentarvi questo volume.

Alessandro Bratti

¹ *Hong Kong International Convention for the Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships, 2009 (Hong Kong Convention)*. la Convenzione, non ancora ratificata dall’Italia, deve entrare in vigore per essere ampiamente applicata. <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Ship-Recycling.aspx>

INTRODUZIONE

Il Mare Mediterraneo ospita circa 17.000 specie animali e vegetali e delle 8.750 specie elencate nelle liste che indicano le biodiversità marine, il 10% di queste è nota esclusivamente per il Mediterraneo. Aggredito dal sovrasfruttamento delle risorse, da pratiche di pesca illegali, dall'invasione di specie aliene, dagli inquinamenti e dall'acidificazione delle sue acque, il Mediterraneo occupa una superficie pari solo allo 0,82% di quella coperta dalle acque del globo ma è interessato da circa il 16% dei traffici marittimi globali e da ben il 33% del traffico marittimo mondiale di navi cisterna; ogni giorno, in media, 250-300 petroliere lo attraversano tra i suoi stretti, Suez, i Dardanelli e Gibilterra. La tutela degli ambienti marini e costieri del Mediterraneo è un'indiscussa priorità pienamente riconosciuta dai Paesi che vi si affacciano, come sancito dalla Convenzione di Barcellona e dai suoi Protocolli e dalle norme che regolano, sulle acque del pianeta, il 90% circa del traffico globale di merci che viaggia su navi. Questo immenso volume di traffico è infatti fortemente regolamentato e l'attenzione agli ambienti in cui si svolge, mari e oceani del pianeta, è pratica consolidata. I paesi con interessi marittimi (praticamente tutti, non è necessario neppure avere delle coste per navigare con proprio registro navale e bandiera marittima) sono tenuti a osservare questo castello di regole e l'Italia, attraverso il Ministero degli Affari Esteri, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, partecipa ai tavoli multilaterali decisionali e regolatori con una rappresentanza di tecnici altamente specializzati, fra questi alcuni colleghi tecnologici e ricercatori dell'ISPRA. L'atmosfera è la matrice ambientale che più di recente preoccupa gli armatori e gli Stati di bandiera per gli obblighi derivanti dagli accordi di Kyoto in merito all'impiego di combustibili fossili; nel tempo si sono succeduti intensi dibattiti tra detti rappresentanti presso l'*International Maritime Organization* ma i combustibili della peggior qualità continuano ad alimentare i motori della maggior parte delle navi e a volte, sono causa di disastri ambientali. Non è, infatti, il petrolio grezzo il prodotto che più di frequente e in grandi quantità è stato riversato in mare nel recente passato ma il cosiddetto *bunker oil*, vale a dire miscele di residui della raffinazione del petrolio che a basso costo, alimentano i grandi motori. La nave da crociera "Costa Concordia" conteneva, tra l'altro, più di 2000 metri cubi di olio combustibile del tipo "IFO 380", un *bunker oil* che se fosse stato interamente sversato avrebbe causato danni difficilmente sanabili.

Nonostante tutte le norme e le regole sinora adottate per prevenire inquinamenti di questo tipo, messe da parte negligenze e cattive intenzioni, gli incidenti occorrono e anche i traffici marittimi ne sono soggetti. Gli ambienti dove si generano inquinamenti a seguito di incidenti in mare possono essere i più diversi ma gli effetti provocati destano sempre e comunque grande e giustificata preoccupazione; anche se si dispone di mezzi prontamente impiegabili, di personale specificatamente preparato a intervenire e di strategie condivise internazionalmente, l'esperienza insegna che ciascun incidente fa storia a sé e quasi sempre si devono affrontare sfide inusitate o affatto nuove. Il relitto della M/N "Costa Concordia", benché non abbia disperso il suo carburante prontamente rimosso, ne ha presentate molte di questo tipo e pur operando nei limiti suggeriti da principi precauzionali e dalla volontà di non permettere l'impiego di metodologie ancora da sperimentare, mentre proseguono i lavori subacquei volti a restaurare le biocenosi colpite, possiamo affermare che sono state tutte affrontate e superate avvalendosi di capacità e conoscenze ingegneristiche e naturalistiche raramente viste cooperare in modo così efficace.

Nelle pagine che seguono, i ricercatori, i tecnologi e i tecnici del Centro Nazionale che mi onoro di guidare e che, insieme alla componente amministrativa, offrono capacità che fanno dell'ISPRA/SNPA l'organo tecnico d'elezione per supportare il Ministero vigilante nelle azioni di studio, consulenza esperta e formazione in tema di inquinamenti marini accidentali e prevenzione, preparazione e contrasto, hanno delineato le azioni e i risultati seguiti a quella tragica notte per la tutela degli ambienti marini.

Diana Aponte

CAPITOLO 1

LE EMERGENZE AMBIENTALI IN MARE



L'emergenza ambientale in mare si verifica quando un evento accidentale determina, in matrici o componenti ambientali quali acqua, aria e sedimento, una situazione pericolosa per l'integrità dell'ambiente e richiede interventi eccezionali e urgenti per essere gestita con azioni di contrasto e contenimento (Figura 1.1).

Un inquinamento marino accidentale si verifica quando una sostanza inquinante viene sversata in un tempo e in un luogo non prevedibile in seguito a un incidente, frequentemente da navi e piattaforme per lo sfruttamento di idrocarburi *offshore*. Il numero di sversamenti accidentali di idrocarburi del petrolio che si verificano ogni anno nel mondo è relativamente esiguo (<https://www.itopf.org/knowledge-resources/data-statistics/statistics/>) ma le grandi quantità coinvolte in ogni incidente rendono catastrofico l'evento e difficilmente controllabili gli effetti che ne conseguono. In ragione di questo, per fronteggiare questi inquinamenti sono un obbligo, per i Paesi rivieraschi e gli Stati di bandiera, norme condivise che regolano la prevenzione, la preparazione al contrasto, la disponibilità di mezzi e strumenti idonei e l'applicazione di procedure standardizzate.



Figura 1.1: Inquinamento della costa a seguito di oil spill. (Lebanon, 2006).

Il sistema di risposta alle emergenze ambientali riconosce un livello più basso di allerta che è definito “crisi ambientale”. Una condizione di crisi si configura quando da un evento atteso si potrebbero determinare situazioni potenzialmente pericolose per l'ambiente e che potrebbero richiedere la predisposizione di interventi per la mitigazione dei fattori di rischio.

Tipicamente, una condizione di crisi o di emergenza ambientale implica l'accadimento di un fenomeno inquinante, imminente e potenziale o in atto. Per questo motivo, la prevenzione dagli inquinamenti accidentali, costantemente migliorata e adeguata alle regole di sicurezza ambientale, è sempre accompagnata dalla cosiddetta “preparazione”, vale a dire lo sviluppo e l'esercizio della capacità di contrastare il fenomeno inquinante e di limitarne le conseguenze, soprattutto attraverso l'addestramento e la collaborazione dei soggetti coinvolti.

Secondo la definizione formulata dal gruppo di esperti incaricato dalle Nazioni Unite denominato GESAMP (IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP *joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution*), l'inquinamento marino consiste “... nell'introduzione diretta o indiretta da parte dell'uomo nell'ambiente marino di sostanze o di energia capaci di produrre effetti negativi sulle risorse biologiche, sulla salute umana, sulle attività marittime, incluse quelle alleutiche e sulla qualità delle acque” (IWGP, 1971; UN, 1972; Ward and Dubos, 1972). Appare evidente da questa definizione, internazionalmente condivisa, che le attività e le sorgenti che possono danneggiare gli ecosistemi marini sono molteplici come gli agenti inquinanti che queste possono immettere: so-

stanze, prodotti, energia, (in forma di rumore, calore, illuminazione, ...). Gli inquinanti marini possono essere persistenti, quindi capaci di esercitare i loro effetti nocivi per tempi anche molto lunghi se lasciati “agire” oppure si esauriscono in tempi brevi (effetti acuti); a esempio, per fenomeni di diluizione e dispersione. Gli inquinanti persistenti, come i residui di combustibili di bordo, sono il principale obiettivo delle azioni di contrasto e contenimento.

In Italia, il sistema nazionale di risposta alle emergenze da inquinamenti accidentali si avvale di diverse competenze:

- il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, che provvede alla direzione strategica delle attività di difesa dagli inquinamenti provocati da idrocarburi e sostanze tossico-nocive in mare avvalendosi dei Capi dei compartimenti marittimi e dei Direttori marittimi designati dal Comando Generale delle Capitanerie di Porto;
- il Comando Generale del Corpo delle Capitanerie di Porto, che nella sua articolazione periferica, ha la responsabilità operativa delle attività antinquinamento poste in essere in mare;
- il Dipartimento della Protezione Civile, che assume la direzione di tutte le operazioni e le attività antinquinamento quando il Ministro dell’ambiente richiede alla Presidenza del Consiglio dei Ministri la dichiarazione di emergenza nazionale;
- le Prefetture, che assumono la responsabilità operativa delle attività di contrasto all’inquinamento lungo i litorali nel caso sia colpita la costa.
- ISPRA e l’intero Sistema per la Protezione dell’Ambiente (SNPA), che concorrono a fornire supporto tecnico-scientifico alle istituzioni deputate a dirigere e coordinare gli interventi di contrasto agli inquinamenti in mare (Figura 1.2).

In ragione delle diverse competenze e delle diverse esigenze che si manifestano al crescere della gravità dell’evento, la normativa italiana in materia contempla:



Figura 1.2: N/O Astrea (ISPRA) in attività.

- i piani operativi di pronto intervento locale, preordinati da ciascun Capo di Compartimento Marittimo in accordo con i piani di emergenza provinciale;
- i piani di emergenza a bordo delle navi, secondo quanto previsto dalle Convenzioni MARPOL e SOLAS, presso gli impianti *offshore* di coltivazione di idrocarburi, come previsto nella Direttiva 2013/30/UE sulla sicurezza delle operazioni in mare nel settore degli idrocarburi o per gli impianti costieri di stoccaggio e trattamento (raffinerie);
- il “Piano operativo di pronto intervento per la difesa del mare e delle zone costiere dagli inquinamenti accidentali da idrocarburi e da altre sostanze nocive” del Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (*MATTM, 2013*);
- il “Piano di pronto intervento nazionale per la difesa da inquinamenti di idrocarburi o di altre sostanze nocive causati da incidenti marini” del Dipartimento della Protezione Civile (*DPCM, 2010*).

Entrambi questi Piani contemplano funzioni di ISPRA nell’ambito delle emergenze ambientali in mare.

In merito alle attività di prevenzione e controllo, il [D.Lgs n. 145/2015](#) sulla “sicurezza delle operazioni in mare nel settore degli idrocarburi”, fissa standard minimi di sicurezza per la prospezione, la ricerca e la produzione di idrocarburi in mare. L’ISPRA partecipa ai lavori delle tre articolazioni sul territorio del “Comitato per la sicurezza delle operazioni in mare” in supporto al Ministero dell’ambiente e coopera all’elaborazione del “Rapporto sugli effetti per l’ecosistema marino della tecnica dell’*airgun*” che annualmente il Ministro dell’ambiente presenta alle Commissioni parlamentari competenti.

Riferimenti bibliografici del capitolo 1

1. IWGMP, 1971. Report of the Intergovernmental Working Group on Marine Pollution on its Second Session. UN Doc. A/CONF.48/IWGMP.II/5, 22 November 1971, 7.
2. United Nations, 1972. Report of the United Nations Conference on the Human Environment, Stockholm, 5-16 June 1972. UN Doc. A/Conf. 48/14/Rev.1.
3. Ward B., Dubos R., 1972. Only one Earth. The care and maintenance of a small planet. New York: W.W. Norton & Co., Inc., 1972. 225 pp.
4. MATTM, 2013. Piano operativo di pronto intervento per la difesa del mare e delle zone costiere dagli inquinamenti accidentali da idrocarburi e da altre sostanze nocive (DM 29 gennaio 2013 del Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare).
5. DPCM, 2010. Presidenza del Consiglio. Dipartimento della Protezione Civile. Piano di pronto intervento nazionale per la difesa da inquinamenti di idrocarburi o di altre sostanze nocive causati da incidenti marini. DPCM 4 novembre 2010, Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile (DPC).
6. D.Lgs, 145/2015. Decreto legislativo 18 agosto 2015, n. 145. Attuazione della direttiva 2013/30/UE sulla sicurezza delle operazioni in mare nel settore degli idrocarburi e che modifica la direttiva 2004/35/CE.

CAPITOLO 2

ISPRA E LE EMERGENZE AMBIENTALI IN MARE



Durante crisi o emergenze ambientali è prioritario fornire ai “decisori” un quadro chiaro e quanto più possibile, esaustivo, delle “sensibilità” degli ambienti colpiti o minacciati, dei rischi che questi corrono e delle migliori strategie per mitigare e, se possibile, eliminare detti rischi. Un'emergenza ambientale può essere un evento a sé stante o può costituire uno specifico aspetto di un'emergenza più ampia in cui le attività immediate sono di competenza degli enti di primo soccorso e intervento (es. Guardia Costiera, Vigili del fuoco, ecc.). I soggetti chiamati per legge all'assunzione di responsabilità nel corso di condizioni di crisi o emergenza, spesso necessitano di una consulenza esperta che deve essere tempestiva, rigorosa ed esaustiva.

ISPRA si avvale di ricercatori e tecnici, specialmente preparati, in grado di offrire questo tipo di supporto avvalendosi dei contributi della comunità scientifica, in particolare delle Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente, parte con ISPRA del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) e presidi in prima linea per la tutela ambientale sul territorio. Alla formulazione di un parere dell'ISPRA concorrono, sempre e comunque, i risultati dei lavori di ricerca della comunità scientifica, italiana e internazionale, attraverso dati e conoscenze pregresse o acquisite *ad hoc* (Figura 2.1).

Per gli inquinamenti accidentali in mare da idrocarburi del petrolio (*oil spill*) e/o di sostanze e prodotti pericolosi e nocivi (*Hazardous and Noxious Substances - HNS*) ISPRA offre quindi supporto tecnico-scientifico alle istituzioni chiamate a prevenire e rispondere, in particolare al Ministero dell'ambiente. Tale supporto si concretizza nel:

- rendere tempestivamente disponibili conoscenze tecnico-scientifiche per le azioni di contrasto agli inquinamenti marini accidentali, integrandole nel sistema di coordinamento nazionale;
- migliorare la definizione dello scenario incidentale, apportando ai tavoli decisori conoscenze e dati di natura ambientale idonei a indirizzare strategie di preparazione e risposta all'emergenza nonché a costituire la base delle valutazioni inerenti alle esigenze di pulizia e ripristino e al computo dei danni;
- consentire di assumere decisioni in materia di strategie di lotta agli inquinamenti marini accidentali,



Figura 2.1: Campionamento su litorale contaminato da idrocarburi.

incluso l'impiego eventuale di prodotti ad azione disinquinante, tenendo nel debito conto le caratteristiche naturalistiche dell'area colpita;

- monitorare l'evolversi degli eventi accidentali durante l'emergenza, con particolare riguardo al comportamento dell'inquinante in ambiente marino.

In qualità di Centro di competenza del Dipartimento della Protezione Civile (DPC) e struttura operativa del Servizio Nazionale della Protezione Civile (SNPC), ISPRA si è dotata di alcuni strumenti operativi di supporto tra i quali, un regolamento interno per la gestione delle crisi e delle emergenze ambientali e l'istituzione di una "rete operativa" del SNPA che si attiva in caso di emergenza ambientale. Questo strumento ha lo scopo di:

- favorire una rapida risposta;
- allocare risorse e individuare le competenze utili a gestire l'emergenza all'interno dell'Istituto e della Rete operativa del SNPA.

Qualora l'evento inquinante colpisca mari e coste d'interesse extra-nazionale, attraverso consolidati meccanismi di cooperazione internazionale, europei (DG ECHO, *European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations*) e mediterranei (REMPEC, *Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea*), esperti dell'ISPRA possono essere chiamati a offrire consulenza ai governi dei Paesi che ne dovessero fare richiesta (Figura 2.2).



Figura 2.2: Ricercatore ISPRA chiamato dalla DG ECHO della Commissione europea a cooperare con le autorità del Governo delle Isole Bahamas per le conseguenze ambientali dell'uragano "Dorian" nel settembre 2019. (Foto Esther El Haddad - ERCC).

Box 2-1**L'importanza di un'efficace preparazione**

L'efficace risposta a un'emergenza ambientale deve essere preceduta da un'altrettanto efficace preparazione ad affrontarla, sinergica all'adozione di misure di prevenzione e cautela. In tema di inquinamenti accidentali in mare e sulla costa, ISPRA contribuisce alla realizzazione dei processi necessari perché quest'assunto sia rispettato, non solo per i mari italiani ma anche per offrire supporto in caso di cooperazione internazionale. L'Istituto offre al MATTM e al SNPA, in particolare, le proprie competenze in diversi ambiti, attraverso corsi di formazione e informazione, la produzione di linee guida e manuali (Quaderni ISPRA delle emergenze in mare), partecipando a comitati di controllo e regolatori delle attività marittime come a consessi nazionali e internazionali dove si stabiliscono regole per la tutela degli ambienti marini e costieri dagli inquinamenti accidentali da idrocarburi del petrolio e sostanze pericolose e nocive (HNS).



Figura 2.3: Addestramento all'uso delle panne di contenimento con EMSA (European Maritime Safety Agency).

Riferimenti bibliografici del capitolo 2

1. ISPRA, 2014. Quaderno delle emergenze in mare n.1. Sversamento di idrocarburi in mare: stima delle conseguenze ambientali e valutazione delle tipologie d'intervento.
2. ISPRA, 2014. Quaderno delle emergenze in mare n.2. La bonifica delle coste interessate dallo spiaggiamento di idrocarburi.
3. ISPRA, 2014. Quaderno delle emergenze in mare n.3. L'inquinamento chimico da HNS (hazardous and noxious substances) in mare.
4. ISPRA, 2014. Quaderno delle emergenze in mare n.4. Modalità di campionamento degli idrocarburi in mare e lungo la costa.
5. ISPRA, 2020. Appendice al Quaderno delle emergenze in mare n.4. Kit per il prelievo e le analisi su campo di prodotti petroliferi sversati in ambiente marino-costieri.
6. ISPRA, 2020. Quaderno delle emergenze in mare n.5. La valutazione della contaminazione del litorale a seguito dell'arrivo sulla costa di idrocarburi del petrolio.

CAPITOLO 3

I RELITTI:
“SORGENTI SOMMERSE
D’INQUINAMENTO”



I relitti sono una tra le principali cause di emergenze ambientali in mare. Questo è vero sia per navi appena affondate che rilasciano immediatamente il loro contenuto inquinante sia per relitti affondati da decenni, quando la corrosione marina determina la creazione di vie d'acqua per i combustibili e il carico. Al momento del naufragio e molto spesso nell'impatto con il fondale, le vie d'acqua e i danni subiti dallo scafo permettono il rilascio massivo di ogni liquido nell'ambiente; tra questi, soprattutto, i carburanti. Da condotti o da piccole falle apertesesi per la corrosione, spesso si verifica poi il rilascio dei residui rimasti nel relitto; questi trafileamenti (*leakage*) possono perdurare anni, sino a quando non si esaurisce la sorgente oppure si modifica la posizione del serbatoio sommerso in seguito al cedimento di strutture del relitto o si effettua la bonifica (Landquist *et al.*, 2016; Alcaro *et al.*, 2007; Amato, E., 2006). Tra gli inquinamenti accidentali per i quali tecnici dell'ISPRA hanno coadiuvato la magistratura, il Ministero dell'ambiente, le Prefetture e autorità pubbliche locali, numerosi hanno avuto come sorgente inquinante un relitto (Figura 3.1).

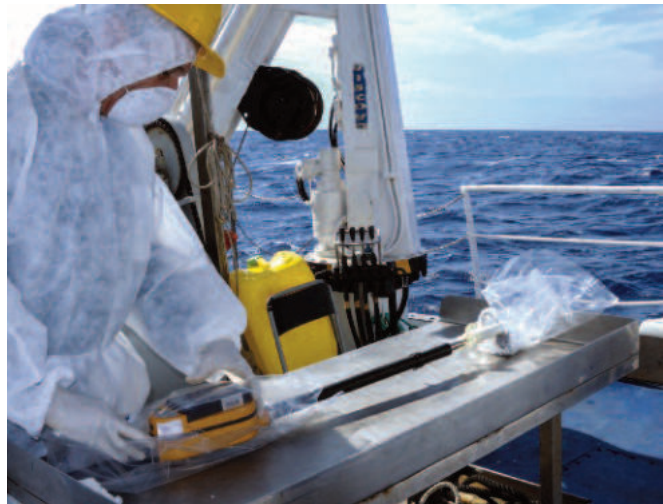


Figura 3.1: Tecnici ISPRA misurano la radioattività gamma in campioni di sedimento prelevati in prossimità del relitto di una sospetta "nave a perdere" nel settembre 2009 (Foto Ezio Amato).

Oltre ai processi di alterazione (principalmente a causa del *biofouling*, aggressione batterica, corrosione e abrasione) cui, nel tempo, vanno incontro i materiali che costituivano la nave e il suo carico, spesso i combustibili di bordo continuano a stillare per decenni dopo il naufragio dal relitto e a raggiungere la superficie marina dopo aver attraversato l'intera colonna d'acqua. In alcuni casi ben documentati, è avvenuto che le strutture che li contenevano abbiano ceduto improvvisamente e i residui di idrocarburi del petrolio inquinassero mari e coste. Soprattutto negli ultimi decenni, si è infatti assistito al fenomeno di "mystery spills", cosiddetti quando l'origine dell'insorgenza di chiazze in mare e di arrivi massivi sulla costa di idrocarburi del petrolio appare ignota e si scopre poi provenire da relitti dimenticati (Cowell *et al.*, 2007; Gilbert *et al.*, 2002; Gilbert *et al.*, 2003; Luckenbach T.C., 2006; Monfils, R., 2005; U.S. Navy, 2004).

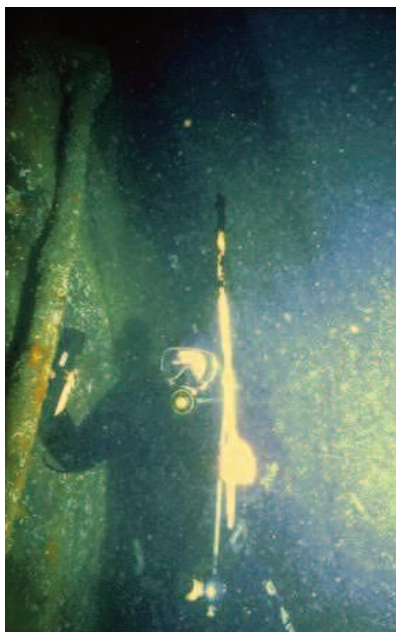


Figura 3.2: I residui di idrocarburi contenuti nel relitto hanno causato inquinamento anche anni dopo l'affondamento della VLCC "HAVEN" (Arenzano, GE, 1991). Nelle immagini, il metodo impiegato per stimare la necessità di aspirare i residui liquidi accumulatisi a cielo dei locali dei ponti superiori della superpetroliera. (Foto Ezio Amato).

Con il perdurare nel tempo del rilascio di residui dei combustibili di bordo (*bunker*), come dei liquidi che trasportava, un relitto può quindi essere anche una sorgente persistente di inquinamento (Figura 3.2).

Tra gli innumerevoli potenziali inquinanti marini contenuti normalmente in una nave, i principali, per pericolosità, quantità e persistenza, sono gli oli combustibili usati come carburante per la propulsione (*Light crude oil*, *Intermediate Fuel Oil*

180÷380, Heavy Fuel Oil), il gasolio per i motori dei generatori di corrente, i lubrificanti e i fluidi idraulici. Il carburante per la propulsione, contenuto in serbatoi distribuiti lungo la chiglia, può essere in quantità che variano da centinaia sino a migliaia di metri cubi. Altre sostanze inquinanti sono i liquidi dielettrici (PCB - policlorobifenili), spesso presenti in vecchi cavi e trasformatori, le scorte di bordo di vernici e solventi, i disinfettanti clorati e i detersivi; inoltre, vanno ricordati i materiali strutturali quali plastiche, resine, fibre di vetro, amianto, metalli vari diversi dal ferro, le morchie, ecc. In particolare, nel caso delle navi passeggeri, devono essere considerate potenziali inquinanti marini, per quanto poco o nulla persistenti, anche le grandi quantità di derrate alimentari (farine, carni, ecc.) e di acque nere conservate a bordo. Questi prodotti possono costituire un rischio mortale anche per coloro che intervengono in caso di naufragio; in letteratura si riportano infatti, casi in cui la fermentazione naturale di alimenti provenienti da relitti ha provocato grave depauperamento dell’ossigeno atmosferico e la formazione di gas tossici (Box 3-1).

Box 3-1

Il caso della M/N “Fénès”

Carico sversato su fondali profondi 15÷20 m costituito da circa 2600 t di cereali. Isola Lavezzi, Stretto di Bonifacio, Corsica, (F), 1996.

È opinione diffusa che cereali, quali riso, grano e mais, non possano essere inquinanti per gli ambienti e pericolosi per la popolazione. Nella realtà, uno sversamento massivo di questi prodotti in mare danneggia il biota, ovvero gli organismi marini vegetali e animali, e gli habitat dove questi vivono e costituisce un grave rischio per gli operatori incaricati del disinquinamento.

È il caso del carico di grano perso dalla M/N “Fénès”. Due mesi dopo l’affondamento, i processi degradativi subiti dal cereale sommerso avevano causato una reazione esotermica, creando condizioni favorevoli allo sviluppo di una microflora batterica solfato-riduttiva. Questa microflora ha prodotto solfato di idrogeno, un gas tossico che liberatosi in atmosfera, costrinse il personale impegnato nel recupero a indossare speciali indumenti protettivi. Gli organismi del benthos sessile, in particolare, intanto subivano gli effetti di depauperamento del tenore di ossigeno e di diminuzione del pH. Una volta recuperati dal basso fondale, i residui del carico della “Fénès” furono smaltiti affondandoli nuovamente in alto mare con una bettolina in modo da disperderli su un’area di fondale sufficientemente vasta. I fenomeni di degradazione, pur continuando, si suppose che non avrebbero generato significativi effetti nocivi al biota (Grote et al., 2016; Cedre, 2002; Girin, 1987).

Le navi che trasportano materiali militari, munizionamento in particolare, quando diventano relitti affondati aggiungono un’ulteriore fonte di preoccupazioni per gli ambienti marini e gli operatori. Infatti, oltre ai potenziali inquinanti già citati, i relitti di origine militare possono rilasciare e rendere disponibili al *biota* residui di esplosivi e aggressivi chimici persistenti in ambiente acquatico, con conseguenze nefaste, oggetto di molteplici studi (Della Torre et al., 2008; Della Torre et al., 2013). Di certo, il contributo più rilevante alla pericolosità ambientale, per quantità, tossicità, cancerogenicità, mutagenicità, teratogenicità e persistenza, è dato dagli idrocarburi del petrolio (Figura 3.3), in particolare dagli oli combustibili in uso per la propulsione della nave.

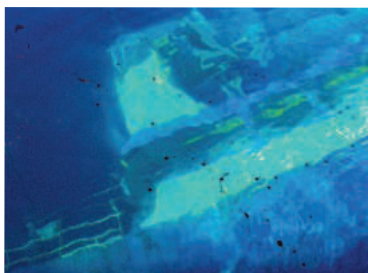


Figura 3.3: Casi di rilascio di combustibile da relitti sommersi. Sulla verticale del relitto della nave chimichiera “ALESSANDRO PRIMO”, affondata a -110 m al largo di Molfetta il 2 febbraio 1991, nel 2006 si è potuta documentare la risalita di combustibile dai serbatoi. A destra, risalita di idrocarburi dal relitto della nave cisterna “AGIA ZONI II”, affondata nelle acque di Salamina (GR) nel settembre 2017. (Foto Ezio Amato).

Invece di doversi limitare a intervenire solo quando i trafiletti sono già in atto, alcuni consessi tecnico-scientifici internazionali hanno stimolato la comunità scientifica a indagare questi fenomeni di inquinamento “a scoppio ritardato”, mappando i relitti, stimando la quantità di olio verosimilmente ancora contenuto in essi e cercando di prevenire l’eventuale rilascio in mare.

Uno studio (Michel *et al.*, 2005) realizzato nel 2005 per l'*International Oil Spill Conference* (IOSC) stimava la presenza sui fondali marini e oceanici del pianeta di 8569 relitti potenzialmente inquinanti affondati nel periodo 1890-2004; di questi, 1583 erano navi cisterna (Figura 3.4).

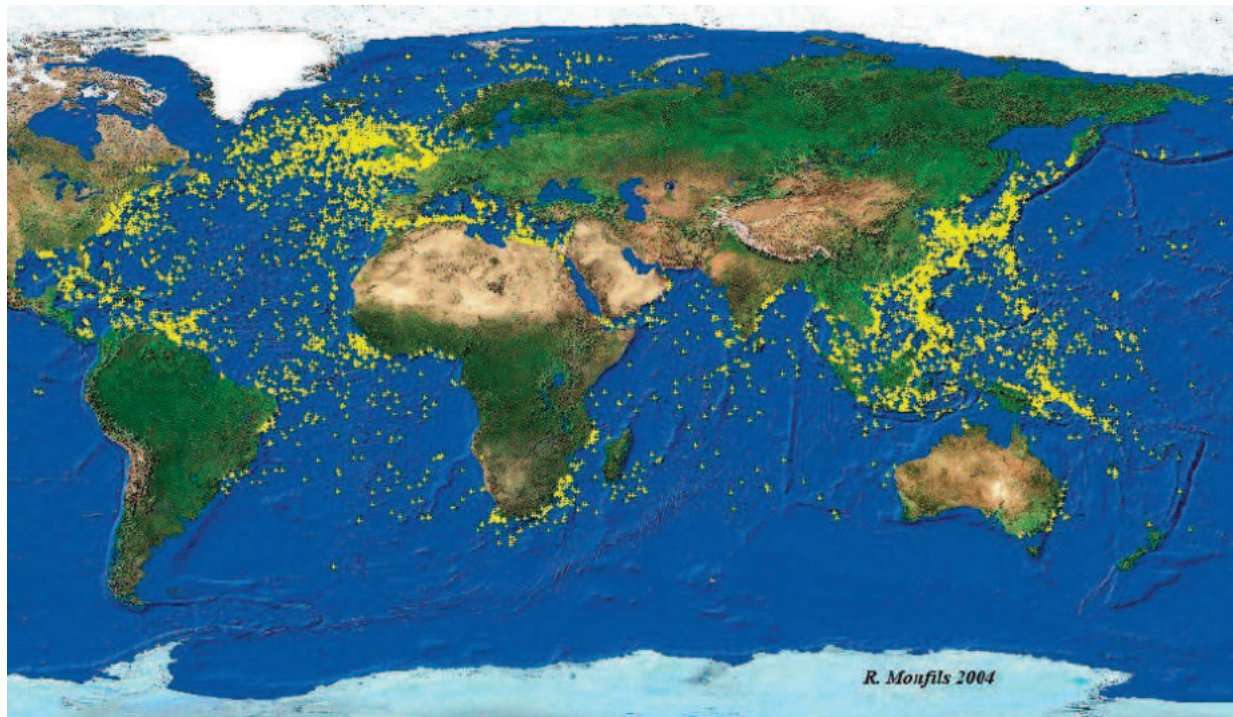


Figura 3.4: Relitti di navi affondate durante la II Guerra Mondiale combinando le basi dati Pacific Regional Environment Programme (SPREP) e Atlantic, Mediterranean and Indian Ocean (AMIO). Fonte Monfils, R., 2004.

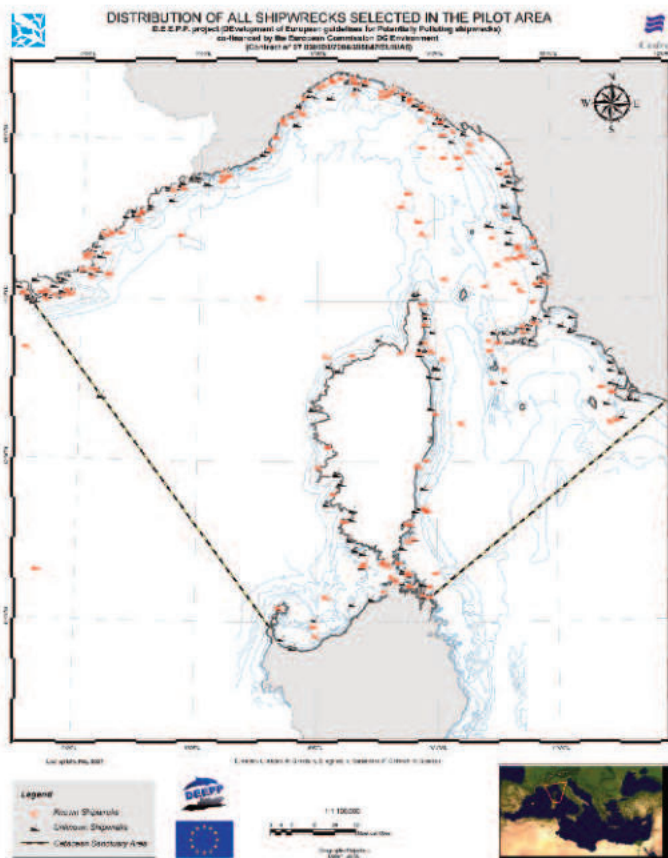


Figura 3.5: Distribuzione dei relitti potenzialmente inquinanti nel Santuario dei Cetacei "Pelagos" (fonte: ISPRA, Progetto DE.E.P.P.).

Degno di menzione in quest'ambito è il progetto DE.E.P.P. (*DEvelopment of Euro-pean Guidelines for Potentially Polluting Shipwrecks*, 2004), uno studio svolto nel Santuario dei Cetacei "Pelagos" da ISPRA (ex ICRAM) e CEDRE (*CEntre de Docu-mentation, de Recherche et d'Experimen-tations sur les pollutions accidentelles des eaux*), co-finanziato dalla *Civil Protection Unit of the European Commission* (Alcaro *et al.*, 2007 a, b, c). Questo studio ha portato alla creazione di un *database* georeferenziato dei 432 relitti individuati sui fondali del Santuario "Pelagos", classifi-candoli secondo un criterio di pericolosità ambientale basato su variabili quali stato di corrosione, quantità residua di oli ancora a bordo, distanza dalla costa (Figura 3.5). La caratterizzazione di questi relitti secondo le variabili descritte ha consen-tito di ipotizzare che i più pericolosi per l'ambiente marino siano quelli affondati tra 50 e 80 anni fa e quelli con stazza lorda superiore a 10000 tonnellate.

Riferimenti bibliografici del capitolo 3

1. Landquist, H.; Rosen, L.; Lindhe, A.; Hasselov, I-M., 2016. VRAKA—A Probabilistic Risk Assessment Method for Potentially Polluting Shipwrecks. *Front. Environ. Sci.* 4:49.
2. Alcaro L., Amato E., Agnesi S., Chieruzzi T., Farchi C., Giordano P., Matiddi M., Penna M., Sammarini V., 2007. Relitti nel Santuario dei Cetacei: valutazione del rischio ambientale. *Biol. Mar. Mediterr.* 14 (2): 94-95.
3. Amato E., 2006. Le Cas du HAVEN... et d’autres. In: *Le traitement des épaves potentiellement polluantes. Bulletin d’information du CEDRE*, 21, juin 2006.
4. Cowell, A.; Gibbs, W., 2007. German submarine menaces the North Sea 61 years after its sinking. *International Herald Tribune*, January 11.
5. Gilbert, T.D.; Nawadra, S., 2002. The threat of oil spills from WWII shipwrecks in the Pacific. *Oil Spill Intelligence Report*, Vol XXV, No. 37, Sept 2002, Pub. Cutter Information Corp. ISSN 0195-3524. Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme (SPREP).
6. Gilbert T.D., S. Nawadra, A. Tafleichig and L. Yinug, 2003. Response to an oil spill from a sunken WWII oil tanker In Yap State, Micronesia. *Proceedings of the 2003 International Oil Spill Conference*. American Petroleum Institute, Washington, D.C. pp. 1-8.
7. Luckenbach Trustee Council. 2006. S.S. Jacob Luckenbach and Associated Mystery Oil Spills Final Damage Assessment and Restoration Plan/Environmental Assessment. Prepared by California Department of Fish and Game, National Oceanic and Atmospheric Administration, United States Fish and Wildlife Service, National Park Service.
8. Monfils, R.; Trevor. G.; Nawadra, S., 2006. Sunken WWII Shipwrecks of the Pacific and East Asia: the need for regional collaboration to address the potential marine pollution threat. *Ocean & Coastal Management* 49 (9–10): 779–788.
9. U.S. Navy, 2004. Salvage Report USS MISSISSINEWA oil removal operations. Published by Direction of Commander, Naval Sea Systems Command. U.S. Navy Supervisor of Salvage and Diving Naval Sea Systems Command. May 2004. S0300-B6-RPT-010 0910-LP-102-8809.
10. CEDRE, 2002. Accidents. Fénès.
11. Girin, M., 1987. Une pollution marine par produit alimentaire. *CEDRE, Bulletin d’information* N. 9, 15:17.
12. Grote, M.; Mazurek, N.; Gräbsch, C.; Zeilinger, J.; Le Flochc, S.; Wahrendorf, D.-S.; Höfer, T., 2016. Dry bulk cargo shipping — An overlooked threat to the marine environment? *Marine Pollution Bulletin* 110 (2016) 511–519.
13. Della Torre, C.; Corsi, I.; Arukwe, A.; Alcaro, L.; Amato, E.; Focardi, S., 2008. Effects of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) on phase I and phase II biotransformation enzymes in European eel [*Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)]. *Marine Environmental Research*. 66, 1: 9-11.
14. Della Torre, C.; Petochi, T.; Farchi, C.; Corsi I.; Dinardo M.M.; Sammarini V.; Alcaro L.; Mechelli, L.; Focardi S.; Tursi A.; Marino G.; Amato E., 2013. Environmental hazard of yperite released at sea: sublethal toxic effects on fish. *J. Hazard. Mater.* 248–249, 246–253.
15. Michel, J.; Gilbert, T.; Etkin, D.S.; Urban, R.; Waldron, J.; Blocksidge, C.T., 2005. Potentially Polluting Wrecks in Marine Waters. An issue paper prepared for the 2005 International Oil Spill Conference (IOSC); 84 pp.
16. Monfils, R., 2005. The Global Risk of Marine Pollution from WWII Shipwrecks: Examples from the Seven Seas.
17. Alcaro, L.; Amato, E.; Cabioch, F.; Farchi, C.; Goriou V., 2007a. DEEPP Project. Development of European guidelines for Potentially Polluting shipwrecks. D.G. Environment, Civil Protection Unit. Contract n 07.030900/2004/395842/SUB/A5. European Guidelines on data collection, assessment and intervention on Potentially Polluting Shipwrecks. Proposal. Paper and CD-ROM containing the “Wreck Database for the Pelagos Sanctuary”. 57 pp.
18. Alcaro, L.; Amato, E.; Cabioch, F.; Goriou V.; Penna, M., 2007b. Outcomes of the “Potentially Polluting Shipwrecks Workshop: technical, legal and financial perspectives”. 20-22 May 2007, Rome (I). DEEPP Project. Development of

European guidelines for Potentially Polluting shipwrecks. Contract n 07.030900/2004/395842/SUB/A5. ICRAM and CEDRE, September 2007. 143 pp.

19. Alcaro, L.; Amato, E.; Cabioch, F.; Farchi, C.; Goriou V.; Wrubl, C., 2007c. Database for Potentially Polluting Wrecks within the Mediterranean Cetacean Sanctuary. DEEPP Project. Development of European guidelines for Potentially Polluting shipwrecks. D.G. Environment, Civil Protection Unit. Contract n 07.030900/2004/395842/SUB/A5. ICRAM and CEDRE, September 2007. 163 pp.

CAPITOLO 4

RUOLO DI ISPRA NELL'EMERGENZA AMBIENTALE “COSTA CONCORDIA”



Il naufragio della nave da crociera “Costa Concordia” costituisce un esempio di intervento a seguito di un’emergenza ambientale che permette di mettere in evidenza l’articolazione dei rapporti e dei ruoli delle diverse istituzioni in simili circostanze.

Dal momento dell’incidente, il 13 gennaio 2012 e sino al 20 gennaio 2012, il coordinamento delle attività è stato assunto dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM). Le principali attività erano concentrate sulla ricerca e il soccorso delle persone ancora disperse, mentre le azioni per la tutela ambientale si sono esplicitate nella predisposizione di presidi idonei a contrastare una possibile fuoriuscita di idrocarburi. ISPRA ha garantito il supporto al MATTM delineando i possibili scenari di rischio ambientale e partecipando alle riunioni di coordinamento delle istituzioni coinvolte (Figura 4.1).

Il 20 gennaio 2012 per affrontare le conseguenze, anche ambientali, del naufragio, un’Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri (OPCM n. 3998) nominava un Commissario nella persona del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, il Prefetto Franco Gabrielli.

Tra i primissimi provvedimenti del Commissario delegato si sottolinea la nomina di un Comitato tecnico-scientifico per supportarlo nel “... realizzare efficaci interventi finalizzati al recupero della nave e alle conseguenti attività di protezione e tutela dell’ambiente”. Del Comitato, presieduto da un rappresentante del MATTM, facevano parte personale designato dallo stesso Ministero, dall’ISPRA, dall’Istituto Superiore di Sanità (ISS), dal Ministero delle infrastrutture e trasporti, da ARPA Toscana, dalla Società Registro Italiano Navale (RINA), dal Comando Generale delle Capitanerie di Porto, dal Dipartimento dei Vigili del Fuoco e dal Dipartimento della Protezione Civile. Con l’avvio del progetto di rimozione e allontanamento del relitto (giugno 2012), al Comitato tecnico-scientifico si sostituiva l’Osservatorio ambientale con compiti del tutto simili e composto quasi dalle stesse istituzioni, alle quali si aggiungevano la Regione Toscana (a cui veniva affidata la presidenza), la Provincia di Grosseto e il Comune dell’Isola del Giglio (Figura 4.2).



Figura 4.1: Riunione del Comitato tecnico-scientifico.



Figura 4.2: Una riunione dell'Osservatorio al Giglio.

L'ISPRA, come membro sia del Comitato tecnico-scientifico che dell'Osservatorio ambientale, ha garantito il proprio supporto professionale attraverso le seguenti azioni:

1. Valutazione delle proposte progettuali volte alla messa in sicurezza, rimozione e allontanamento del relitto, con eventuale richiesta di integrazione e/o modifiche per minimizzare i rischi ambientali ad esse collegati;
2. Verifiche sul campo dell'esecuzione delle singole operazioni, valutando e fornendo indicazioni su come minimizzare il loro impatto ambientale;
3. Monitoraggio degli ambienti marini e costieri colpiti per verificarvi le conseguenze derivanti dall'incidente e dalle azioni intraprese per la rimozione e allontanamento della nave.

La gestione dell'emergenza Concordia ha evidenziato, a nostro avviso, due aspetti positivi e peculiari che usualmente non sono così palesi in operazioni marittime svolte in ordinario:

1. Le istituzioni che normalmente devono esprimere un parere o un nulla osta sulla realizzazione di un progetto in ambiente marino erano riunite nel Comitato tecnico-scientifico e poi nell'Osservatorio ambientale. Ciò ha permesso, da un lato una consistente riduzione dei tempi necessari a esprimere un parere, in questa circostanza rilasciato in pochi giorni, dall'altro, la possibilità di discutere insieme, in sedute plenarie, tutte le peculiarità, i punti di forza e di debolezza delle proposte, nonché la necessità di integrazione e/o modifica di alcuni specifici aspetti.
2. Nel corso delle attività di progetto, ISPRA, come altre istituzioni, ha avuto la possibilità di verificare sul campo l'avanzare delle operazioni, molte delle quali del tutto inedite e specifiche. Ciò ha permesso anche di capire l'efficacia dei metodi proposti e di suggerire alternative e varianti che potessero garantire una maggiore tutela per l'ambiente (Figura 4.3).



Figura 4.3: Verifica su campo delle attività in corso.

Riferimenti bibliografici del capitolo 4

1. Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3998 20 gennaio 2012 “Disposizioni urgenti di protezione civile per il naufragio della nave Costa Concordia, nel Comune dell’isola del Giglio”.
2. Decreto n. 81 del Commissario delegato emergenza nave Concordia del 20 gennaio 2012. Nomina del Comitato tecnico-scientifico.
3. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 4023 del 15 maggio 2012, “Operazioni di rimozione del relitto della nave «Costa Concordia» dal territorio dell’isola del Giglio”.
4. Conferenza dei servizi decisoria del 15 maggio 2012 e relativi allegati.
5. Decreto del Commissario delegato n. 2923 del 14 giugno 2012 fino al completamento delle predette attività compresa la fase denominata “WP10”. Istituzione dell’Osservatorio ambientale a supporto della Regione Toscana, per il recupero della nave Concordia.
6. Decreto-legge 14 gennaio 2013, n. 1, convertito, con modificazioni, dalla legge 1° febbraio 2013, n. 11 “Proroga dello stato di emergenza fino al 31 dicembre 2013”.
7. Ordinanza del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n. 189 del 12 settembre 2014, per garantire la continuità delle attività di verifica, controllo e monitoraggio di parte pubblica.
8. Piano di controllo e monitoraggio ARPAT/ISPRA per la verifica delle attività di ripristino dei fondali dell’area del Giglio interessata dal naufragio della M/N “Costa Concordia” febbraio 2015.

CAPITOLO 5

L'INCIDENTE DELLA M/N "COSTA CONCORDIA" E LA MESSA IN SICUREZZA DEL RELITTO



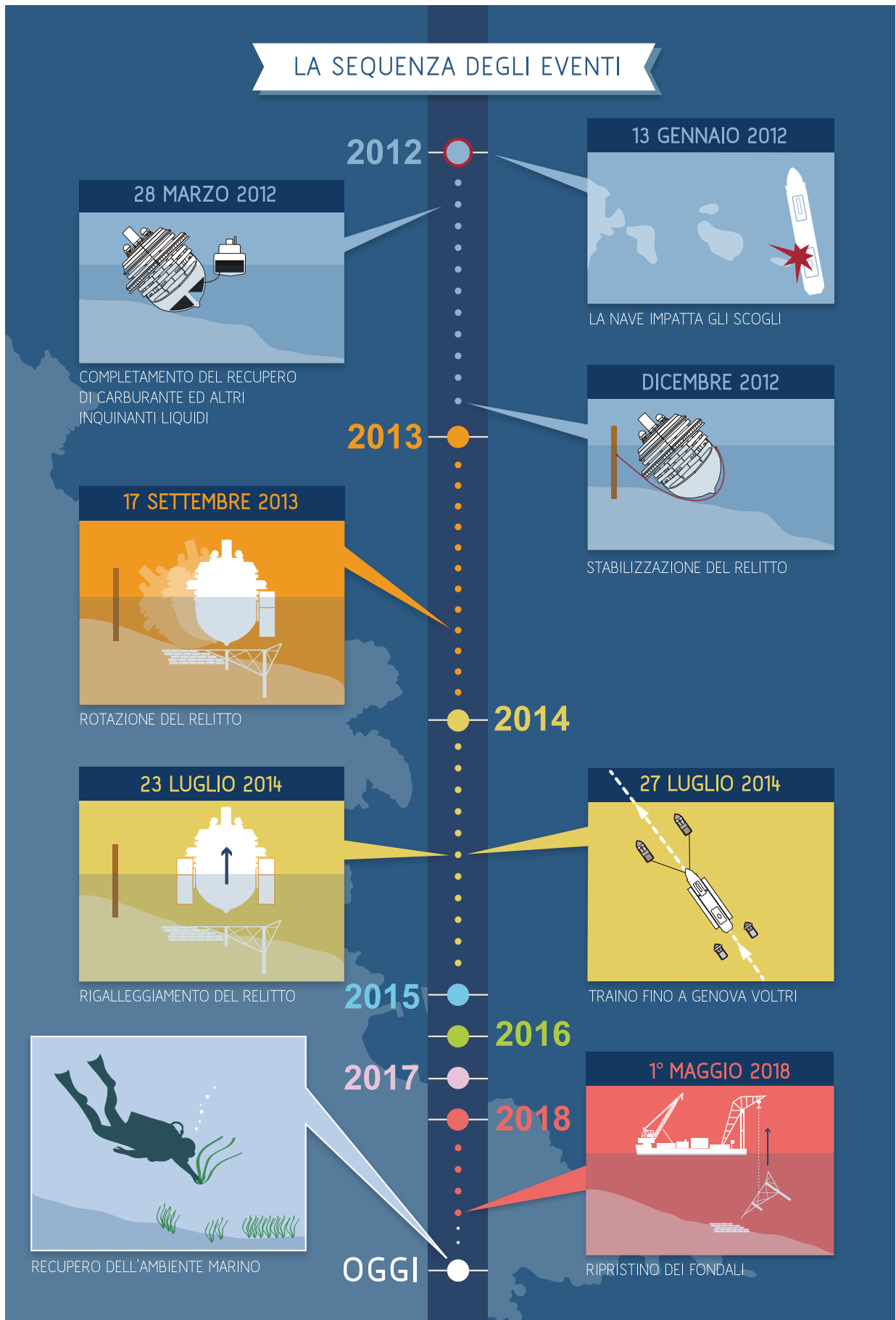


Figura 5.1: Schema sulla sequenza temporale delle azioni intraprese.

Nei capitoli che seguono si descrivono la dinamica del naufragio e gli interventi successivi all'incidente, volti a garantire la messa in sicurezza e la rimozione del relitto, nonché le attività di ripristino dei luoghi e di recupero dell'ambiente marino danneggiato, cercando di riportarlo, per quanto possibile, allo stato precedente (*ex ante*). Nel corso della descrizione degli eventi verranno poste in evidenza le conseguenze che queste hanno avuto sull'ambiente marino dell'area colpita e le cautele e attenzioni richieste da ISPRA e dalle altre istituzioni nella progettazione e realizzazione delle attività, al fine di minimizzare le conseguenze per gli *habitat* marini (Figura 5.1).

5.1 L'INCIDENTE

La sera del 13 gennaio 2012, alle 21:45, salpata dal porto di Civitavecchia in direzione di Savona, la nave da crociera "Costa Concordia" (Box 5-1) mentre si trovava in navigazione con rotta 280°

Box 5-1

Caratteristiche della M/N "Costa Concordia"

Varo 2 settembre 2005

Battesimo 7 luglio 2006

Viaggio inaugurale 9 luglio 2006

Stazza lorda 114147 TSL

Lunghezza (fuori tutto) 290,2 m;
tra le perpendicolari 247,4 m

Larghezza 35,5 m

Altezza 70,0 m

Pescaggio circa 8 m

Propulsione 2x motori elettrici sincroni

Velocità 19,6 ÷ 23,2 nodi

Numero di ponti 17 di cui 13 ad uso passeggeri

Numero di cabine 1500

Equipaggio 1100

Passeggeri 3780

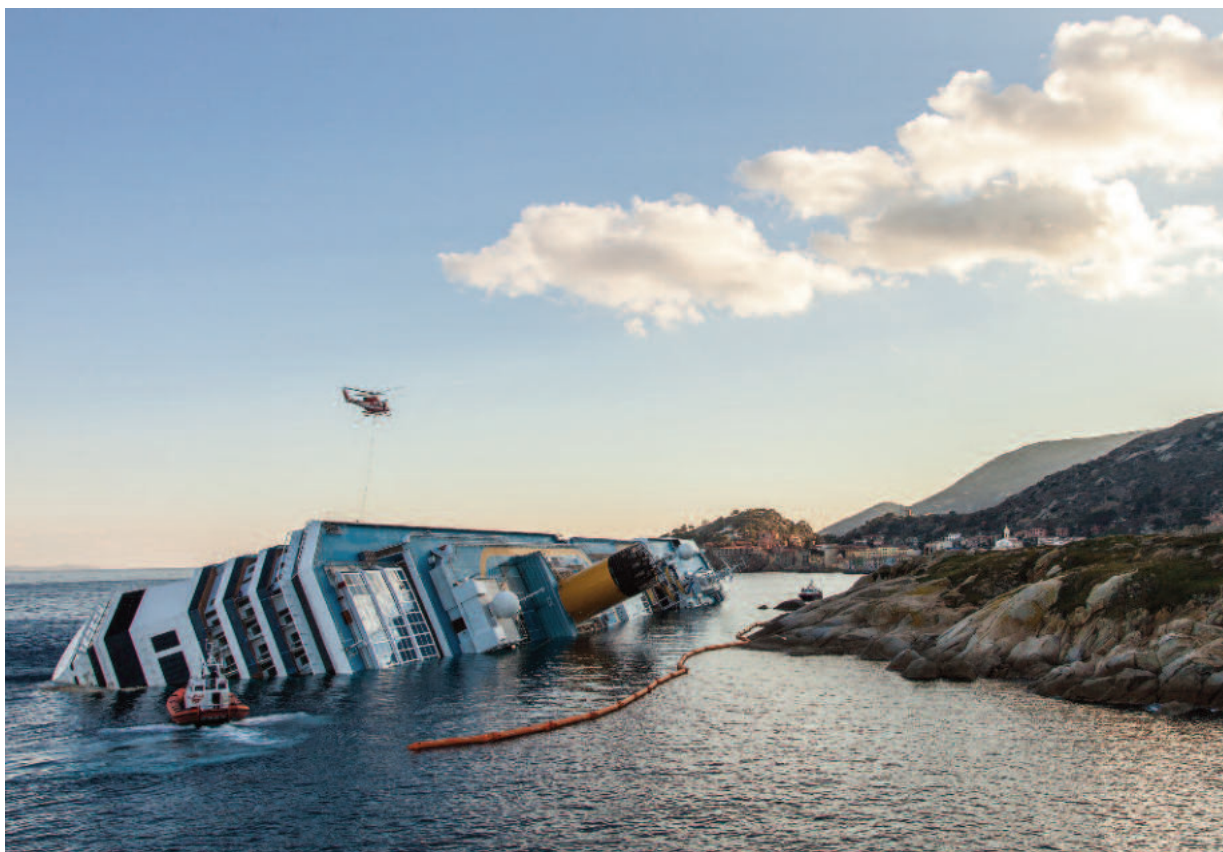


Figura 5.2: terminate le operazioni di soccorso, che hanno portato al salvataggio di passeggeri e membri dell'equipaggio, hanno avuto inizio le operazioni di ricerca dei dispersi a bordo del relitto semisommerso.



Figura 5.3: Il percorso seguito dalla "Costa Concordia" dall'impatto con gli scogli al punto di incaiglio.



Figura 5.4: Il blocco di granito del peso di circa 200 tonnellate rimasto incastrato nello scafo dopo l'urto con gli scogli delle Scole.

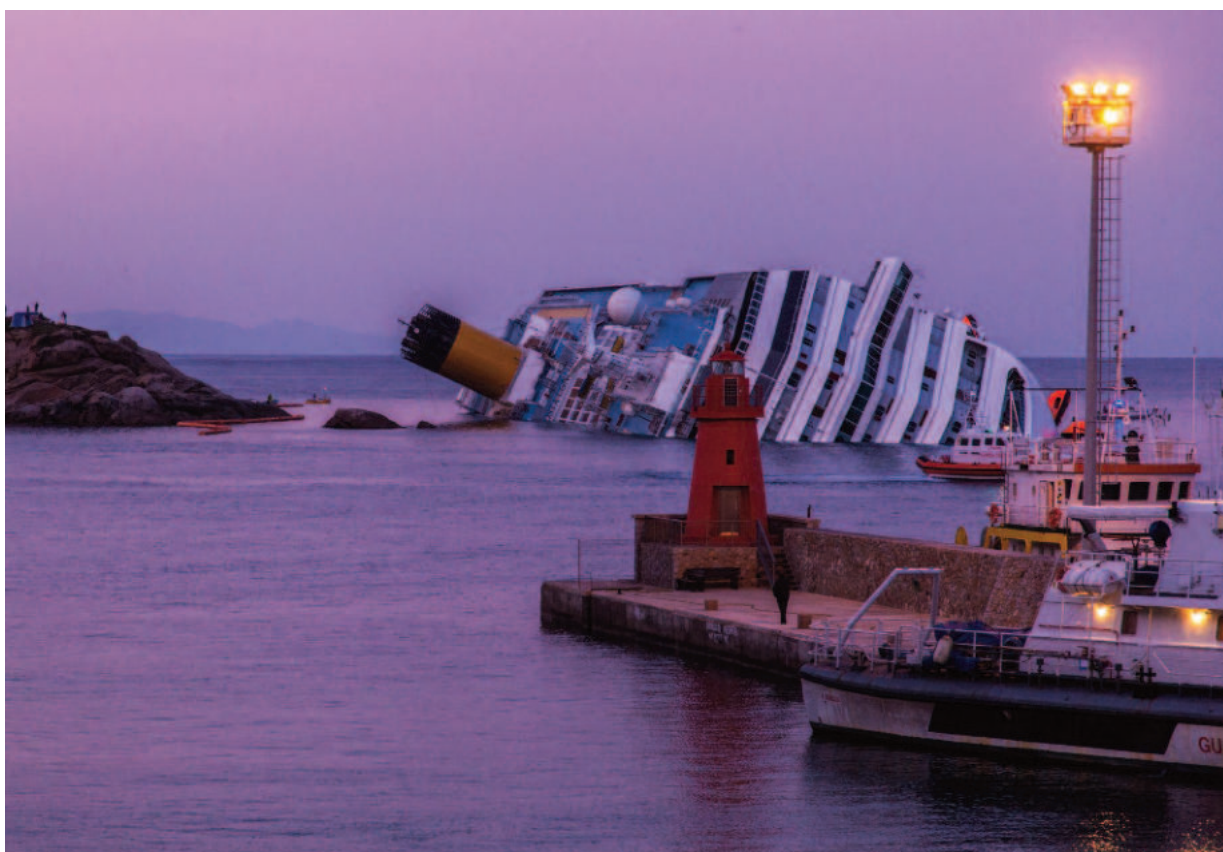


Figura 5.5: Posizione della nave i giorni successivi l'incidente in prossimità di Punta Gabbianara.

tra il promontorio dell'Argentario e l'isola del Giglio, urtava uno scoglio in corrispondenza delle secche dette "Le Scole". L'urto avveniva sul lato di sinistra, mentre la nave stava virando a dritta. L'impatto con gli scogli determinava l'arresto dei motori che venivano danneggiati e la rotazione dello scafo in senso antiorario di circa 180°. L'abbrivio che aveva la nave le permetteva di continuare a navigare lentamente, superando di poco l'imboccatura del porto del Giglio. Il mare calmo e una leggera brezza che soffiava verso l'isola hanno consentito che poi stazionasse nello stesso punto, a circa 40 metri dalla costa, per qualche ora (Figura 5.3). Fu uno dei più gravi disastri della storia italiana che causò la morte di 32 persone tra passeggeri ed equipaggio ed è stato il naufragio che ha interessato la nave passeggeri di maggior tonnellaggio della storia.

A testimonianza della violenza dell'impatto subito dallo scafo con le secche, l'enorme masso granitico rimasto incastrato nell'opera viva della nave (Figura 5.4).

Lo squarcio di circa 70 metri provocato dall'urto con gli scogli della secca aveva aperto una via d'acqua che allagava progressivamente la sala macchine e determinava l'adagiarsi dello scafo, con il lato di dritta, a circa 40 m di profondità su due speroni di roccia di Punta Gabbianara (Figura 5.5).

Subito dopo l'affondamento, la nave ha subito dei significativi spostamenti che le hanno permesso di assestarsi abbastanza stabilmente nella posizione che poi ha mantenuto sino alla rotazione del relitto; infatti, le immagini del naufragio riprese la notte del 13 gennaio 2012 mostrano come la nave fosse completamente sdraiata sul suo lato di dritta, girata di circa 90°, mentre il giorno dopo la sua inclinazione rispetto alla posizione di galleggiamento era di circa 65° (Figura 5.6).

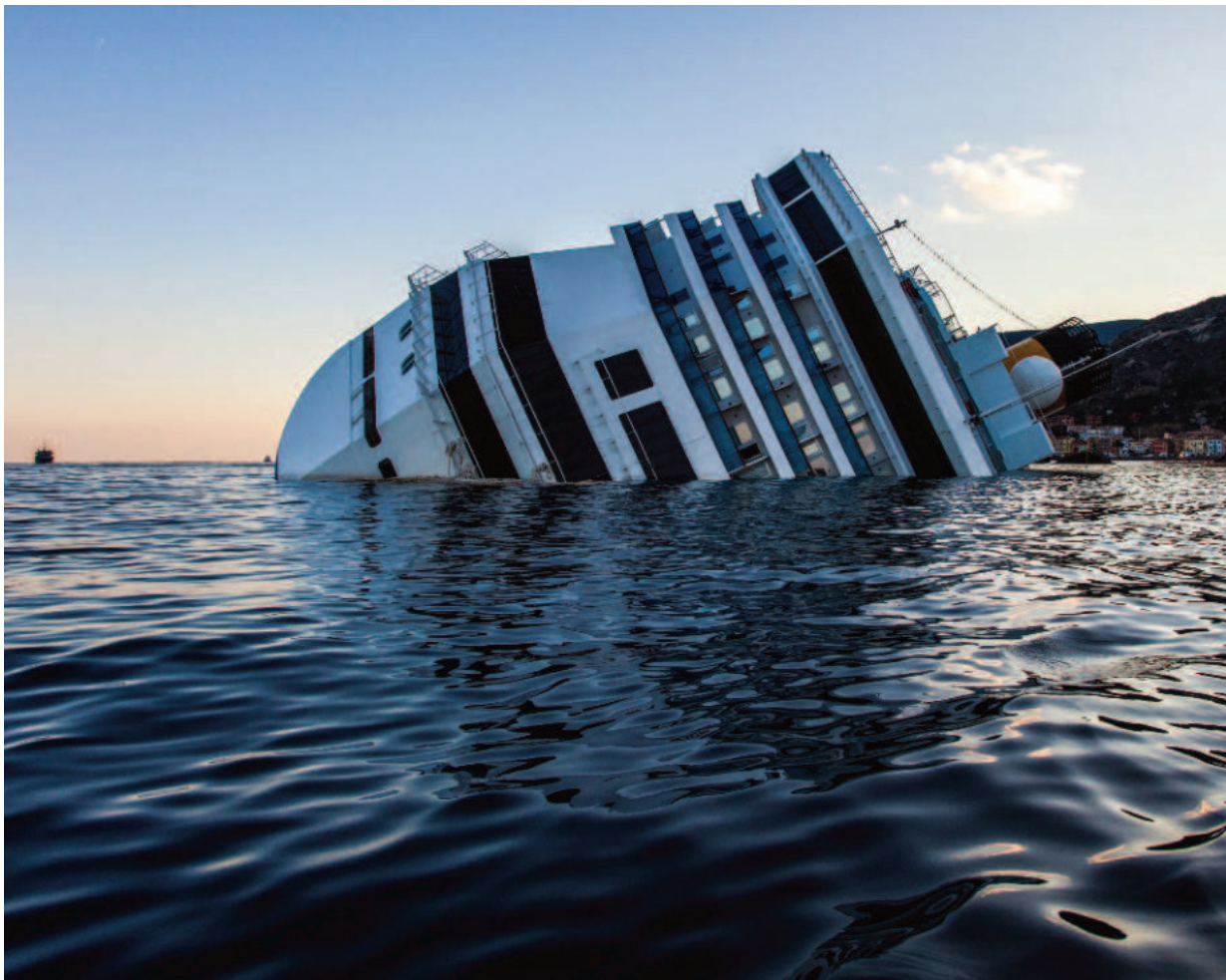


Figura 5.6: Si può apprezzare l'inclinazione di circa 65° del relitto visto di poppa.

5.2 LA MESSA IN SICUREZZA DEL RELITTO CONCORDIA

Terminata la prima fase di ricerca e recupero delle persone disperse i giorni immediatamente successivi venivano dedicati alla messa in sicurezza del relitto sotto il coordinamento del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, Commissario Straordinario per l'emergenza "Concordia" che si avvaleva del supporto del Comitato tecnico-scientifico. In quest'ambito, il Comitato ha presentato una serie di piani che sono stati attuati da istituzioni pubbliche ed enti privati e che possono essere così riepilogati:

- "Piano di monitoraggio della stabilità della nave" (Dst-UniFi, 2012);
- "Piano antinquinamento da idrocarburi" (Smit Salvage e Tito Neri srl, 2012b);
- "Piano di recupero dei carburanti" (Smit Salvage e Tito Neri srl, 2012 e 2012a);
- "Piano di gestione dei rifiuti solidi" (Costa Crociere S.p.a., 2012);
- "Piano di monitoraggio ambientale e sanitario" (ISPRA, 2012; Università di Roma "La Sapienza", 2013);
- "Attività di supporto meteorologico alle operazioni".

Oltre alla questione ingegneristica di stabilità della nave, veniva data una particolare enfasi agli aspetti ambientali, tentando di recuperare quanto più possibile i potenziali inquinanti presenti a bordo del relitto. In termini generali, come detto in precedenza (vedi capitolo 3), una nave da crociera naviga trasportando potenziali inquinanti in grandi quantità: non solo i carburanti, ma anche prodotti quali refrigeranti, acque nere, detersivi, vernici, derrate alimentari, ecc. Data la posizione del relitto e le difficoltà di accesso al suo interno, non fu possibile rimuovere una parte di queste sostanze sin quando il relitto giunse nel porto di Genova Voltri per lo smantellamento.



Figura 5.7: La messa in sicurezza del relitto inizierà al termine delle operazioni di ricerca dei dispersi.

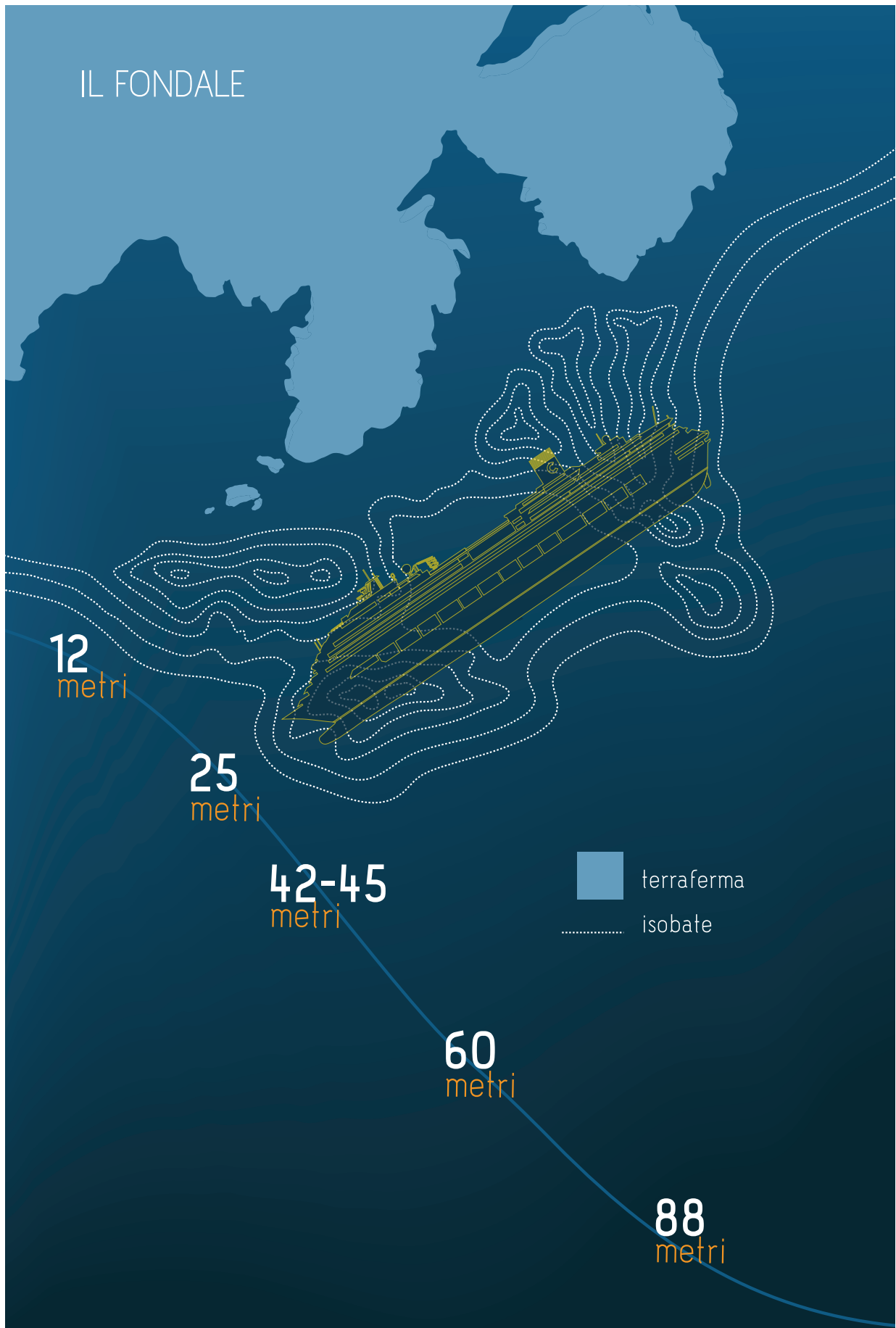


Figura 5.8: Posizionamento della nave sul fondale.



Figura 5.9: Secondo le disposizioni del "Piano antinquinamento da idrocarburi" approvato dal Comitato tecnico-scientifico, intorno al relitto erano state posizionate panne di contenimento atte a permettere l'eventuale recupero di idrocarburi sversati mediante strumenti chiamati skimmer.

5.2.1 La stabilità della nave



Figura 5.10: Dalla foto è evidente la forte inclinazione della nave.

La stabilità della nave è stata fin dalle prime ore e soprattutto i primi giorni, fonte di forte preoccupazione, poiché si temeva che il relitto potesse scivolare su fondali più profondi. Su questo aspetto non si è potuto fare molto nell'immediato se non, ad opera del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, centro di competenza della Protezione Civile, posizionare dei sensori altamente sofisticati in grado di registrare movimenti dell'ordine del millimetro dello scafo. Nei primi giorni si sono registrati movimenti dell'ordine di qualche millimetro/ora, probabilmente dovuti a deformazioni dello scafo che stava collassando sulle rocce a causa del suo stesso peso.

Un'altra fonte di informazioni sulla stabilità del relitto le hanno fornite le immagini, riprese con il robot filoguidato (*Remotely Operated Vehicle* - ROV) dell'ISPRA, dei punti di contatto dello scafo con il basamento granitico. In questi punti appariva chiara la fratturazione della roccia dovuta al peso del



Figura 5.11: Fratturazione del granito in uno dei punti di contatto con lo scafo (fermo immagine da video con ROV ISPRA).

relitto. Un approfondimento fatto dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università de La Sapienza, anch'esso centro di competenza della Protezione Civile, evidenziava che "...l'ammasso roccioso è costituito da graniti interessati da giunti di esfoliazione circa paralleli alla superficie topografica [...] la rottura sembra essere avvenuta lungo dette superfici e non sembrando aver interessato le parti profonde dell'ammasso stesso..." (Figura 5.11).



Figura 5.12: Il sistema di allerta durante la messa in sicurezza prevedeva che in presenza di un'onda significativa (ortogonale allo scafo) maggiore di 1,5 metri e di spostamenti dello scafo superiori a 2 cm/ora, il personale sul relitto o nelle vicinanze dovesse evacuare.

Si stabiliva, comunque, uno stato di allerta attuato in presenza di un'onda significativa (ortogonale allo scafo) maggiore di 1,5 metri e quando gli spostamenti registrati erano superiori a 2 cm/ora. In questo caso, tutto il personale sul relitto o nelle vicinanze doveva evacuare (Figura 5.12).

5.2.2 Il recupero degli idrocarburi e di altri inquinanti liquidi

L'operazione di estrazione e trasferimento di carburanti dai serbatoi di una nave ad altre cisterne è detta "allibo". (Figura 5.16). Il 24 marzo 2012 la *Smit Salvage*, Ditta olandese incaricata dal Dipartimento della Protezione Civile di recuperare gli idrocarburi e gli altri rifiuti liquidi da bordo della Concordia, dichiarava di aver completato l'operazione, partita il 15 febbraio precedente.

Box 5-2

Riepilogo dei rifiuti liquidi recuperati

Inquinante	Quantità stimata a bordo (m ³)	Quantità recuperate (m ³)
Idrocarburi	2280	2036,5
Combustibile IFO 380	2022	1788,5
Diesel	203	239
Morchie	55	10
Acque nere	1351	240

La rottura dello scafo nell'incidente aveva letteralmente sfiorato i serbatoi di combustibile che in numero di 15, erano allocati immediatamente sotto alla falla lungo la chiglia della nave. Per dare un'idea del tipo di inquinante che si sarebbe potuto sversare in mare, l'*Intermediate Fuel Oil* (IFO) 380, il principale combustibile di bordo, a temperatura ambiente ha una viscosità paragonabile a quella del miele, per cui la sua asportazione dalle superfici dove aderisce (costa rocciosa, fondale marino, organismi marini) è molto difficoltosa.

Box 5-3

Caratteristiche dell'*Intermediate Fuel Oil* (IFO) 380

Caratteristiche	Valore	Comportamento in mare
Densità	961,1 ÷ 991,0 kg/m ³	Valore prossimo a quella del mare e quindi, a seguito dei processi di alterazione, sarebbe potuto affondare
Viscosità	380 Cts	Ha la viscosità di un miele molto compatto
Punto di scorrimento (pour point)	21 ÷ 30°C	Temperatura sotto la quale la miscela è solida. Quindi a temperatura ambiente non è pompabile

Il fatto che il combustibile IFO 380 sia praticamente solido a temperatura ambiente ha determinato la necessità di riscaldarlo a 50°C per renderlo pompabile. Per svuotare i serbatoi del relitto, la Ditta ha infatti adottato la tecnica del cosiddetto "*hot tapping*" che consiste nell'inserire, attraverso un foro praticato nel serbatoio, una serpentina che riscalda il combustibile sino al raggiungimento di una viscosità utile alla sua aspirazione mediante pompe (Figura 5.12, Figura 5.13, Figura 5.15).



Figura 5.13: Parte di un serbatoio della Concordia tagliato per praticare il foro per il recupero del combustibile. Si noti come l'IFO 380 rimanga adeso alla superficie metallica senza colare.

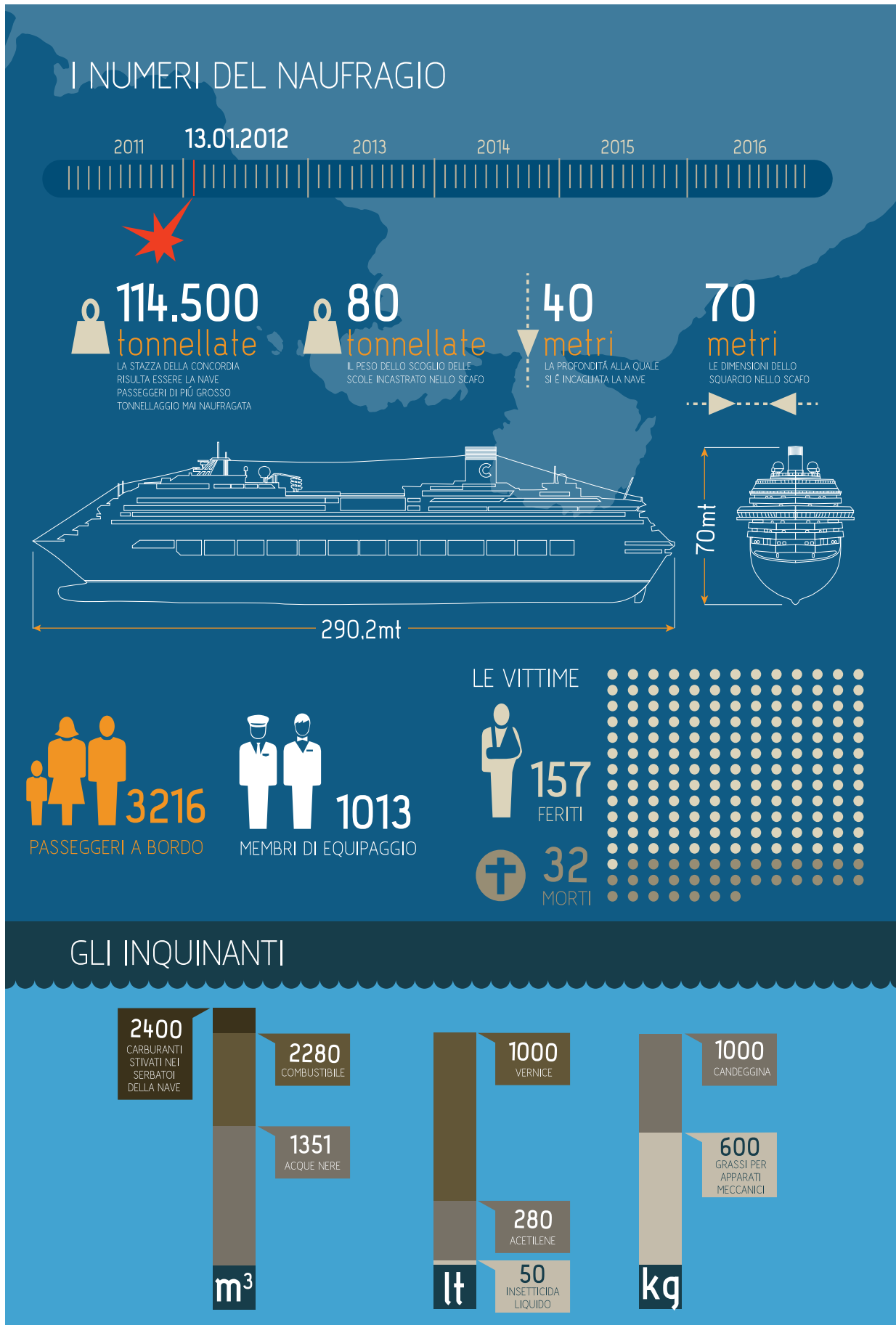


Figura 5.14: Principali caratteristiche della nave al momento dell'incidente.



Figura 5.15: A circa 40 cm dalla superficie del mare si osserva l'inserzione dell'"hot tapping" nella chiglia per aspirare il combustibile IFO 380.

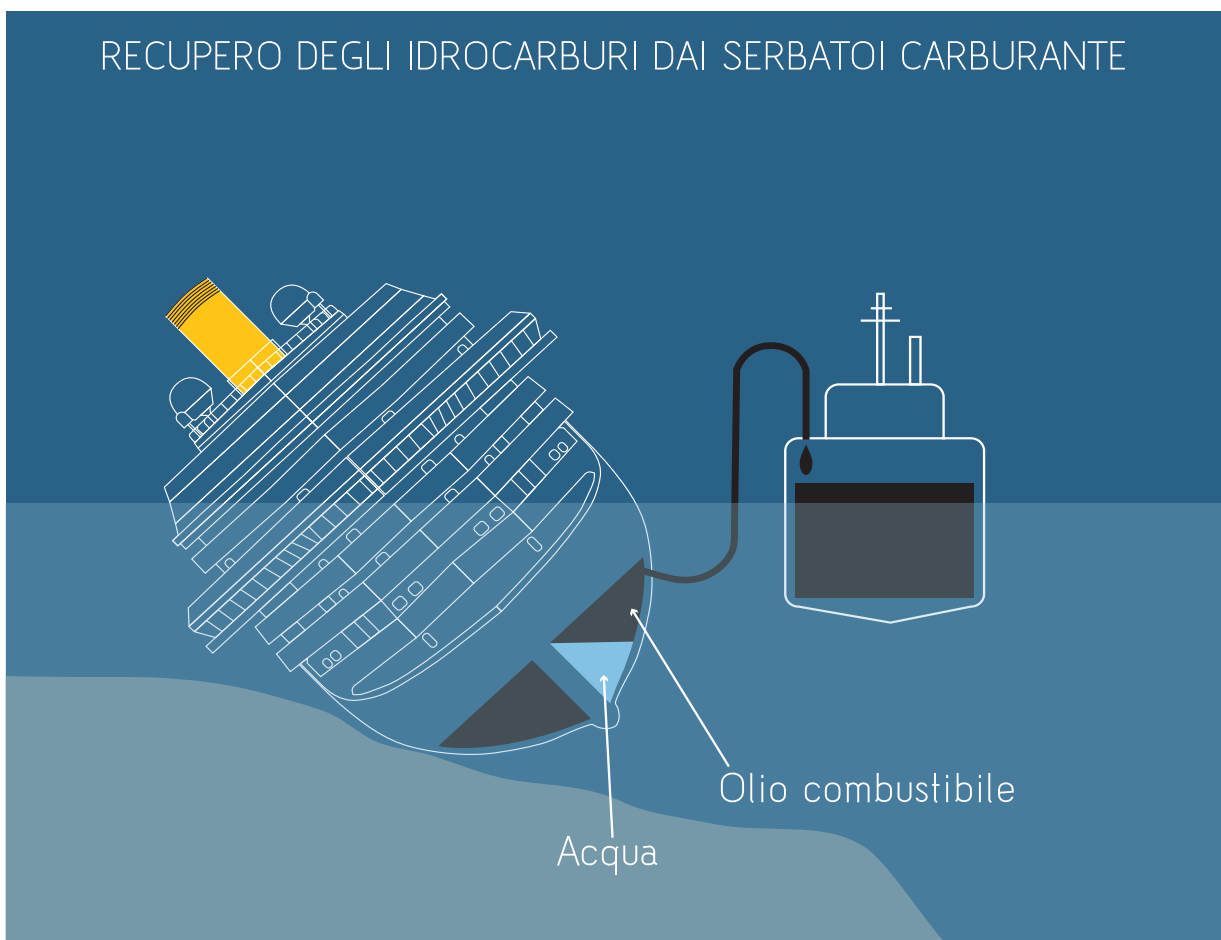


Figura 5.16: Schema dell'operazione di recupero degli idrocarburi.

Al termine delle operazioni, degli originali 2022 m³, circa 230 m³ di IFO 380 restavano nei serbatoi nonostante il riscaldamento, adesi alle superfici interne e intrappolati, soprattutto, in corrispondenza degli spigoli.

Le acque nere sono state recuperate solo dai due serbatoi raggiungibili dall'esterno, gli altri serbatoi erano tecnicamente inaccessibili e non sono stati svuotati.

5.2.3 La rimozione dei rifiuti solidi



Figura 5.17: Recupero dei soli rifiuti solidi che si trovavano in posizione esterna o quelli flottanti.

La rimozione dei rifiuti solidi da bordo della nave si è limitata all'asportazione di quelli posizionati nelle zone esterne e accessibili. Le difficoltà di accesso, le cautele e ragioni di sicurezza per gli operatori hanno limitato le operazioni di rimozione dei rifiuti all'interno del relitto. È stato comunque previsto il recupero dei rifiuti flottanti che si producevano soprattutto quando i Vigili del Fuoco aprivano nuovi varchi nello scafo per accedere nei locali interni e ispezionarli (Figura 5.17).

Solo una parte dei rifiuti affondati è stata raccolta, anche perché sul fondale continuava ad accumularsi nuovo materiale, soprattutto quando il relitto è stato ruotato in posizione orizzontale; a causa del dilavaggio interno determinato dal moto ondoso, si assisteva al completo svuotamento dei ponti 6 e 7 con il materiale che affondava sui fondali antistanti. Questi sono stati recuperati successivamente, solo nella fase del cosiddetto ripristino ambientale.

Riferimenti bibliografici del capitolo 5

1. Costa Crociere S.p.a., 2012. "Piano di rimozione dei rifiuti provenienti dalla M/N Costa Concordia presso isola del Giglio (Grosseto). Rev. 6.
2. Dst-UniFi - Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze. 2013-2014 Operazioni di ispezione periodica delle rocce di appoggio e delle strutture di sostegno della nave Costa Concordia effettuate da Costa Crociere e dalle società impegnate nelle operazioni di rimozione e recupero.
3. ISPRA, 2012. Piano di monitoraggio ambientale incidente "Costa Concordia" – isola del Giglio.
4. Quaderni delle emergenze ambientali in mare: Quaderno 1 – Sversamento di idrocarburi in mare: stima delle conseguenze ambientali e valutazione delle tipologie di intervento - Ricerca Marina ISPRA n. 6/2014.
5. Smit Salvage e Tito Neri srl, 2012. Fuel Oil Recovery from Costa Concordia.
6. Smit Salvage e Tito Neri srl, 2012a. Oil Recovery Completion Declaration.
7. Smit Salvage e Tito Neri srl, 2012b. Costa Concordia – Piano di contenimento fuoriuscita accidentale di idrocarburi.
8. Università di Roma "La Sapienza", 2013. Studio e monitoraggio delle caratteristiche oceanografiche dell'area di cantiere "Costa Concordia".

CAPITOLO 6

LA RIMOZIONE E L'ALLONTANAMENTO DEL RELITTO CONCORDIA



Terminata l'operazione di messa in sicurezza ambientale si è dato inizio a una fase di studio, progettazione ed esecuzione di tutte le opere ingegneristiche atte al recupero e all'allontanamento del relitto (Figura 6.1).

La Società Costa Crociere SpA, tramite un bando internazionale, invitava 10 società qualificate a presentare un progetto di recupero della nave entro la prima settimana di aprile 2012, vale a dire circa tre mesi dopo la data dell'incidente.



Figura 6.1: Nel cantiere le operazioni proseguivano giorno e notte e si interrompevano solo in occasione di condizioni meteo-marine avverse.

I progetti sono stati valutati dalla *London Offshore Consultants* (LOC Group) per conto delle società di assicurazione *Protection and Indemnity* (P&I) che hanno gestito i costi dell'operazione. Il Comitato Tecnico-scientifico, per conto del Dipartimento della Protezione Civile, veniva consultato da LOC, fornendo elementi di indirizzo di carattere ambientale.

Il 21 aprile 2012, la Società "Costa Crociere" e la struttura del Commissario Delegato per l'emergenza annunciavano l'affidamento dell'appalto alla Società "Titan Salvage" in collaborazione con la italiana "Micoperi S.r.L." (Titan Salvage e Micoperi, 2012). La "Titan Salvage" è una Società statunitense, appartenente al "Crowley Group", leader mondiale nel settore del recupero di relitti.

Il progetto è stato approvato dalle istituzioni italiane in occasione della Conferenza dei Servizi decisoria del 15 maggio 2012, nel corso del quale tutti i Ministri si sono espressi per l'autorizzazione. Data la situazione emergenziale, con un unico passaggio formale venivano acquisite le autorizzazioni e le prescrizioni da parte delle istituzioni. Il progetto poteva avere avvio, tenendo conto delle prescrizioni che le diverse istituzioni avevano espresso. Veniva, inoltre, istituito l'Osservatorio ambientale, in prosecuzione al Comitato Tecnico-scientifico, coordinato dalla Regione Toscana.

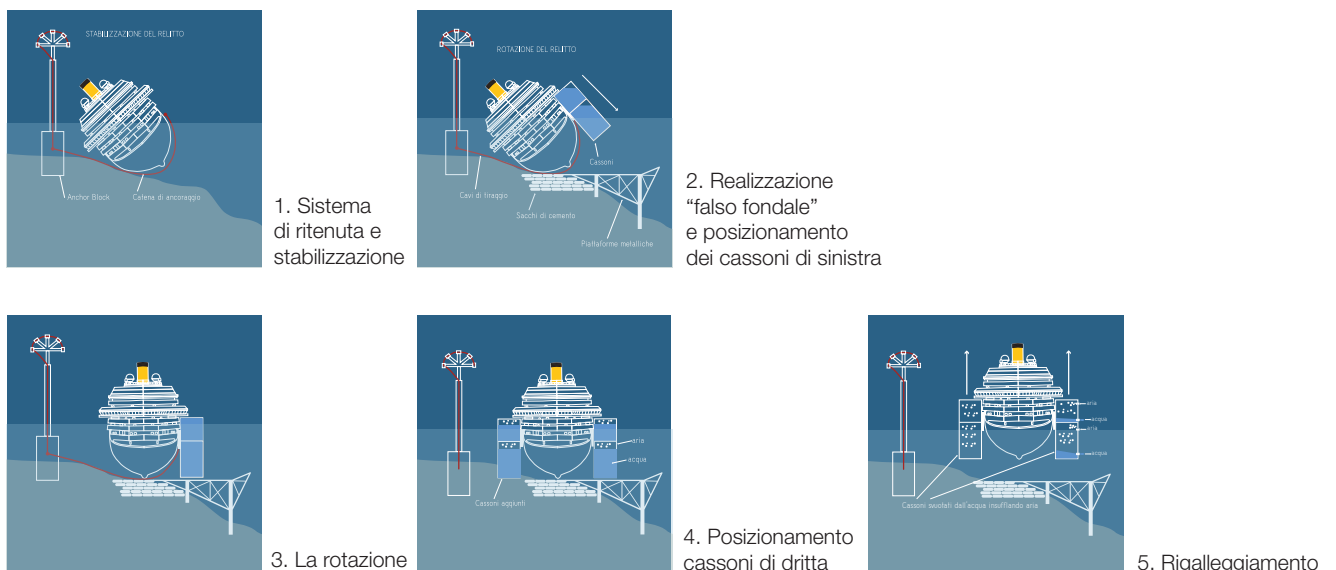


Figura 6.2: Fasi di lavorazione per il rigalleggiamento e allontanamento del relitto dall'isola del Giglio.

Iniziava così un'operazione tecnico-ingegneristica unica nel suo genere ed estremamente complessa: il più grande progetto di recupero navale della storia per il quale sono state impiegate le migliori competenze a livello internazionale, tecnologie d'avanguardia e risorse finanziarie senza precedenti. L'unicità del progetto sta anche nel ruolo delle istituzioni pubbliche che hanno potuto indirizzare l'elaborazione progettuale ed espletare il loro ruolo di controllo e monitoraggio direttamente sul campo, indirizzando, in alcuni casi, la realizzazione di specifiche attività.

Il progetto prevedeva fasi di lavorazione (denominate "WP", *Working Package*) ben distinte (Figura 6.2) che possono essere così elencate:

1. Ritenuta e stabilizzazione;
2. Realizzazione "falso fondale" e posizionamento dei cassoni di sinistra;
3. Rotazione;
4. Posizionamento cassoni di dritta;
5. Rigalleggiamento;
6. Traino per lo smantellamento.

Al termine della fase di rigalleggiamento, si sono previsti anche il ripristino dei fondali ("WP9"), ovvero la rimozione di tutte le strutture di cantiere, il recupero e monitoraggio degli ambienti di fondo ("WP10"), incluso il favorire il recupero dell'ambiente naturale anche effettuando operazioni di reimpianto di praterie di *Posidonia* e di coralligeno.

Le attività di rimozione e allontanamento del relitto sono state seguite dalle Commissioni Ambiente e Trasporti della Camera dei Deputati.



Figura 6.3: Le 11 torrette sopra gli anchor block utilizzati per trattenere il relitto. In cima si notano gli strand jack che tendevano i cavi di collegamento con lo scafo.

6.1 La stabilizzazione del relitto

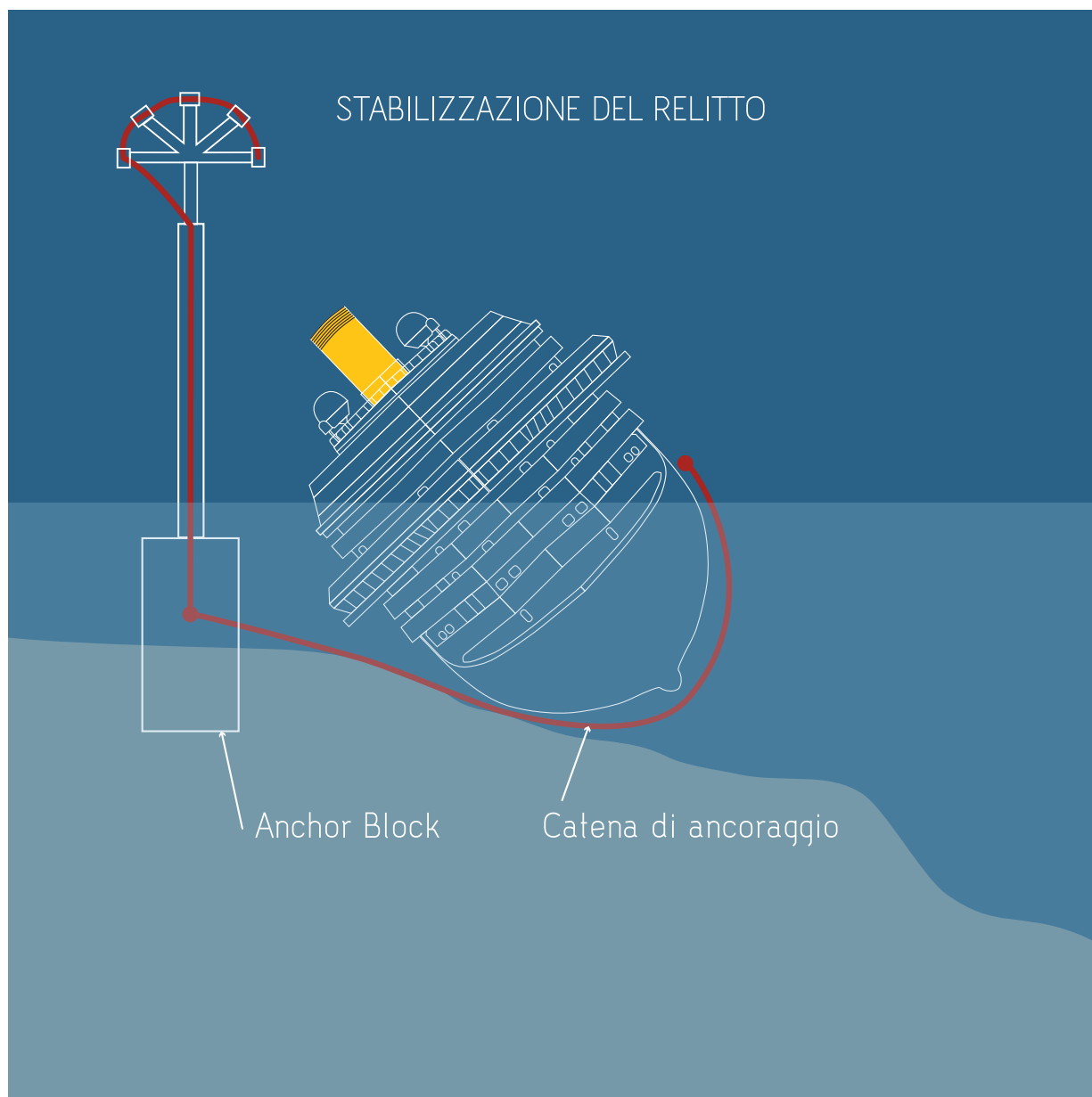


Figura 6.4: La stabilizzazione del relitto.

A ottobre 2012 erano stati completati l'ancoraggio e la stabilizzazione, al fine di evitare eventuali scivolamenti in acque più profonde (Figura 6.3 - Figura 6.4); l'operazione ha consentito di effettuare le lavorazioni successive in sicurezza, anche in situazioni atmosferiche avverse. La stabilizzazione è avvenuta per mezzo di un sistema di ancoraggio costituito da quattro elementi sommersi (blocchi di ancoraggio - *anchor block*) fissati al fondale sottomarino tra il relitto e la costa, in posizione centrale rispetto al relitto stesso. Sono poi stati installati altri sette *anchor block* e 11 torrette di ritenuta utili nella fase di raddrizzamento (il cosiddetto "*parbuckling*"). Sulle sommità di ciascuna torretta sono stati posti due martinetti idraulici a recupero di fune (*strand jack*) controllati a distanza via computer (Figura 6.3). Ogni *strand jack* ha azionato un cavo collegato a una catena di acciaio che passava sotto lo scafo per essere fissata sul lato emerso del relitto (Figura 6.5).

Questi sistemi di ritenuta sono serviti poi per controbilanciare le forze applicate allo scafo durante la rotazione e garantire quindi il riassetto verticale del relitto.



Figura 6.5: Operazione di aggancio dei cavi d'acciaio sul lato sinistro della nave.

Il posizionamento degli *anchor block* ha reso necessario spianare il fondale, di natura granitica, su cui poggiavano. A tale scopo sono stati sbancati grandi volumi di roccia granitica con martello pneumatico a funzionamento idraulico. Alla base venivano posti dei sacchi di cemento per stabilizzare la struttura. Questa operazione è tra quelle che hanno contribuito a produrre grandi quantità di sedimento fine, poi rimosso durante la fase di ripristino ambientale (“WP9”).

Box 6-1

La mareggiata del 31 ottobre 2012

Pochi giorni dopo il completamento del sistema di ritenuta una forte mareggiata proveniente da sciocco con onde alte oltre 4 metri ha messo a rischio la stabilità del relitto (Figura 5.23). Al termine dell’evento la nave risultava ruotata di circa 3 metri a poppa verso costa e di 1 metro a prua verso largo. Aver concluso il sistema di ritenuta qualche giorno prima è stata una circostanza molto fortunata!

6.2 La creazione del “falso fondale” e posizionamento dei cassoni di sinistra

La preparazione del falso fondale sul quale si è poggiato il relitto dopo la sua rotazione ha richiesto molti sforzi ed una squadra di circa 120 subacquei ed è stata una delle fasi più complesse (Figura 6.6). Il falso fondale era costituito da sacchi (*grout bag*) riempiti di una speciale malta cementizia (1400 sacchi contenenti circa 25000 t di malta cementizia) e da 6 piattaforme d'acciaio. I sacchi servivano a riempire il vuoto tra la chiglia del relitto e le piattaforme, al fine di creare una base d'appoggio stabile per lo scafo durante la sua rotazione. Altri sacchi di cemento venivano posizionati anche sulle piattaforme dove avrebbe poggiato lo scafo; a questi veniva aggiunta sabbia prelevata con sorbona dai fondali circostanti.

IL FONDALE



Figura 6.6: La creazione del "falso fondale".

Box 6-2

Difficoltà operative per il recupero dei grout bag

I *grout bag* erano dotati di occhielli così da poter essere agganciati e rimossi a lavori ultimati. Durante il ripristino dei fondali si è però osservato che il loro recupero per mezzo di gru determinava la rottura dei sacchi e solo pochi di questi potevano essere recuperati integri. Si è quindi stati costretti a utilizzare una benna per il loro recupero che, per forza di cose, ha causato la rottura di tutti i sacchi e una consistente dispersione di ulteriore materiale fine. Questo imprevisto tecnico ha determinato un prolungamento delle attività di ripristino dei fondali di almeno due anni rispetto al previsto.

La rottura di tutti i sacchi e una consistente dispersione di ulteriore materiale fine. Questo imprevisto tecnico ha determinato un prolungamento delle attività di ripristino dei fondali di almeno due anni rispetto al previsto.

Le piattaforme subacquee hanno garantito l'appoggio in sicurezza del relitto dopo la rotazione verticale. Ne sono state installate 6: tre di grandi dimensioni (35x40 m) e tre più piccole (15x5 m). Per inserire i piloni di sostegno delle piattaforme nel fondale di granito sono state eseguite trivellazioni con fori del diametro di circa 2 m e una profondità media di 9 m (Figura 6.7). Questa operazione veniva eseguita mediante con un sistema a circuito chiuso che ha permesso di non disperdere detriti in mare.



Figura 6.7: La testa di perforazione utilizzata per creare gli alloggiamenti delle gambe delle piattaforme nel substrato granitico.

Box 6-3

Gestione di materiale sabbioso nel posizionamento delle piattaforme: lezione appresa

La sabbia ha avuto un ruolo importante in questa operazione: sedimenti sabbiosi sono stati prodotti in gran quantità con la trivellazione del granito per praticare i fori dove alloggiare le piattaforme e sono stati utilizzati per riempire le piattaforme prima di adagiarvi la chiglia della nave.

L'Osservatorio ha proposto di recuperare il materiale sedimentario proveniente dalle trivellazioni per posizionarlo sulle piattaforme ma, non è stato possibile perché le due operazioni erano molto distanziate nel tempo. Per questo si è dovuta utilizzare sabbia naturale prelevata dal fondale, determinando così evidenti depressioni del substrato, ancora evidenti a distanza di anni.

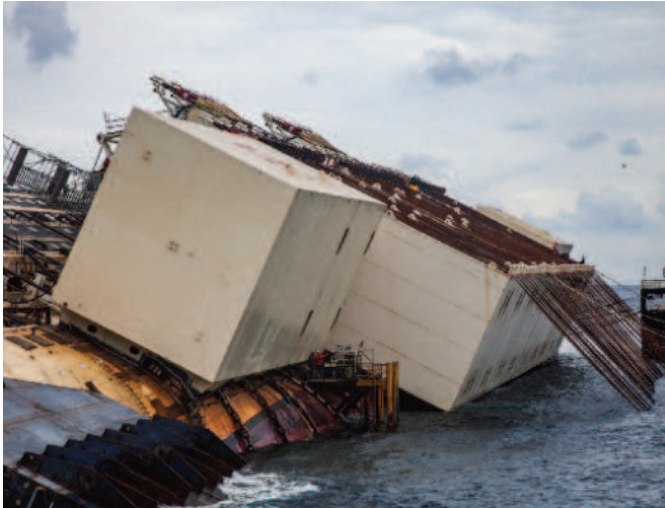


Figura 6.8: Posizionamento dei cassoni di sinistra per il galleggiamento.

In questa fase sono stati anche posizionati e saldati, sul lato emerso del relitto, i cassoni utilizzati durante la rotazione e necessari per il rigalleggiamento (Figura 6.8). Si trattava di 11 cassoni in acciaio, cosiddetti "sponson", costruiti dalla Società Fincantieri in quattro dei suoi cantieri italiani. Le dimensioni erano notevoli: 10,50x11,50 m e un'altezza di 21,80 o 33 m, rispettivamente quanto un edificio di 7 e 11 piani. Sono stati inoltre installati sulla prua del relitto due *blister tank*, ovvero cassoni speciali, costruiti sempre dalla Fincantieri, che hanno fornito una spinta netta di circa 4500 t e alleggerito il peso della prua, evitandone la deformazione.

6.3 La rotazione del relitto (*parbuckling*)

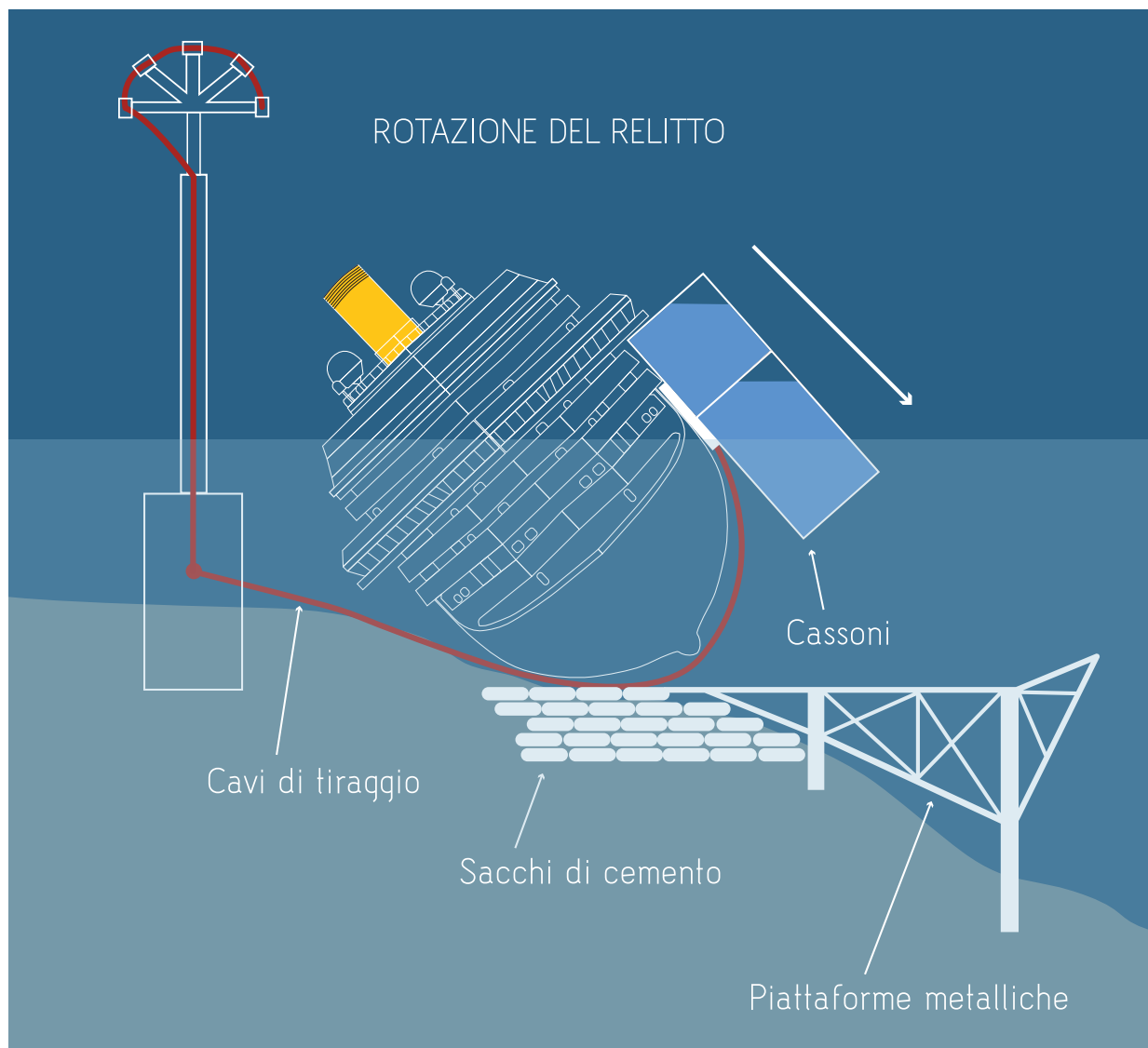


Figura 6.9a: La fase di rotazione del relitto.

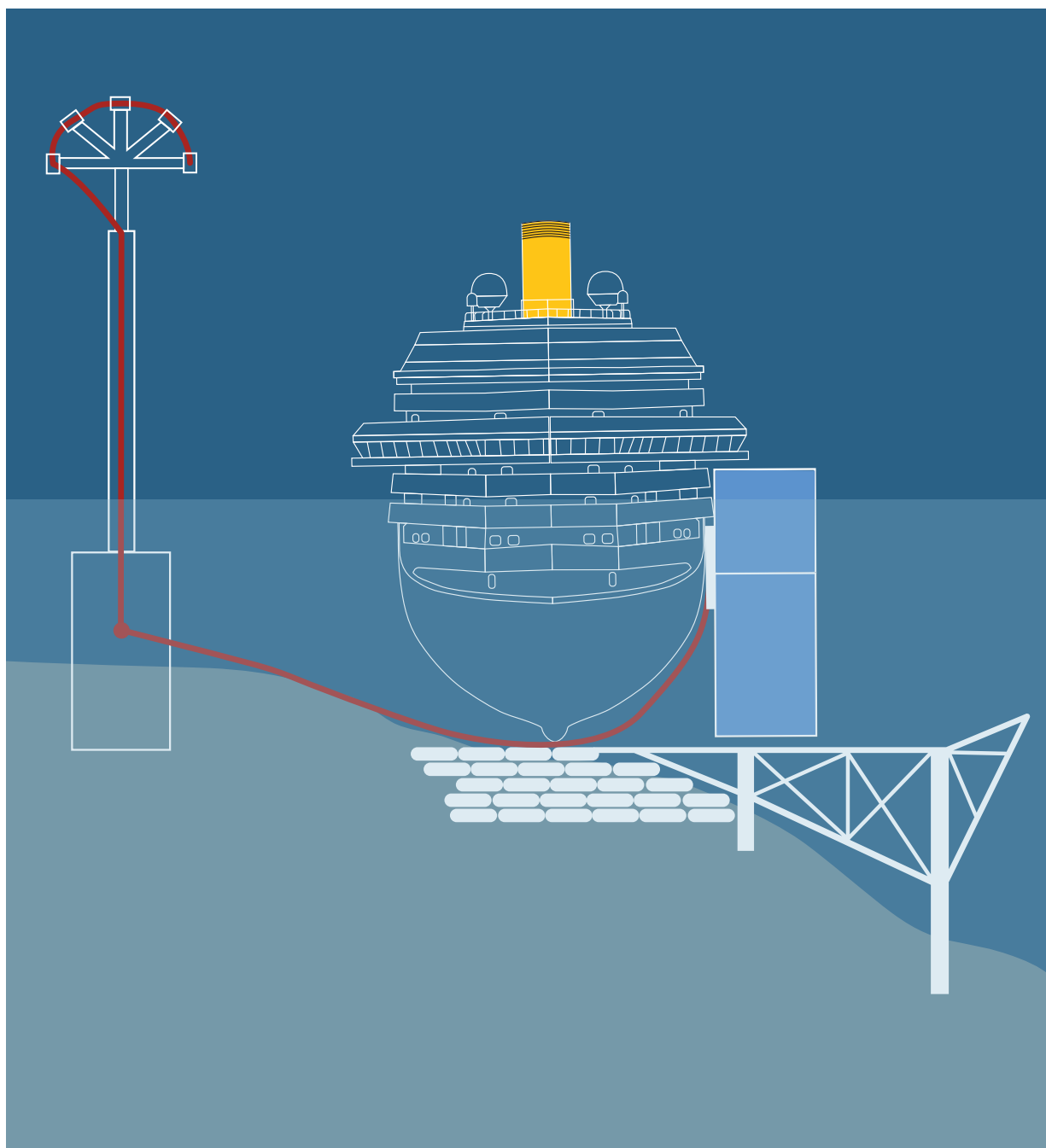


Figura 6.9b: La fase di rotazione è conclusa.

L'operazione forse più delicata e rischiosa è durata circa un paio di giorni ed è stata completata il 17 settembre 2013 (Figura 6.9a/b, Figura 6.10, Figura 6.11). Ha richiesto un costante monitoraggio del movimento della nave, con particolare attenzione soprattutto al rischio che lo scafo si deformasse. Per le operazioni sono stati utilizzati martinetti e cavi collegati alla parte superiore dei cassoni e delle piattaforme, oltre a torrette per il bilanciamento.

È durata 19 ore la fase vera e propria del raddrizzamento del relitto o rotazione in assetto verticale, detta *parbuckling*, iniziata il 16 settembre 2013 con una operazione senza precedenti, si è conclusa la mattina del 17 settembre (Figura 6.12). Ad agire sono stati i martinetti idraulici (*strand jack*) che hanno messo in tensione cavi di acciaio, fissati alla sommità dei nove cassoni centrali e alle piattaforme subacquee e hanno riportato il relitto in assetto verticale con una rotazione di 65°. Dopo il raddrizzamento, il relitto poggiava saldamente sul falso fondale, a circa 30 metri di profondità.



Figura 6.10: Alba del 16 settembre 2013, tutto è pronto per iniziare l'operazione di rotazione.

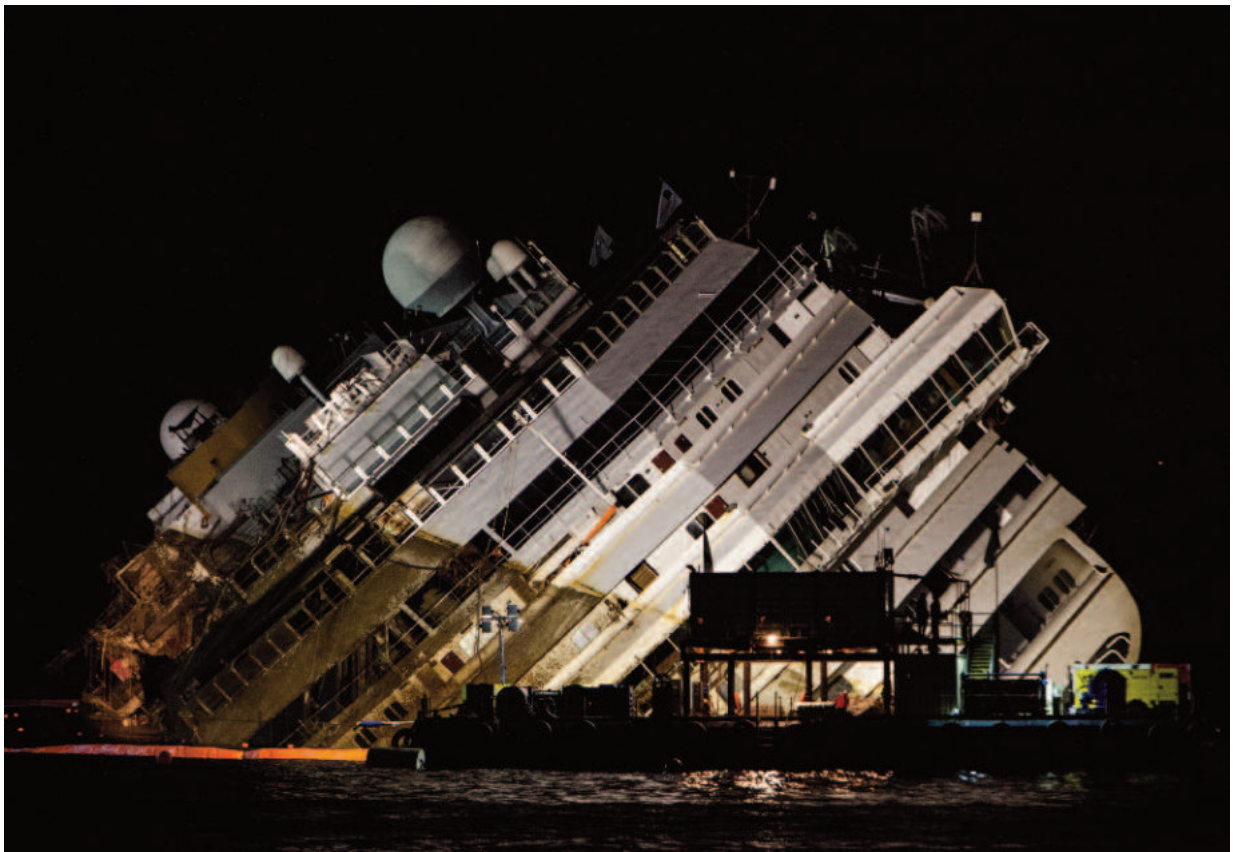


Figura 6.11: Notte tra il 16 e il 17 settembre 2013. L'operazione di rotazione è in corso e si concluderà intorno alle ore 4 del mattino.



Figura 6.12: Mattina del 17 settembre 2013 i segni del contatto dello scafo con il fondale sono ben visibili.

Box 6-4

L'affondamento di rifiuti solidi dopo la rotazione del relitto

Dopo la rotazione del relitto, soprattutto i ponti della nave che si trovavano a una quota prossima al livello del mare hanno subito per circa 10 mesi il risciacquo del moto ondoso che ha spostato e fatto affondare la gran parte del materiale solido non fissato alla nave. Dopo il suo allontanamento, si è visto che i fondali sottostanti erano coperti da questo materiale, determinando coltri fino a qualche metro di spessore. Questo fenomeno è stato particolarmente evidente in corrispondenza della posizione della prua e della poppa della nave dove le aperture non erano “chiuse” dalla presenza dei cassoni di sollevamento.

Successivamente al *parbuckling*, sono stati installati dei sistemi che miglioravano ulteriormente la stabilità del relitto sulle piattaforme, i cosiddetti interventi di “winterizzazione”: si è trattato dell’installazione di 28 tubolari di acciaio che collegavano il relitto tramite l’estremità dei cassoni e le piattaforme sul lato mare, l’installazione di sacchi di cemento aggiuntivi fra il relitto e la costa e l’installazione di un sistema di ritenuta aggiuntivo per la prua.

Al termine della sua rotazione, la M/N “Costa Concordia” ha mostrato un fenomeno comune subito dai manufatti sommersi: microrganismi, alghe e invertebrati avevano colonizzato le superfici non trattate con biocidi costantemente bagnate costituendo popolamenti detti “*biofouling*”. Gli organismi del *fouling* colonizzano i manufatti piuttosto rapidamente purché questi non rilascino molecole tossiche, le superfici esposte siano di opportuna rugosità e vi siano cavità che offrano riparo e rifugio. I relitti sommersi di navi, spesso anche dopo decenni, mostrano l’evidenza che l’opera viva, trattata con biocidi per limitare la perdita di idrodinamicità e l’appesantimento dello scafo quando navigava è colonizzata dal *biofouling* molto meno dell’opera morta. Anche il relitto semisommerso della M/N “Costa Concordia” ha mostrato queste differenze (Figura 6.13).



Figura 6.13: Il biofouling sulla parte che era sommersa della "Costa Concordia" a poche ore dal compimento della rotazione (parbuckling).

6.4 Il rigalleggiamento (refloating)

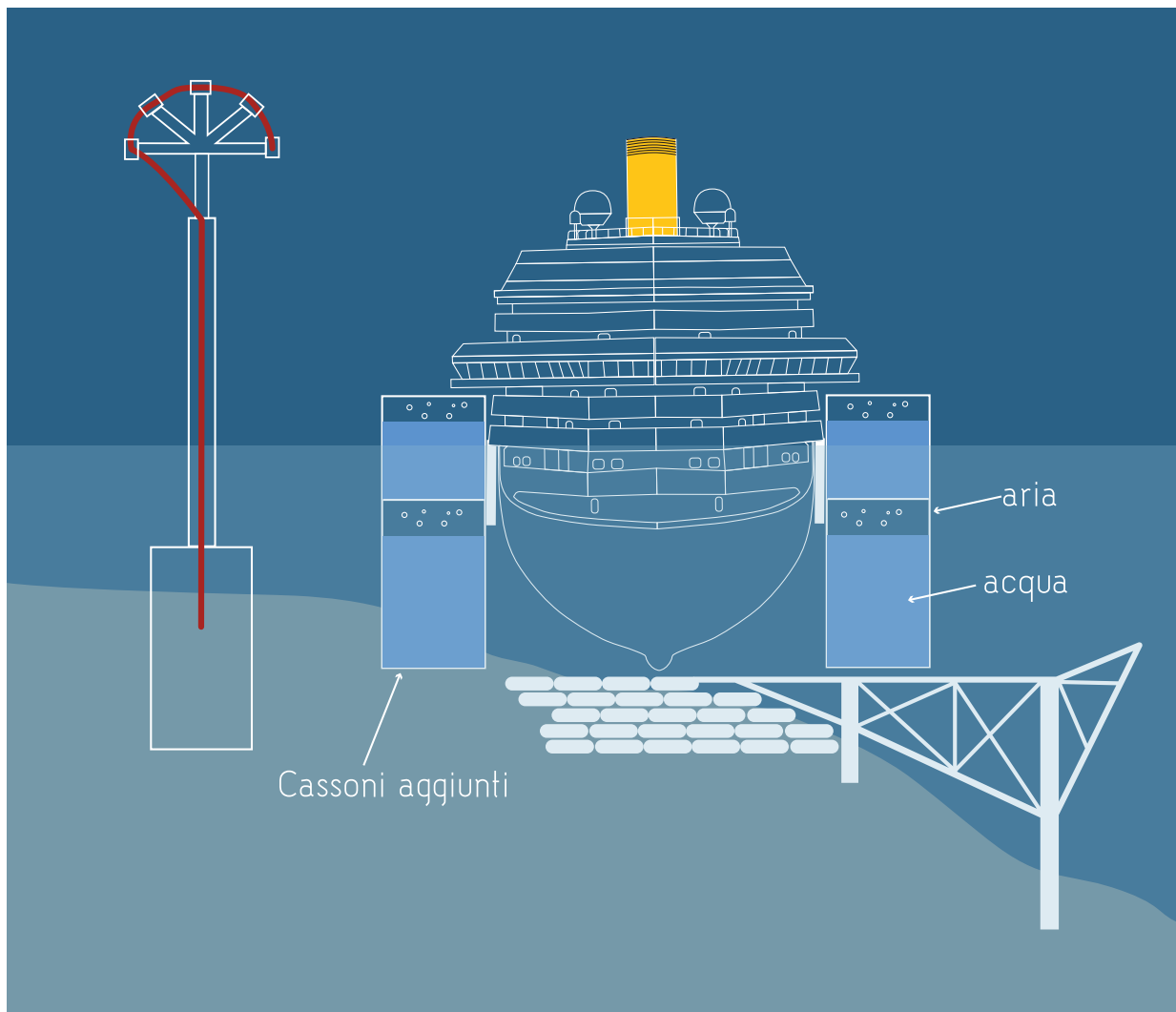


Figura 6.14: Tutto è pronto per avviare la fase di rigalleggiamento.

Insieme alle attività di “winterizzazione”, una volta appoggiata sul falso fondo, sono stati agganciati sul lato di dritta altri 11 cassoni che insieme a quelli corrispondenti a sinistra e quelli posti a prua, rappresentavano una sorta di “salvagente” che ha permesso al relitto di galleggiare. Infatti, per mezzo di un sistema pneumatico, i cassoni sui due lati del relitto sono stati svuotati dall’acqua e hanno dato la spinta necessaria a farlo rigalleggiare (Figura 6.14). All’inizio del processo la nave si trovava poggiata a una profondità di 30 metri, al termine rimaneva sommersa una porzione dello scafo profonda 18÷20 metri.

Le operazioni di rigalleggiamento del relitto della M/N “Costa Concordia” erano iniziate il 14 luglio 2014 (Figura 6.15, Figura 6.16, Figura 6.17) e furono completate il 23 luglio; si ultimavano così le operazioni di rimozione del relitto dall’isola del Giglio prima che fosse trainato (Figura 6.18) sino all’area portuale di Voltri-Prà (Genova).

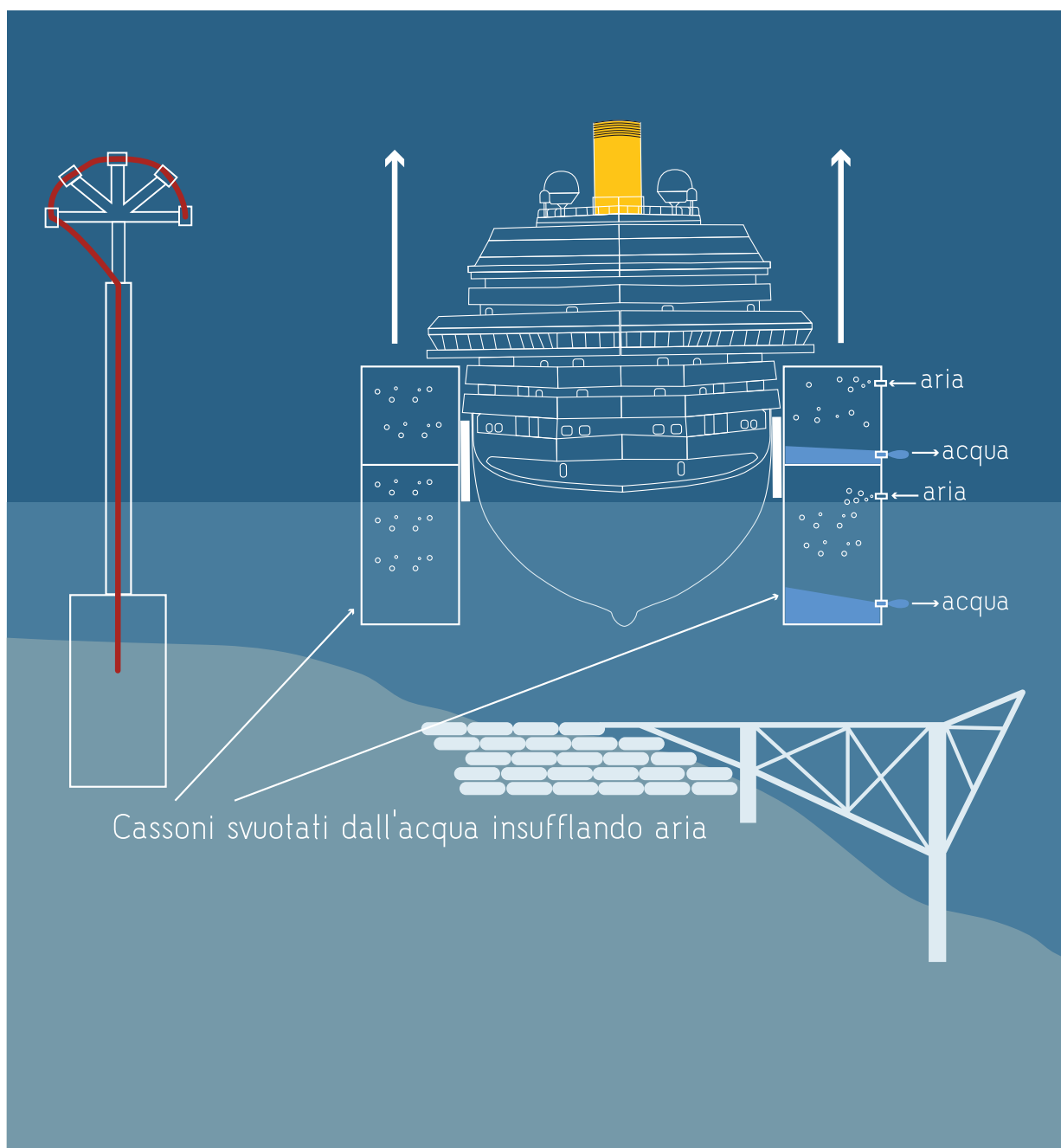


Figura 6.15: La fase di rigalleggiamento è in corso.



Figura 6.16: Luglio 2014, iniziano le operazioni di rigalleggiamento del relitto.



Figura 6.17: Le complesse operazioni per il rigalleggiamento durano circa una settimana.



Figura 6.18: 23 luglio, tutto è pronto per il traino alla volta del porto di Genova.

Box 6-5

Monitoraggio delle acque durante fasi di rotazione e rigalleggiamento

Le analisi delle acque interne e circostanti il relitto sono state condotte soprattutto in occasione dei due eventi cardine: la rotazione e il rigalleggiamento. In queste due fasi chiaramente vi era una grande circolazione e scambio di acqua tra l'interno e l'esterno del relitto. Come accennato in precedenza, le analisi mostravano sostanzialmente solo qualche sfioramento nei tenori di idrocarburi e metalli pesanti e la presenza di ftalati, provenienti dal contatto delle *moquette* con l'acqua di mare. Per quanto riguarda l'osservazione visiva, nel corso delle due operazioni sono state osservate solo iridescenze, segno di piccoli trafiletti di idrocarburi. Prima del rigalleggiamento, con l'impiego di un miniROV sono stati ispezionati tutte le sale macchina ed è stata esclusa la possibilità che idrocarburi, meno densi dell'acqua, si fossero accumulati sul tetto dei locali.

6.5 Il traino (*towing*)

Il 23 luglio 2014 il relitto della M/N Costa Concordia, in seguito alle complesse operazioni di rigalleggiamento, è stato rimosso dal tratto di fondale dell'isola del Giglio su cui poggiava e quindi trainato per circa 200 miglia marine sino all'area portuale di Voltri-Prà (Genova). Sono stati utilizzati due rimorchiatori oceanici, il "*Blizzard*" e il "*Resolve*"; il convoglio ha navigato a una velocità media di 2,5 nodi. Dopo 4 giorni di navigazione, il 27 luglio 2014 il relitto è giunto a Genova per il suo smantellamento (Figura 6.19, Figura 6.20, Figura 6.21, Figura 6.22).

Si è deciso di utilizzare la prima finestra utile in cui le previsioni meteomarine fossero favorevoli, ovvero garantivano una bassa probabilità di accadimento di un'onda significativa superiore ai 2 m. I dati utili venivano forniti da ISPRA sulla base della propria rete mareografica.

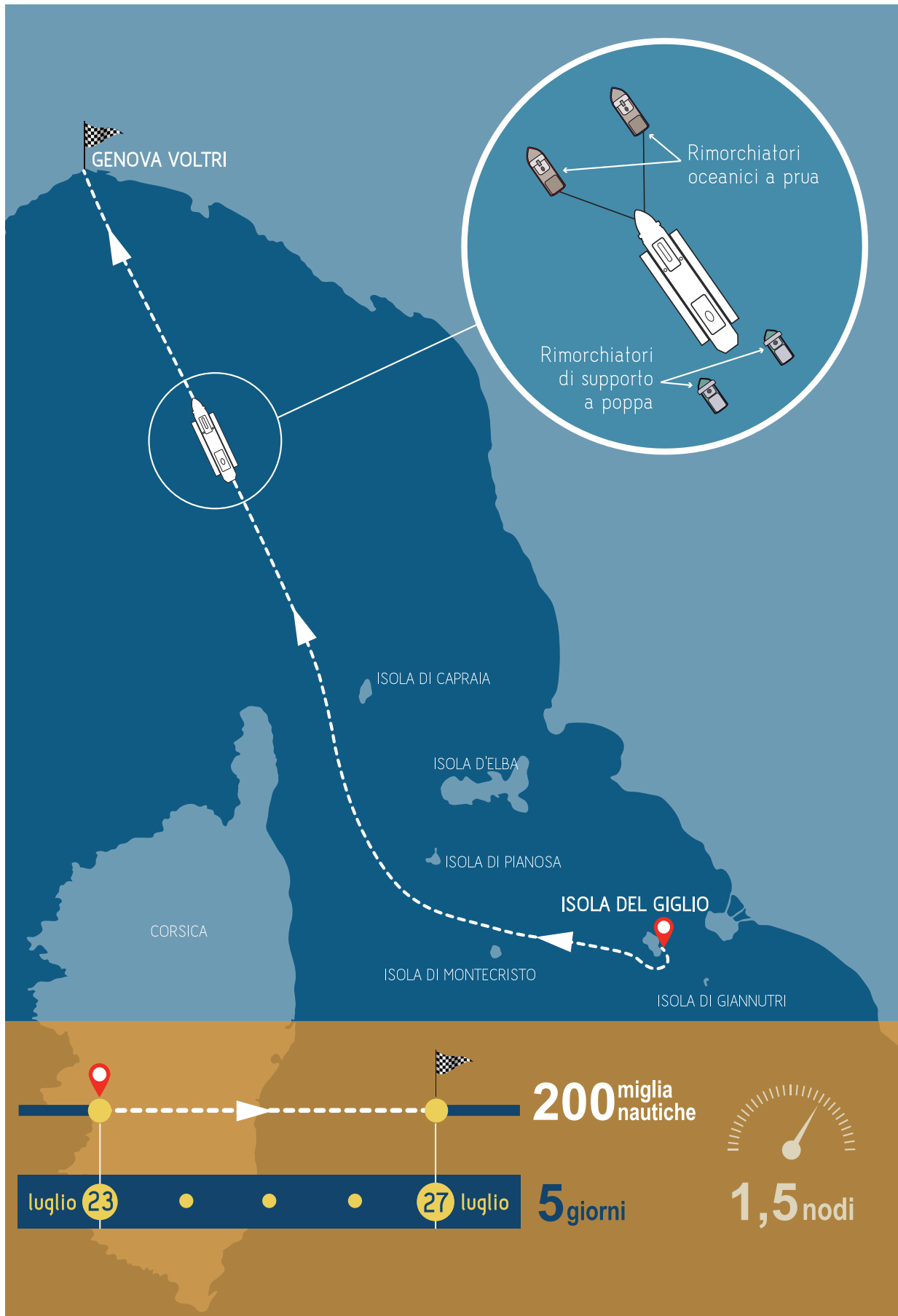


Figura 6.19: La rotta seguita per trainare il relitto nel porto di Genova-Voltri.

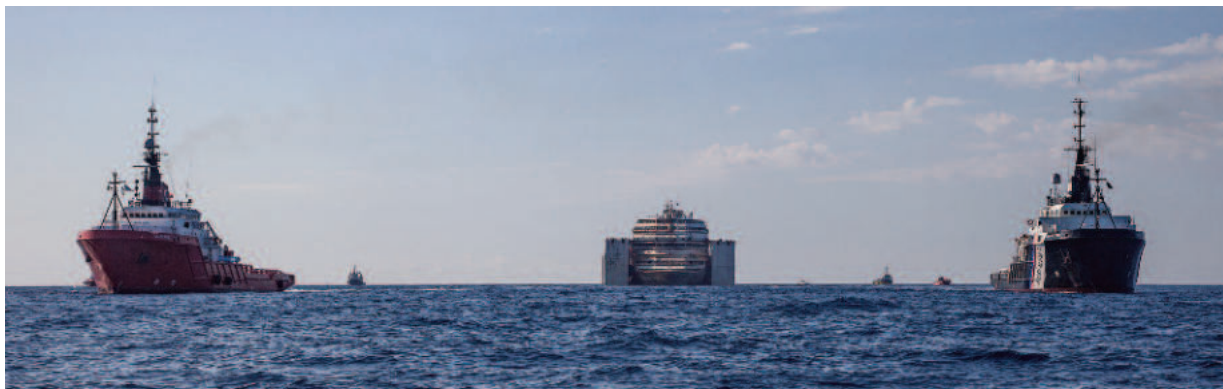


Figura 6.20: Tutta la rotta seguita si trovava all'interno dell'area protetta del Santuario dei Cetacei.



Figura 6.21: La mattina del 27 luglio 2014 il convoglio raggiunge il porto di Genova - Voltri.

Box 6-6

Il monitoraggio delle acque durante le operazioni di traino

Nel corso del traino del relitto sono continuati i controlli ambientali focalizzati sulle indagini di campioni di acque prelevate prima e dopo il passaggio del relitto e sull'osservazione di eventuali rilasci macroscopici di inquinanti, segnatamente gli idrocarburi. A queste indagini si sono aggiunte anche quelle che hanno previsto l'uso dei cosiddetti campionatori passivi, che sono membrane o resine che accumulano le sostanze oggetto d'indagine, le quali vengono successivamente quantificate in laboratorio. Questa tecnica analitica permette di abbattere i costi legati al tradizionale prelievo di campioni, si possono misurare concentrazioni anche bassissime di sostanze ottenendo così una loro più attendibile valutazione (Schintu *et al*, 2014).



Figura 6.22: Tecnici ISPRA, ARPAL e ARPAT, a bordo di un mezzo della Guardia Costiera.

Box 6-7**Scelta delle modalità di trasporto del relitto,
del porto di destinazione e del periodo per il trasferimento**

Tra maggio e giugno 2014 si sono svolte alcune Conferenze dei Servizi, coordinate dal Commissario Straordinario, allo scopo di scegliere:

1. le modalità di trasporto del relitto;
2. il porto di destinazione;
3. il periodo temporale per il suo trasferimento.

Per quanto al punto 1, considerate ed escluse ipotesi quali l'impiego di navi speciali adibite al trasporto di piattaforme offshore, per l'elevato rischio di insuccesso, si è deciso per il traino della "Costa Concordia", galleggiante, con rimorchiatori oceanici.

Per quanto al punto 2, i principali criteri di scelta sono stati la vicinanza all'Isola del Giglio e la capacità del porto di accogliere la nave per il suo smantellamento. Come noto, la scelta è caduta su Genova-Voltri.

Per quanto al punto 3, una volta pronti si è deciso di utilizzare la prima finestra temporale di previsioni meteomarine favorevoli, ovvero con condizioni che potessero garantire una bassa probabilità di accadimento di un'onda significativa di altezza superiore a 2 m. Il Centro operativo per la sorveglianza ambientale dell'ISPRA, utilizzando anche la propria rete mareografica, ha curato l'elaborazione dei dati e ha quindi consentito di individuare efficacemente il periodo entro il quale effettuare il rischioso trasferimento.

Lo smantellamento del relitto, avvenuto nel porto di Genova-Voltri, è stato seguito dalla Commissione Parlamentare d'inchiesta sul ciclo dei rifiuti che non ha posto rilievi sulla sua gestione.

Riferimenti bibliografici del capitolo 6

1. ISPRA, 2013. Relazione tecnico-scientifica sulle attività di monitoraggio "Costa Concordia" – fase pre e post-ribaltamento e fase pre-rimozione del relitto Costa Concordia.
2. Schintu M., Marrucci A., Marras B. Passive Sampling Technologies for the Monitoring of Organic and Inorganic Contaminants in Seawater, *Current Environmental Issues and Challenges* pp 217-237 - March 2014.
3. Titan Salvage e Micoperi, 2012. *Proposal Document Wreck Removal Passenger Liner Costa Concordia*.
4. Università "La Sapienza" di Roma, 2012. Recupero nave Concordia. Caratterizzazione ambiente marino. Relazione finale. Settembre 2012.
5. Università "Sapienza" di Roma, 2014. Survey sullo stato dei fondali dopo la rimozione della Concordia. Relazione Finale. Novembre 2014.

CAPITOLO 7

LE CONSEGUENZE
AMBIENTALI,
OCCORSE ED EVITATE,
DEL NAUFRAGIO DELLA
M/N "COSTA CONCORDIA"



Concluso con successo il trasferimento del relitto, i fondali che lo avevano ospitato erano sgombri dalla sua massiccia presenza ed era quindi possibile poterli meglio osservare e rendersi conto degli effettivi danni che erano stati causati.

Nel novero dei sinistri marittimi, quello occorso alla “Costa Concordia” ha suscitato un’attenzione planetaria per alcune ragioni ampiamente evidenziate: ha messo a rischio, in un colpo solo, migliaia di vite umane, ha coinvolto una delle navi più grandi mai costruite e ha comportato l’affrontare sfide tecnologiche e ingegneristiche di portata certamente eccezionale. L’ambiente colpito, la costa orientale dell’Isola del Giglio e i suoi fondali, per tutta la durata degli interventi di messa in sicurezza, rotazione e allontanamento delle quasi 114000 tonnellate di acciaio, moquette e manufatti, è stato soprattutto uno sfondo delle migliaia di immagini che si sono viste. Per i ricercatori impegnati sin dalle primissime fasi nella tutela degli ambienti colpiti o minacciati dall’incidente non è stato solo questo: il sinistro “Costa Concordia” ha rappresentato un caso di studio che deve contribuire a migliorare le nostre capacità di risposta a minacce e sfregi agli ambienti; in ogni circostanza nella quale l’applicazione di strategie e tecnologie, sempre in evoluzione, possa contrastare efficacemente il degrado ambientale e aiutare la natura a riparare i danni subiti.

Prima di descrivere le principali conseguenze ambientali che soprattutto i fondali interessati dall’incidente hanno subito, è necessario evidenziare le circostanze fortuite che hanno determinato, tutto sommato, un impatto minimo sugli ecosistemi, considerando la grandezza della nave e le quantità e pericolosità degli inquinanti che conteneva.

7.1 Circostanze che hanno fortuitamente attenuato l’impatto dell’incidente sugli ambienti marini

Pur avendo determinato delle serie conseguenze ambientali, l’impatto dell’incidente è comunque da considerarsi minimo rispetto allo scenario che si sarebbe potuto verificare. Una serie di circostanze fortuite hanno fatto sì che l’entità dell’impatto non fosse maggiore. Nel seguito si riportano, sinteticamente, tali circostanze e i pericoli scampati:

1. lo squarcio di circa 70 metri lungo la fiancata di sinistra non ha interessato le cisterne contenenti il *bunker* (Figura 7.1), circa 2200 m³ di olio combustibile “IFO 380”, un prodotto “pesante” che se fosse stato rilasciato in mare avrebbe determinato un grave inquinamento, soprattutto a danno degli *habitat* litorali, degli organismi e dell’avifauna marina e avrebbe richiesto interventi di pulizia e ripristino molto gravosi e dall’esito incerto.
2. In seguito all’impatto sulla costa e durante tutte le operazioni di messa in sicurezza e rimozione del relitto, non si sono registrati sversamenti significativi di prodotti combustibili; le iridescenze comparse in occasione di mareggiate sono state, probabilmente, dovute all’opera di risciacquo delle onde su parti imbrattate dello scafo della “Costa Concordia” e da modesti rilasci di lubrificanti durante le operazioni di rotazione e rigalleggiamento.
3. Al momento del naufragio, le condizioni meteomarine erano assolutamente calme con mare piatto e una leggera brezza che spirava dal largo verso l’isola. Ciò ha fatto sì che la nave non fosse portata dallo scarroccio più al largo, dove sarebbe affondata su fondali ben più profondi e si sarebbero sofferte molte più vittime nonché maggiori difficoltà nelle operazioni di recupero degli inquinanti e di tutela degli ambienti colpiti.
4. Il relitto, durante l’affondamento, si è adagiato e “incastrato”, in maniera quasi simmetrica, su due sporgenze rocciose di Punta Gabbianara che hanno impedito il suo scivolamento verso fondali profondi circa 100 metri. Tale circostanza, al pari della circostanza di cui al punto 3, avrebbe sicuramente comportato un aumento del numero delle vittime, nonché dell’impatto sugli ecosistemi marini e delle difficoltà degli interventi che si sarebbero resi necessari per la rimozione del relitto.



Figura 7.1: Le cisterne contenenti il combustibile sono posizionate immediatamente sotto lo squarcio, lungo la chiglia.



Figura 7.2: Una piccola cala in prossimità del relitto, protetta da panne antinquinamento.

7.2 Isola del Giglio: gli ambienti marini e costieri colpiti

Le principali conseguenze ambientali causate dalla presenza del relitto e dalle attività realizzate per la sua rimozione sono state a carico degli ecosistemi che si sviluppano sui fondali circostanti la "Costa Concordia", nel dominio bentonico. In questo ambiente popolato da organismi la cui vita è in stretta relazione con il fondale, i tempi di recupero seguenti alla definitiva conclusione degli eventi causa d'impatto possono superare anche il decennio.

Nell'area di cantiere definita come "area ristretta" sono stati identificati, tra quelli che hanno subito le maggiori conseguenze, due tipi di *habitat* naturali di interesse conservazionistico, le praterie di *Posidonia oceanica* (Figura 7.3) e il coralligeno (Figura 7.4) (Bacci *et al.*, 2016, Casoli *et al.*, 2017, Mancini *et al.*, 2019, Penna *et al.*, 2018, Toniolo *et al.*, 2018).

Altri popolamenti presenti nell'area indagata e che sono risultati essere stati danneggiati sono:

- popolamento delle alghe fotofile su roccia con prevalenza di *Acetabularia acetabulum* e *Padina pavonica*;
- popolamento delle alghe sciafile su roccia con prevalenza di *turf* di *Phyllophora crispa* e *facies* a *Eunicella cavolinii* e *Paramuricea clavata*;
- popolamenti dei fondi mobili.

Box 7-1

La *Posidonia oceanica*

Posidonia oceanica (L.) Delile, è una fanerogama marina endemica del mar Mediterraneo. La pianta è organizzata in radici, fusto (rizoma) e foglie. I rizomi sono fusti modificati che presentano la caratteristica di accrescersi sia in senso orizzontale (rizoma plagiotropo o strisciante) sia verticale (rizoma ortotropo). I rizomi plagiotropi, che crescono orizzontalmente, hanno la funzione di ancorare la pianta al substrato grazie alla presenza di radici sul lato inferiore. I rizomi ortotropi invece contrastano il progressivo insabbiamento dovuto alla continua sedimentazione e permettono in tal modo di sfruttare al massimo lo spazio e la luce disponibili. Lo sviluppo in verticale determina un progressivo innalzamento del fondo che dà origine a una tipica formazione chiamata *matte*. Questa è costituita dall'intreccio di più strati di rizomi e radici di vecchie piante e dal sedimento intrappolato tra questi elementi. Quando la pianta incontra condizioni ambientali favorevoli colonizza vaste aree di fondo marino, formando ampie distese, chiamate praterie. Le praterie si estendono dalla superficie fino a profondità di circa 30÷35 metri, rappresentano una biocenosi molto complessa e strutturata, caratterizzata da un'elevata variabilità biologica e costituiscono una delle componenti fondamentali dell'equilibrio e della ricchezza dell'ambiente litorale costiero mediterraneo. Costituiscono aree di riproduzione e rappresentano un rifugio (*nursery*) per gli avannotti di pesci e per un gran numero di organismi, inclusi invertebrati sessili che colonizzano anche rizomi e foglie (cfr. epibionti) (Cinelli, F. *et al.*, 1995). Inoltre, le praterie di *Posidonia* costituiscono una barriera che smorza il moto ondoso proteggendo le coste dall'erosione.



Figura 7.3: Posidonieto su matte sui fondali del Giglio (foto Marina Penna).

Box 7-2 Il coralligeno

Il coralligeno è un popolamento caratterizzato dalla sovrapposizione dei talli di alghe calcaree incrostanti che prosperano in condizioni ambientali specifiche del Piano Circalitorale, contraddistinto da una ridotta intensità della luce, da una temperatura bassa e costante e da un moderato tasso di sedimentazione. Sebbene il coralligeno sia tipico del Piano Circalitorale, è presente anche in quello Infralitorale, dove forma delle "enclaves". Le alghe calcaree più rappresentate nel coralligeno sono le Rodoficee (alghe rosse) Corallinacee come *Lithophyllum stictaeforme*, *Neogoniolithon mamillosum* e *Mesophyllum lichenooides* e le *Peyssonneliaceae* come *Peyssonnelia rubra* e altre, tutte però caratterizzate dal possesso di un tallo calcareo. Popolamenti tipici del coralligeno possono quindi trovarsi a partire dai 20 m di profondità per spingersi, in condizioni di particolare trasparenza delle acque anche oltre i 140 m, nella parte orientale del bacino Mediterraneo. Il coralligeno di "piattaforma", di origine principalmente biogenica, si sviluppa sia al margine del limite inferiore delle scogliere sommerse, sia su fondali pianeggianti, originariamente mobili, della piattaforma continentale. (La Mesa, *et al.*, 2019).

Il coralligeno in rete NATURA 2000, è incluso nella tipologia di *habitat* "1170 Scogliere - Reefs", previsto dalla Direttiva Habitat (92/43/CEE) ed è riconosciuto *habitat* prioritario dal Protocollo ASPIM della Convenzione di Barcellona. L'UNEP MAP (*United Nations Environment Programme / Mediterranean Action Plan*) ha predisposto anche il "Piano di Azione per la conservazione del coralligeno e delle altre concrezioni calcaree del Mediterraneo" (UNEP/MAP-SPA/RAC, 2019).



Figura 7.4: Coralligeno sui fondali del Giglio (foto ROV ISPRA).

Gli effetti negativi su queste biocenosi sono stati determinati, sostanzialmente, da due motivi:

- l'effetto ombra del relitto e delle strutture di cantiere che non hanno più permesso l'attività fotosintetica di alghe e piante;
- la sedimentazione del materiale proveniente dalle attività di cantiere che ha soffocato e ricoperto gli organismi dei fondali circostanti il relitto.

L'effetto ombra si è manifestato già nei mesi successivi l'incidente soprattutto sulle praterie circostanti il relitto. La mancanza di luce diretta ha impedito alle piante di *Posidonia* di svolgere l'attività fotosintetica, mostrando prima un effetto di sbiancamento delle foglie e poi la morte di intere porzioni di praterie (Figura 7.5). L'effetto ombra si è manifestato anche successivamente per la presenza delle strutture di cantiere installate e dei mezzi nautici di appoggio che hanno stazionato per molti mesi nella stessa posizione.



Figura 7.5: Parte di una prateria le cui foglie risultano "sbiancate" per effetto dell'ombra causata dal relitto (fermo immagine video ROV ISPPA).

La sedimentazione del materiale proveniente dalle attività di cantiere ha contribuito notevolmente a intensificare gli effetti negativi determinati dall'ombra della nave e dei mezzi di appoggio. L'origine di questo materiale, descritto meglio nei paragrafi successivi, è diversa:

- opere di escavo e perforazione per alloggiare le strutture necessarie alla rimozione del relitto;
- posizionamento sui fondali di sacchi di cemento (*grout bag*) per facilitare la rotazione del relitto;
- dispersione di detriti e rifiuti provenienti dal relitto e dalle attività di progetto.

Questo materiale si è depositato nell'area di cantiere per spessori, in alcuni casi, dell'ordine di qualche metro, distruggendo anche completamente le biocenosi che si sviluppavano sui fondali. La morte di vegetali e animali è avvenuta non solo per soffocamento ma, anche perché il materiale che si è depositato aveva spesso una significativa percentuale di sostanze cementizie che, a causa del loro pH molto basico (superiore a 10), sono risultate letali per la maggior parte degli organismi bentonici colpiti (Figura 7.6).

A testimonianza del fatto che la copertura sedimentaria ha inciso significativamente sui danni a carico degli *habitat* di fondale, si è osservato che il coralligeno sviluppato su piani sub-orizzontali ha subito maggiori conseguenze rispetto a quello accresciutosi su pareti sub-verticali.



Figura 7.6: Posidonia e coralligeno danneggiati ripresi durante un'ispezione con il ROV ISPRA.

7.3 Concordia. I piani di monitoraggio e controllo



Figura 7.7: Tecnici ISPRA e della Guardia Costiera durante un monitoraggio delle acque.

L'area dell'incidente è risultata essere tra quelle maggiormente monitorate al mondo: da un lato c'è stato il monitoraggio ambientale per conto di Costa S.p.A., dall'altro il monitoraggio e controllo di parte pubblica, condotto da ISPRA e ARPAT (Figura 7.7). I risultati delle due attività di monitoraggio giungevano all'Osservatorio ambientale e davano così un quadro della situazione utile ad assumere decisioni a tutela dell'ambiente.

I monitoraggi ambientali che sono stati messi in opera hanno perseguito soprattutto due obiettivi:

- disporre di un aggiornamento continuo dello stato delle acque interne ed esterne al relitto;
- conoscere l'evoluzione degli impatti intorno al relitto e nello specifico, sulle biocenosi bentoniche posidonieto e coralligeno.

Le indagini condotte sono state molteplici:

- analisi chimiche ed ecotossicologiche delle acque e dei sedimenti per verificare la presenza di inquinanti e dei loro potenziali effetti;
- indagini sulla presenza di mammiferi marini, soprattutto nel corso di attività di cantiere “rumorose” e quindi di potenziale impatto per questi organismi;
- indagini elettroacustiche per effettuare una mappatura dei fondali e delle biocenosi (Box 7-3);
- osservazioni visive mediante robot filoguidato (ROV) e operatori subacquei per osservare e misurare direttamente lo stato dei fondali (Box 7-4).

Box 7-3

I sistemi elettroacustici per il monitoraggio dei fondali

Si fa riferimento soprattutto a sistemi sonar che, per gli scopi ambientali, sono: il *side scan sonar* e il *multibeam*.

Il sonar a scansione laterale (*side scan sonar*) emette onde acustiche su due fasci laterali, generando nel complesso un ventaglio di onde ampio nel piano trasversale alla rotta (decine di gradi). Il ventaglio di segnale così emesso permette al sistema di registrare gli echi provenienti in tempi successivi, da porzioni di fondale sempre più distanti dalla perpendicolare dell'emissione degli impulsi e va ad investigare le aree che si trovano ai suoi lati e non immediatamente sotto.

Gli impulsi acustici sono convertiti in segnali analogici i quali sono immagazzinati in formato digitali; il *software* specifico trasforma i segnali in immagini chiamate “sonogrammi”. Ad ogni sonogramma è contemporaneamente associata l'informazione relativa alla propria posizione spaziale mediante la georeferenziazione. A questo punto i sonogrammi georeferenziati ottenuti da ogni corridoio di navigazione devono essere uniti tra loro attraverso il processo di “mosaicatura” in modo da avere un'immagine completa dell'area indagata.

Il *side scan sonar* permette di descrivere le caratteristiche del fondale marino anche di notevole dettaglio a livello geomorfologico e di sviluppo di biocenosi sul fondale. Rappresenta lo strumento di indagine preferenziale nella comunità scientifica per la mappatura per le praterie di *Posidonia oceanica*.

L'ecoscandaglio multifascio o *multibeam* è un sistema utilizzato per effettuare rilievi batimetrici ad una elevata risoluzione. Il principio base di funzionamento è lo stesso del precedente ecoscandaglio, ma a differenza del *side scan sonar*, è in grado di emettere simultaneamente un ventaglio di impulsi acustici ad alta frequenza (*beams*) che permettono di ottenere una copertura del fondale continua, lungo una fascia trasversale alla direzione di navigazione dell'area indagata (Figura 7.8).

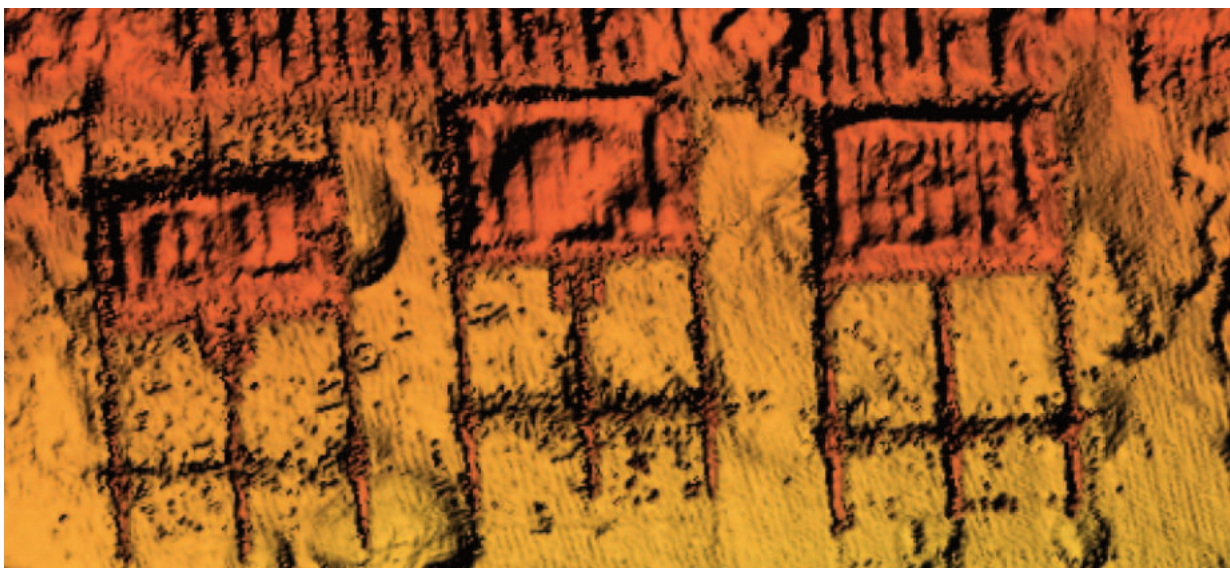


Figura 7.8: Elaborazione tridimensionale dei dati provenienti da un multibeam utilizzato nell'area dell'incidente Concordia (fonte ISPRA).

Box 7-4**Il ROV (*Remotely Operated Vehicle*)**

Un ROV è un veicolo sottomarino pilotato da una postazione remota, che può essere una piattaforma petrolifera, una nave, oppure una postazione sulla costa come la banchina di un porto. Di solito, a un ROV viene associato un sistema di lancio e recupero chiamato LARS (*Launch And Recovery System*) e un TMS (*Tether Management System*) che serve a gestire il *tether* (ombelicale), un cavo che collega il robot sottomarino con la consolle a bordo del mezzo di appoggio, permettendo così la manovrabilità del mezzo in tempo reale a lunghe distanze del ROV (Figura 7.9).

Questo tipo di veicoli possono presentare caratteristiche molto diverse tra loro per assolvere a differenti mansioni. Possiamo dividere questi veicoli in 5 categorie; per le indagini ambientali, generalmente, si utilizzano i ROV appartenenti alle classi I e II che hanno le seguenti caratteristiche:

- La prima (classe I) è costituita da modelli molto piccoli, usati principalmente per svolgere ispezioni in luoghi angusti come tubazioni o simili; sono completamente elettrici e sono equipaggiati con almeno una telecamera e dei fari per l'illuminazione. Possono raggiungere i 300 m di profondità e hanno un potenziale di sollevamento fino a 10 kg al massimo.
- La seconda (classe II) comprende veicoli dalle dimensioni maggiori che possono arrivare al peso di 500 kg. Questi ROV vengono usati per le ispezioni di piattaforme petrolifere o in supporto agli operatori subacquei o per la scansione dei fondali; sono inoltre dotati di telecamere, fari e manipolatori idraulici utilizzati per svolgere piccoli lavori come, a esempio, chiudere una valvola.



Figura 7.9: ROV ISPRA impiegato nelle attività di controllo e monitoraggio dell'incidente Concordia.

7.4 Estensione e intensità delle conseguenze ambientali

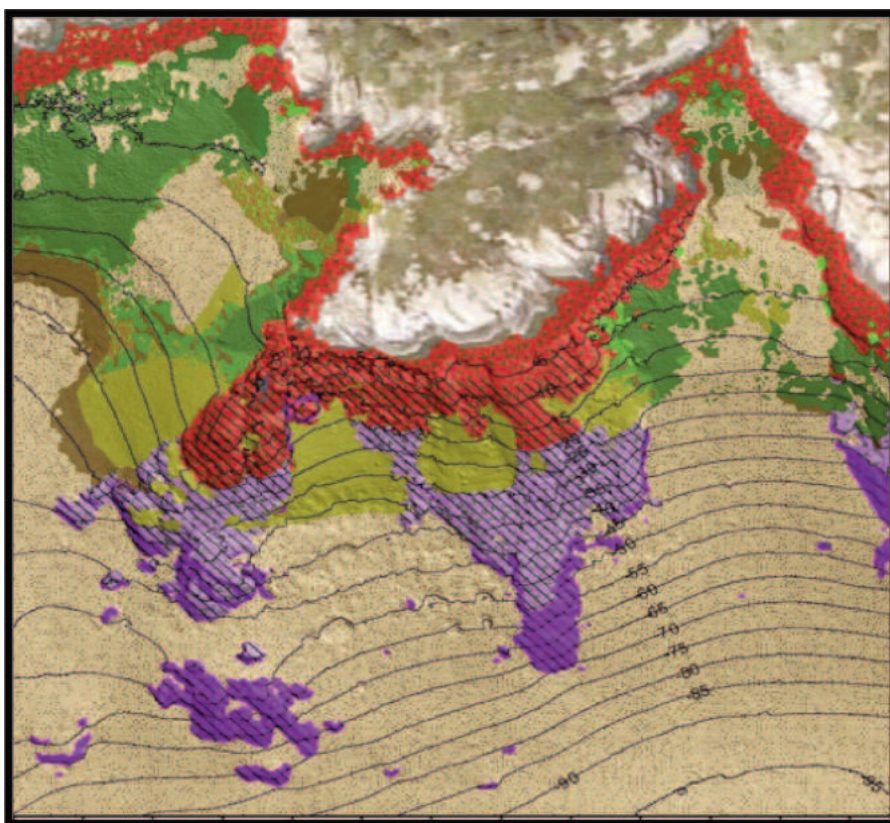


Figura 7.10: Carta delle biocenosi bentoniche. In tratteggiato le biocenosi di fondo duro che risultano danneggiate. Agosto 2018 (originale in scala 1:1.000). Rosso: Popolamenti infralittorali fotofili, Viola chiaro: popolamenti infralittorali sciafili e del circalittorale, Viola scuro: Coralligeno, Verde: prateria di Posidonia, Verde muschio: prateria di Posidonia danneggiata o persa, Verde brillante: Posidonia su roccia, Verde/Marrone: Prateria in regressione, Marrone: matte morta di Posidonia, Giallo: fondi mobili (fonte CIBM).

Grazie alle azioni di monitoraggio condotte sin dall'inizio è stato possibile avere un quadro molto dettagliato dello stato degli *habitat* dei fondali che hanno ospitato per molti anni il relitto e le strutture di cantiere. È stato osservato come questi si sono deteriorati nel tempo e in alcuni casi sono stati completamente distrutti, mostrando un substrato deserto e privo di vita.

Il Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed ecologia applicata (CIBM), con la supervisione di ISPRA e ARPAT, ha condotto al termine dei lavori di ripristino ambientale (descritti nel paragrafo successivo) un *survey*

scientifico volto a verificare a fine lavori lo stato ambientale dell'intera area di cantiere. La fotografia della situazione permette di asserire che, per un raggio di approssimativamente 500 metri, gli *habitat* appaiono completamente danneggiati o quanto meno, significativamente compromessi e degradati. Soprattutto lungo i margini di questa area, lo stato dei popolamenti è eterogeneo, conservando comunque zone (*patches*) in migliori condizioni alternate ad altre in peggiori condizioni (Figura 7.10). Oltre questa distanza, però, i fondali sembrano aver risentito poco degli effetti negativi.

Per dare un'idea dell'estensione degli *habitat* degradati nel seguito si riporta una tabella (Tabella 7.1) che riepiloga una stima dei metri quadri danneggiati per ciascun *habitat*, proposta dal CIBM e condivisa da tutti i rappresentanti riuniti nell'Osservatorio ambientale.

Habitat	m ² danneggiati
Prateria di Posidonia oceanica	9.952
Coralligeno	5.211
Popolamento delle alghe fotofile su roccia	5.526
Popolamento delle alghe fotofile su roccia	5.288
Popolamenti su fondi mobili	20.107

Tabella 7.1: Stima dei metri quadrati danneggiati dei diversi habitat di fondale (fonte: CIBM).

Riferimenti bibliografici del capitolo 7

1. Bacci T., Penna M., Rende S.F., Trabucco B., Gennaro P., Bertasi F., Marusso V., Grossi L., Cicero A.M., 2016. Effects of Costa Concordia shipwreck on epiphytic assemblages and biotic features of *Posidonia oceanica* canopy. *Marine Pollution Bulletin*, 109 (1): 110-116.
2. Casoli E., Ventura D., Modica M.V., Belluscio A., Capello M., Oliviero M. e Ardizzone G.D., 2016. A massive ingression of alien species *Mytilus edulis* L. (*Bivalvia: Mollusca*) into the Mediterranean sea following the Costa Concordia cruise-ship disaster. *Medit. Mar. Sc.*, 17 (2):404-416.
3. Casoli E., Ventura D., Cutroneo L., Capello M., 2017. Assessment of the impact of salvaging the Costa Concordia wreck on the deep coralligenous habitats. *Ecological Indicators*, 80:124 - 134.
4. Cinelli, F.; Pardi, G.; Papi, I., 1995. *La Posidonia oceanica: biologia della pianta*.
5. La Mesa, G.; Tunesi, L., 2019. "1170 – Scogliere Reefs" e "Coralligeno" in: La Mesa, G.; Paglialonga, A.; Tunesi, L. (ed.), 2019. *Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE e Direttiva 09/147/CE) in Italia: ambiente marino*. ISPRA, Serie Manuali e linee guida, 190/2019.
6. Mancini G., Casoli E., Ventura D., Jona-Lasinio G., Criscoli A., Belluscio A., G.D. Ardizzone G.D., 2019. Impact of the Costa Concordia shipwreck on a *Posidonia oceanica* meadow: a multi-scale assessment from a population to a landscape level. *Marine Pollution Bulletin*, 148: 168 – 181.
7. Penna M., Gennaro P., Bacci T., Cecchi E., Mancusi C., Piazzini L., Rende F.S., Serena F., Cicero A.M., 2018. Multiple environmental descriptors to assess ecological status of sensitive habitats in the area affected by Costa Concordia shipwreck (Giglio island, Italy). *Jour. Of the Marine Biological Association*, 98: 51 – 59.
8. Schintu M., Marrucci A., Marras B. *Passive Sampling Technologies for the Monitoring of Organic and Inorganic Contaminants in Seawater*, *Current Environmental Issues and Challenges* pp 217-237 - March 2014.
9. UNEP/MAP – SPA/RAC, 2019. *Proceedings of the 3rd Mediterranean Symposium on the conservation of Coralligenous & other Calcareous Bio-Concretions (Antalya, Turkey, 15-16 January 2019)*. LANGAR H., OUERGHI A., edits, SPA/RAC publi., Tunis, 135 p.
10. Toniolo C., Di Sotto A., Di Giacomo S., Ventura D., Casoli E., Belluscio A., Nicoletti M. and Ardizzone G.D., 2018. Seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile as a marine biomarker: a metabolic and toxicological analysis. *Ecosphere*, 9 (3): 1-18.
11. Università "Sapienza" di Roma, 2012. *Recupero nave Concordia. Caratterizzazione ambiente marino. Relazione finale*. Settembre 2012.
12. Università "Sapienza" di Roma, 2014. *Survey sullo stato dei fondali dopo la rimozione della Concordia. Relazione Finale*. Novembre 2014.



CAPITOLO 8

IL RIPRISTINO AMBIENTALE DEI FONDALI DANNEGGIATI DAL NAUFRAGIO DELLA CONCORDIA





Figura 8.1: Parte del fotomosaico che raffigura tutta l'area delle piattaforme e dei sacchi, realizzato dal nucleo subacqueo dei Carabinieri di Genova per conto della Procura con la collaborazione di ISPRA.

Una volta trasferito il relitto al porto di Genova-Voltri, terminava la fase emergenziale e si entrava in una fase che può essere definita post emergenziale (Università “La Sapienza” di Roma, 2014). La struttura commissariale di emergenza completava il proprio compito, mentre lo smantellamento del relitto avveniva sotto il coordinamento della Regione Liguria.

All'isola del Giglio aveva invece avvio, nel novembre 2014, il ripristino ambientale (la cosiddetta fase “WP9”) con il coordinamento della Regione Toscana che si avvaleva del supporto dell'Osservatorio ambientale. Il ripristino ambientale ha rappresentato una fase progettuale essenziale ed è consistita nell'asportazione di tutti i residui di cantiere e del materiale, proveniente dal relitto, adagiatisi sui fondali circostanti (Figura 8.1 e Figura 8.2). Questa finalità di intervento, necessaria per permettere all'ambiente naturale di recuperare e ricreare gli *habitat* che hanno subito un danno, purtroppo non viene sempre presa in considerazione al termine di opere del tipo delineato, soprattutto se la maggior parte delle attività si svolgono sotto la superficie del mare.

8.1 L'approccio metodologico e le cautele ambientali

Prima di illustrare le attività di ripristino ambientale nel loro dettaglio, è opportuno descrivere le procedure che sono state adottate per autorizzare l'avvio delle stesse e attestarne la loro conclusione; procedure in realtà poco applicate in casi simili ma estremamente interessanti per impieghi futuri.

All'inizio della fase di ripristino ambientale, la Costa Crociere S.p.A. ha presentato, per la sua approvazione da parte dell'Osservatorio ambientale, un progetto comprensivo di tutte le attività per la sua approvazione. Per ciascuna attività veniva presentato un piano di dettaglio che prevedeva sempre, all'avvio, una fase sperimentale. Nella fase di avvio, le attività venivano svolte con la presenza su campo di ISPRA e ARPA Toscana. In base agli esiti della sperimentazione, l'Osservatorio approvava l'avvio delle operazioni, solitamente con ulteriori prescrizioni volte a una maggiore tutela ambientale. Durante le singole attività e al loro termine, ISPRA e ARPAT effettuavano sopralluoghi sul cantiere per attestare l'effettiva conclusione delle operazioni, grazie anche alla realizzazione di indagini condotte da operatori ROV della Ditta Micoperi alla presenza di membri dell'Osservatorio.

8.2 Le attività di ripristino ambientale

L'intero progetto "WP9" è stato suddiviso nelle seguenti sei fasi:

1. rimozione dei resti dei mitili (*Mitylus edulis*) rilasciati dal pontone "Pioneer" impiegato a supporto delle attività di cantiere;
2. rimozione dei sacchi di cemento (*grout bag*) sistemati sul fondale marino per il supporto della chiglia del relitto durante la sua rotazione;
3. rimozione delle sei piattaforme metalliche installate sul fondale marino e utilizzate per sostenere il relitto dopo la sua rotazione;
4. rimozione di rifiuti affondati e altri manufatti di cantiere;
5. rimozione delle 12 basi di ancoraggio delle torri (*anchor block*) utilizzate per trattenere il relitto nella sua posizione e impedirne lo scivolamento;
6. rimozione dei sedimenti cementizi prodotti dalle attività di cantiere.

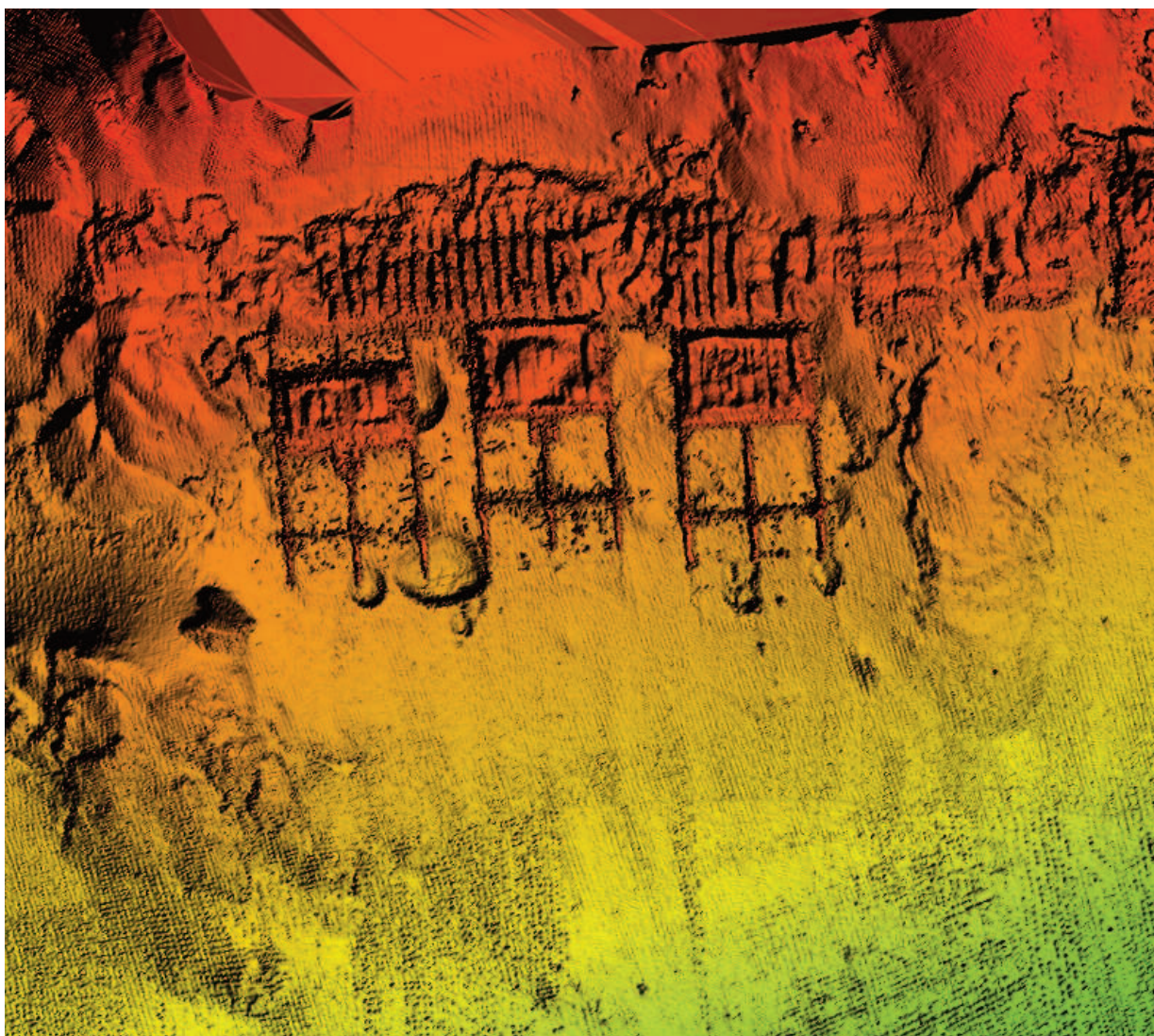


Figura 8.2: Riproduzione 3D dell'area di cantiere, ottenuta attraverso una prospezione con scandaglio multifascio (Fonte ISPRA).

Per chiarezza di esposizione, si illustra lo stato dei fondali con riferimento alle sei fasi progettuali che hanno caratterizzato l'intero progetto di ripristino dei fondali.

1. Rimozione dei resti dei mitili (*Mytilus edulis*)

Tale operazione, conclusa nel marzo 2015, è consistita nell'asportazione dei resti di *M. edulis* (cozza atlantica differente da quella autoctona del Mediterraneo, il *M. galloprovincialis*) rilasciati dal pontone "Pioneer" impiegato a supporto delle attività di cantiere (Figura 8.3).

Box 8-1

L'impatto sulla prateria di *Posidonia oceanica* determinato dalle valve di *Mytilus edulis* (Casoli et al., 2016)

Una superficie di fondale ampia circa 150x50 metri fu interessata dalla presenza cospicua delle valve dei mitili che si svilupparono sulla chiglia dell'*Accommodation vessel* "Pioneer", proveniente dall'Olanda, che stazionò al fianco del relitto per circa un anno. Gli esemplari di questa specie di cozza atlantica si accrebbero velocemente nelle acque del Giglio durante i mesi invernali ma essendo una specie non adattata ad acque oligotrofiche e più calde di quelle oceaniche dove vive, durante il periodo estivo, con l'innalzamento della temperatura del mare, migliaia di esemplari morirono e caddero sul fondale. Questa moria determinò la morte della sottostante prateria di *Posidonia oceanica* a causa del ricoprimento da parte delle valve dei molluschi cadute dalla chiglia.



Figura 8.3: Il pontone "Pioneer" dal quale si sono staccate le valve di *Mytilus edulis*.

L'asportazione delle valve è avvenuta con l'impiego di una speciale sorbona costruita per l'occasione, montata su una struttura metallica e comandata da remoto. Una sorta di aspirapolvere che lavorava a circa 20 centimetri dal fondale, la cui potenza era settata per asportare le valve ma non il sedimento o le piante di *Posidonia* superstiti.

Al termine dei lavori il tratto di fondale risultava idoneo e adatto a un nuovo sviluppo della prateria di *Posidonia oceanica*.

2. Rimozione dei sacchi di cemento (*grout bag*)

I sacchi di cemento (i cosiddetti *grout bag*) furono posizionati in numero di circa 1400 sul fondale marino (Figura 8.4). Riempiti di malta cementizia e collocati tra il fondale naturale e le piattaforme

metalliche, offrivano il supporto necessario a permettere alla chiglia del relitto di ruotare su una superficie regolare senza rompersi nel corso del *parbuckling*.



Figura 8.4: Rimozione dei grout bag con una benna appositamente realizzata.

La rimozione dei *grout bag* inizialmente era programmata attraverso il salpamento di ogni singolo sacco grazie all'aggancio di apposite cinghie posizionate su ciascun sacco; la loro continua rottura nel corso delle operazioni sperimentali ha però determinato la scelta di impiegare una specifica benna, con la quale si è operato sino al termine delle operazioni (Figura 8.5).



Figura 8.5: Benna appositamente realizzata.



Figura 8.6: Materiale recuperato dalla benna e stoccato prima dello smaltimento. In parte è stato riutilizzato per le opere di ampliamento del porto di Piombino.

La rimozione dei *grout bag* si è conclusa a dicembre 2015 e in parte sono stati successivamente riutilizzati per le opere di ampliamento del porto di Piombino (Figura 8.6). È però importante sottolineare che la necessità di asportare i sacchi con l'utilizzo di una benna ha determinato che consistenti quantità di materiale cementizio fossero sparse sul fondale, prolungando in maniera significativa la durata della successiva fase di rimozione dei sedimenti.

3. Rimozione delle sei piattaforme metalliche

La rimozione delle sei piattaforme metalliche (Figura 8.7), installate sul fondale marino e utilizzate



Figura 8.7: Una delle sei piattaforme posizionate su un pontone per il loro trasferimento a terra dove il metallo è stato recuperato.

per sostenere il relitto dopo la sua rotazione, si è conclusa a marzo 2016. La rimozione è avvenuta tagliando i pali di sostegno quanto più possibile al livello del fondale.

L'ipotesi di poter rimuovere o meno le grandi piattaforme sommerse che sorreggevano parte del relitto ha suscitato grande confronto; infatti, un tipo di dilemma che spesso si affaccia nell'affrontare le fasi successive all'emergenza, quando pulizia, ripristino, recupero e restauro necessitano della definizione di confini prima di essere messi in opera, è se lasciare le strutture cantieristiche *in situ*, per farne elemento di attrazione per il turismo subacqueo o fare il possibile per lasciare integri i fondali colpiti, valutando quelle strutture come un elemento di alterazione. Questi dilemmi si possono affrontare grazie alle esperienze e conoscenze tecnico scientifiche degli ambienti colpiti e sempre devono tenere in conto il contenimento dei costi.

Nel caso delle piattaforme, le ragioni di quanti avrebbero voluto vederle trasformate in un'attrattiva per turisti e opportunità d'insediamento per organismi marini si sono confrontate con considerazioni circa il tempo che sarebbe trascorso prima che le strutture, in assenza di onerosa manutenzione, collassassero per effetto della corrosione marina con valutazioni sulle incognite che comporta l'alterazione di un *habitat* costiero. Il bilancio costi/benefici, richiesto nel caso della progettazione e messa in opera delle cosiddette "barriere artificiali", è un tema tutt'oggi molto dibattuto. Il relitto di una nave che giace su un fondale di tipo detto "mobile", perché costituito da sedimenti sciolti, crea infatti un substrato dove possono accrescersi organismi propri del *benthos* che popola esclusivamente i fondali, invece, detti "duri". Analogamente, la disposizione sul fondale di grandi manufatti in calcestruzzo, con anfratti e cavità variamente disposte per facilitarne la colonizzazione da parte di organismi sessili e offrire rifugio alla fauna vagile, diventa una struttura da poter sfruttare ad ausilio della pesca commerciale. Inoltre, le opere realizzate sul fondale per la rimozione della "Costa Concordia", come piattaforme e *anchor block*, sarebbero potute diventare barriere artificiali (*artificial reef*), creando le condizioni e il contesto per l'industria delle immersioni "ricreative" (Symes, *et al.*, 2020). Al termine dei lavori eseguiti per la rimozione di queste strutture, sul fondale ne sono comunque rimaste parti che non potevano o non conveniva asportare: monconi di palo che si elevavano dal fondale per un'altezza massima di un metro, spesso circondati da un anello di cemento, utilizzato nella fase di messa in opera delle strutture (Figura 8.8).



Figura 8.8: Alcuni dei residui di pali delle piattaforme rimasti sul fondale.

Tali monconi si trovano in rilievo rispetto alla superficie del fondale per due ordini di motivi:

- il limite di operatività dello strumento utilizzato per il taglio che data l'irregolarità del fondale, ha potuto operare solo sino a qualche decina di centimetri dalla superficie di questo;
- la successiva operazione di asportazione dello strato di sedimento cementizio ha messo maggiormente in rilievo i monconi dei pali.

Il cemento residuo non è stato rimosso per le difficoltà di asportazione anche in considerazione del fatto che si presentava duro e non sfaldabile, quindi adatto a una successiva colonizzazione da parte di organismi bentonici sessili, similmente a quanto potrà avvenire sulla circostante roccia granitica.

4. Rimozione di rifiuti affondati e altri manufatti di cantiere



Figura 8.9: Cumulo di rifiuti provenienti dal relitto, osservati sui fondali di cantiere, poi rimossi.

Nell'area di cantiere si sono riscontrati consistenti accumuli di rifiuti; essi provenivano soprattutto da bordo nave e in questo caso, mobilitati dal moto ondoso si sono depositati sui fondali, soprattutto quando il relitto è stato ruotato. Si sono osservati, però, anche residui delle attività di cantiere (Figura 8.9). In alcuni casi, i cumuli erano spessi anche alcuni metri.

La rimozione è avvenuta, per gli accumuli consistenti, con l'impiego di una benna a ragno (Figura 8.10). Mentre i rifiuti sparsi sul fondale sono stati raccolti da operatori subacquei professionali che stoccarono il materiale in un contenitore posto sul fondale che veniva salpato una volta riempito.

L'attività di rimozione dei rifiuti si è conclusa a giugno 2016. La successiva rimozione dei sedimenti ha però riportato sulla superficie del fondale ciò che ancora si trovava sepolto e che poi è stato raccolto.



Figura 8.10: Recupero dei grossi cumuli di rifiuti con benna a ragno.

5. Rimozione delle 12 basi delle torri di ancoraggio (*anchor block*)

La rimozione delle 12 basi delle torri di ancoraggio (*anchor block*) utilizzate per trattenere il relitto nella sua posizione e impedirne lo scivolamento, si è conclusa nell'aprile 2018. Per 11 *anchor block* sono stati eliminati tutti i residui visibili, compresi i basamenti costituiti da strati di cemento e sacchetti di sabbia utilizzati per livellare il fondale dove poggiare le strutture metalliche degli *anchor block* (Figura 8.11).



Figura 8.11: I dodici anchor block dai quali è stato rimosso anche il basamento fatto di sacchetti di sabbia e cemento.

Al termine dei lavori sul fondale sono apparse delle nicchie nella roccia granitica originate gli scavi eseguiti per alloggiare le strutture metalliche.

Solo nel caso dell'*anchor block* n. 8 è rimasto un residuo di cemento duro sul fondale spesso circa un metro. Questo residuo è stato lasciato *in situ* perché di difficile asportazione e anche in considerazione del fatto che si comporta come il granito circostante e nel tempo potrà agire da supporto per lo sviluppo di organismi bentonici sessili, così come il substrato granitico.

6. Rimozione dei sedimenti prodotti dalle attività di cantiere

La rimozione dei sedimenti alloctoni che si sono depositati nell'area di cantiere è stata avviata come ultima fase del progetto e si è conclusa ad aprile 2018. È stata la parte più complessa e lunga del lavoro di pulizia. Sono state rimosse circa 9.000 tonnellate di sedimento sia da fondi mobili che da fondi duri con batimetrie che variano dai 30 fino a circa 90 metri di profondità.

Box 8-2

Rilevanza ambientale dell'asportazione del materiale cementizio

L'asportazione del cemento è stata una fase delicata il cui buon esito, forse più di altre attività di rimozione, avrebbe garantito un reale aiuto per un recupero dell'ambiente naturale colpito. La presenza di materiale cementizio in grandi quantità, infatti, avrebbe inibito lo sviluppo di nuova vita sia per la granulometria molto fine che soffocava i fondali sia, soprattutto, per l'alterazione dell'alcalinità delle acque che il cemento determinava (valori superiori a un pH 9). Le praterie di Posidonia e il coralligeno in queste condizioni non sono in grado di svilupparsi.

Essa ha avuto l'obiettivo di eliminare soprattutto il materiale cementizio prodotto nel corso delle operazioni di rimozione del relitto e del ripristino dei fondali. In particolare, tale materiale è stato prodotto durante:

- la messa in opera degli *anchor block* dove, come detto, è stata creata una base di cemento per alloggiare le strutture;
- la messa in opera delle piattaforme per il sostegno del relitto, allorché il cemento è stato iniettato per fissare l'alloggiamento dei pali di sostegno al fondale;
- la messa in opera dei *grout bag*, riempiti appunto con malta cementizia;

il consolidamento dei costoni rocciosi su cui si è appoggiato il relitto dopo l'affondamento. In questo caso, la malta cementizia è stata iniettata nella roccia fratturata;

- il recupero dei *grout bag* con benna: la continua rottura dei sacchi ha determinato lo spargimento dei frammenti cementizi sul fondale.

La rimozione dei sedimenti è avvenuta principalmente con l'utilizzo di una sorbona manovrata da operatori subacquei altofondalisti (Figura 8.12) che hanno operato sino a una batimetria di 90 metri, limite oltre il quale tale materiale non si è osservato.



Figura 8.12: Operatori subacquei altofondalisti si immergono per eseguire le operazioni di sorbonatura.

Nel caso il materiale fosse stato di dimensioni tali da non poter essere aspirato con la sorbona, veniva raccolto in big bag o scarrabili posizionati sul fondale e poi salpati una volta pieni. Il materiale recuperato a bordo della "MICOPERI 30" veniva quindi trattato in uno specifico e complesso impianto per il vaglio e la separazione secondo le diverse classi granulometriche (Figura 8.13 e Figura 8.14), quindi trasportato a terra per il suo conferimento a impianto di smaltimento/recupero.



Figura 8.13: Dettaglio del sedimento granitico asportato.



Figura 8.14: Alcuni dettagli dell'impianto di vaglio e separazione del sedimento raccolto.

La rimozione è stata condotta ripartendo l'intera area in sub-aree, suddivise per fasce batimetriche; al termine delle operazioni di aspirazione in ciascuna sub-area, sono state eseguite le ispezioni e le verifiche per dichiarare concluse, in tali tratti di fondale, le operazioni di recupero/pulizia (Figura 8.15).

Box 8-3**Criteria adottati per dichiarare concluse le operazioni di aspirazione dei sedimenti**

Nel corso della fase preliminare di test sono stati stabiliti i criteri per considerare quando, per ciascuna sub-area, l'attività di aspirazione poteva essere considerata conclusa. Tali criteri, applicati a campioni di sedimento prelevati al termine delle operazioni sono stati i seguenti:

- la ripartizione delle classi granulometriche doveva essere paragonabile a quella osservata in campioni prelevati a batimetrie simili prima delle attività di cantiere;
- le analisi mineralogiche dovevano evidenziare che le percentuali di materiale ascrivibile al cemento risultano essere con un valore medio inferiore al 2% della composizione totale;
- i valori di pH dovevano rientrare nell'intervallo di normalità per le acque marine (7,5÷8,5).

Inoltre, gli operatori subacquei sono stati formati, prima delle operazioni, per aiutarli a comprendere quando poter terminare l'aspirazione del materiale dalla superficie del fondale di una determinata area, in base alla variazione di colore e granulometria, per evitare di aspirare sedimento in eccesso.



Figura 8.15: Fondale roccioso in cui si può osservare una fascia "sbiancata", segno del ricoprimento di materiale cementizio che ha impedito lo sviluppo di organismi sessili (foto ISPRA).

Al termine dei lavori di aspirazione e limitatamente a ristrette aree di cantiere è stato lasciato cemento solidificato infiltrato negli anfratti della roccia granitica, iniettato durante la fase di stabilizzazione del relitto per consolidare le rocce che erano state fratturate sotto il peso della nave (Figura 8.16).



Figura 8.16: Cemento solidificato infiltrato negli anfratti della roccia granitica (foto ISPRA).

Riferimenti bibliografici del capitolo 8

1. CIBM, 2018. Survey sullo stato dei fondali al termine dei lavori di ripristino dopo la rimozione della Concordia. Rapporto finale settembre 2018.
2. ISPRA 2018. "Costa Concordia: survey finale al termine dei lavori di ripristino dei fondali ("WP9") - Relazione finale" Documento Tecnico (DT-CN-CRE 02/2018) del Centro Nazionale per le crisi e le emergenze ambientali e il danno.
3. Micoperi, wp9 – remediation: procedura operativa per la rimozione dei sedimenti sito costa concordia (WP9SR-MC-PRO-60-215-04) , agosto 2016.
4. Symes P.; Riess, W., 2020. Aqaba: Diving Jordan's Artificial Reefs. X-Ray Mag. February/March 2020. N. 96.
5. Università "Sapienza" di Roma, 2014. Survey sullo stato dei fondali dopo la rimozione della Concordia. Relazione Finale. Novembre 2014.

CAPITOLO 9

IL RECUPERO
AMBIENTALE DEI
FONDALI DANNEGGIATI
DAL NAUFRAGIO
DELLA CONCORDIA



Terminate le attività di ripristino ambientale dei fondali, ha avuto avvio l'ultima fase progettuale che consiste nel recupero ambientale di biocenosi di fondale danneggiate dall'incidente (la cosiddetta fase "WP 10").

Nei Piani elaborati per le attività contemplate nel "recupero ambientale" si è inteso con queste favorire la naturale tendenza di un ambiente a riparare, entro limiti difficilmente prevedibili, i danni subiti recuperando le originarie caratteristiche degli *habitat*.

Con l'obiettivo di valutare e verificare le dinamiche di recupero delle biocenosi danneggiate dal naufragio della nave "Costa Concordia" e dalle attività svolte nel cantiere per la sua rimozione, le azioni previste si sono concentrate sul tentativo di favorire la riparazione delle due biocenosi evidentemente danneggiate dalle conseguenze del naufragio, il posidonieto e il coralligeno. In particolare, si prevede il reimpianto di esemplari della fanerogama marina *Posidonia oceanica* e la messa a dimora di organismi del coralligeno.

Queste attività di recupero sono state affidate dalla Società Costa Crociere al Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed ecologia applicata (CIBM), referente tecnico-scientifico per la conduzione dello specifico "Piano di recupero ambientale e di monitoraggio a lungo termine", approvato dall'Osservatorio ambientale nell'ottobre 2018. Le attività hanno avuto avvio nell'aprile 2019 e avranno durata di 5 anni.

Per conto dell'Osservatorio, ISPRA e ARPAT hanno avuto l'incarico di supervisionare e controllare le attività di recupero ambientale e di effettuare monitoraggi dei fondali. Queste funzioni sono state attribuite in continuità con gli analoghi compiti avviati immediatamente dopo il naufragio e proseguite durante le fasi di rotazione, rigalleggiamento e allontanamento della Costa Concordia, così pure durante la fase di ripristino dei fondali, per il perseguimento dell'interesse pubblico di protezione ambientale.

9.1 L'approccio metodologico e le cautele ambientali

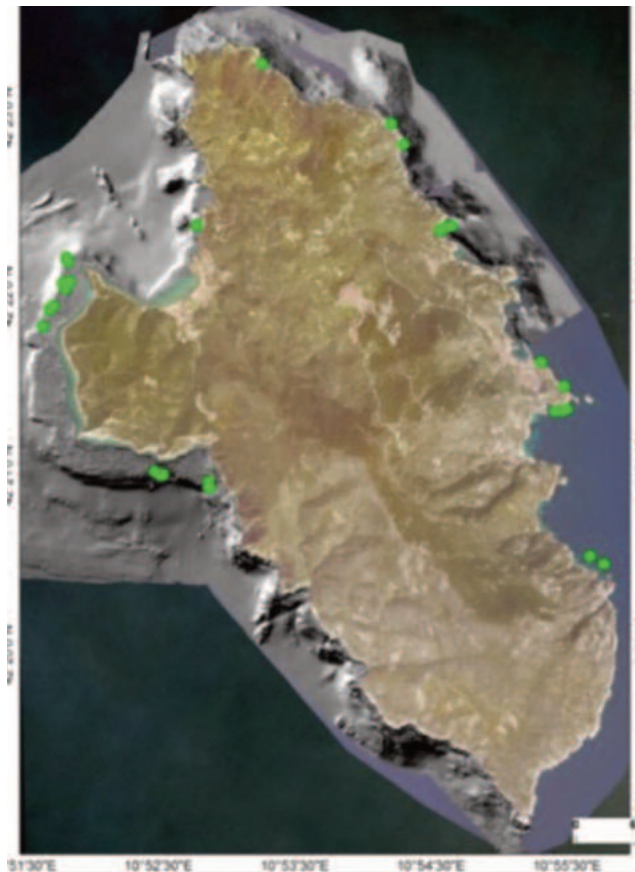


Figura 9.1: In verde i punti di prelievo delle talee di *Posidonia* utilizzate per il trapianto.

In generale, l'approccio metodologico adottato per le azioni previste nel piano contempla la necessità che gli interventi progettati siano il meno invasivi possibile, limitandosi a contribuire affinché la natura possa recuperare autonomamente e nel più breve tempo possibile. Le principali attenzioni messe in atto perché ciò avvenga sono:

1. interdizione dell'area d'intervento alle attività di subacquea ricreativa, pesca e ancoraggio;
2. riforestazione del posidonieto mediante l'uso di talee di *Posidonia oceanica* recuperate sui fondali dell'Isola del Giglio e selezionate. Le zone dove reperirle sono i fondali dove più frequentemente si ancorano le imbarcazioni da diporto causando il distacco di talee dalle praterie naturali durante il loro salpamento. Analogo fenomeno è causato, in certe condizioni, dal moto ondoso e anche queste talee sono selezionate e utilizzate per i reimpianti (Figura 9.1). In alcuni casi, si sta tentando di ottenere talee dai frutti di *Posidonia* (le cosiddette "olive di mare") spiaggiati.

La tecnica prevede che i semi vengano fatti germogliare in gabbie di ferro per difenderli dal *grazing* (pascolo), in particolare da parte di esemplari del pesce *Sarpa salpa*;

3. messa a dimora di organismi appartenenti al coralligeno recuperati alla base di scarpate subacquee oppure da reti abbandonate (le cosiddette “reti fantasma”) previa stabulazione in appositi “stendini”.

La scelta di reperire organismi altrimenti destinati a perire per le operazioni di reimpianto è volta a non arrecare danno ai popolamenti naturali ma quest’approccio cautelativo richiede tempi piuttosto lunghi per disporne in quantità adeguate.

Box 9-1

Le talee di *P. oceanica* ritrovate staccate dal substrato per effetto degli ancoraggi

Gran parte delle talee rinvenute disperse lungo i litorali del Giglio proviene dall’azione meccanica di estirpazione causata dal salpamento di ancore, tra le principali cause della regressione dei posidonieti nell’intero bacino del Mediterraneo. Questo danneggiamento è causato con maggior frequenza da imbarcazioni da diporto e adibite a gite turistiche; si è osservato, infatti, che le aree maggiormente interessate sono soprattutto le baie e i tratti di mare dell’Isola del Giglio meta di turismo, anche subacqueo e il fenomeno è più evidente nel periodo delle ferie estive.

9.2 Il trapianto di *Posidonia oceanica*

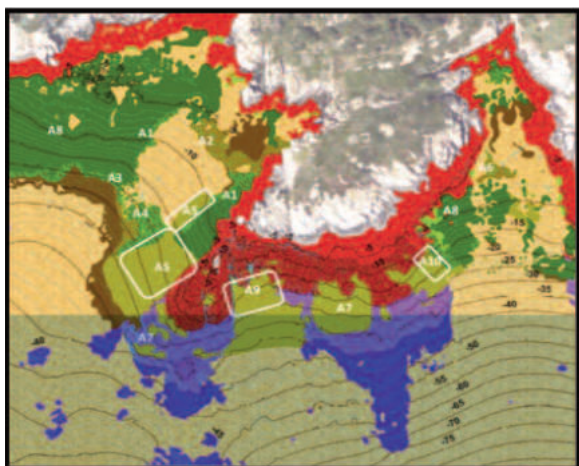


Figura 9.2: I rettangoli bianchi indicano le aree di posidonieto danneggiate dove sono previsti interventi di recupero; i numeri bianchi indicano aree con *Posidonia* in diverse condizioni che saranno oggetto di monitoraggio (fonte CIBM).

Il trapianto delle talee di *Posidonia oceanica* avrà una durata complessiva di 5 anni e prevede la suddivisione delle attività di cantiere in sub-aree, da completarsi in successione (Figura 9.2).

Le talee recuperate come illustrato, una volta selezionate quelle che appaiono più vigorose, sono quindi trasportate in condizioni opportune nella zona di trapianto e stabulate in strutture simili a gabbie. Vengono prevalentemente selezionate quelle che presentano rizomi plagiotropi (orizzontali) poiché si ancorano più facilmente alla *matte* morta attraverso l’utilizzo di picchetti ricurvi. Le talee finora trapiantate, fissate mediante questi picchetti, appaiono saldamente ancorate al substrato anche dopo mesi (Figura 9.3).

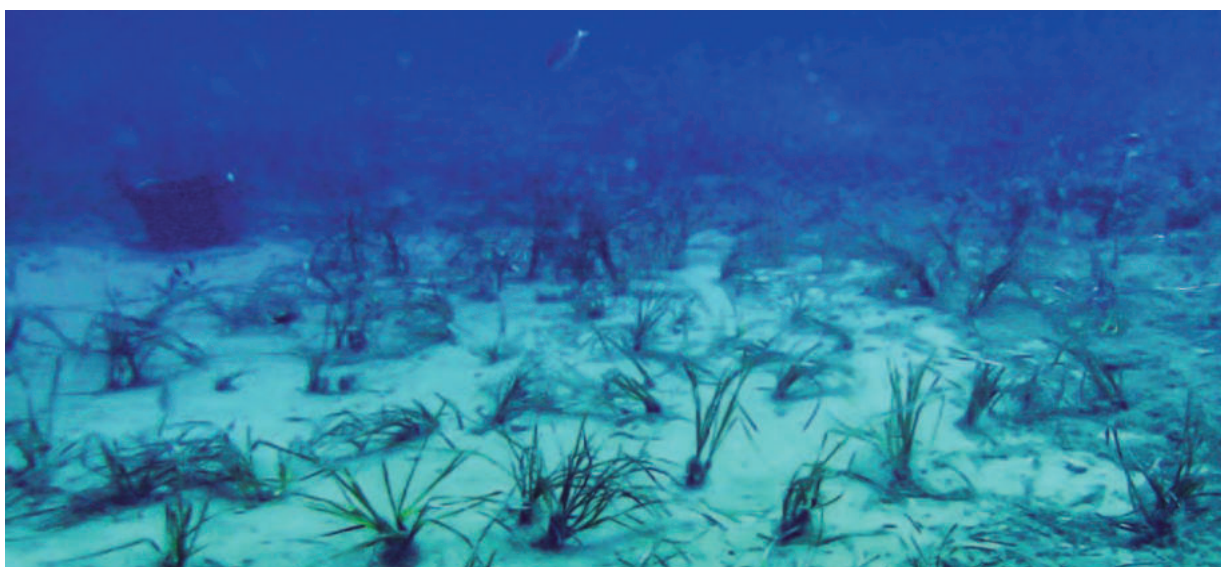


Figura 9.3: Fasci di *Posidonia* trapiantati (foto Marina Penna).

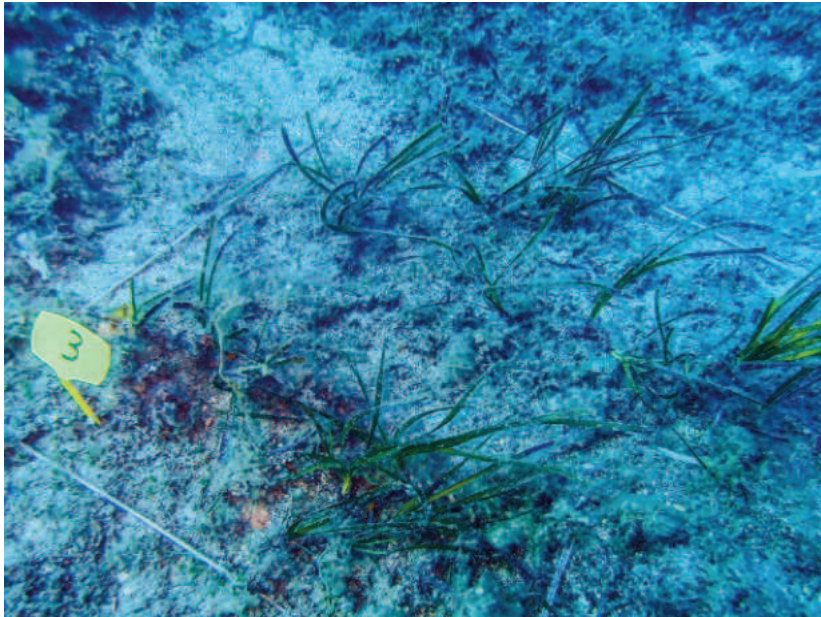


Figura 9.4: Messa a dimora delle talee di *P. oceanica* all'interno di cornici utilizzate per il monitoraggio (foto Marina Penna).

Per la messa a dimora delle talee si utilizza una cornice di alluminio delle dimensioni di 1m x 1m (Figura 9.4). La loro densità è di circa 20 fasci di posidonia per m², considerata sufficiente a favorire, con il tempo, un rinfoltimento naturale ritenuto che 200-300 piante per m² è considerata la densità di una prateria in buone condizioni naturali.

Durante il 2019 è stata riforestata la cosiddetta area "A9" (Figura 9.2) per un'estensione di fondale pari a 524 m².

Il 3% dell'estensione di ciascuna delle aree d'intervento è destinato al monitoraggio (Figura 9.5) che consiste nella misurazione di parametri quali la variazione della densità dei fasci, la sopravvivenza dei rizomi, la valutazione del loro accrescimento, la misura della larghezza delle foglie, lo stato dell'apice, la lunghezza del tessuto bruno e della copertura epifita. Per questo scopo sono state individuate specifiche aree, ampie 1 m², riservate alle operazioni di monitoraggio.



Figura 9.5: Attività ISPRA di monitoraggio su un'area di fondale dove sono state messe a dimora talee di *Posidonia oceanica* (foto Marina Penna).

9.3 Il trapianto di organismi costruttori appartenenti al coralligeno

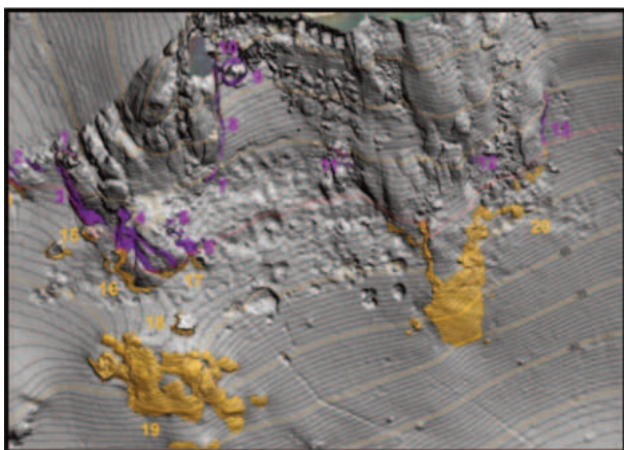


Figura 9.6: In viola sono indicate le pareti verticali o subverticali colonizzate da popolamenti del coralligeno a meno di 40 m di profondità e con potenziali di intervento. In giallo sono indicati i substrati orizzontali con il coralligeno presente a più di 40 m di profondità per i quali è previsto il monitoraggio (fonte CIBM).

Anche per gli interventi di recupero dei popolamenti del coralligeno, si sono distinte due attività: gli interventi di reimpianto veri e propri soprattutto di colonie di gorgonie (celenterati) e monitoraggi per valutare e verificare le dinamiche del recupero naturale (Figura 9.6).

Come detto, vengono trapiantati organismi appartenenti al coralligeno, recuperati alla base di scarpate subacquee oppure recuperati da reti abbandonate (le cosiddette “reti fantasma”) previa stabilizzazione in appositi “stendini” (Figura 9.7).

Questi organismi vengono poi posizionati su fondali rocciosi nell’area di cantiere, fino a una profondità massima di 40 metri, in zone co-



Figura 9.7: Trapianto sperimentale di un esemplare di *Eunicella cavolinii* (gorgonia) (fonte CIBM).

munque prima colonizzate da organismi del coralligeno e poi completamente danneggiati dalla presenza del relitto e delle attività di cantiere. Il fattore di danno maggiore per queste specie, come detto nei capitoli precedenti, è stato la copertura dei fondali da uno strato fine di materiale prevalentemente cementizio proveniente dalle perforazioni e dall’utilizzo del cemento nelle fasi di rimozione del relitto.

Le colonie vengono fissate sul fondo da colonizzare mediante l'impiego di una resina epossidica bicomponente, ovvero è composto da due componenti fluide che, miscelate prima del loro impiego, reagiscono nell'arco di 30 minuti indurendo e fissando così la colonia al fondale.

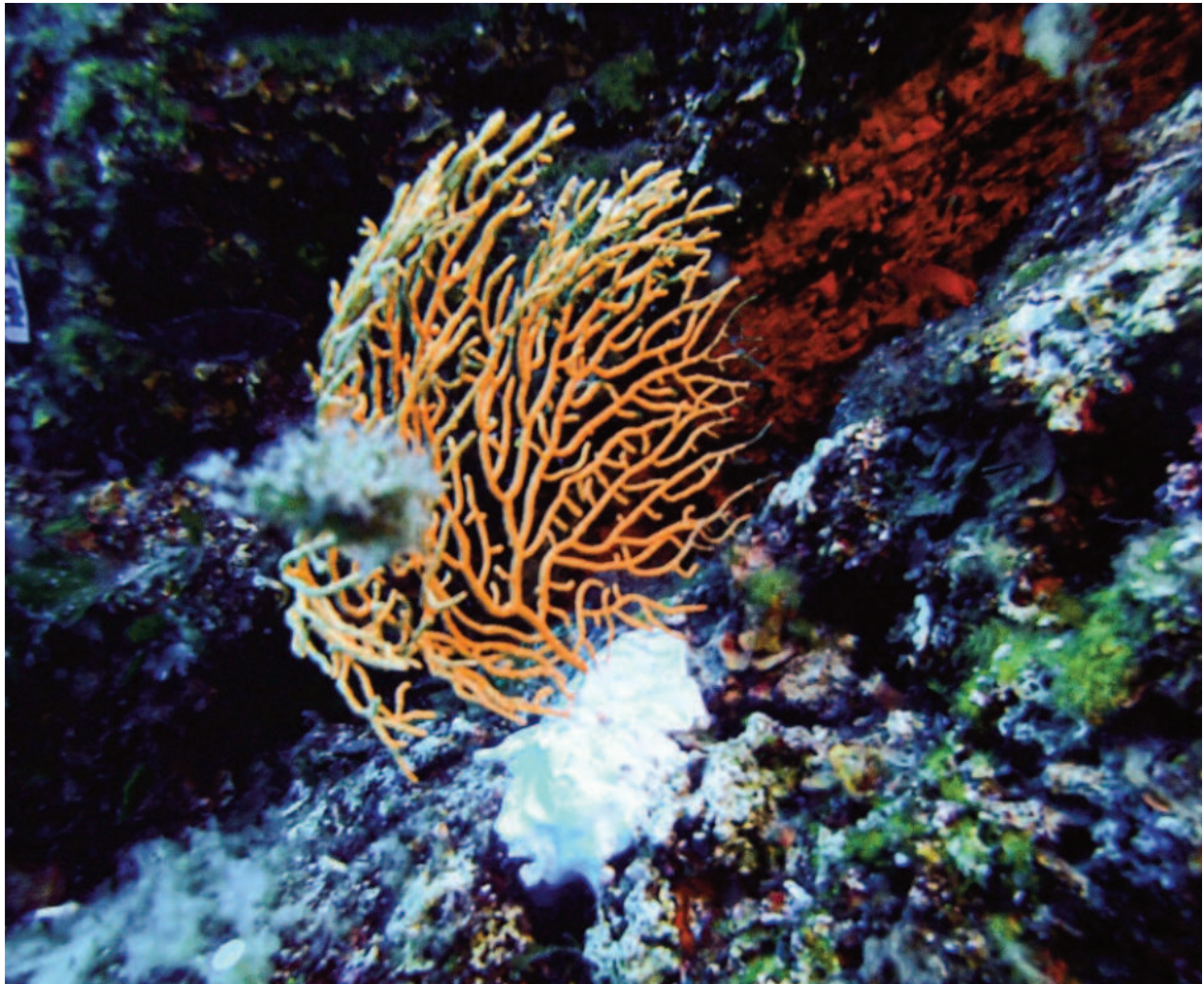


Figura 9.8: Esempio di *Eunicella cavolini* (gorgonia) trapiantato (foto Marina Penna).

Vengono trapiantati soprattutto gorgonie (celenterati) che, con il loro portamento eretto e a ventaglio, rappresentano le specie strutturali di un popolamento a coralligeno. Con questa operazione si intende inserire, su porzioni di fondo duro completamente spoglio, dei nuclei di colonie utili a favorire e velocizzare la diffusione e colonizzazione anche di altre specie. Sono state trapiantate soprattutto colonie di *Eunicella cavolinii*, di *Eunicella singularis* e *Paramuricea clavata*, perché caratteristiche dei fondali indagati nelle attività di monitoraggio (Figura 9.8).

Circa 60 delle colonie trapiantate vengono monitorate per valutarne lo stato di sviluppo; il monitoraggio prevede: il tasso di sopravvivenza, la lunghezza dell'asse maggiore della colonia, il numero di branche, la percentuale di necrosi e la percentuale di epibiosi (sviluppo di altri organismi sulla struttura).

9.3.1 Monitoraggi delle naturali attività di recupero dei fondali

Oltre ai controlli effettuati per le attività di recupero ambientale, tramite reimpianto di esemplari della fanerogama marina *Posidonia oceanica* e la messa a dimora di organismi del coralligeno, ISPRA e ARPAT, come rappresentanti delle istituzioni scientifiche pubbliche, hanno avuto l'incarico di effettuare anche i monitoraggi delle naturali attività di recupero dei fondali.

Per poter valutare e verificare le dinamiche di recupero naturale delle biocenosi danneggiate e comprendere la naturale evoluzione della situazione ambientale, sia in termini di nuova copertura che di naturale modifica di caratteristiche dei popolamenti indagati, è stato previsto, durante le attività di recupero ambientale, di acquisire dati sullo stato ambientale dei fondali e compararli con le risultanze delle precedenti fasi di monitoraggio (fase “WP9”).

Le azioni che ISPRA ed ARPAT hanno inteso attuare sono contenute all'interno del proprio “Piano di controllo e monitoraggio” e rientrano nei compiti previsti nella gestione post-evento emergenziale, soprattutto per quanto concerne la valutazione dello stato ambientale dei fondali e delle conseguenti azioni di recupero degli stessi.

Nello specifico, per quanto riguarda le attività di monitoraggio delle praterie naturali di *Posidonia* limitrofe le aree d'intervento (di trapianto), questa ha una cadenza annuale e ha previsto l'applicazione dell'indice PREI (*Posidonia Rapid and Easy Index*, Gobert *et al.*, 2009) per il monitoraggio del recupero naturale secondo le indicazioni della scheda metodologica ISPRA per il campionamento e l'analisi della *Posidonia oceanica* (ISPRA, 2012) ai sensi del D.Lgs 152/06.

In ciascuna area sono state eseguite stime di densità, attraverso la conta dei fasci fogliari su una superficie standard di 40X40 cm; inoltre, sono state previste stime relative alla copertura di *Posidonia oceanica* e matte morta e all'eventuale presenza di altre fanerogame e di alghe invasive.

E' stato inoltre valutato lo stato di qualità dei popolamenti del coralligeno impattati dalle attività pregresse e quindi il recupero naturale degli stessi, tramite l'indice ESCA (*Ecological Status of Coralligenous Assemblages*), al fine di valutarne la qualità ecologica (Cecchi e Piazzì, 2010; Cecchi *et al.*, 2010, 2014; Piazzì *et al.*, 2015; Piazzì *et al.* 2017). Anche questa attività ha previsto un monitoraggio a cadenza annuale.

I monitoraggi sono stati eseguiti secondo un disegno di campionamento gerarchizzato di tipo asimmetrico, ovvero: 1 sito di Impatto (I, Punta Gabbianara) e 3 siti di Controllo (da Nord a Sud: C1, i Subielli; C2, Punta Lazzaretto; C3, Le Scole Sud).

Uno dei tre siti di controllo, ovvero Punta Lazzaretto, pur cadendo in prossimità del sito d'impatto, presenta un popolamento a coralligeno particolarmente ricco e caratteristico, oltretutto molto simile a quello originario andato perso di Punta Gabbianara. Il sito di impatto di Punta Gabbianara è costituito da uno dei due costoni rocciosi (quello situato più a sud, verso la prua della nave) su cui poggiava il relitto della Costa Concordia ed è, pertanto, quello in cui il popolamento a coralligeno ha subito il maggior danno poiché direttamente interessato dall'impatto fisico con la nave.

Infine, è stato previsto anche uno specifico monitoraggio, a cadenza semestrale, della potenziale presenza di specie aliene macroalgali nelle aree interessate dagli interventi, ciò al fine di valutare l'evoluzione di un fenomeno che avrebbe potuto inficiare la buona riuscita delle azioni stesse di recupero ambientale.

Riferimenti bibliografici del capitolo 9

1. Cecchi E., Piazzì L. 2010. A new method for the assessment of the ecological status of coralligenous assemblage. *Biologia Marina Mediterranea* 17:162-163.
2. Cecchi E., Piazzì L., Serena F. 2010. The use of coralligenous assemblages in the monitoring survey along the Tuscany coasts: the assessment of sampling procedures and results of five-years studies. 3° Simposio CNR Livorno.
3. Piano di Recupero Ambientale e di Monitoraggio a Lungo Termine- Manuale delle Procedure Operative *Posidonia oceanica* e Fondi duri CIBM-COSTA, ottobre 2018.

4. Gobert, S., Sartoretto, S., Rico-Raimondino, V., Andral, B., Chery, A., Lejeune, P., Boissery, P., 2009. Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the *Posidonia oceanica* Rapid Easy Index (PREI). *Mar. Pollut.Bull.* 58, 1727–1733.
5. ISPRA, 2012. Aggiornamento della scheda metodologica per il campionamento e l'analisi della *Posidonia oceanica* ai sensi del Dlgs 152/06.
6. Piazzì L., Gennaro P., Cecchi E., et al. 2015. Improvement of the ESCA index for the evaluation of ecological quality of coralligenous *habitat* under the European Framework Directives. *Mediterranean Marine Science* 16: 419-426.
7. Piazzì L., Gennaro P., Cecchi E., Serena F., Bianchi C.N., Morri C., Montefalcone M. 2017. Integration of ESCA index through the use of sessile invertebrates. *Scienza Marina* 81(2): 283-290.
8. Piazzì, L.; Cinelli, F., 1995. Restoration of the littoral sea bottom by means of transplantation of cuttings and sprouts. In: Cinelli F., Fresi E., Lorenzi C., Mucedola A. Edits. *Posidonia oceanica*, a contribution to the preservation of a major Mediterranean marine ecosystem. *Rivista marittima publ.*, Roma, 69-71.

CAPITOLO 10

CONCLUSIONI E LEZIONI APPRESE



La storia ci insegna che dopo ogni grande emergenza il mondo marittimistico si dota di nuove regole e convenzioni o aggiorna quelle esistenti. Ciò avviene soprattutto dopo grandi disastri che determinano lo sversamento di ingenti quantità di idrocarburi da petroliere che subiscono un incidente a causa di un incaglio, un urto con un'altra imbarcazione, un'esplosione a bordo. In ambito dell'*International Maritime Organisation (IMO)*, agenzia specializzata delle Nazioni Unite, si stabiliscono regole e procedure volte a modificare e regolare soprattutto:

- la struttura delle navi che trasportano le cosiddette sostanze pericolose e nocive;
- le procedure che regolano il traffico marittimo;
- la cooperazione e preparazione nelle azioni di risposta degli Stati a un evento emergenziale.



Figura 10.1: La N/O Astrea durante una fase del monitoraggio nell'area di cantiere.

Queste regole hanno dimostrato di essere efficaci poiché negli ultimi decenni si è osservato che, statisticamente, le quantità complessive di idrocarburi sversati in mare per cause accidentali sono andate via via diminuendo, come d'altronde è attestato dai dati forniti dall'*International Tanker Owners Pollution Federation Limited (ITOPF, 2018)*.

Negli ultimi dieci anni l'attenzione si sta rivolgendo sempre più a regolamentare la costruzione e la navigazione di grandi navi che, pur non trasportando idrocarburi come carico, trasportano grandi quantità di carburante per la loro propulsione: le navi porta-container e le navi da crociera.

Dopo l'incidente Concordia, infatti, l'IMO ha elaborato raccomandazioni volte a regolare la navigazione delle grandi navi da crociera. In particolare, con una risoluzione del maggio 2012, il *Maritime Safety Committee (MSC)*, comitato dell'IMO, ha raccomandato alle compagnie di navigazione una serie di misure volte ad aumentare il livello di sicurezza delle navi passeggere (*MSC Resolution, 2012*). Le raccomandazioni sono indirizzate a garantire una maggiore sicurezza per il personale e i passeggeri imbarcati (es. aumento delle dotazioni di sicurezza quali i giubbotti di salvataggio nelle aree comuni) e facilitare il recupero dei naufraghi in mare. A valle della risoluzione dell'MSC, è stata

redatta anche la SOLAS *regulation* III/17-1, che specifica ancor di più il contenuto dei piani e delle procedure da seguire per il recupero in mare dei naufraghi (SOLAS, 1974).

A livello nazionale, è stato elaborato un Decreto interministeriale del Ministero dei Trasporti di concerto con il Ministero dell'ambiente per limitare o vietare il transito delle navi nelle cosiddette aree sensibili nel territorio nazionale. Si tratta di una regola nazionale per limitare l'uso della pratica del cosiddetto "inchino" considerata la causa della deviazione della Concordia dalla sua rotta programmata la notte del 13 gennaio 2012 (Decreto "anti-inchino" del 2 marzo 2012).

L'emergenza che si è determinata dopo l'incidente Concordia e gli interventi che ne sono conseguiti hanno permesso di apprezzare e rafforzare l'idea che una risposta efficace da parte delle istituzioni coinvolte in un'emergenza ambientale in mare non può prescindere da altre due azioni che devono svolgersi nel periodo ordinario, ovvero: la prevenzione e la preparazione.

La prevenzione viene attuata dallo Stato investendo nel controllo affinché le navi che solcano le proprie acque seguano le norme imposte a livello internazionale e nazionale in termini di regole di costruzione, di condotta e anche di rotte obbligate, quando la nave trasporta merci pericolose.



Figura 10.2: Il paese di Giglio Castello.

La preparazione all'emergenza è un tema altrettanto importante e complesso che presuppone un continuo investimento nella formazione degli operatori che potrebbero essere chiamati nella fase di risposta. Al momento dell'incidente gli attori chiamati a intervenire devono già sapere come agire e con quali tra i mezzi disponibili.

In questo ambito è fondamentale che nello schema di intervento sia prevista la presenza di un ente scientifico autorevole che fornisca ai decisori supporto tecnico-scientifico circa le strategie più opportune da adottare per affrontare l'emergenza con il minimo impatto per l'ambiente marino. Nel caso dell'incidente Concordia, questo ruolo è stato rivestito, nell'ambito del Comitato tecnico-scientifico prima e dell'Osservatorio ambientale poi, da ISPRA e da ARPA Toscana, quale Agenzia territoriale competente del SNPA. ISPRA e ARPAT hanno agito con un ruolo di terzietà quali enti pubblici

deputati a garanzia della correttezza ed efficacia dei lavori svolti sotto il profilo della tutela ambientale. Per questo, ISPRA e le altre componenti del SNPA devono prevedere, nel tempo, l'aggiornamento e la formazione continua del personale coinvolto per garantire un adeguato supporto tecnico-scientifico.

La gestione dell'emergenza Concordia ha permesso di apprezzare due aspetti positivi e peculiari che è utile tenere in conto in eventuali futuri eventi emergenziali:

- le istituzioni coinvolte sono state riunite prima nel Comitato tecnico-scientifico e poi nell'Osservatorio ambientale: ciò ha permesso, da un lato una consistente riduzione dei tempi necessari a esprimere un parere, in questa circostanza rilasciato in pochi giorni, dall'altro, la possibilità di discutere insieme in sedute plenarie tutte le peculiarità, i punti di forza e di debolezza delle proposte, nonché la necessità di integrazione e/o modifica di alcuni specifici aspetti;
- nel corso della realizzazione degli interventi progettati, ISPRA, come altre istituzioni, ha avuto la possibilità di verificare sul campo il procedere delle operazioni, molte delle quali del tutto inedite e specifiche. Ciò ha permesso anche di capire l'efficacia dei metodi proposti e di suggerire alternative e varianti che potessero garantire una maggiore tutela per l'ambiente.

Infine, il caso Concordia è peculiare anche per quanto riguarda l'aspetto dei costi che sono stati necessari sostenere per la realizzazione dei progetti di rimozione, allontanamento e smaltimento del relitto, nonché per il ripristino e il recupero dei luoghi danneggiati. L'enorme valore economico di queste attività è stato sostenuto dalle associazioni delle assicurazioni marittimistiche (*P&I clubs – Protection and Indemnity insurance*); la capacità del Commissario Straordinario è stata quella di indirizzare, con il supporto del Comitato e dell'Osservatorio ambientale, le attività secondo una strategia ritenuta vincente ed efficace. Ciò, però, è di più difficile realizzazione nei casi in cui non vi sia la disponibilità a sostenere i costi da parte di chi ha causato l'inquinamento; il passato mostra molti esempi in cui il responsabile non sia stato disponibile a partecipare ai costi di intervento. In quest'ottica il caso Concordia dovrebbe servire per spingere l'Italia, in collaborazione con gli altri Paesi e le istituzioni internazionali ad aumentare gli sforzi per garantire un sistema di indennizzo soddisfacente che attualmente può essere considerato ben strutturato solo per le petroliere o altre imbarcazioni che trasportano idrocarburi come carico. Quest'ultimo caso, infatti, è previsto dal sistema di indennizzo dell'*International Oil Pollution Compensation Funds (IOPC Funds)*.

Riferimenti bibliografici del capitolo 10

1. MSC Resolution, 2012. Maritime Safety Committee (MSC) Resolution 336(90) *Adoption of measures aimed at enhancing the safety of passenger ships* and Resolution MSC.346(91) *Application of SOLAS Regulation III/17-1 to ships to which SOLAS chapter III does not apply*. May 2012.
2. SOLAS, 1974. *International Convention for the Safety Of Life At Sea*, 1974.
3. Decreto "anti-inchino" del 2 marzo 2012. "Disposizioni generali per limitare o vietare il transito delle navi mercantili per la protezione di aree sensibili nel mare territoriale". Decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare del 2 marzo 2012, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 56 del 7 marzo 2012.
4. ITOPI, 2018. *Tanker Oil Spill Statistics: number of spills remains low*.

