



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



QUADERNI delle **EMERGENZE** **05** AMBIENTALI IN MARE

La valutazione della contaminazione del litorale a seguito di *oil spill*



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 Quaderno.

Il presente documento costituisce il Quaderno 5 del volume "Quaderni delle emergenze ambientali in mare" - ISPRA, Quaderni - Ricerca Marina n. 6/2014.

I Quaderni sono stati realizzati dall'Area Emergenze Ambientali in Mare (CRE-EMA) del Centro Nazionale per le crisi e le emergenze ambientali e il danno dell'ISPRA (CN-CRE), nell'ambito del progetto "Task-force Emergenze Ambientali in Mare (T.E.A.M.)", oggetto della convenzione stipulata dall'ISPRA con la Divisione III "Difesa del mare" della Direzione Generale per la Protezione della Natura e del Mare, oggi Direzione Generale per il Mare e le Coste (MAC), del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) per il "supporto tecnico-scientifico in tema di prevenzione e lotta agli inquinamenti in mare da idrocarburi e altre sostanze nocive".

MATTM - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Direzione Generale per il Mare e le Coste
Via Cristoforo Colombo 44 - 00147 Roma
www.minambiente.it

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

Quaderni - Ricerca Marina n. 15/2020
ISBN 978-88-448-1004-7
Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Alessia Marinelli, Elena Porrazzo, Sonia Popponesi - ISPRA-Area Comunicazione

Fotografie

Ove non altrimenti indicato, Pierpaolo Giordano (ISPRA CN-CRE-EMA)

Illustrazioni di copertina

Marco Pisapia - ISPRA-Area Comunicazione

Coordinamento pubblicazione on line

Daria Mazzella - ISPRA-Area Comunicazione

Maggio 2020

Autori

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

Hanno collaborato

Giuseppe Italiano, Tiziana Chieruzzi, Stefania Sacripanti (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Direzione Generale per il Mare e le Coste).



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



QUADERNI delle EMERGENZE

05 AMBIENTALI IN MARE

La valutazione della contaminazione del litorale a seguito di *oil spill*



SOMMARIO

PARTE PRIMA: PRINCIPI GENERALI	5
1. AMBITO E FINALITÀ DEL QUADERNO	6
1.1 FINALITÀ DELLA VALUTAZIONE DELLA CONTAMINAZIONE DEL LITORALE A SEGUITO DELL'ARRIVO SULLA COSTA DI IDROCARBURI DEL PETROLIO (SCAT)	8
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER LA VALUTAZIONE DELLA CONTAMINAZIONE DEL LITORALE NEL PROCESSO DI RISPOSTA AGLI INQUINAMENTI MARINI ACCIDENTALI DA IDROCARBURI DEL PETROLIO.	11
2.1 I PIANI PROVINCIALI DI EMERGENZA E LE ATTIVITÀ DI SCAT	13
2.2 LA COMPENSAZIONE ECONOMICA DELLE CONSEGUENZE PRODOTTE DALLO SVERSAMENTO ACCIDENTALE DI IDROCARBURI IN MARE	15
PARTE SECONDA: GLI SVERSAMENTI IN MARE DI IDROCARBURI DEL PETROLIO E I POTENZIALI EFFETTI SUI DIVERSI TIPI DI LITORALE	18
3. SVERSAMENTI IN MARE DI IDROCARBURI DEL PETROLIO: FATTORI E CONDIZIONI CHE DETERMINANO L'IMPATTO SULLA COSTA	19
3.1 LE CARATTERISTICHE DELL'EVENTO INQUINANTE	19
3.2 TIPOLOGIE DI INCIDENTI	20
3.3 GLI IDROCARBURI DEL PETROLIO (GREZZI, RAFFINATI, ECC.)	28
3.3.1 <i>Proprietà chimico-fisiche degli idrocarburi</i>	31
3.3.2 <i>I processi di weathering e il destino ambientale degli idrocarburi in mare</i>	38
3.4 GLI IDROCARBURI SULLA COSTA: ORIGINE E DESTINO FINALE	40
4. CARATTERISTICHE DEI LITORALI	47
4.1 TIPI DI COSTA, GEOMORFOLOGIA E IDRODINAMISMO	47
4.1.1 <i>Coste basse</i>	49
4.1.2 <i>Dimensioni dei sedimenti (granulometria)</i>	52
4.1.3 <i>Esposizione alle onde</i>	53
5. LA ZONAZIONE COSTIERA E VULNERABILITÀ AMBIENTALE	57
5.1.1 <i>Vulnerabilità ambientale</i>	63
5.2 USI DELLE COSTE	66
PARTE TERZA: ORGANIZZAZIONE DEL SOPRALLUOGO	70
6. PIANIFICARE UN'INDAGINE SCAT	71
6.1 SEGMENTAZIONE DELLA COSTA	72
6.2 LE SQUADRE DI VALUTAZIONE	73
6.2.1 <i>Responsabilità della squadra di valutazione</i>	74

7. SICUREZZA DEGLI OPERATORI	76
8. MATERIALI E ATTREZZATURE	78
PARTE QUARTA: CONDUZIONE DEL SOPRALLUOGO	79
9. LA SCHEDA DI VALUTAZIONE DELL'INQUINAMENTO SULLA COSTA DA OIL SPILL, GUIDA ALLA SUA COMPILAZIONE	80
9.1 INFORMAZIONI GENERALI	80
9.2 LA SQUADRA DI VALUTAZIONE	81
9.3 IL SEGMENTO	81
9.4 TIPOLOGIE DI COSTA	81
9.5 CARATTERISTICHE OPERATIVE	82
9.6 PRESENZA DI OLIO SUPERFICIALE	84
9.7 PRESENZA DI OLIO SUB-SUPERFICIALE	86
9.8 COMMENTI GENERALI	87
9.9 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	88
9.10 DOCUMENTAZIONE VIDEO	90
9.11 SCHIZZO TOPOGRAFICO	91
9.12 RESTITUZIONE SCHEDE DI VALUTAZIONE AL CENTRO DI COORDINAMENTO	93
10. TRATTAMENTO E GESTIONE DEI DATI	95
PARTE QUINTA: NUOVE TECNOLOGIE	97
11. NUOVE TECNOLOGIE A SUPPORTO DELLE INDAGINI SCAT	98
11.1 MAPPE CONDIVISE VIA INTERNET - <i>COMMON OPERATIONAL PICTURE</i> (COP)	98
11.2 PROGRAMMI APPLICATIVI PER DISPOSITIVI MOBILI (APP)	99
11.3 <i>SOFTWARE</i> E DATABASE	101
11.4 VEICOLI AEREI PILOTATI IN REMOTO	101
ALLEGATI E SCHEDE	103
ALLEGATO I - SCHEDA DI VALUTAZIONE DELL'INQUINAMENTO SULLA COSTA DA OIL SPILL	I
ALLEGATO II - CARATTERISTICHE DELLA COSTA	V
ALLEGATO III - SIGLE E DEFINIZIONI RELATIVE ALLA "SCHEDA DI VALUTAZIONE DELL'INQUINAMENTO SULLA COSTA DA OIL SPILL" (ALLEGATO I)	VIII
ALLEGATO IV - GUIDA GRAFICA PER LA STIMA DELLE PERCENTUALI DI DISTRIBUZIONE	XI
ALLEGATO V - LISTA DI CONTROLLO DELL'EQUIPAGGIAMENTO	XIII

ALLEGATO VI - SCALA METRICA	
ALLEGATO VII - CIAK	XVIII
ALLEGATO VIII - GUIDA FOTOGRAFICA SU CARATTERISTICHE DEI RESIDUI SPIAGGIATI	XX
ALLEGATO IX - GUIDA FOTOGRAFICA DEI TIPI DI COSTA	XXVII
12. GLOSSARIO DEI TERMINI E ACRONIMI	XXXVI
13. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E SITI WEB	

N.B. I termini colorati in grigio nel testo si trovano nel glossario

PARTE PRIMA: PRINCIPI GENERALI

1. AMBITO E FINALITA' DEL QUADERNO

“La valutazione della contaminazione del litorale a seguito di *oil spill*”, pratica nota agli anglofoni con l’acronimo SCAT, *Shoreline Clean-up Assessment Technique*, è l’argomento trattato in questo Quaderno n. 5, parte della collana “I Quaderni delle Emergenze Ambientali in Mare” (ISPRA, 2014) realizzata dall’Area Emergenze in mare, afferente al Centro Nazionale per le crisi e le emergenze ambientali e il danno dell’ISPRA (CN-CRE). Nelle intenzioni degli autori, come i precedenti Quaderni, questo lavoro vuole essere strumento di condivisione di conoscenze e procedure d’intervento, utile al personale tecnico e scientifico chiamato a intervenire in emergenze ambientali causate da inquinamenti, in mare e sulla costa, a seguito dello sversamento d’idrocarburi del petrolio.



Foto 1.1. Personale ISPRA durante lo svolgimento dell'attività di valutazione dell'inquinamento sulla costa.

Il Quaderno n. 5 tratta, in particolare, delle attività di contrasto a un inquinamento da idrocarburi che coinvolgono il litorale ed è perciò destinato a quanti potrebbero essere mobilitati in un tale scenario emergenziale, soprattutto ai tecnici delle Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente, parte del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), formato da queste insieme all'ISPRA, secondo i dettami della Legge del 28 giugno 2016 n. 132.

Nel Quaderno s'illustrano quindi i modi per osservare e descrivere la contaminazione di una costa interessata dall'arrivo di residui d'idrocarburi, con l'obiettivo di fornire ai decisori un quadro della situazione che contribuisca efficacemente all'individuazione delle strategie di pulizia (e ripristino) da porre in essere. I principi e le tecniche contenute nel presente Quaderno n. 5 sono quindi da considerare in evidente connessione con i contenuti del Quaderno n. 2 di questa collana dal titolo "La bonifica delle coste interessate dallo spiaggiamento di idrocarburi".

L'esperienza di eventi passati ha evidenziato, infatti, che la valutazione della contaminazione da idrocarburi dei litorali, in una situazione di emergenza, è spesso trascurata o quantomeno non considerata prioritaria. Una sua corretta esecuzione appare invece fondamentale per la riuscita delle successive attività di pulizia (*clean-up*) e per il successo delle procedure risarcitorie che potrebbero seguire.

Fulcro di questo Quaderno è la "Scheda di valutazione dell'inquinamento sulla costa da *oil spill*" (Allegato I) che una volta compilata, rappresenta, per ciascun tratto di costa, il resoconto delle osservazioni effettuate su campo: tipologia della costa, accessibilità all'area, stato della contaminazione, descrizione dell'area. Pertanto, il Quaderno è strutturato in modo da descrivere nel dettaglio questi aspetti e le considerazioni utili alla compilazione della scheda.

Illustrata la normativa di riferimento in cui si inquadra l'attività di valutazione della contaminazione dei litorali a seguito di un *oil spill*, il Quaderno descrive nel dettaglio:

- le principali caratteristiche degli incidenti occorsi e degli idrocarburi sversati:

diversi tipi di incidente e diverse miscele di idrocarburi possono determinare differenti conseguenze sul litorale;

- le principali caratteristiche dei litorali colpiti: descrizione della geomorfologia e dei morfotipi di litorale, cenni di ecologia costiera e diversi utilizzi antropici;
- l'organizzazione dei sopralluoghi: la pianificazione delle attività, l'organizzazione delle squadre di ispezione e l'acquisizione di materiali e attrezzature;
- la metodologia di esecuzione del sopralluogo e di eventuali campionamenti: guida alla compilazione della "Scheda di valutazione dell'inquinamento sulla costa da *oil spill*";
- nuove metodologie in sviluppo: panoramica sulle nuove tecnologie atte a migliorare la velocità di esecuzione e l'accuratezza delle osservazioni.

I contenuti del Quaderno n. 5 sono, infine, frutto delle esperienze fatte dagli autori sul campo e dell'adattamento alle coste mediterranee della manualistica internazionale sull'argomento alla cui realizzazione, in alcuni casi, gli autori stessi hanno collaborato.

1.1 Finalità della valutazione della contaminazione del litorale a seguito dell'arrivo sulla costa di idrocarburi del petrolio (SCAT)

Valutare la contaminazione del litorale a seguito di uno sversamento d'idrocarburi in mare (SCAT), consiste nell'ispezione rapida, sistematica e metodica delle aree interessate al fine di raccogliere e documentare ogni possibile dato sulle condizioni del litorale impattato. Inoltre, se il caso lo richiede, nel corso di tale valutazione può essere necessario eseguire un'attività di campionamento. L'attenta conduzione di tale attività, può fornire ai decisori un quadro della situazione efficace per assumere strategie di intervento e decidere le priorità e le migliori tecniche di pulizia del litorale.

L'attività di SCAT, attraverso la produzione di mappe tematiche *ad hoc*, contribuisce non solo alla pianificazione, nelle fasi iniziali dell'emergenza, dei suc-

cessivi interventi ma anche all'immediata visualizzazione dello stato di avanzamento delle operazioni di bonifica avviate nelle fasi successive e a decidere la conclusione delle operazioni di *clean-up*. È così possibile, da un lato verificare lo stato di avanzamento dei lavori e permettere una riprogettazione delle attività da svolgere, dall'altro fornire agli amministratori locali, nazionali e ai politici anche un utile strumento di comunicazione nei momenti di confronto con la popolazione e con i media.

Si sottolinea, infine, come la compilazione della relativa documentazione durante e dopo l'esecuzione di uno SCAT, in particolare di una "Scheda di valutazione dell'inquinamento sulla costa da *oil spill*", per ogni fase delle attività sia fondamentale per permettere alle istituzioni e ai soggetti che hanno subito perdite e danni a seguito dell'inquinamento di chiedere risarcimenti e indennità se ricorre il caso, soprattutto ai sensi di quanto stabilito dall'*International Oil Pollution Compensation Funds* (IOPC Funds, cfr. paragrafo 2.2).



Figura 11. Lo SCAT nel flusso delle azioni di contrasto all'inquinamento a seguito dell'arrivo sulla costa di prodotti di un oil spill.

SINO A QUANDO PULIRE?

Nella fase iniziale di pianificazione degli interventi di pulizia dei litorali è fondamentale stabilire gli obiettivi del livello di pulizia che si intende raggiungere per considerare le attività concluse; il conseguimento degli obiettivi prefissati sarà poi attestato dalla conduzione di un'attività di SCAT finale.

La decisione di pulire una costa inquinata e la definizione degli obiettivi, come anche quella del livello di pulizia da conseguire, dipenderà da diversi fattori:

- la possibilità di ridurre, da un punto di vista ambientale, il nocimento causato dalla presenza del prodotto;
- le necessità d'uso del tratto costiero per le attività economiche (pesca, turismo, industria, ecc.);
- il livello di impatto che le operazioni di pulizia possono determinare sugli ambienti marino-costieri.

Occorre poi considerare che una pulizia eseguita in maniera non corretta o in maniera eccessiva può causare danni ambientali potenzialmente più significativi di quelli provocati dal prodotto sul litorale. Nel passato, ad esempio, si è spesso osservato come un'azione di pulizia troppo spinta abbia determinato conseguenze negative, come l'asportazione eccessiva di sedimenti dall'arenile, la generazione d'ingenti quantità di rifiuti difficoltosi da smaltire, ecc.. **L'applicazione delle tecniche di pulizia non dovrà spingersi oltre una soglia cautelativa di rimozione del prodotto.**

Per stabilire tale soglia non esistono valori di riferimento o criteri universalmente accettati, va quindi definita caso per caso e la decisione ultima spetta alle Autorità competenti che valutano i pareri formulati dalle diverse competenze. Esempi possono essere l'assenza di materiale oleoso visibile sul litorale, l'assenza di odori ascrivibili alle miscele di idrocarburi, la presenza solo di residui non asportabili con le tecniche di pulizia individuate, come nella tabella che segue.

Definizione di pulizia per i diversi habitat usata nella risposta all'oil spill causato dall'incidente alla chiatta "Morris J. Berman" (San Juan, Portorico, 1994)

Habitat	Definizione di pulito
Spiagge sabbiose	Sabbia superficiale priva di olio visibile, di <i>oily feel</i> , e di odore. <i>Tar ball</i> ridotte al minimo. Monitorare la presenza delle <i>tar ball</i> sulle spiagge di elevato valore ricreativo. Lavaggio della sabbia e/o ripascimento per spiagge di elevato valore ricreativo estremamente inquinate. Controlli periodici alla ricerca di strati di olio sepolti. Rimozione degli strati eventualmente trovati. Possibilità di lasciare sul posto la sabbia poco inquinata.
Spiagge e coste; Coste rocciose; Barriere artificiali	In zone di elevato valore ricreativo estremamente inquinate possono essere impiegate sostanze in aggiunta al <i>clean-up</i> manuale e utilizzare il lavaggio a caldo ad alta pressione (solo una volta). L'olio residuo deve essere lasciato. In siti esposti (tra l'altro difficili da raggiungere per operare), l'azione del mare facilita il <i>clean-up</i> naturale.
Moli e dighe nei porti	In zone di elevato valore ricreativo o a elevata "visibilità", il lavaggio a caldo ad alta pressione può essere usato fino a che la parete risulti non appiccicosa. In altre aree, l'idrocarburo che continui a essere rilasciato nell'acqua deve comunque essere rimosso.
Olio sommerso	Gli accumuli devono essere rimossi (specialmente se l'olio è ancora abbastanza fluido e quindi facilmente aspirabile), specie in zone a basso idrodinamismo e scarsa profondità. In altre zone, l'olio deve essere comunque recuperato fino a un punto in cui l'efficacia dello sforzo non giustifica più il recupero.

Il principale obiettivo dell'intervento non deve essere quello di rimuovere ogni traccia di petrolio (o di prodotti derivati), bensì quello di riportare l'ambiente a delle condizioni minime, sufficienti a consentire, nel medio/lungo termine, un ripristino naturale dello stato precedente alla contaminazione, il recupero del biotopo e, al contempo, un ritorno alle normali attività socio-economiche insistenti sul quel territorio, contenendo al minimo la produzione dei rifiuti.

In talune situazioni può accadere di costatare che la migliore soluzione può essere, paradossalmente, il non intervento. Infatti, soprattutto in aree di particolare pregio ecologico, può ritenersi più efficace e meno invasivo lasciare che siano i soli processi naturali a ripristinare l'equilibrio ambientale, specialmente quando l'inquinamento da idrocarburi del petrolio è di media/bassa rilevanza. Molto spesso, si ricorre all'opzione del non intervento nei casi di contaminazioni petrolifere di ambienti di transizione, cioè di aree umide costiere (lagune, laghi costieri, estuari, stagni), caratterizzate da elevata biodiversità e grande vulnerabilità. L'accesso di mezzi meccanici e di personale, in queste aree, può essere molto difficoltoso e i conseguenti danni fisici arrecati a un biotopo così sensibile possono essere notevolmente superiori a quelli causati dalla presenza delle masse di idrocarburi; in questi casi potrebbe essere più opportuno limitarsi a monitorare l'evoluzione della situazione.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER LA VALUTAZIONE DELLA CONTAMINAZIONE DEL LITORALE NEL PROCESSO DI RISPOSTA AGLI INQUINAMENTI MARINI ACCIDENTALI DA IDROCARBURI DEL PETROLIO

Di seguito si fornisce il quadro generale della normativa di riferimento che regola gli interventi di contrasto a uno sversamento accidentale in mare e si delinea in quale stadio del processo si inserisce la valutazione della contaminazione dei litorali.

L'esperienza insegna che nella maggioranza dei casi la contaminazione dei litorali avviene a partire da inquinamenti in mare, queste situazioni prevedono pertanto che le attività di pulizia sui litorali siano realizzate in stretta collaborazione con le autorità competenti per la gestione in mare di tali emergenze. È bene quindi partire dalla normativa che regola le attività di intervento in mare in caso di sversamento da prodotti petroliferi.

I principali Piani di intervento da tenere in considerazione in caso di un inquinamento incidentale in mare, già approfonditi nel Quaderno introduttivo dei "Quaderni delle Emergenze Ambientali in Mare" (ISPRA, 2014) sono:

- il Piano di pronto intervento nazionale per la difesa da inquinamenti di idrocarburi o di altre sostanze nocive causati da incidenti marini, approvato con DPCM 4 novembre 2010 dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento Protezione Civile (www.protezionecivile.it);
- 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, approvato con DM 29 gennaio 2013 del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (www.minambiente.it);
- i Piani operativi di pronto intervento locale. Predisposti, per quanto concerne gli interventi in mare, da ciascun Capo di Compartimento Marittimo in ac-

cordo con i piani di emergenza provinciale per quanto attiene l'inquinamento su costa;

Per quanto riguarda invece le attività di intervento a terra il riferimento normativo sono i Piani Provinciali di emergenza previsti dal Piano nazionale del DPCM 4 novembre 2010, che si attivano qualora l'inquinamento raggiunga il litorale. Le attività di SCAT sono da realizzarsi con l'applicazione dei Piani Provinciali. Con l'abolizione delle Province in molti casi i Piani di emergenza in caso di contaminazione delle coste da idrocarburi sono passati sotto la competenza delle Prefetture, è bene quindi che ogni ARPA e ogni autorità marittima si informi sul quale ente ha competenza sul proprio territorio.

Gli attori principali deputati alla gestione di detti Piani sono:

- 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;
- il Comando Generale del Corpo delle Capitanerie di Porto che, nella sua articolazione periferica, ha la responsabilità operativa delle attività antinquinamento in mare poste in essere;
- il Dipartimento della Protezione Civile che assume la direzione di tutte le operazioni ed attività antinquinamento a mare, nell'ipotesi in cui venga dichiarata l'emergenza nazionale.
- le Prefetture che assumono la responsabilità operativa delle attività antinquinamento lungo i litorali nel caso l'inquinamento raggiunga le coste.

Conformemente ai Piani nazionali, i diversi attori vengono coinvolti a seconda della gravità dell'evento che può essere classificato in tre situazioni operative:

PRIMO STADIO

Inquinamento che interessa esclusivamente le acque portuali, il mare territoriale e la ZPE (Zona di Protezione Ecologica), senza rappresentare diretta, immediata e consistente minaccia per le zone costiere. In tale stadio rientrano i piccoli e medi sversamenti, di carattere operativo o accidentale, che hanno lieve o basso impatto ambientale e che non hanno la potenzialità di degene-

rare. Tali dispersioni possono essere affrontate con una risposta tempestiva da adeguate risorse presenti sul posto, messe a disposizione dalla nave coinvolta e/o dall'impresa/impianto industriale responsabile, al fine di portare a termine le operazioni di confinamento, recupero e smaltimento. La direzione delle operazioni è del Capo del Compartimento Marittimo (che può essere una Capitaneria di Porto o una Direzione Marittima), e queste sono condotte sulla base del Piano Operativo Locale di pronto intervento (POL) anche con l'intervento dei mezzi antinquinamento in convenzione con il Ministero dell'Ambiente, già assegnati e presenti in quello specifico Compartimento Marittimo. L'assegnazione dei mezzi costieri e di altura ai Compartimenti Marittimi viene stabilita periodicamente a livello centrale dal MATTM e tiene conto degli scenari di rischio, al fine di coprire in maniera adeguata tutte le coste nazionali.

SECONDO STADIO

Inquinamento in mare che rappresenti seria minaccia per la costa o inquinamenti per cui le risorse in dotazione del Compartimento Marittimo non sono sufficienti. In tale stadio rientrano inquinamenti di piccole o medie dimensioni che necessitano quindi di assistenza e risorse aggiuntive (locali, regionali, statali o internazionali). In questo stadio il Capo del Compartimento Marittimo dichiara l'emergenza locale e il Prefetto può attivare il Piano Provinciale di emergenza a tutela della costa. Anche in questi casi la direzione delle operazioni in mare resta nelle mani del Capo del Compartimento Marittimo che però si muove sulla base del più ampio Piano Operativo di pronto intervento del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

TERZO STADIO

Gravissimo inquinamento marino che per le sue dimensioni e/o per il possibile coinvolgimento delle aree di alto valore intrinseco di cui all'Appendice 1 - annesso BRAVO del Piano Operativo di pronto intervento del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - determini la necessità che il Ministro dell'ambiente chieda al Dipartimento della Protezione Civile, Presidenza del Consiglio dei Ministri, la dichiarazione di emergenza nazionale;

ovvero che a causa del grave rischio di compromissione dell'integrità della vita, determini l'applicazione dell'articolo 3 della Legge 27 dicembre 2002, n. 286.

Tenuto conto del particolare valore paesaggistico, faunistico, ambientale, turistico e quindi economico, rappresentato dalle aree minacciate, tale tipo d'inquinamento va necessariamente considerato come il più grave dei tre livelli ipotizzati. È lo stadio in cui viene dichiarato lo stato di emergenza nazionale e la direzione e il coordinamento operativo degli interventi passano dal Capo del Compartimento Marittimo al Capo del Dipartimento della Protezione Civile. In situazioni di emergenza nazionale, quindi, i Capi dei Compartimenti Marittimi e i Prefetti, i cui territori sono stati coinvolti dall'evento emergenziale, agiscono sotto il coordinamento del Dipartimento della Protezione Civile.

2.1 I Piani Provinciali di emergenza e le attività di SCAT

Ove l'inquinamento marino interessi e coinvolga le zone costiere (secondo e terzo stadio - emergenza locale ed emergenza nazionale), il Prefetto, raccordandosi con i Sindaci interessati dall'evento, pone in essere tutte le azioni e le misure necessarie in base al Piano Provinciale di emergenza, così come definito ai sensi dell'articolo 108 del D.Lgs 112/98, in base al quale sono attribuite alle Regioni le funzioni relative agli indirizzi per la predisposizione dei piani provinciali di emergenza in caso di eventi calamitosi di cui all'articolo 2, comma 1, lettera b), della Legge n. 225 del 1992. Sono altresì attribuite alle Province la funzione di predisporre dei piani provinciali di emergenza sulla base degli indirizzi regionali. Allo stato attuale, non tutte le Province hanno elaborato un proprio Piano Provinciale di emergenza.

Verificato l'arrivo o la minaccia di arrivo di residui di idrocarburi sulla costa (in generale attraverso una comunicazione da parte del Comandante del Compartimento Marittimo che ha dichiarato emergenza locale), il Comune interessato o, se più territori comunali sono stati coinvolti, il Prefetto pone in essere quanto previsto rispettivamente o dal piano Comunale o dal Piano Pro-

vinciale di emergenza istituendo un Centro di Coordinamento (Centro Operativo Comunale - COC/Centro di Coordinamento Misto - COM) per il coordinamento delle operazioni antinquinamento. In quest'ambito, il Centro di Coordinamento può designare la "Squadra di Valutazione" deputata a condurre una valutazione della contaminazione dei litorali coinvolti (SCAT). La Squadra di Valutazione agisce quindi per produrre una documentazione utile al Centro di Coordinamento così da poter disporre degli elementi utili a stabilire la strategia di pulizia dei litorali nonché a decidere quando questa attività possa considerarsi conclusa.



Foto 2.1. Controllo delle attività di pulizia.

2.2 La compensazione economica delle conseguenze prodotte dallo sversamento accidentale di idrocarburi in mare

La valutazione della contaminazione del litorale a seguito dell'arrivo sulla costa di idrocarburi del petrolio è un'attività fondamentale e propedeutica per permettere alle istituzioni e ai soggetti che hanno subito perdite e danni, a seguito dell'inquinamento, di chiedere risarcimenti e indennizzi.

La raccolta sistematica e organizzata di tutte le informazioni che portano alla decisione delle strategie di contrasto all'inquinamento accidentale è fondamentale per massimizzare le possibilità consentite di risarcimento dei danni subiti. La descrizione dettagliata del grado di contaminazione dei litorali fornisce una base per giustificare le successive spese relative alle operazioni di pulizia e per attestare gli effettivi danni subiti da persone fisiche o giuridiche (per esempio danni al settore turistico, a proprietà private, al settore della pesca).

Il regime internazionale di compensazione del danno subito è approfondito in dettaglio nel Quaderno n. 1, Sezione III "Interventi di emergenza in mare e procedure per l'indennizzo dei danni da inquinamento da idrocarburi: il contesto internazionale" della collana "Quaderni delle Emergenze Ambientali in Mare" (ISPRA, 2014). Nel seguito si riportano, in sintesi, i principali argomenti di diretto interesse per quanto trattato nel presente Quaderno.

La compensazione dei danni subiti a seguito di uno sversamento accidentale di idrocarburi del petrolio in mare è regolata da Convenzioni internazionali che l'Italia ha ratificato (Tabella 2.1).

Tabella 2.1. Principali convenzioni e accordi internazionali per il risarcimento dei danni subiti a seguito di sversamenti di idrocarburi in mare.

Accordi internazionali	Entrata in vigore	Ratifica dell'Italia
<i>CLC Protocol 1992</i> - Protocollo del 1992 per emendare la convenzione internazionale sulla responsabilità civile per i danni derivanti da inquinamento da idrocarburi del petrolio	30.5.1996	16.09.2000
<i>FUND Protocol 1992</i> - Protocollo del 1992 per emendare la convenzione internazionale istitutiva di un Fondo internazionale per l'indennizzo dei danni derivanti da inquinamento accidentale da idrocarburi del petrolio	30.5.1996	16.09.2000
<i>FUND Protocol 2003</i> - Protocollo del 2003 per emendare la convenzione internazionale istitutiva del Fondo internazionale per l'indennizzo dei danni derivanti da inquinamento accidentale da idrocarburi del petrolio (fondo supplementare)	3.3.2005	20.01.2006
<i>BUNKERS Convention 2001</i> - Convenzione internazionale sulla responsabilità civile per i danni derivanti dall'inquinamento accidentale determinato dal carburante delle navi	21.11.2008	18.02.2011

A fronte di uno sversamento di idrocarburi in mare collegato a un incidente marittimo, le responsabilità per i danni causati e le modalità dell'eventuale risarcimento sono disciplinate dal diritto internazionale e da accordi relativi a due specifiche cause di inquinamento accidentale riconducibili:

- al trasporto via mare di petrolio (*CLC Protocol 1992* e *IOPC Funds Protocol 1992* e *2003*);
- al combustibile delle navi (*Bunkers Convention 2001*).

In termini generali, sono compensati danni determinati dallo sversamento di "qualsiasi olio minerale idrocarburo persistente" (quali sono il grezzo, gli oli combustibili, i diesel pesanti e gli oli lubrificanti).

Dal momento della loro entrata in vigore, le convenzioni sopra citate costituiscono le norme applicabili anche ai sensi della normativa comunitaria in materia di responsabilità ambientale (Direttiva n. 2004/35/CE del 21.04.2004) e della Parte VI del D. Lgs. n. 152/2006, come modificato, che escludono la loro applicabilità “...al danno ambientale o alla minaccia imminente di tale danno provocati da un incidente per il quale la responsabilità o l’indennizzo rientrino nell’ambito di applicazione di una delle convenzioni internazionali...”.

Per entrambe le normative internazionali esiste un doppio livello di indennizzo: un primo livello prevede la responsabilità del proprietario della nave fino a limiti prestabiliti, oltre questi interviene un secondo livello, dove l’indennizzo, anch’esso sino a un limite prestabilito.

Il Fondo internazionale IOPC (*International Oil Pollution Compensation Funds*) è costituito con i contributi economici dei ricevitori di carichi degli idrocarburi del petrolio considerati, in misura proporzionale ai volumi scaricati ogni anno.

Il Fondo internazionale stabilisce le regole per ottenere l’indennizzo (procedure, modalità e costi ammissibili) riportate in specifici manuali disponibili sul sito internet <https://www.iopcfunds.org/publications/iopc-funds-publications/>.

I manuali del Fondo IOPC dettano criteri specifici per l’indennizzo delle varie tipologie di danni sofferti o di spese sostenute e in particolare:

- operazioni di pulizia (*clean-up*) e misure di prevenzione del danno da inquinamento;
- danni derivanti da perdite di profitto, spese deputate al ripristino ambientale e studi post-sversamento;
- danno alla proprietà;
- danni alle attività di pesca, maricoltura e di produzione alieutica;
- danni economici al settore turistico;
- danni derivanti da misure di prevenzione delle perdite economiche.

Per la valutazione dell’ammissibilità delle richieste di indennizzo il Fondo IOPC e la Bunker Convention si avvalgono spesso della consulenza tecnica

dei tecnici ITOPF (*International Tanker Owners Pollution Federation* <https://www.itopf.org/>).

Per quanto riguarda la *Bunkers Convention*, a differenza di quanto accade per il regime di risarcimento dei danni da inquinamento da idrocarburi trasportati come carico, nel caso del combustibile il regime internazionale si ferma al primo livello di risarcimento, obbligando all'assicurazione l'armatore. Il proprietario della nave al momento dell'incidente è responsabile del danno da inquinamento causato da ogni combustibile a bordo o proveniente dalla nave. Il proprietario registrato di una nave di stazza lorda superiore alle 1000 tonnellate registrato in uno Stato parte è tenuto a mantenere una assicurazione, o altra garanzia finanziaria.

Come nella Convenzione CLC il diritto all'indennizzo stabilito dalla *Bunkers Convention* decade, a meno che una azione venga avviata, entro tre anni dal momento in cui il danno si è verificato. In nessun caso una azione di indennizzo può essere avviata una volta trascorsi sei anni dall'incidente, calcolati nel caso in cui l'incidente sia dovuto ad una serie di eventi dal primo degli stessi

In ultimo, è il caso di accennare anche alla possibilità di dover far fronte a inquinamenti causati dai cosiddetti "*mystery spills*", ovvero fuoriuscite di idrocarburi per cui la sorgente non è stata identificata. Ai fini del risarcimento dei danni derivanti da tali fuoriuscite, queste possono essere suddivisi in due categorie:

1. sversamenti che si ritiene possano provenire dal carico di una nave cisterna non identificata;
2. sversamenti che possono avere altra origine (a esempio bunker da una nave non identificata, da un relitto, da un oleodotto).

Nei casi in cui si può dimostrare che gli idrocarburi sversati provengano dal carico di una petroliera (ad esempio una grande quantità di petrolio greggio che raggiunge il litorale) e lo Stato colpito è parte del Fondo IOPC, il risarcimento può essere ottenuto ai sensi del Fondo stesso.

Negli altri casi non esiste una legislazione internazionale in vigore che disciplina le compensazioni e i costi potrebbero essere coperti solo dal governo del paese colpito.

PARTE SECONDA: GLI SVERSAMENTI IN MARE DI IDROCARBURI DEL PETROLIO E I POTENZIALI EFFETTI SUI DIVERSI TIPI DI LITORALE

3. SVERSAMENTI IN MARE DI IDROCARBURI DEL PETROLIO: FATTORI E CONDIZIONI CHE DETERMINANO L'IMPATTO SULLA COSTA

Sono diverse le tipologie d'incidenti che possono determinare inquinamento marino da idrocarburi con interessamento della costa: in ragione della natura del sinistro, delle caratteristiche chimico-fisiche del prodotto sversato, delle condizioni meteo-marine nell'area, del tipo di litorale e di altre condizioni al contorno, mutano le conseguenze osservabili sulla costa.

Qualunque sia lo scenario, a seguito di uno sversamento è di estrema importanza procedere con l'acquisizione di elementi quanto più oggettivi possibile, ai fini della valutazione dell'entità dell'impatto sull'ambiente e dello sforzo necessario da mettere in campo per fronteggiarlo.

Le informazioni sui dettagli dell'incidente e sulla natura del prodotto sversato sono acquisiti nell'immediato dalle autorità marittime competenti per giurisdizione: nel caso di incidenti navali è il comandante del mezzo coinvolto, tramite rapporti e comunicazioni codificati, a fornire le informazioni; in caso di sversamenti da installazioni produttive, quali installazioni petrolifere, raffinerie, petrolchimici, impianti e condotte, sono le aziende e le concessionarie allo sfruttamento di giacimenti ad essere incaricate delle notifiche. Nei casi di segnalazioni di inquinamenti di origine ignota, cosiddetti "fantasma", è ancor più necessario procedere speditamente al prelievo e all'analisi di campioni per poter risalire alla natura dell'inquinante, poterne prevedere il comportamento in ambiente marino-costiero ed eventualmente acquisire informazioni sull'origine dello sversamento e dei suoi responsabili.

3.1 Le caratteristiche dell'evento inquinante

I principali elementi da acquisire e considerare, con tempestività, ai fini della lotta all'inquinamento, sono:

- le caratteristiche dell'evento (il tipo di sinistro e la sua evoluzione, il volume degli idrocarburi rilasciati, le modalità di sversamento, la distanza dalla costa e le condizioni meteo-marine);
- il tipo di prodotto sversato e le relative caratteristiche chimico-fisiche;
- le caratteristiche ambientali e socio-economiche dell'area interessata, con particolare riferimento alla morfologia della costa, alla presenza di aree sensibili dal punto di vista ecologico, di siti di interesse antropico ed economico. (Questo aspetto è approfondito nel Capitolo 4).

Per completezza si suggerisce anche la lettura del Quaderno delle emergenze ambientali in mare n.1, Capitolo 3 "Elementi per valutare l'entità di un evento accidentale e le sue conseguenze ambientali" (ISPRA, 2014), propeudeutico per le finalità del Quaderno 5.

Sulla base di tali valutazioni e in considerazione della disponibilità dei mezzi atti a contrastare l'inquinamento, le autorità e le istituzioni competenti sono chiamate a decidere sulla necessità di dichiarare lo stato di emergenza, locale o nazionale, secondo quanto previsto dall'art. 2 del Piano di pronto intervento per la difesa del mare e delle coste (DM 29/01/2013 del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare). Sulla base delle medesime osservazioni e valutazioni, sono approntate le azioni da mettere in campo per contrastare l'inquinamento. Lo SCAT si configura, come già illustrato, nella valutazione della contaminazione della costa prima di procedere alla successiva pulizia.

3.2 Tipologie di incidenti

La prima informazione che viene acquisita con la notifica di un evento di inquinamento in mare da *oil spill*, è la dinamica del sinistro. La causa può essere di natura operativa (erronea gestione di attività consuetudinarie) oppure ac-

cidentale (dovuta soprattutto a eventi esterni rispetto alla sorgente dello sversamento, quali cattive condizioni meteomarine, o imperizia nella navigazione). Gli incidenti possono vedere coinvolte delle navi (collisione, incaglio, affondamento, ecc.), installazioni *offshore* come una piattaforma petrolifera (collasso della struttura, perdita da condotta, sversamento operativo, perdita dalla testa di pozzo, ecc.) oppure dei depositi o degli impianti industriali costieri.



Foto 3.1. Impianti di estrazione in mare Adriatico.

In Tabella 3.1 si propone un elenco non esaustivo delle principali casistiche e dei rischi a esse associati, corredato con note sintetiche su incidenti avvenuti più o meno recentemente e con indicazione delle problematiche riscontrate sulla costa. Pur considerando che ogni incidente rappresenta un caso a sé stante, le esperienze passate possono essere comunque di utilità nella pianificazione delle attività di risposta.

La gravità di un *oil spill* e del suo potenziale impatto sulla costa dipendono,

ovviamente, dalle quantità di prodotto sversato e dalla modalità del rilascio di idrocarburi, nei termini di flusso e portata. A tale riguardo, pur essendo ampia la casistica che può presentarsi, s'illustrano nel seguito i due casi estremi:

- lo **sversamento massivo**; dovuto a incidenti in cui una grande quantità di idrocarburi sono sversati in mare in un breve lasso di tempo. Questo fenomeno può verificarsi in seguito a eventi sia accidentali che operazionali e determina prevalentemente un impatto ambientale di tipo acuto, con effetti a breve termine. Effetti di medio-lungo periodo potranno comunque esser rilevati; questi sono generalmente riconducibili all'azione della parte di prodotto non recuperabile con i mezzi antinquinamento e con le attività di *clean-up* della costa, come anche ai fenomeni di tossicità cronica indotta negli organismi esposti all'inquinamento;
- il **trafilamento** (*leakage*); dovuto ad una perdita di idrocarburi caratterizzata da un flusso costante e di bassa intensità che si protrae per lunghi periodi di tempo. Avviene generalmente per rilasci da cisterne o da casse di *bunker* dei relitti, fenomeno sovente osservato su navi affondate durante la seconda guerra mondiale. Questa modalità di rilascio può determinare un inquinamento di tipo cronico, con effetti a medio e lungo termine.

Gli effetti sulla costa di tali modalità di sversamento sono molto differenti, fatti salvi gli altri fattori e condizioni a contorno che influiscono sulla gravità dell'inquinamento: rilasci massivi determinano più frequentemente un imbrattamento cospicuo della costa sia per estensione che per volume nonché per spessore della coltre idrocarbureca (Foto 3.2); il trafilamento, invece, generalmente comporta sulla costa un rinvenimento sporadico e prolungato nel tempo di idrocarburi in tracce, in piccoli agglomerati nonché la presenza di detriti oleati (Foto 3.3).



Foto 3.2. Sversamenti massivi di miscele idrocarburiche in mare da navi petroliere: a sinistra la "Hebey Spirit" il 7 dicembre 2007 dopo la collisione con una chiatta nel Mar Giallo (Corea del Sud) (Fonte: ITOPF). A destra spiaggiamento sulla costa libanese di olio combustibile, Libano 2006.



Foto 3.3. Trafilamento di olio combustibile dal relitto "USS Mississinewa" che ha determinato l'arrivo di limitate quantità di prodotto sui vicini litorali ma in modo prolungato nel tempo (Fonte: IOSC, 2005).

Tabella 3.1. I più comuni incidenti causa di sversamenti di idrocarburi in mare: tipo di sversamento e relativa casistica.

Evento accidentale	Tipologia sversamento	Casistica
Collisione tra due navi	Fuoriuscita di idrocarburi trasportati come carico o del <i>bunker</i> (massiva o non massiva)	07/10/2018 Collisione tra la nave Ro-Ro "Ulysse" e la portacontainer "Cl's Virginia" al largo delle coste della Corsica. Circa 500 m ³ di olio combustibile sversate in mare. Raggiunta la costa di <i>Saint Tropez</i> .
Incaglio	Fuoriuscita massiva di idrocarburi trasportati come carico o <i>bunker</i> (massiva o non massiva)	24/03/1989 "Exxon Valdez", la superpetroliera della <i>Exxon Mobil</i> , si incaglia in una scogliera dello stretto di <i>Prince William</i> , Golfo di <i>Alaska</i> . Stimati 41.000 ÷ 119.000 m ³ di greggio; 2.100 km di costa colpiti.
Affondamento	Si può verificare il trafilamento, una fuoriuscita continua di piccole quantità di idrocarburi prolungata nel tempo	19/11/2002 petroliera "Prestige" affondata al largo delle coste della Galizia rilasciando parte del carico di 77.000 t di olio combustibile. Interessate le coste della Galizia e della Francia occidentale.
Esplosione e/o incendio	Fuoriuscita massiva di idrocarburi che possono trasformarsi in miscele più viscosi e più dense a causa della combustione	11/04/1991 petroliera "Haven" a seguito di esplosione e incendio, 144.000 t di greggio si sversarono in mare, in gran parte affondarono sul piano batiale e interessarono le coste di Liguria e Costa Azzurra.
Collasso piattaforma	Fuoriuscita massiva degli idrocarburi contenuti nella struttura	03/06/1979 Esplosione della piattaforma "IXTOC 1" con fuoriuscita di circa 5.000 m ³ di greggio. Impatto sulla costa messicana di <i>Tamaulipas</i> e <i>Veracruz</i> (particolarmente colpito un sito di nidificazione delle tartarughe). Colpiti 260 km di costa statunitense con rimozione di 10.000 m ³ di materiale oleato e prodotto spiaggiato; circa il 25% del greggio sversato si valuta sia affondato nel Golfo del Messico. Intervento preventivo, prima dell'arrivo dell'olio, a protezione di alcune aree sensibili.

Evento accidentale	Tipologia sversamento	Casistica
Perdita da condotta (a terra e a mare)	Fuoriuscita massiva di idrocarburi	17/04/2016 condotta IPLM (Genova). Fuoriuscita di circa 700 m ³ di una miscela di greggio e acqua che si è sversata nei torrenti Fegino e Polcevera e in parte ha raggiunto il mare e le coste prossimali.
Perdita da testa di pozzo	Fuoriuscita massiva di idrocarburi che può essere prolungata nel tempo	20/04/2010 "Deep Water Horizon", Golfo del Messico. Fuoriuscita continua per circa 5 mesi dalla testa di pozzo; stimate 400-800.000 t. di greggio sversate in mare. Interessamento di gran parte delle coste settentrionali del Golfo.
Sversamenti operazionali	Fuoriuscita anche massiva di idrocarburi che può interessare anche la parte retrostante del litorale e le falde, in base all'ubicazione dell'impianto	11/01/2011 Centrale termoelettrica, Porto Torres (SS). Fuoriuscita di 50-80 m ³ di olio combustibile che ha interessato con sporadici residui solidi circa 100 Km di costa tra Stintino e Baia Sardinia.
Incendio di depositi costieri	Fuoriuscita massiva di idrocarburi che possono contaminare anche la parte retrostante del litorale e le falde, in base all'ubicazione dell'impianto. Gli idrocarburi possono trasformarsi in miscele più viscosi e più dense a causa della combustione.	14/07/2006 Centrale termoelettrica. Jiyeh (Beirut). Fuoriuscita di 20-30.000 m ³ di olio combustibile a seguito di un atto di guerra. La combustione del prodotto ha determinato l'affondamento su fondali marini della parte bituminosa, la restante parte fluida si è depositata su gran parte delle coste libanesi e in parte siriane.

Nell'immediatezza di uno sversamento di idrocarburi, la distanza dalla costa è un altro fattore fondamentale da considerare: esso concorre a determinare l'estensione del litorale colpito e la finestra temporale disponibile prima dell'arrivo dell'olio sulla costa. A tale riguardo, si definiscono 4 classi di distanza

alle quali si associa una stima del tempo utile a predisporre l'intervento sulla

Evento accidentale	Tipologia sversamento	Casistica
Sversamenti fantasma (<i>mysterious spill</i>)	Sversamento in mare da sorgente sconosciuta, intenzionale e non. In questo caso l'arrivo delle chiazze sul litorale non è prevedibile data l'origine sconosciuta. Un esempio (non intenzionale) è la fuoriuscita di idrocarburi da relitti a seguito dell'azione della corrosione marina sulle strutture. Si può verificare una fuoriuscita continua di piccole quantità di idrocarburi prolungata nel tempo.	20/11/1944 affondamento della USS "Mississinewa", Ulithi (Micronesia). Nel 2001 si osservò la presenza di discrete quantità di idrocarburi sulle acque e lungo la costa dell'isola. Solo successivamente fu verificato che la sorgente era il relitto della "Mississinewa" a causa dell'azione decennale della corrosione marina. Nel 2003 furono recuperati dal relitto circa 7.600 m ³ di olio combustibile.
Perdita da impianti costieri	Rilascio accidentale di idrocarburi principalmente in fase di carico e scarico.	03/2018 Raffineria, Milazzo (ME). Sversamento di idrocarburi del petrolio (gasolio) a causa della presumibile corrosione del fondo di un serbatoio della raffineria, con interessamento della falda. L'inquinamento dalla falda ha raggiunto prima l'arenile e quindi le acque marine costiere (iridescenze).

costa (Tabella 3.2).



Foto 3.4. Naufragio M/N "Costa Concordia", Isola del Giglio 2012.

In termini generali, possiamo affermare che:

- l'elevata distanza dalla costa è un fattore positivo se gli idrocarburi sversati sono medio-leggeri (*diesel*, greggio leggero) (paragrafo 3.3), per cui i processi di *weathering* (alterazione per invecchiamento) determinano una sensibile riduzione delle quantità residue in mare nell'arco di una settimana dal loro rilascio. L'elevata distanza rappresenta, invece, un fattore negativo nel caso siano coinvolti idrocarburi medio-pesanti (olio combustibile pesante, greggio pesante, ecc.) perché gran parte delle quantità sversate persistono in *mare* (cfr. paragrafo 3.3) e sono in grado di impattare tratti di costa più ampi anche molto distanti dal punto di rilascio.
- l'esigua distanza dalla costa rappresenta un fattore positivo per i prodotti medio-pesanti, perché, generalmente, il tratto di costa interessato risulta meno esteso e si interviene con più facilità nello scenario dell'incidente. Al contrario, la vicinanza alla costa rappresenta un fattore negativo in caso di rilascio di prodotti leggeri che, subendo per minor tempo i processi di *wea-*

thering in mare, avranno pertanto un forte impatto tossico nocivo sul litorale; inoltre le tecniche di rimozione dei prodotti leggeri sono generalmente più complesse.

Tabella 3.2. Le classi di distanza dalla costa nella lotta all'inquinamento costiero.

Classe di distanza	Distanza dalla costa	Tempo disponibile per l'intervento	Scenari	
			prodotti leggeri	prodotti pesanti
1	d > 50 miglia	una settimana	++	--
2	10 miglia < d < 50 miglia	alcuni giorni	+	-
3	5 miglia < d < 10 miglia	un giorno	-	+
4	d < 5 miglia	poche ore	--	++

Legenda: ++ fattore alquanto favorevole; + fattore favorevole; - fattore sfavorevole – fattore alquanto sfavorevole

Le condizioni meteo-marine (temperatura, moto ondoso, irraggiamento solare, regime anemometrico) influiscono in modo importante sul comportamento e sul destino del prodotto sversato in mare, determinando sia l'entità sia la tipologia di processi di *weathering* a cui sono sottoposti gli idrocarburi del petrolio sversati in mare. L'arrivo sulla costa dell'inquinante è fortemente condizionato dall'intensità e dalla direzione delle correnti sia quelle superficiali sia quelle profonde, in generale è possibile aspettarsi che:

- condizioni di mare agitato e venti sostenuti, possono determinare una rottura della pellicola idrocarburica che tende a organizzarsi sulla superficie marina, accelerano i processi di evaporazione delle frazioni più volatili e i processi di dispersione nella colonna d'acqua. Tali condizioni ambientali, agevolando anche l'emulsificazione nelle miscele più viscosi, determinano la produzione di *chocolate mousse* e la formazione di agglomerati bituminosi che possono inglobare sabbia e detriti, una volta sulla costa;
- condizioni di mare calmo e venti a regime di brezza tendono invece a rallentare i processi di *weathering*, contribuendo a determinare un possibile arrivo sul litorale di prodotto fresco o poco invecchiato ma evitano la forma-

zione della *chocolate mousse*.

In termini generali quindi il tipo di prodotto sversato, il tipo di incidente, la distanza dalla costa e le condizioni meteo-marine concorrono a determinare sia la scelta delle tecniche di lotta all'inquinamento in mare sia le modalità con cui realizzare lo SCAT nonché le tecniche di pulizia della costa da mettere in atto.

3.3 Gli idrocarburi del petrolio (grezzi, raffinati, ecc.)

Nel Quaderno delle Emergenze Ambientali in Mare n. 1 (ISPRA, 2014), al quale si rimanda per approfondire il tema, sono affrontati gli aspetti relativi alle caratteristiche e classificazioni dei prodotti petroliferi. Per le finalità del presente Quaderno, nel seguito ci concentreremo sugli aspetti più rilevanti per le attività da realizzare sulla costa.

Gli *oil spill* in mare possono derivare da fuoriuscite di greggio o di prodotti di raffinazione del petrolio, va ricordato che anche le acque di sentina rappresentano una potenziale sorgente idrocarburi in mare. È interessante evidenziare, inoltre, che analoghe modalità di gestione dell'emergenza derivante da prodotti petroliferi possono essere applicate anche per l'inquinamento della costa dovuto alla presenza di oli vegetali o di derivati da grassi animali.

Per petrolio greggio, in generale, s'intende una miscela naturale di composti organici, principalmente idrocarburi liquidi con una composizione estremamente complessa e notevolmente variabile ma univocamente correlabile al giacimento di estrazione; in media un greggio ha una composizione chimica elementare così rappresentata: carbonio (C: 84÷87%), idrogeno (H: 11÷14%), zolfo (S: 0÷3%), e azoto (N: 0÷0,6%). È caratterizzato anche dalla presenza di molecole organiche contenenti eteroatomi (S, N, O, V, Ni) presenti in tracce: si contano più di 20.000 diversi composti organici (*Marshall and Podgers, 2004*); si rilevano, inoltre, metalli sotto forma di sali inorganici e composti organometallici oltre alla presenza di sedimenti e di salamoie.

Gli idrocarburi del petrolio possono essere ricondotti a quattro "famiglie idrocarbure" principali (Tabella 3.3) e proprio in base alle loro abbondanze re-

lative si distinguono le quattro tipologie principali di petroli greggi, illustrati in Tabella 3.4; dalle famiglie chimiche dominanti, tipiche di un prodotto, se ne evincono la tossicità e la persistenza in ambiente marino. Inoltre, la composizione idrocarburica del greggio ne determina l'impiego nella produzione dei prodotti raffinati.

Tabella 3.3. Principali famiglie idrocarburiche in una miscela di petrolio greggio.

Famiglie idrocarburiche	Formula/struttura molecolare	Abbondanze	Note
Paraffine	C_nH_{2n+2}	15% - 60%	C1-C30 (lineari e ramificati). Particolarmente abbondanti le paraffine ramificate con un numero di gruppi metilici da 1 a 3
Nafteni	$C_nH_{2n+2-2R_n}$ (R_n = numero anelli)	30% - 60%	Coniugati, alchilati, condensati. Cicloparaffine C_5H_{10} e C_6H_{12} sono i nafteni più stabili e abbondanti nel petrolio. Presenti nafteni alchilati (generalmente gruppi metilici)
Aromatici	mono-, bi- e poli- ciclici aromatici	3% - 30%	Talvolta gli anelli aromatici sono uniti a catene laterali paraffiniche lineari. Anelli saturi (benzene, toluene, xileni) e anelli condensati: IPA (naftalene, antracene, fenantrene, e derivati)
Asfaltini	rapporto H/C molto basso	residuo solido del petrolio grezzo	Molecole pesanti (500 < PM < alcune migliaia) composizioni e strutture chimiche molto complesse: anelli aromatici condensati, catene paraffiniche anche eterociclici (da 1 a 3 atomi di S, O, N per molecola).

I prodotti di raffinazione sono da intendersi come un risultato finale della filiera del petrolio, con la quale l'industria petrolchimica trasforma il greggio in prodotti, finali o intermedi, attraverso impianti e processi più o meno complessi (distillazione atmosferica, *cracking*, *reforming*, alchilazione, ecc.). I principali prodotti di raffinazione del petrolio grezzo sono riportati nel *box 3.1*: essi sono discriminati principalmente in base alla loro volatilità, associata a sua volta alla composizione idrocarburica.



Foto 3.5. Impianto petrolchimico con deposito costiero.

Tabella 3.4. Tipi di greggi classificati in base alle abbondanze relative delle famiglie idrocarburiche.

Tipi di olio	Caratteristiche	Paesi produttori	Note
Base paraffinica	65% alcani; bassa percentuale di asfalteni. Contengono anche argilla e silice e un basso tenore di zolfo.	Medio Oriente, Libia, USA	Base per oli lubrificanti
Base naftenica	Oltre il 70% di cicloalcani; bassa percentuale di asfalteni; elevato tenore di zolfo	Russia, Venezuela, USA	Produzione di benzine e oli lubrificanti (meno frequente)
Base mista (paraffinico-naftenica)	15-25% di asfalteni	Diffusi in tutto il mondo	Sono i più comuni: rappresentando circa il 75% della produzione mondiale
Base arenica	Contenuto in idrocarburi aromatici nell'ordine del 40%	Iraq, Messico, Sumatra, Giava	Poco comuni e molto pregiati

BOX 3.1 PRINCIPALI PRODOTTI DI RAFFINAZIONE DEL PETROLIO GREZZO

Gas incondensabili (H_2 , C_1 e C_2) e liquefacibili (C_3 e C_4 - GPL): sono la frazione gassosa, più leggera e facilmente separabile dal greggio.

Distillati leggeri (benzine(- C_4 - C_{12}): sono miscele di HC allo stato liquido, molto volatili, con T_{eb} tra 40 e $180^\circ C$ e liquidi in condizioni di P e T ambientali. Contengono al massimo l'1% di benzene, il 35% V/V di composti aromatici e il 18% V/V di olefine. Inoltre registrano un contenuto massimo di zolfo pari a 10 mg/kg.

Cherosene e *Jet Fuel* (C_{11} - C_{15}): miscele idrocarbureche con T_{eb} 175 - $275^\circ C$. Hanno un contenuto più elevato di composti aromatici (fino al 25% V/V), di alchil benzeni e concentrazioni significative di IPA.

Gasolio e Diesel (C_{15} - C_{25}): definito anche distillato medio, è un liquido denso composto da una miscela di idrocarburi aventi T_{eb} tra 250 e $350^\circ C$. Il Diesel ha caratteristiche simili al gasolio ma è più "pregiato" perché presenta impurezze in quantità minori.

Oli combustibili: sono ottenuti dal residuo pesante ad alta viscosità del *topping* o della distillazione sotto vuoto; composti da miscele di idrocarburi paraffinici, naftenici, policiclici aromatici ad alto peso molecolare, a loro volta spesso miscelate con un distillato del petrolio (flussante). Trovano impiego nell'industria e negli impianti di propulsioni di navi; spesso trasportato o combusto previo riscaldamento per renderlo fluido.

Oli lubrificanti (C_{25} - C_{40}): sono miscele di idrocarburi a struttura mista dotati di elevata viscosità. Derivanti dalla distillazione sottovuoto del residuo del *topping*, essi vengono purificati dai composti paraffinici, asfaltenici e aromatici, e quindi decolorati e miscelati con altri oli e con additivi chimici. Possono essere a base minerale o sintetica.

Bitumi, Asfalti, Residui (malteni, asfalteni, carbeni, carboidi) ($C > 40$): rappresentano il residuo solido del greggio, presentano molecole a struttura complessa, anche con eteroatomi.



LEGGERI

PESANTI

3.3.1 Proprietà chimico-fisiche degli idrocarburi

Qualsiasi sia lo scenario che possa presentarsi, una volta nota la natura del prodotto sversato se ne valutano le caratteristiche chimico-fisiche, concentrandosi, in particolare, su quelle che più di altre ne condizionano il comportamento e il destino nel breve, medio e lungo termine (paragrafo 3.3.2).

In generale, possiamo affermare che le proprietà “chiave” che determinano l’interazione di greggio e raffinati con le matrici ambientali sono:

- densità (gravità specifica), viscosità e *pour point* (punto di scorrimento): influenzano il destino finale dell’inquinante (affondamento/dispersione/deriva sulla superficie del mare/persistenza/stato fisico) e nel caso di prodotti che galleggiano in superficie ne determinano lo spessore (pellicole, chiazze) e la sua potenziale estensione in mare;
- solubilità in acqua e volatilità determinano la quota parte di prodotto che verrà ripartito in atmosfera per evaporazione e in acqua per solubilizzazione e/o per dispersione in micelle nella colonna d’acqua;

La volatilità descrive la tendenza alla evaporazione degli idrocarburi alla temperatura e pressione di riferimento; viene espressa come tensione di vapore (Pa) e aumenta con la temperatura e, specie nei paesi europei, viene sovente espressa sulla base degli intervalli delle temperature di ebollizione delle miscele idrocarburiche. La volatilità di un prodotto è strettamente legata alla composizione della miscela idrocarburica (tabella 3.5):

- elevate quantità di prodotti bituminosi, cere o residui asfaltenici determinano una bassa tendenza alla evaporazione, anche a elevate temperature e di conseguenza mostrano una maggiore persistenza nell’ambiente marino;
- la prevalenza di idrocarburi leggeri determina una maggiore tendenza al passaggio di stato gassoso.

In caso di sversamento in mare, per gli idrocarburi si innesca un processo di distillazione, influenzato dalla turbolenza del sistema che favorisce l’evaporazione soprattutto per le miscele a elevata volatilità.

Tabella 3.5. Volatilità associate ai prodotti petroliferi.

Abbreviazione	Descrizione	Teb (°C) @ 101,3 kPa	Tensione di vapore @20°C	Prodotti petroliferi
VVOC	<i>Very volatile (gaseous) organic compounds</i>	da < 0 a 50-100	>> 101,3 kPa	Gas propano, GPL
VOC	<i>Volatile organic compounds</i>	da 50 - 100 a 240-260	> 101,3 kPa	Cheroseni, JP
SVOC	<i>Semi Volatile organic compounds</i>	da 240 - 260 a 385-400	≤ 101,3 kPa	Gasolio, diesel
NVOC	<i>Non Volatile organic compounds</i>	non volatilizzano a condizioni ambiente	<< 101,3 kPa	Oli combustibili, lubrificanti, bitumi

La densità relativa è una grandezza adimensionale che determina la tendenza all'affondamento in mare degli idrocarburi, misurata @20°C e rapportata alla densità dell'acqua distillata misurata a 3,96 °C (1 g/ml). La maggior parte degli idrocarburi è meno densa e più leggera dell'acqua di mare, per la quale si assume una densità di circa 1,025 mg/ml. La densità è correlata principalmente all'abbondanza di idrocarburi saturi.

A livello internazionale, sin dagli albori dell'industria petrolifera, è stata adottata una scala di densità specifica per i greggi e i prodotti di raffinazione, elaborata dall'*American Petroleum Institute* (API). Essa definisce il grado API (°API) come:

$$^{\circ}\text{API} = (141,5/\text{densità relativa}) - 131,5$$

I valori di densità sono misurati secondo il metodo ASTM D4052. La densità relativa è inversamente proporzionale ai gradi API che presentano valori massimi di 45 - 50, corrispondenti a una densità relativa di circa 0,8; con valori inferiori a 10 °API gli idrocarburi possono affondare (Tabella 3.6).

Tabella 3.6. Classificazione API, proposta dall'American Petroleum Institute.

Gruppo API#	°API (densità kg/m ³)	Esempi Petrolio grezzo	Esempi Raffinati del petrolio
Gruppo I	°API > 31,1 (d < 870 kg/m ³)	Light crude oil Arabian Super Light, Iranian Light Arabian Extra Light, Nigerian Light	Cherosene, Nafta, <i>Jet Fuel</i> , cherosene
Gruppo II	22,3 < °API < 31,1 (870 < d > 920 kg/m ³)	Medium crude oil Arabian Medium, Arabian Heavy, Iranian Heavy, Nigerian Medium	<i>Intermediate Fuel Oil</i> (IFO 180), Marine Gas Oil (MGO)
Gruppo III	10 < °API < 22,3 (d = 920 ÷ 1000 kg/m ³)	Heavy crude oil Nile Blend, Bachaquero	<i>Intermediate Fuel Oil</i> (IFO 380)
Gruppo IV	°API < 10,0 (d > 1000 kg/m ³)	Extra heavy crude oil Venezuela (Orinoco), Lloydminster	Bitumi, asfalti, paraffine, cere, oli lubrificanti

La viscosità cinematica (ν) di un prodotto petrolifero è una grandezza fisica, usualmente misurata in *centiStokes* (1 cSt = 1 mm²/s), che esprime la sua resistenza allo scorrimento, sotto l'influenza della gravità. Per comprendere questa proprietà può essere utile immaginarla come la tendenza dell'idrocarburo a scivolare lungo un piano inclinato: tanto maggiore è la viscosità quanto minore sarà la velocità dello scivolamento. La viscosità cinematica descrive più compiutamente il comportamento dell'olio nell'ambiente rispetto alla viscosità dinamica (μ), misurata in *CentiPoise* (cP). Le due grandezze sono correlate dalla densità (d) del prodotto ($\nu = \mu/d$).

Il valore di viscosità di una miscela idrocarburica è in stretta correlazione con il contenuto di asfalteni, cere e resine; pertanto essa potrà assumere consistenze diverse e confrontabili con alcuni prodotti di uso comune.

Gli idrocarburi diventano più viscosi al diminuire della temperatura, alcuni più

velocemente di altri, a seconda della loro composizione; al pari la viscosità di una miscela idrocarburica può essere ridotta agendo sulla temperatura per riscaldamento o per diluizione con agente flussante.

Dalla viscosità degli idrocarburi dipende la loro attitudine a disperdersi nella colonna d'acqua e a formare emulsioni. Minore è la viscosità, maggiore è la tendenza a disperdersi, e quindi minore è la tendenza a formare emulsioni (paragrafo 3.3.2).

Il punto di scorrimento (*pour point*) è quel valore di temperatura al di sotto del quale il prodotto petrolifero perde le sue caratteristiche di fluido (non scorre più) per assumere lo stato solido. Il valore del parametro è essenzialmente funzione del contenuto relativo di cere e asfalteni (paraffine ad alto peso molecolare).

A differenza delle sostanze pure, il passaggio allo stato solido delle miscele non avviene ad una temperatura precisa. Accade, infatti, che a partire da una miscela completamente liquida di idrocarburi, mano a mano che si abbassa la temperatura, le molecole delle cere inizino a organizzarsi in una struttura cristallina che ostacola lo scorrimento della miscela. La temperatura alla quale la citata struttura cristallina inizia a formarsi prende il nome di *cloud point*. Nell'intervallo di temperatura tra il *cloud point* e il *pour point* la miscela oleosa passa da uno stato completamente liquido ad uno semisolido o solido. Quando questo intervallo rientra nel *range* di temperatura tipicamente riscontrabile nell'ambiente, gli idrocarburi mutano il loro stato fisico, anche a seguito di piccole variazioni di temperatura lungo la colonna d'acqua.

Le caratteristiche chimico-fisiche dei petroli greggi sono ben note perché alla base di numerosi e strategici processi industriali. Al pari dei greggi, sono ben note anche le proprietà dei raffinati, determinate e prestabilite in base ai loro impieghi finali, ovvero alle *performance* che essi devono garantire così da avere un valore di mercato. Seppure le caratteristiche principali dei greggi e dei raffinati siano misurate secondo metodi normati, specifici per l'industria petrolifera e petrolchimica (*in primis* quelli definiti dalla ASTM - *American Society for Testing and Materials International*), non esiste una classificazione

univocamente adottata a livello internazionale.

In termini generali, i greggi e i prodotti raffinati sono classificati in base alla densità della miscela (il già descritto °API), il contenuto di zolfo (olio dolce/acido) e la composizione idrocarburica che si esplicita con il contenuto prevalente di idrocarburi (paraffinico/ naftenico/arenico/asfaltenico).

Per gli obiettivi di questo Quaderno, ci riferiamo alle classificazioni del greggio e dei raffinati basate sull'insieme delle proprietà chimico-fisiche utili a predirne comportamento e destino, note anche le condizioni ambientali.

La classificazione ITOPF, più recente ed esaustiva, definisce 4 gruppi di greggi e raffinati, stabiliti sulla base dei valori di gravità specifica (°API), viscosità cinematica, *pour point* e tendenza alla distillazione (percentuali di idrocarburi avente punto di ebollizione inferiore a 200°C e superiore a 370°C). Pertanto gli oli grezzi e i raffinati di ogni singolo gruppo sono riconducibili a comportamenti e destini simili, una volta sversati nell'ambiente:

Gruppo 1 ITOPF; idrocarburi con densità e viscosità basse. Il *pour point* è molto inferiore della temperatura ambiente e la tendenza alla distillazione è elevata: si tratta di idrocarburi leggeri e fluidi con elevata tendenza all' evaporazione (es. il greggio *Arabian Super Light*, e tra i raffinati le benzine, keroseni e le nafte).

Gruppo 2 ITOPF; idrocarburi con densità medio-bassa. La viscosità e il *pour point* sono anch'essi generalmente bassi. Solo in alcuni casi il prodotto è semisolido a temperatura ambiente. La tendenza alla distillazione è medio-elevata: si tratta di idrocarburi leggeri, spesso fluidi, con una moderata tendenza all' evaporazione (es. il *Brent*, il *Marine Gas Oil*, l'*Arabian Extra Light*).

Gruppo 3 ITOPF; idrocarburi con valori di densità, viscosità e il *pour point* generalmente medi. Solo in alcuni casi il prodotto è semisolido a temperatura ambiente. La tendenza alla distillazione è medio-bassa. Si tratta di idrocarburi spesso fluidi, con una bassa tendenza a evaporare. In alcuni casi essi possono affondare se al loro interno viene intrappolato del sedimento o altro materiale pesante. Appartengono a questo gruppo l'*Arabian Medium*, l'*Iranian Heavy*, tra i greggi, l'*IFO 180* tra i raffinati.

Gruppo 4 ITOPF; idrocarburi con densità e viscosità elevate. Il *pour point* ha valori paragonabili o superiori alla temperatura ambiente. La tendenza alla distillazione è bassa. Si tratta di idrocarburi pesanti e poco fluidi, con una scarsa tendenza all' evaporazione. Spesso possono affondare soprattutto se al loro interno viene intrappolato del sedimento o altro materiale pesante. Appartengono a questo gruppo i greggi *Nile Blend* e il *Boscan* e l'*IFO 380*, un olio combustibile che trova impiego nella propulsione delle navi.

Per le specificità dei 4 gruppi ITOPF si rimanda alla [Tabella 3.7](#). Si noti che le classificazioni API e ITOPF non sono completamente sovrapponibili.

In mare, un greggio che presenta grande abbondanza di idrocarburi pesanti sarà più viscoso e denso e, di conseguenza, formerà patine bruno-nere con tendenza a produrre emulsioni sulla superficie marina; se a prevalere sono le paraffine a basso peso molecolare e i nafteni, invece, la patina superficiale risulterà più sottile, iridescente ([Foto 3.6](#)).



Foto 3.6. L'olio in mare assume aspetti e conformazioni strettamente legate alla composizione e alle proprietà del prodotto: a sinistra olio viscoso e pesante, a destra l'iridescenza tipica di idrocarburi leggeri.

Tabella 3.7. I quattro gruppi di oli della classificazione ITOPF (modificato da ITOPF).

Gruppo 1					
A: *API > 45 (Gravità Specifica <0,8)					
B: Punto di scorrimento °C					
C: Viscosità @ 10-20°C inferiore a 3 CSt					
D: % con punto ebollizione <200°C: superiore al 50%					
E: % con punto ebollizione >200°C: tra 20 e 0%					
	A	B	C	D	E
Arabian Super Light	49	-28	2@10°C	58	14
Cossack	48	-18	2@20°C	51	18
Curlew	47	-13	2@20°C	57	17
F3 Condensate	54	<-63	1@10°C	81	0
Gippsland	52	-13	1,5@10°C	63	8
Hidra	52	-62	2,5@10°C	60	11
Teregganu Condensat	73	-36	0,5@20°C	>95	0
Wollybutt	49	-53	2@20°C	55	4
Gasoline	58		0,5@15°C	100	0
Kerosene	45	-55	2@15°C	50	0
Naptha	55		0,5@15°C	100	0

Gruppo 2					
A: *API 35-45 (Gravità Specifica 0,8 – 0,85)					
B: Punto di scorrimento °C					
C: Viscosità @ 10-20°C: tra 4 CSt e semisolido					
D: % con punto ebollizione < 200°C: tra il 20 e il 50%					
E: % con punto ebollizione > 370°C: tra il 15 e il 50%					
Basso punto di scorrimento (< 6°C)					
	A	B	C	D	E
Arabian Extra Light	38	-30	3@15°C	26	39
Azeri	37	-3	8@20°C	29	46
Brent	37	-3	7@10°C	37	33
Draugen	40	-15	4@20°C	37	32
Dukhan	41	-49	9@15°C	36	33
Liverpool Bay	45	-21	4@20°C	42	28
Sokol (Sakhalin)	37	-27	4@20°C	45	21
Rio Negro	35	-5	23@10°C	29	41
Umm Shaif	37	-24	10@10°C	34	31
Zakum	40	-24	6@10°C	36	33
Marine Gas oil (MGO)	37	-3	5@15°C		
Alto punto di scorrimento (>5°C)					
Amna	36	19	semisolido	25	30
Beatrice	38	18	32@15°C	25	35
Bintulu	37	19	semisolido	24	34
Escravos	34	10	9@15°C	35	15
Sarir	38	24	semisolido	24	39
Statfjord	40	6	7@10°C	38	32

Nota: Gli oli ad alto punto di scorrimento rientrano nel Gruppo 2 quando si registrano valori di temperatura ambiente superiori ai relativi punti di scorrimento (sono allo stato fluido). Gli stessi oli rientrano, invece, nel Gruppo 4 per valori di temperatura ambiente inferiori ai punti di scorrimento (sono allo stato semisolido o solido).

Gruppo 3					
A: *API 17,5-35(Gravità Specifica 0,8–0,95)					
B: Punto di scorrimento °C					
C: Viscosità @ 10-20°C tra 8 CSt e semisolido					
D: % con punto ebollizione <200°C: superiore al 50%					
E: % con punto ebollizione >200°C: tra 20 e 0%					
Basso punto di scorrimento (< 6°C)					
	A	B	C	D	E
Alaska North Slope	28	-18	32@15°C	32	41
Arabian Heavy	28	-40	55@15°C	21	56
Arabian Medium	30	-21	25@15°C	22	51
Arabian Light	33	-40	14@15°C	25	45
Bonny Light	35	-11	25@15°C	26	30
Iranian Heavy	31	-36	25@15°C	24	48
Iranian Light	34	-32	15@15°C	26	43
Khafij	28	-57	80@15°C	21	55
Sirri	33	-12	18@15°C	32	38
Thunder Horse	35	-27	10@15°C	32	39
Tia Juana cight	32	-42	500@15°C	24	45
Troll	33	-9	14@15°C	24	35
IFO 180	18-20	10-30	1500-3000@15°C	-	-
Alto punto di scorrimento (>5°C)					
Cabinda	36	19	Semisolido	25	30
Coco	38	18	32@15°C	25	35
Gamba	37	19	Semisolido	24	34
Mandji	34	10	9@15°C	35	15
Minas	38	24	Semisolido	24	39

Nota: Gli oli ad alto punto di scorrimento rientrano nel Gruppo 3 quando si registrano valori di temperatura ambiente superiori ai relativi punti di scorrimento (sono allo stato fluido). Per valori di temperatura ambiente inferiori ai punti di scorrimento tali oli si comportano secondo il Gruppo 4 (sono allo stato semisolido o solido).

Gruppo 4					
A: *API <17,5 (Gravità Specifica >0,95) oppure					
B: Punto di scorrimento >30°C					
C: Viscosità @ 10-20°C compresa tra 1500CSt e semisolido					
D: % con punto ebollizione <200°C: inferiore al 25%					
E: % con punto ebollizione >370°C: superiore al 30%					
	A	B	C	D	E
Bachaquero 17	16	-29	5000@15°C	10	60
Boscan	10	15	Semisolido	4	80
Cinta	33	43	Semisolido	10	54
Handil	33	35	Semisolido	23	33
Merey	17	-21	Semisolido	7	70
Nile Blend	34	33	7000@15°C	13	59
Pilon	14	-3	Semisolido	2	92
Shengli	24	21	Semisolido	9	70
Taching	31	35	Semisolido	12	49
Tia Juana Pesado	12	-1	Semisolido	3	78
Widuri	33	46	Semisolido	7	70
IFO 380	11-12	10-30	5000 -30000@15°C		

3.3.2 I processi di weathering e il destino ambientale degli idrocarburi in mare

A seguito di uno sversamento di prodotti petroliferi in ambiente marino, si innescano una serie di processi che conducono, fondamentalmente, alla separazione delle diverse componenti la miscela di idrocarburi.

L'alterazione della composizione della miscela può causare:

- perdita di omogeneità;
- separazione in due o più fasi;
- alterazione complessiva delle proprietà fisiche.

Come già accennato, questo processo, che prende il nome di *weathering* (cfr. invecchiamento), è indotto da agenti fisici, chimici e ambientali.

I principali processi chimici e fisici che influenzandosi reciprocamente, determinano cambiamenti in termini di composizione e di volumi dei prodotti sversati, sono: evaporazione, spandimento (*spreading*), dispersione, fotoreazione, produzione di aerosoli, dissoluzione (solubilizzazione), affondamento (sedimentazione), biodegradazione, emulsificazione (Figura 3.7).

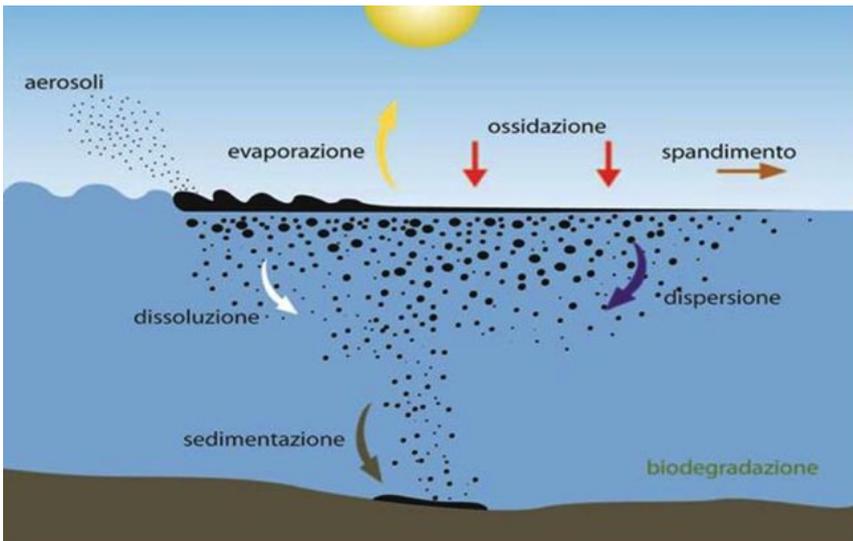


Figura 3.7. Principali processi di weathering (modificato da ITOPF).

Sappiamo che i processi a carico degli oli in mare agiscono in modo più efficace nelle prime ore dopo lo sversamento, quando si assiste a una variazione continua delle caratteristiche dell'olio che generalmente, ne determina perdita di omogeneità, separazione in due o più fasi e alterazione complessiva delle proprietà fisiche.

Si assiste, pertanto, anche a un'evoluzione del comportamento, del destino e dell'aspetto del prodotto sversato. Dopo qualche giorno, tali processi diminuiscono d'intensità fino a diventare residuali; a questo punto, la composizione del prodotto ancora rinvenibile nell'ambiente marino si stabilizza, come si evince dal grafico riportato in [Figura 3.8](#).

Come già accennato, i prodotti leggeri, una volta sversati, tendono soprattutto a evaporare, disperdersi e dissolversi (es. i raffinati dei gruppi ITOPF 1 e 2); i prodotti più pesanti e viscosi (gruppi 3 e 4 ITOPF) perdono la parte, seppur limitata, di idrocarburi leggeri e tendono a inglobare sedimenti e detriti, a emulsionarsi con acqua, ecc., con un importante aumento di volume. Tendono quindi a spiacciarsi o ad affondare. Talvolta, in particolari condizioni, gli oli affondati (*submerged oil* e *sunken oil*) possono riaffiorare anche molto tempo dopo l'incidente, rappresentando un'ulteriore minaccia per la costa.

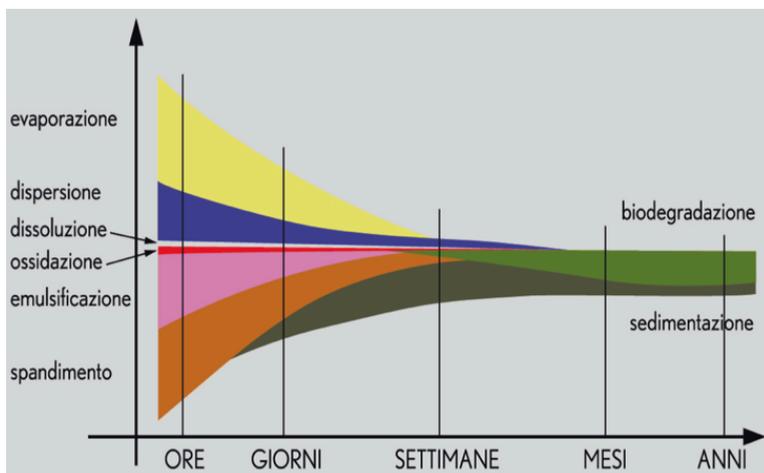


Figura 3.8. Evoluzione temporale dei processi di weathering a carico di idrocarburi del petrolio sversati in mare (modificato da ITOPF).

In termini generali, una volta sversata in mare la miscela di idrocarburi subisce immediatamente il processo di *weathering* che determina un aumento continuo, soprattutto, dei valori di densità e viscosità della parte residuale; quest'ultima, può avere lunghi tempi di permanenza in ambiente marino e il suo destino finale è spesso quello di spiaggiarsi o affondare.

3.4 Gli idrocarburi sulla costa: origine e destino finale

I medesimi fattori e proprietà che determinano l'intensità e l'efficacia del *weathering* sui prodotti sversati in ambiente marino, influenzano anche la possibilità che essi raggiungano la costa e di conseguenza, concorrono a determinarne l'impatto nei termini di consistenza degli spiaggiamenti, dei loro spessori e del grado di penetrazione nella coltre sedimentaria. L'aspetto delle formazioni idrocarburiche rinvenibili sulla costa, inteso come forma, odore, dimensioni, consistenza, presenza di elementi estranei all'olio, è anch'esso direttamente riconducibile alla composizione chimica del prodotto, che sia fresco o invecchiato.

Sulla costa l'aspetto dell'olio è correlato anche alla morfologia della stessa; ad esempio, un olio molto fluido che raggiunge una costa rocciosa può essere intrappolato in pozze oppure, in caso di segmenti di spiaggia sabbiosa o ghiaiosa, può penetrare nella coltre sedimentaria.

In sintesi le quantità, la distribuzione, la giacitura e le caratteristiche delle miscele di idrocarburi che possono essere osservate su un litorale dipendono da:

- quantità di prodotto sversato in mare;
- distanza dalla sorgente di rilascio;
- caratteristiche chimico-fisiche del prodotto;
- entità dei processi di *weathering* che hanno agito;
- condizioni meteo marine;
- esposizione dei litorali a venti e moto ondoso;
- caratteristiche geomorfologiche del litorale.

A livello internazionale la presenza di idrocarburi lungo la costa viene descritta utilizzando tre aspetti fondamentali:

- la distribuzione lungo il litorale;
- lo spessore delle chiazze;
- l'aspetto e le caratteristiche delle chiazze.

La distribuzione viene descritta come la percentuale di copertura di idrocarburi rispetto alla superficie totale di litorale interessato. In Allegato IV "Guida grafica per la stima delle percentuali di distribuzione" viene fornita una guida, da portare durante l'ispezione, di aiuto per la valutazione di tale percentuale. Convenzionalmente vengono individuati dei *range* di percentuale da riportare poi nella scheda SCAT (Allegato I).

Chiaramente su campo è molto difficile poter fare una stima precisa dell'effettiva copertura di prodotto; l'obiettivo non è quello di fornire una misura esatta, essendo in generale la copertura non omogenea, ma cercare di fornire una misura approssimata, comune e condivisa; le immagini riportate in [Figura 3.9](#) possono essere di ausilio.



SPORADICO (1-10%)



A MACCHIE (10 - 50%)



DISCONTINUO (51 - 90%)



CONTINUO (91 - 100%)

Figura 3.9. Immagini relative ai diversi range di percentuale di copertura da idrocarburi dei litorali (Fonte: OSRL, 2014).

Lo spessore delle chiazze è un altro valore rilevante da riportare nella scheda SCAT. Il valore dipende anche in questo caso da diversi fattori, che possono essere soprattutto: il tipo di miscela di idrocarburi sversata, le quantità coinvolte, la distanza della sorgente, l'esposizione del litorale ai venti e al moto ondoso. Anche in questo caso la manualistica internazionale riporta delle classi di spessore codificati che sono:

- accumulo – pozza (*Thick Oil or Pool* - P). Accumulo di olio fresco o *mousse* in avvallamento o pozza nella costa rocciosa, dello spessore superiore al cm. Informazione importante perché questi spessori possono indicare la possibilità di raccolta con sistemi meccanici quali pompe o *skimmers*;
- copertura (*Cover* - C). Olio o *mousse* con spessori compresi tra 0,1 e 1 cm con una copertura continua;
- pellicola (*Coat* - CT). Pellicola oleata trasparente o con colorazione metallica/argentea/marrone/nera dello spessore compreso tra 0,01 e 0,1 cm;
- iridescenze (*Film* - FL). Pellicola oleata iridescente.

Infine, le caratteristiche dell'olio che si presenta sulla costa può essere classificato in:

- fresco (*Fresh* - FR). Residui freschi di idrocarburi che hanno subito per poco tempo processi di alterazione (*weathering*);
- *mousse* (MS). Emulsione di acqua in olio che si realizza con condizioni del mare agitato e con idrocarburi alquanto viscosi;
- *tar balls* (TB). Frammenti o grumi di olio più o meno invecchiato, da solidi a semisolidi;
- *tar patties* (TP). Accumuli di olio a forma di placche di aspetto viscoso e di dimensioni variabili, superiori a 10 cm;
- residui superficiali (*Surface Oil Residues* - RS). Sedimenti superficiali o rocce oleati, strato di prodotto non compatto;
- pavimentazione catramosa (*Asphalt pavement* - RS). Copertura coesa e coerente di olio altamente invecchiato.

La Tabella 3.8 riporta un elenco commentato dei principali aspetti che i residui di idrocarburi del petrolio possono assumere quando si rinvencono sulla costa

Tabella 3.8. Aspetto e natura di residui idrocarburi rinvenibili sulla costa a seguito di un oil spill (classificazione basata sulla scheda SCAT in Allegato I).

Prodotto spiaggiato	Descrizione	Entità e caratteristiche dei processi di weathering
CARATTERISTICHE		
Fresco	Residui freschi di idrocarburi	Olio non invecchiato che assume le caratteristiche vicine al tal quale.
Mousse	Emulsioni di acqua in olio	Può formarsi in poche ore e contenere fino all'80% di acqua. Aumento notevole del volume finale di prodotto; si realizza con condizioni di mare agitato e idrocarburi alquanto viscosi.
Tar ball	Frammenti o grumi di olio più o meno invecchiato, di dimensioni inferiori a 10 cm	Si generano sotto l'azione di un moto ondos moderato; rotolando assumono la tipica conformazione sferica. A seguito della perdita delle componenti più volatili, quelle più pesanti possono inglobare sabbia e/o residui di organismi. Quelle più invecchiate presentano una crosta esterna.
Tar patties	Discreti accumuli di olio di aspetto viscoso a forma di placche e di dimensioni superiori a 10 cm.	Prodotto relativamente fresco, non esposto a fotolisi, weathering non spinto.
Residui superficiali	Sedimenti superficiali o rocce oleate, strato di prodotto non compatto	Apporto di prodotto fresco o invecchiato.
Pavimentazione catramosa	Copertura coesa e coerente di olio molto invecchiato.	Copertura di olio, più probabile in origine un olio pesante. La fotolisi e altri processi di weathering, protrattisi nel tempo, determinano una superficie coriacea.
Pozza o accumulo	Accumulo di prodotto liquido in avvallamento o piscina nella costa rocciosa, dello spessore superiore al cm, non necessariamente uniforme.	Generato da prodotto liquido fresco o poco invecchiato ma comunque allo stato liquido o fluido.
Copertura	olio con spessore di 0,1 + 1 cm con una copertura estesa del litorale	Generato da prodotto liquido o fluido a seguito di sversamento massivo o avvenuto nelle immediate vicinanze, tale da generare uno spessore importante della coltre.
Pellicola	Pellicola oleata trasparente o con colorazione metallica/argentea/marrone/nera	Generato da sversamento di prodotto leggero (ITOPF 1-2) o dal dilavamento e separazione della frazione leggera di prodotti anche medi o pesanti. Si rimanda alla scala BAOAC per ricondurre la colorazione allo spessore della pellicola.
Schizzi	Proiezioni di prodotto su costa.	Generato da prodotto fresco o invecchiato ma comunque sufficientemente viscoso da mantenere traccia della loro proiezione sul substrato.
Iridescenze	Pellicola oleata iridescente	Da apporto di prodotto leggero (ITOPF 1) sversato a poca distanza o dal dilavamento e separazione della frazione leggera di prodotti anche medi o pesanti.
SPessore		

a seguito di *oil spill*. Queste diverse conformazioni degli idrocarburi spiaggiati sono anche rappresentate nella galleria fotografica in Allegato VIII “Guida fotografica su caratteristiche e spessori del contaminante”.

La presenza di idrocarburi in una posizione sub-superficiale, non visibile in superficie, può avvenire per:

- penetrazione del contaminante nel sedimento dovuta alla sua permeabilità legata alla sua granulometria (es. ghiaia e ciottoli) e alla fluidità del prodotto;
- ricoprimento del contaminante spiaggiato con nuovo materiale sedimentario depositato dall’azione del vento o del moto ondoso.

La presenza di olio sub-superficiale può essere rilevato solo eseguendo degli scavi o delle trincee in maniera sistematica. Tali saggi possono essere eseguiti se si ipotizza che tale fenomeno possa essersi verificato, per esempio se vi è presenza di sedimento grossolano, se il prodotto è molto fluido oppure se dopo lo sversamento il moto ondoso è stato sostenuto (Foto 3.10).



Foto 3.10. Presenza di olio sub-superficiale. Nell’immagine a sinistra, residui di Orimulsion© ricoperti da sedimento a seguito di mareggiata - Porto Torres (SS), gennaio 2000 (Ó Ezio Amato). Nell’immagine a destra, tracce di olio bituminoso su spiaggia ciottolosa - Falconara (AN), aprile 2007 (Ó Tiziana Chieruzzi).

Nella scheda SCAT allegata (Allegato I) vi è la possibilità di inserire tutte le informazioni necessarie da riportare nel caso si osservi la presenza di olio sub-superficiale. In Figura 3.11 si riporta schematicamente una sezione di un ipotetico saggio in cui si evidenziano i principali valori da riportare. Come per

l'olio superficiale, anche in questo caso vi sono delle caratteristiche specifiche che è necessario registrare, ovvero se vi è presenza di:

- sedimento saturo: gli spazi interstiziali sono del tutto occupati dal contaminante;
- sedimento non saturo: gli spazi interstiziali sono parzialmente occupati dal contaminante;
- residui: il sedimento è visibilmente contaminato ma non vi sono accumuli negli spazi interstiziali;
- film: il sedimento risulta leggermente contaminato, sono visibili macchie o iridescenze;
- tracce: si riscontra presenza di prodotto all'olfatto o al tatto, oppure sono presenti nel sedimento piccole macchie o iridescenze discontinue.

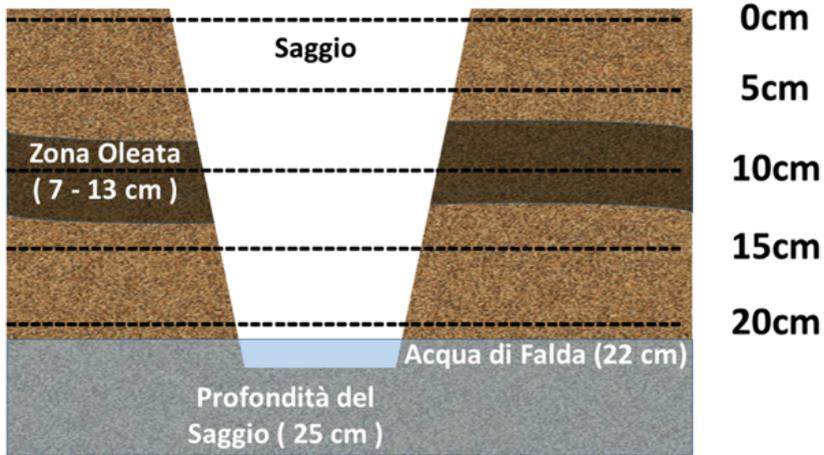


Figura 3.11. Schema di una sezione di un saggio per individuare olio sub-superficiale.

4. CARATTERISTICHE DEI LITORALI

Il presente capitolo rappresenta un approfondimento di argomenti relativi alla sezione 4 “Tipologia di costa” della Scheda di valutazione dell’inquinamento sulla costa da *oil spill* (Allegato I del presente Quaderno).

Il tipo di costa, il grado di esposizione all’azione di onde e correnti, le caratteristiche della componente biologica che insiste nell’area, sono i principali fattori da considerare per la selezione delle azioni più adeguate a preservare e/o recuperare gli ambienti costieri dall’inquinamento derivante dalla presenza di idrocarburi. Conoscere il comportamento e la persistenza degli idrocarburi negli ambienti intertidali necessita della comprensione delle complesse interazioni fra condizioni edafiche, flora e fauna. La sensibilità di un sito può essere definita come il risultato del reciproco influenzarsi dei seguenti fattori:

- tipologia della costa (morfologia, substrato, granulometria);
 - idrodinamismo (esposizione all’energia meccanica di moto ondoso, correnti, maree, clima);
 - sensibilità dell’ecosistema caratterizzante il litorale;
 - accessibilità per le attività di pulizia (*clean-up*).
 - utilizzo antropico del litorale (turistico, portuale, industriale, ecc.) che può influenzare significativamente la scelta delle strategie di pulizia da adottare.
- Un ambiente è tanto più a rischio quanto più il prodotto ha la possibilità di persistervi. L’intensità del moto ondoso e delle escursioni di marea, influiscono notevolmente sulla velocità dei processi naturali di rimozione e biodegradazione degli idrocarburi depositatisi sul litorale.

Uno stesso sversamento può quindi avere effetti differenti a seconda della tipologia del litorale che impatta, dell’utilizzo di questo da parte dell’uomo e della stagione in cui avviene.

4.1 Tipi di costa, geomorfologia e idrodinamismo

Esistono diverse classificazioni morfologiche per descrivere l'ambiente costiero; ai fini del presente manuale è utile riferirsi a categorie piuttosto ampie e comprensive, come "costa alta" e "costa bassa", sufficienti ai fini descrittivi di un'attività di SCAT. Bisogna tenere presente che la geomorfologia delle coste è estremamente varia e la zonizzazione che viene presentata di seguito, non può essere intesa come appropriata a ogni regione del mondo. Il "litorale" propriamente detto si estende *off-shore* fino alla piattaforma continentale e *on-shore* fino a dove giungono gli effetti delle onde di maggiore altezza.

Per "costa alta" generalmente si intende quella porzione di litorale a contatto con il mare dove agiscono soprattutto fenomeni erosivi e il bilancio sedimentario è quindi negativo. È questo il caso di zone costituite da masse rocciose compatte, il cui profilo trasversale ha forti pendenze fino ad essere verticali (falesie).

Per "costa bassa" generalmente si intende quella porzione di litorale a contatto con il mare dove agiscono soprattutto fenomeni deposizionali e il bilancio sedimentario è tendenzialmente positivo. La sua pendenza verso il mare è lieve, formata soprattutto da spiagge costituite da sedimenti incoerenti di varia natura e dimensioni. In alcuni casi, la costa bassa può essere rocciosa, si parla in questi casi di piattaforma costiera o *bedrock* (Hiscock, K. *et al.*, 1999).

Nell'Allegato IV "Guida fotografica dei tipi di costa" si riportano le immagini dei litorali più significativi e diffusi nell'ambiente mediterraneo.

Una specifica categoria di litorale è quello caratterizzato dalla presenza delle cosiddette acque di transizione. Sono aree caratterizzate dalla presenza di acque salmastre, in cui le acque dolci terrestri e salate marine si mescolano e costituiscono il passaggio naturale tra terra e mare. Per la loro posizione, al confine tra questi due ambienti, sono considerati ecosistemi unici e molto produttivi, attorno ai quali gravitano numerose attività antropiche.

I differenti tipi di ambienti di transizione si possono a grandi linee individuare in lagune costiere, stagni salmastri, zone di estuario e altri habitat.

Le lagune costiere, come ad esempio quella di Venezia, sono state formate dall'azione dei fiumi che trasportano grandi quantità di sedimenti e dalle correnti che li dispongono orizzontalmente e parallelamente alla costa, formando un cordone litorale (insieme di lidi) che racchiude così un tratto di acque in cui penetrano sia le acque costiere che quelle continentali, separato dal mare e dominato dalle maree attraverso sbocchi o foci lagunari. Gli stagni e paludi costiere, come Orbetello, sono specchi d'acqua costieri con mescolanza di acque dolci e marine, separati dal mare da una lingua di terra (cordone litorale, freccia litorale, tombolo, ecc.) che a volte comunicano col mare attraverso stretti canali; questi sono caratterizzati da bassi fondali e diversamente dalle lagune, non sentono l'influenza delle maree pur possedendo sbocchi al mare.

Le zone di estuario sono quelle in cui le acque dei fiumi che si uniscono al mare sono influenzate dalle maree con progressivo mescolamento e presenza di gradienti di salinità e densità; la differenza di densità tra acque dolci e marine, per gravità produce una stratificazione verticale della salinità e un flusso convettivo (circolazione estuarina).

La variabilità dei parametri fisico-chimici, climatici e morfologici tra ambienti appartenenti alla stessa tipologia è però tale che ogni area costituisce un ambiente a sé stante con caratteristiche peculiari, difficilmente generalizzabili e classificabili.

Nel caso di arrivo di residui di idrocarburi, le acque di transizione sono ambienti molto delicati e vulnerabili, principalmente perché ospitano biocenosi molto sensibili, adattate a condizioni peculiari (costituiscono spesso aree di svernamento e riproduzione di avifauna) e perché l'utilizzo di mezzi e attrezzature per la pulizia è limitato dalle difficoltà di accesso e dalla sensibilità dei biotopi al calpestio.

Alcuni tratti di litorale sono completamente antropizzati e la linea di costa è caratterizzata da strutture solide che per gli scopi del presente “Quaderno”, possono essere classificate in due grandi gruppi:

- manufatti solidi; pareti verticali compatte di origine antropica (dighe foranee, moli, pontili, banchine) costituite da cemento, legno, materiali metallici.
- manufatti permeabili; barriere (moli frangiflutti, pennelli) costituite da materiale accatastato a creare spazi permeabili fra i componenti.

4.1.1 Coste basse

Le spiagge sabbiose costiere, sub-costiere e gli ambienti ad esse associati, rappresentano ecosistemi fra i più vulnerabili e seriamente minacciati. Con il termine “spiaggia” si indica una stretta fascia di depositi clastici incoerenti, dalle dimensioni medio-fini (sabbie, ghiaia, ciottoli), fra terra e mare. È per questo una zona ad alto idrodinamismo, in perenne equilibrio dinamico. Sotto l’azione del moto ondoso la spiaggia assume una forma che consente una più efficace dissipazione dell’energia, forma che dipende dalle caratteristiche granulometriche dei sedimenti e da quelle delle onde incidenti, tanto che al variare dello stato del mare cambia in continuazione il profilo della spiaggia emersa e di quella sommersa. Le onde iniziano ad interagire con la superficie dei fondali dal momento in cui il moto orbitale delle particelle d’acqua, associato alla loro propagazione, subisce l’attrito con il fondale, e quindi la parte dinamicamente attiva di una spiaggia si estende teoricamente fino a dove si ha una profondità pari a circa la metà della lunghezza d’onda incidente.

Di conseguenza le parti prossime a riva, e meno profonde, saranno rimodellate in continuazione, mentre quelle più distanti, e più profonde, manterranno la propria forma più facilmente e per più tempo, in attesa di eventi “eccezionali”. Le spiagge sono caratterizzate dall’alternanza di due azioni: una di prevalente accumulo detritico, l’altra di rimozione. Pur essendo il bilancio fra le due fasi continuo e giornaliero, quello stagionale determina una morfologia più evidente ed utile allo studio.

Shepard (1950) introdusse i termini di “profilo estivo” e di “profilo invernale” per evidenziare le forti modificazioni che subisce una spiaggia del corso dell’anno.

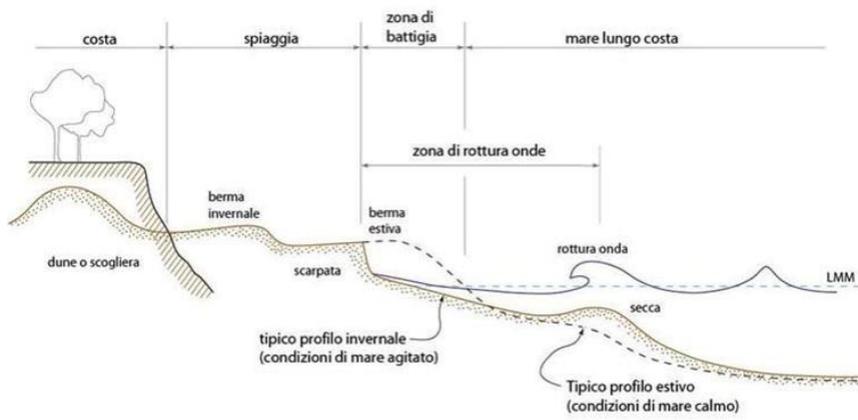


Figura 4.1. Tipico profilo trasversale di una spiaggia invernale ed estivo secondo la classificazione di Shepard.

Il profilo trasversale delle spiagge fortemente antropizzate, in generale, tende alla rettificazione modificando le ondulazioni naturali del profilo. Morfologicamente in una spiaggia naturale sono, invece, individuabili tre unità principali:

- la spiaggia emersa o retro spiaggia (*backshore*), porzione di litorale al di sopra del livello massimo di alta marea esteso verso terra fino all'eventuale piede di un sistema dunale. Essa è costituita da una rampa inclinata verso mare (la battigia, ciclicamente sommersa ed esposta dal flutto montante) che può mostrare verso terra una leggera cresta a sezione triangolare (la berma ordinaria deposizione derivante dalle condizioni normali di moto ondoso). Una o più berme di tempesta possono seguire verso terra, a rimarcare l'influenza delle mareggiate. Proseguendo oltre si trova la fascia di dune costruite dai venti e alimentate dalla sabbia proveniente dalla spiaggia emersa. Questa fascia dunale rappresenta il limite interno della spiaggia e della linea di costa.

- La spiaggia intertidale o *foreshore*, ciclicamente sommersa e scoperta dalle acque con cadenza diurna, poiché è la porzione di litorale tra i livelli medi di bassa e alta marea. La parte superiore coincide con la battigia, un pendio liscio, digradante verso mare, che costituisce una zona a elevata turbolenza. La parte inferiore è invece caratterizzata da un profilo più irregolare e vi si possono riconoscere una serie di ondulazioni, allungate parallelamente o obliquamente alla linea di costa, che costituiscono delle creste o barre litorali, separate da depressioni chiamate solchi, truogoli o scanni.
- La spiaggia sommersa o esterna (*shoreface*) posta al di sotto del livello minimo di bassa marea, questa unità si estende fino al limite inferiore di azione delle onde “normali” (pari a circa metà della lunghezza d’onda). È caratterizzata da una morfologia ondulata per la presenza di increspature del fondo che costituiscono delle barre lungo costa (*longshore bars*), separate dalle zone più interne, e incise da canali perpendicolari alla costa percorsi dalle correnti di risucchio o di ritorno. Generalmente, nella parte esterna è presente una barra longitudinale (secca) preceduta da una depressione del fondale (truogolo).

Avere contezza delle diverse manifestazioni morfologiche del profilo trasversale di una spiaggia bassa, seppur modellizzate, aiuta gli operatori a orientarsi e a descrivere con miglior dettaglio le aree di deposizione dell’inquinante, e predirne il destino.

Le chiazze di idrocarburi che raggiungono un litorale incoerente, quindi, possono depositarsi in posizioni differenti del profilo a seconda soprattutto della stagione e dello stato del moto ondoso, oltre che dalle caratteristiche chimico-fisiche della miscela e dalla granulometria del substrato. A titolo di esempio, l'accumulo ha più probabilità di verificarsi:

in corrispondenza della berma di tempesta (se l'evento avviene d'inverno in occasione della tempesta più significativa);

lungo la linea di massima ondazione della zona di battigia in condizioni di mare calmo;

in posizione sub-superficiale se il vento e le onde apportano nuovo materiale sedimentario che ricopre gli idrocarburi;

nella spiaggia sommersa, in corrispondenza delle depressioni (truogoli) se il prodotto arrivato sulla spiaggia ha inglobato materiale sedimentario ed è stato trascinato in mare dal moto ondoso.

La pendenza della spiaggia è influenzata dalla granulometria dei sedimenti (par. 4.1.2) e dall'esposizione (par. 4.1.3): a parità di energia del moto ondoso, spiagge costituite da sedimenti fini hanno quindi pendenza minore rispetto a quella che caratterizza le spiagge formate da materiali grossolani; viceversa a parità di granulometria le spiagge particolarmente esposte hanno una battigia con pendenza minore di quelle delle spiagge più riparate.

La pendenza è un valore importante perché determina l'estensione areale della superficie che può essere interessata dall'arrivo di chiazze di idrocarburi: minore è la pendenza, massima è la superficie interessata dall'inquinamento.

4.1.2 Dimensioni dei sedimenti (granulometria)

La natura del substrato costiero condiziona il destino del prodotto petrolifero (penetrazione nel substrato, modalità di deposizione e accumulo, interazione con la biocenosi) e di conseguenza le attività di risposta per il recupero dell'ambiente. Le dimensioni dei sedimenti che costituiscono le spiagge emerse mostrano una notevole variabilità, andando dalle argille, passando per sabbie, ciottoli, ghiaia fino ad arrivare ai massi (tabella 4.1 scala granulometrica di Udden-Wentworth). Questi ultimi, per esempio, si trovano ai piedi di falesie come risultato del crollo di porzioni delle pareti scoscese, oppure frutto del trasporto di sistemi fluviali con significative pendenze alla foce; mentre, all'estremo dimensionale opposto, sedimenti fini come le argille si trovano in ambienti a bassa energia come spiagge lagunari, delta fluviali, piane di marea (acque di transizione). La graduale riduzione delle dimensioni come funzione della minore energia dissipata dal moto ondoso è un principio valido per il profilo sia emerso che sommerso, dove troviamo dimensioni gradualmente inferiori allontanandosi dalla zona emerse oppure a profondità sempre maggiori.

Tabella 4.1. Sistema di classificazione granulometrica secondo la Scala di Udden-Wentworth.

INTERVALLO DIMENSIONALE (METRICO)	CLASSI GRANULOMETRICHE (WENTWORTH)
> 256 mm	Massi (Boulder)
256 - 64 mm	Ciottoli (Cobble)
64 - 4 mm	Ghiaia (Pebble)
4 - 2 mm	Ghiaia molto fine (Granule)
2 - 1 mm	Sabbia molto grossolana (Very coarse sand)
1 - 1/2 mm	Sabbia grossolana (Coarse sand)
1/2 - 1/4 mm	Sabbia media (Medium sand)
1/4 - 1/8 mm	Sabbia fine (Fine sand grain)
1/8 - 1/16 mm	Sabbia molto fine (Very fine sand grain)
1/16 - 1/256 mm	Limo (Silt)
< 1/256 mm	Argilla (Clay particle)

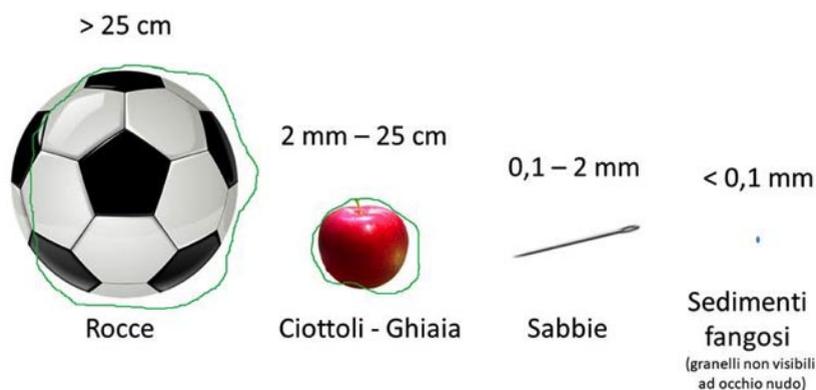


Figura 4.2. Principali classi granulometriche.

Ai fini della valutazione dello stato della costa, il parametro “dimensione media” è sufficiente alle speculazioni necessarie ma è importante sottolineare che, per caratterizzare bene una classe granulometrica, è necessario esprimere quanto “mediamente” i vari granuli si discostano dalla media: per questo motivo si parla di “classazione”, cioè di depositi “ben classati” (granuli di dimensioni molto simili) e “poco classati”. In natura, infatti, esistono depositi estremamente ben classati, come avviene nelle dune, ma ve ne sono anche di estremamente poco classati, dove si trovano massi di dimensioni metriche insieme a limo ed argilla, come nei depositi morenici. La classazione, insieme al valore delle dimensioni medie, è un parametro assai importante per descrivere un deposito sedimentario e per trarre informazioni sulle caratteristiche dinamiche dell’ambiente costiero.

4.1.3 Esposizione alle onde

L’energia cinetica trasferita con il moto ondoso sul litorale, determina quella che si definisce “esposizione” al fenomeno fisico. Su questa base è possibile distinguere le coste fra i due estremi: “esposte” e “riparate” in base al grado di energia incidente. Nel primo caso avremo considerevoli probabilità che gli idrocarburi siano movimentati dal moto ondoso e permangano per tempi re-

lativamente brevi; nel secondo il processo naturale di rimozione non potrà essere altrettanto efficace; i litorali riparati possono funzionare da “trappola” e trattenere le chiazze di idrocarburi anche per anni.

Per facilitare la caratterizzazione di una costa ai fini dello SCAT, si usa definire i tratti osservati secondo una scala relativa al grado di esposizione:

- *Molto esposta*: tratto di costa interamente rivolta verso l'area di formazione del vento prevalente (*fetch*), subisce l'azione diretta del fronte ondoso;
- *Esposta*: Tratto di costa dove venti marini forti sono frequenti (non necessariamente prevalenti) ma con un grado di protezione grazie a estesi bassi fondali o altre forme di ostruzione fisica che depotenzia parzialmente l'intensità del moto ondoso.
- *Parzialmente riparata*: Tratti di costa con esigua porzione di mare esposta all'azione del vento. Possono non essere esposti ai venti prevalenti oppure, quando accade, protetti da un'ampia area da bassi fondali.
- *Molto riparata*: Tratti di costa con porzione di mare esposta all'azione del vento molto ristretta. Non interessati dal moto ondoso prevalente oppure caratterizzata da ostacoli morfologici (promontori, falesie, anse).



Figura 4.3. Diversi gradi di esposizione di un litorale.

Il livello di esposizione al moto ondoso medio può essere dedotto osservando indicatori come il profilo trasversale della spiaggia, la forma e la dimensione dei granuli, la presenza e tipologia di flora e fauna, per esempio:

- in presenza di sedimento ascrivibile alle granulometrie fangoso/limoso, si è in presenza di una costa riparata; in presenza di sedimento relativamente uniforme e grossolano la spiaggia è da ritenersi esposta;
- l'aspetto, la forma del sedimento, fornisce indicazioni utili sull'esposizione: profili aguzzi o elementi scheggiati sono caratteristici di sedimento deposto da poco o area di scarso gradiente energetico, mentre profili levigati stanno ad indicare ambienti dove l'abrasione meccanica è preponderante;
- l'osservazione della tipologia e numerosità di specie animali e vegetali, di cui è noto l'adattamento alle diverse intensità del fenomeno fisico del moto ondoso, costituisce un'indicazione ulteriore del livello di esposizione della spiaggia;
- la pendenza del profilo della spiaggia è conseguenza delle dimensioni dei granuli sedimentari e l'energia delle onde. Semplificando, più è esposta la spiaggia, maggiore sarà la dimensione media dei granuli e più scosceso risulterà il profilo;
- fenomeni di erosione al limite superiore della spiaggia emersa o in presenza di sistemi difensivi antropici rappresentano segnale inequivocabile di elevata esposizione.

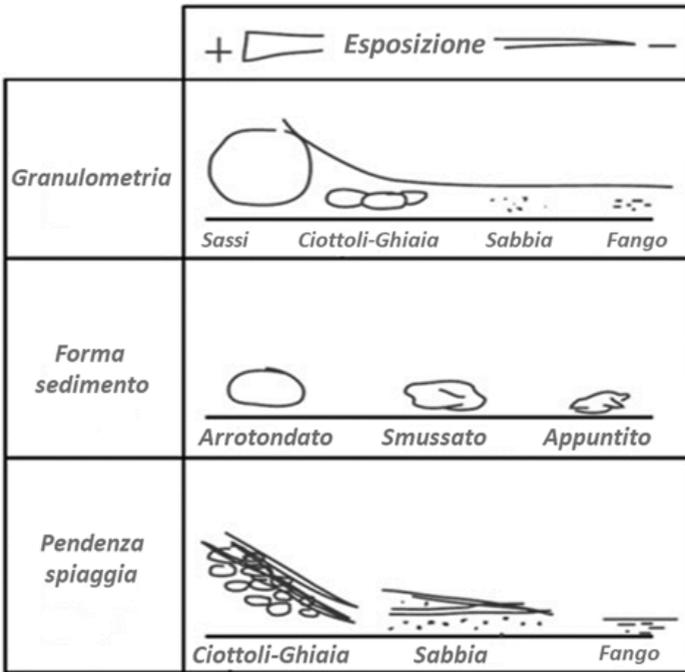


Figura 4.4. Le caratteristiche sedimentarie delle spiagge dipendono anche dal suo grado di esposizione a venti e onde.

La provenienza delle onde rispetto alla linea di costa è un fattore molto importante che determina l'instaurarsi della cosiddetta "corrente lungo costa" (*longshore current*); quando l'angolo d'incidenza delle onde rispetto alla linea di costa è diversa da 90° (provenienza obliqua) si genera un movimento della massa d'acqua complessivo che assume una direzione parallela al litorale. Se si segue l'andamento di una particella (sia essa un granello di sabbia o una chiazza di idrocarburi) lungo il bagnasciuga si osserverà un andamento a zig-zag secondo il movimento della risacca che nel tempo si tradurrà in un suo spostamento parallelo alla costa (Figura 4.5).

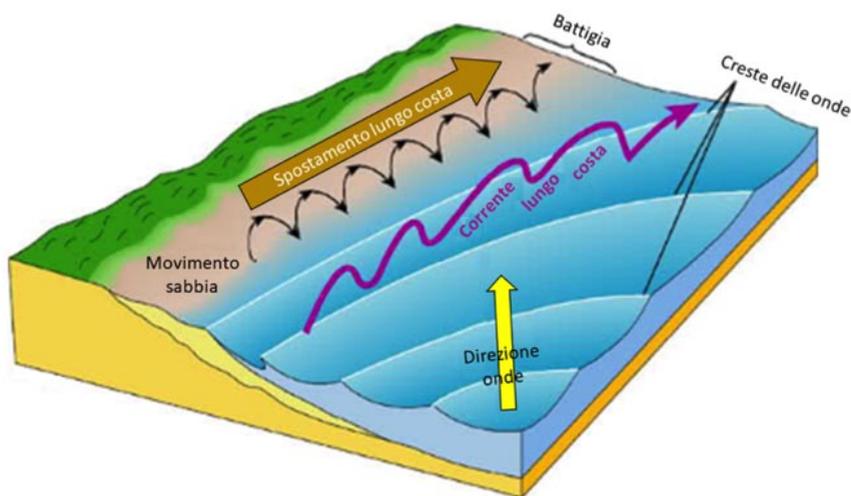


Figura 4.5. Formazione di una corrente lungo costa (longshore current).

Questo movimento proseguirà fintanto che le particelle non incontrano ostacoli (promontorio, porto, pennello frangiflutti trasversali, ecc.) che rappresentano “trappole” e zone di accumulo degli idrocarburi.



Foto 4.6. Baie naturali, pennelli frangiflutti trasversali e aree portuali possono rappresentare aree di accumulo di idrocarburi.

5. LA ZONAZIONE COSTIERA E VULNERABILITA' AMBIENTALE

L'ambiente marino, analogamente a quello delle terre emerse, è classificato e suddiviso in zone (zonazione) per ragioni soprattutto pratiche. La zonazione in uso in Mediterraneo si basa soprattutto su quella proposta negli anni '60 da due oceanografi francesi: Pérès e Picard. Si basa soprattutto sull'intensità dell'energia luminosa che raggiunge il fondale e sul grado di umidità (umettazione) delle parti emerse. Il modello suddivide i fondali in "piani", ognuno dei quali caratterizzato da condizioni chimico-fisiche omogenee e da condizioni ecologiche costanti o variabili regolarmente entro i limiti del piano stesso (Figura 5.1).

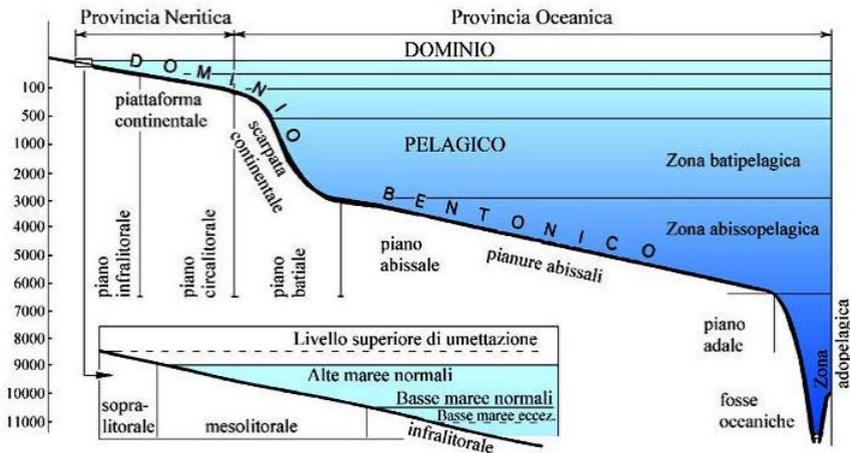


Figura 5.1. Zonazione dell'ambiente marino nel Mediterraneo.

Per gli scopi del presente Quaderno, sono soprattutto di interesse i piani che si trovano nell'intorno del livello medio del mare, o hanno delle relazioni con le fasi acquose, ovvero: Adlitorale, Sopralitorale, Mesolitorale e Infralitorale.

Adlitorale: piano più alto sul livello medio del mare, viene influenzato indirettamente dall'acqua del mare che vi arriva sotto forma di vento salino (aerosol) o vi si infiltra per capillarità o per altri fenomeni di penetrazione. Solo in occasione di particolari tempeste le onde possono raggiungere detto piano. Questo piano può essere raggiunto dalle goccioline di idrocarburi eventualmente presenti nell'aerosol trasportato dal vento. Fa parte tipicamente del piano adlitorale il sistema dunale, laddove la vegetazione pioniera terrestre riesce a crescere, come per esempio le graminacee del genere *Ammophila*. Su substrato roccioso, invece, la vegetazione è caratterizzata da specie dei generi *Cri-thmum* e *Limonium*



Foto 5.2. Piano adlitorale.

Sopralitorale: si colloca nella zona di transizione tra l'ambiente terrestre e quello marino. Esso è limitato superiormente dall'altezza massima raggiunta dagli spruzzi dei frangenti ed inferiormente dal livello più alto dell'alta marea. Sia su substrato incoerente che su roccia, il sopralitorale rappresenta il piano su cui si concentrano maggiormente le osservazioni di un'ispezione SCAT. In occasione di particolari tempeste il prodotto può raggiungere, in forma di aerosoli, un piano ancora più alto sul livello medio del mare denominato adlitorale, di cui fa parte tipicamente il sistema dunale. Su tale piano si sviluppano organismi che esigono, o sono in grado di sopportare, una emersione continuativa ma comunque di forti variazioni di umidità. L'estensione di tale piano dipende dalla morfologia delle coste che influenza

le caratteristiche del moto ondoso: più alte sono le onde, più esteso sarà tale piano. I popolamenti di questo piano sono generalmente omogenei, ma poveri di specie. Se i granuli sono relativamente grandi è possibile trovare alcuni ditteri alofili e altri gruppi di insetti (*Anisolabis maritima* Bonelli, 1821; *Dyschirius rugicollis* Fairmaire & Laboulbène, 1854). Sono presenti alcuni crostacei isopodi detritivori (*Ligia italica* Fabricius, 1798). Sulle pareti rocciose troviamo cianobatteri, alghe verdi e diatomee, numerosi ciliati, rotiferi, crostacei copepodi (*Harpacticus fulvus* Fisher, 1860), coleotteri e nelle pozze di scogliera larve di zanzara (*Aedes mariaae*). Sulle spiagge infine, tra il detrito vegetale può essere comune l'anfipode *Talitrus saltator* (Montagu, 1808) (pulce di mare).

Appartengono al piano sopralitorale roccioso piccoli ecosistemi con condizioni estreme per la vita degli organismi (alto tasso di salinità, alte temperature): le pozze di marea. Il variare delle condizioni ecologiche nel corso dell'anno, determina in una stessa pozza il succedersi di popolamenti a composizione specifica molto diversa. Tali popolamenti, per il fatto di essere costantemente immersi, non sono da considerare propriamente sopralitorali. Tipici delle pozze di marea sono gasteropodi (*Patelle caerulea* Linnaeus 1758, *Littorina neritoides* Linnaeus 1758), poliplacofori come i chitoni, esacoralli (*Attinia equina* Linnaeus 1758), artropodi come granchi (*Pachygrapsus marmoratus* Fabricius, 1787), piccoli pesci (*Lepadogaster lepadogaster* Bonnatte 1788) nonché i cirripedi (*Chthamalus stellatus* Poli 1791) e alghe (varie *Cystoseira*, *Padina pavonica* (L.) Thivy 1960, *Acetabularia acetabulum* Lamouroux 1812), solo per citare alcuni dei numerosi organismi presenti.

Il sopralitorale può spesso essere l'area di accumulo della *banquette*, accumulo detritico di foglie morte di Fanerogame che spesso formano masse imponenti sulle spiagge antistanti le praterie di *Posidonia oceanica*. La *banquette* ha una notevole importanza ecologica in quanto ospita al suo interno una comunità particolare ben strutturata e ricca di specie endemiche a cui sono associati molti organismi decompositori come protozoi, funghi e batteri. Il popolamento animale che vi insiste è costituito principalmente da artropodi

come crostacei anfipodi ed isopodi, principalmente detritivori e da insetti ditteri (soprattutto stadi larvali), coleotteri e dermatteri, che sono soprattutto predatori. L'imbrattamento della *banquette* a seguito dell'arrivo di chiazze di idrocarburi può essere di difficile gestione nelle attività di pulizia del litorale.



Foto 5.3. Piano sopralitorale (pozza di marea).

È importante tenere presente che il sopralitorale può corrispondere all'area di deposizione delle uova da parte di due delle tre specie di tartaruga marina presenti in Mediterraneo: *Caretta caretta* Linnaeus 1758 (tartaruga comune) e *Chelonia mydas* Linnaeus 1758 (tartaruga verde). Si suggerisce, quindi, di informarsi prima dell'ispezione, coinvolgendo un ecologo marino, sul litorale interessato possa esserci un nido di una delle due specie, tenendo conto del loro periodo riproduttivo.

Mesolitorale: è la zona intertidale, compresa tra il limite superiore e inferiore delle maree. Poco esteso nel Mediterraneo, è un ambiente che alterna con-

dizioni di emersione e immersione (il cosiddetto bagnasciuga). È questo il piano dove è possibile osservare una chiazza di idrocarburi appena arrivata sul litorale, dove in condizioni di mare calmo o poco mosso può stazionarvi trasportata dai movimenti alternati della risacca.

Gli organismi che lo popolano tollerano le condizioni di emersione e immersione alternate. L'orizzonte superiore, si caratterizza per la presenza di cirripedi quali *Chthamalus stellatus* (Poli 1791) e *C. montagui* Southward 1971, gasteropodi come patelle (*Patella rustica* Linnaeus 1758 e *P. ferruginea* Gmelin 1791), alghe calcifughe (*Rissoella verruculosa* Agardh 1851). In condizioni di idrodinamismo favorevole, la specie dominante di questo piano, almeno in alcune zone, risulta essere il mitilo o cozza (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck 1819), associata spesso alle alghe verdi dei generi *Ulva* ed *Enteromorpha*. La complessità delle comunità è direttamente proporzionale all'idrodinamismo e nel Mediterraneo si sviluppano numerose associazioni (aggruppamenti). I piani inferiori o *facies*, sono diversi da zona a zona, spesso hanno un'estensione geografica limitata e cambiano con le stagioni.

IL TROTTOIR

In Mediterraneo si può sviluppare una specifica *facies* costituita principalmente da alghe coralline appartenenti al genere *Lithophyllum*: il *trottoir*. È una formazione stratificata di alghe vive e morte la cui parte più bassa calcificata è considerata un pre-coralligeno. Esiste un analogo *trottoir* costruito soprattutto dalla cementificazione di gusci di alcune specie di molluschi appartenenti alla famiglia dei *Vermetidi* (*trottoir* a vermetidi). Il *trottoir* è considerato una biocostruzione che, se molto sviluppata, può presentarsi come una piattaforma il cui piano superiore orizzontale si colloca sul livello medio del mare. Qui trovano rifugio fauna iper specializzata di crostacei, ciliati e nematodi. Proprio per la sua posizione, il *trottoir* è una *facies* molto vulnerabile se interessata dall'arrivo di chiazze di idrocarburi.



Foto 5.4. Piano mesolitorale (trottoir).

Infralitorale: va dal limite inferiore delle basse maree fino al limite compatibile con la formazione delle Fanerogame marine, o più in generale, al limite compatibile con la formazione di alghe fotofile (in Mediterraneo intorno ai -40 m, a seconda della trasparenza dell'acqua). Nella parte superiore dell'infralitorale, in generale, è possibile osservare la presenza di idrocarburi affondati, in corrispondenza dei truogoli (depressioni che separano le barre dalla battigia) se il prodotto arrivato sulla spiaggia ha inglobato materiale sedimentario ed è stato trascinato in mare dal moto ondoso.

I vegetali fotofili che caratterizzano questo piano sono le Angiosperme sui fondi mobili e le grandi alghe brune sui fondi duri o rocciosi. Queste associazioni si succedono batimetricamente in dipendenza soprattutto della luminosità e dell'idrodinamismo. Si riscontrano in maniera diffusa popolamenti a struttura stratificata di *Cystoseira* (*amentacea*, *crinita*, *sauvageauana*, *spinosa*) Si può distinguere, infatti, uno strato elevato costituito dalle grandi alghe fotofile e dalle loro epifite, ed un sottostrato formato dalle alghe sciafile impiantate.

tate sui cauloidi delle alghe fotofile o direttamente sul substrato roccioso. La componente animale è ben rappresentata da Briozoi, Cirripedi, Vermetidi e Idrozoi. Se il fondale è interessato da tassi di sedimentazione elevati, si sviluppano altre specie del genere *Cystoseria*, Feoficee come la famosa *Padinia pavonica* (L.) Thivy 1960 attorno alle quali pascolano molluschi, policheti, crostacei ed echinodermi. Con fondale mobile, le biocenosi che si sviluppano dipendono soprattutto dalla granulometria del sedimento. ricca di molluschi (vongole, cannolicchi, telline), crostacei, policheti ecc. Si sviluppano così delle specifiche biocenosi o *facies*, classificate in ecologia marina, quali:

- biocenosi delle sabbie fini ben calibrate (SFBC);
- biocenosi dei fanghi terrigeni costieri (VTC);
- biocenosi dei fondi detritici costieri (FDC);
- praterie di Posidonie (HC).

IL POSIDONIETO

il *Posidonetum oceanicae* (Molinier, 1958) è una associazione vegetale caratterizzante i fondi mobili nel piano infralitorale, la cui specie principale è la Fanerogama marina *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813, endemica del Mediterraneo. Vive generalmente su fondali mobili o roccioso quando coperti da sufficiente materiale organico. La pianta è costituita da radici, rizomi, foglie a ciuffi, è in grado di accrescersi sia verticalmente che orizzontalmente per sfruttare al meglio l'ambiente. La singola pianta risulta collegata ad altre tramite il rizoma, che forma così lunghi stoloni composti da diverse unità vegetative. La crescita verticale da origine ad una tipica formazione chiamata "matte" costituita da più strati di rizomi e radici morte compattati con sedimento e sostanza organica. Costituisce delle formazioni caratteristiche denominate con il termine di "prateria" da pochi fino a 30/40m di profondità.

La prateria a *Posidonia oceanica*, costituisce la "comunità climax" del Mediterraneo, Il posidonieto è stato indicato come "habitat prioritario" nell'Allegato I della Direttiva Habitat (Dir. n. 92/43/CEE) poiché rappresenta

una importante biocenosi per l'elevata densità popolazionistica e di biodiversità. Nell'ecosistema costiero svolge un ruolo fondamentale per diversi motivi:

Libera nell'ambiente marino significative quantità di ossigeno

Produce ed esporta biomassa a diversi livelli ecosistemici

Costituisce area di riparo e di riproduzione per numerose specie

Contribuisce al regime sedimentario dei litorali contrastando un eccessivo trasporto di sedimenti sottili dalle correnti costiere

Le specie associate alla prateria a *Posidonia oceanica* si dividono in tre compartimenti:

Le specie che vivono nello spessore della matre (endofauna): i Policheti (*Mediomastus capensis*, *Nereis irrorata*, *Lumbriconereis paradoxa*, *Pontogenia chrysocoma*); i Molluschi (*Modiolus phaseolinus*, *Hiatella arctica*, *Lima hians*, *Venus verrucosa*); i Crostacei (*Upogebia deltaura*, *Callianassa minor*, *Leptochelia*).

Le specie che vivono alla base della superficie fogliare (sottostrato sciafilo): alghe (*Peyssonnelia*, *Udotea petiolata*); il Foraminifero (*Miniacina miniacae*); gli Echinodermi (*Paracentrotus lividus*, *Sphaerechinus granularis*, *Holothuria tubulosa*, *Echinaster sepositus*); il Bivalve (*Pinna nobilis*); l'ascidia (*Halocynthia papillosa*).

Le specie che vivono al livello delle foglie: alghe calcaree incrostanti (*Hydrolythion*, *Pneophyllum*); alghe piatte (*Giraudya*); idrozoi (*Monotheca posidoniae*, *Sertularia perpusilla*); il Briozoo (*Electra posidoniae*); i Gasteropodi (*Rissoa spp.*, *Bittium reticulatum*); i Crostacei (*Idotea hectica*, *Achaeuscranchii*, *Pisa nodipes*); i Pesci (*Salpa salpa*, *Symphodus ocellatus*, *Symphodus rostratus*).

5.1.1 Vulnerabilità ambientale

Da quanto scritto sinora è evidente che i diversi tipi di litorale hanno una vulnerabilità ambientale diversa all'arrivo di chiazze di idrocarburi. Il Piano operativo di pronto intervento del Ministero dell'Ambiente (Capitolo 2) individua già le aree geografiche di "alto valore intrinseco", che corrispondono a quelle a vario titolo protette e sono riportate negli allegati al Piano stesso (Annessi BRAVO, BRAVO 1, BRAVO 2, BRAVO 3, BRAVO 4). Si tratta delle Aree protette nazionali e regionali, marine o costiere, dei Siti di Importanza Comunitaria (S.I.C.) e delle Zone a Protezione Speciale (Z.P.S.), tutte indubbiamente sensibili ad un eventuale sversamento di idrocarburi.

In termini generali, per quanto riguarda biotopi ed ecosistemi, la loro vulnerabilità può essere considerata elevata sia perché le specie che le costituiscono sono molto sensibili alla contaminazione da idrocarburi, sia perché le attività e gli interventi di pulizia sono rese particolarmente difficili dalla conformazione dei luoghi. Si segnalano in tal senso:

- **le acque di transizione**, quali paludi costiere e foci fluviali, dove lo scarso ricambio idrico e il tipico sedimento fangoso tendono a intrappolare le miscele oleose prolungandone i tempi di residenza e determinando così inquinamenti con effetti cronici. Le possibili azioni di pulizia sono molto limitate per le difficoltà di accesso dei mezzi e per l'elevata sensibilità di questi ambienti alle attività di movimentazione necessarie agli interventi;
- **tratti di costa di natura prevalentemente rocciosa**, in cui è particolarmente difficile intervenire con i mezzi necessari alla pulizia delle pareti rocciose ricoperte da idrocarburi;
- **le aree di riproduzione e stazionamento di avifauna**, dove è importante considerare che l'effetto dell'arrivo di una marea nera è condizionato anche dal periodo dell'anno in cui avviene, diventando di impatto immediato se corrisponde a quello di aggregazione di molte specie avicole con abitudini migratorie;
- **le aree di deposizione di tartarughe marine**, dove, anche in questo caso, l'impatto può essere nefasto se l'evento avviene nel periodo di deposizione e

schiusa delle uova, ed inoltre l'intervento di pulizia e ripristino risulterà ulteriormente complicato dalla presenza dei nidi.

Nei paesi anglosassoni si è cercato di schematizzare la diversa vulnerabilità dei biotopi alla contaminazione di idrocarburi. È stato introdotto l'*Environmental Sensitivity Index* (ESI), indice di sensibilità ambientale, utile alla classificazione degli ambienti litoranei relativamente al potenziale effetto dell'inquinamento da idrocarburi su di essi. In molti paesi, attenti alla prevenzione e all'organizzazione della risposta, sono state create molte mappe tematiche, appunto definite di sensibilità, delle zone costiere: aree esposte a gradienti di energia meccanica, come moto ondoso, correnti e maree, e con livelli di scarsa attività biologica hanno bassi valori nella scala. Al contrario zone costiere riparate per morfologia e dall'alta attività biologica rappresentano livelli di sensibilità alta. La classificazione dei gradi di sensibilità (ESI) per le coste ha lo scopo di fornire i primi elementi utili a definire i piani di emergenza, identificando le aree con maggiore priorità di protezione e *clean-up*. Con questi strumenti gli operatori, gli esperti ed i decisori possono parlare un linguaggio comune che aiuti a determinare le attività con efficienza e tempestività utili a minimizzare i danni derivanti dall'inquinamento, particolarmente nelle prime ore, quelle più decisive ad indirizzare il risultato finale.

Nel nostro Paese ancora non è standardizzato un indice di vulnerabilità delle coste ma, come ulteriore ausilio alla valutazione dell'impatto si riporta in [Tabella 5.1](#) l'ESI applicato per la prima volta in seguito all'incidente alla petroliera "Amoco Cadiz" nel 1978 (Bretagna, Francia).

Tabella 5.1. Esempio di indice ESI applicato dopo l'incidente alla petroliera "Amoco Cadiz" nel 1978 (Bretagna, Francia) (fonte: CEDRE, 2006).

	Category	Type of coast	Oil accumulation	Duration of pollution
E X P O S E D	1	Exposed rocky headlands	Waves beating against rocks prevent oil from being deposited during storms.	A few days to a few weeks
	2	Eroding wave-cut platforms	Accumulation on upper part of foreshore.	A few weeks to a few months
	3	Fine-grained sandy beaches	Beds of oil form in the sediment and migrate slowly downwards. Emulsion into interstitial water.	1 to 2 years
	4	Exposed medium to coarse-grained sandy beaches	Beds of oil form in the sediment; downward migration is rapid. Emulsion into interstitial water.	1 to 3 years
	5	Exposed gravel and pebble beaches	Fast migration of the oil downwards. Very little or no deposit on the surface.	3 to 5 years
S H E L T E R E D	6	Rocky coasts	Accumulation of oil in cracks and crevices. Rocks covered with a thin film of oil.	3 to 5 years
	7	Fine to medium-grained sandy beaches	Percolation to the substratum. Pollution of the subtidal area by the tides (mixing of oil and deposits). Formation of a fast-hardening crust at the surface after one year.	> 5 years
	8	Coarse-grained sandy and pebble beach	Fast percolation to the substratum. After one year, formation of a crust of pebbles and oil.	> 5 years
	9	Tidal and mud flats	Deep percolation due to buried organisms and the interstitial water movements.	> 10 years
	10	Salt marshes	Formation of a crust on the surface. Migration into the deposits.	> 10 years

5.2 Usi delle coste

L'intensivo uso del litorale da parte dell'uomo ha portato alla modificazione della linea di costa. Di fatto l'uomo è divenuto un fattore da aggiungersi a quelli naturali, in grado di interferire nel complesso processo evolutivo dell'ambiente costiero, determinando, oltre alla erosione, la necessità di considerare ulteriori categorie descrittive ai fini della valutazione dello stato della costa.

Porre attenzione a determinati usi dell'ambiente litoraneo, aggiungerà elementi utili per l'analisi dei potenziali rischi e delle relative priorità di intervento, in caso di *oil spill*.

La presenza di prodotti petroliferi, oltre a rappresentare un rischio in termini di salubrità per il pubblico e per l'ecosistema può impedire lo sfruttamento dell'area colpita determinando ripercussioni direttamente ascrivibili alle perdite economiche derivanti.

Una volta sul campo, sarà quindi opportuno annotare tutto ciò che possa essere di interesse anche da questa prospettiva. Le attività antropiche, che più frequentemente investono nell'utilizzo della costa, sono:

- turismo: un evento accidentale di sversamento di idrocarburi determina inevitabilmente danno alle attività balneari, diportistiche, subacquee;
- industria: centrali termoelettriche, impianti di dissalazione utilizzano prese di acqua marina che possono aspirare gli idrocarburi danneggiandoli;
- commercio: le strutture portuali o le imbarcazioni, posso venire a contatto con l'inquinante richiedendo dispendiose attività di pulizia e compromettendo la normale circolazione nautica;
- pesca: gli equipaggiamenti o i sistemi di cattura in superficie sono vulnerabili;
- impianti di maricoltura: possono essere completamente distrutti da uno sversamento massiccio o venire danneggiati da uno sversamento ridotto ma prolungato nel tempo (*leakage*);
- siti di interesse archeologico.

A seconda della tipologia di idrocarburo, l'intera colonna d'acqua può essere interessata dalla presenza di inquinante, quindi tutte le attività antropiche pos-

sono entrarvi in contatto subendone un danno. Inoltre è prassi imporre, da parte delle autorità competenti, il fermo della pesca, a difesa della salute pubblica e/o a mero scopo precauzionale. Gli impianti di maricoltura sono quelle più a rischio poiché i meccanismi naturali di fuga dall'area inquinata sono chiaramente impediti agli organismi allevati, e perché le strutture eventualmente contaminate possono rappresentare una possibile fonte secondaria di contaminazione soprattutto in presenza di impianti in prossimità della sorgente di rilascio e/o localizzati in acque poco profonde con un basso tasso di ricambio delle acque.

Tutela ambientale: porzioni di territorio, legalmente tutelate per il loro particolare interesse naturalistico, ambientale o storico-culturale, che contengono ecosistemi prevalentemente o largamente intatti, ambienti e paesaggi di rilievo tale da richiedere un intervento istituzionale per garantirne la conservazione alle future generazioni.

Tutte le attività dell'area interessata possono essere bloccate per essere oggetto dell'azione preventiva di lotta all'inquinamento e dell'eventuale successiva bonifica.



Foto 5.6. Contaminazione di un arenile a vocazione turistica.



Foto 5.7. Contaminazione di aree a vocazione turistica e commerciale.

Come sottolineato nel paragrafo 2.2 “La compensazione delle conseguenze dello sversamento accidentale di idrocarburi in mare”, l'*International Oil Pollution Compensation Funds (IOPC Funds)* e la *Bunker Convention* stabiliscono le modalità per richiedere il ristoro dei danni subiti da diverse categorie di operatori: della pesca, turistici, portuali, ecc.. Per ciascuna categoria sono disponibili specifici manuali (<https://www.iopcfunds.org/publications/iopc-funds-publications/>).

PARTE TERZA: ORGANIZZAZIONE DEL SOPRALLUOGO

6. PIANIFICARE UN'INDAGINE SCAT

Prima di effettuare qualsiasi attività di valutazione sul campo, al fine di garantire risultati sistematici e coerenti che le autorità possano utilizzare come base dati sulla scorta delle quali indirizzare le attività di pulizia, dovranno essere preliminarmente effettuate delle attività preparatorie di formazione del personale che opererà sul campo e di standardizzazione delle procedure e dei metodi di raccolta dati.

Sarà necessario quindi effettuare dei *briefing* con le squadre di valutazione per stabilire:

- assegnazione dei segmenti da indagare e distribuzione delle mappe;
- distribuzione delle schede di valutazione e delle guide;
- individuazione dei dispositivi di protezione individuale (DPI) per i componenti della squadra;
- modalità di comunicazioni;
- assegnazione delle attrezzature;



Foto 6.1. Ispezione di un segmento di litorale.

Si suggerisce di individuare un coordinatore delle attività per la gestione di tutti gli aspetti sopra elencati.

6.1 Segmentazione della costa

Al fine di consentire una sistematica valutazione di tutto il litorale coinvolto in un evento inquinante è necessario suddividere la linea di costa in unità operative chiamate “segmenti”.

I segmenti saranno individuati in base a caratteristiche di relativa omogeneità sia morfologica (fisica) che sedimentaria.

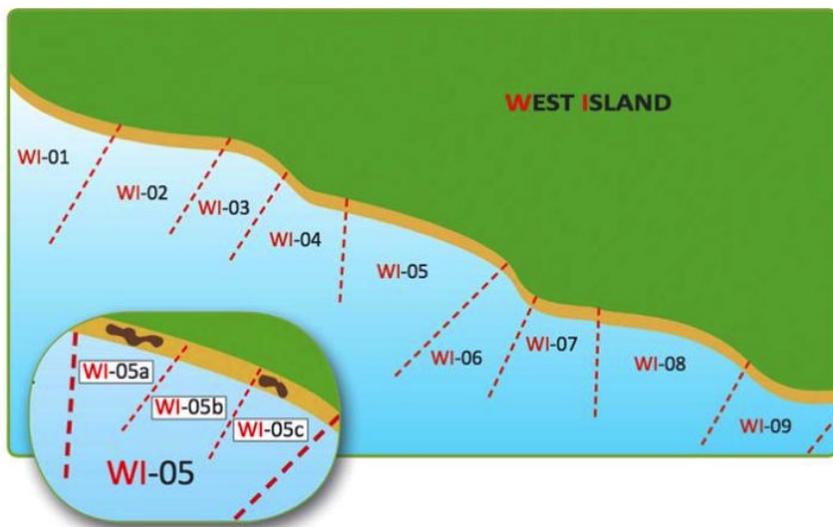


Figura 6.2. Esempio di suddivisione di un litorale in segmenti a cui è assegnato un ID univoco.

Ad ogni segmento dovrà essere assegnato un ID univoco. I confini del segmento saranno stabiliti sulla base delle caratteristiche geologiche prominenti (es. promontorio), cambiamenti nel tipo di costa o di substrato.

I segmenti nelle aree oggetto di indagine, per facilitare l'ispezione, dovranno avere una lunghezza compresa nell'intervallo tra i 200 metri e i 2 chilometri, ma ciò sarà determinato in gran parte dalla natura di un determinato litorale e dalla disponibilità di personale.

In generale comunque i segmenti dovranno avere dimensioni sufficientemente ridotte per ottenere una risoluzione e un dettaglio adeguati alla descrizione completa relativamente alle informazioni sulla distribuzione degli idrocarburi, ma non così ridotti da replicare troppi dati (cioè se più segmenti adiacenti hanno le stesse caratteristiche, allora potranno essere creati segmenti più grandi per facilitarne una rapida valutazione); è possibile tuttavia, per casi particolari che lo richiedano, realizzare dei sub-segmenti.

Anche in questa fase, se possibile, dovranno essere specificati elementi utili alla squadra di valutazione relativamente agli accessi ed eventuali difficoltà di carattere logistico.

6.2 Le squadre di valutazione

Per consentire una corretta valutazione di contaminazione del litorale, il numero di squadre necessarie e il numero di membri per ogni squadra dipenderà dalle circostanze dell'incidente, le squadre comprenderanno principalmente:

- personale con precedente esperienza in materia di lotta agli inquinamenti marini da idrocarburi, con familiarità alle attività di indagine sulla costa e all'identificazione, documentazione e campionamento delle sostanze idrocarburiche;
- personale con familiarità con le caratteristiche ecologiche della zona colpita in grado di valutare le specifiche sensibilità ambientali, individuazione delle priorità e degli *end point*;
- in caso di presenza di aree con risorse culturali o archeologiche, personale in grado di individuare precauzioni e vincoli per la protezione di tali risorse;
- personale con capacità operative per la determinazione delle necessità logistiche relative alle possibili attività di pulizia del litorale;

Sebbene i membri delle squadre possano essere reclutati da un'ampia varietà di organizzazioni, tipicamente i candidati sono:

- personale dell'SNPA (ISPRA-ARPA);
- personale del comparto industriale;

- contraenti per le attività di pulizia del litorale;
- rappresentanti degli enti locali;
- forze dell'ordine e/o vigili del fuoco;
- personale del Compartimento Marittimo di riferimento;
- personale degli enti parco o associazioni ambientaliste territorialmente competenti.

Le squadre non potranno comunque essere formate da meno di 2 persone e preferibilmente da non più di 5. Potrebbero infatti presentarsi problemi di sicurezza soprattutto nell'esecuzione di indagini in zone remote o per l'esposizione ad agenti atmosferici sfavorevoli o a sostanze pericolose. Per quanto sopra inoltre il personale dovrà essere scelto in base alla possibilità fisica di poter potenzialmente affrontare tratti di costa (di varia natura e lunghezza) con condizioni meteomarine anche avverse.

Non è possibile definire in anticipo il numero di squadre necessarie a causa delle variabili di un incidente, come l'estensione dell'area geografica da rilevare, le vie di accesso disponibili e la complessità del litorale. È plausibile che in sversamenti minori, che interessano brevi tratti di costa o un numero limitato di siti, possa essere richiesta la presenza solo di una squadra. Però se le caratteristiche del litorale sono complesse, o l'area interessata si estende per decine di chilometri, al fine della rapidità della valutazione, potranno essere necessarie due o più squadre.

6.2.1 Responsabilità della squadra di valutazione

È sulla base dei dati riportati sulla scheda SCAT che si baseranno le determinazioni del Centro di Coordinamento. Come detto in precedenza, si ricorda che l'attività di ispezione dei litorali dovrebbe avvenire prima, durante e dopo le operazioni di pulizia delle coste per pianificare e verificare l'efficacia delle stesse.

Per tale motivo le osservazioni delle squadre dovranno essere rilevate con estrema attenzione, in particolare dovranno rispondere a queste domande:

- Quanto è contaminato questo segmento (superficiale e sub-superficiale)?
- È necessario un intervento di pulizia in questo segmento?
- Quali metodi di pulizia sono appropriati o consigliati?
- Qual è la sensibilità ambientale e socio economica di questo segmento?
- Quali attenzioni sono necessarie per proteggere le risorse sensibili?
- Qual è la priorità per la pulizia in questo segmento?
- Le operazioni di pulizia vengono condotte correttamente?
- Il metodo di pulizia adottato è il più efficace o causa danni collaterali?
- È necessario testare un altro metodo?
- Il segmento soddisfa gli *endpoint* di pulizia?

Attraverso lo svolgimento delle seguenti attività:

- descrizione dei tipi di costa, delle percentuali di ricopertura dell'idrocarburo e delle sue caratteristiche fisiche;
- individuazione delle risorse sensibili (ecologiche, ricreative, culturali);
- individuazione dei metodi di pulizia e degli *endpoint*;
- individuazione dei vincoli generici e specifici del sito;
- richiesta di indagini di *follow-up* se sono presenti risorse archeologiche e culturali;
- individuazione delle priorità di pulizia;
- individuazione dei rischi legati alla sicurezza degli operatori addetti alle operazioni di pulizia; monitoraggio dell'efficacia e degli effetti della pulizia, suggerendo le modifiche laddove necessario;
- individuazione delle possibilità di migliorare l'efficacia delle operazioni di pulizia;
- effettuazione delle ispezioni post-pulizia.

I dati SCAT, infine, devono essere raccolti in modo efficiente e i risultati forniti al Centro di Coordinamento in modo tempestivo.



Foto 6.3. Acquisizione dei dati su campo.

7. SICUREZZA DEGLI OPERATORI

Particolare attenzione va prestata alla sicurezza degli operatori; a tale scopo dovrà essere eseguita una valutazione del rischio per le indagini sul litorale che prenda in considerazione i rischi specifici del luogo da investigare per garantire che tutti i rischi identificati siano minimizzati.

Nel caso di indagini costiere, i rischi primari riguardano le condizioni ambientali e la potenziale esposizione individuale alla sostanza inquinante, ad esempio:

- esposizione a vapori nocivi;
- condizioni meteo avverse;
- difficoltà di accesso alle coste;
- presenza di scogliere e fenomeni franosi;
- presenza di rocce scivolose;
- presenza di fauna selvatica aggressiva o pericolosa.

Il responsabile della squadra sul campo deve tenere dei *briefing* quotidiani prima di iniziare le attività per assicurarsi che i membri siano consapevoli dei potenziali rischi per la sicurezza e dispongano delle conoscenze e degli strumenti necessari per ridurre i rischi. In considerazione del fatto che la squadra di valutazione è spesso il primo soggetto sulla scena, dovrà anche osservare e identificare come precedentemente detto i pericoli per gli operatori che saranno addetti alle attività di pulizia. Il *briefing* sarà anche un mezzo per assicurarsi che tutti i membri abbiano compreso la missione e gli obiettivi del giorno.

Dovrà essere assicurata alla squadra anche la disponibilità di cibo e bevande adeguate. Particolare cura dovrà essere adottata nello stabilire efficaci sistemi di comunicazioni d'emergenza, in particolar modo per le indagini che saranno svolte in aree remote.

Anche gli orari di lavoro dovranno essere presentati preventivamente dal co-

ordinatore delle squadre e rispettati dagli operatori sul campo se non previo specifiche comunicazioni al fine di evitare situazioni di allarme.



Foto 71. Ispezione di un litorale potenzialmente esposto alla presenza di vapori nocivi.

8. MATERIALI E ATTREZZATURE

Alle squadre di valutazione dovranno essere fornite delle attrezzature per massimizzare i benefici delle loro indagini. Una lista di controllo completa dell'equipaggiamento necessario è fornita in allegato a queste linee guida (Allegato V).

PARTE QUARTA: CONDUZIONE DEL SOPRALLUOGO

9. LA SCHEDA DI VALUTAZIONE DELL'INQUINAMENTO SULLA COSTA DA OIL SPILL, GUIDA ALLA SUA COMPILAZIONE

La scheda di valutazione dell'inquinamento sulla costa da *oil spill*, è l'elemento principale per la registrazione delle informazioni e dovrà essere compilata in ogni sua sezione per ogni segmento di costa.

La scheda è composta da nove sezioni:

1. INFORMAZIONI GENERALI
2. SQUADRA DI VALUTAZIONE
3. SEGMENTO
4. TIPOLOGIA DI COSTA
5. CARATTERISTICHE OPERATIVE
6. OLIO SUPERFICIALE
7. OLIO SUB-SUPERFICIALE
8. COMMENTI GENERALI
9. SCHIZZO TOPOGRAFICO

Di seguito si forniscono istruzioni per la compilazione di ogni singola sezione utilizzando una terminologia e una simbologia standard; in allegato viene fornita una copia in bianco della scheda che andrà stampata in più duplicati e consegnata alle squadre di valutazione.

La scheda di valutazione è stata progettata per essere relativamente semplice da compilare, ci sono però circostanze (es. nelle prime fasi di un incidente) per le quali le informazioni potrebbero non essere del tutto disponibili. In questi casi è comunque necessario che le varie sezioni siano compilate anche solo parzialmente.

È importante ribadire inoltre che i compilatori della scheda di valutazione dovranno essere specificatamente e preventivamente formati. È comunque preferibile che la fase di addestramento o formazione venga effettuata in specifici

incontri e non sotto la pressione tipica delle concitate fasi di risposta ad un evento accidentale.

Informazioni generali

Le prime tre sezioni della scheda sono riservate a raccogliere le informazioni di base sul sito e sono in gran parte auto-esplicative.

L'ID "segmento" è il codice univoco che deve essere emesso dal Centro di Coordinamento durante la progettazione dell'attività di valutazione sul campo.

La condizione meteorologica prevalente deve essere cerchiata come da esempio.

1. INFORMAZIONI GENERALI	Data (gg/mm/aa)	Ora ispezione dalle 11.00 alle 14.00
Incidente: OIL SPILL ISOLA PETROLI	29/11/2018	sole / nuvole / nebbia / pioggia / vento
ID segmento: OL_01		

9.2 La squadra di valutazione

I nominativi di tutti i membri della squadra di valutazione devono essere inseriti, insieme alle istituzioni, società o organizzazioni di provenienza e recapiti telefonici (in caso di necessità per acquisire ulteriori dettagli).

2. SQUADRA	Ente / Comando / Organizzazione	Recapiti telefonici / mail
MARIO ROSSI	AG. PROTEZIONE AMBIENTE	3333979474
GIUSEPPE BIANCHI	COMUNE	3459947588
ANTONIO VERDI	ENTE PARCO	3405463746

9.3 Il segmento

Nella maggior parte dei casi, la lunghezza del segmento e la lunghezza dell'ispezione totale saranno coincidenti.

Compilare i campi di coordinate all'inizio e alla fine del segmento effettivamente ispezionato.

3. SEGMENTO	Estensione segmento: m. 230	Estensione ispezione: m. 230
Inizio traccia GPS: LAT 41°44'11"N LONG 12°15'9" E		
Fine traccia GPS: LAT 41°44'10"N LONG 12°15'18" E		

9.4 Tipologie di costa

È fondamentale identificare la tipologia di costa nell'intero segmento, prestando particolare attenzione alle aree raggiunte dall'inquinante. Nella parte seconda, capitolo 4 del presente Quaderno sono già state trattate le caratteristiche delle diverse tipologie di costa.

4. TIPOLOGIA DI COSTA		✓✓ = primaria (una scelta) ✓ = secondaria segnare la casella con il principale tipo di costa e le caratteristiche secondarie	
	Costa Alta		Sedimenti fangosi
✓	Costa Bassa	✓	Sedimenti sabbiosi
	Manufatti solidi		Sedimenti misti
✓	Manufatti permeabili		Ciottoli – ghiaia
	Zone umide		Rocce
	Altro (descrivere):	Esposizione al moto ondoso (segnare):	
Altre caratteristiche:		Molto esposto / esposto / parzialmente riparato / molto riparato	
	Estuario / foce	Manufatti storici	Banquette di Posidonia
✓	Attività ricreative	Pozze di marea	Fessurazioni o crepacci

È necessario inserire un doppio segno di spunta (✓✓) per il tipo di costa principale. Il tipo di costa principale corrisponde al carattere chiaramente predominante situato nella parte di sopralitorale e mesolitorale. Questa è la zona in cui l'idrocarburo di solito si deposita e dove si svolgono le principali attività di trattamento o di pulizia. Se non c'è un chiaro carattere predominante dovrà essere selezionata la voce relativa alla caratteristica più sensibile. Ad esempio se è presente una zona umida nel segmento, questa verrà selezionata come tipo primario.

Potrà essere selezionato solo un tipo di carattere primario; è invece possibile selezionare più caratteri secondari all'interno di un segmento costiero.

Inoltre è necessario:

- inserire un segno di spunta (✓) per identificare tutti i tipi di costa secondaria;
 - inserire un segno di spunta (✓) per la sezione “altre caratteristiche”;
- cerchiare la descrizione dell'esposizione della costa al moto ondoso.

Nella sezione Allegati è riportata una guida fotografica di sintesi delle diverse tipologie di costa.

9.5 Caratteristiche operative

In questa sezione andranno inserite le informazioni di carattere logistico che possono contribuire a facilitare il processo decisionale relativamente alle attività di pulizia.

5. CARATTERISTICHE OPERATIVE	Rifiuti? ✓SI / NO Imbrattati? ✓SI / NO Quantità: 10 sacchi/rimorchi
Accesso diretto alla costa? ✓SI / NO Accesso dalle aree adiacenti? ✓SI / NO	Restrizioni di accesso
Scogliera retro-spiaggia? SI / NO ✓ alt. ____m.	Disponibilità di aree cantierabili? ✓SI / NO
Attività di pulizia in corso? SI / NO ✓	



Foto 91. è utile indicare l'eventuale presenza di rifiuti solidi lungo il litorale e il quantitativo approssimativo della frazione contaminata.

Inserire qualunque informazione utile sull'accessibilità del sito (proprietà privata, fondi chiusi, disponibilità di corrente elettrica, presenza di servizi igienici, ecc.) e le caratteristiche che possono limitare la movimentazione di mezzi e operatori o gli spazi per l'allestimento di strutture o depositi temporanei.

Se il sito presenta rocce o falesie retrostanti la spiaggia, indicarne la presenza e prendere nota della loro altezza in metri.

Nota breve:

Se nel sito al momento dell'ispezione è in corso l'attività di pulizia, annotare il tipo di attività, il numero di operatori e di veicoli utilizzati.



Foto 9.2. Attività di pulizia del litorale con mezzi meccanici.

9.6 Presenza di olio superficiale

La descrizione dettagliata delle aree inquinate è la principale attività delle squadre di valutazione. La compilazione di questa sezione richiede la quantificazione attraverso misure e osservazioni sul campo delle quantità di idrocarburi del petrolio presenti nel segmento, utilizzando una terminologia standard largamente diffusa.

6. OLIO SUPERFICIALE								NON OSSERVATO (segnare qui):											
ID Area	Posizione				Estensione			Spessore					Caratteristiche						
	B	M	A	S	Lung.	Larg.	Distr. %	P	C	F	S	I	FR	MS	TB	TP	RS	PC	
01	✓	✓			10 m	3 m	80		✓				✓						
02		✓			5 m	2 m	70		✓				✓						
03		✓			2 m	2 m	20				✓		✓						
B, M, A & ST = Bassa, Media, Alta & Supratidale P = pozza, C = Copertura, F = Film, S = schizzi, I = iridescenze FR = Fresco, MS = Mousse, TB = Tar Balls, PT = Tar Patties, RS = Residui Superficiali, PC = Pavimentazione Catramosa																			

Se non è presente olio in superficie:

NON OSSERVATO (spunta ✓), non sono richieste ulteriori informazioni nelle caselle di questo sezione.

Se è presente olio in superficie:

FASE 1 Procedere con una individuazione accurata di tutte le porzioni del segmento oleate. Assegna a ciascuna zona un ID alfabetico (A, B, C, ...).

FASE 2 Definisci per ogni zona:

- ✓ posizione (in relazione al profilo della costa);
- ✓ estensione delle chiazze (ad es. Lunghezza, larghezza della porzione oleata e la percentuale di distribuzione di petrolio al suo interno);
- ✓ spessore dell'olio (stima dello spessore in **cm** o **mm** per "Pozza" e "Copertura");
- ✓ caratteristiche dell'olio.

FASE 3 Esegui una o più foto delle aree individuate

Nella sezione "allegati" sono riportati degli ausili alla compilazione:

- ✓ guida grafica per la stima delle percentuali di distribuzione;
- ✓ scala fotografica;
- ✓ guida fotografica su spessori e caratteristiche dell'inquinante

Si consiglia di stampare a colori tali ausili e portarli su campo per essere utilizzati durante l'ispezione dei litorali

Nota breve:

In Italia le oscillazioni di marea sono modeste, dell'ordine della decina di centimetri. Fanno eccezione le maree, superiori al metro, di alcune località dell'alto Adriatico (Golfo di Trieste). In quelle aree dove c'è poca escursione di marea, scrivere "NO MAREA" nelle colonne "Posizione".



Foto 9.3. Tar ball in fase semi-solidi.

9.7 Presenza di olio sub-superficiale

La presenza di olio insabbiato può essere rivelata solo effettuando scavi di prova puntuali o brevi trincee sulla battigia. Tali indagini dovrebbero essere condotte ogni volta che vi sia il sospetto che l'inquinante possa essere sepolto.

7. OLIO SUB-SUPERFICIALE						NON INVESTIGATO (segnare qui):						
ID Saggio	Posizione				Profondità saggio (cm)	Spessore olio (cm-cm)	Caratteristiche olio sub-superficiale					Falda (cm)
	B	M	A	S			Sedimento saturo	Sedimento non saturo	Residui	Film	Tracce	
01		✓			40	/						35
02		✓			35	-10 -25	✓					30
03		✓			45	/						40

Se non si effettua l'indagine:

spuntare (✓) nella casella NON INVESTIGATO. Non sono richieste ulteriori informazioni in questa sezione.

Se l'indagine viene eseguita:

dare ad ogni scavo un ID numerico (01, 02, 03, ...).

A. Se non è presente olio sub-superficiale

Scrivi "NESSUNO" nella casella "Posizione".

B. Se è presente olio sub-superficiale

FASE 1 Per ogni scavo definire:

- ✓ posizione (in relazione all'altezza delle maree);
- ✓ profondità scavo;
- ✓ profondità della porzione oliata (superiore e inferiore);
- ✓ caratteristiche dell'olio;
- ✓ quota della falda (se raggiunta).

FASE 2 Esegui una o più foto dei saggi.

FASE 3 Annota sulla mappa e/o disegna la posizione dei saggi.

VEDI NELLA SEZIONE ALLEGATI PER LE GUIDE PRATICHE DI AUSILIO ALLA COMPILAZIONE



Foto 9.4. Incidente Eon Porto Torres, 2011. Saggio sub-superficiale (quote sezione) effettuato nel corso delle operazioni cccc nella spiaggia xxxx.

9.8 Commenti generali

La seconda parte della scheda di valutazione è riservata alle considerazioni di carattere generale e per fornire commenti sul segmento non previsti dalla parte 1 della scheda. Se non ci sono ulteriori commenti scrivere: "NESSUNO". Possono essere inseriti commenti relativi a:

- ✓ sensibilità alle risorse osservate o conosciute presenti (ecologiche, ricreative, culturali, commerciali o di altro genere socio-economico);
- ✓ eventuali osservazioni sulla fauna selvatica, in particolare la presenza di decessi (indicare specie o gruppo tassonomico più dettagliato possibile e numero di individui deceduti o oleati);
- ✓ qualora possibile, stima dei volumi di olio presente nel segmento, in base alle dimensioni osservate e registrate;
- ✓ mareggiate che possono aver depositato olio al di sopra della normale zona intertidale;

- ✓ eventuali raccomandazioni sulla pulizia e le tecniche da adottare e la presenza di qualsiasi vincolo pratico;
- ✓ aggiungere raccomandazioni sull'*end point* appropriato.

9.9 Documentazione fotografica

È fondamentale che la scheda di valutazione sia corredata da una specifica documentazione fotografica che dovrà essere prodotta in un numero adeguato di scatti e attraverso criteri precisi:

- ✓ immagini del contesto generale (se possibile fare una o più panoramiche dell'intero segmento, possibilmente anche da una posizione sopraelevata);
- ✓ immagini delle porzioni di segmento oleate con indicazioni sulle misure o attraverso l'inserimento affianco al soggetto della scala metrica per i rinvenimenti di piccole dimensioni;
- ✓ immagini relative alle principali caratteristiche ambientali;
- ✓ immagini relative ai percorsi di accesso o altre caratteristiche e/o vincoli operativi o logistici.

per ogni scatto selezionato si dovranno annotare:

- ✓ coordinate;
- ✓ direzione in gradi dell'area di ripresa;
- ✓ numero del *file*.

Sono a oggi comunemente disponibili sul mercato fotocamere che registrano in automatico queste informazioni nel *file* di metadati associato di ogni singolo scatto.

In fase di scatto è possibile impostare la fotocamera su "A", in questo modo TEMPI, DIAFRAMMI, ISO e BILANCIAMENTO DEL BIANCO, saranno gestiti direttamente dalla macchina garantendo nella maggior parte dei casi risultati ottimali ai fini dell'analisi visiva degli elementi fotografati.

Per la messa a fuoco, posizionare su "AF" e selezionare la modalità "SPOT" e "al centro" e il soggetto della scena dovrà essere ben illuminato e posizionato al centro dell'inquadratura, possibilmente evitando riflessi e contro luce.

Le immagini dovranno avere natura documentaria e dovranno essere per

quanto possibile oggettive e impersonali, per questo dovranno essere evitate distorsioni o enfattizzazioni con inquadrature “artistiche”.

Foto 9.5. Esempio di immagine scorretta in quanto controluce ed in penombra di un litorale contaminato.



Si consiglia sempre di verificare il risultato dello scatto ingrandendo i dettagli con lo zoom in dotazione sullo schermo della fotocamera per verificare la messa a fuoco e la nitidezza dell'immagine registrata.

In casi di scarsa illuminazione potrebbe, invece, essere necessario impostare la fotocamera su “T” (priorità di tempo) selezionando tempi tra un 90° e un 125° e lasciando le altre impostazioni agli automatismi della fotocamera. Lavorare con questi tempi e queste impostazioni garantisce, anche in condizioni di scarsa illuminazione, foto non mosse e di discreta qualità.

È infine necessario fotografare, all'inizio dell'attività di documentazione, il “Ciak”, con le seguenti indicazioni (allegato VII):

- ✓ ID segmento;
- ✓ incidente;
- ✓ data e ora.

Ciò consente un'assegnazione univoca delle immagini rispetto al segmento

di riferimento, che sarà utile anche quando le immagini saranno importate su computer attraverso i più comuni programmi di gestione fotografica.

Sulla scheda di valutazione, nella sezione dello schizzo topografico, dovrà essere riportata l'indicazione accurata delle posizioni fotografiche.

Le immagini andranno scaricate alla fine di ogni ispezione e salvate anche su un *hard disk* esterno di *backup*. Solo in seguito si potrà formattare la scheda di memoria della fotocamera liberando spazio per gli usi successivi.

9.10 Documentazione video

Potrà essere utile, ai fini dell'analisi visiva, anche effettuare delle riprese video. Le riprese potranno essere eseguite sia con telecamere comunemente reperibili in commercio che con le ormai note *action cam* ma anche con dei semplici *smartphone*.

Dovranno essere rispettate le stesse poche regole compositive presenti nel paragrafo precedente che riguardano la documentazione fotografica.

Inoltre si dovrà prestare attenzione a:

- Effettuare riprese solo in orizzontale
- Fare attenzione a non fare riprese mosse (trattenere il respiro) o in movimento
- Effettuare dettagli ma sempre contestualizzandoli con delle panoramiche (per effettuare una panoramica ruotate solo il busto facendo perno su un piede d'appoggio)

È infine necessario effettuare una ripresa, all'inizio dell'attività di documentazione, del "Ciak", con le seguenti indicazioni (allegato VII):

- ✓ ID segmento;
- ✓ incidente;
- ✓ data e ora.

Ciò consente un'assegnazione univoca dei video rispetto al segmento di riferimento, che sarà utile anche quando questi saranno importate su computer attraverso i più comuni programmi di gestione video.

Sulla scheda di valutazione, nella sezione dello schizzo topografico, dovrà es-

sere riportata l'indicazione accurata delle posizioni dalle quali sono state effettuate le riprese.

I Video andranno scaricati alla fine di ogni ispezione e salvate anche su un *hard disk* esterno di *backup*. Solo in seguito si potrà formattare la scheda di memoria della fotocamera liberando spazio per gli usi successivi.

9.11 Schizzo Topografico

Gli schizzi topografici sono rappresentazioni schematiche (approssimate, ridotte e simboliche) in scala di una porzione di terreno (il segmento), eseguite sul posto durante ogni rilevamento.

È una componente importante del processo di valutazione del litorale per due ragioni principali:

fornisce un'immagine sintetica della distribuzione dell'inquinamento nell'intero segmento;

aggiunge rigore al processo di descrizione sul campo, perché induce gli operatori a mantenere la concentrazione su tutte le caratteristiche rilevanti.

Di seguito si forniscono le indicazioni per eseguire lo schizzo.

FASE 1. All'arrivo sul sito, osservare il segmento, se possibile, da un punto di osservazione elevato, per:

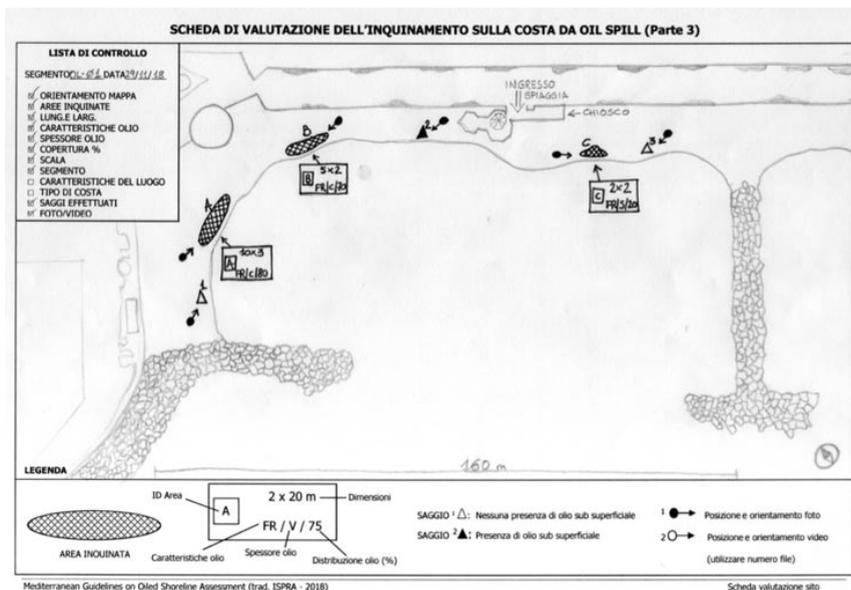
- ✓ verificare se i confini del segmento prestabiliti dal Centro di Coordinamento sono corretti;
- ✓ acquisire una buona prospettiva sull'estensione del segmento, sugli elementi morfologici prevalenti e caratterizzanti e possibilmente anche sulle quantità di prodotto spiaggiato in superficie;
- ✓ stimare i tempi richiesti per effettuare la valutazione.

In base alle preferenze e alle circostanze si potrà decidere di tracciare lo schizzo prima o dopo l'attività di valutazione. Tuttavia, se verrà fatto all'inizio dell'ispezione, si dovrà fare attenzione e assicurarsi che le informazioni chiave come le posizioni fotografiche e gli eventuali scavi siano correttamente riportati sullo schizzo prima di lasciare il sito.

Si consideri che se la squadra è composta da due o più membri le varie attività

possono essere svolte contemporaneamente.

Figura 9.6. Esempio di schizzo topografico.



FASE 2. Utilizzando una matita, per abbozzare il tracciato sul foglio, determinare le dimensioni del segmento, valutando la lunghezza e la profondità della zona e alcune delle caratteristiche più evidenti, come pennelli, dighe frangiflutto, ecc.

Orientare la dimensione più lunga del segmento su l'asse più lungo del foglio. La mappa dovrà essere corredata da una scala di misura e dall'indicazione del nord.

FASE 3. Tracciare leggermente il contorno del segmento da esaminare, tracciare invece, usando il tratteggio, con tratti di matita più calcati le zone inquinate. Quest'ultime dovranno risultare l'attributo più evidente dello schizzo, come mostrato in [Figura 9.6](#).

Un ID univoco alfabeticamente dovrà essere assegnato a ciascuna delle aree oliate

rilevate sul campo e riportate sullo schizzo, questi poi dovranno essere riportati sulla scheda di valutazione nella casella "ID area". Si dovranno quindi indicare nelle apposite caselle la larghezza e lunghezza per ogni area individuata, così come le caratteristiche, lo spessore e la distribuzione percentuale dell'olio stimate.

FASE 4. Dovranno esse riportati sul tracciato anche gli scavi e potranno essere rappresentati simbolicamente da dei triangoli: questi saranno disegnati "pieni" (\blacktriangle) nel caso di rinvenimento dell'inquinante e "vuoti" (\triangle) nel caso contrario. Ai saggi dovrà essere assegnato un ID univoco numerico, questi poi dovranno essere riportati sulla scheda di valutazione nella casella "ID saggio". Si dovranno quindi indicare nelle apposite caselle della scheda di valutazione la posizione, la profondità e lo spessore del sedimento inquinato, così come le caratteristiche con cui si presenta l'inquinante nel sedimento.

FASE 5. Infine dovranno essere riportate anche le posizioni e l'orientamento da dove sono state scattate le fotografie attraverso il simbolo di un cerchio pieno con una piccola freccia ($\bullet \rightarrow$) che indichi la direzione della foto. Mentre per gli eventuali video che dovessero essere registrati si dovrà segnare il punto di ripresa e la direzione con un cerchio vuoto e una piccola freccia che indichi la direzione ($\circ \rightarrow$)

Utilizzare la *checklist* come memo per indicare:

- ✓ orientamento mappa;
- ✓ aree inquinate;
- ✓ lunghezza e profondità;
- ✓ caratteristiche olio;
- ✓ spessore olio;
- ✓ copertura percentuale;
- ✓ scala;
- ✓ segmento;
- ✓ caratteristiche del luogo;
- ✓ tipo di costa;
- ✓ saggi effettuati;
- ✓ foto/video;

9.12 Restituzione schede di valutazione al Centro di Coordinamento

Al termine delle attività svolte sul campo le squadre dovranno far pervenire le schede, unitamente al materiale foto/video e gli eventuali campioni (Box 9.1) al Centro di Coordinamento per le successive determinazioni. Le modalità di consegna saranno stabilite dal Centro di Coordinamento e dipenderanno dalle circostanze e dalla complessità dell'evento accidentale.

Prima della consegna la squadra dovrà:

- ✓ controllare l'accuratezza, la completezza e leggibilità dei dati raccolti;
- ✓ conservare una copia della documentazione consegnata e gli originali dei *file* fotografici.

A seconda della complessità dell'evento emergenziale, è consigliabile individuare un coordinatore dell'attività SCAT a cui ciascuna squadra può consegnare le schede compilate da presentare e discutere presso il Centro di Coordinamento. Il coordinatore, con i responsabili di ogni singola squadra, si occuperà di elaborare i dati che arrivano da tutte le squadre sul campo, le criticità e le raccomandazioni specifiche per il sito (vedi successivo capitolo 11 "Trasferimento dati").

BOX 9.1 CAMPIONAMENTO

Durante l'attività di valutazione dello stato di contaminazione della costa potrebbe essere necessario effettuare un campionamento della sostanza idrocarburica spiaggiata, questo potrebbe rendersi necessario per i seguenti motivi:

- ✓ **operativi:** per determinare le caratteristiche fisiche necessarie a stabilire il comportamento del prodotto e adottare le adeguate tecniche di indagine e di pulizia (densità, punto di infiammabilità, punto di scorrimento, contenuto di acqua, viscosità...);
- ✓ **scientifici:** per determinare le caratteristiche chimiche dell'inquinante e verificarne la tossicità anche nel tempo;
- ✓ **amministrativi:** per documentare e identificare un evento inquinante, anche al fine di accedere ai fondi di compensazione;
- ✓ **legali:** per associare in modo univoco la sostanza inquinante e identificare il sospetto inquinatore.

Per quanto sopra riportato il campionamento dovrà rispettare delle specifiche procedure standardizzate (cfr. Quaderno delle emergenze ambientali in mare n.4 "Modalità di campionamento degli idrocarburi in mare e lungo la costa", ISPRA, 2014): se è richiesto il campionamento per scopi legali, per ogni stazione di campionamento dovranno essere prodotte tre aliquote (uno per i test di laboratorio, uno per la valutazione della controparte e uno destinato alla conservazione).

A garanzia della validità del campionamento è importante che i prelievi vengano raccolti da operatori specificamente competenti e addestrati per tale attività (es. operatori delle Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente).

Le analisi sui campioni prelevati per scopi legali o amministrativi dovranno essere eseguiti da laboratori qualificati o da esperti che utilizzeranno una GC/MS (cromatografia in fase gassosa ad alta risoluzione e spettrometria di massa) per caratterizzare il campione di prodotto confrontato con un campione di riferimento.

10. TRATTAMENTO E GESTIONE DEI DATI

Per completezza d'informazione e per fornire un quadro chiaro e comprensivo della situazione, il coordinatore dell'attività SCAT dovrebbe produrre, unitamente alle singole schede SCAT compilate per ciascun segmento un "Rapporto complessivo delle attività valutazione della contaminazione del litorale (incidente xy - data xx/xx/xxxx)" che contenga:

- una descrizione complessiva della situazione;
- un rapporto fotografico che illustri gli aspetti più significativi;
- una mappa dei litorali interessati indicando il grado di contaminazione;
- una proposta sulle strategie di pulizia;
- in allegato le schede SCAT.

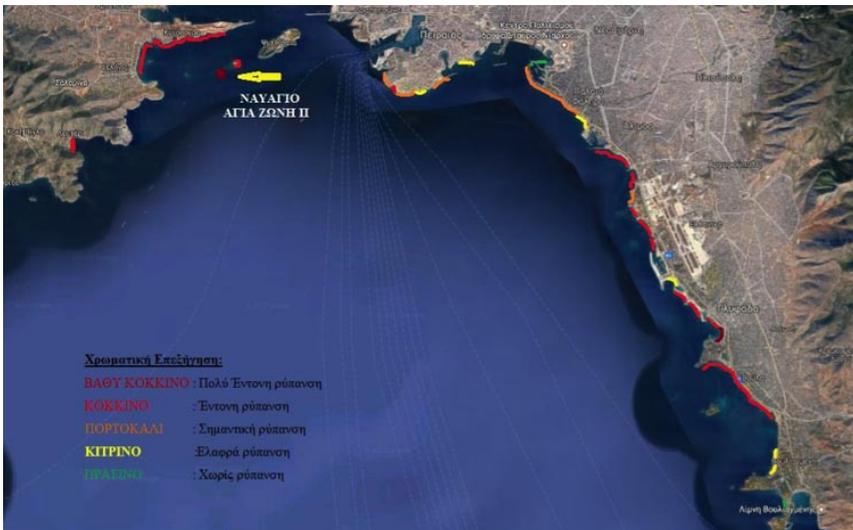


Figura 10.1. Esempio di mappa illustrativa del grado di contaminazione dei litorali interessati da un oil spill. Incidente Agia Zoni II (Pireo settembre 2017) (Fonte: Environmental Protection Engineering S.A., 2017).

Tale rapporto può essere molto utile anche per fornire informazioni necessarie per le procedure risarcitorie dei danni e delle spese sostenute. Come riportato in [Figura 10.1](#), è molto utile produrre una mappa che illustra l'estensione dei litorali interessati e il grado di contaminazione di ciascun tratto (segmento). Per definire in maniera quanto più oggettiva possibile il grado di contaminazione di un dato litorale si può ricorrere alla costruzione di matrici riportanti i dati raccolti relativi alle osservazioni in campo ([Tabelle 10.1 e 10.2](#)); si arriva così a definire il grado di contaminazione di un segmento di costa in:

- ✓ altamente contaminato
- ✓ moderatamente contaminato
- ✓ poco contaminato
- ✓ leggermente contaminato

Tabella 10.1. Matrice del grado di copertura dell'olio sul sedimento di litorale indagato

		Ampiezza dell'area oleata			
		Ampia (> 2 metri)	Media (1-2 metri)	Ristretta (0,5 – 1 metro)	Molto ristretta (< 0,5 metri)
DISTRIBUZIONE OLIO	Continuo 91-100%	Copertura elevata	Copertura elevata	Copertura moderata	Copertura limitata
	Discontinuo 51-90%	Copertura elevata	Copertura elevata	Copertura moderata	Copertura limitata
	A chiazze 11-50%	Copertura moderata	Copertura moderata	Copertura limitata	Copertura leggera
	Sporadico 1-10%	Copertura limitata	Copertura limitata	Copertura leggera	Copertura leggera
	Tracce < 1%	Copertura leggera	Copertura leggera	Copertura leggera	Copertura leggera

Tabella 10.2. Matrice del grado di contaminazione del sedimento di litorale indagato

		Copertura di olio superficiale			
		Copertura elevata	Copertura moderata	Copertura limitata	Copertura leggera
SPESSORE MEDIO	Accumulo > 1 cm	Altamente contaminato	Altamente contaminato	Moderatamente contaminato	Poco contaminato
	Copertura 0,1 – 1 cm	Altamente contaminato	Altamente contaminato	Poco contaminato	Poco contaminato
	Pellicola 0,01 – 0,1 cm	Moderatamente contaminato	Moderatamente contaminato	Poco contaminato	Leggermente contaminato
	Film < 0,01 cm	Poco contaminato	Poco contaminato	Leggermente contaminato	Leggermente contaminato

PARTE QUINTA: NUOVE TECNOLOGIE

11. NUOVE TECNOLOGIE A SUPPORTO DELLE INDAGINI SCAT

Nel seguito si riporta una rapida panoramica su nuovi sviluppi tecnologici utili a migliorare la rapidità e l'accuratezza delle indagini SCAT

11.1 Mappe condivise via internet - *Common Operational Picture (COP)*

Una *Common Operating Picture (COP)* è una piattaforma informatica basata sulla tecnologia GIS (*Geographical Information System*) che fornisce un'unica fonte di dati con le informazioni per il coordinamento, la comunicazione e l'archiviazione dei dati a supporto della gestione delle emergenze e del personale impegnato nella risposta. Una COP può inoltre essere aggiornata via internet, raccogliendo, sintetizzando e diffondendo informazioni per tutte le parti interessate e consente agli operatori sulla scena e non, di avere le stesse informazioni sull'incidente, inclusa la disponibilità e l'ubicazione delle risorse, dei mezzi e lo stato delle richieste di assistenza.



Figura 11.1. Schema di una Common Operating Picture COP (fonte: IPIECA, 2015).

L'adozione di una COP faciliterebbe quindi una visione complessiva dei dati disponibili e delle attività sul campo. Ad esempio:

- ✓ percentuale di litorale oleato in un'area geografica;
- ✓ grado di contaminazione dei diversi litorali;
- ✓ percentuale di litorale ripulito in un'area geografica;
- ✓ numero operatori che lavorano su un tratto di costa;
- ✓ numero totale di mezzi schierato in un'area;
- ✓ risultati delle analisi di campionamento;
- ✓ quantitativo di petrolio e materiale oleato raccolti in una specifica area.

11.2 Programmi applicativi per dispositivi mobili (App)

Queste applicazioni presentano diversi vantaggi rispetto alle schede SCAT cartacee:

- ✓ l'immissione su campo dei dati;
- ✓ disposizione di mappe con diversi *layers* tematici;
- ✓ ricerca di informazioni;
- ✓ immissione di fotografie georeferenziate;
- ✓ esportazioni di report (tabelle e GIS);
- ✓ integrazioni con mappe COP - *Common Operational Picture*.

Le "App" utilizzabili da dispositivi mobili (*smartphone* e *tablet*) hanno la stessa funzione delle schede cartacee dello SCAT. Il vantaggio è la raccolta di informazioni e l'invio dei dati in un contenitore telematico che può essere interfacciato con mappe condivise (COP) o database. In questo modo i dati delle schede cartacee non dovranno essere caricati e gestiti da ulteriore personale e saranno immediatamente disponibili, restituendo i dati sul campo in tempo reale accelerando di fatto i processi decisionali.

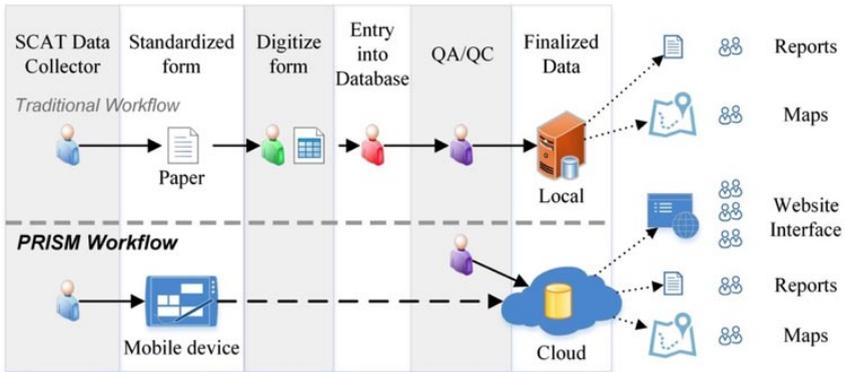


Figura 11.2. Schema di funzionamento della raccolta dati tramite dispositivi mobili (fonte: www.polarisappliedscience.com).

Nel 2015 ISPRA, nell'ambito di una convenzione con la Div. III della DPNM del Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare, ha realizzato in via sperimentale una applicazione specifica (APP ASSESSMENT) concepita proprio per questo scopo.

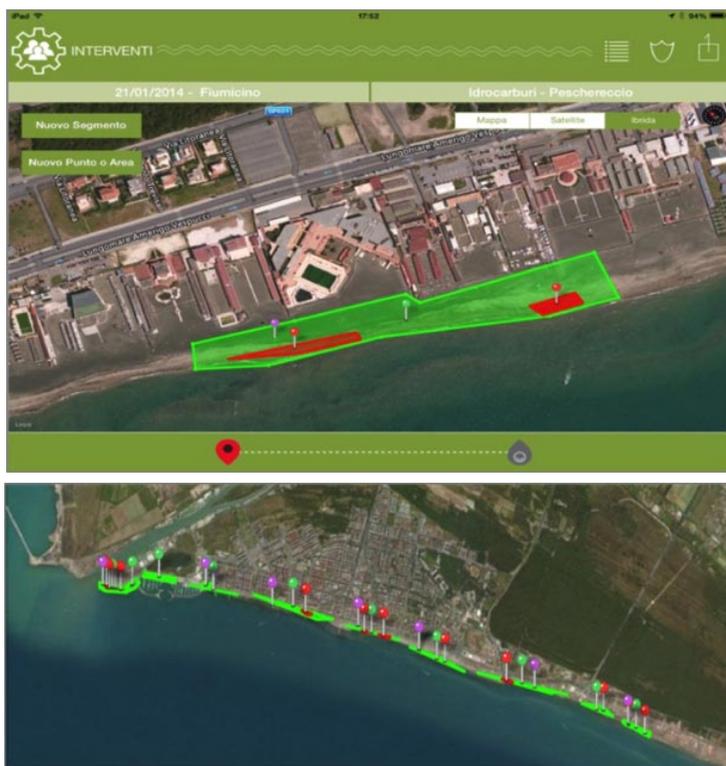
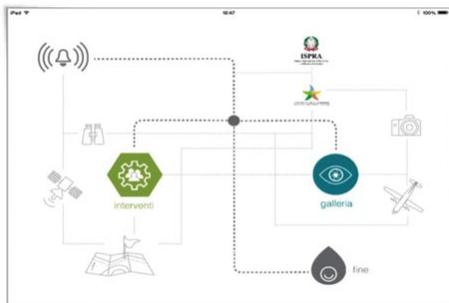


Figura 11.3. Screenshot della App "ASSESSMENT" creata da ISPRA (2015) per MATTM.

11.4 Veicoli aerei pilotati in remoto

L'osservazione aerea della costa con piccoli dispositivi aerei teleguidati ha due grandi vantaggi:

- ✓ sicurezza - uso in situazioni logistiche difficili o pericolose per gli operatori;
- ✓ efficienza - osservazione dall'alto di lunghi tratti di costa in breve tempo.



Figura 11.6. Lancio di un UAV da una imbarcazione (fonte: Chevron).
<https://www.chevron.com/stories/deploying-drones-for-emergency-response>.

Per ottenere una panoramica di ampi tratti di costa in un breve lasso di tempo è possibile disporre di tecnologie che permettono il sorvolo a basso costo tramite apparecchi multicotteri o piccoli aerei radiocomandati (UAV - *Unmanned Aerial Vehicle*). Questi apparecchi sono dotati di telecamere e vengono usati laddove non si può accedere alla costa in modo sicuro o agevole (coste rocciose, strapiombi, affioramenti rocciosi, zone paludose o lagunari). Inoltre non richiedono mezzi di supporto particolari perché possono essere lanciati da terra o da piccole imbarcazioni. Le immagini raccolte, siano foto o filmati, hanno bisogno comunque di una interpretazione e una validazione da parte

di personale addestrato per questo tipo di elaborazioni. Esistono anche prototipi di *software* che interpretano le immagini acquisite con i video e che riescono a distinguere le sostanze idrocarburiche sulla costa ma hanno bisogno ancora di tarature e validazioni del dato da parte dell'operatore.

Comunque, vista la velocità delle loro osservazioni, questi mezzi possono essere usati in fase preliminare per determinare la presenza o meno di olio su un tratto di costa, dove successivamente potrà essere inviata in modo mirato una squadra SCAT; così facendo si aumenta l'efficienza delle osservazioni e la distribuzione ottimale delle risorse umane.

ALLEGATI E SCHEDE

Si consiglia di stampare a colori gli allegati e le schede da portare sul campo per utilizzarle durante l'ispezione dei litorali.

ALLEGATO I - SCHEDA DI VALUTAZIONE DELL'IN- QUINAMENTO SULLA COSTA DA OIL SPILL

ALLEGATO I

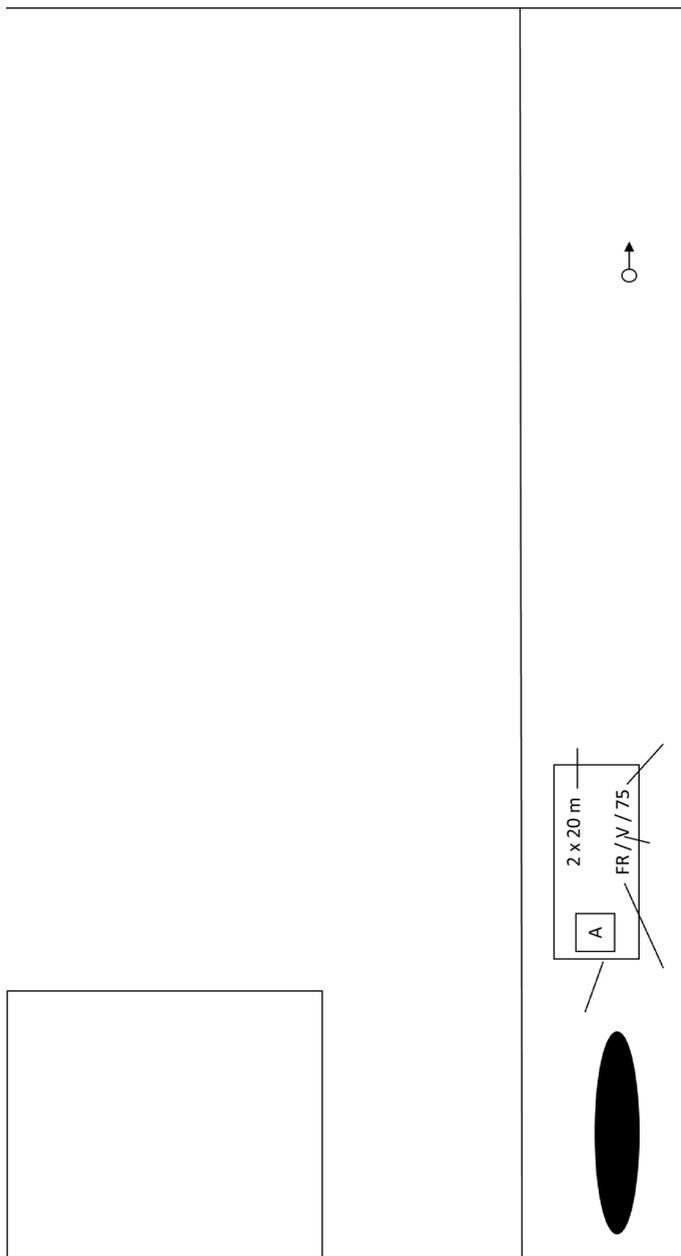
1. INFORMAZIONI GENERALI				Data (gg/mm/aa)		Ora ispezione dalle alle												
Incidente:																		
ID segmento:						sole / nuvole / nebbia / pioggia / vento												
2. SQUADRA			Ente / Comando / Organizzazione			Recapiti telefonici / mail												
3. SEGMENTO		Estensione segmento: _____ m.			Estensione ispezione: _____ m.													
Inizio traccia GPS: LAT				LONG														
Fine traccia GPS: LAT				LONG														
4. TIPOLOGIA DI COSTA			✓✓ = primaria (una scelta) ✓ = secondaria segnare la casella con il principale tipo di costa e le caratteristiche secondarie															
Costa Alta			Sedimenti fangosi															
Costa Bassa			Sedimenti sabbiosi															
Manufatti solidi			Sedimenti misti															
Manufatti permeabili			Ciottoli – ghiaia															
Zone umide			Rocce															
Altro (descrivere):			Esposizione al moto ondoso (segnare): Molto esposto / esposto / parzialmente riparato / molto riparato															
Altre caratteristiche:																		
Estuario / foce		Manufatti storici		Banquette di Posidonia														
Attività ricreative		Pozze di marea		Fessurazioni o crepacci														
5. CARATTERISTICHE OPERATIVE				Rifiuti? SI / NO Imbrattati? SI / NO Quantità: _____ sacchi/rimorchi														
Accesso diretto alla costa? SI / NO				Restrizioni di accesso														
Accesso dalle aree adiacenti? SI / NO																		
Scogliera retro-spiaggia? SI / NO alt. _____ m.				Disponibilità di aree cantierabili? SI / NO														
Attività di pulizia in corso? SI / NO																		
6. OLIO SUPERFICIALE				NON OSSERVATO (segnare qui):														
ID Area	Posizione				Estensione			Spessore				Caratteristiche						
	B	M	A	S	Lung.	Larg.	Distr. %	P	C	F	S	I	FR	MS	TB	TP	RS	PC
B, M, A & S = Bassa, Media, Alta & Supratidale P= pozza, C = Copertura, F = Film, S = schizzi, I = iridescenze FR = Fresco, MS = Mousse, TB = Tar Balls, TP = Tar Patties, RS = Residui Superficiali, PC = Pavimentazione Catramosa																		
7. OLIO SUB-SUPERFICIALE				NON INVESTIGATO (segnare qui):														
ID Saggio	Posizione				Profondità saggio (cm)	Spessore olio (cm-cm)	Caratteristiche olio sub-superficiale					Falda (cm)						
	B	M	A	S			Sedimento saturo	Sedimento non saturo	Residui	Film	Tracce							

8. COMMENTI GENERALI:

Utilizzare lo spazio sopra indicato per fornire commenti sul sito non previsti dalla **parte 1** della scheda. Se non ci sono ulteriori commenti scrivere: "NESSUNO". I commenti possono riguardare:

- sensibilità alle risorse osservate o conosciute presenti (ecologiche, ricreative, culturali, commerciali o di altro genere socio-economico);
- eventuali osservazioni sulla fauna selvatica, in particolare la presenza di decessi;
- stima dei volumi di olio presente nel segmento, in base alle dimensioni osservate e registrate;
- mareggiate che possono aver depositato olio al di sopra della normale zona intertidale;
- eventuali raccomandazioni sulla pulizia e le tecniche da adottare e la presenza di qualsiasi vincolo pratico;
- aggiungere raccomandazioni sull'*end point* appropriato.

ALLEGATO I



ALLEGATO II - CARATTERISTICHE DELLA COSTA

ALLEGATO II

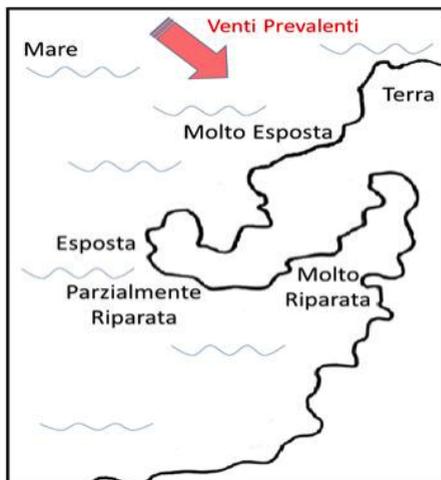
ESPOSIZIONE DELLA COSTA

Utilizzare la seguente scheda per la descrizione dell'esposizione del segmento da valutare:

Molto esposto: tratto di costa interamente rivolta verso l'area di formazione del moto prevalente, subisce l'azione diretta del fronte ondoso.

Esposto: tratto di costa dove i venti marini forti sono frequenti (non necessariamente prevalenti) ma con un grado di protezione grazie ad estesi bassi fondali o altre forme di ostruzione fisica che depotenzia parzialmente l'intensità del moto ondoso.

+  Esposizione  -	
Granulometria	 <p>Sassi Ciottoli-Ghiaia Sabbia Fango</p>
Forma sedimento	 <p>Arrotondato Smussato Appuntito</p>
Pendenza spiaggia	 <p>Ciottoli-Ghiaia Sabbia Fango</p>

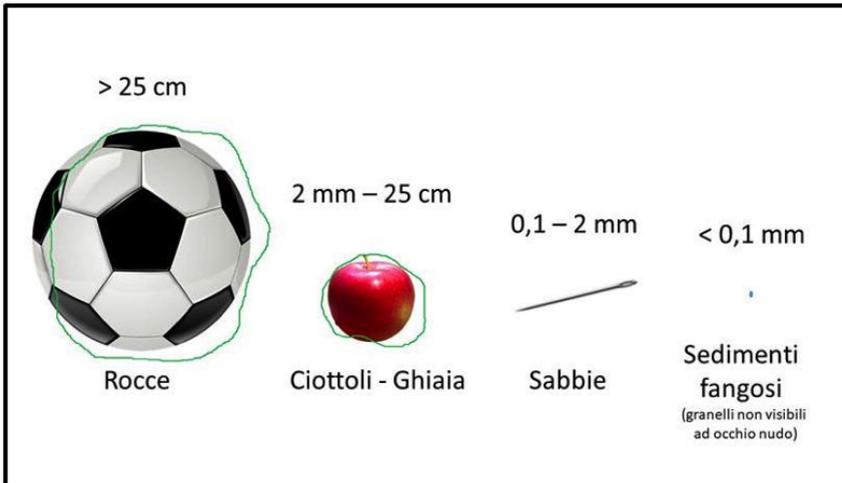


Parzialmente riparato: tratti di costa con esigua porzione di mare esposta all'azione del vento. Possono non essere esposti ai venti prevalenti oppure, quando accade, protetti da un'ampia area da bassi fondali.

Molto riparata: tratti di costa con porzione di mare esposta all'azione del vento molto ristretta. Non interessati dal moto ondoso prevalente oppure caratterizzata da ostacoli morfologici (promontori, falesie, anse).

CLASSIFICAZIONE DEI SEDIMENTI

La classificazione dei sedimenti è generalmente molto complessa. Ne esistono diverse in base alla composizione, alla tessitura dei sedimenti, alla genesi e ai meccanismi deposizionali. In realtà la scelta su quale classificazione utilizzare deve essere funzionale agli scopi dello studio. Ai fini della compilazione della scheda di valutazione utilizzare lo schema seguente come guida per la descrizione.



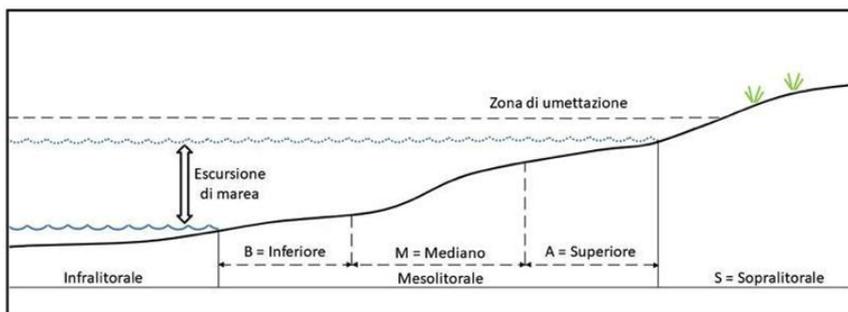
**ALLEGATO III - SIGLE E DEFINIZIONI RELATIVE
ALLA "SCHEDA DI VALUTAZIONE
DELL'INQUINAMENTO SULLA COSTA DA OIL
SPILL" (ALLEGATO I)**

ALLEGATO III

SEZIONE 6 - OLIO SUPERFICIALE

POSIZIONE

- B = Bassa (mesolitorale inferiore)
- M = Media (mesolitorale mediano)
- A = Alta (mesolitorale superiore)
- ST = Sopratidale (sopralitorale)



SPESSORE

- P = Pozza (olio fresco o mousse con spessore maggiore di 1 cm)
- C = Copertura (olio fresco o mousse con spessore tra 0,1 e 1 cm, con copertura continua)
- F = Film (olio visibile maggiore di 0,1 che può essere asportato con le unghie)
- S = Schizzi (olio visibile maggiore che non può essere asportato con le unghie)
- T = Iridescenze (pellicola lucida trasparente o iridescente)

CARATTERISTICHE

- FR = Fresco (Residui freschi di idrocarburi che hanno subito per poco tempo processi di alterazione (*weathering*))
- MS = Mousse (Emulsione di acqua in olio che si realizza con condizioni del mare agitato e con idrocarburi alquanto viscosi)

TB = Tar balls	(agglomerati globulari semisolidi con diametro sino a 10 cm)
TP = Tar Patties	(agglomerati in placche semisolidi con diametro superiore a 10 cm)
RS = Residui superficiali	(sedimenti superficiali oliati in maniera intermittenti)
PC = Pavimentazione catramosa	(coperture oleose invecchiate e fortemente coese)

SEZIONE 7 - OLIO SUB-SUPERFICIALE

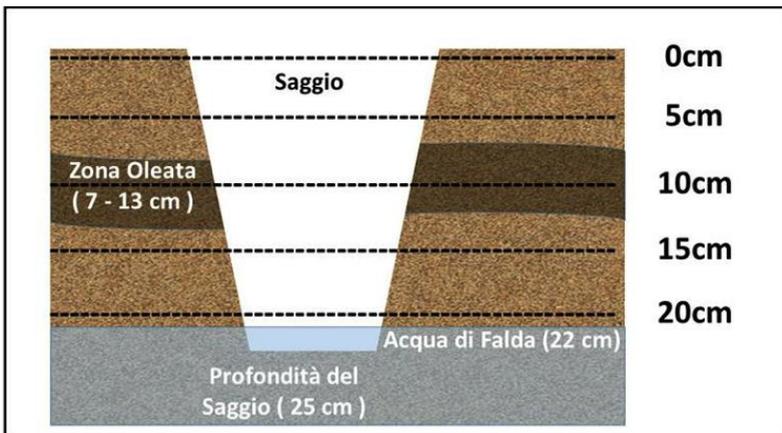
SEDIMENTO SATURO: gli spazi interstiziali sono del tutto occupati dal contaminante.

SEDIMENTO NON SATURO: gli spazi interstiziali sono parzialmente occupati dal contaminante.

RESIDUI: il sedimento è visibilmente contaminato ma non vi sono accumuli negli spazi interstiziali.

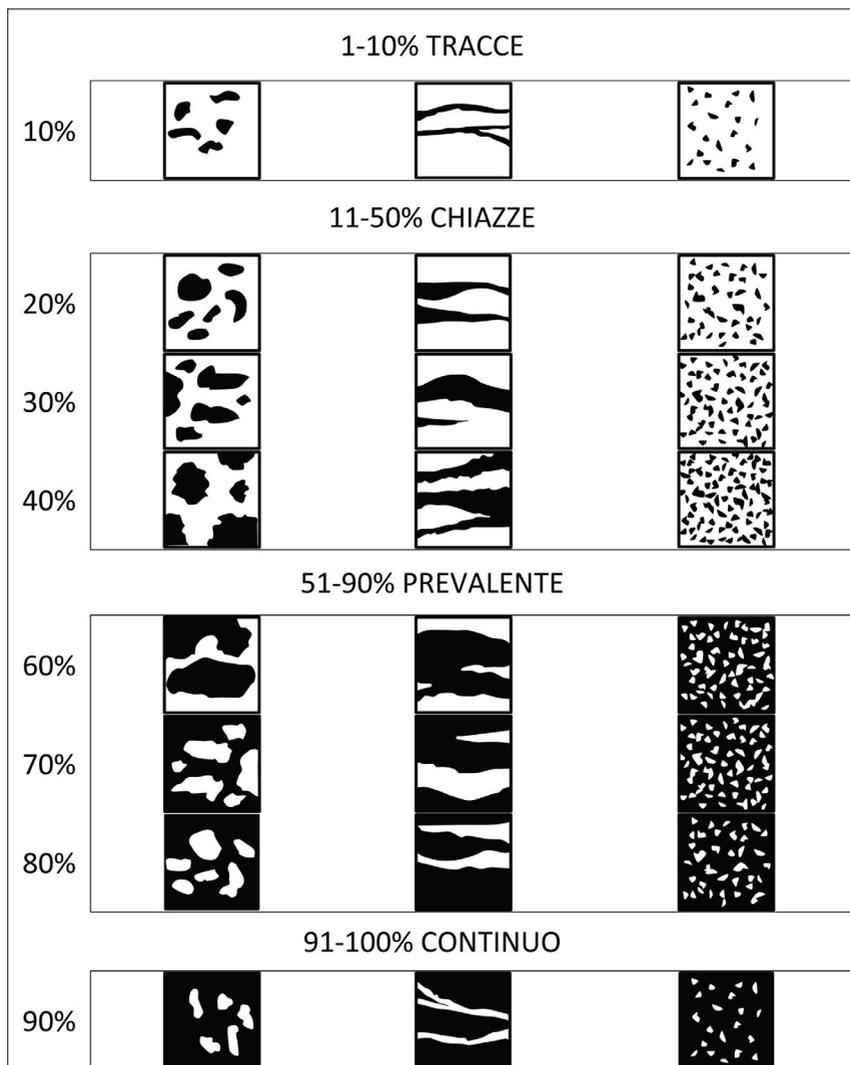
FILM: il sedimento risulta leggermente contaminato, sono visibili macchie o iridescenze.

TRACCE: si riscontra presenza di prodotto all'olfatto o al tatto, oppure sono presenti nel sedimento piccole macchie o iridescenze discontinue.



ALLEGATO IV - GUIDA GRAFICA PER LA STIMA DELLE PERCENTUALI DI DISTRIBUZIONE

ALLEGATO IV



ALLEGATO V - LISTA DI CONTROLLO DELL'EQUIPAGGIAMENTO

ALLEGATO V

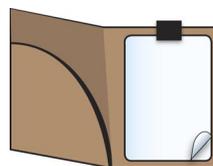
Mappe dei tratti di costa interessati, possibilmente su carta impermeabile e altre mappe pertinenti (ad esempio mappe stradali o topografiche per l'accesso) o carte nautiche dell'area



Schede di valutazione del tratto di costa interessato dallo sversamento, possibilmente su carta impermeabile



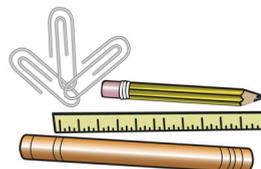
Portablocco per appunti



Fogli nuovi di carta possibilmente impermeabili o taccuini sempre impermeabili



Cancelleria: matite, pennarelli indelebili, righelli, graffette



Bussola



Piccola pala o vanga



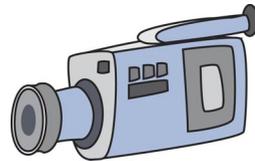
Metro a nastro



Fotocamera



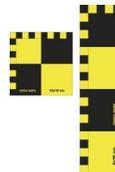
Videocamera e dispositivi di archiviazione
(se necessario)



Batterie, batterie ricaricabili
(per GPS, foto e videocamere, etc.)



Scale metriche



Dispositivi GPS
(Portable Global Positioning System)



Dispositivi per comunicare (es. radio o cellulari)



ALLEGATO V

Chi esegue i sopralluoghi sul campo dovrà disporre di abbigliamento e dispositivi di protezione individuali appropriati, ad esempio:

- attrezzature per ripararsi dalla pioggia e dal sole, • cappello, stivali di gomma, scarpe antiinfortunistiche e soles antiscivolo
- kit di primo soccorso
- guanti, salviette per le mani/detergente e stracci per la decontaminazione



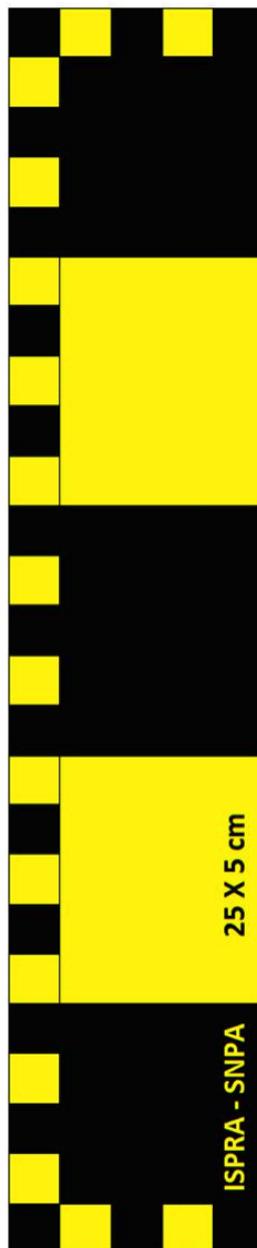
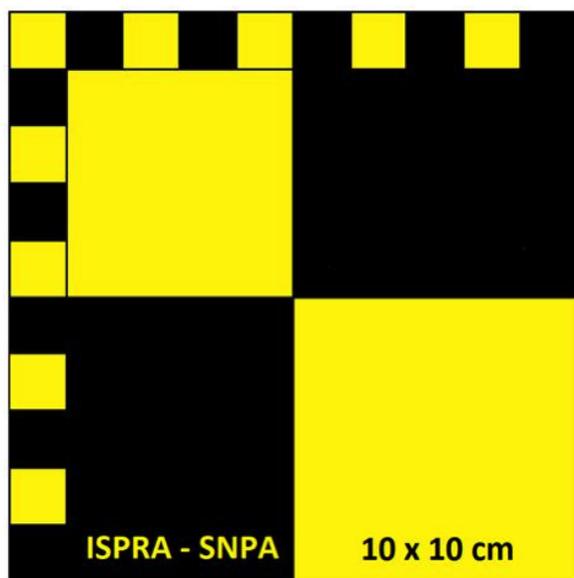
Cibi e bevande dovrebbero essere messi al riparo in luogo sicuro e consumati fuori dall'area contaminata



ALLEGATO VI - SCALA METRICA

ALLEGATO VI

(La scala metrica deve essere ritagliata e posizionata vicino al soggetto fotografato per illustrarne le dimensioni)



ALLEGATO VII - CIAK

ALLEGATO VII

INCIDENTE.....
ID SEGMENTO.....
DATA/ORA.....

INCIDENTE.....
ID SEGMENTO.....
DATA/ORA.....

INCIDENTE.....
ID SEGMENTO.....
DATA/ORA.....

ALLEGATO VIII - GUIDA FOTOGRAFICA SU CARATTERISTICHE DEI RESIDUI SPIAGGIATI

ALLEGATO VIII

CARATTERISTICHE

FRESCO (*Fresh* - FR)

Residui freschi di idrocarburi che hanno subito per poco tempo processi di alterazione (*weathering*).



MOUSSE (MS)

Emulsioni di acqua in olio che si realizza con condizioni del mare agitato e con idrocarburi alquanto viscosi.



TAR BALLS (TB)

Frammenti o grumi di olio più o meno invecchiato, da solidi a semisolidi; misti a solidi (sabbia o anche residui di organismi) di forma sferica e dimensioni variabili da una testa di spillo a circa 10 cm di diametro. Quelle più invecchiate presentano una crosta esterna.



TAR PATTIES (TP)

Accumuli di olio a forma di placche di aspetto viscoso e di dimensioni superiori a 10 cm.



RESIDUI SUPERFICIALI (*Surface oil residues* – RS)

Sedimenti superficiali o rocce oleate, strato di prodotto non compatto.



PAVIMENTAZIONE CATRAMOSA

(*Asphalt pavement* – RS)

Copertura coesa e coerente di olio altamente invecchiato.



ALLEGATO VIII

SPESSORE

ACCUMULO - POZZA (*Thick oil or Pool - P*)

Accumulo di prodotto liquido in avvallamento o piscina nella costa rocciosa, dello spessore superiore al cm, non necessariamente uniforme.



COPERTURA (*Cover - C*)

Olio o *mousse* con spessori compresi tra 0,1 e 1 cm con una copertura continua.



PELLICOLA (*Coat - CT*)

Pellicola oleata trasparente o con colorazione metallica/argentea/marrone/nera dello spessore compreso tra 0,01 e 0,1 cm.



SCHIZZI

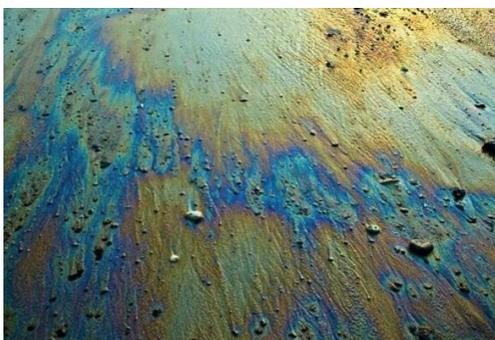
Proiezioni di prodotto su costa.



IRIDESCENZE

(Film - FL)

Pellicola oleata iridescente.



ALLEGATO IX - GUIDA FOTOGRAFICA DEI TIPI DI COSTA

ALLEGATO IX

COSTA ALTA

Scarpata rocciosa verticale o fortemente ripida (falesia alta, falesia bassa, falesia viva).



COSTA BASSA

Litorale costituito da materiale incoerente o pavimentazione rocciosa dalla scarsa pendenza.



MANUFATTI SOLIDI

Pareti verticali compatte di origine antropica (dighe foranee, moli, pontili, banchine) costituite da cemento, legno, materiali metallici.



MANUFATTI PERMEABILI

Barriere (moli frangiflutti, pennelli) costituite da materiale accatastato a creare spazi permeabili fra i componenti.



ZONE UMIDE

Zona costiera fangosa pianeggiante invasa da acque salate stagnanti non profonde, in cui si sviluppa una vegetazione tipica palustre.



SEDIMENTI FANGOSI

Spiagge fangose tipiche di baie fortemente riparate o poco esposte (estuari, piane di marea).



ALLEGATO IX

SEDIMENTI SABBIOSI

Costituiti da granuli delle dimensioni delle sabbie fini ben compattate oppure grossolane e più mobili.



SEDIMENTI MISTI

Spiaggia costituita da sedimenti a diversa granulometria, dalle sabbie ai massi, le cui proporzioni possono variare in base alle dinamiche stagionali del moto ondoso.



SEDIMENTI CIOTTOLOSI-GHIAIOSI

Sedimenti di dimensioni medie, inclusivi di detrito organogeno (conchiglie) tipico di spiagge ad alto gradiente di energia; generalmente dal profilo scosceso con diverse berme oltre la battigia.



ROCCE - MASSI

Spiaggia dal substrato mobile coperto da massi di grandi dimensioni. Generalmente è frequente lungo litorali molto esposti.



FOCE

Parte terminale di un corso d'acqua che s'immette nel mare.



POZZE DI MAREA

Si tratta di una piccola raccolta d'acqua tra gli scogli nella zona mesolitorale e sopralitorale che si forma con le escursioni di marea o i flutti marini.



ALLEGATO IX

BANQUETTE DI POSIDONIA

Formazioni “bio-geomorfologiche” rappresentate da accumuli di foglie, rizomi e resti fibrosi di *Posidonia oceanica*. Deposte a seguito delle mareggiate autunnali e invernali. struttura lamellare molto compatta ed elastica.



FESSURE O CREPACCI

Alterazione geomorfologica di una superficie rocciosa consistente in qualche forma di fenditura di rilevanti dimensioni, in grado di generare discontinuità nella fisionomia del substrato.



MANUFATTI STORICI

Opere edilizie che ricoprono carattere di interesse culturale o storico.



ATTIVITÀ RICREATIVE

Strutture turistiche, non rimovibili o solo parzialmente, nei pressi del litorale che forniscono accoglienza e vari servizi al pubblico.



GLOSSARIO DEI TERMINI E ACRONIMI

Alieutica

L'insieme di accorgimenti tecnici relativi alla pesca sia dal lato sportivo che professionale

Alofilo

Piante o animali che preferiscono ambienti salmastri

Biocenosi

Associazione di organismi che vivono in stretta relazione tra loro e che caratterizzano un certo tipo di ambiente chimico-fisico (biotopo)

Biotopo

Area in cui vivono organismi di una stessa biocenosi

Bedrock

Ogni substrato duro e stabile, non separato in massi o più piccole unità sedimentarie, include tipi di roccia friabile quali gesso, torba, argilla. (Hiscock *et al.*, 1999; MarLIN)

Costa ad alta energia

Tratto di litorale esposto ai movimenti del mare, soprattutto al moto ondoso. Solitamente le coste ad alta energia sono caratterizzate da una maggiore granulometria dei sedimenti e da una più accentuata pendenza

Costa ciottolosa

Tratto di litorale caratterizzato da materiale sedimentario di granulometria prevalente compresa tra 60 e 250 millimetri

Costa sabbiosa

Tratto di litorale caratterizzato da materiale sedimentario di granulometria prevalente compresa tra 0,064 e 2 millimetri

Drenaggio

Indica la capacità di infiltrazione dell'acqua nel sedimento che costituisce il litorale

Fitocenosi

Tipo di biocenosi costituito da piante o alghe che vivono in stretta relazione tra loro, costituendo una formazione vegetazionale con precisi caratteri insediativi ed evolutivi. È considerata l'unità fondamentale della vegetazione, in quanto comunità biologica di piante propria di un ecosistema

Granulometria

Proprietà delle particelle che compongono una roccia sedimentaria, un suolo, un terreno, legata esclusivamente alle dimensioni e non alla natura chimica e mineralogica. Una delle scale di classificazione granulometrica più comunemente usate è la Scala di Wentworth.

Inquinamento secondario

Trasporto di prodotto petrolifero in un ambiente originariamente immune mediante il trasferimento di un inquinante da altro contesto come, nel caso delle attività di pulizia del litorale, il trasporto involontario di residui di prodotto petrolifero adesi alle calzature da una zona inquinata a una intatta.

Mousse

Emulsione di acqua in olio causata dall'idrodinamismo su prodotti petroliferi viscosi versati in mare

SCAT

Shoreline Clean-up Assessment Technique. Valutazione della contaminazione dei litorali interessati dall'arrivo sul litorale di residui di idrocarburi

Sessile

Organismo ancorato al substrato e non dotato di capacità autonoma di spostamento

Unità fisiografiche costiere

Tratti di costa caratterizzati da omogenee caratteristiche sedimentarie e granulometriche

Vagile

Organismo che ha capacità di spostarsi autonomamente sul substrato

Weathering

Processo di invecchiamento del prodotto dovuto all'esposizione all'ambiente marino e all'atmosfera che ne modifica le caratteristiche chimico-fisiche

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E SITI WEB

American Petroleum Institute (API), 2013. *Subsurface oil detection and delineation in shoreline sediments - Phase 2 Field guide.* API Technical Report n. 1149-2. <http://www.shorelinescat.com/Documents/Manuals/1149-2-subsurface-oil-detection-guide.pdf>

CEDRE, 2006. Centre de Documentation, de Recherche et d'Experimentations sur les pollutions accidentelles des eaux, *Surveying Sites Polluted by Oil: an Operational Guide for Conducting an Assessment of Coastal Pollution.* www.cedre.fr

Environmental Protection Engineering S.A., 2017. *Shoreline cleanup for the Piraeus-South Attica coast from the pollution caused by the sinking of AGIA ZONI II (10/9/17).* 51 pp.

Hiscock, K., Jackson, A. and Lear, D., 1999. *Assessing seabed species and ecosystem sensitivities: existing approaches and development.* Report to the Department of Environment, Transport and the Regions from the Marine Life Information Network (MarLIN). Marine Biological Association of the United Kingdom, Plymouth.

IOSC, 2005. *International Oil Spill Conference Proceedings.* May 2005, Vol. 2005, No. 1. <https://doi.org/10.7901/2169-3358-2005-1-i>

IMO/UNEP, 2009. *REMPEC Mediterranean Guidelines on Oiled Shoreline Assessment.* Regional Information System, Part D, Section 13, Operational Guides and Technical Documents..

[http://www.rempec.org/admin/store/ris/Content/English/Oiled%20shoreline/Consolidated/Consolidated%20Med%20Guidelines%20on%20oiled%20shoreline%20assessment%20FINAL%20\(E\)%2002.06.2015.pdf](http://www.rempec.org/admin/store/ris/Content/English/Oiled%20shoreline/Consolidated/Consolidated%20Med%20Guidelines%20on%20oiled%20shoreline%20assessment%20FINAL%20(E)%2002.06.2015.pdf)

ITOPF, 2011. International Tanker Owners Pollution Federation Ltd.. *Recognition of Oil on Shorelines - Technical Information Paper Number 6.* www.itopf.com

IPIECA, 2016 International Association of Oil & Gas Producers. *A guide to oiled shoreline assessment (SCAT) surveys.*

<http://www.shorelinescat.com/Documents/Manuals/IPIECA%20SCAT.pdf>

ISPRA, 2014. I Quaderni delle Emergenze Ambientali in Mare

<http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/quaderni/ricerca-marina/quaderni-delle-emergenze-ambientali-in-mare>

Lamarche A., Sergy G.A., Owens E.H., 2007. *Shoreline Clean-up Assessment Technique (SCAT) data management manual.* Emergencies Science and Technology Division, Environment Canada, Ottawa, ON.

<http://www.shorelinescat.com/Documents/Manuals/Environment%20Canada%20007%20SCAT%20Data%20Management%20Manual.pdf>

Marshall A.G., Podgers R., 2004. *Petroleomics, the next grand challenge for chemical analysis,* Acc. Chem. Res. Vol.37, pp 53-59

Maritime and Coastguard Agency UK, 2007. *Shoreline Clean-up Assessment Technique. A field guide to the documentation and description of oiled shorelines in the UK.*

<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20121103204712/http://www.dft.gov.uk/mca/corp119ext.pdf>

NOAA, 2013. National Oceanic and Atmospheric Administration. *Shoreline Assessment Manual. 4th Edition.* U.S. Dept. of Commerce. Seattle, WA: Emergency Response Division, Office of Response and Restoration. 73 pp + appendices.

<http://www.shorelinescat.com/Documents/Manuals/NOAA%20ShorelineAssessment%20Manual.pdf>

OCC, 2013. Owens Coastal Consultants. *Shoreline response and shoreline oiling assessment (SCAT) surveys for oil spills in the Gulf of Mexico. Training Course Handbook.*

http://www.shorelinescat.com/Documents/Manuals/Generic_GOM_2013_COURSE_NOTES__full_set.pdf

OSRL, 2014. Oil Spill Response Limited. *Shoreline Clean-up Assessment Technique (SCAT).*

<http://www.shorelinescat.com/Documents/Manuals/OSRL%20SCAT%20Field%20Guide.pdf>

POSOW project, 2013. *Oiled Shoreline Assessment Manual.* Progetto europeo POSOW (*Preparedness for Oil-polluted Shoreline and Oiled Wildlife response*). REMPEC, ISPRA, CEDRE, SeAlarm, CRPM www.posow.org/documentation/manual

Shepard, F.P., 1954. *Nomenclature based on sand-silt-clay ratios:* J. Sediment Petrol., 24, 151pp.