

# Designing the training programmes for response teams

Final Version of 09/May/2022

Deliverable Number D.5.1.3. - IT

<b>Project Acronym</b>	PEPSEA
<b>Project ID Number</b>	10047424
<b>Project Title</b>	Protecting the Enclosed Parts of the Sea in Adriatic from pollution
<b>Priority Axis</b>	2
<b>Specific objective</b>	2.2
<b>Work Package Number</b>	5
<b>Work Package Title</b>	Capacity building in response system in case of the sea pollution and raising community awareness
<b>Activity Number</b>	5.1.
<b>Activity Title</b>	Designing the training programmes for response teams
<b>Partner in Charge</b>	ATRAC
<b>Partners involved</b>	PP1, PP7
<b>Status</b>	Final
<b>Distribution</b>	Partnership

## Summary

TIPI, FONTI E CAUSE DELL'INQUINAMENTO MARINO DA PETROLIO.....	5
IMPATTI ED EFFETTI DELL'INQUINAMENTO MARINO DA PETROLIO.....	14
L'OLIO E IL SUO COMPORTAMENTO, DESTINO, MOVIMENTO E ASPETTO QUANDO VIENE VERSATO SULLA SUPERFICIE DEL MARE .....	23
UTILIZZO DI MODELLI DI PREVISIONE DELLE FUORIUSCITE .....	33
OPZIONI DI RISPOSTA IN CASO DI FUORIUSCITA DI OLIO .....	37
PREPARAZIONE PER LA RISPOSTA E PIANIFICAZIONE DI EMERGENZA CON RIFERIMENTO AI DISPOSITIVI DI EMERGENZA NELLE ZONE PILOTA DEL PROGETTO PEPSEA .....	47
TELERILEVAMENTO DI IDROCARBURI SVERSATI IN MARE E SISTEMI DI RILEVAZIONE DISPONIBILI .....	54
RILEVAZIONE DI INQUINAMENTO DA IDROCARBURI MEDIANTE RADAR E SISTEMI DI IMAGING TERMICO /INTEGRAZIONE DEI DATI DA TELERILEVAMENTO CON DATI AIS E DATI METEOROLOGICI.....	58
ACCORDI NAZIONALI, REGIONALI E LOCALI PER RISPONDERE AGLI INCIDENTI DI INQUINAMENTO MARINO DA PETROLIO (CON RIFERIMENTO AGLI ACCORDI DI EMERGENZA NELLE ZONE PILOTA DEL PROGETTO PEPSEA) .....	62
PROBLEMI DI SALUTE E SICUREZZA RELATIVI ALLE ATTIVITÀ DI RISPOSTA ALL'INQUINAMENTO DA PETROLIO .....	67
PANNE GALLEGGIANTI E LORO UTILIZZO IN RISPOSTA A INCIDENTI DI INQUINAMENTO MARINO .....	77
SKIMMER E LORO UTILIZZO PER IL RECUPERO DI IDROCARBURI IN MARE .....	100
UTILIZZO DI MATERIALI ASSORBENTI IN CASO DI SVERSAMENTO DI IDROCARBURI .....	117
PULIZIA DELLA COSTA .....	125
MOVIMENTAZIONE, IMMAGAZZINAMENTO TEMPORANEO E TRASPORTO DI IDROCARBURI RECUPERATI E MATERIALE OLIATO.....	153
GESTIONE DEI RIFIUTI LIQUIDI E SOLIDI GENERATI DURANTE LE ATTIVITÀ DI RISPOSTA ALLA FUORIUSCITA .....	160
SMOBILITAZIONE DELLE RISORSE, PULIZIA, CONSERVAZIONE E MANUTENZIONE DI APPARECCHIATURE E PRODOTTI PER LA RISPOSTA IN CASO DI FUORIUSCITA .....	171

MONITORAGGIO DELL'INQUINAMENTO DA PETROLIO E CAMPIONAMENTO DI OLIO E MATERIALE OLIATO .....	181
MONITORAGGIO AMBIENTALE .....	190
MISURAZIONE DEI CAMPIONI DI OLIO.....	196
BONIFICA DELL'AMBIENTE MARINO COLPITO DA UNA FUORIUSCITA DI PETROLIO.....	200
REINTEGRAZIONE AMBIENTALE RAGIONEVOLE .....	203

## **CORSO / MODULO 1**

### **SITUAZIONE PRIMA DELL'INCIDENTE**

## TIPI, FONTI E CAUSE DELL'INQUINAMENTO MARINO DA PETROLIO

### 1. INTRODUZIONE

Il fenomeno dell'inquinamento marino da petrolio, sebbene non nuovo, ha iniziato ad attirare l'attenzione pubblica in modo notevole a partire dagli anni '60. Ciò era dovuto a una generale maggiore consapevolezza dei problemi ambientali. Il fenomeno divenne una delle principali preoccupazioni dell'opinione pubblica in seguito al famigerato incidente della TORREY CANYON nel 1967 e alla successiva ampia copertura da parte dei mass media. Tale fenomeno è poi rimasto al centro dell'attenzione dei media e dell'opinione pubblica a causa di una serie di gravi incidenti di petroliere verificatisi negli anni '70, che provocarono massicce fuoriuscite di petrolio e l'inquinamento di vaste aree marine e costiere in Nord America ed Europa.

D'altra parte, il meno evidente inquinamento continuo, cronico, operativo, pur essendo una fonte predominante di petrolio e altre sostanze nocive nel mare, non ha mai suscitato un tale interesse come gli incidenti di petroliere.

Questa lezione mira a fornire una panoramica delle possibili fonti di inquinamento marino da petrolio e a fornire una base per una migliore comprensione dei problemi relativi alla preparazione e alla risposta agli incidenti di inquinamento marino, nonché alla limitazione delle loro conseguenze.

In questo testo, la parola "inquinamento" sta per "inquinamento dell'ambiente marino", significato adottato dalle Nazioni Unite e universalmente accettato.

„Per "inquinamento dell'ambiente marino" si intende l'introduzione diretta o indiretta da parte dell'uomo di sostanze o di energie nell'ambiente marino, compresi gli estuari, che

provoca o può provocare effetti deleteri, quali danni alle risorse viventi e alla vita marina, pericoli per la salute umana, ostacoli alle attività marittime, compresa la pesca e altri usi legittimi del mare, deterioramento della qualità per l'uso dell'acqua di mare e riduzione dei servizi”.

Sebbene secondo questa definizione il petrolio che entra in mare da fonti naturali non debba essere considerato come "inquinamento", viene pure brevemente accennato, poiché oggi si ritiene che la maggior parte del petrolio negli oceani provenga da fonti naturali.

## 2. FONTI NATURALI DI PETROLIO

Le infiltrazioni naturali di petrolio sono luoghi in cui degli idrocarburi naturali liquidi o gassosi fuoriescono dagli accumuli petroliferi sotterranei verso la superficie terrestre o nell'atmosfera. Tali luoghi si trovano in tutto il mondo, ma le infiltrazioni di petrolio più conosciute sono quelle nella regione dei Caraibi, nel Golfo del Messico e nel Canale di Santa Barbara (California, USA). Infatti, alcuni dei più antichi resoconti scritti di “sversamenti di petrolio”, risalenti al XVI secolo, sono relativi a infiltrazioni naturali di petrolio nel Golfo del Venezuela. Si ritiene che l'olio semisolido proveniente da infiltrazioni naturali (asfalto/bitume, pece/catrame) sia stato utilizzato dall'uomo fin dall'età della pietra. Quando gli idrocarburi gassosi che filtrano nell'atmosfera vengono accesi (ad esempio da un fulmine), varie civiltà si riferiscono a tali luoghi come "fiamme eterne" (naturali).

### 3. INQUINAMENTO MARINO DA PETROLIO

Ogni fase della "vita" del petrolio, ovvero produzione, trasporto, lavorazione e consumo, può provocare un inquinamento dell'ambiente marino.

L'ampio utilizzo del petrolio greggio e di vari prodotti raffinati risale alla seconda metà dell'Ottocento. Un notevole aumento del consumo di petrolio greggio e di prodotti petroliferi raffinati ebbe inizio negli anni '30 ed è tuttora in costante crescita.

Da quando il greggio è diventato la principale fonte di energia si ha una discrepanza tra i luoghi in cui viene estratto in quantità maggiori (Medio Oriente, Centro America, Nord Africa) e i principali centri del suo consumo (Europa, Nord America, Estremo Oriente). Di conseguenza, l'utilizzo del greggio è sempre stato direttamente correlato al suo trasporto dalle principali aree di produzione alle principali aree di consumo, principalmente a bordo di navi dette "petroliere" (o "navi cistern"). Inoltre, l'olio combustibile è stato il carburante più importante per tutti i tipi di navi per quasi un secolo.

### 4. CLASSIFICAZIONE DELLE FONTI DI INQUINAMENTO MARINO DA PETROLIO

L'inquinamento marino è spesso classificato in base all'**ubicazione** della sua fonte: si distingue tra inquinamento proveniente da fonti terrestri e inquinamento causato da attività marittime (di navigazione).

L'inquinamento marino (da petrolio) può anche essere suddiviso in base alle **circostanze** in cui l'inquinamento si verifica. Può essere accidentale (cioè improvviso, imprevisto, di durata relativamente breve e causato da un evento anomalo) oppure operativo (che si verifica più o meno regolarmente, per cause note e previste). L'inquinamento operativo è spesso cronico.



Infine, l'inquinamento marino può essere classificato anche secondo l'**intenzione** o meno, di rilasciare inquinanti in mare: può essere intenzionale o non intenzionale.

Praticamente tutti i casi di inquinamento accidentale rientrano nella categoria degli scarichi non intenzionali, mentre la maggior parte degli scarichi operativi di petrolio da navi o installazioni costiere può considerarsi intenzionale (o almeno tollerata dall'inquinatore). Poiché le eccezioni a questa regola sono poche, e per semplificare la questione, diremo che l'inquinamento accidentale può essere considerato non intenzionale, mentre quello operativo può ritenersi intenzionale.

Combinando le categorie sopra descritte, tutti i possibili casi di inquinamento marino da petrolio causato da attività umane possono essere coperti dalle quattro categorie "miste" risultanti:

1. MARITTIMO / ACCIDENTALE: collisioni, incagli, danni strutturali, affondamenti, ecc. di navi;
2. MARITTIMO / OPERATIVO: scarichi operativi dalle navi durante ad es. operazioni di zavorramento, lavaggio cisterne, ecc.;
3. TERRESTRE / ACCIDENTALE: incidenti in raffinerie costiere, depositi di serbatoi, rotture di condotte;
4. TERRESTRE / OPERATIVO: effluenti di raffineria, effluenti da fognature comunali costiere.

## 5. SCARICHI OPERATIVI DI PETROLIO

Una parte massiccia dell'inquinamento marino da idrocarburi deriva da scarichi operativi (e spesso intenzionali) di petrolio, legati a varie attività umane sulle coste o al traffico marittimo. Le fonti più significative di scarichi operativi sono descritte di seguito:

## 5.1 Raffinerie costiere e industria non raffiniere

L'industria costiera e in particolare le raffinerie sono considerate una fonte "tradizionale" di inquinamento marino da petrolio, essendo regolarmente indicata come uno dei peggiori inquinatori dei mari. Tuttavia, negli ultimi cinquant'anni la maggior parte delle amministrazioni nazionali ha imposto norme severe sulle quantità di petrolio che possono essere scaricate in mare da impianti a terra, mentre migliori tecnologie di separazione hanno portato a una notevole riduzione del contenuto di petrolio negli effluenti.

## 5.2 Altre fonti terrestri

Tali fonti sono rappresentate dalle reti fognarie comunali, attraverso le quali vari tipi di oli esausti (lubrificanti, idraulici, per turbine, per fusi, da taglio e altri) raggiungono il mare. Un esempio tipico è l'olio lubrificante per automobili versato nel sistema di drenaggio, che può raggiungere un corso d'acqua dolce e infine il mare se l'effluente non viene adeguatamente trattato. Una parte notevole dell'immissione totale di petrolio in mare proviene dal deflusso urbano e da quello di fiumi costieri. L'introduzione e l'applicazione di leggi che regolino lo smaltimento degli oli usati è vista come il fattore più importante per ridurre al minimo l'immissione di petrolio in mare dalle fonti terrestri.

## 5.3 Esplorazione e produzione offshore

Le tecnologie utilizzate e le normative applicate nel campo della perforazione e produzione offshore sono generalmente molto avanzate, il che riduce in gran parte i rischi potenziali. Di conseguenza, le normali operazioni nei giacimenti petroliferi offshore generalmente non comportano notevoli rilasci operativi di petrolio. Le tre principali fonti di inquinamento operativo da impianti offshore comprendono gli scarichi di: (a) fanghi di perforazione (fluidi) contaminati da petrolio; (b) acqua di produzione che accompagna il petrolio estratto da un pozzo di produzione; e (c) acqua di spostamento simile all'acqua di zavorra delle cisterne.

D'altra parte, gli incidenti su installazioni offshore sono rari, ma quando si verificano, le loro conseguenze possono essere immani ed estremamente difficili da controllare: diversi incidenti registrati su installazioni offshore hanno provocato le più grandi fuoriuscite di petrolio conosciute (ad esempio Ixtoc nel 1979, Nowruz nel 1983, Deepwater Horizon nel 2010).

## 5.4 Trasporto marittimo

Gli scarichi operativi delle navi derivano da una serie di operazioni a bordo delle navi.

### 5.4.1 Operazioni di zavorramento

Al fine di mantenere la necessaria idoneità al mare quando non sono cariche di petrolio, le navi cisterna devono trasportare zavorra durante i viaggi di ritorno ai porti di carico. Prima di caricare un nuovo carico, quest'acqua deve essere scaricata. Le navi non cisterna a volte devono zavorrare le cisterne per bunker vuote. Le acque di zavorra trasportate sia nelle cisterne di carico che nelle cisterne per bunker sono inevitabilmente contaminate dal petrolio trasportato in precedenza nelle stesse cisterne. La stragrande maggioranza della flotta mondiale trattiene a bordo acque di zavorra oleosa, come previsto dalla Convenzione MARPOL, e le scarica negli impianti portuali di raccolta o in mare alle condizioni previste dalla stessa Convenzione. Lo sviluppo di separatori di acque oleose ha ridotto il contenuto di petrolio delle acque di zavorra, mentre l'introduzione di cisterne di zavorra pulita (CBT) e cisterne di zavorra segregata (SBT) su tutte le nuove navi mira a eliminare l'immissione di petrolio negli oceani dovuta a operazioni di zavorra.

### 5.4.2 Operazioni di lavaggio della cisterna

Dopo aver scaricato il carico, una certa quantità di petrolio rimane attaccata alle pareti della cisterna. Quando una cisterna di carico deve essere pulita (ad es. quando si cambia il carico), vengono rilasciate quantità relativamente grandi di petrolio (circa lo 0,3% del volume delle cisterne di carico. Ad es. in una nave da 100.000 tonnellate possono rimanere circa 350 tonnellate

di petrolio nelle cisterne). L'introduzione, a partire dagli anni '70, della procedura di "lavaggio del petrolio greggio" (COW) ha fornito un effetto di pulizia molto migliore, eliminando allo stesso tempo la creazione di lavaggi fortemente contaminati da petrolio.

Il lavaggio delle cisterne per bunker è anche necessario prima che la nave entri in un cantiere navale per le riparazioni, tuttavia tutti i cantieri navali di riparazione sono tenuti a fornire strutture di ricezione per tali lavaggi delle cisterne, eliminando così la necessità di scaricare in mare i lavaggi contaminati da petrolio.

#### 5.4.3 Operazioni di bunkeraggio

Le cisterne per bunker (di carburante) sono utilizzate su alcune navi per lo zavorramento e quindi, prima di caricare nuovi bunker, l'acqua deve essere scaricata da tali cisterne. Poiché le acque oleose risultanti sono praticamente le stesse derivanti dallo zavorramento delle cisterne di carico, tutte le navi di stazza superiore alle 80 tsl, che utilizzano cisterne di carburante per zavorra, devono disporre di separatori acqua-olio per soddisfare i requisiti di qualità delle acque di scarico.

#### 5.4.4 Fanghi oleosi

Gli oli combustibili utilizzati nella propulsione e nei motori ausiliari devono essere "separati" prima dell'uso. Vari contaminanti oleosi (noti come "fanghi") separati dal carburante, devono essere scaricati, e quindi sono necessari porti per fornire strutture per lo smaltimento dei fanghi. Se i fanghi vengono scaricati direttamente in mare rimangono a lungo galleggianti sulla superficie del mare. Mossi dai venti e dalle correnti, i fanghi si depositano infine sulla battigia come residuo oleoso esposto alle intemperie.

#### 5.4.5 Scarichi di acque di sentina

I combustibili o gli oli lubrificanti che fuoriescono in una sala macchine/spazio macchinari, si accumulano nelle sentine della nave e, se scaricati direttamente in mare, contribuiscono notevolmente al livello di inquinamento marino da petrolio operativo. La quantità di olio accumulata nelle sentine dipende dal tipo e dall'età della nave, dalla manutenzione dei motori, ecc. Le acque di sentina devono essere smaltite periodicamente e i porti devono fornire strutture di ricezione per la loro raccolta.

#### 5.4.6 Porti e terminali petroliferi

Durante il loro normale funzionamento, i porti e i terminali petroliferi rappresentano fonti minori di inquinamento operativo, nonostante siano spesso visti come una delle principali minacce per l'ambiente marino. Le perdite operative ai terminali petroliferi sono trascurabili rispetto alle quantità di petrolio movimentato, ma il rischio di incidenti negli accessi ai terminali petroliferi o al loro interno rimane molto elevato.

## 6. INQUINAMENTO ACCIDENTALE DA PETROLIO

Il tipo di inquinamento marino che attira maggiormente l'attenzione dei media e dell'opinione pubblica è rappresentato dalle grandi fuoriuscite accidentali di petrolio, anche se queste oggigiorno si verificano di fatto molto raramente. Le cause dirette o indirette delle fuoriuscite accidentali di petrolio sono numerose. La maggior parte degli sversamenti da petroliere proviene da operazioni di routine come il carico, lo scarico e il rifornimento (a causa di tubi rotti, valvole difettose, ecc.) che si verificano nei porti o terminali petroliferi e provocano il rilascio di solo diverse tonnellate di petrolio. D'altra parte, incidenti marittimi come collisioni, incagli, esplosioni a bordo di navi (molto spesso seguite da incendi), cedimenti strutturali, affondamenti dovuti a

condizioni meteorologiche avverse, ecc. hanno maggiori probabilità di provocare fuoriuscite di grandi quantità di petrolio. Tali incidenti possono essere molto spesso attribuiti a "errore umano".

Gli incidenti che coinvolgono imbarcazioni più piccole, come imbarcazioni da diporto, pescherecci e imbarcazioni turistiche, hanno generalmente le medesime cause. Tuttavia, essi provocano sversamenti più piccoli, di dimensioni comprese tra diversi litri e diversi metri cubi, di solito di olio non persistente (ad es. diesel o benzina) che si dissipa naturalmente e che non richiede una complessa operazione di risposta alle fuoriuscite.

La maggior parte dei fattori che portano a uno sversamento accidentale sono difficili o addirittura impossibili da prevedere, sebbene ve ne siano altri che possono essere controllati e che riducono notevolmente il rischio di incidenti. Questi comprendono:

- la costruzione di navi conformi agli standard richiesti;
- una corretta ispezione, manutenzione e gestione delle navi;
- il rispetto delle pratiche di sicurezza stabilite e richieste nella movimentazione delle navi e delle merci;
- l'attuazione delle misure di sicurezza raccomandate a bordo di navi (cisterna e non cisterna) e altri bastimenti;
- l'utilizzo di sofisticati ausili alla navigazione; e
- un elevato standard di formazione degli equipaggi.

Purtroppo, nemmeno l'applicazione più rigorosa di tutte queste precauzioni può eliminare il rischio di fuoriuscite accidentali di petrolio: lo ridurrà solo al minimo.

Un certo numero di massicce fuoriuscite da petroliere rimane nella memoria dell'opinione pubblica mondiale, di cui le principali sono le fuoriuscite dall'MT Torrey Canyon (1967), dall'MT Amoco Cadiz (1978), dall'MT Atlantic Empress (1979), dall'MT Exxon Valdez (1989), dall'MT Khark 5 (1989), dall'MT Haven (1991), dall'MT Mar Egeo (1992), dall'MT Braer (1993), dall'MT Sea Empress (1996), dall'MT Erika (1999), dall'MT Prestige (2002), dall'MT Hebei Spirit (2007) e dall'MT Sanchi (2018), che ebbero tutti inizio come incidenti marittimi.

## IMPATTI ED EFFETTI DELL'INQUINAMENTO MARINO DA PETROLIO

### 1. INTRODUZIONE

Varie attività umane in mare e a terra come la pesca, il traffico marittimo, l'esplorazione e la produzione di petrolio, le attività industriali a terra, la produzione di energia, il turismo, ecc. possono comportare un rilascio di petrolio durante il loro normale andamento e, in particolare, nel caso di un incidente.

Le fuoriuscite di petrolio possono minacciare e influenzare, direttamente e indirettamente, **gli esseri viventi, compresi gli esseri umani**, il loro **ambiente** e le loro **attività**, comprese le attività socio-economiche umane sopra menzionate, nonché le **risorse** e le **strutture** culturali e archeologiche .

### 2. IMPATTI DELL'OLIO SVERSATO

In generale, gli **impatti dell'olio fuoriuscito** sono causato principalmente da **tossicità** e **soffocamento**, ma anche da **interferenze con le attività** degli esseri viventi, comprese le attività umane.

Gli impatti da petrolio (inquinamento) sono stati studiati per diversi decenni e si ritiene che le fuoriuscite di petrolio abbiano impatti a breve termine, mentre quelli a lungo termine risultano essere moderati o bassi. È importante distinguere tra gli impatti sui singoli organismi e quelli sulla popolazione: molto spesso alcuni individui possono subire gravi effetti negativi senza impatti sulla popolazione complessiva. In generale, la salute delle popolazioni è più importante di quella dei singoli organismi.



I fattori che influenzano l'impatto del petrolio comprendono:

- Il tipo di olio e il grado di alterazione (weathering);
- Le caratteristiche biologiche dell'area;
- La posizione geografica;
- Il grado di oliatura;
- Le condizioni oceanografiche e meteorologiche;
- La stagione; e
- a scelta della strategia di risposta e l'efficacia della risposta

## 2.1 Impatti sugli organismi viventi

L'olio può avere un impatto su vari componenti di un ambiente marino, compresi in particolare plancton, coralli, pesci, tartarughe marine, uccelli e mammiferi marini.

Il plancton è molto sensibile all'olio ed è particolarmente influenzato dall'olio disperso naturalmente o chimicamente. Tuttavia, dato che la mortalità del plancton è compensata dalla sovrapproduzione di organismi giovani e dal reclutamento da aree non colpite, non è stato osservato un calo significativo a seguito di sversamenti di petrolio.

I coralli sono organismi altamente sensibili e il loro recupero dall'esposizione all'olio è molto lungo e incerto. Le barriere coralline esposte possono essere direttamente colpite (soffocate) dall'olio galleggiante, mentre quelle che sono sommerse possono essere esposte all'olio disperso, specialmente in prossimità di coste con infrangimento di onde ad alta energia. Le barriere coralline sono aree di massima priorità per quanto concerne la protezione.

Tra i pesci, quelli giovani sono più suscettibili all'esposizione all'olio rispetto agli adulti, che sono più resistenti (ad esempio, con il nuoto libero si tende a evitare l'olio). La mortalità dei pesci è correlata a condizioni localizzate, ad esempio se l'olio è disperso naturalmente o chimicamente,



al tipo di olio, alla profondità dell'acqua, ecc. Il pesce è soggetto a processi di depurazione e in generale le fuoriuscite di petrolio hanno un basso impatto sulla popolazione ittica.

Tutte le specie di tartarughe marine sono in pericolo e vulnerabili al petrolio, in particolare durante la stagione della nidificazione e in acque poco profonde. Le tartarughe marine usano le spiagge sabbiose per nidificare e per deporre le uova, quindi la pulizia di queste aree durante la stagione della nidificazione è una priorità assoluta. Le tartarughe marine adulte possono soffrire di irritazione e infiammazione delle membrane, ma è possibile pulirle.

Gli uccelli marini (compresi gli uccelli selvatici e i trampolieri) sono tutti vulnerabili al petrolio galleggiante e un gran numero può morire a causa del contatto con il petrolio galleggiante in mare o sulle coste. L'oliatura del piumaggio è l'effetto più evidente dell'olio sugli uccelli, che influisce sulle proprietà isolanti delle piume e provoca ipotermia. Gli uccelli ingeriscono l'olio pure mentre tentano di pulire le loro piume. Un altro effetto comune è l'esaurimento causato dal soffocamento, in particolare dopo l'esposizione a oli viscosi. La contaminazione degli habitat degli uccelli, specialmente durante la stagione della nidificazione, può causare impatti significativi. Gli uccelli oliati possono essere puliti e riabilitati, ma, a seconda della specie, solo una piccola parte può sopravvivere. Sia gli individui che la popolazione possono subire danni a breve e lungo termine.

I mammiferi marini, tra cui le balene, i delfini, le foche, le lontre e i lamantini (mucche di mare), possono essere colpiti dalle fuoriuscite di petrolio. Poiché si tratta di specie che devono emergere per respirare, possono venir esposte a olio galleggiante, il quale può causare l'irritazione delle vie respiratorie e degli occhi. Coloro che fanno uso del litorale (ad es. foche e lontre) possono soffrire di esposizione all'olio se i luoghi in cui vengono a trovarsi sono contaminati. Gli animali ricoperti di pelliccia possono soffrire di ipotermia se la loro pelliccia è stata oliata. In generale, gli impatti delle fuoriuscite di petrolio sui mammiferi sono lievi: irritazioni cutanee e disturbi sono tra i più segnalati. La loro mortalità è solitamente rara a seguito di una fuoriuscita di petrolio, ma può verificarsi comunque.

## 2.2 Impatti sui diversi tipi di ambiente marino

Nella maggior parte dei casi, gli incidenti di inquinamento da idrocarburi portano all'inquinamento delle coste adiacenti. Dato che l'impatto del petrolio sui diversi tipi di costa varia in relazione ai loro tipi, questi possono essere classificati in relazione alla loro sensibilità all'inquinamento da idrocarburi, prendendo in considerazione quanto sarebbe facile la pulizia di un certo tipo di costa e per quanto tempo l'olio persisterebbe su di essa.

La sensibilità all'inquinamento da idrocarburi dei tipi di coste comuni nelle regioni adriatiche e mediterranee aumenta nel seguente ordine:

- Promontori rocciosi esposti (i meno sensibili);
- Piattaforme ondulate;
- Spiagge di sabbia fine;
- Spiagge sabbiose a grana grossa;
- Spiagge miste di sabbia e ghiaia;
- Spiagge di ciottoli;
- Coste rocciose riparate;
- Piane di marea riparate (distese fangose) ed estuari; e
- Aree paludose con vegetazione (le più sensibili).

In genere, **le coste rocciose**, e in particolare le scogliere e le sponde rocciose ripide ed esposte, sono le meno suscettibili di danneggiamento da parte dell'olio, poiché questo non può penetrare nella roccia e verrà rapidamente lavato via dalle onde e dalle maree. Le coste rocciose sono solitamente colonizzate da alghe o piccoli invertebrati, e dopo una fuoriuscita di petrolio la ricolonizzazione può essere rapida. Gli impatti a breve termine sono tipici delle coste rocciose.

Anche **le coste sabbiose** sono meno attive dal punto di vista biologico e quindi meno sensibili all'inquinamento da petrolio; gli impatti a breve termine sono tipici pure per questo tipo di coste. Tuttavia, a causa del movimento della sabbia, l'olio può venir sepolto sulle spiagge sabbiose, ostacolandone la pulizia e il recupero, mentre l'interazione tra olio e sabbia nella zona intertidale porta all'affondamento del petrolio.

**Le piane di marea riparate (distese fangose)** sono utilizzate come habitat da molte specie di vertebrati e invertebrati. Queste sono coste a bassa energia e gli effetti a lungo termine sono causati in genere dalla penetrazione del petrolio nei sedimenti a causa del calpestamento o dalla penetrazione del petrolio attraverso le tane dei lombrichi.

**Le barene** sono molto importanti dal punto di vista biologico in quanto sono gli ambienti acquatici più produttivi. Se non viene rimosso, l'olio può persistere in essi per un certo numero di anni. Nonostante una relativa resistenza delle piante all'oliatura (a seconda del ciclo di crescita), sono previsti effetti a lungo termine dovuti alla penetrazione dell'olio nel substrato, che colpisce l'apparato radicale. La penetrazione è generalmente causata dal calpestamento e dall'uso di attrezzature meccaniche nelle operazioni di bonifica, quindi il metodo di bonifica adeguato per tali aree deve essere considerato caso per caso.

Si possono intraprendere vari studi in seguito alla fuoriuscita, comprese, ad esempio, analisi chimiche, inventari della popolazione, ecc., al fine di valutare i danni ambientali effettivi causati da una fuoriuscita di petrolio. Tali studi dovrebbero avere obiettivi chiari e realizzabili e concentrarsi sui probabili impatti della fuoriuscita. Sulla base di questi studi si possono individuare e, se necessario, attuare delle misure di ripristino.

### 2.3 Impatti sulle attività sociali ed economiche

È probabile che una fuoriuscita di petrolio interferisca con numerose attività in mare e sulle coste e possa causare il loro disturbo o interruzione, il che a sua volta può comportare notevoli disagi e perdite finanziarie in vari settori.

Impatti sulle **comunità costiere**:

- Popolazioni numerose vivono in città e villaggi situati sulla costa o in prossimità di essa;
- L'esposizione ai vapori d'olio può causare difficoltà respiratorie, mal di testa e nausea;

- I vapori sono generalmente presenti all'inizio di uno sversamento e l'impatto è probabilmente di breve durata;
- Le attività quotidiane possono essere influenzate dalla presenza di petrolio e dalle operazioni di risposta.

#### Impatti sul **turismo**:

- Il reddito dal turismo è importante per molte comunità costiere;
- Gli impatti diretti del petrolio sulle spiagge e sulle strutture costiere possono richiedere la loro chiusura;
- Una fuoriuscita può comportare la perdita di clienti per ristoranti, hotel, parchi acquatici, ecc.;
- I siti archeologici e i manufatti associati trovati nelle aree costiere possono essere contaminati dal contatto diretto con il petrolio: essi sono molto sensibili e quindi i metodi di bonifica devono venire adattati al fine di preservare questi siti;
- Gli impatti sono generalmente di breve durata e le attività riprendono dopo la bonifica, tuttavia il potenziale danno di immagine può essere notevole e può persistere.

#### Impatti sulle **prese d'acqua**:

- Molte industrie (comprese le raffinerie, le centrali elettriche, gli impianti di desalinizzazione, gli acquari, le piscine, ecc.) necessitano di acqua di mare per un corretto funzionamento;
- L'olio in una presa d'acqua può portare a contaminazione dell'approvvigionamento idrico, malfunzionamenti, ecc.;
- Può avere gravi implicazioni per la produzione di energia e le attività di desalinizzazione;
- È importante proteggere le aree vicino alle prese d'acqua per evitare la contaminazione.

#### Impatti su **porti e marine**:

- I porti sono i punti chiave di ingresso o di uscita per molti beni e commerci essenziali;
- Porti e marine possono essere interessati da:
  - Canali di navigazione chiusi o limitati;
  - Contaminazione di strutture quali moli, banchine ecc.;
  - Contaminazione di imbarcazioni;
  - Chiusura o accesso limitato a causa di operazioni di risposta (utilizzo di boom);
- Spesso risulta necessaria la pulizia delle imbarcazioni, in particolare degli yacht;
- Le strutture contaminate possono essere difficili da pulire.

### Impatti su **pesca e maricoltura**:

- La pesca e la maricoltura sono importanti attività economiche e di sussistenza;
- La pesca può essere influenzata dal petrolio a causa di:
  - Soffocamento (di organismi da olio);
  - Tossicità (dei componenti dell'olio);
  - Tainting (sapore di olio nella carne di pesce e crostacei);
  - interruzione dell'attività;
- La maricoltura è particolarmente vulnerabile:
  - Gli animali non possono fuggire;
  - Oliatura delle attrezzature;
  - Alcune specie elimineranno l'olio nel tempo (depurazione);
- I pesci che nuotano liberamente sono raramente colpiti a meno che non siano esposti all'olio disperso.
- Vi sono numerose preoccupazioni per quanto concerne la pesca:
  - Problemi di salute pubblica
    - Composti tossici (IPA) nella carne;
    - Molte linee guida internazionali;
  - Fiducia del mercato;
    - Le vendite potrebbero risentirne anche se i pesci non sono contaminati dal petrolio;
  - Divieto di pesca;
    - I divieti di pesca vengono spesso imposti durante uno sversamento, ma dovrebbero basarsi su criteri tecnici/scientifici ben definiti.
- Le strategie di gestione dovrebbero considerare:
  - I test organolettici
    - Rilevazione del gusto e degli odori di olio nella carne;
  - Il campionamento e analisi chimiche

- Rilevazione di composti tossici nella carne;
- Confronto dei risultati con le linee guida sulla salute pubblica;
- Campagne di marketing volte a ripristinare la fiducia.

### 3. EFFETTI DELL'OLIO SVERSATO

Gli effetti dell'olio sversato possono essere **acuti** o **cronici** .

**Gli effetti acuti** degli oli leggeri sono per lo più legati alla loro tossicità, che provoca intossicazione per inalazione e ingestione, il che può causare, in casi estremi, la morte di alcuni organismi, mentre gli effetti acuti del petrolio greggio pesante e medio e dei prodotti raffinati pesanti sono il soffocamento (contaminazione fisica) dell'organismo e l'asfissia .

La contaminazione (acquisizione di odore o sapore di olio) di pesci, crostacei e molluschi è considerata un effetto acuto poiché si verifica in pochi minuti o ore. È reversibile ma il processo di depurazione, laddove i contaminanti vengono metabolizzati ed eliminati dall'organismo, è molto più lento (settimane).

Il consumo di organismi marini che sono stati in contatto con il petrolio può essere rischioso per gli organismi che si trovano più in alto nella catena alimentare, ad esempio il consumo di pesci, crostacei e molluschi contaminati può creare rischi per la salute dell'uomo e dei mammiferi marini a causa di effetti cumulativi.

**Gli effetti cronici** causano negli organismi marini problemi fisiologici (come la diminuzione della produttività, una crescita più lenta e la diminuzione della capacità

olfattiva), disturbi comportamentali (come tempi di reazione più lenti, problemi di alimentazione e problemi riproduttivi) e bioaccumulo.

## L'OLIO E IL SUO COMPORTAMENTO, DESTINO, MOVIMENTO E ASPETTO QUANDO VIENE VERSATO SULLA SUPERFICIE DEL MARE

### 1. OLIO / IDROCARBURI

Nella terminologia usata nel campo della risposta all'inquinamento marino la parola "olio" è utilizzata sia per i greggi che per eventuali prodotti raffinati ottenuti dalla sua distillazione.

L'"olio" comprende quindi varie miscele di composti chimici costituiti principalmente da carbonio e idrogeno, che i chimici chiamano "idrocarburi", sebbene anche degli altri composti organici e inorganici che non sono idrocarburi facciano parte dei greggi e dei derivati del petrolio. Le percentuali (in peso) di carbonio e idrogeno rispettivamente nei diversi greggi prodotti nel mondo, variano tra l'83 e l'87% per il carbonio e tra l'11 e il 14% per l'idrogeno. Le quantità di altri elementi sono minori, ad eccezione dello zolfo che può raggiungere l'8% (in alcuni greggi iracheni). Il numero totale di sostanze chimiche in un petrolio greggio varia tra  $10^5$  e  $10^6$ , e la maggior parte di essi sono in frazioni pesanti. Di conseguenza, non ci si può aspettare una conoscenza dettagliata e precisa di ogni componente di un determinato petrolio greggio o prodotto raffinato. Tuttavia, è noto che sono tre le serie di idrocarburi che costituiscono almeno il 95% di tutti i greggi:

**Alcani (paraffine)** – serie di composti organici stabili e saturi costituiti solo da carbonio e idrogeno. Contengono catene di atomi di carbonio, legati solo con singoli legami carbonio-carbonio, con atomi di idrogeno attaccati. Gli alcani che hanno un numero ridotto di atomi di carbonio sono gas (es. metano, etano, propano e butano), mentre quelli con un numero maggiore di atomi di carbonio sono liquidi o solidi alla temperatura di 15 °C. All'aumentare del numero di atomi di carbonio in una molecola, il punto di ebollizione aumenta e la volatilità diminuisce.

**Cicloalcani (nafteni)** - serie di idrocarburi saturi, simile agli alcani, ma con le estremità unite per formare una struttura ad anello. I legami carbonio-carbonio sono singoli



**Idrocarburi aromatici** – serie di composti organici caratterizzati da anelli benzenici di 6 atomi di carbonio. Gli idrocarburi aromatici a basso punto di ebollizione sono responsabili della tossicità della maggior parte degli oli. Per quanto concerne gli aromatici ad alto punto di ebollizione, in particolare i composti multi-anello, si sospetta che siano veleni a lungo termine, mentre alcuni di essi sono noti cancerogeni.

Altri componenti dell'olio comprendono **composti organici** contenenti **azoto, ossigeno o zolfo**, nonché tracce di **metalli** come **ferro, nichel, rame e vanadio**.

**Asfaltene** – serie di composti con pesi molecolari molto elevati (100.000 e oltre) e di definizione imprecisa, sebbene a volte siano definiti come catrami solidi molto altobollenti. La loro struttura è molto spesso sconosciuta. Contengono zolfo, azoto e ossigeno, oltre a metalli come nichel e vanadio.

**Resine** – gruppo di molecole eterocicliche, contenenti uno o più atomi di ossigeno, azoto o zolfo. La presenza di questo eteroatomo nella loro struttura determina le loro proprietà leggermente tensioattive che sono responsabili della formazione iniziale di emulsioni inverse con acqua di mare.

I contenuti dei suddetti gruppi di composti organici variano notevolmente da un greggio all'altro: idrocarburi saturi (alcani e cicloalcani) 30-70% (peso), idrocarburi aromatici 20-40%, asfaltene 0-10% e resine 5 -25%.

Infine, una classe di idrocarburi che non si trovano negli oli grezzi ma sono comuni in prodotti raffinati sono gli **alcheni (olefine)** – una serie di idrocarburi insaturi e aciclici contenenti almeno un doppio legame tra atomi di carbonio, e le cui catene possono essere sia diritte che ramificate. A causa della loro maggiore reattività, gli alcheni sono considerati più tossici degli alcani.

## 1.1 Caratteristiche dei greggi

**Gli oli greggi** sono liquidi di colore variabile, dall'ambrato chiaro al nero opaco (greggi asfaltenici). Possono avere fluorescenza verde (paraffinica) o blu (naftenica), mentre il loro odore risulta sgradevole per la presenza di composti solforosi.

- La viscosità dei greggi varia in funzione del contenuto delle frazioni leggere.
- Gli oli grezzi sono altamente infiammabili (punti di infiammabilità inferiori a 30° C).
- Il peso specifico dei greggi varia tra 0,750 (greggi paraffinici) e 1,06.
- Prima del trasporto, i greggi vengono disidratati e stabilizzati per rimuovere i gas non condensabili e nauseabondi, l'acqua e le impurità.

## 2. COMPORTAMENTO DEGLI IDROCARBURI IN SEGUITO A UNO SVERSAMENTO

In seguito al loro sversamento in mare, gli idrocarburi sono soggetti a diverse modificazioni fisiche e chimiche, a seconda della loro natura, nonché delle condizioni oceanografiche. Dopo essere stati sversati in mare, gli idrocarburi continuano a diffondersi, muoversi e modificare le loro caratteristiche originali, il che influenza molto la scelta delle tecniche di risposta alla fuoriuscita da utilizzare:

- La **diffusione** degli idrocarburi incide sul loro spessore sulla superficie del mare.
- Il **movimento** determina il cambiamento della loro posizione rispetto al sito originario dello sversamento.
- L'**azione degli agenti atmosferici (weathering)**<sup>1</sup> provoca vari cambiamenti nelle caratteristiche degli idrocarburi, nonché nel loro volume e nella quantità residua, che si verificano dopo il rilascio degli idrocarburi sulla superficie del mare.

---

<sup>1</sup> Nel suo significato originale la parola **weathering** denota vari processi meccanici e chimici (ad esempio il contatto con l'acqua, i gas atmosferici e gli organismi biologici) che causano la decomposizione della roccia (ma anche del suolo e dei minerali, e talvolta del legno e dei materiali artificiali). L'uso del termine 'weathering' nel campo della risposta all'inquinamento marino da idrocarburi si riferisce a cambiamenti simili che gli idrocarburi versati sulla superficie del mare subiscono.

Va sottolineato che la diffusione e il movimento degli idrocarburi fuoriusciti, nonché l'azione degli agenti atmosferici su di essi avvengono contemporaneamente.

## 2.1 Spargimento di idrocarburi

La caratteristica più evidente degli idrocarburi sversati sulla superficie del mare è la loro tendenza a diffondersi orizzontalmente sotto le forze combinate di gravità, viscosità e tensione superficiale. Di norma, inizialmente prevale la gravità, influenzata dalla viscosità degli idrocarburi. Dopo alcune ore, lo spessore degli idrocarburi sarà molto ridotto e la tensione superficiale subentrerà alla gravità come principale forza di diffusione. In genere, gli idrocarburi versati sull'acqua formano una lente sottile, con la parte interna più spessa dei bordi. In assenza di altre influenze, la diffusione continua fino alla formazione di uno strato quasi monomolecolare di idrocarburi, spesso non più di 0,5  $\mu\text{m}$  (micrometri), che appare sulla superficie del mare solo come una debole lucentezza argentea. Una volta che la diffusione è progredita alla formazione di riflessi color arcobaleno o argentati, è seguita da una rapida dispersione naturale, purché vi sia un minimo di agitazione.

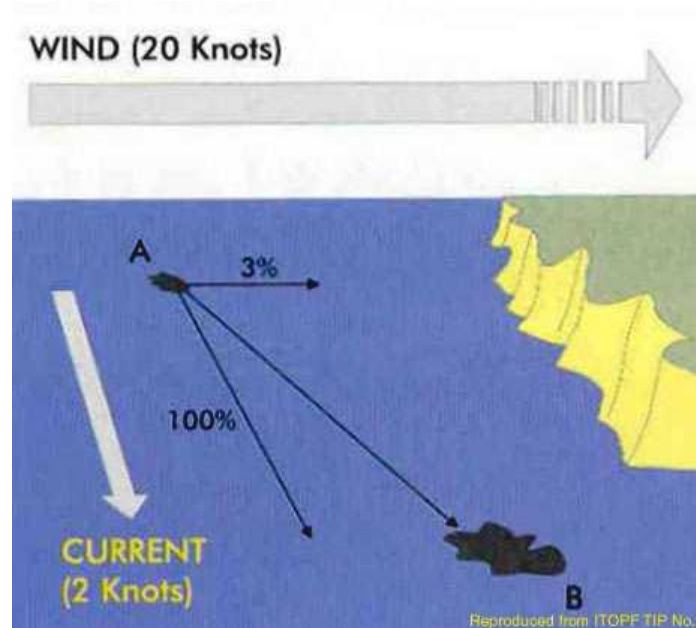
- Gli idrocarburi a bassa viscosità e molto fluidi si diffondono più velocemente di quelli ad alta viscosità;
- Piccole fuoriuscite di idrocarburi a bassa viscosità si diffondono uniformemente;
- La diffusione di idrocarburi più viscosi non è uniforme; lo spessore degli idrocarburi all'interno di una chiazza può variare tra meno di 1  $\mu\text{m}$  e diversi mm (millimetri) o più;
- Il vento, le onde, le correnti e le correnti di marea influenzano il modo e la velocità di diffusione e frammentazione di una chiazza di petrolio;
- Una chiazza di petrolio inizialmente omogenea può spesso essere frammentata in chiazze più piccole;
- In mare aperto il vento crea stretti filari d'olio, paralleli alla direzione del vento, detti "andane"

## 2.2 Movimento degli idrocarburi

È stato riscontrato empiricamente che gli idrocarburi che galleggiano sulla superficie del mare si muovono nella stessa direzione in cui soffia il vento, ad una velocità di circa il 3% della velocità

del vento. D'altra parte, in assenza di vento, gli idrocarburi galleggianti si muoveranno nella stessa direzione della corrente marina superficiale, ad una velocità pari alla velocità (100%) di tale corrente superficiale. Quando sono presenti sia il vento che la corrente, il movimento degli idrocarburi proporzionale alla velocità e alla direzione della corrente andrà a sovrapporsi a qualsiasi movimento causato dal vento. Nelle aree con forti correnti di marea vicino alla costa, bisognerebbe prendere in considerazione la loro forza e direzione quando si prevede il movimento del petrolio, mentre più lontano, in mare aperto, l'influenza delle correnti di marea è meno significativa a causa della natura ciclica del movimento di marea .

Pertanto, se è nota la posizione originale di una chiazza di petrolio, nonché le velocità e le direzioni del vento e della corrente nell'area, la posizione degli idrocarburi galleggianti può essere prevista dopo un certo periodo di tempo ricorrendo a una semplice addizione vettoriale, come indicato nell'immagine di sotto:



Riprodotta da "Technical Information Paper 01 – Aerial Observation of Marine Oil Spills", ITOPF, Londra, Regno Unito, 2012

## 2.3 L'azione degli agenti atmosferici (*weathering*) sugli idrocarburi

### 2.3.1 Evaporazione

- Si verifica entro poche ore da una fuoriuscita;
- Le frazioni volatili si perdono nell'atmosfera;
- La velocità è determinata dal tipo di idrocarburi, dalla velocità del vento e dalla temperatura dell'ambiente;
- Il mare mosso aumenta il tasso di evaporazione;
- Il residuo ha una densità e una viscosità più elevate rispetto all'olio originale;
- La maggior parte dei greggi perde fino al 40% del volume originario;
- Gli oli combustibili pesanti mostrano poche perdite per evaporazione;
- I prodotti leggeri raffinati (benzina, cherosene, gasolio) evaporano quasi completamente in poche ore, creando pericolo di incendio in aree ristrette come i porti.

### 2.3.2 Dissoluzione

- I fattori che determinano la velocità e l'entità della dissoluzione degli idrocarburi comprendono la loro composizione e diffusione, la temperatura del mare/acqua, la forza del vento e il grado di dispersione;
- Le perdite sono relativamente basse poiché la maggior parte degli idrocarburi petroliferi ha una bassa solubilità nell'acqua di mare;
- Gli idrocarburi pesanti sono praticamente insolubili;
- Poiché i componenti più solubili degli idrocarburi sono anche i più volatili, la perdita per evaporazione compensa la dissoluzione: può essere da 10 a 1000 volte più lenta dell'evaporazione;
- Il processo è piuttosto lungo;
- La dissoluzione di alcuni componenti degli idrocarburi è responsabile degli effetti tossici degli idrocarburi sversati.

### 2.3.3 Dispersione

- Le onde e le turbolenze rompono la chiazza di petrolio in goccioline, che vengono poi mescolate negli strati superiori della colonna d'acqua;
- Il tasso di dispersione dipende dal tipo di idrocarburi e dallo stato del mare;
- Le goccioline più piccole (diametro inferiore a  $70\mu\text{m}$ ) rimangono in sospensione;
- L'aumento della superficie degli idrocarburi dispersi favorisce la biodegradazione, la dissoluzione e la sedimentazione;
- Le goccioline più grandi riaffiorano;
- Il tasso di dispersione naturale può essere aumentato applicando disperdenti chimici agli idrocarburi liquidi galleggianti.

### 2.3.4 Emulsificazione

- L'emulsificazione è causata dalla miscelazione degli idrocarburi con l'acqua di mare, per azione delle onde;
- Il termine si riferisce solitamente alla formazione di emulsioni (inverse) acqua-in-olio;
- È più probabile che gli idrocarburi grezzi creino emulsioni acqua-in-olio, comunemente note come "MOUSSE AL CIOCCOLATO";
- Il contenuto di acqua nell'emulsione può raggiungere l'80%;
- L'emulsione aumenta il volume totale del materiale oleoso da trattare;
- L'emulsione aumenta drasticamente la viscosità dell'olio originale.

### 2.3.5 Sedimentazione

- La sedimentazione ha inizio quando le gocce di idrocarburi disperse interagiscono con le particelle di sedimento e i solidi sospesi, aumentando così la densità degli idrocarburi e provocandone l'affondamento;
- L'affondamento è favorito dall'incorporazione di solidi sospesi negli idrocarburi alterati;
- Sulle spiagge sabbiose gli idrocarburi possono accumulare grandi quantità di sabbia;
- La maggior parte dei greggi non affonderà nell'acqua di mare;

- Alcuni prodotti pesanti raffinati possono affondare in acque marine a bassa salinità o in acque dolci con peso specifico inferiore;
- La temperatura può influenzare la galleggiabilità degli idrocarburi.

### 2.3.6 Biodegradazione

- Numerosi batteri, muffe, funghi, lieviti, alghe unicellulari e protozoi, presenti nell'ambiente marino, possono biodegradare gli idrocarburi;
- La biodegradazione avviene regolarmente;
- La velocità dipende dalle caratteristiche degli idrocarburi, dalla presenza di ossigeno e nutrienti (azoto, fosforo) e dalla temperatura;
- I risultati della biodegradazione sono anidride carbonica e acqua;
- I componenti più leggeri vengono biodegradati più velocemente;
- I microrganismi sono attivi solo all'interfaccia olio/acqua;
- La dispersione degli idrocarburi in gocce aumenta il tasso di biodegradazione.

### 2.3.7 Fotoossidazione

- Gli idrocarburi possono reagire con l'ossigeno, producendo sia prodotti solubili che catrame;
- La fotoossidazione avviene sotto l'influenza della radiazione ultravioletta della luce solare;
- Si verifica sulla superficie degli idrocarburi, molto lentamente ma più rapidamente quando si stendono in una pellicola sottile;
- Gli idrocarburi leggeri ossidati sono generalmente più solubili, inclini a disperdersi e biodegradabili;
- Gli idrocarburi molto viscosi si ossidano a residui persistenti (catrame).

## 2.4 Aspetto dell'olio sulla superficie del mare

Quando vengono sversati sulla superficie del mare, gli idrocarburi formano una **chiazza** che va alla deriva sospinta dal vento e dalla corrente, e successivamente si scompone in chiazze più piccole, solitamente intervallate da aree di **lucentezza** relativamente sottili, e si disperde su aree che, con il tempo, diventano considerevolmente grandi. Con il cambio di direzione del vento, può



verificarsi il ristagno degli idrocarburi già depositati sulle coste. Dopo essere stati in mare per un certo tempo, gli idrocarburi possono mescolarsi ad alghe e detriti.

I diversi tipi di idrocarburi che galleggiano sulla superficie del mare hanno un aspetto diverso:

- **I prodotti leggeri raffinati** (benzina, cherosene, gasolio) si distribuiscono uniformemente su grandi superfici e subiscono forti evaporazioni e rapidi processi di dispersione naturale, che spesso portano alla loro totale scomparsa in un paio di giorni. Formano sottili **lucentezze**.
- **I prodotti pesanti raffinati** (carburante n. 6 e la maggior parte dei tipi di oli combustibili utilizzati dalle navi mercantili), che sono molto viscosi, si diffondono meno rapidamente e non scompaiono naturalmente. Questi formano **macchie scure** più spesse, separate da aree di **lucentezza** intermedie e sottili .
- **Gli oli grezzi**, le cui caratteristiche e comportamento variano notevolmente a seconda del tipo e dell'origine, di solito si rompono rapidamente in aree di olio **scuro** e più denso, intervallate da aree di **lucentezza** intermedie e sottili .

Generalmente, le parti spesse di una chiazza di petrolio hanno colori **opachi (scuri)**, le chiazze di spessore intermedio sono **blu** o **iridescenti (arcobaleno)**, mentre le parti più sottili appaiono come aree di **lucentezza grigia** o **argentea** .

La lucentezza (argento, grigia o iridescente) è costituita solo da piccole quantità di idrocarburi, ma è la prova più visibile di inquinamento. Spesso si possono trovare macchie spesse nel mezzo e nel sopravento di un'area coperta da lucentezza.

Le chiazze spesse rappresentano grandi quantità di olio e sono generalmente **nere o marrone scuro** nelle prime fasi dell'inquinamento. La maggior parte dei greggi e dei prodotti pesanti raffinati formano emulsioni acqua-in-olio (mousse al cioccolato) (vedi par. 2.3.4) che si presentano come **macchie marroni, rosse, arancioni o gialle** .



La tabella seguente fornisce un'indicazione delle relazioni tra il tipo di olio, il suo aspetto (colore), lo spessore approssimativo e il volume approssimativo di olio che contiene:

TIPO DI OLIO	ASPETTO	SPESSORE APPROSSIMATIVO [mm]	VOLUME APPROSSIMATIVO [m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> ]
Lucentezza dell'olio	Argenteo	>0,0001	0.1
Lucentezza dell'olio	Iridescente (arcobaleno)	>0,0003	0,3
Greggio e olio combustibile	Dal marrone al nero	>0.1	100
Emulsioni acqua in olio	Marrone/arancione	>1	1000

Riprodotta da "Technical Information Paper 01 – Aerial Observation of Marine Oil Spills", ITOFF, Londra, Regno Unito, 2012

## UTILIZZO DI MODELLI DI PREVISIONE DELLE FUORIUSCITE

### 1. INTRODUZIONE

La lezione mira a fornire delle informazioni di base su cosa sono i modelli di previsione delle fuoriuscite di petrolio e come possono essere utilizzati per assistere i responsabili della preparazione e della risposta all'inquinamento marino accidentale.

La modellazione della fuoriuscita di petrolio è un processo che **simula il destino del petrolio fuoriuscito**. È stato utilizzato dagli anni '60 e al giorno d'oggi esistono numerosi modelli di fuoriuscita di petrolio in grado di simulare i processi di weathering e prevedere il destino del petrolio fuoriuscito. La loro complessità, l'ambito dell'applicabilità geografica e la semplicità d'uso variano in modo significativo. Alcuni possono essere eseguiti su un computer portatile, mentre altri solo su grandi computer mainframe. Esistono modelli scaricabili **gratuitamente** (es. ADIOS 2 e GNOME, sviluppato da NOAA, USA; MEDSLIK II sviluppato da Cipro e Italia), quelli accessibili **via internet** (es. SeaTrackWeb-STW, sviluppato da un gruppo di paesi intorno al Mar Baltico), quelli che possono essere **acquistati da società commerciali** (ad es. OILMAP, disponibile presso RPS, UK), e quelli che sono stati **sviluppati da organizzazioni nazionali e istituzioni** scientifiche e generalmente non disponibili per utenti esterni (ad es. MOTHY, sviluppato e gestito dal servizio meteorologico nazionale francese).

I **modelli di fuoriuscita di petrolio** sono **strumenti di supporto decisionale basati su computer** progettati per (a) mostrare come le proprietà fisiche e chimiche dei diversi tipi di petrolio cambiano nel tempo nell'ambiente marino, (b) prevedere la traiettoria di una fuoriuscita e (c) stimare il tempo di cui il petrolio ha bisogno per raggiungere specifiche aree di interesse. La maggior parte dei modelli è in grado di fare previsioni che vanno da diverse ore a diversi giorni. I parametri ambientali possono e dovrebbero essere aggiornati regolarmente per corrispondere alle condizioni effettive dell'incidente.

In generale, si possono distinguere due categorie di modelli di sversamento:

- I modelli appartenenti alla prima categoria, solitamente indicati come **modelli di alterazione (weathering) degli idrocarburi**, stimano come i diversi tipi di idrocarburi vengono alterati dagli agenti atmosferici (subiscono cambiamenti fisici e chimici) nell'ambiente marino, ma non prevedono il potenziale movimento della chiazza di petrolio.
- I modelli della seconda categoria, detti **modelli di traiettoria dello sversamento**, in aggiunta alla previsione dei mutamenti che un certo tipo di olio subisce dopo essere stato sversato sulla superficie del mare, stimano anche l'evoluzione di una chiazza nel tempo, vale a dire il suo movimento attraverso la superficie dell'acqua e la distribuzione dell'olio nelle tre dimensioni.

Le informazioni sul **tipo di olio**, integrate con **dati di input ambientali** tra cui velocità e direzione del vento, velocità e direzione della corrente marina, maree, temperatura dell'aria e del mare e batimetria sono i **principali input di dati** per il software che genera la previsione, così come i **grafici elettronici** di aree di interesse. Oltre alle informazioni dai **database integrati** sulle proprietà fisiche e chimiche degli oli e a quelle del **modello idrodinamico** (utilizzando dati di input ambientali), alcuni modelli possono anche utilizzare **feed di dati in tempo reale**, ad esempio, osservazione satellitare e vento, onde e dati meteorologici forniti dai servizi meteorologici.

L'accuratezza e la disponibilità dei **dati di input** e la qualità del **modello idrodinamico** sono i fattori chiave dell'accuratezza delle previsioni generate da un modello. Le procedure per specificare gli scenari di sversamento e inserire i dati ambientali richiesti di solito includono una "interfaccia utente grafica", che è semplice e può essere appresa facilmente.

I **risultati** dei modelli di fuoriuscita di petrolio possono includere elenchi grafici e tabulari dei risultati dei calcoli del bilancio di massa e visualizzazioni GIS delle aree interessate dalla fuoriuscita.

## 2. L'UTILIZZO DEI MODELLI DI FUORIUSCITA DI PETROLIO

I modelli di fuoriuscita di petrolio sono preziosi strumenti di supporto per le autorità responsabili della preparazione e della risposta agli incidenti di inquinamento marino, ma anche per i team di risposta all'inquinamento e le aziende professionali coinvolte in questo campo.

I modelli possono essere utilizzati nella:

- **valutazione del rischio** (per l'analisi del rischio finalizzata alla stima di potenziali perdite di vite umane, danni all'ambiente, danni alle risorse economiche costiere, ai beni e alle strutture marine );
- **pianificazione di emergenza** (per definire strategie appropriate di risposta alle fuoriuscite di petrolio per diverse parti del mare e dell'area costiera, per valutare il tempo di intervento, per stabilire i requisiti in termini di risorse umane e attrezzature di risposta, ecc.)
- **formazione ed esercitazioni** (per addestrare il personale designato a prendere decisioni su diversi aspetti della risposta alle fuoriuscite di petrolio e HNS, per preparare scenari realistici per esercizi di risposta alle fuoriuscite - in modalità hind-cast tracciando la fonte di una fuoriuscita, o in modalità previsione prevedendo la traiettoria del petrolio);
- **risposta agli sversamenti** (per facilitare le decisioni in caso di emergenza di inquinamento marino , per prevedere il movimento della chiazza, per prevedere il destino, il comportamento e gli effetti degli agenti atmosferici sull'olio rilasciato, per prevedere la dispersione dell'olio sversato, per valutare l'efficacia delle operazioni previste di risposta alle fuoriuscite e l'impatto di scenari specifici di risposta alle fuoriuscite, assimilare le informazioni ottenute dalla sorveglianza (aerea) delle fuoriuscite, stabilire quali misure di mitigazione sono necessarie e sviluppare adeguate tattiche di pulizia, stimare per quanto tempo l'olio sversato può rimanere in un determinato ambiente, ecc.);
- **valutazione dell'impatto ambientale e umano** (per stimare gli effetti delle tecniche di bonifica che sono state utilizzate o di cui si prevede l'uso, ad es. uso di disperdenti, contenimento e recupero del petrolio, ecc., per preparare studi di valutazione dell'impatto ambientale (VIA) ).

Tuttavia, quando i modelli vengono utilizzati in situazioni di risposta alle fuoriuscite reali, è importante tenere a mente che **i modelli di fuoriuscite di petrolio** hanno i loro limiti e **non possono sostituire le osservazioni reali**, né dall'aria (sorveglianza aerea) né da terra (rilevamento del litorale).

Idealmente, i modelli di fuoriuscita di petrolio dovrebbero:

- facilitare una risposta tempestiva;
- fornire previsioni accurate dei parametri chiave per il processo decisionale;
- consentire l'assimilazione dei dati dalle osservazioni sul campo e l'adeguamento delle previsioni;
- essere basato su un software user-friendly; e
- essere pienamente operativo su apparecchiature portatili e in aree remote.

Se un modello di fuoriuscita di petrolio è disponibile nel paese o in una regione, le informazioni sulle sue caratteristiche, i dati di input richiesti e la procedura per accedere al modello in caso di emergenza dovrebbero essere inclusi in un allegato al relativo piano di emergenza per l'inquinamento marino.

## OPZIONI DI RISPOSTA IN CASO DI FUORIUSCITA DI OLIO

### 1. INTRODUZIONE

Indipendentemente dalla portata del problema, ci si può aspettare che la risposta a un'emergenza di inquinamento marino abbia successo solo se esiste **un'organizzazione di risposta**, se sono disponibili **personale** (addestrato) e le **attrezzature** necessarie e se la **strategia** di risposta è stata concordata. In combinazione con un'attenta **pianificazione** delle attività di risposta per ogni incidente specifico, la presenza di questi elementi chiave aumenta notevolmente le possibilità che gli sforzi di risposta abbiano successo.

A livello locale, l'efficiente organizzazione della risposta ad una fuoriuscita può essere realizzata attraverso la creazione di un adeguato **sistema locale di preparazione e di risposta** all'inquinamento marino accidentale, pienamente compatibile con i sistemi regionali e nazionali.

La responsabilità della preparazione e della risposta all'inquinamento dovrebbe essere attribuita a una parte appropriata (dipartimento, servizio, ufficio) **dell'autogoverno locale**, che dovrebbe essere supportata da un meccanismo appropriato di coordinamento con le autorità regionali. Tuttavia, è necessaria una stretta collaborazione con l'industria locale, se presente nell'area, e altri soggetti interessati (ad es. operatori di porti turistici, organizzazioni del settore turistico, pescatori, organizzazioni non governative, ecc.) per aumentare l'efficienza di un sistema locale di preparazione e risposta.

Tutte le informazioni pertinenti relative agli aspetti amministrativi, legali, operativi, logistici, tecnici, ambientali, finanziari, ecc. della risposta alle emergenze marine dovrebbero essere raccolte e presentate in un **piano di emergenza** locale (compatibile con i piani regionali e nazionali), il che ridurrebbe notevolmente il tempo dedicato alla raccolta di informazioni indispensabili (riguardanti ad es. le comunicazioni, la manodopera, le attrezzature, i dati ambientali, ecc.).

Infine, l'esito positivo di ogni particolare operazione di risposta alle fuoriuscite dipenderà in gran parte dalla selezione **dell'opzione di risposta alle fuoriuscite** più appropriata .

## 2. OPZIONI DI RISPOSTA

Il numero di **opzioni** disponibili di **risposta agli sversamenti**, ovvero di metodi e tecniche applicabili, è molto limitato e comprende:

1. Sorveglianza, monitoraggio e previsione dell'evoluzione dello sversamento;
2. Eliminazione della fonte di petrolio (o altro inquinante);
3. Contenimento degli sversamenti e protezione delle risorse sensibili;
4. Rimozione dell'olio fuoriuscito dalla superficie del mare, mediante:
  - 4.1. Raccolta/recupero meccanico dell'olio sversato;
  - 4.2. L'uso di disperdenti;
  - 4.3. L'uso di altri prodotti di trattamento (compresi gli assorbenti);
  - 4.4. Combustione in situ dell'olio versato;
5. Rimozione dell'olio depositato a terra (bonifica litorale); e
6. Ripristino del sito di sversamento.

Due operazioni che, in senso stretto, non appartengono alle opzioni di risposta agli sversamenti, ma che dovrebbero essere considerate parte integrante e vitale di qualsiasi opzione che preveda la raccolta di olio/materiale oleoso sono:

7. Trasporto, stoccaggio e trattamento dell'olio raccolto/materiale oliato;
8. Smaltimento finale dell'olio raccolto/materiale oliato.



Infine, un'altra operazione che dovrebbe essere considerata come parte di qualsiasi risposta a un incidente di inquinamento marino da idrocarburi è:

#### 9. Risposta alla fauna selvatica oliata.

Queste nove opzioni sono brevemente descritte di seguito, mentre informazioni dettagliate su ciascuna di esse possono essere trovate in documenti specifici inclusi anche nel programma di formazione PEPSEA.

### 2.1 Sorveglianza, monitoraggio e previsione dello sviluppo di uno sversamento

Questa è un'opzione accettabile e legittima per affrontare una fuoriuscita di petrolio quando il prodotto fuoriuscito (come benzina, cherosene, diesel e altri prodotti leggeri e non persistenti) non richiede un'operazione di risposta su vasta scala, o quando l'intervento su tali prodotti può mettere in pericolo il personale addetto all'intervento (per es. se la loro rapida evaporazione può causare la formazione di un'atmosfera esplosiva). D'altra parte, l'avvio di un'operazione di risposta per trattare tali prodotti può non essere necessario, tenuto conto che essi si degradano rapidamente in modo naturale per evaporazione, dissoluzione e/o dispersione naturale.

È anche una soluzione adeguata per trattare l'olio in aree particolarmente sensibili dove qualsiasi intervento potrebbe causare più danni all'ambiente rispetto all'olio stesso.

Infine, questa opzione può essere l'unica ragionevole quando delle condizioni meteorologiche avverse non consentono l'attuazione di altre misure di risposta alle fuoriuscite a causa dei rischi per la salute e la sicurezza del personale, o per il funzionamento sicuro di attrezzature, navi e aeromobili.



## 2.2 Eliminazione della fonte di petrolio (o altro inquinante)

La risposta alla fonte dell'inquinamento comprende attività di salvataggio altamente specializzate come stabilizzare la nave (danneggiata), fermare e ridurre il deflusso di petrolio, trasferire petrolio in un altro serbatoio a bordo della nave (danneggiata) e alleggerire la nave (trasferimento di petrolio in un'altra nave/chiatta). Tutte queste operazioni richiedono conoscenze specifiche, personale altamente qualificato, attrezzature sofisticate e imbarcazioni specializzate e possono essere eseguite solo da società di salvataggio specializzate.

## 2.3 Contenimento dell'olio e protezione di aree sensibili

Limitare la diffusione e il movimento del petrolio e ottenere un certo controllo su di esso è stato uno degli obiettivi principali della tecnologia di controllo delle fuoriuscite di petrolio. Barriere galleggianti appositamente progettate (di solito dette **boom**) possono fornire un grado ragionevolmente alto di controllo del movimento e della diffusione dell'olio sversato. Pertanto, i boom si definiscono come dei dispositivi (barriere galleggianti) appositamente progettate per il controllo del movimento dell'olio sulla superficie del mare (acqua).

I boom possono essere usati per contenere e dirigere l'olio fuoriuscito; gli obiettivi principali del loro utilizzo sono:

- concentrare l'olio sversato per facilitarne il recupero;
- per proteggere alcune parti di una costa dalla contaminazione con olio fuoriuscito.

È importante notare che i boom dovrebbero essere sempre usati insieme ad un qualche tipo di dispositivo di recupero dato che nessuna delle loro funzioni sopra menzionate può essere realizzata se l'olio non viene successivamente rimosso dall'area in cui è stato confinato.

## 2.4 Rimozione dell'olio fuoriuscito dalla superficie del mare

La rimozione dell'olio galleggiante dalla superficie del mare, che è l'obiettivo finale di qualsiasi operazione di risposta alle fuoriuscite, può essere ottenuta utilizzando dispositivi meccanici, disperdendolo usando disperdenti chimici che ne migliorano la dispersione nella colonna d'acqua marina, usando prodotti appositamente progettati tra cui adsorbenti (o assorbenti) e bruciando l'olio versato sulla superficie del mare.

### 2.4.1 Raccolta/recupero meccanico di olio galleggiante fuoriuscito

La raccolta/recupero meccanico dell'olio galleggiante in mare (solitamente assistito dal contenimento dell'olio) è spesso considerata l'opzione di risposta preferita, a condizione che le attrezzature specializzate necessarie per il contenimento, la raccolta e lo stoccaggio dell'olio fuoriuscito (boom, skimmer, navi specializzate per la risposta all'inquinamento, cisterne/chiatte) esistano.

I migliori risultati si ottengono utilizzando **recuperatori d'olio** appositamente costruiti denominati "**skimmer**", che si definiscono come dispositivi meccanici appositamente progettati per la rimozione dell'olio (o miscela olio/acqua) dalla superficie del mare (acqua) senza alterarne notevolmente le caratteristiche fisiche e/o chimiche. Questa definizione comprende numerosi progetti e principi di funzionamento utilizzati nella costruzione degli skimmer.

La maggior parte degli skimmer non sono semoventi e devono essere schierati da una nave (barca o nave) o da terra. Tuttavia, ci sono pure navi specializzate per la risposta all'inquinamento che hanno uno skimmer (dispositivo di recupero) integrato quale parte integrante.

#### 2.4.2 Uso di disperdenti

I **disperdenti** (o disperdenti chimici) sono miscele di solventi, agenti bagnanti e tensioattivi che riducono la tensione interfacciale tra olio e acqua. Quando vengono applicati all'olio che galleggia sulla superficie del mare, i disperdenti stimolano la sua dispersione e aiutano la chiazza di petrolio a spaccarsi in goccioline fini che vengono rapidamente distribuite in tutta la colonna d'acqua. Il rapporto superficie/volume dell'olio viene così incrementato, accelerando il processo di biodegradazione naturale.

A causa dei possibili effetti negativi dell'olio disperso su alcuni organismi marini, l'uso dei disperdenti è limitato a quelle circostanze in cui i potenziali danni alle risorse biologiche e fisiche potrebbero essere chiaramente maggiori se non venissero utilizzati.

L'uso di disperdenti dovrebbe essere considerato in mare aperto dove boom e skimmer sono meno efficaci o addirittura inefficaci e nei casi in cui il movimento di una chiazza di petrolio minaccia aree di grande importanza biologica o economica. Come regola generale, il loro uso in acque costiere poco profonde è sconsigliato.

#### 2.4.3 Utilizzo di altri prodotti di trattamento (inclusi adsorbenti/assorbenti)

Vari agenti chimici e fisici sono stati proposti per il trattamento dell'olio versato, compresi ad esempio adsorbenti (adsorbenti e assorbenti), agenti gelificanti, modificatori della tensione superficiale (barriere chimiche), agenti affondanti e agenti biologici. Tuttavia, la maggior parte di questi non ha un'importanza pratica notevole, in particolare per far fronte a grandi fuoriuscite.

Solo gli assorbenti, definiti come prodotti che fissano l'olio liquido per assorbimento o per adsorbimento, hanno trovato un uso più ampio nella risposta alla fuoriuscita di petrolio. Sono disponibili in varie forme (cuscini, stuoie, lenzuola, pompon, polvere, granuli, ecc.). L'uso di assorbenti è limitato a sversamenti di piccole o medie dimensioni in aree riparate vicino alla

costa. Sono spesso utilizzati nelle operazioni di bonifica delle coste quando i metodi di recupero più comuni danno scarsi risultati o risultano inapplicabili.

#### 2.4.4 Bruciatura in situ

La combustione controllata dell'olio sversato, in corrispondenza o in prossimità della fonte di sversamento, può potenzialmente rimuovere quantità relativamente grandi di olio galleggiante. La sua implementazione richiede l'uso di barriere di contenimento resistenti al fuoco, dispositivi di accensione (accenditori) e sostanze note come "primer" (promotori di accensione), "agenti traspiranti" (promotori di combustione) e "*chemical herders*".

Nonostante l'inflammabilità di molti idrocarburi che si trovano nel petrolio e un'ampia ricerca in questo campo, il metodo presenta ancora una serie di limitazioni che ne impediscono un più ampio utilizzo, come ad esempio la perdita di frazioni di olio più leggere (più volatili) per evaporazione e difficoltà nel mantenere l'olio contenuto/accumulato in modo da mantenerlo sufficientemente denso da sostenere la combustione.

D'altra parte, la combustione, che non è mai completa, provoca un grave inquinamento atmosferico che solleva preoccupazioni per la salute, oltre a lasciare notevoli quantità di residui pesanti, in parte bruciati, che tendono ad affondare e potenzialmente ad influire sulla vita marina sul fondo del mare.

L'uso della combustione in situ dell'olio sversato nelle aree costiere di solito non è consentito, mentre la combustione di olio e materiale contaminato da olio (ad es. vegetazione) a terra è talvolta usata come parte delle misure di pulizia del litorale.

## 2.5 Pulizia del litorale

Se una fuoriuscita di petrolio si verifica relativamente vicino a una costa, una parte più o meno grande dell'olio fuoriuscito raggiungerà la costa, con conseguente rivestimento di petrolio. La decisione se pulire o meno il litorale interessato, e come farlo, dipenderà da una serie di fattori, *inter alia* quelli ambientali, economici, logistici, meteorologici, oceanografici, (geo)morfologici e tecnici, nonché come dalla disponibilità di personale e attrezzature nell'area interessata.

I metodi di pulizia del litorale generalmente rientrano in quattro categorie principali, vale a dire **rimozione** (manuale o meccanica) dell'olio e del materiale oleoso, **lavaggio** dell'olio (di solito con acqua), **combustione** controllata dell'olio e del materiale oleoso a terra e **lasciare** che il petrolio si degradi naturalmente (a volte assistito da **biorisanamento**). Boom, skimmer e assorbenti vengono spesso usati nella pulizia dei litorali per rimuovere l'olio che galleggia vicino alla costa.

## 2.6 Ripristino del sito di sversamento

Il ripristino (detto anche bonifica) dell'ambiente interessato da una chiazza di petrolio è un insieme di misure (ragionevoli) che vengono adottate al fine di accelerare il recupero naturale del danno ambientale.

Tali misure possono comprendere, ad esempio, il reimpianto di piante salmastre, la limitazione dell'accesso e delle attività umane nelle aree danneggiate, l'imposizione di controlli sulla pesca al fine di ridurre la concorrenza per fonti di cibo limitate, la chiusura dell'accesso alle spiagge su cui nidificano le tartarughe, ecc. La complessità dell'ambiente marino rischia di limitare la misura in cui il danno ecologico può essere riparato artificialmente, ma molto spesso il recupero naturale è sufficientemente rapido.

## 2.7 Trasporto, stoccaggio e trattamento dell'olio/materiale oliato raccolto

Il **trasporto** di petrolio e materiale oliato dal sito di recupero/raccolta ai siti di stoccaggio temporaneo o smaltimento finale presenta un grave problema logistico. I mezzi di trasporto possono comprendere navi marittime e veicoli terrestri e, in alcuni casi, anche aeromobili (elicotteri). Tutti i mezzi di trasporto utilizzati devono essere dotati di una sorta di contenitore/i a tenuta stagna per prevenire la contaminazione delle aree non inquinate.

Molto spesso il tasso di recupero del petrolio/materiale petrolifero (offshore e onshore) è superiore al tasso del suo smaltimento finale, anche quando i metodi, i siti e le strutture per esso sono stati studiati e definiti in anticipo, rendendo quindi necessaria la fornitura di **capacità di stoccaggio temporaneo**, preferibilmente il più vicino possibile al sito di recupero dell'olio. Tali capacità possono comprendere fosse improvvisate, fusti di petrolio aperti, sacchetti di plastica per carichi pesanti, serbatoi flessibili/pieghevoli e capacità di stoccaggio fisse.

L'olio raccolto durante le operazioni di risposta alle fuoriuscite deve essere **separato** dall'acqua di mare e/o dai materiali solidi raccolti con essa, al fine di ridurre il volume di materiale che deve essere manipolato, trasportato e immagazzinato e per facilitare lo smaltimento finale o l'eventuale riutilizzo dell'olio. L'olio più puro è quello raccolto dagli skimmer dalla superficie del mare (fino al 90% di olio), mentre il materiale da spiaggia raccolto durante la bonifica delle coste può contenere solo l'1-2% di olio. Il contenuto di olio di varie emulsioni e diversi tipi di materiale oliato varia tra queste due cifre. I metodi di **trattamento** dell'olio e del materiale oliato raccolti comprendono la separazione per gravità dell'olio e dell'acqua, la rimozione dei detriti, la raccolta dell'olio fuoriuscito, il lavaggio del materiale oleoso, l'estrazione dell'olio e la setacciatura.

## 2.8 Smaltimento finale dell'olio/materiale oliato raccolto

Lo smaltimento dei rifiuti causati da una fuoriuscita di petrolio rappresenta spesso la parte più lunga e più costosa della risposta. I metodi di smaltimento disponibili possono essere raggruppati in base al "destino" del petrolio/materiale oleoso come segue:

- **Recupero** di (parte) dell'olio per il riutilizzo.
- **Stabilizzazione** del materiale oliato raccolto mediante scarica o utilizzo in opere civili.
- **Distruzione** di olio/materiale oliato mediante calore/incenerimento (con possibilità di recupero di calore) o biodegradazione.

Il metodo più appropriato dovrebbe essere scelto tenendo in considerazione la natura dell'olio/materiale oliato raccolto e la disponibilità delle attrezzature o delle strutture necessarie per il suo trattamento. Per lo smaltimento dei rifiuti oleosi raccolti, è necessaria una stretta collaborazione tra le autorità responsabili della risposta alla fuoriuscita di petrolio e l'industria, nonché l'osservanza di tutti i requisiti legali nazionali e locali relativi alla gestione dei rifiuti.

## 2.9 Risposta alla fauna selvatica oliata

La risposta alla fauna selvatica oliata non riguarda solo la riabilitazione degli animali oliati, ma anche una serie di attività che mirano a ridurre al minimo gli impatti di una fuoriuscita di petrolio sulla fauna selvatica (compresi uccelli, mammiferi e rettili) sia prevenendo l'olio quando possibile, sia mitigando gli effetti sui singoli animali quando l'oliatura si è già verificata.

La risposta comprende la valutazione dei rischi per la fauna selvatica, il monitoraggio in tempo reale dell'ubicazione della fauna selvatica in relazione alla fuoriuscita di petrolio, la protezione dei siti di nidificazione, l'allontanamento degli animali dal petrolio, la cattura preventiva e la raccolta di animali e uova non oliati, la raccolta e analisi dei cadaveri, l'eutanasia, la riabilitazione di animali oliati vivi, il loro rilascio in natura e il monitoraggio della sopravvivenza post-rilascio.



## PREPARAZIONE PER LA RISPOSTA E PIANIFICAZIONE DI EMERGENZA CON RIFERIMENTO AI DISPOSITIVI DI EMERGENZA NELLE ZONE PILOTA DEL PROGETTO PEPSEA

### 1. INTRODUZIONE

Indipendentemente dalle sue dimensioni, è probabile che ogni incidente di inquinamento marino influisca **sull'ambiente e sulle attività economiche** nell'area in cui si è verificato. Uno sversamento può causare danni all'ambiente, in particolare nella zona intertidale, cioè sulla costa o in prossimità di essa. D'altro canto, un incidente di inquinamento marino influirà anche su varie attività umane in mare e nell'area costiera, alcune delle quali potrebbero avere gravi conseguenze sul benessere della comunità che vive nell'area colpita e di un paese nel suo insieme. Le attività economiche che possono subire le conseguenze di una fuoriuscita di petrolio o HNS includono la pesca, il turismo, le attività marittime, la produzione di energia (centrali elettriche) e le attività industriali.

Per mitigare tali conseguenze negative, ogni sversamento richiede un certo livello di risposta, commisurato alle dimensioni dello sversamento e alle circostanze prevalenti. Per avere successo, la risposta deve essere **tempestiva** (ovvero partire il più presto possibile dopo la ricezione della notifica dell'incidente), **accurata** (adattata alle circostanze dello sversamento) ed **efficiente** (utilizzando conoscenze e competenze nel miglior modo possibile, senza sprecare tempo, fatica e risorse).

Affinché la risposta raggiunga i suoi obiettivi, l'**organizzazione di risposta**, il **personale addestrato**, le **attrezzature** e la **strategia di risposta** devono essere messe in atto prima dell'inizio delle attività effettive.



L'istituzione di un sistema di **preparazione e risposta** all'inquinamento marino (a livello locale, regionale, nazionale e internazionale), che comprenda un piano di emergenza e tutti gli elementi sopra menzionati, è un modo comprovato di fornire una reazione adeguata a un incidente di inquinamento marino.

In una situazione di emergenza è facile dimenticare o trascurare molte questioni importanti, e quindi il modo migliore per garantire che la risposta a una fuoriuscita di petrolio funzioni correttamente è preparare in anticipo un piano di emergenza per l'inquinamento marino, quando non ci sono emergenze. Il piano, indipendentemente dalla sua portata, deve definire **chi farà cosa**, **dove** e **come**, o in altre parole il piano deve definire **responsabilità**, **politica/strategia di risposta**, **copertura/ambito** e, in una certa misura, i **metodi di risposta** alla fuoriuscita di petrolio. Per quanto riguarda quest'ultima questione, va tenuto presente che **un piano di emergenza non è un manuale di risposta all'inquinamento da idrocarburi**.

Garantire che la risposta a una fuoriuscita (di petrolio o di HNS) funzioni correttamente quando se ne presenta la necessità è l'obiettivo di una serie di attività di preparazione, e in particolare di pianificazione di emergenza. Questa lezione mira a spiegare i principi di base della pianificazione di emergenza come **elemento chiave della preparazione per la risposta** a un incidente di inquinamento marino.

## 2. PIANIFICAZIONE DI EMERGENZA

L'esistenza di un **sistema affidabile per la preparazione e la risposta** (sia esso internazionale, nazionale, regionale o locale), che comprenda un'organizzazione di risposta, personale qualificato, attrezzature di base e un **piano di emergenza** per rispondere agli incidenti di inquinamento marino, è il singolo fattore più importante che determina l'efficacia e il successo della risposta a uno sversamento, da parte delle autorità pubbliche competenti.

Il piano di emergenza per l'inquinamento marino può essere descritto come un documento che delinea l' **organizzazione** e la **strategia (politica)** di risposta agli incidenti di inquinamento marino, descrive **le procedure di emergenza** e fornisce le **informazioni** necessarie per condurre le operazioni di risposta alle fuoriuscite. L'obiettivo generale di un piano di emergenza è garantire una risposta efficiente, adeguata e tempestiva all'inquinamento o alla minaccia di inquinamento da petrolio (o da altre sostanze pericolose e nocive), al fine di ridurre i danni all'ambiente e ridurre al minimo gli impatti economici e sociali della fuoriuscita.

Un piano di emergenza dovrebbe essere un documento **conciso**, contenente brevi **definizioni, descrizioni e istruzioni**, che delinea la **politica** (locale, regionale o nazionale) per affrontare gli incidenti di inquinamento marino e che rifletta chiaramente le disposizioni dei documenti legali su cui si basa. Un buon piano di emergenza dovrebbe essere scritto in un linguaggio semplice ma preciso, non appesantito da terminologia scientifica o tecnica complicata.

Maggiori informazioni sui piani di emergenza specifici si possono trovare nella lezione relativa alle modalità di gestione degli incidenti di inquinamento marino da idrocarburi (**Lezione L 2.2**).

### 3. CONTENUTO DI UN PIANO DI PRONTO INTERVENTO (EMERGENZA)

È stato dimostrato che non è **possibile** sviluppare un piano di pronto intervento (emergenza) "**modello**" **universale**, tuttavia, è possibile identificare alcuni elementi comuni alla maggior parte dei piani, elencati di seguito. Lo stesso vale per il **formato** del piano, sebbene l'esperienza insegna che la maggior parte dei piani di emergenza per l'inquinamento marino sono divisi in **due**, o meglio **tre**, parti distinte:

La prima parte dovrebbe affrontare le **questioni politiche e organizzative** e definire:

- lo scopo del piano e i suoi obiettivi;
- l'autorità, la giurisdizione, le definizioni e l'ambito geografico;
- la sintesi della valutazione del rischio;
- il sistema e le politiche di risposta (rapporti con altri piani);
- l'organizzazione della risposta includendo in particolare i ruoli e le responsabilità di varie autorità e di altri soggetti interessati;
- le strategie di risposta;
- il finanziamento della risposta;
- la politica di salute e sicurezza;
- formazione ed esercitazioni (tipologia, frequenza);
- i requisiti e le procedure di revisione/aggiornamento.

Questa parte deve essere sufficientemente generale da fornire un **quadro flessibile** per la seconda parte.

La seconda parte dovrebbe affrontare le **procedure operative relative alla risposta agli sversamenti**, tra cui:

- procedura di prima notifica;
- posto di comando;
- raccolta dati (relazione iniziale, sorveglianza degli sversamenti, modellazione degli sversamenti);
- verifica/completamento delle informazioni;
- analisi della situazione;
- valutazione di impatto ambientale;
- attivazione del piano;
- amministrazione (registrazione, rendicontazione, finanziamento, documentazione dei costi);
- logistica (permessi, personale, attrezzature, supporto);
- comunicazioni (piano di comunicazione, mezzi, risorse);
- attività di risposta previste;
- monitoraggio dell'evoluzione della situazione e dell'andamento delle operazioni di risposta;
- cessazione delle attività di risposta e smobilitazione delle risorse;
- gestione dei rifiuti (compreso il trasporto, lo stoccaggio temporaneo e lo smaltimento dell'olio/rifiuti oleosi raccolti);
- piano di salute e sicurezza del sito;
- informazione pubblica e relazioni con i media;

Questa parte dovrebbe essere regolarmente aggiornata e modificata in conformità con il cambiamento, ad esempio, del quadro giuridico e amministrativo (locale, regionale o nazionale) e dello sviluppo della tecnologia.

Infine, il piano dovrebbe essere integrato con una **serie di dati** necessari per organizzare e condurre la risposta alle fuoriuscite che sono solitamente presentati negli allegati al piano, o in una terza parte separata del piano, nota come "**directory dei dati**". Le informazioni contenute negli allegati o nella directory dei dati dovrebbero comprendere:

- dati ambientali (meteorologici, oceanografici, climatici, biologici, ecc.);
- i dettagli di contatto delle autorità, delle organizzazioni, dei servizi e delle istituzioni competenti;
- formato di segnalazione dell'inquinamento;
- SCAT - Modulo di valutazione del litorale oleato;
- inventari delle diverse categorie di risorse disponibili (attrezzature e prodotti di risposta specializzati, attrezzature non specifiche che possono essere utilizzate nelle attività di pulizia delle coste, veicoli terrestri, navi, aerei, OZO, ecc.);
- elenchi delle fonti (proprietari o gestori) delle risorse elencate negli inventari;
- elenco dei laboratori autorizzati;
- aree sensibili (identificazione, ubicazioni, priorità)
- luoghi per potenziali depositi temporanei di rifiuti
- lista di distribuzione del piano

Le informazioni di cui sopra devono essere regolarmente aggiornate, riviste e modificate, se necessario.

#### 4. DISPOSIZIONI DI EMERGENZA NELLE ZONE PILOTA DEL PROGETTO PEPSEA

Gli accordi di emergenza per l'inquinamento marino che sono stati preparati nell'ambito dei progetti PEPSEA per le zone pilota selezionate **seguono** generalmente **le linee guida** delineate nella sezione precedente. Le bozze dei piani di emergenza per l'inquinamento marino e le raccomandazioni che sono stati preparati indicano chiaramente il **quadro giuridico** per l'azione locale **sulla base delle regole** nazionali e regionali **attuali** per la risposta a episodi di

inquinamento marino, e **definiscono i ruoli e le responsabilità** dei soggetti coinvolti nella gestione della risposta a livello locale.

**Sono stati definiti i** potenziali **partecipanti** in risposta a un incidente di inquinamento marino a livello locale, nonché le **procedure operative chiave** da seguire (ad es. attivazione del piano, valutazione della situazione, accordi di comunicazione, trasferimento di autorità, strategia di risposta alle fuoriuscite, controllo/supervisione delle attività di risposta, cessazione delle operazioni di risposta, tenuta dei registri, formazione ed esercitazioni, informazione pubblica e aggiornamento della directory dei dati).

I vari **set di dati** che sono stati raccolti ed elaborati nell'ambito del progetto PEPSEA dovrebbero essere considerati come parte della **directory dei dati** di ciascun piano, tanto più che questi dati sono archiviati in un **GIS appositamente preparato** per le zone pilota.

## 5. UTILIZZO DEL GIS PER AUMENTARE LA PREPARAZIONE ALLA RISPOSTA AGLI INCIDENTI DI INQUINAMENTO MARINO

**Le applicazioni GIS (Geographic Information System)** sono strumenti basati su computer che consentono all'utente di creare query (ricerche), archiviare e modificare dati spaziali e non spaziali (ad es. tabulari), analizzare l'output di informazioni spaziali e condividere visivamente i risultati di questi operazioni presentandole come mappe. Grazie alla sua versatilità, il GIS ha trovato numerosi impieghi nelle attività di preparazione, ma anche nelle vere e proprie operazioni di risposta agli sversamenti.

Nelle attività relative alla preparazione, il GIS viene utilizzato durante il processo di **pianificazione delle emergenze**, in particolare nella mappatura della sensibilità ambientale, nello studio dei modelli di traffico navale e dei problemi di sicurezza della navigazione, nella valutazione dei rischi, nello sviluppo di strategie per mitigare gli impatti di

potenziali fuoriuscite di petrolio, nell'identificazione delle aree in cui i disperdenti possono essere utilizzati (considerando le profondità d'acqua e le specifiche risorse sensibili), individuando luoghi di rifugio per le navi in difficoltà, considerando la sensibilità a sostanze pericolose e nocive (HNS), ecc. I prodotti GIS possono essere utilizzati anche per la preparazione di esercitazioni e per scopi formativi.

L'uso di un GIS nello **sviluppo di mappe di sensibilità** è di particolare importanza in quanto consente di creare e aggiornare facilmente le mappe. Il GIS facilita inoltre la condivisione e la comunicazione delle informazioni contenute nelle mappe, l'archiviazione e la gestione delle informazioni (es. immagini, statistiche, ecc.), e la produzione di carte a varie scale, con i relativi strati informativi, e in vari formati (es. cartaceo, PDF, mappe internet interattive). Strati e parametri geografici possono essere sovrapposti e interrogati per illustrare una serie di informazioni (ad es. aree sensibili, habitat, piani per lo spiegamento di panne, rotte di trasporto, siti di stoccaggio e smaltimento dei rifiuti, tempi di risposta, ecc.).

Durante la realizzazione del **progetto PEPSEA**, il sistema di informazione geografica (GIS), costituito da una base di dati GIS, un server di dati GIS (Geoserver) e una pagina web con un modulo GIS per la visualizzazione di dati spaziali, è stato utilizzato per lo sviluppo di modelli di rischio e per la preparazione di piani di emergenza per l'inquinamento marino per diverse località. Il GIS è stato utilizzato anche in diverse altre componenti del progetto, ad esempio per sviluppare il modello per l'innalzamento del livello del mare Adriatico, il modello del rischio di inondazioni, l'indice di incendio (rischio di incendio), il modello di suscettibilità all'erosione del suolo, il modello di rilievo digitale, il modello di copertura vegetale, per l'analisi dei dati di copertura vegetale, per la classificazione dei sedimenti, e per la mappatura delle *praterie di Posidonia oceanica*.

## TELERILEVAMENTO DI IDROCARBURI SVERSATI IN MARE E SISTEMI DI RILEVAZIONE DISPONIBILI

### 1. INTRODUZIONE

Il telerilevamento è stato a lungo utilizzato in vari ambiti della sicurezza marittima e della protezione dell'ambiente marino. Il telerilevamento del petrolio in mare viene effettuato sia nell'ambito della sorveglianza finalizzata al controllo dell'inquinamento operativo e all'applicazione delle normative internazionali e nazionali per la **protezione dell'ambiente marino** dall'inquinamento delle navi, sia per supportare le **operazioni di risposta** in caso di incidenti di inquinamento marino da petrolio.

La sorveglianza regolare mediante telerilevamento è considerata un potente deterrente per i potenziali autori di reati e uno strumento per raccogliere prove per il perseguimento dei trasgressori, la documentazione delle fuoriuscite e l'archiviazione dei dati.

D'altra parte, il telerilevamento può servire ad allertare i responsabili della risposta all'inquinamento dell'esistenza di una fuoriuscita di petrolio e per supportare la risposta ad essa.

La presente lezione mira a presentare una panoramica dei mezzi disponibili per il telerilevamento e la sorveglianza dell'inquinamento da idrocarburi in mare, in particolare quelli utilizzati nella risposta all'inquinamento marino da idrocarburi.

Si sottolinea che questo programma di formazione **non riguarda la prevenzione** dell'inquinamento provocato dalle navi e la protezione dell'ambiente marino dagli scarichi illeciti di petrolio o altre sostanze nocive. Pertanto, l'uso del telerilevamento in questi importanti campi non viene discusso in modo molto dettagliato, anche se va notato che **il telerilevamento trova le sue applicazioni più importanti** proprio in questo segmento della protezione dell'ambiente marino.

### 2. ESIGENZE DEGLI UTENTI

Per quanto riguarda la risposta agli incidenti di inquinamento marino da idrocarburi, il telerilevamento dovrebbe servire ad **avvertire immediatamente** le autorità responsabili della risposta all'inquinamento che si è verificata una fuoriuscita di petrolio e a fornire loro **informazioni** iniziali affidabili, **necessarie per prendere decisioni in merito alla risposta alla fuoriuscita** (compresa la dimensione, estensione, ubicazione e fonte dello sversamento, quantità e tipo di petrolio, condizioni e traiettoria, condizioni meteorologiche, stato del mare e idrografia dell'area (ad es. profondità e correnti marine).



**Idealmente**, l'attrezzatura utilizzata per il telerilevamento **non** dovrebbe **essere suscettibile alle condizioni meteorologiche**, dovrebbe avere una **risoluzione spaziale** sufficientemente **alta** da consentire una corretta valutazione della situazione e dovrebbe consentire di **combinare i suoi dati di output** con quelli di, ad esempio, modelli di fuoriuscite di petrolio e altri strumenti di supporto alle decisioni.

### 3. APPARECCHIATURE E SENSORI PER IL TELERILEVAMENTO / SORVEGLIANZA

I sensori più utilizzati per il telerilevamento del petrolio in mare includono:

- **SAR** (Synthetic Aperture Radar) – può rilevare l'olio così come le caratteristiche del vento di superficie, non dipende dal tempo (nuvole e sole), versatile, più utilizzato a bordo dei satelliti;
- **SLAR** (Side-Looking Airborne Radar) – rileva la presenza di un **film** d'olio;
- **IR (sensore termico a infrarossi)** – si basa sull'emissione termica della superficie del mare, non dipende dalla luce del giorno e può essere utilizzato di notte;
- **FLIR** (Forward Looking Infra-Red camera system) – se installato su un aereo, può registrare il nome, il numero ecc. dell'imbarcazione illuminandola con un laser vicino all'infrarosso;
- **UV** (rilevatore/scanner ultravioletto) – può rilevare film d'olio molto sottili inferiori a 0,1  $\mu\text{m}$ , le misurazioni sono limitate alle condizioni di luce del giorno e ad una visibilità sufficiente;
- **IR/UV** (scanner di linea) – può integrare i risultati ottenuti da sensori IR e UV;
- **MWR** (Microwave Radiometer) – consente la determinazione dello spessore dello strato di olio nell'intervallo tra 50  $\mu\text{m}$  e diversi mm, può essere utilizzato di giorno e di notte;
- **LFS** (Laser Fluorosensor) – può determinare lo spessore dello strato di olio nell'intervallo da 0,1 a 20  $\mu\text{m}$ , può identificare i tipi di olio secondo una classificazione concordata, può interpretare erroneamente come olio, ad es. alghe e sostanze simili all'olio;
- **Sensori ottici** (fotocamera, TV, video) – dipendono dalle condizioni meteorologiche, dalla luce del giorno;

### 4. PIATTAFORME PER IL TRASPORTO DI APPARECCHIATURE DI TELERILEVAMENTO E SENSORI

A seconda di dove vengono raccolti i dati (aria, spazio o terra), le piattaforme più utilizzate includono **aeromobili** e **satelliti**, anche se spesso vengono usate apparecchiature **fisse a terra** o su **installazioni offshore** (es. piattaforme petrolifere) se l'area che deve essere



monitorata è di dimensioni limitate. I dispositivi di telerilevamento possono essere montati anche su **navi**, tuttavia le navi sono raramente utilizzate come piattaforme a causa di vari possibili inconvenienti.

#### 4.1 Aeromobili

Un certo numero di paesi in Europa, e alcuni nel Mediterraneo, utilizzano **aeromobili specializzati per la sorveglianza delle fuoriuscite di petrolio** dotati di diverse apparecchiature e sensori di telerilevamento. I tipi di aeromobili variano a seconda del paese e comprendono ad esempio Casa CN-235MP, Cessna 406, Britten Norman Islander, Dornier 228, Beech King Air B200, Reims Aviation F406, Dash 8 Q-300.

Tra le caratteristiche importanti che ogni aeromobile di sorveglianza/telerilevamento dovrebbe avere rientrano una buona resistenza, un carico utile massimo relativamente grande, manovrabilità e possibilità di volare a velocità diverse. Dato che non è previsto che volino in alto, potrebbe non essere necessario pressurizzare la cabina.

Un esempio di apparecchiature di telerilevamento trasportate a bordo di un aereo di sorveglianza ben attrezzato di uno dei paesi dell'UE comprende:

- SLAR;
- Scanner IR/UV-Line, con sensori IR e UV;
- MWR;
- LFS;
- Sistema di telecamere a infrarossi (FLIR), con illuminatore laser;
- Sensori ottici (fotocamera, TV, video);

Inoltre

- Apparecchiature informatiche (sensore del processore di dati, computer principale, console di visualizzazione dei dati, stampante fotografica);
- Visualizzazione dati di navigazione;
- Sistemi di trasferimento dati;
- HF, VHF, UHF, apparecchiature di comunicazione radio marina
- Comunicazione satellitare tramite INMARSAT; e
- GPS.

Il principale svantaggio di un utilizzo più frequente ed estensivo di apparecchiature di telerilevamento aviotrasportate in situazioni di sversamento effettive è che la maggior parte dei **sistemi di telerilevamento è ingombrante** (ad eccezione dei sensori IR/UV, alcuni dei quali sono anche palmari), che devono essere **installati in velivoli dedicati** (che non sono prontamente disponibili in molti paesi), che tutti i **sensori devono essere calibrati** (il che richiede tempo) e che richiedono **personale altamente qualificato** per operare e interpretare i risultati.

D'altro canto, gli **aeromobili** (sia elicotteri che velivoli ad ala fissa) sono **regolarmente utilizzati** in **quasi tutte le** situazioni di sversamento, per **l'osservazione aerea visiva** del petrolio sversato. Quasi tutti gli aerei affidabili con una buona visibilità possono essere utilizzati per questo tipo di sorveglianza a distanza. L'osservazione visiva da aeroplani rimane la forma predominante di telerilevamento in quanto è la più semplice, prontamente disponibile e flessibile e i risultati sono facilmente interpretabili, compresi e comunicati.

Le tecniche di telerilevamento vengono regolarmente utilizzate per rilevare, monitorare e identificare le fonti di **scarichi marittimi illegali** e, occasionalmente, per monitorare le fuoriuscite accidentali. Tuttavia, l'osservazione aerea visiva è considerata uno **strumento essenziale per la risposta alle fuoriuscite di petrolio** ed è regolarmente utilizzata nelle operazioni di risposta. L'uso congiunto di **entrambi i metodi** dovrebbe essere incoraggiato il più possibile, ma il telerilevamento **non dovrebbe essere usato al posto delle** osservazioni visive aeree.

## 4.2 Satelliti

I satelliti offrono **alcuni vantaggi** rispetto agli aerei in quanto la loro **copertura** è molto più ampia, monitorano le rotte marittime e **possono allertare** le autorità competenti in caso di fuoriuscite dalla terraferma e **non dipendono molto dalle condizioni meteorologiche**, sebbene i sensori ottici installati a bordo dei satelliti necessitino di cieli sereni per produrre immagini di buona qualità.

D'altra parte, l'**affidabilità** dei dati ottenuti dai satelliti può essere discutibile, i dati SAR (che è il sensore più comune utilizzato sui satelliti) sono **suscettibili di fenomeni che sembrano petrolio**, la **frequenza** del loro passaggio su una certa area è **bassa**, i loro **orari di passaggio** sono **fissi** e non flessibili, i dati ottenuti da telerilevamento satellitare hanno **bassa risoluzione spaziale**, e il **volume di petrolio sversato** è difficile, se non impossibile, da determinare.

## 4.3 Piattaforme fisse

I sistemi di telerilevamento montati **a terra** o su **installazioni offshore**, e persino su **navi**, forniscono **una sorveglianza locale continua** di aree marine relativamente piccole. Sono utilizzati per il **rilevamento precoce** del petrolio fuoriuscito e per **allertare** i responsabili della risposta.

## RILEVAZIONE DI INQUINAMENTO DA IDROCARBURI MEDIANTE RADAR E SISTEMI DI IMAGING TERMICO /INTEGRAZIONE DEI DATI DA TELERILEVAMENTO CON DATI AIS E DATI METEOROLOGICI

### 1. INTRODUZIONE

I radar sono uno dei dispositivi più utilizzati per il rilevamento delle fuoriuscite di idrocarburi. Possono rilevare la presenza di idrocarburi sulla superficie del mare, ma purtroppo non possono fornire informazioni sul suo spessore. L'uso di radar nel telerilevamento dell'inquinamento da idrocarburi è estremamente importante nel controllo e nella prevenzione dell'inquinamento operativo e degli scarichi illeciti dalle navi. Tuttavia, il suo utilizzo nella risposta alle fuoriuscite di petrolio è limitato da alcune limitazioni del dispositivo.

I radar possono essere utilizzati insieme ad altri sensori (in particolare termocamere o sistemi di imaging) per ottenere risultati migliori e più preziosi da utilizzare nella risposta alle fuoriuscite di petrolio.

La lezione si propone di illustrare i principali principi di rilevamento del petrolio sulla superficie del mare mediante radar e sistemi di imaging termico, nonché i vantaggi e gli svantaggi del loro utilizzo.

### 2. IL RADAR E SUO PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Il **radar** (che sta per **radio detection and ranging**) è un sistema di rilevamento che utilizza le onde radio (elettromagnetiche) ("segnale radar") per determinare la presenza di oggetti e la loro distanza e velocità. Può essere utilizzato per rilevare vari oggetti fissi (es. elevazioni sulla superficie terrestre o altre caratteristiche naturali, edifici, ecc.) o in movimento (es. navi, altre imbarcazioni, aerei, veicoli), ma anche onde, nuvole e altri fenomeni naturali. Tra le altre cose, **il radar può rilevare il petrolio sulla superficie del mare**.

Un (sistema) radar comprende diversi componenti: un **trasmettitore** che produce onde elettromagnetiche, **antenne trasmettenti e riceventi** (che possono essere combinate) nonché un **ricevitore e un processore** che stabiliscono le proprietà degli oggetti rilevati. Le onde radio generate dal trasmettitore si riflettono dall'oggetto e ritornano al ricevitore, fornendo informazioni sulla posizione e la velocità dell'oggetto.

In caso di petrolio sulla superficie del mare, per il rilevamento viene utilizzato il fatto che una superficie marina liscia riflette meno energia di una superficie ruvida. Vale a dire, in presenza di petrolio sulla superficie del mare il vento non crea le stesse onde capillari come nelle zone prive di petrolio. Di conseguenza, le aree coperte da petrolio appaiono lisce al radar e non mostrano backscatter (cioè riflessione delle onde), mentre le aree dove non c'è petrolio appaiono ruvide al radar e mostrano backscatter.

I radar utilizzano onde elettromagnetiche di diversa frequenza (note come "bande") e denominate con varie lettere, per scopi diversi. È stato scoperto che le onde in banda X sono le più adatte per il telerilevamento di idrocarburi, ma sono state utilizzate anche le onde in banda L e C.

### 3. TIPI DI RADAR UTILIZZATI NELLA RILEVAZIONE DI IDROCARBURI

I sistemi radar utilizzati nel telerilevamento del petrolio sulla superficie del mare comprendono il radar ad apertura sintetica (**SAR**) e il radar aereo a ricerca laterale (**SLAR**).

Le caratteristiche principali del **SAR** (Synthetic Aperture Radar) sono:

- può rilevare gli idrocarburi, così come le caratteristiche del vento di superficie;
- è versatile;
- è per lo più utilizzato sui **satelliti**;
- se utilizzato su satellite copre aree estese (300x300 km);
- non può classificare (distinguere) gli idrocarburi;
- non può determinare il volume di una fuoriuscita di petrolio, né verificarlo;
- non è sensibile allo spessore del film d'olio e non è in grado di determinarlo;
- non è alterato dal tempo (nuvole e sole)

Purtroppo, le chiazze di petrolio non sono gli unici fenomeni che possono apparire come una caratteristica scura in un'immagine SAR: in determinate condizioni alcuni **altri fenomeni naturali della superficie marina** possono provocare riflessi SAR simili a quelli del petrolio ("falsi obiettivi") ed essere scambiati per quest'ultimo.

**SLAR** (Side-Looking Airborne Radar) ha le seguenti caratteristiche:

- rileva la presenza di un film d'olio;
- è utilizzato a bordo degli **aerei**;
- ad un'altitudine media di volo di 300 m ha un'ampia autonomia (circa 30 km);
- non ha capacità di classificazione dell'olio (non può determinare il tipo/classe dell'olio);
- non è sensibile allo spessore del film d'olio e non è in grado di determinarlo;
- ha un'elevata risoluzione spaziale (60x30 m);
- non è alterato dal tempo.

#### 4. INTEGRAZIONE DI DIVERSI DATI DI TELERILEVAMENTO CON ALTRE INFORMAZIONI PERTINENTI

Quando il radar viene usato per il telerilevamento di idrocarburi, di solito è accoppiato con un **IR** (sensore termico a infrarossi o sistema di imaging) e un **UV** (rivelatore ultravioletto), o uno scanner combinato **IR/UV** in grado di integrare i risultati ottenuti da sensori IR e UV. Il sensore **IR** si basa sull'emissione termica della superficie del mare e **può essere utilizzato di notte**, poiché non dipende dalla luce del giorno, mentre il sensore **UV** determina la luce solare riflessa sulla superficie del mare e le sue misurazioni sono limitate alle condizioni diurne e alla visibilità sufficiente.

I **sistemi di telerilevamento** che sono **fissati** sia a terra che in impianti offshore, più spesso utilizzano sistemi combinati comprendenti un **radar** quale elemento principale, un **sensore termico (IR)** che permette di operare in condizioni di scarsa visibilità o di notte, e / o un **sensore UV**, ed eventualmente una **fotocamera per luce diurna**, come supporto aggiuntivo. Infine, un **processore** completa il sistema. Tali sistemi combinati sono spesso modulari e possono essere configurati secondo le esigenze dell'utente.

Il **processore** può essere utilizzato per combinare i dati generati dal radar, dai sensori IR e UV, con quelli dei dati **AIS** (Automatic Identification System) sulle imbarcazioni del VTS (Vessel Traffic Services) competente, i dati su vento e onde da una **stazione di monitoraggio meteorologico** e dati dal sistema di visualizzazione e informazione della carta elettronica (**ECDIS**). Sono stati sviluppati moduli per interfacciare i risultati con **strumenti GIS comuni**, per migliorare ulteriormente l'interoperabilità dei dati e per consentire ulteriori analisi. Infine, sono stati sviluppati anche moduli per **convertire i risultati** in un formato dati adatto per l'inclusione in database generali.

## **CORSO / MODULO 2**

### **SITUAZIONE DURANTE L'INCIDENTE**

## ACCORDI NAZIONALI, REGIONALI E LOCALI PER RISPONDERE AGLI INCIDENTI DI INQUINAMENTO MARINO DA PETROLIO (CON RIFERIMENTO AGLI ACCORDI DI EMERGENZA NELLE ZONE PILOTA DEL PROGETTO PEPSEA)

### 1. INTRODUZIONE

La lezione L 1.4 ha delineato quelli che sono considerati i componenti principali di un "**sistema di preparazione e risposta** all'inquinamento marino" e ha riassunto il processo di pianificazione di emergenza e il piano stesso.

Tuttavia, avere un piano di emergenza in atto non garantisce che la risposta a un incidente di inquinamento marino sarà efficiente o di successo. L'**organizzazione della risposta allo sversamento** sarà solitamente stabilita durante il processo di pianificazione di emergenza e il piano la descriverà, compresi i **ruoli e le responsabilità** delle persone coinvolte sia nella gestione della risposta che nelle operazioni sul campo. Il piano definirà anche la **strategia di risposta allo sversamento** ed elencherà le **fonti di risorse umane e materiali** necessarie per rispondere a uno sversamento. Tuttavia, per reagire con successo a uno sversamento, potrebbe essere necessario prendere accordi aggiuntivi per l'attuazione delle disposizioni del piano (indipendentemente dal fatto che si tratti di un piano locale, regionale o nazionale).

### 2. RISPOSTA A LIVELLI

La risposta richiesta da un incidente di inquinamento marino deve essere proporzionale alle **dimensioni della fuoriuscita e alla sua vicinanza a risorse sensibili** (che di solito si



trovano sulla costa). Al fine di evitare una reazione eccessiva o insufficiente, la risposta è generalmente suddivisa in tre categorie. Una pratica internazionale ampiamente accettata consiste nell'istituire sistemi di preparazione e risposta all'inquinamento marino sulla base del **concetto di risposta a più livelli**. Prevede **tre (3) livelli di risposta**, in base alla gravità dell'incidente di inquinamento, in cui la risposta a livello locale è alla base di qualsiasi risposta. Solitamente, i piani di emergenza **non definiscono i limiti** di ciascun livello **in relazione al volume esatto** dell'inquinante sversato.

In generale, **il livello 1** copre la preparazione e la risposta alle **piccole fuoriuscite** che possono essere effettuate con le **risorse disponibili a livello locale** (comune).

**Il livello 2** copre la preparazione e la risposta a grandi fuoriuscite che vanno oltre le capacità di risposta e le risorse disponibili a livello locale, ma possono essere confrontate con quelle disponibili a livello regionale.

**Il livello 3** copre gli sversamenti importanti che non possono essere affrontati in modo efficace dalle disposizioni e dalle risorse di risposta del livello 2, richiedendo così la mobilitazione di tutte le risorse nazionali disponibili. Implica anche la possibile mobilitazione di risorse e competenze esterne (internazionali).

Il livello di risposta appropriato per uno specifico incidente di inquinamento può essere determinato solo a seguito della valutazione della situazione reale in ogni caso specifico, e quindi i piani di emergenza di solito **non definiscono i limiti** di ciascun livello **in relazione al volume esatto** dell'inquinante sversato.



### 3. ACCORDI LOCALI

I piani di emergenza per l'inquinamento marino (**locali** o di **livello 1**) preparati nell'ambito del progetto PEPSEA contengono determinati dati (o indicano la loro fonte), tuttavia tutte le informazioni necessarie (meteorologiche, oceanografiche, biologiche, ecc.) riguardanti le aree coperte da questi piani devono essere prontamente a disposizione del personale addetto all'intervento in caso di necessità, il che rende necessario provvedere all'ottenimento delle informazioni richieste (per ciascuna località individuata come importante in ciascuna area) a seguito dell'adozione dei piani.

Al fine di garantire la loro partecipazione attiva ad eventuali operazioni di risposta (ad es. come volontari) la comunità locale dovrebbe essere coinvolta in tutti i processi per aumentare il più possibile il livello di preparazione. Le disposizioni per la partecipazione del personale locale alle future operazioni di risposta alle fuoriuscite dovrebbero essere prese a livello locale, non appena possibile dopo la promulgazione ufficiale dei piani. Questi possono includere presentazioni dei piani alla comunità locale attraverso l'organizzazione di brevi seminari volti a familiarizzare il pubblico con le disposizioni pertinenti dei piani.

Ciascun piano locale (**livello 1**) deve necessariamente considerare i **limiti di responsabilità** degli enti pubblici locali, così come assegnati loro dai relativi atti normativi. Gli accordi necessari per **trasferire la responsabilità** alle autorità superiori, nonché gli accordi per la **segnalazione di incidenti di inquinamento** alle autorità superiori, come previsto nei piani locali sviluppati nell'ambito del progetto PEPSEA, devono essere presi prima che si verifichi l'inquinamento marino.

### 4. ACCORDI REGIONALI E NAZIONALI

I **piani di livello 2 (regionali)** sono preparati in conformità con la divisione territoriale di un paese in unità amministrative (regioni, province, contee) e forniscono una base per rispondere a qualsiasi inquinamento di medie o grandi dimensioni che superi le capacità locali (livello 1) degli accordi per

la risposta alle fuoriuscite. Dovrebbero basarsi sulla messa in comune delle risorse disponibili a livello locale (umane e materiali) e sull'integrazione di queste con risorse disponibili a livello regionale o statale. In particolare, i piani di livello 2 dovrebbero definire le responsabilità per il coordinamento degli sforzi di risposta in caso di sversamenti di maggiori dimensioni.

Considerando la copertura geografica del **progetto PEPSEA**, i piani di **livello 2** che potrebbero essere attivati comprendono **diversi piani di emergenza regionali (Italia) e conteali (Croazia)** già in vigore. Prendere accordi per familiarizzare il personale locale, che dovrebbe essere coinvolto nella risposta alle fuoriuscite in futuro, con i contenuti e le disposizioni dei piani di emergenza regionali e di contea esistenti, dovrebbe essere una delle priorità delle autorità locali competenti.

**Il piano di emergenza nazionale**, che rappresenta un **piano di livello 3**, definisce la politica nazionale complessiva di risposta agli incidenti di inquinamento marino, in particolare in caso di una **fuoriuscita importante** che supera qualsiasi particolare capacità di risposta locale o regionale e può anche richiedere assistenza internazionale. Il piano nazionale dovrebbe coordinare vari piani di emergenza di livello inferiore e fornire supporto alle autorità regionali quando la dimensione della fuoriuscita supera le capacità di risposta regionali.

Per quanto riguarda le aree in cui è in corso l'implementazione del progetto PEPSEA, i piani di **livello 3** che potrebbero essere attivati in caso di incidenti di sversamento massivo sono:

**Croazia** "Piano di pronto intervento nazionale per l'inquinamento marino accidentale" (*Plan intervencija kod iznenadnih onečišćenja mora*), 2008, preparato dal Ministero del Mare, dei Trasporti e delle Infrastrutture),

**Italia** "Piano di Pronto Intervento Nazionale per la Difesa da inquinamenti da Idrocarburi e di Altre Sostanze nocive Causati da Incidenti marini" 2010, a cura del Dipartimento della Protezione Civile. Se si verifica un grave incidente di inquinamento da idrocarburi in mare sotto la giurisdizione italiana (comprese le acque costiere/interne, il mare territoriale, la zona di protezione ecologica EPZ e l'alto mare), 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*, 2013, predisposto dal Ministero dell'Ambiente italiano, può anche essere attivato.

Se questi non sono stati affrontati durante lo sviluppo del relativo piano di emergenza, le seguenti questioni potrebbero dover essere affrontate dalle autorità responsabili della risposta alle fuoriuscite accidentali (a tutti i livelli, incluso il **livello** di risposta **locale**) dopo la stesura del piano, prendendo accordi per:

- integrare le risorse disponibili per la risposta agli sversamenti attraverso l'acquisizione di altre risorse (ad esempio attraverso le fonti di finanziamento internazionali disponibili);
- sostenere gli sforzi di risposta delle autorità locali competenti, se necessario, da parte di imprese di pulizia professionali e private;
- valutare le conseguenze finanziarie delle misure di risposta previste per i diversi scenari di sversamento e garantire la tempestiva disponibilità dei fondi di emergenza necessari (ad es. dal bilancio dell'autogoverno locale);
- attuare la politica concordata sullo sviluppo delle risorse umane (per quanto riguarda ad esempio la formazione e le esercitazioni);
- cooperazione con l'industria petrolifera e marittima;
- scambio di informazioni con le autorità locali, regionali o nazionali competenti per la risposta all'inquinamento marino.

In caso di livello di risposta più elevato (nazionale, livello 3) potrebbe essere necessario prendere accordi per beneficiare dei meccanismi internazionali di mutua assistenza e cooperazione, in particolare attraverso il **REMPEC** (Centro regionale di risposta alle emergenze per l'inquinamento marino del Mar Mediterraneo), ai sensi del **Protocollo di prevenzione e di emergenza** della Convenzione di Barcellona, o utilizzando le disposizioni del piano di emergenza internazionale esistente per la regione adriatica (" Piano di emergenza subregionale per la prevenzione, la preparazione e la risposta ai gravi incidenti di inquinamento marino nell'Adriatico").

## PROBLEMI DI SALUTE E SICUREZZA RELATIVI ALLE ATTIVITÀ DI RISPOSTA ALL'INQUINAMENTO DA PETROLIO<sup>2</sup>

### 1. INTRODUZIONE

La massima priorità durante la risposta agli incidenti di inquinamento marino da idrocarburi deve essere assegnata a garantire che il rischio per la vita umana, la salute e la sicurezza del personale addetto all'intervento sia ridotto al minimo per quanto ragionevolmente possibile. La garanzia di buoni standard di salute e sicurezza deve avere la priorità su tutte le altre azioni.

L'autorità nazionale che ha la responsabilità generale di rispondere agli incidenti di inquinamento marino deve garantire che le questioni relative alla salute e alla sicurezza siano adeguatamente affrontate nel piano di emergenza nazionale per l'inquinamento marino, nonché in tutti gli altri piani di emergenza subordinati. In generale, le autorità nazionali, regionali e locali incaricate della risposta alle fuoriuscite di petrolio hanno il dovere di fornire al personale di risposta formazione e briefing appropriati al fine di garantire che siano consapevoli dei rischi associati alle operazioni di risposta alle fuoriuscite di petrolio e di come evitarli.

L'obiettivo di questa lezione è sottolineare gli aspetti più importanti dei problemi di salute e sicurezza durante la risposta alle fuoriuscite di petrolio. Tuttavia le misure dettagliate per la protezione della salute e per garantire lo svolgimento sicuro delle operazioni di risposta alle fuoriuscite dovrebbero essere ricercate nelle normative nazionali applicabili sulla sicurezza a lavoro e salute sul lavoro.

---

<sup>2</sup> Nella preparazione di questa lezione sono stati utilizzati estratti dalla pubblicazione congiunta di IPIECA (The global oil and gas industry association for Environmental and Social Issues) e IGOP (International Association of Oil & Gas Producers) "**Oil spill responder health and safety**" (2012, rev. 2016)

## 2. PROPRIETÀ PERICOLOSE DEGLI OLI

Le proprietà degli oli, sia grezzi che prodotti raffinati, che possono rendere pericolose le operazioni di risposta alle fuoriuscite per il personale addetto all'intervento includono:

- infiammabilità;
- vapori esplosivi;
- tossicità;
- spostamento di ossigeno; e
- natura scivolosa degli oli.

NOTA: incidenti che oltre al petrolio coinvolgono anche altre sostanze pericolose e nocive (HNS) possono comportare **un rischio aggiuntivo significativo** per la salute umana, e quindi la risposta alla fuoriuscita di petrolio può essere ostacolata o addirittura non essere possibile in presenza di HNS.

### 2.1 Infiammabilità

I prodotti raffinati fuoriusciti, i greggi e i condensati possono **incendiarsi** in presenza di una fonte di ignizione. Solitamente, l'olio rimane facilmente infiammabile per **breve tempo**, a causa della rapida evaporazione dei componenti più volatili. Mentre l'olio è ancora fresco, qualsiasi potenziale fonte di ignizione deve essere esclusa dall'area dell'incidente o della reazione, al fine di ridurre al minimo il rischio di incendio. Devono essere utilizzate solo apparecchiature di risposta intrinsecamente sicure e qualsiasi potenziale fonte di ignizione deve essere tenuta fuori dall'area della fuoriuscita (ad es. fumo, strumenti che producono scintille, veicoli). L'accesso all'area di intervento deve essere rigorosamente controllato fino a quando non sussiste il rischio di ignizione. I prodotti leggeri, come benzina o kerosene, rappresentano un pericolo particolare e l'avvicinarsi a fuoriuscite di questi prodotti richiede precauzioni speciali. (Vedi anche il paragrafo successivo.)

## 2.2 Vapori esplosivi

I prodotti raffinati fuoriusciti (così come i greggi volatili) rilasciano vapori di idrocarburi, in particolare durante le fasi iniziali dell'incidente. La nuvola di vapore che si forma può spostarsi sotto l'influenza del vento verso aree popolate o luoghi dove esiste il rischio di ignizione di tali vapori.

Al fine di ridurre al minimo il rischio di esplosione, potrebbe essere necessario stabilire una **zona di esclusione di sicurezza** e **stazioni di monitoraggio dell'aria** per determinare i livelli di vapore e se questi rientrano o meno nei **limiti di esplosività**. I motori a combustione interna non devono essere utilizzati in aree a rischio di esplosione. Per precauzione, i motori devono essere protetti installando dispositivi di intercettazione dell'ingresso dell'aria e parascintille.

## 2.3 Tossicità

Durante le operazioni di risposta **in mare e a terra**, cioè **all'aperto**, la tossicità della maggior parte degli oli fuoriusciti rappresenta una minaccia minima o nulla per la salute umana. Il rischio di un'esposizione potenzialmente dannosa può essere presente durante le fasi iniziali di uno sversamento, in particolare in caso di fuoriuscita di prodotti volatili (es. prodotti leggeri raffinati, alcuni greggi e condensati). Nonostante il fatto che gli oli contengano alcuni componenti potenzialmente dannosi, il rischio di esposizione può essere ridotto al minimo indossando **dispositivi di protezione individuale (DPI) appropriati**.

Viceversa, in caso di intervento in **ambienti chiusi** (es. a bordo di navi cisterna che trasportano greggio, durante le operazioni di trasferimento merci) i rischi aumentano per le maggiori concentrazioni di idrocarburi e per la presenza di benzene e idrogeno solforato H<sub>2</sub>S (nei greggi).

Sebbene sia molto improbabile che i soccorritori non professionisti siano coinvolti nella risposta in spazi chiusi, le seguenti note sull'esposizione a H<sub>2</sub>S sono ancora incluse come linee guida di base:

### Esposizione all'acido solfidrico (H<sub>2</sub>S)

L'idrogeno solforato (H<sub>2</sub>S) è un gas incolore, dall'odore di uova marce, che si trova nella maggior parte dei tipi di petrolio greggio (più del 3% di H<sub>2</sub>S in alcuni greggi del Medio Oriente). **La mancanza dell'odore caratteristico non deve mai essere considerata come assenza di H<sub>2</sub>S**, in quanto ad alte concentrazioni paralizza l'olfatto. L'inalazione dei vapori di H<sub>2</sub>S emessi dai greggi solfurei è pericolosa: a seconda della concentrazione e della durata dell'esposizione, gli effetti vanno dall'irritazione di occhi, naso, gola e bronchi, al coma e alla morte. Se la vittima resiste all'inalazione di H<sub>2</sub>S, il recupero è generalmente completo senza effetti collaterali.

Le misure di primo soccorso includono: portare la vittima all'aria aperta, applicare (se necessario) la respirazione artificiale, curare l'incoscienza e somministrare nitrato di amile per inalazione.

#### 2.3.1 Conseguenze per la salute umana

L'organismo umano può essere direttamente colpito **dall'inalazione di vapori di idrocarburi**, dal **contatto della pelle con olio liquido** e **dall'ingestione accidentale** di olio.

- Inalazione: L'odore dei vapori di idrocarburi può variare notevolmente. In certi casi, i vapori di idrocarburi possono disturbare l'olfatto e quindi l' **assenza di odore non deve mai essere considerata come assenza di vapori**. Se la persona viene curata in tempo, gli effetti sono reversibili e, in linea di principio, non ci sono effetti a lungo termine causati dagli idrocarburi stessi, ad **eccezione del benzene**. A seconda della concentrazione dei vapori



e della durata dell'esposizione, i sintomi dell'esposizione possono variare dall'irritazione di occhi, gola e naso, alla stanchezza, ai sintomi di ubriachezza e coma. L'utilizzo di **DPI opportuni è obbligatorio** per evitare effetti potenzialmente nocivi dell'esposizione a vapori di idrocarburi.

- Contatto con la pelle con oli liquidi: In generale, gli idrocarburi seccano la pelle e possono provocare dermatosi ed eczema (**effetti a breve termine**), mentre alcuni idrocarburi, in particolare quelli aromatici, possono provocare il cancro della pelle a seguito di un contatto prolungato con la pelle (**effetti a lungo termine**). L'olio e alcuni dei composti chimici utilizzati nelle operazioni di pulizia possono avere un effetto sgrassante sulla pelle, provocando irritazioni e dermatiti, e possono anche essere assorbiti attraverso la pelle danneggiata causando effetti tossici all'interno.
- Ingestione accidentale: Sebbene molto improbabile, l'ingestione accidentale di olio richiede un intervento medico. Come regola generale, l'infortunato non deve essere indotto a vomitare, al fine di evitare il rischio di una maggiore penetrazione di idrocarburi nei polmoni e nei bronchi.

Oltre all'intossicazione diretta, anche il **consumo di animali marini** (pesci, crostacei, molluschi) che sono stati a contatto con l'olio può essere pericoloso per la salute umana.

## 2.4 Spostamento di ossigeno

Lo spostamento dell'ossigeno si verifica generalmente solo in **ambienti chiusi** dove i gas idrocarburi possono spostare l'ossigeno ( $O_2$ ), in particolare quando questi si accumulano in spazi confinati o trincee non adeguatamente ventilati, con rischio di asfissia per chi vi entra. Le operazioni in spazi confinati dovrebbero essere affidate esclusivamente al personale di intervento professionale (vigili del fuoco, dipendenti di società di salvataggio specializzate) e non al



personale impegnato nella risposta agli sversamenti in mare e a terra. In generale, l'ingresso dovrebbe essere consentito se le letture del contenuto di ossigeno sono superiori al 19,5% O<sub>2</sub>, o altrimenti dovrebbe essere utilizzata una fonte di ossigeno indipendente.

## 2.5 Natura scivolosa dell'olio

La maggior parte dei prodotti petroliferi è naturalmente scivolosa e non sorprende che scivolamenti, inciampi e cadute su superfici oliate siano alcune delle principali cause di lesioni e generalmente la forma più comune di incidenti durante le operazioni di risposta alle fuoriuscite. Al fine di ridurre al minimo il rischio di lesioni personali, al personale di intervento devono essere ripetutamente ricordati i rischi legati alla natura scivolosa dell'olio. La stessa caratteristica dell'olio rende difficile la manipolazione dell'attrezzatura con guanti unti, rallentando e persino impedendo al personale di intervento di eseguire correttamente alcuni dei propri compiti senza prima decontaminare l'attrezzatura.

## 3. GESTIONE DEI PROBLEMI DI SALUTE E SICUREZZA

In caso di incidente di minore entità, una persona competente in materia di salute e sicurezza (possibilmente di un centro sanitario locale) dovrebbe essere inclusa nell'organizzazione di risposta alle fuoriuscite come "funzionario della salute e sicurezza" (HSO) e incaricata di garantire che gli standard di salute e sicurezza stipulati siano debitamente osservati durante la risposta. I compiti dell'HSO dovrebbero comprendere quanto segue:

- conduzione di una prima valutazione dei rischi delle operazioni di intervento previste e del loro sito (identificazione dei pericoli, selezione dei soccorritori, disponibilità di DPI, identificazione delle aree di decontaminazione, valutazione dei requisiti di formazione in materia di norme di salute e sicurezza);

- sviluppo e attuazione di un Piano di sicurezza e salute del sito (SSHP), congiuntamente con i professionisti competenti in materia di salute e sicurezza;
- istituzione di postazioni di pronto soccorso in conformità con SSHP;
- supervisione della sicurezza del sito di sversamento durante le operazioni di risposta;
- monitoraggio delle implicazioni per la sicurezza e la salute delle attività di risposta pianificate o già in corso;
- partecipazione a riunioni di pianificazione al fine di identificare problemi di salute e sicurezza;
- correzione di eventuali pratiche non sicure osservate e interromperle se necessario;
- indagine su eventuali incidenti o esposizioni che possono verificarsi durante le operazioni di risposta;
- organizzazione di briefing regolari del personale di intervento prima e durante le operazioni di intervento contro l'inquinamento da idrocarburi.

I briefing del personale di risposta sono uno dei metodi di base per la gestione della salute e della sicurezza. Tali briefing devono garantire che tutti gli interessati (personale di risposta) comprendano quanto segue:

- le caratteristiche del cantiere;
- le informazioni sui pericoli posti dal prodotto sversato;
- le misure di controllo (es. DPI);
- le vie di evacuazione;
- il punto di raccolta;
- la posizione del posto di pronto soccorso;
- l'ubicazione delle aree di sosta;
- la posizione del posto di comando; e

- come rispondere ad altre emergenze che possono sorgere.

#### 4. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE (DPI)

A causa delle proprietà pericolose degli oli e dei rischi generali associati al lavoro in un ambiente potenzialmente non sicuro (ad esempio in mare o su coste esposte a intemperie), la protezione del personale di intervento dovrebbe essere una delle priorità principali della gestione della risposta.

Fornire a tutto il personale direttamente coinvolto nelle operazioni di pulizia dei DPI adeguati (per ridurre al minimo il contatto con olio e prodotti chimici utilizzati nella risposta) e giubbotti di salvataggio se si lavora su imbarcazioni/navi, è **responsabilità della gestione della risposta**. È invece responsabilità del personale addetto all'intervento vegliare l'uno sull'altro oltre che su se stessi e indossare e/o utilizzare i DPI adeguati al lavoro da svolgere.

Gli elementi chiave dei DPI per la protezione di parti specifiche del corpo durante la risposta alla fuoriuscita di petrolio includono:

**Occhi**            Pericolo: schizzi di sostanze chimiche o metalliche, polvere, proiettili, gas e vapore, radiazioni

**DPI**: occhiali di sicurezza, occhiali protettivi, schermi facciali, visiere (tutti specifici per il pericolo coinvolto).

**Capo**            Pericolo: impatto da oggetti che cadono o volano, rischio di urto della testa, impigliamento dei capelli.

**DPI:** caschi e protezioni antiurto.

**Corpo** Pericolo: temperature estreme, condizioni meteorologiche avverse, schizzi di sostanze chimiche o metalliche, spruzzi da perdite di pressione o pistole a spruzzo, impatto o penetrazione, polvere contaminata, usura eccessiva o impigliamento dei propri indumenti, annegamento.

**DPI:** tute convenzionali o monouso, tute da lavoro, indumenti ad alta visibilità e indumenti protettivi speciali (ad es. per esposizione a sostanze chimiche), giubbotti/giubbotti di salvataggio.

**Mani e braccia** Pericolo: abrasione, temperature estreme, tagli e forature, impatto, sostanze chimiche, infezioni o contaminazioni della pelle.

**DPI:** guanti (fare riferimento alle specifiche del produttore), guanti. *Nessun materiale per guanti proteggerà da tutte le sostanze e nessun guanto proteggerà per sempre da una sostanza specifica.*

**Piedi e gambe** Pericolo: bagnamento, scivolamento, tagli e forature, caduta di oggetti, schizzi di sostanze chimiche, abrasione.

**DPI:** stivali e scarpe antinfortunistici con puntali protettivi e intersuola antiperforazione, ghette, gambali. *(Alcune sostanze chimiche penetrano facilmente nella pelle - materiale da selezionare in base alle informazioni del produttore )*

**Udito** Pericolo: rumore a livelli di 85 dBA o più.

**DPI:** cuffie antirumore (dispositivi di protezione dell'udito) sotto forma di tappi o cuffie, con un elemento di selezione personale.

Potrebbe essere necessario anche un **dispositivo di protezione delle vie respiratorie (RPE)** , progettato per proteggere chi lo indossa dall'inalazione di sostanze pericolose nell'aria. Due tipi principali includono i **respiratori** (dispositivi filtranti) che utilizzano filtri per rimuovere i contaminanti nell'aria del luogo di lavoro (da non utilizzare mai per la protezione in situazioni con livelli ridotti di ossigeno) e gli **apparecchi di respirazione (BA)** che richiedono una fornitura di aria respirabile di qualità da un cilindro pneumatico o da un compressore e viene utilizzato per la protezione in situazioni con livelli ridotti di ossigeno. Per entrambi i tipi di RPE sono disponibili diversi facciali (es. facciali/maschere filtranti, semimaschere e maschere intere), cappucci ed elmetti.

## PANNE GALLEGGIANTI E LORO UTILIZZO IN RISPOSTA A INCIDENTI DI INQUINAMENTO MARINO

### 1. INTRODUZIONE

Gli idrocarburi sversati sulla superficie del mare si diffondono sotto l'influenza della gravità e si muovono sotto l'influenza delle correnti marine e dei venti. Entrambe le azioni influiscono negativamente sui tentativi di rimuovere gli idrocarburi fuoriusciti dalla superficie del mare, il che è l'obiettivo finale di tutte le attività di risposta alle fuoriuscite.

Qualsiasi ostacolo nel corso del petrolio ne influenza il moto, fino a raggiungere la costa. Nella maggior parte dei casi l'arrivo incontrollato di idrocarburi su una costa è il risultato meno desiderabile di una fuoriuscita, e quindi ottenere un certo controllo sul movimento e sulla diffusione della chiazza è uno degli obiettivi principali della risposta alla fuoriuscita di idrocarburi.

Si possono ottenere dei risultati in termini di controllo del movimento delle fuoriuscite di idrocarburi utilizzando barriere improvvisate (es. tronchi, travi, pali, manichette antincendio gonfiabili, dighe di terra o sabbia, ecc.). Tuttavia, solo delle barriere galleggianti appositamente progettate e costruite (nel campo della risposta all'inquinamento marino chiamate "**panne**") possono fornire un ragionevole grado di controllo sul movimento degli idrocarburi fuoriusciti.

Lo standard ISO 16446:2013 definisce la **panna** come una "barriera galleggiante utilizzata per controllare il movimento di sostanze che galleggiano".

Gli obiettivi principali dell'utilizzo delle panne sono:

- contenere gli idrocarburi e limitarne la diffusione sulla superficie del mare

- concentrare gli idrocarburi sversati al fine di facilitarne la raccolta/recupero;
- proteggere alcune parti di una costa dalla contaminazione con idrocarburi galleggianti.

È importante capire che non esiste una panna tale da poter trattenere il petrolio indefinitamente e che gli idrocarburi concentrati da una panna devono essere rimossi, rapidamente e continuamente, dal contatto con la panna prima che inizi a fuoriuscire sopra o sotto di essa.

## 2. DESIGN

### 2.1 Elementi di costruzione

Le panne sono disponibili in varie forme e dimensioni, tuttavia, indipendentemente dal loro design, in ciascuno di essi si possono distinguere cinque elementi base:

**L'elemento di galleggiamento** (galleggiante) garantisce la galleggiabilità della panna e funziona come un bordo libero che impedisce agli idrocarburi di fuoriuscire e schizzare sulla panna. È riempito con aria o con un materiale solido (solitamente sintetico, ad es. polietilene espanso, poliuretano, polistirene).

**Il mantello** funge da barriera che impedisce il passaggio degli idrocarburi sotto la panna. La profondità del mantello influisce sull'efficienza della panna, ma influisce notevolmente anche sul carico totale esercitato sull'intero sistema. I mantelli della maggior parte delle panne sono realizzate in gomma sintetica o tessuti rivestiti in plastica.



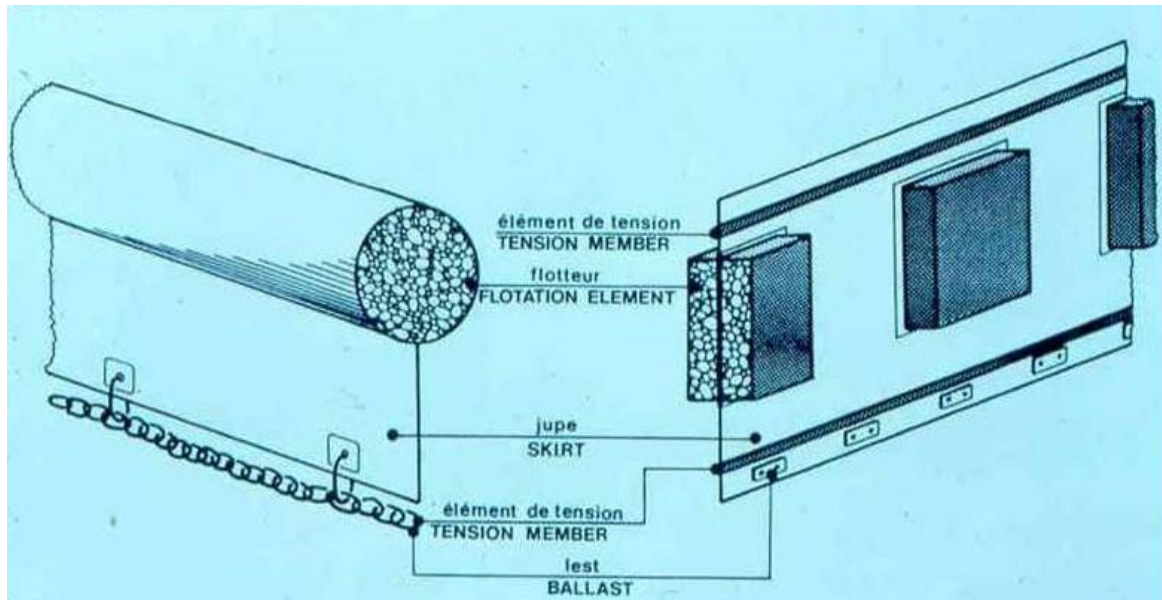
**La zavorra** è fissata alla parte inferiore del mantello per mantenere la panna in una posizione perpendicolare alla superficie dell'acqua. Nella maggior parte dei casi si tratta di una catena (acciaio speciale o zincato) o di pesi metallici appositamente progettati (piombo, acciaio zincato). In alcuni modelli il tubo pieno d'acqua funge da mantello e zavorra allo stesso tempo.

**L'elemento di tensione longitudinale** fornisce resistenza alla trazione della panna, sopportando la maggior parte del carico creato da venti, onde e correnti. Può essere incorporato nella panna (funi di nylon, fettuccia, cavo metallico) o fissato ad esso come elemento di tensione separato (cavo di acciaio inossidabile, fune). Spesso la catena di zavorra funge anche da elemento di tensione. Se il materiale utilizzato nella produzione della panna è sufficientemente resistente, ovvero ha un'elevata resistenza alla trazione, non vengono aggiunti ulteriori elementi di tensione.

**I connettori** sono "dispositivi collegati alla panna utilizzati per unire sezioni della panna tra loro o ad altri dispositivi accessori". Poiché la maggior parte delle panne sono prodotte in sezioni di lunghezza standard, potrebbe essere necessario collegarne diverse per ottenere una lunghezza della panna adeguata ad uno scopo specifico. Questo viene fatto da connettori (giunti) fissati su entrambe le estremità di ciascuna sezione. Esiste un design noto come "connettore standard", ma diversi produttori spesso utilizzano design diversi. La norma ISO precedentemente citata specifica un metodo universale per l'unione di barre con connettori dissimili mediante l'uso di un adattatore standard.

Le panne progettate correttamente hanno anche **punti di ancoraggio** integrati o fissati alla struttura del braccio.

Figura 1: Elementi costruttivi di base della panna



## 2.2 Tipi di panne

La maggior parte delle panne può essere classificata come panne rigide („fence booms“) o panne a cortina („curtain booms“).

Le panne rigide (fence booms) hanno uno schermo verticale che si estende sopra e sotto la linea di galleggiamento e funge contemporaneamente sia da bordo libero che da mantello. Un elemento di galleggiamento è fissato al "recinto" (fence) o integrato in esso per provvedere alla galleggiabilità della panna. La zavorra fissata alla parte inferiore dello schermo mantiene la panna in posizione perpendicolare alla superficie dell'acqua. La sezione trasversale di una panna rigida è solitamente più piatta di quella delle panne a cortina.

Le panne a cortina hanno un elemento di galleggiamento longitudinale, che funge da bordo libero, e una cortina (mantello) sospesa da esso sotto la linea di galleggiamento. La zavorra è fissata alla base del mantello per mantenerla in posizione più o meno verticale. L'elemento di tensione può

essere integrato (incorporato) nella panna o fissato alla sua parte inferiore. La catena di zavorra può anche fungere da elemento di tensione.

I disegni caratteristici rispettivamente delle panne rigide e a cortina sono illustrati nelle **figure 2-5** .

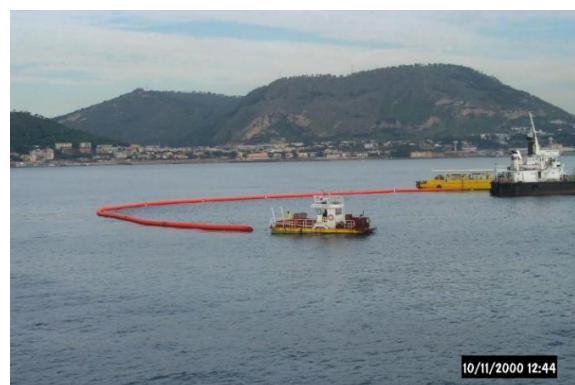
**Figura 2: una panna rigida viene dispiegato dalla costa** **Figura 3: una panna rigida in mare**



**Figura 4: panna a cortina gonfiata ormeggiata**



**Figura 5: panna a cortina trainata**



### 2.3 Comportamento del materiale della panna

Le panne possono essere flessibili, semiflessibili e rigide.

- **Le panne flessibili** non resistono (o resistono solo leggermente) al cambiamento di forma in base al movimento della superficie del mare.
- **Le panne semiflessibili** seguono la forma della superficie dell'acqua con una certa resistenza.
- **Le panne rigide** mantengono la loro forma originale indipendentemente dalle onde e dall'agitazione dell'acqua.

La maggior parte delle panne commerciali sono semi-flessibili, il che rappresenta un ragionevole compromesso tra la necessaria elasticità della panna e la forza che da essa è richiesta.

### 2.4 Dimensioni

L'altezza della maggior parte delle panne disponibili in commercio varia tra 0,25 m e quasi 3 m, ma l'altezza delle panne comunemente usate è generalmente compresa tra 0,5 m e 1,5 m. Nella maggior parte dei progetti il pescaggio rappresenta circa il 60% dell'altezza complessiva, mentre il bordo libero rappresenta il restante 40%.

Le panne vengono generalmente realizzate in sezioni, la cui lunghezza può variare tra i 5 e i 500 m.

Le panne sono talvolta suddivise in categorie in base all'ambiente in cui si prevede che vengano utilizzate. La tabella seguente mostra l'altezza della panna corrispondente alle altezze massime delle onde nelle tre categorie principali dell'ambiente operativo.

**Tabella 1: Categorie di panna**

AMBIENTE OPERATIVO	STATO DEL MARE [Beaufort]	ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA [metro]	ALTEZZA DELL PANNA (pescaggio + bordo libero) [metro]
Acqua calma	1	< 0,3	0,25 – 0,55
Acqua protetta	2	< 1	0,55 – 1,10
Acqua aperta	3 – 4	< 2	> 1,10

### 3. UTILIZZO DELLE PANNE

Quando utilizzate, le panne possono essere sia stazionare (ormeggiate, ancorate) che mobili (rimorchiate da una o più imbarcazioni): nelle modalità di contenimento e protezione le panne sono stazionarie, mentre nella modalità di raccolta (trawling /trascinamento) sono mobili.

#### 3.1 Utilizzo di panne in modalità di contenimento

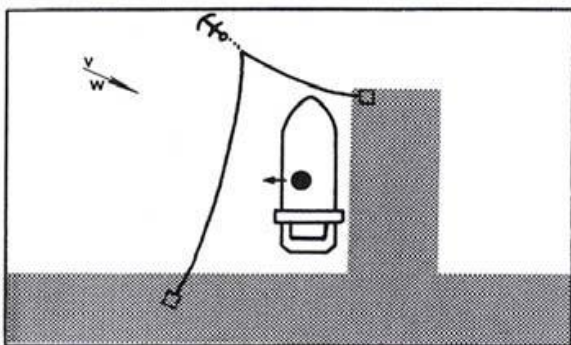
- La panna è posizionata vicino alla fonte di sversamento per contenere gli idrocarburi ed evitarne la diffusione sulla superficie dell'acqua.



- La panna è posizionata lungo la costa inquinata al fine di prevenire la contaminazione del resto della costa, ad esempio con petrolio intrappolato sulle spiagge, in piccole baie e insenature, pozze di marea, ecc. o dagli idrocarburi dilavati?washed off durante le operazioni di pulizia della costa.

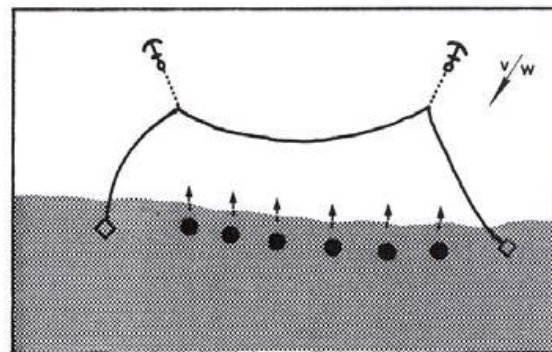
**Fig. 6: Panna posizionata attorno a una nave**

**in porto**



**Fig. 7: Panna posizionata attorno a una sezione**

**di spiaggia contaminata da petrolio**



### 3.2 Utilizzo di panne in modalità di protezione

Le panne vengono utilizzate in modalità protettiva quando un'area sensibile (dal punto di vista ambientale o economico) deve essere protetta dalla contaminazione da idrocarburi. Le aree o le risorse sensibili possono anche essere protette tentando di deviare gli idrocarburi da, ad esempio, una centrale elettrica, un porto turistico, una spiaggia popolare, ecc. o da un'area non conveniente per la raccolta degli idrocarburi, verso un luogo meno sensibile o/e più adatto a causa, ad esempio, di un migliore accesso. Quest'ultima è talvolta chiamata modalità deviante o diversiva di usare le panne.

Figura 8: Protezione di un'oasi avicola

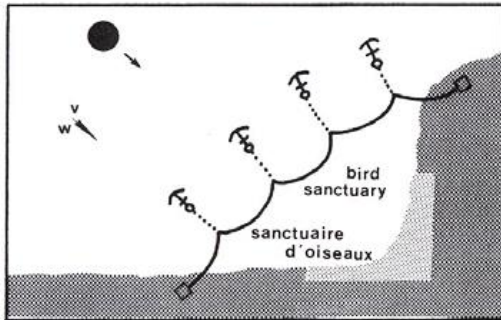


Figura 9: Tutela di un'area turistica

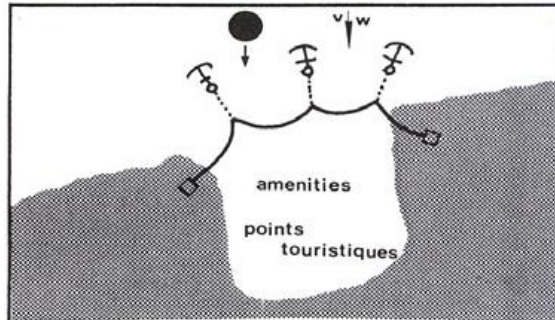


Figura 10: Protezione di una presa d'acqua

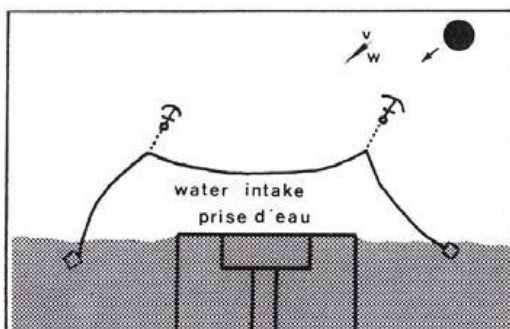
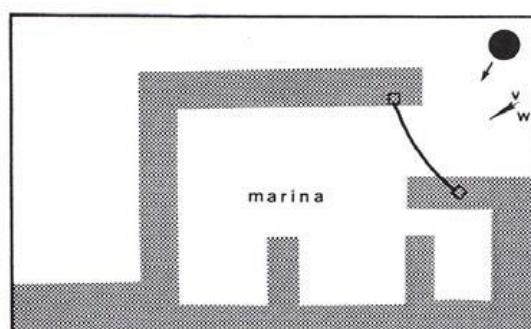


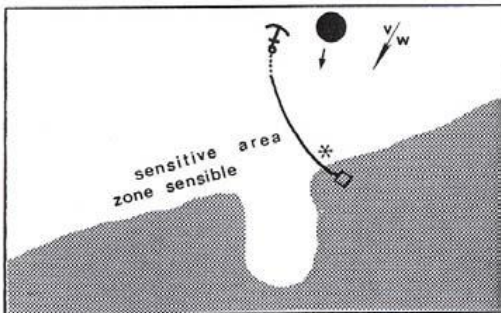
Figura 11: Protezione di un porto turistico





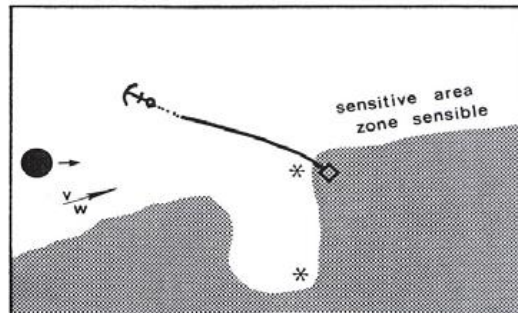
**Figura 12: Deviazione da un'area sensibile meno**

**verso un punto di raccolta**



**Figura 13: Deviazione verso un'area sensibile**

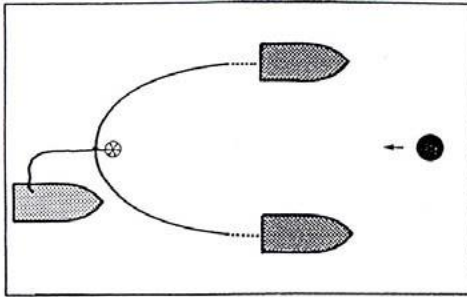
**sensibile**



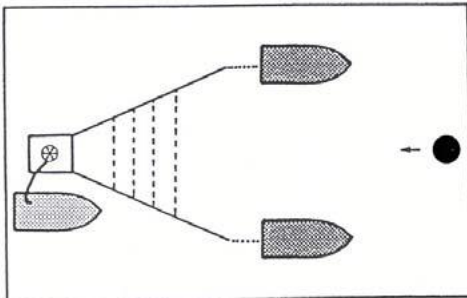
### 3.3 Utilizzo di panne in modalità di raccolta (trascinamento/trawling)

Le panne vengono usate in modalità di raccolta per concentrare gli idrocarburi galleggianti al fine di facilitarne la rimozione dalla superficie del mare. Gli idrocarburi vengono raccolti in mare utilizzando una combinazione di una, due o tre navi e una panna. Le navi devono essere in grado di mantenere le proprietà di navigazione necessarie a velocità molto basse richieste per un'efficace "pesca a strascico" e i loro equipaggi devono essere ben addestrati. I problemi di comunicazione associati al coordinamento dei sistemi multi-nave complicano ulteriormente l'uso di questo metodo di risposta alle fuoriuscite. Infine, la raccolta di idrocarburi a strascico è inutile e inefficace se il tasso di rimozione degli idrocarburi raccolti non corrisponde al tasso di raccolta.

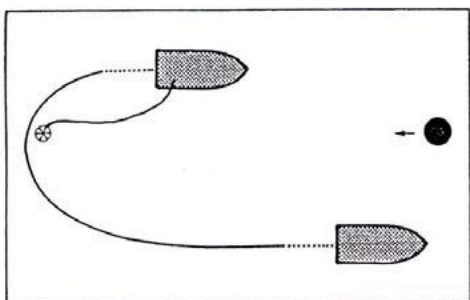
**Figura 14: Configurazione a U** (panna trainata da due imbarcazioni e unità di recupero schierata da una terza)



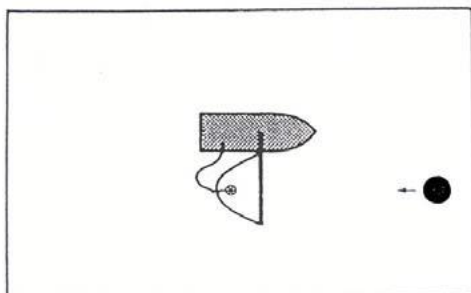
**Figura 15: Configurazione a V** (panna e recuperatore trainati da due imbarcazioni – trasferimento di idrocarburi alla terza)



**Figura 16: Configurazione a J** (panna trainata da due navi, unità di recupero schierata da una di queste che ha anche capacità di stoccaggio degli idrocarburi)



**Figura 17: Sistema a imbarcazione singola** (panna e dispositivo di recupero dispiegati da un'imbarcazione, generalmente con l'aiuto di un braccio)



La decisione su come verrà utilizzata una panna e, se esiste una scelta, quale tipo di panna verrà utilizzata, deve essere presa considerando una serie di fattori tra cui:

- la posizione e le dimensioni della fuoriuscita di idrocarburi;
- le condizioni meteorologiche;
- le condizioni oceanografiche;

- il movimento della chiazza;
- la forma della costa e le caratteristiche del mare adiacente; e
- la sensibilità del territorio e le priorità di tutela.

#### 4. LINEE GUIDA PER L'UTILIZZO DELLE PANNE

L'uso delle panne è limitato da una serie di fattori, principalmente di natura puramente fisica, e tali limiti devono essere riconosciuti per poter beneficiare dell'uso delle panne e per proteggerle da danni o distruzioni. La maggior parte delle linee guida riportate di seguito si basa su esperimenti e sull'esperienza acquisita attraverso l'uso (spesso scorretto) delle panne. Inoltre, va tenuto presente che l'implementazione della panna è nella maggior parte dei casi un lavoro duro e laborioso che può comportare un fallimento. Tutti questi fallimenti dovrebbero essere analizzati, gli errori identificati ed evitati o corretti in futuro.

Infine, è importante ricordare che l'uso efficace delle panne dipende da un'attenta **pianificazione** del loro dispiegamento, utilizzo e recupero e che il personale preposto alla movimentazione delle panne in caso di emergenza deve essere regolarmente formato attraverso **corsi di formazione ed esercitazioni pratiche**.

## 4.1 Capacità di ritenzione di idrocarburi

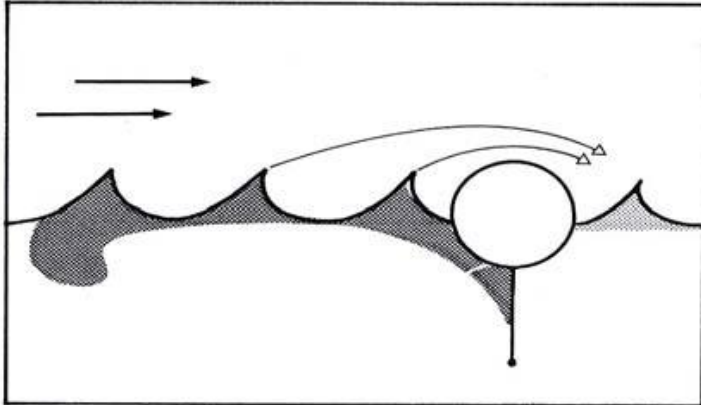
Le prestazioni di una panna sono influenzate da venti, onde e correnti. Sotto la loro influenza gli idrocarburi contenuti da una panna tenderà a continuare a muoversi: cercherà di fuoriuscire o sopra il bordo libero della panna ("splash-over") o sotto il suo mantello ("trascinamento"). Il vento e le onde generalmente causano schizzi, mentre le correnti sono responsabili del trascinamento e del "drenaggio" degli idrocarburi. Il "drenaggio" è un guasto raro, simile al trascinamento, e si verifica quando una piccola panna ha raccolto troppi idrocarburi, quindi scorre lungo la faccia della panna e fuoriesce. La "sommersione" si verifica quando una panna è esposta a una corrente veloce, ma non è comune perché il trascinamento si verifica prima che sia stata raggiunta la velocità necessaria per l'immersione. Infine, il "planing" è un guasto comune che si verifica quando forti correnti e venti si muovono in direzioni opposte e provocano l'appiattimento della panna sulla superficie dell'acqua, e la perdita degli idrocarburi contenuti. Tutti questi fenomeni possono interessare sia le panne ormeggiate che quelle trainate.

### 4.1.1 Splash-over

Le onde di breve periodo (rapporto lunghezza/altezza  $\leq 4$  e inferiori), che sono normalmente generate in aree ristrette e sono molto comuni nella regione adriatica, possono causare schizzi, mentre le onde lunghe (rapporto lunghezza/altezza  $\geq 8$ ) non dovrebbero influenzare le prestazioni della panna se questa è sufficientemente flessibile.

- L'unico modo per superare il problema dello splash-over è aumentare le dimensioni della panna (bordo libero), ovvero utilizzarne una più grande se si prevedono condizioni instabili in una certa area. L'implementazione di una panna più grande richiede più tempo, personale e attrezzature aggiuntive.
- I dati suggeriti dai produttori riguardo alle prestazioni in onde e vento delle loro panne, oltre ad essere a volte molto "ottimisti", corrispondono più ai limiti della resistenza e dell'integrità della panna che alla sua capacità di trattenere gli idrocarburi.

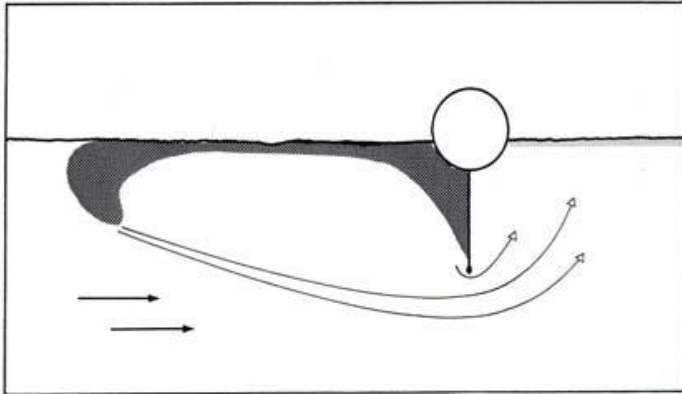
**Figura 18: Splash-over**



#### 4.1.2 Trascinamento

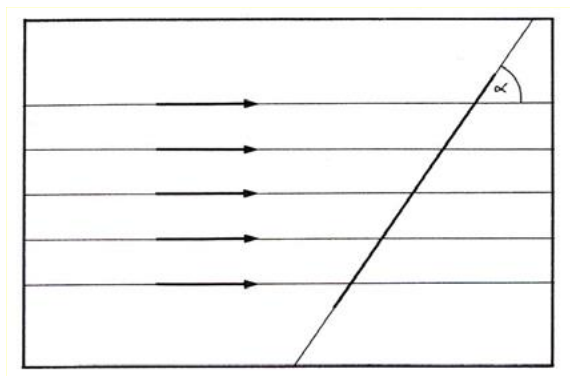
Quando la velocità attuale ad angolo retto rispetto a una panna supera 0,58-0,70 nodi o 0,30-0,36 m/s ("velocità critica") gli idrocarburi iniziano a fuoriuscire sotto la panna. Questo fenomeno è noto come "trascinamento" e non può essere evitato aumentando la profondità del mantello.

**Figura 19: trascinamento**



Le prestazioni di una panna in correnti che superano la "velocità critica" possono essere migliorate posizionando la panna ad angolo acuto rispetto al flusso. La velocità relativa della corrente viene così ridotta e gli idrocarburi vengono trattenuti dalla panna e deviati lungo di essa. Per evitare il "trascinamento" l'angolo tra la panna e la direzione della corrente dovrebbe soddisfare la disuguaglianza  $\sin \alpha \leq V_{cr} / V_{cu}$ . ( $V_{cr}$  = velocità critica;  $V_{cu}$  = velocità attuale;  $\alpha$  = angolo acuto tra la panna e la direzione della corrente;  $V_{cr}$  e  $V_{cu}$  dovrebbero essere espressi nella stessa unità, solitamente nodi o m/s).

**Figura 20: Panna posizionata ad angolo acuto rispetto al flusso**



La tabella 2 mostra gli angoli tra la panna e il flusso di corrente a cui dovrebbe essere posizionata la panna per evitare la fuoriuscita di idrocarburi per trascinamento.



**Tabella 2: Angoli acuti tra la corrente e la panna in funzione della velocità attuale e delle velocità critiche**

VELOCITÀ ATTUALE [nodi]	ANGOLO TRA LA PANNA E LA PORTATA DI CORRENTE	
	VELOCITÀ CRITICA 0,30 m/s (0,583 nodi)	VELOCITÀ CRITICA 0,36 m/s (0,7 nodi)
1.0	36°	45°
1.5	23°	28°
2.0	17°	20°
2,5	13°	16°
3.0	11°	13°
3.5	10°	12°
4.0	8°	10°
4.5	7°	9°

Le cifre fornite sono applicabili solo se la profondità dell'acqua è 5 volte il pescaggio della panna o più, poiché in acque molto basse le velocità critiche sono inferiori al normale (da 0,6 a 0,7 nodi) e di conseguenza i valori forniti per gli angoli corrispondenti a determinate velocità attuali non sono corretti.

## 4.2 Panne ormeggiate

Se le panne vengono usate in modalità stazionaria, devono essere ormeggiate. Il numero di punti di ormeggio, il tipo di attrezzi di ormeggio, il peso delle ancore ecc., dipenderanno dalle forze delle correnti, dei venti e delle onde che questi punti di ormeggio dovrebbero sostenere e dalle dimensioni della panna utilizzata. Sebbene non sia possibile calcolare esattamente le forze esercitate su una panna, i loro valori approssimativi possono essere ottenuti utilizzando le due formule seguenti:

- (1) Forza esercitata dalla corrente:  $F_c = K \times A_s \times V_c^2$  (dove  $F_c$  = forza esercitata dalla corrente [kg],  $K$  = costante di proporzionalità, il cui valore è solitamente  $K = 26$  o meno,  $A_s$  = sottosuperficie area di una panna [ $m^2$ ], e  $V_c$  = velocità attuale [nodi]).
- (2) Forza esercitata dal vento:  $F_w = K \times A_f \times (V_w / 40)^2$  (dove  $F_w$  = Forza esercitata dal vento [kg],  $K$  = costante di proporzionalità, solitamente 26,  $A_f$  = area di bordo libero di una panna [ $m^2$ ], e  $V_w$  = Velocità del vento [nodi]).

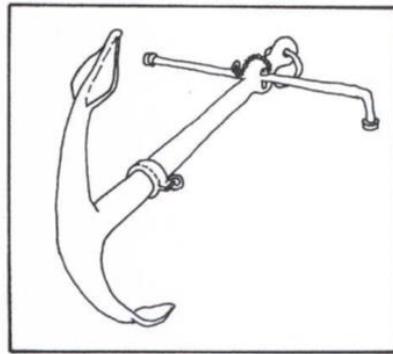
Dato che una corrente di una certa velocità e un vento di velocità circa 40 volte maggiore creano pressioni uguali,  $V_w$  è diviso per 40 nella formula (2).

Se sia la corrente che il vento agiscono nella stessa direzione (il caso peggiore), le loro forze combinate saranno uguali alla loro somma (3):  $F = F_c + F_w$ .

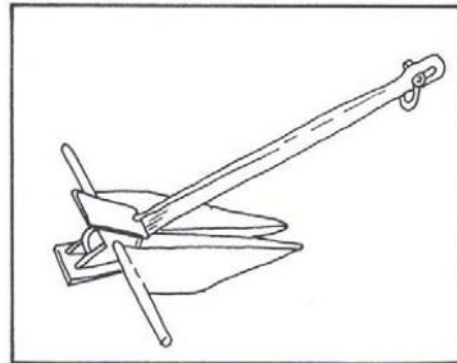
Ad esempio, su una panna lunga 100 m, con bordo libero di 0,6 m e pescaggio di 1,0 m, la corrente di 0,4 nodi e un vento di 20 nodi, soffiando nella stessa direzione della corrente, eserciteranno una forza di:

- (1)  $F_c = 26 \times (100 \times 1) \times (0,4)^2 = 416 \text{ kg}$
- (2)  $F_w = 26 \times (100 \times 0,6) \times (20/40)^2 = 390 \text{ kg}$
- (3)  $F = 416 + 390 = 806 \text{ kg}$

Poiché la posizione più o meno permanente di una panna e l'angolo corretto del suo dispiegamento devono essere mantenuti per garantire che un braccio sia efficace, vengono utilizzati ancoraggi o blocchi di cemento per mantenere una panna in posizione. Gli ancoraggi consigliati sono il tipo „Ammiragliato“ (per fondali rocciosi) o il tipo “Danforth” (per sabbia, ghiaia, fango e argilla).



**Figura 21: Ancora „Ammiragliato“**



**Figura 22: Ancora “Danforth”**

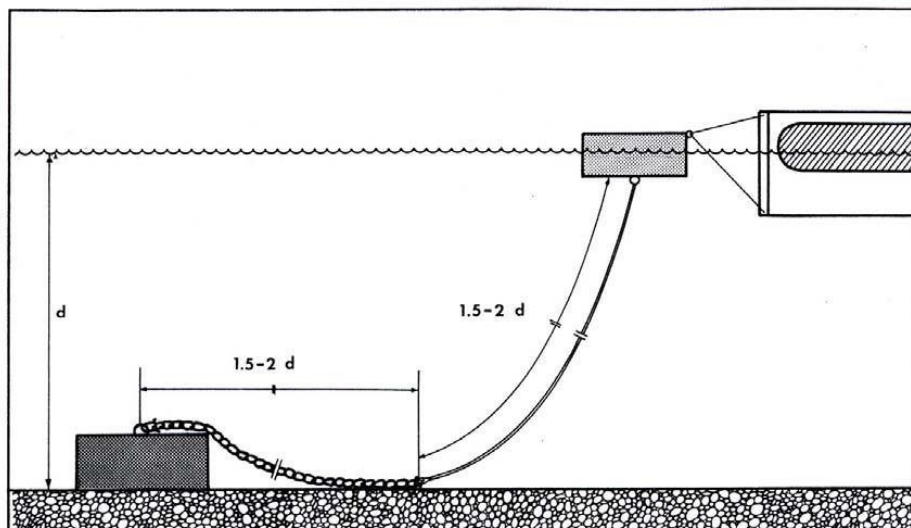
**Tabella 3: Poteri di tenuta su diversi fondali di ancore di tipo “Danforth”**

PESO ANCORA [kg]	POTENZA DI TENUTA [kg]		
	FANGO	SABBIA / GHIAIA	ARGILLA
15	200	250	300
25	350	400	500
35	600	700	700

Per compensare il movimento delle onde, il mare lungo e le maree, una linea di ormeggio dovrebbe essere 3-4 volte la profondità dell'acqua con l'alta marea. Tra l'ancora (o un blocco di cemento) e la cima di ormeggio dovrebbe essere fissato un tratto di catena pesante per migliorare la forza di tenuta dell'ancora.

Per evitare l'immersione della panna, questa dovrebbe prima essere attaccata ad una boa e la boa ad una cima di ormeggio.

**Figura 23: Una sistemazione di ormeggio ben preparata**



Se la panna è ancorata a una battigia, una certa lunghezza della panna deve essere lasciata a terra. Se possibile, la panna dovrebbe essere fissata in un luogo relativamente liscio, coperto di sabbia o ghiaia, poiché le superfici ruvide (massi, rocce) danneggerebbero la panna. Sulle coste rocciose, occorre utilizzare sacchi pieni di sabbia per levigare la superficie su cui è fissato il boma.

Se si prevede di fissare la panna (in modo permanente o solo in caso di emergenza) a un punto fisso su una diga o su un molo in un porto o una marina, è consigliabile preparare in anticipo un ormeggio a tenuta stagna.

### 4.3 Panne trainate

La raccolta degli idrocarburi in mare aperto è talvolta possibile utilizzando panne trainate. Questa operazione è molto spesso limitata da condizioni meteorologiche avverse o dallo stato del mare. D'altra parte, se le condizioni lo consentono, può essere un modo molto efficace per eliminare il rischio di inquinamento delle risorse costiere.

Qualsiasi panna offshore con una resistenza alla trazione sufficiente può essere utilizzata per lo spazzamento degli idrocarburi.

Tutte le stime riguardanti le velocità di fuga degli idrocarburi e le forze esercitate su una panna (paragrafi 4.1 e 4.2) si applicano anche ai sistemi di panna trainata, solo che ora il fattore più rilevante sarà la velocità di traino piuttosto che la velocità attuale.

Il buon esito di un'operazione di traino della panna dipenderà molto dalla scelta dei rimorchiatori: questi dovrebbero avere una potenza sufficiente e mantenere la loro manovrabilità a velocità molto basse (da 0,5 a 1,0 nodi). Si valuta che 1 HP di un motore entro bordo equivalga a 20 kg di forza di trazione. Se vengono utilizzate due navi, ciascuna dovrebbe avere circa la metà della potenza richiesta. Le navi a doppia propulsione con eliche a passo variabile e propulsori di prua e di poppa hanno maggiori probabilità di avere la manovrabilità necessaria rispetto alle navi a elica singola.

I cavi di traino devono essere sufficientemente lunghi (almeno 50 metri) per compensare sollecitazioni improvvise.

Poiché gli idrocarburi fuoriescono da una panna in formazione a U più facilmente che da un sistema a V, i due lati della panna possono essere collegati con briglie di filo sottile a intervalli regolari (vedi Figura 15) per mantenere una formazione a V.

Gli idrocarburi non fuoriescono da una panna trainata solo se la velocità relativa di traino (velocità relativa tra la panna trainata e la corrente opposta) è inferiore alla velocità critica (da 0,5 a 0,7 nodi) e se gli idrocarburi vengono rimossi dal punto di raccolta (all'apice della formazione utilizzata) al tasso corrispondente al tasso di raccolta.

La velocità relativa dell'intero sistema in una corrente molto forte può essere mantenuta al di sotto della velocità critica lasciando che i rimorchiatori vadano alla deriva verso poppa.

Si deve prestare particolare attenzione alle comunicazioni tra le navi, perché uno scarso coordinamento può comportare il fallimento dell'operazione e il danneggiamento delle attrezzature (panne) utilizzate.



## SKIMMER E LORO UTILIZZO PER IL RECUPERO DI IDROCARBURI IN MARE

### 1. INTRODUZIONE

L'eliminazione degli idrocarburi dalla superficie del mare (acqua) su cui sono stati sversati è lo scopo principale delle attività di risposta alle fuoriuscite di idrocarburi, mentre la sua rimozione fisica dalla superficie del mare è generalmente il metodo di risposta preferito, poiché non vengono introdotte sostanze aggiuntive nell'ambiente marino e si perdono meno idrocarburi in modo irreversibile.

Gli idrocarburi possono essere rimossi dalla superficie del mare utilizzando mezzi non specifici, manuali e meccanici, o attrezzature appositamente costruite. Questa lezione fornisce informazioni sulla rimozione fisica degli idrocarburi dalla superficie del mare, utilizzando **attrezzature appositamente progettate**.

### 2. DEFINIZIONE

Il nome comune dei vari dispositivi di recupero di idrocarburi è "skimmer". Si tratta di qualsiasi dispositivo meccanico specificamente progettato per la rimozione di idrocarburi (o miscela idrocarburi /acqua) dalla superficie dell'acqua (mare) senza alterarne le caratteristiche fisiche e/o chimiche.

Questa definizione comprende numerosi progetti e principi di funzionamento utilizzati nella costruzione degli skimmer.

Nella maggior parte delle situazioni di sversamento gli skimmer vengono utilizzati insieme a panne, ma è anche possibile utilizzarli indipendentemente. Si può dire che la rimozione degli idrocarburi, pur essendo strettamente collegata, non è condizionata dall'utilizzo delle panne, a differenza del contenimento degli idrocarburi (mediante panne) che è efficace solo se gli idrocarburi raccolti vengono successivamente rimossi.

### 3. DESIGN

Gli skimmer disponibili in commercio si basano su un'ampia varietà di principi di funzionamento applicati nella loro costruzione. Il principio utilizzato per la rimozione degli idrocarburi dalla superficie dell'acqua offre la possibilità di classificare gli skimmer in due gruppi principali: skimmer **meccanici** e **oleofili**.

In ogni skimmer si possono distinguere tre elementi principali:

- elemento di recupero degli idrocarburi;
- flottazione; e
- sistema di trasferimento degli idrocarburi.

L'elemento di recupero degli idrocarburi rimuove gli idrocarburi dalla superficie del mare, l'elemento di flottazione consente a uno skimmer di galleggiare sulla superficie del mare, mentre il sistema di trasferimento evacua gli idrocarburi recuperati in un contenitore di stoccaggio. Il sistema di trasferimento (pompa, tubi flessibili, raccordi) è incorporato nello skimmer o viene fornito come unità separata, ovvero l'elemento di recupero degli idrocarburi può essere collegato a una pompa esterna indipendente.

### 3.1 Skimmer meccanici

Gli **skimmer meccanici** comprendono tutti i dispositivi che si basano sulle proprietà di scorrimento del fluido di idrocarburi e miscele idrocarburi/acqua e sulla differenza di densità tra idrocarburi e acqua. I diversi principi di funzionamento applicati per sfruttare le suddette proprietà fisiche degli idrocarburi definiscono ulteriormente le **più comuni** (NB ce ne sono altre!) **sottocategorie** di skimmer meccanici:

- **skimmer ad aspirazione diretta/sottovuoto** – la testa aspirante, tenuta manualmente sulla superficie dell'acqua o galleggiante su di essa, aspira direttamente gli idrocarburi.
- **skimmer a stramazzo** – lo stramazzo posizionato leggermente sotto la superficie dell'acqua consente il flusso degli idrocarburi nella coppa dello skimmer, da dove viene pompato allo stoccaggio.
- **skimmer a nastro trasportatore** – un **nastro trasportatore** inclinato, non oleofilo, trasporta gli idrocarburi nell'area di raccolta (pozzetto). In alcuni skimmer di questo tipo gli idrocarburi vengono trasportato **direttamente verso l'alto** dalla superficie del mare al pozzetto di raccolta, mentre negli altri viene forzato prima **sotto la superficie dell'acqua** (sommerso) e poi in alto, verso il pozzetto.

Figura 1: Principio di funzionamento ed esempio di uno skimmer ad aspirazione diretta / sottovuoto

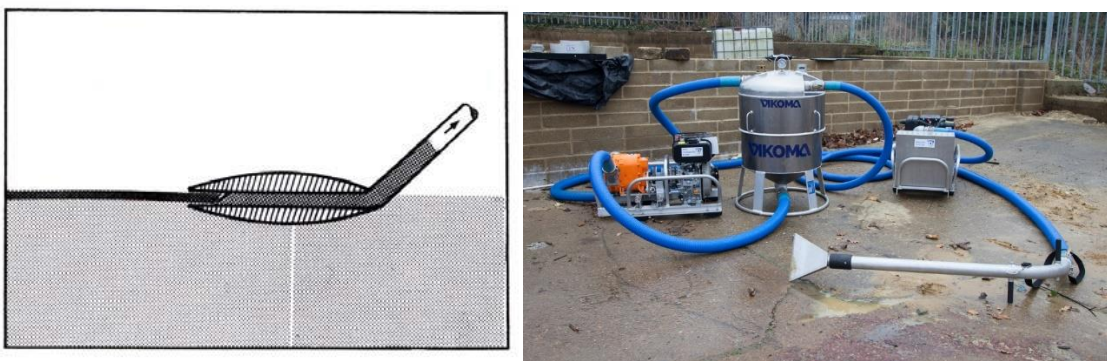


Figura 2. Principio di funzionamento ed esempio di skimmer a stramazzo

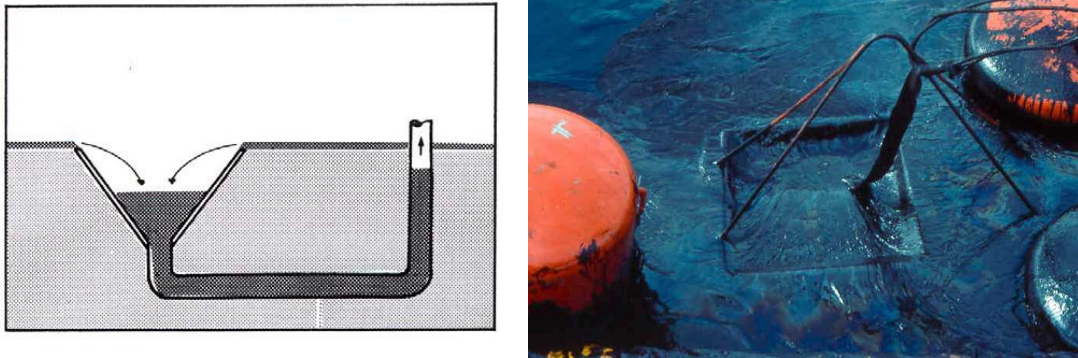
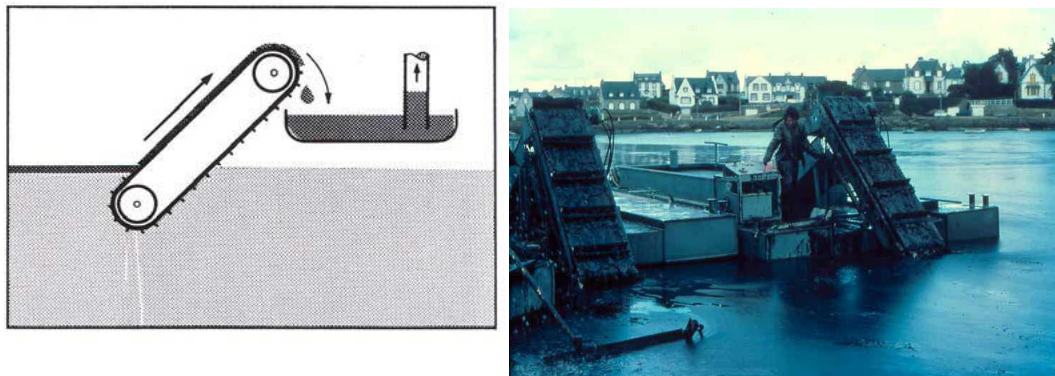


Figura 3. Principio di funzionamento ed esempio di skimmer a nastro trasportatore



### 3.2 Skimmer oleofili

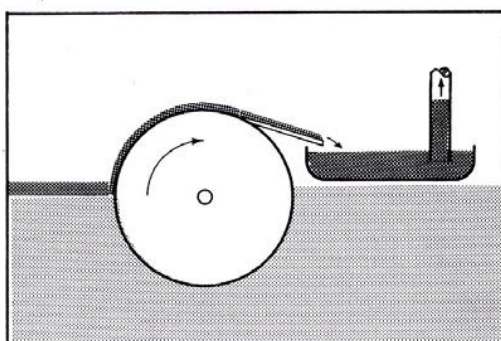
Il principio di recupero degli idrocarburi della seconda categoria principale di skimmer si basa sulle caratteristiche di alcuni materiali aventi maggiore affinità per l'olio che per l'acqua. Tali materiali sono noti come "oleofili" e comprendono ad esempio l'acciaio inossidabile, l'alluminio e alcuni materiali plastici (es. PVC). Di conseguenza, gli skimmer che si avvalgono di questa caratteristica



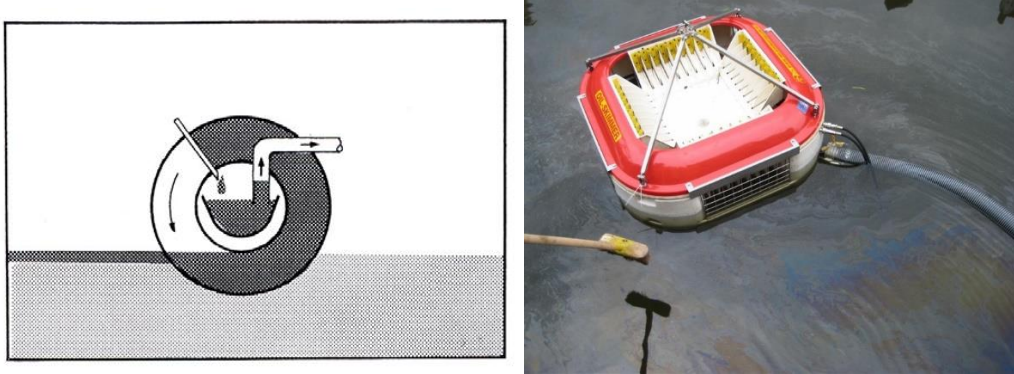
sono detti **skimmer oleofili**. A seconda della forma della superficie mobile a cui aderisce l'olio, le **sottocategorie più comuni** (NB ce ne sono altre!) sono:

- **skimmer a tamburo** – l'olio aderisce ad un tamburo girevole, posizionato orizzontalmente e parzialmente sommerso rivestito con un qualche tipo di materiale oleofilo. La rotazione del tamburo porta l'olio verso i raschiatori che lo rimuovono dalla superficie del tamburo e lo depositano in un pozzetto, da dove viene pompato ad un contenitore di stoccaggio.
- **skimmer a disco** – hanno un numero variabile di dischi rotanti in materiale oleofilo. L'olio che aderisce alla superficie del disco sommerso viene pulito da raschiatori che lo dirigono in una coppa per essere pompato fuori.
- **skimmer a spazzole** : l'olio si aggrappa a una serie di spazzole parzialmente sommerse a rotazione continua che trasportano l'olio ai pulitori per spazzole, da dove viene pompato a un deposito.
- **skimmer a fune oleofila** - l'olio aderisce a una fune oleofila galleggiante che ruota tra due pulegge (una puleggia motrice e un'altra puleggia "di coda"), o è sospesa sopra la superficie dell'acqua da una nave, o è trascinata sulla superficie dell'acqua da una nave. Nei primi due tipi la fune passa continuamente attraverso una serie di rulli pressori che rimuovono l'olio aderito, mentre nel terzo la fune viene periodicamente strizzata da un dispositivo simile dopo essere stata saturata di olio. L'olio raccolto viene successivamente pompato in un deposito.

**Figura 4: Principio di funzionamento ed esempio di skimmer a tamburo oleofilo**



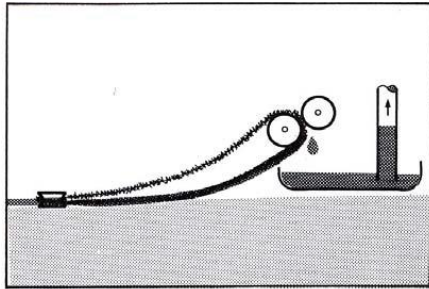
**Figura 5: Principio di funzionamento ed esempio di skimmer a disco oleofilo**



**Figura 6: Principio di funzionamento ed esempio di skimmer oleofilo a spazzole**



Figura 7: Principio di funzionamento ed esempio di skimmer a fune oleofila



Diversi produttori offrono skimmer con tipi **intercambiabili** di unità di recupero (ad esempio spazzola, disco e tamburo), mentre in alcuni altri modelli lo skimmer ha una **combinazione** di unità di recupero a disco e tamburo integrate.

I nastri oleofili sono utilizzati anche come unità di recupero in alcuni modelli, tuttavia, questi sono più spesso utilizzati nei separatori di acque oleose che in risposta a fuoriuscite di petrolio in mare.

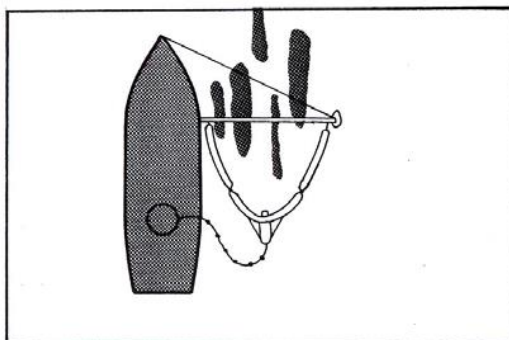
### 3.3 Panne skimmer

Le panne skimmer sono dispositivi di recupero che comprendono un tratto di panna con un dispositivo di skimming integrato o uno skimmer separato unito alla panna. Sono destinati all'uso in mare aperto o in zone inquinate abbastanza grandi da consentire la navigazione a navi di dimensioni maggiori.



Le panne skimmer hanno tassi di incontro notevolmente elevati, possono operare in mari medi e sono facili da dispiegare, ma la loro efficienza è limitata dalla manovrabilità delle navi da cui vengono dispiegate. La bassa velocità operativa richiesta per il loro utilizzo (circa da 1,0 a 1,5 nodi) rende fondamentale la selezione di imbarcazioni adatte. Piccole navi cisterna costiere, draghe, rimorchiatori e navi di rifornimento sono i tipi più probabili di navi da utilizzare per l'installazione di panne skimmer.

**Figura 8: Panne skimmer con dispositivo di skimming incorporato dispiegato da una singola imbarcazione**



### 3.4 Sweeping arms

Gli „sweeping arms“ sono barriere galleggianti rigide con skimmer incorporato o sistema di pompaggio dell'olio, che vengono posizionati e fissati vicino a una nave ad angolo. Mentre la nave avanza attraverso una chiazza di petrolio, l'olio viene guidato dallo scafo della nave e dallo sweeping arm verso la sua camera di raccolta da dove viene pompato nei serbatoi di stoccaggio della nave. In alcuni modelli il livello dell'ingresso alla camera di raccolta può essere regolato idraulicamente per aumentare il contenuto di olio della miscela di olio e acqua raccolta.

Come le panne skimmer, pure i gli sweeping arms sono progettati per l'uso con navi più grandi (ad es. piccole petroliere costiere, draghe, navi di rifornimento, ecc.) che hanno una capacità di

stoccaggio del petrolio sufficiente per consentire un periodo ragionevolmente lungo di operazioni in mare senza dover ritornare al porto per scaricare gli idrocarburi raccolti.

**Figura 9: Una nave per il recupero di idrocarburi con sweeping arms attaccati a ciascuno dei due lati**



#### 4. UTILIZZO DEGLI SKIMMER E LORO LIMITI

Gli skimmer possono essere utilizzati per il recupero di idrocarburi **offshore** (in mare aperto) e per il recupero **inshore** (in zone costiere, porti, ecc.). La principale differenza tra queste due opzioni sta nel supporto logistico richiesto per ciascuna di esse piuttosto che nel tipo di attrezzatura utilizzata.

La maggior parte dei tipi di skimmer può essere utilizzata sia offshore che inshore (escluse le panne skimmer e gli sweeping arms progettati per l'uso in acque aperte). Tuttavia, il luogo e la modalità d'uso degli skimmer, nonché la selezione del tipo adeguato di skimmer, dipendono dai seguenti fattori:

- caratteristiche degli idrocarburi sversati;

- dimensione della fuoriuscita;
- movimenti della superficie del mare (onde, correnti)
- disponibilità di personale specializzato, fornitura di energia e attrezzature ausiliarie (es. gru)
- disponibilità di strutture per la manutenzione e la riparazione delle apparecchiature.

Per ovvie ragioni non è possibile utilizzare skimmer di grandi dimensioni in acque molto basse e in luoghi con avvicinamento ristretto, semplicemente a causa delle loro dimensioni e del loro peso, mentre in mare aperto non è possibile l'uso di dispositivi piccoli, leggeri e portatili.

#### 4.1 Prestazioni di uno skimmer

Il successo del recupero meccanico degli idrocarburi fuoriusciti è limitato dalle condizioni meteorologiche avverse, dalla viscosità degli idrocarburi e dagli effetti delle onde e delle correnti. La quantità di idrocarburi che uno skimmer può recuperare in un periodo di tempo è chiamata **velocità di incontro** (prodotto della larghezza dell'andana di uno skimmer e della velocità di avanzamento dello skimmer rispetto agli idrocarburi), e dipende dal grado di diffusione e frammentazione della chiazza di petrolio.

**I criteri di prestazione ai test** (efficienza di recupero, efficienza di rendimento e tasso di recupero degli idrocarburi) forniscono un'utile indicazione delle prestazioni potenziali dello skimmer, tuttavia il tasso di incontro rimane il principale **fattore limitante** delle prestazioni effettive di uno skimmer.

Gli skimmer vengono solitamente testati in vasche sperimentali, in condizioni controllate. I criteri sopra menzionati e più comuni sono descritti come segue:

- **L'efficienza di recupero (RE)** è la percentuale di olio nel fluido recuperato dallo skimmer.  $RE = \text{olio recuperato} / \text{fluido totale recuperato} \times 100$  [%]. E' la misura della selettività con cui lo skimmer recupera l'olio rispetto all'acqua.

- **L'efficienza di rendimento ( TE )** è la percentuale di olio che entra nello skimmer che viene recuperato:  $TE = (\text{olio recuperato} / \text{olio incontrato}) \times 100$  [%]. Evidenzia le perdite che si verificano dalla panna e dallo skimmer stesso. La TE solitamente diminuisce all'aumentare della velocità di esercizio e lo stato del mare peggiora.
- **Il tasso di recupero dell'olio (ORR)** è il volume di olio recuperato per unità di tempo.  $ORR = \text{volume olio recuperato} / \text{unità di tempo}$  [ $m^3/h$ ].

Purtroppo, la capacità massima della pompa, regolata per la viscosità tipica dell'olio, e la perdita di carico („**nameplate rate**“, "**tasso di targa**") è molto spesso considerata l'unico indicatore della capacità di uno skimmer. Pur essendo importante, il „tasso di targa“ è solo uno degli elementi (gli altri sono RE, ORR e TE) che devono essere considerati per stimare la velocità con cui uno skimmer è effettivamente in grado di recuperare olio e quanta acqua libera sarà raccolta insieme all'olio.

Le principali caratteristiche dei diversi tipi di skimmer meccanici e olefili sono riassunte rispettivamente nelle **Tabelle 1 e 2**. Questi sono stati modificati dal Technical Information Paper 05 dell'ITOPF.

**Tabella 1: Caratteristiche degli skimmer meccanici**

TIPO DI SKIMMER	TASSO DI RECUPERO	TIPI DI OLIO	STATO DEL MARE	DETRITI	ACCESSORI
<b>ASPIRAZIONE / SOTTOVUOTO</b>	Dipende dalla pompa del vuoto.	Più efficace in oli a viscosità medio-bassa.	Usato in acque calme. Piccole onde causano la raccolta di acqua eccessiva. Diventa più selettivo con l'aggiunta dello stramazzo.	Può essere ostruito da detriti.	Autospurghi o rimorchi sono generalmente autonomi, con alimentazione, pompa e stoccaggio necessari.
<b>STRAMAZZO</b>	Dipende dalla capacità della pompa, dal tipo di olio, ecc. Può essere significativo.	Efficace in oli da leggeri a pesanti. Gli oli molto pesanti potrebbero non fluire allo stramazzo.	Altamente selettivo in acque calme con poca acqua trascinata. In acque mosse può essere facilmente inondato con aumento dell'acqua trascinata.	Può essere intasato da detriti, anche se alcune pompe possono far fronte a piccoli detriti.	Centralina separata, tubi idraulici e di scarico, pompa e apposito vano. Alcuni skimmer hanno pompe integrate.
<b>NASTRO</b>	Da basso a medio	Più efficace negli oli pesanti.	Può essere altamente selettivo con poca acqua trascinata. Funziona bene in acque mosse	Efficace in piccoli detriti. Può essere ostruito da detriti di grandi dimensioni.	Può fornire l'olio direttamente allo stoccaggio nella parte superiore del nastro.

**Tabella 2: Caratteristiche degli skimmer oleofili**

TIPO DI SKIMMER	TASSO DI RECUPERO	TIPI DI OLIO	STATO DEL MARE	DETRITI	ACCESSORI
<b>DISCO</b>	Dipende dal numero e dalla dimensione dei dischi.	Più efficace negli oli a media viscosità.	Altamente selettivo in onde/correnti basse. Nelle acque agitate può essere inondato	Può essere ostruito da detriti.	Centralina separata, tubi idraulici e di scarico, pompa e apposito vano.

TIPO DI SKIMMER	TASSO DI RECUPERO	TIPI DI OLIO	STATO DEL MARE	DETRITI	ACCESSORI
<b>SPAZZOLA</b>	Generalmente di fascia media. La produttività dipende dal numero e dalla velocità delle spazzole.	Diverse dimensioni del pennello per oli leggeri, medi e pesanti.	Relativamente poca acqua libera o trascinata raccolta. Alcuni modelli possono funzionare in acque agitate, altri potrebbero essere sommersi dalle onde.	Efficace in piccoli detriti, può essere ostruito da detriti di grandi dimensioni.	Centralina separata, tubi idraulici e di scarico, pompa e apposito vano.
<b>TAMBURO</b>	Dipende dal numero e dalla dimensione dei tamburi.	Più efficace negli oli a media viscosità.	Altamente selettivo in onde/correnti basse. Nelle acque agitate può essere inondato	Può essere ostruito da detriti.	Centralina separata, tubi idraulici e di scarico, pompa e apposito vano.
<b>ROPE MOP</b>	Dipende dal numero e dalla velocità delle funi. Rendimento generalmente basso.	Più efficace negli oli a media viscosità, sebbene possa essere efficace	Pochissima acqua libera o assente. Può operare in acque mosse.	In grado di tollerare detriti notevoli.	Le unità più piccole hanno un alimentatore integrato, le unità più grandi necessitano di accessori separati.



		negli oli pesanti.			
--	--	--------------------	--	--	--

Le caratteristiche delle diverse tipologie di skimmer citate nelle tabelle sopra riportate si basano sull'esperienza operativa, ma anche su conoscenze teoriche e tecniche risultanti da calcoli e/o prove di laboratorio.

In ogni caso, queste tabelle dimostrano soltanto che non esiste uno skimmer "universale": ogni particolare tipo di skimmer ha i suoi vantaggi in certe situazioni di sversamento e i suoi inconvenienti in altre.

#### 4.2 Recupero di idrocarburi in mare aperto

Il recupero di idrocarburi offshore richiede **un'attenta pianificazione** basata sui tassi di incontro e recupero degli skimmer, sulla capacità delle pompe di trasferimento, capacità dei serbatoi disponibili (a bordo della nave o serbatoi flessibili galleggianti), distanze dai porti più vicini, velocità delle navi, ecc. .

L'uso degli skimmer in mare aperto (dispiegati da una nave) può essere limitato anche nelle condizioni più favorevoli da **una capacità di stoccaggio insufficiente** a bordo della nave da cui è utilizzato lo skimmer, rendendo quindi necessario uno scarico periodico di idrocarburi a riva. L'utilizzo di una nave cisterna (costiera) per trasferire a riva la miscela di olio e acqua raccolta in mare può aiutare a superare questa limitazione.

Tuttavia, le principali limitazioni per l'uso degli skimmer in mare aperto sono **le condizioni meteorologiche e lo stato del mare** che di solito sono meno favorevoli in mare aperto che in prossimità della costa.

Negli incidenti di rilievo del passato solo una parte relativamente piccola degli idrocarburi sversati è stata recuperata in mare aperto, per le ragioni sopra esposte, ma anche per le comuni difficoltà di localizzazione degli sversamenti offshore e per il fatto che il recupero degli idrocarburi è difficile, se non impossibile, nei periodi di scarsa visibilità e di notte. Tuttavia, nessuno sforzo dovrebbe essere risparmiato nel tentativo di recuperare quanti più idrocarburi possibili mentre galleggiano al largo, poiché è probabile che i danni ambientali ed economici siano meno pronunciati in mare aperto che vicino o a terra.

#### 4.2 Recupero di idrocarburi nelle aree costiere

Se si deve recuperare solo un **piccolo volume** di olio, si consiglia l'uso di dispositivi di recupero più selettivi.

Se invece il **volume** dell'inquinante è **maggiore**, si può preferire l'uso di attrezzature più pesanti con tassi di recupero più elevati, tenendo presente che il **pescaggio dello skimmer** dovrebbe essere inferiore alla profondità del mare.

Il **tipo di olio fuoriuscito** escluderà automaticamente l'eventuale utilizzo di skimmer che non possono farcela. I **detriti** mescolati con l'olio (probabile caso vicino alla costa) possono ridurre l'efficacia di alcuni skimmer e deve essere prevista la loro rimozione continua.

La topografia del sito di recupero a terra influenzerà fortemente le operazioni di recupero degli idrocarburi nelle acque costiere adiacenti. L'**inaccessibilità alla costa da terra** richiederà l'uso di imbarcazioni per la distribuzione di skimmer o l'uso di imbarcazioni a propulsione autonoma per il recupero. È pertanto necessaria un'attenta pianificazione del trasferimento a terra degli inquinanti recuperati, tenendo in considerazione gli stessi fattori indicati per il recupero in mare aperto. D'altra parte, se il sito di recupero è accessibile da terra, l'uso di skimmer ad aspirazione diretta/sottovuoto

in combinazione con autospurghi o altri tipi di skimmer che possono essere distribuiti da terra è un'opzione consigliata. Inoltre, potrebbe essere possibile prevedere un **deposito temporaneo** dell'olio recuperato nelle immediate vicinanze del sito di recupero.

La **profondità del mare** vicino alla riva limiterà ovviamente la scelta dell'attrezzatura a quegli skimmer che hanno un pescaggio inferiore alla profondità minima del mare con la bassa marea.

Deve essere valutata anche la possibilità di **dispiegamento di panne** nel sito di recupero previsto, poiché il contenimento aumenterà lo spessore dell'olio e quindi i tassi di recupero degli skimmer. Viceversa, se il contenimento è impraticabile, l'intera operazione di recupero potrebbe essere inefficace.

Siccome l'efficienza della maggior parte degli skimmer tende a essere bassa con **onde superiori a 0,8-1,0 m** (e solo pochi sono dichiarati operativi con onde fino a 1,0-1,5 m) è probabile che sia il mare morto che, in particolare, le onde corte di 0,8 m rendano difficile, se non impossibile, il recupero dell'olio. Il mare mosso, comune nelle zone costiere dell'Adriatico, rischia di influenzare le prestazioni degli skimmer molto più di un lungo e regolare mare morto.

Le **correnti** a volte possono aumentare l'efficienza degli skimmer nelle acque costiere concentrando l'olio intorno allo skimmer. Al contrario, se la velocità della corrente è troppo alta, l'olio può sommergere lo skimmer o passarci sotto. Pertanto, è necessario stabilire la **direzione e la velocità delle correnti costiere** prima di selezionare il sito o i siti di recupero più adatti.

Infine, è necessario monitorare continuamente le prestazioni dello skimmer al fine di garantirne l'efficienza ottimale, nonché la logistica di pompaggio, stoccaggio e smaltimento dell'olio recuperato al fine di ridurre al minimo i ritardi nel recupero.

## UTILIZZO DI MATERIALI ASSORBENTI IN CASO DI SVERSAMENTO DI IDROCARBURI

### 1. INTRODUZIONE

Gli assorbenti sono prodotti che fissano gli idrocarburi liquidi per **assorbimento** (incorporando olio nella struttura di un materiale) o **adsorbimento** (attraendo e trattenendo le molecole di idrocarburi sulla superficie di un materiale). La maggior parte dei prodotti utilizzati nella risposta alle fuoriuscite di idrocarburi sono adsorbenti, mentre gli assorbenti sono più spesso usati in risposta a fuoriuscite di sostanze chimiche, cioè fuoriuscite di HNS (sostanze pericolose e nocive) diverse dal petrolio. Per evitare confusione, il termine generico " **assorbenti** " è usato genericamente nel contesto della risposta alla fuoriuscita di idrocarburi. Un assorbente dovrebbe essere sia **oleofilo** (cioè attrarre e assorbire o adsorbire gli idrocarburi) sia **idrofobo** (respingere l'acqua).

L'uso di sorbenti al fine di fissare e agglomerare idrocarburi fuoriusciti o altri inquinanti, e facilitarne la rimozione, è una tecnica efficiente ampiamente applicata a terra, vicino alla costa, in aree marine riparate e nei porti per recuperare piccole contaminazioni, in particolare nelle fasi finali di pulizia del litorale. I sorbenti non sono generalmente ben adattati per l'uso in mare aperto, e quindi sono usati raramente lontano dalla costa. Come assorbenti si possono utilizzare materiali naturali economici e immediatamente disponibili, sebbene i sorbenti sintetici siano più efficaci per quanto riguarda il tasso di recupero degli idrocarburi..

## 2. MATERIALE E FORMA DEGLI ASSORBENTI

Gli assorbenti possono essere sia di origine organica che inorganica, prodotti naturali o sintetici. Possono essere materiali **inorganici (minerali)** trattati (es. vermiculite, perlite, pomice), o materiali trattati di origine **organica**, sia **vegetali** (es. paglia, segatura, trucioli di legno, pannocchie macinate, fibre di cellulosa) che **animali** (es. piume di pollo, lana, capelli umani) o materiali **sintetici** (es. polipropilene e altri polimeri).

In base alla forma in cui vengono commercializzati, i sorbenti si possono suddividere in:

- materiale **sfuso** (ad es. granuli, fibre, );
- materiale assorbente **racchiuso in una rete**, a forma di cuscino, calzini, aste;
- materiali **continui** a forma di stuoie, lastre, rotoli, panne;
- **fibre sciolte** che vengono congiunte per formare, ad esempio, scope, cappi ("pom-poms").

### 2.1 Assorbenti sfusi

Gli assorbenti sfusi si presentano sotto forma di polveri, particelle fini e fibre minerali o organiche corte. Si tratta spesso di rifiuti industriali grezzi o trattati e condizionati per essere utilizzati come assorbenti. Gli assorbenti sfusi possono essere sparsi manualmente e meccanicamente, mediante un soffiatore d'aria o un idroeiettore. Indossare maschere e occhiali è essenziale per proteggere gli occhi e gli organi respiratori del personale che applica assorbenti sfusi.

La loro galleggiabilità è generalmente buona (gravità specifica 0,04-0,3) e la loro capacità di assorbimento (in volume per l'olio leggero) varia tra 0,5 e 1,2.

## 2.2 Materiale assorbente sfuso racchiuso in reti

Qualsiasi materiale assorbente sfuso può essere racchiuso (imballato) in una rete. Esistono varie forme di assorbenti chiusi, ma quelli a forma di panne (boom) sono i più comuni. Questi non devono essere confusi con le panne assorbenti *continue*. Nonostante vengano chiamati “panne”, non sono efficienti nel contenimento di idrocarburi se non in condizioni di estrema calma senza onde o correnti.

Il loro uso è limitato ai porti e alle aree riparate, nonché alle operazioni di bonifica dei litorali dove possono essere molto utili per impedire la fuoriuscita di idrocarburi da una diga o per raccogliere eventuali perdite di petrolio a valle di un sito di recupero.

## 2.3 Materiali assorbenti continui

I materiali assorbenti continui sono disponibili sotto forma di stracci, cuscinetti/panni, lenzuola/coperte, rotoli/salsicciotti. Questi sono prodotti da tessuto sintetico: il polipropilene è il più comune, ma vengono utilizzati anche poliuretano, nylon e polietilene. Gli assorbenti cilindrici continui a forma di salsicciotti (boom) sono più omogenei degli assorbenti racchiusi a forma di salsicciotto, ma hanno un rapporto superficie/volume inferiore e gli idrocarburi non penetrano in profondità nel salsicciotto. Gli assorbenti piatti continui (fogli, panni, tappetini) hanno un elevato rapporto tra superficie e volume.

I materiali assorbenti continui non sono adatti agli idrocarburi viscosi.

## 2.4 Fibre sfuse

Gli assorbenti a fibre sciolte, costituiti da catene filiformi di polipropilene attaccate insieme e formanti lacci ("pompon"), fasci o matasse, possono recuperare idrocarburi più pesanti e più viscosi rispetto ad altri tipi di assorbenti. Si può ottenere un'efficace scopa o panna per il recupero degli idrocarburi viscosi attaccando diversi lacci a una fune.

L'uso principale dei lacci è per la raccolta manuale degli idrocarburi densi e viscosi che si trovano nelle fessure o nelle piccole pozze a terra.

## 3. L'USO DEGLI ASSORBENTI

Gli assorbenti sono usati principalmente nelle operazioni di bonifica nearshore o onshore quando altri metodi di recupero danno risultati scarsi o non sono applicabili. Ciò si riferisce in particolare al recupero del petrolio galleggiante così vicino alla costa da rendere impossibile l'utilizzo di panne e skimmer, e alla raccolta di idrocarburi scaricati in mare durante le operazioni di bonifica della costa.

L'uso di assorbenti in mare dà luogo a diversi problemi tecnici e logistici; il loro utilizzo come strumento di risposta primario per gli sversamenti in mare, in particolare quelli più grandi, è **sconsigliato**. Il trattamento di un certo volume di idrocarburi richiede l'utilizzo di almeno un volume equivalente di assorbente, che deve quindi essere fornito, stoccato, trasportato nella zona dell'incidente, applicato, recuperato previa miscelazione con idrocarburi e quindi smaltito. Tutti questi problemi rendono l'uso di assorbenti limitato a sversamenti di piccole o medie dimensioni in aree riparate vicino alla costa.



Se si utilizzano comunque assorbenti sfusi in mare, gli idrocarburi agglomerati possono essere recuperati in modo relativamente efficace mediante uno speciale sistema di rete a strascico di superficie con estremità staccabile (sacco) che viene trainato da due navi. Il sacco (estremità della rete da traino) viene rimosso una volta riempito e sostituito con uno vuoto, mentre il sacco pieno può essere trainato via da un'altra nave.

Oltre al loro uso diretto come strumenti di risposta alle fuoriuscite, gli assorbenti sono ampiamente utilizzati per la pulizia e la decontaminazione del personale e delle attrezzature nei siti di pulizia o in prossimità di essi e per rivestire e proteggere i percorsi nell'area di pulizia.

In generale, gli assorbenti possono essere usati al meglio nella risposta alla fuoriuscita di idrocarburi al fine di:

- favorire il contenimento e il recupero di idrocarburi in caso di piccoli sversamenti in acqua o a terra, in particolare nelle zone costiere e portuali, negli estuari e sui fiumi;
- assistere nel contenimento delle fuoriuscite di petrolio in associazione con panne standard, fornendo e migliorando la tenuta stagna;
- facilitare la protezione di aree di difficile bonifica (paludi, canneti, lidi costituiti da sassi frantumati, ecc.);
- riparare e recuperare idrocarburi galleggianti in acque stagnanti;
- raccogliere gli idrocarburi che fuoriescono sotto i cantieri di recupero durante la pulizia del litorale;
- assorbire gli effluenti dalla bonifica di rocce e strutture artificiali; e
- assorbire (filtrare) gli idrocarburi in sospensione vicino alle prese d'acqua.

La tabella seguente mette in evidenza i principali vantaggi e svantaggi dei tipi di materiali assorbenti disponibili. È stato riprodotto, con piccole modifiche, dal Technical Information Paper 08 dell'ITOPF.

**Tabella 1: Vantaggi e svantaggi dei vari tipi di materiali assorbenti**

	<b>MATERIALE</b>	<b>VANTAGGI</b>	<b>SVANTAGGI</b>
<b>MATERIALE SFUSO</b>	<p><b>Organico</b> : ad es. paglia, corteccia, segatura, lana, piume di pollo, ecc.</p> <p><b>Inorganico</b> : ad es. vermiculite, pomice</p> <p><b>Sintetico</b> : principalmente polipropilene</p>	<p>Spesso naturalmente abbondanti o ampiamente disponibili come sottoprodotti di scarto dei processi industriali.</p> <p>Possono essere a basso costo.</p> <p>Possono essere utilizzati per proteggere la fauna selvatica nei siti di trasporto.</p>	<p>Difficile da controllare, possono essere diffusi dal vento.</p> <p>Difficili da recuperare.</p> <p>La miscela di idrocarburi e assorbente può essere difficile da pompare.</p> <p>Smaltimento della miscela di assorbente e idrocarburi più limitato rispetto agli idrocarburi</p>

	MATERIALE	VANTAGGI	SVANTAGGI
RACCHIUSI IN MAGLIE O RETI	Tutti i suddetti materiali possono essere racchiusi in maglie o reti.	Più semplici da distribuire e recuperare Una panna chiusa ha una superficie maggiore rispetto ad una panna continua.	Resistenza strutturale limitata a quella della maglia o rete. Le panne organiche possono saturarsi rapidamente e affondare. La ritenzione di idrocarburi è limitata.
CONTINUI	<b>Sintetico</b> : principalmente polipropilene.	Conservazione a lungo termine Relativamente semplici da distribuire e recuperare È possibile un elevato rapporto di recupero degli idrocarburi se utilizzati a piena capacità.	Efficienza limitata a idrocarburi alterati e più viscosi. Non si decompongono facilmente limitando così le opzioni di smaltimento.
FIBRE SFUSE	<b>Sintetico</b> : principalmente polipropilene.	Efficace su idrocarburi stagionati e più viscosi.	Meno efficaci su idrocarburi freschi leggeri e medi.

#### 4. FATTORI CHE INFLUENZANO L'EFFICACIA DEGLI ASSORBENTI

In generale, le informazioni riguardanti l'efficacia degli assorbenti dovrebbero essere richieste ai loro **produttori**, in particolare quelle riguardanti le seguenti caratteristiche che ne influenzano l'efficacia:

**Galleggiabilità:** gli assorbenti devono avere e mantenere un'elevata galleggiabilità quando vengono saturati con idrocarburi e acqua, per poter essere utilizzati efficacemente su idrocarburi galleggianti. Alcuni materiali assorbenti leggeri possono rimanere sopra gli idrocarburi viscosi e richiedono una miscelazione per garantire la saturazione con gli idrocarburi.

**Saturazione:** il livello di saturazione di un assorbente è generalmente difficile da giudicare. Alcuni possono rapidamente impregnarsi di idrocarburi e iniziare a rilasciarli, quindi la loro rapida rimozione è essenziale. I fogli assorbenti vengono saturati rapidamente e il loro uso è quindi limitato a incidenti su piccola scala che richiedono il recupero di piccoli volumi di idrocarburi. D'altra parte, una saturazione incompleta porterà ad uno spreco di materiale assorbente.

**Ritenzione di idrocarburi:** è uno degli aspetti principali delle prestazioni degli assorbenti. Alcuni assorbenti iniziano a rilasciare gli idrocarburi se non vengono recuperati rapidamente, mentre altri iniziano a rilasciarli quando vengono sollevati dall'acqua. Oltre alle caratteristiche del materiale assorbente stesso, la velocità di rilascio dipende direttamente dalla viscosità degli idrocarburi (quelli leggeri e meno viscosi vengono rilasciati più rapidamente).

**Resistenza e durabilità:** è importante che il materiale assorbente sia durevole, in particolare se gli assorbenti vengono lasciati nel luogo in cui sono stati usati per un certo tempo prima di essere recuperati. In tali casi, l'assorbente può iniziare a degradarsi rapidamente a causa dell'azione delle onde e del contatto con le rocce. La resistenza delle panne assorbenti realizzate con materiale sfuso racchiuso dipende dalla resistenza della maglia (rete). Se la rete (il tessuto) viene danneggiata a causa di condizioni meteorologiche avverse, il materiale assorbente potrebbe andare perduto e causare una contaminazione secondaria.

## PULIZIA DELLA COSTA

### 1. INTRODUZIONE

Nonostante tutti gli sforzi per recuperare quanto più petrolio possibile in mare, è molto probabile che parte del petrolio sversato raggiunga la costa, in particolare se il rilascio di petrolio è avvenuto non lontano dalla costa. L'esperienza passata mostra che quasi tutti gli sversamenti che si sono verificati relativamente vicino alle coste provocano un rivestimento più o meno grave di olio di spiagge, rocce o altre formazioni costiere.

La decisione di pulire il litorale interessato e in quale misura dipenderà dai seguenti fattori:

- la possibilità di ridurre gli effetti dannosi per l'ambiente del petrolio incagliato;
- la probabilità che il petrolio spiaggiato possa successivamente ricontaminare un'altra parte, a volte più sensibile, della costa;
- la necessità di utilizzare la zona costiera a fini commerciali (pesca, turismo, industria, ecc.);
- la fattibilità delle operazioni di pulizia.

Il metodo di pulizia del litorale sarà determinato da un altro gruppo di fattori, tra cui:

- tipo e quantità di petrolio incagliato;
- tipo di costa interessata;
- periodo dell'anno;
- condizioni meteorologiche;
- accessibilità da terra o mare e capacità portante dell'area contaminata;
- disponibilità di personale e materiali.

Entrambi i gruppi di fattori devono essere considerati nel relativo **piano di emergenza**. Il primo gruppo determinerà le **priorità per la protezione** e la pulizia, mentre il secondo fornirà le linee guida per la **selezione del metodo di pulizia appropriato**. Il modo più efficiente per raggiungere entrambi questi obiettivi è presentare l'intera zona costiera nelle cosiddette **mappe di sensibilità**, in formato elettronico o cartaceo. Tali mappe indicano la natura della costa e la sua sensibilità alle risorse petrolifere, naturali (tipi di fauna selvatica, loro habitat, aree di interesse ecologico, zone di

riproduzione dei pesci, ecc.) ed economiche (ovvero zone di pesca, allevamenti ittici, banchi di crostacei, installazioni industriali, spiagge attrezzate, porti turistici, porti, ecc.), accessibilità di ogni settore della riva, eventuali siti di approdo e siti di stoccaggio temporaneo per il materiale oliato raccolto, ecc.

Mappe di sensibilità ben preparate facilitano il processo decisionale (vale a dire la selezione di metodi di bonifica appropriati e l'entità degli sforzi di bonifica), poiché gli unici nuovi elementi che devono essere presi in considerazione sono i dati specifici per ogni particolare situazione di sversamento (es. la natura e la quantità di petrolio, le condizioni meteorologiche e marine, il periodo dell'anno, ecc.). In assenza di mappe di sensibilità, i decisori dovrebbero fare affidamento sui consigli della popolazione e delle autorità locali, nonché degli scienziati che hanno familiarità con l'area interessata.

## 2. CONSIDERAZIONI GENERALI

### 2.1 Valutazione del litorale oliato

La scelta del metodo di bonifica appropriato dovrebbe essere preceduta da un'indagine a terra dell'area interessata, nota come **valutazione del litorale oliato**, il cui obiettivo è fornire (a) una panoramica rapida ma esaustiva delle condizioni di lubrificazione del litorale e (b) un'accurata, informazioni sistematiche e georeferenziate, utilizzando metodi e terminologia standardizzati al fine di fornire dati comparabili. Il metodo standardizzato per la valutazione della costa oliata è noto come **SCAT** (tecnica di valutazione della pulizia della linea costiera).

I principi di base di SCAT includono:

- una divisione della costa in unità geografiche omogenee o 'segmenti';
- l'uso di un insieme standard di termini e definizioni;
- valutazione sistematica di tutti i litorali nell'area interessata;
- un team di indagine obiettivo e formato; e

- la fornitura tempestiva di dati e informazioni per il processo decisionale e la pianificazione.

Informazioni dettagliate su SCAT possono essere trovate nel "Manuale di valutazione della linea costiera petrolifera", preparato da un gruppo di importanti istituzioni europee attive nel campo della preparazione e risposta all'inquinamento marino accidentale, nell'ambito del progetto POSOW finanziato dall'UE.

## 2.2 Sequenza delle operazioni e fattore tempo

Il petrolio che ha colpito una certa parte di un litorale può essere arenato sulla spiaggia e fissato lì, o rimanere parzialmente galleggiante vicino alla riva. Poiché le quantità di inquinante possono variare da uno strato continuo a sporadiche chiazze di olio, è opportuno seguire una certa sequenza di operazioni:

- **Fase 1 (fase di emergenza)** - rimozione di **grandi quantità** di olio, soprattutto se è ancora a galla - se questo non viene fatto prima, venti, onde, correnti e movimenti di marea possono spostare l'olio in un'altra parte (non interessata o più sensibile) della costa;
- **Fase 2 (fase del progetto)** - rimozione di **olio** incagliato che viene **fissato** sulla costa - questo passaggio può essere ritardato se non v'è alcuna possibilità che l'olio già arenato venga dislocato e/o se l'arrivo di ulteriore petrolio è previsto sulla stessa costa;
- **Fase 3 (fase di lucidatura)** - rimozione di **piccole macchie** di olio **sparse** .

Una volta che tutto l'olio ha raggiunto la riva e la decisione di pulire la costa è stata presa, le operazioni di pulizia dovrebbero iniziare **tempestivamente** in quanto un ritardo comporterà la stabilizzazione dell'olio nella sabbia, sulle rocce o vegetazione, più olio penetrerà (più profondamente) nel sedimento della spiaggia e di conseguenza sarà più difficile e costoso affrontare il problema.



### 2.3 Creazione di una base/sede centrale per l'operazione di pulizia

Le operazioni di pulizia del litorale dovrebbero essere pianificate e coordinate da un comandante in scena e dalla sua squadra di risposta, che avrà bisogno di una base o di un quartier generale da cui operare. Esso dovrebbe essere istituito nei pressi della zona di lavoro, facilmente raggiungibile, seguendo le indicazioni, se necessario, e dotato di necessari **mezzi di comunicazione** (internet, telefono, radio, ecc) e uno **spazio ufficio** tra cui una sala per il briefing, i computer, mappe, ecc

### 2.4 Comunicazioni

Dovrebbe essere mantenuto un contatto permanente tra la sede dell'operazione di risposta e le squadre operative e di supporto: i supervisor delle squadre di lavoro dovrebbero riferire regolarmente alla base. I telefoni cellulari (se l'area inquinata è coperta dalla rete di telefonia mobile) e le apparecchiature radio portatili sono mezzi standard di comunicazione operativa, mentre telefono ed e-mail sono utilizzati per comunicazioni a (più) lunga distanza.

### 2.5 Sorveglianza

Una buona conoscenza della situazione attuale è essenziale per una corretta pianificazione delle azioni future. Ottenere informazioni affidabili è meno impegnativo rispetto alla lotta contro le fuoriuscite di petrolio in mare aperto poiché il monitoraggio dei progressi degli sforzi di bonifica può essere effettuato mediante regolari ispezioni a terra, tuttavia è essenziale riportare regolarmente i risultati alla base. Il rilevamento della costa inquinata da un elicottero, un aereo ad ala fissa o un UAV (drone) è il modo ideale per avere un quadro generale della situazione, soprattutto se si prevede che più petrolio arrivi a terra. I principi della sorveglianza e del telerilevamento sono spiegati più dettagliatamente altrove in questo programma di formazione.

### 3. NOTE SUI DIVERSI TIPI DI COSTA

#### 3.1 Strutture fatte dall'uomo

Questi sono generalmente non sensibili all'ambiente e quindi è possibile applicare qualsiasi metodo adatto. La rimozione iniziale dell'olio galleggiante (tramite skimmer, pompe, assorbenti), seguita da lavaggio con acqua a bassa e alta pressione, pulizia a vapore ed eventualmente sabbiatura (usando l'acqua invece dell'aria come mezzo di trasporto) danno i migliori risultati. L'uso di detergenti appositamente progettati può essere accettabile. Le difese del mare sono molto difficili da pulire, poiché l'olio penetra in profondità nella struttura, tra rocce e tetrapodi di cemento.

#### 3.2 Coste rocciose, scogliere

Le coste rocciose sono meno biologicamente attive. Di solito sono colonizzati da alghe o piccoli invertebrati e la ricolonizzazione può essere rapida a seguito di una fuoriuscita di petrolio. Gli impatti a breve termine sono tipici di queste coste.

La pulizia dovrebbe essere presa in considerazione solo se necessaria. Il flussaggio dell'olio ad alta e bassa pressione può dare buoni risultati, ma se vengono utilizzati metodi più severi, è necessario prestare attenzione per evitare un'eccessiva abrasione delle rocce. La pulizia manuale di rocce/dirupi verticali (molto raramente necessaria) rappresenta un pericolo per il personale coinvolto e pertanto devono essere applicate rigorose misure di sicurezza.

#### 3.3 Massi

La pulizia e il risciacquo manuali sono consigliati se è necessaria la pulizia, ma i risultati generalmente saranno scarsi. Se si seleziona il lavaggio come metodo di pulizia, utilizzare solo acqua di mare. I massi possono essere rimossi con macchinari pesanti, ma quasi sicuramente cambierà il carattere della spiaggia.

### 3.4 Pozze di marea con rocce sparse / pozze di roccia

Le pozze rocciose sono pozze poco profonde di acqua di mare che si formano sulla costa rocciosa intertidale. Al loro interno possono abitare diversi tipi di vegetazione marina ed invertebrati, in particolare nelle zone di bassa marea. Le pozze di marea sono uno dei tipi di litorale più difficili da pulire, ma se il petrolio non viene rimosso, può ricontaminare altre aree per lunghi periodi.

L'uso di assorbenti dà buoni risultati così come la pulizia manuale e il lavaggio. Per quest'ultimo metodo dovrebbe essere utilizzata acqua di mare. Sarà necessario l'uso di panne e skimmer per prevenire la ricontaminazione delle aree adiacenti.

### 3.5 Ciottoli e ghiaia

La bonifica di questo tipo di spiagge è solitamente indispensabile per il loro valore ricreativo, tuttavia queste sono tra le più difficili da pulire perché l'olio può penetrare negli spazi tra i sassi e in profondità nella spiaggia.

I metodi più comuni per la rimozione del materiale oliato sono sia meccanici che manuali, ma anche il lavaggio con acqua di mare può dare buoni risultati se l'olio non è troppo viscoso. Il materiale che è stato rimosso deve essere restituito dopo la pulizia (fuori o in loco) o sostituito con materiale di dimensioni e tipo simili. Possono essere applicati anche tutti i metodi di pulizia naturale. Se la spiaggia è inquinata prima della stagione delle tempeste e delle grandi onde, la pulizia naturale o la spinta dei sedimenti della spiaggia nella zona intertidale può dare ottimi risultati. In caso di utilizzo di macchinari pesanti per la bonifica, la capacità portante della spiaggia deve essere verificata prima del suo arrivo, al fine di evitare l'immobilizzazione dei macchinari e dei mezzi utilizzati per il trasporto del materiale raccolto. L'uso di panne e skimmer per prevenire la ricontaminazione di altre spiagge è indispensabile se si seleziona il lavaggio come metodo di pulizia.

### 3.6 Sabbia

Oltre al loro uso ricreativo abituale e quindi al loro valore commerciale, le spiagge sabbiose sono meno biologicamente attive e non troppo sensibili all'ambiente. Gli impatti a breve termine sono tipici delle coste ricoperte di sabbia. Se le particelle di sabbia sono fini, solo un sottile strato superiore della spiaggia sarà contaminato, ma anche nella sabbia grossolana, l'olio non penetrerà troppo in profondità.

La rimozione meccanica e manuale della sabbia oliata sono i metodi di pulizia più raccomandabili. I macchinari non devono essere utilizzati sulla spiaggia contaminata per evitare l'interramento dell'olio. Rimuovere solo le quantità assolutamente necessarie di sabbia oliata. Se viene rimossa una grande quantità di sabbia, questa dovrebbe essere sostituita con sabbia pulita di particelle della stessa dimensione. La sostituzione della sabbia rimossa con una più grossa o più fine può comportare il deterioramento della spiaggia.

### 3.7 Coste fangose

Le distese fangose sono litorali a bassa energia, utilizzati da molte specie di vertebrati e invertebrati. Gli impatti a lungo termine sono generalmente causati dalla penetrazione dell'olio nei sedimenti causata dal calpestio o dalla penetrazione dell'olio attraverso le tane dei lombrichi.

Dovrebbero essere puliti solo se è giustificabile dal punto di vista ambientale. Lavaggio dell'olio a bassa - acqua pressione è raccomandato condizione che l'olio viene poi lavato contenuto e recuperato. A questo scopo possono essere utilizzati skimmer e unità di aspirazione. L'uso di macchinari pesanti è sconsigliato poiché seppellirà l'olio che normalmente rimane in superficie. Anche l'uso di assorbenti può dare buoni risultati. Molto spesso la soluzione migliore è lasciare che l'olio si degradi naturalmente.

### 3.8 Saline con vegetazione

Si tratta della tipologia di costa più sensibile dal punto di vista ambientale e di elevata importanza biologica. Le piante sono relativamente resistenti all'oliatura, che dipenderà dal ciclo di crescita. Gli impatti a lungo termine sono dovuti alla penetrazione dell'olio nel substrato che colpisce l'apparato radicale.

Praticamente qualsiasi tentativo di ripulire la palude salmastra farà più danni al sistema rispetto all'olio stesso. Se possibile, la priorità dovrebbe essere data alla protezione delle barene con le dighe. Tuttavia, gli ecologisti dovrebbero essere consultati prima di intraprendere qualsiasi azione. La raccolta dell'olio con assorbenti (preferibilmente organici), unita al recupero manuale, è un possibile metodo di bonifica, ma anche questo può disturbare l'ambiente delle barene.

## 4. METODI DI PULIZIA DEL LITORALE

I metodi e le tecniche di base e più comuni per la bonifica delle coste, sviluppati sulla base dell'esperienza acquisita da precedenti incidenti di fuoriuscita di petrolio, possono essere classificati in tre gruppi principali:

- Rimozione (manuale e meccanica) di olio e materiale oliato;
- Lavaggio olio e lavaggio materiale oliato (con acqua di mare);
- Lasciare/aiutare l'olio a degradarsi naturalmente.

Skimmer, pompe e adsorbenti sono ovviamente utilizzati anche per il recupero dell'olio a terra o in prossimità di essa, nonché bome per il suo contenimento: i principi del loro utilizzo rimangono gli stessi descritti in altre lezioni. Compatibilità di diversi pulite - metodi up con i principali tipi di costa sono presentati nella **tabella 1** .

**Tabella 1: compatibilità delle principali tecniche di bonifica del litorale con le principali tipologie di litorale**

METODI DI PULIZIA			TIPI DI COSTA							
			STRUTTURA ARTIGIANALE	SCOGLIERE/ROCCHE	MASSI	PISCINE DI MAREA E ROCCE SPARSE	CIOTTOLI, GHIAIA	SPIAGGE SABBIOSE	COSTE FANGOSE	SALINE CON VEGETAZIONE
RIMOZIONE	1	RIMOZIONE MANUALE	■	■	■	■	■	■	■	■
	2	RIMOZIONE MECCANICA	■	■	■	■	■	■	■	■
	3	UTILIZZO DI AUTOVUOTI	■	■	■	■	■	■	■	■
	4	VAGLIATURA	■	■	■	■	■	■	■	■
	5	SABBIATURA	■	■	■	■	■	■	■	■

METODI DI PULIZIA			TIPI DI COSTA							
			STRUTTURA ARTIGIANALE	SCOGLIERE/ROCCHE	MASSI	PISCINE DI MAREA E ROCCE SPARSE	CIOTTOLI, GHIAIA	SPIAGGE SABBIOSE	COSTE FANGOSE	SALINE CON VEGETAZIONE
LAVAGGIO	6	PULIZIA A VAPORE	■	■	■	■	■	■	■	
	7	LAVAGGIO AD ALTA PRESSIONE	■	■	■	■	■	■	■	
	8	LAVAGGIO A BASSA PRESSIONE	■	■	■	■	■	■	■	
	9	ALLAGAMENTO	■	■	■	■	■	■	■	
AUTOPULIZIA ASSISTITA	10	LAVAGGIO SURF (SPINTA NEL SURF)	■	■	■	■	■	■	■	
	11	ARATURA / ERPICATURA	■	■	■	■	■	■	■	
	12	PULIZIA NATURALE / "LASCIA STARE"	■	■	■	■	■	■	■	
	13	TAGLIO DELLA VEGETAZIONE	■	■	■	■	■	■	■	
	14	COMBUSTIONE	■	■	■	■	■	■	■	



#### 4.1 Recupero manuale del materiale oliato

Questa tecnica può essere utilizzata su qualsiasi tipo di costa per la raccolta di olio e materiale oliato, in particolare se la contaminazione non è troppo pesante. È l'unico metodo applicabile per la pulizia - le aree di spiagge inaccessibili o ecologicamente molto sensibili. Rimozione manuale è molto selettivo pulito - metodo su ma allo stesso tempo molto laborioso e quindi costoso.

Condizionalmente, questo metodo include anche:

- raccolta dell'olio fluido con assorbenti (seguita dalla rimozione manuale degli assorbenti saturi);
- raschiatura manuale dell'olio da, ad esempio, strutture artificiali, rocce, massi, ecc.;
- taglio manuale della vegetazione olio contaminato (per prevenire una nuova - la contaminazione).

#### Attrezzatura e materiale richiesto:

- rastrelli;
- pale/palette;
- raschietti;
- spazzole;
- secchi;
- sacchetti di plastica pesanti;
- fusti in metallo o plastica;
- equipaggiamento per la protezione personale;
- cibo e bevande.

## Tecnica

Il materiale oliato viene raccolto da lavoratori manuali e accatastato fino ad un massimo di 0,5 - 0,6 m. Il materiale accatastato viene quindi trasferito in sacchetti di plastica, fusti o barili e trasportato per lo stoccaggio temporaneo e/o lo smaltimento.

L'area da bonificare dovrebbe essere suddivisa in più settori. I lavoratori dovrebbero essere raggruppati in piccole squadre (da 5 a 10 uomini e un caposquadra) e ogni squadra ha assegnato un settore da pulire in un determinato momento (ad esempio, giorno o mezza giornata). Molti di questi settori dovrebbero essere controllati da un supervisore. L'esperienza di incidenti gravi del passato indica un tasso medio di raccolta da 1 a 2 m<sup>3</sup> di materiale oliato per persona al giorno. Questa figura può essere utilizzata come linea guida per la pianificazione dell'operazione. Se la pulizia - tasso up non viene adattata alla velocità di rimozione (da camion, barche, elicotteri) di materiale oleoso raccolto, sacchetti di plastica o tamburi devono essere lasciati sopra la linea di alta acqua per la rimozione in seguito. Tuttavia, va tenuto presente che è probabile che i sacchetti di plastica lasciati alla luce solare intensa per 1 o 2 settimane inizino a deteriorarsi.

### 4.2 Rimozione meccanica di materiale oliato

Varie macchine movimento terra (ad esempio livellatrici, ruspe, ruspe, caricatori frontali) possono essere utilizzate con successo per la rimozione di olio e materiale oleoso dalle spiagge (sabbia, ghiaia, ciottoli, ghiaia). Questo metodo è meno selettivo della rimozione manuale (1 - 2% di olio nel materiale raccolto con mezzi meccanici rispetto al 5 - 10% nel materiale raccolto manualmente). Sebbene sia più veloce del metodo manuale, le quantità di sedimento pulito rimosso sono normalmente 3-4 volte maggiori. Questo metodo può essere applicato solo su spiagge accessibili da terra e con sufficiente capacità di carico. La raccolta e la rimozione meccanica e manuale possono essere combinate.

#### **Attrezzatura e materiale richiesto:**

- motolivellatrice;
- raschiatore elevabile;
- caricatore frontale;
- bulldozer;
- equipaggiamento per la protezione personale;
- carburante.

#### **Tecnica**

Motorgrader e bulldozer vengono utilizzati per la rimozione dello strato superiore, contaminato da olio, del sedimento della spiaggia. Funzionano parallelamente alla linea di surf dal lato pulito della spiaggia verso il bordo dell'acqua (grader) o perpendicolari alla linea di surf dalla linea di bassa marea fino alla spiaggia (bulldozer). Il materiale raccolto viene quindi prelevato da una ruspa elevatrice o da un caricatore frontale e spostato in un'area di stoccaggio temporaneo. L'uso di geotessile e fogli di plastica per il rivestimento di fosse di stoccaggio temporaneo preverrà la fuoriuscita di olio. I macchinari utilizzati per la pulizia (compresi i camion) non devono essere utilizzati sull'area contaminata prima della pulizia per evitare l'interramento dell'olio. Dovrebbero essere rimosse solo le quantità assolutamente necessarie di sedimenti di spiaggia. La rimozione di quantità eccessive di sabbia o ghiaia, ecc. provocherà l'erosione e il deterioramento della spiaggia. L'erosione può essere prevenuta sostituendo il sedimento rimosso con materiale pulito di particelle approssimativamente della stessa dimensione.

### 4.3 Utilizzo di autospurghi

Questo metodo che è stato utilizzato nella maggior parte delle fuoriuscite di petrolio consiste nel raccogliere l'olio liquido dalle pozze nelle depressioni costiere o dall'olio che galleggia sul bordo dell'acqua per mezzo di autospurghi o semirimorchi sottovuoto ("carri del miele"). In alternativa, sulle spiagge di marea possono essere scavate fosse parallele al bordo dell'acqua o pozzetti, per concentrare l'olio prima dell'uso di autospurghi. Se non sono disponibili skimmer, questo metodo è il più conveniente per la rimozione dell'olio galleggiante.

#### Attrezzatura e materiale richiesto:

- autospurghi;
- autocisterne sottovuoto;
- tubi flessibili;
- indumenti protettivi;
- equipaggiamento per la protezione personale;
- carburante.

#### Tecnica

Gli autospurghi vengono portati nel punto in cui l'olio è concentrato e i tubi di aspirazione vengono inseriti (manualmente) nell'olio. Le bocchette di aspirazione devono essere mantenute vicine alla superficie per evitare di aspirare quantità eccessive di acqua. I tubi di aspirazione devono essere di tipo rinforzato con un diametro di 75 - 150 mm. La velocità di raccolta dell'olio dipende da vari fattori quali caratteristiche e quantità di olio, rapporto di prelievo olio/acqua, distanza dal luogo di stoccaggio o smaltimento temporaneo, ecc., ma si possono prevedere 20 m<sup>3</sup> di olio al giorno per unità.

#### 4.4 Uso di detergenti per la spiaggia

I pulitori di spiaggia sono macchine appositamente costruite per pulire le spiagge di sabbia e ghiaia da rifiuti/detriti, ma possono anche rimuovere palline di catrame e grumi e polpette di olio duro. I pulitori di spiaggia possono essere unità automobilistiche o trainati da un trattore. Il principio di funzionamento più comune è quello in cui uno strato di sabbia contaminata viene setacciato attraverso la rete metallica e ridepositato sulla spiaggia, mentre le palline di catrame e i detriti vengono scaricati in un contenitore per rifiuti integrato o trainato, sebbene anche altri progetti esistano.

##### **Attrezzatura e materiale richiesto:**

- pulitore di spiaggia;
- (trattore);
- (contenitore rifiuti);
- equipaggiamento per la protezione personale;
- carburante.

##### **Tecnica**

I pulispiaggia o i trattori per auto vengono azionati a una velocità ridotta (3 - 10 km/h). La pulizia dovrebbe iniziare dal bordo posteriore della spiaggia contaminata. Si pulisce un percorso parallelo alla battigia per tutta la lunghezza della spiaggia e si gira il puliscispiaggia per pulire il percorso successivo parallelo e sovrapposto al primo.

## 4.5 Sabbatura

Questo metodo è incluso nei metodi di "rimozione" sebbene, a rigore, non appartenga a questi. L'uso di attrezzature di sabbatura dovrebbe essere limitato alle strutture artificiali che richiedono una pulizia perfetta. Occasionalmente può essere utilizzato anche su massi o rocce non ecologicamente sensibili. L'olio viene rimosso dall'azione abrasiva della sabbia applicata dall'attrezzatura di sabbatura. L'olio, la sabbia e il materiale di superficie rimanenti devono essere raccolti e trasportati in un sito di smaltimento.

### Attrezzatura e materiale richiesto:

- unità di sabbatura;
- camion di rifornimento di sabbia;
- sabbia;
- equipaggiamento per la protezione personale;
- carburante.

### Tecnica

La pulizia dovrebbe iniziare dal punto più alto della struttura contaminata e continuare verso il basso. L'olio residuo, la sabbia e il materiale di superficie rimosso possono essere rimossi manualmente (pale) o meccanicamente (caricatore frontale).

#### 4.6 Pulizia a vapore

Gli oli molto viscosi e stagionati possono essere rimossi da rocce, massi o strutture artificiali utilizzando il vapore. Aumentando la temperatura dell'olio, il vapore ne ridurrà la viscosità e quindi gli consentirà di fluire. Poiché l'uso del vapore può distruggere qualsiasi organismo vivente presente sulla superficie contaminata, la pulizia a vapore deve essere eseguita solo se è assolutamente necessario rimuovere l'olio e dopo aver valutato le possibili conseguenze per l'ambiente. In genere, dovrebbe essere utilizzato solo su strutture artificiali.

##### Attrezzatura e materiale richiesto:

- pulitore a vapore (alimentato con acqua dolce);
- ugelli;
- fogli di plastica;
- panne;
- skimmer/pompe/gruppi per vuoto;
- acqua dolce;
- equipaggiamento per la protezione personale;
- carburante;

##### Tecnica

Praticamente lo stesso del risciacquo con acqua ad alta pressione ( **vedi sotto** ). Particolare attenzione dovrebbe essere prestata all'applicazione rigorosa delle misure di sicurezza durante il lavoro con il vapore (fino a 150 - 160 °C, 20 bar).



#### 4.7 Flussaggio ad alta pressione

L'olio che ha aderito alle superfici dure può essere rimosso efficacemente con acqua fredda o calda sotto pressione. Le pressioni comunemente utilizzate variano tra 80 e 140 bar e, se viene utilizzata acqua calda, la sua temperatura dovrebbe essere compresa tra 60 e 80 °C. Il metodo è applicabile su coste rocciose, massi e strutture artificiali. Poiché è probabile che l'olio rilasciato rientri in mare e contami un'altra parte della costa, per contenerlo e recuperarlo devono essere utilizzate bome e skimmer (pompe, autospurghi) oppure possono essere applicati assorbenti alla base della vasca di lavoro la zona. Gli operatori di getti d'acqua ad alta pressione dovrebbero essere ben addestrati, poiché i lavoratori non qualificati possono distruggere tutta la flora e la fauna esistenti (ad esempio i crostacei) e persino danneggiare le strutture artificiali.

##### **Attrezzatura e materiale richiesto:**

- macchine per la pulizia ad alta pressione (autonome, con riscaldatore);
- tubi ad alta pressione;
- ugelli;
- fogli di plastica;
- boom;
- skimmer/autospurghi/pompe;
- assorbenti;
- equipaggiamento per la protezione personale;
- carburante.

##### **Tecnica**

Il lavaggio con acqua ad alta pressione dovrebbe iniziare dalla parte superiore della superficie da pulire e procedere verso il basso fino alla sua base. Le superfici adiacenti devono essere protette

dalla contaminazione con fogli di plastica che convogliano anche la miscela di olio e acqua al punto di raccolta. Si possono costruire argini o trincee per incanalare il flusso verso questi pozzi di raccolta. L'olio rimosso dalla superficie contaminata può essere recuperato mediante skimmer, autospurghi o pompe. Si consiglia di programmare l'inizio dell'operazione di bonifica in modo tale che con la bassa marea si raggiunga la base della superficie da pulire.

#### 4.8 Flussaggio a bassa pressione

Il lavaggio con acqua di mare a bassa pressione può essere utilizzato per rimuovere olio leggero e non troppo viscoso praticamente da qualsiasi tipo di costa. Non disturberà in modo significativo il substrato e quindi può essere utilizzato anche in aree molto sensibili. Poiché l'olio rimosso dal lavaggio può ricontaminare un'altra parte del litorale, il deflusso dovrebbe essere contenuto da barriere o incanalato in pozzetti di raccolta ed eventualmente recuperato da skimmer, pompe o unità del vuoto.

##### Attrezzatura e materiale richiesto:

- pompe;
- tubi flessibili con ugelli;
- (bomba);
- dispositivi di recupero (skimmer, autospurghi, pompe);
- assorbenti;
- equipaggiamento per la protezione personale;
- carburante.

## Tecnica

Poiché il lavaggio diretto può spingere l'olio più in profondità nel substrato della spiaggia o causare danni alla flora e alla fauna, si consiglia di allagare delicatamente il substrato della spiaggia per far galleggiare l'olio. Se è probabile che l'olio scaricato entri in mare, le bome devono essere adeguatamente ormeggiate vicino alla riva intorno all'area di lavoro. Il lavaggio dovrebbe iniziare nel punto più contaminato e continuare verso il bordo dell'acqua.

### 4.9 Allagamento

Questo metodo prevede la saturazione dei sedimenti contaminati mediante allagamento con acqua di mare per far galleggiare l'olio intrappolato tra il materiale sedimentario.

#### Attrezzatura e materiale richiesto:

- pompa di trasferimento ad alta capacità (circa 100 m<sup>3</sup>/h);
- tubi flessibili;
- tubo di drenaggio o tubo forato;
- approvvigionamento idrico diretto;
- boom (tipo piccolo o da spiaggia);
- dispositivi di recupero;
- assorbenti;
- equipaggiamento per la protezione personale;
- carburante.

## Tecnica

Un tubo flessibile forato (tubo drenante o tubo forato) viene posato longitudinalmente al di sopra della barra di ghiaia/ghiaia e abbondantemente alimentato con acqua di mare, in modo da produrre un flusso dall'estremità superiore della battigia per allagare la parte della barra di ghiaia/ghiaia che ha bisogno di essere pulito. Questa tecnica viene utilizzata in combinazione con operazioni di flussaggio o lavaggio per limitare le profonde infiltrazioni di olio dovute alla pressione dell'acqua e per migliorare il drenaggio verso l'estremità inferiore della barra. Il lavoro dovrebbe procedere metodicamente lungo la spiaggia. Sono necessari 10 operatori per cantiere. L'olio rilasciato deve essere contenuto e recuperato (mediante boma, skimmer, pompe, assorbenti) vicino alla riva da pulire.

### 4.10 Lavaggio surf (spinta del materiale oliato nel surf)

Questa tecnica può essere utilizzata per la pulizia di spiagge di ciottoli, ghiaia e sabbia da leggermente a molto contaminate. Consiste nello spostare i sedimenti verso l'estremità inferiore della spiaggia, per sottoporli al naturale effetto di pulizia del mare. Può essere particolarmente efficace se applicato prima o durante la stagione invernale quando sono previsti temporali e mare grosso. Lo strato contaminato di materiale da spiaggia viene accumulato e spinto nella zona di surf, dove l'azione delle onde e il movimento del materiale lo puliscono. Il materiale che viene spinto in mare verrà restituito alla spiaggia dai movimenti naturali delle onde e delle maree. La pulizia dei massi con questo metodo comporterà il cambiamento della forma e del carattere della spiaggia.

#### Attrezzatura e materiale richiesto:

- bulldozer, caricatore frontale;
- mezzi di recupero (reti, assorbenti);

- equipaggiamento per la protezione personale;
- carburante.

## Tecnica

Un bulldozer viene azionato perpendicolarmente alla linea di surf partendo dall'estremità superiore della spiaggia. Solo lo strato contaminato di materiale di spiaggia viene accumulato e spinto nell'area intertidale. Il bulldozer viene riportato lungo il percorso pulito e riposizionato in modo tale che un secondo percorso venga tagliato parallelamente e sovrapposto al primo. Se possibile, l'olio rilasciato può essere recuperato sulla battigia insieme al materiale assorbente che era stato preventivamente sparso sulla spiaggia, oppure utilizzando reti per un olio molto viscoso.

### 4.11 Aratura ed erpicatura di sedimenti leggermente oliati

Se una spiaggia di sabbia o ghiaia leggermente oliata non ha alcun valore ricreativo, l'olio può essere lasciato a degradarsi naturalmente. Questo metodo non rimuove direttamente l'olio dalla spiaggia, ma aumenta solo il tasso di degradazione naturale. L'attrezzatura agricola (un aratro o un erpice a dischi), trainata da un trattore, viene utilizzata per ottenere il rifacimento dell'olio interrato e/o la miscelazione della sabbia o ghiaia contaminata. L'aratura e/o l'erpatura frantumano i sedimenti oliati, aumentando così il tasso di degradazione dell'olio da parte di batteri e altri microrganismi presenti in natura. Aumenta la superficie dell'olio esposta agli agenti atmosferici e consente all'ossigeno di reagire meglio con il sedimento contaminato. Gli organismi che vivono nei sedimenti possono essere colpiti ripetendo questa azione.

#### Attrezzatura e materiale richiesto:

- trattore (cingolato);

- aratro;
- erpice a dischi;
- equipaggiamento per la protezione personale;
- carburante.

## Tecnica

L'aratura e/o l'erpicazione possono essere applicate solo su spiagge con capacità di carico sufficiente a sopportare macchinari pesanti. Un trattore viene azionato lungo l'intera lunghezza della spiaggia, parallelamente al bordo dell'acqua, a partire dal bordo di backshore dell'area contaminata. Il percorso successivo dovrebbe essere parallelo al primo e leggermente sovrapposto.

### 4.12 Pulizia naturale

In certi casi, l'unica possibilità per affrontare il petrolio a terra sarà lasciarlo degradare naturalmente, cioè non fare nulla. La pulizia naturale (a volte chiamata metodo "lascia stare") può essere giustificata dall'elevata sensibilità ecologica dell'area contaminata in cui l'applicazione di qualsiasi altro metodo di pulizia causerebbe più danni del petrolio stesso, o dal fatto che l'area contaminata è inaccessibile e non ha alcuna importanza commerciale, ambientale o di altro tipo. Se possibile, l'olio sfuso può essere rimosso manualmente (ad es. mediante raschiatori) ed evacuato in sacchi.

Questo metodo può essere preso in considerazione anche per l'uso su coste ad alta energia prima o durante la stagione invernale, quando è quasi certo che le onde e l'azione delle maree rimuoveranno il petrolio rimanente prima della stagione successiva. È probabile che la maggior parte dei giacimenti di petrolio scompaia in un paio d'anni, tranne forse alcune tracce di petrolio al

di sopra del livello dell'acqua alta. L'olio inglobato nei sedimenti fini o nei fanghi delle aree riparate, invece, degrada molto lentamente e può persistere per diversi anni.

## Tecnica

Dopo la rimozione del petrolio sfuso, l'olio incagliato viene lasciato sulla riva. Si raccomanda un monitoraggio periodico, in particolare dopo il periodo invernale, al fine di verificare l'andamento del degrado naturale e l'eventuale necessità di ulteriori interventi di bonifica.

**NOTA:** la degradazione naturale dell'olio può essere migliorata aggiungendo nutrienti come azoto e fosforo ai sedimenti contaminati. Il processo è noto come **biorisanamento**, e più specificamente come **"biostimolazione"**. L'operazione deve essere supervisionata da personale esperto con esperienza in biorisanamento.

### 4.13 Taglio della vegetazione

Se la vegetazione che cresce sulla costa o nelle vicinanze (ad esempio nelle barene) è contaminata da olio, le piante ricoperte oliate possono essere tagliate senza intaccare l'apparato radicale, in particolare se la fuoriuscita è avvenuta alla fine del periodo di vegetazione (autunno, inverno). In alternativa, questa azione può essere rimandata a una stagione più favorevole.



#### 4.14 Combustione

Sebbene la combustione sembri una soluzione logica per la rimozione del petrolio dalle coste contaminate, questo metodo non viene quasi mai applicato nell'area mediterranea. Oltre ad essere dannoso per la flora e la fauna che vivono nell'area inquinata, non è possibile bruciare completamente l'olio a causa dell'effetto rinfrescante dei substrati della spiaggia. La combustione incompleta provoca un forte inquinamento atmosferico e la fuliggine oleosa ha maggiori probabilità di contaminare le località adiacenti. L'aggiunta di agenti ossidanti o "stoppini" assorbenti potrebbe migliorare la combustione.

##### Attrezzatura e materiale richiesto:

- fonte di accensione (lanciafiamma);
- attrezzatura antincendio;
- (combustibili: gasolio, benzina, prodotti chimici);
- indumenti protettivi.

##### Tecnica

Al fine di garantire una combustione controllata, dovrebbe essere redatto con cura un piano e, se necessario, previste interruzioni antincendio. Il fuoco deve essere sempre acceso sul lato **sopravvento** dell'area contaminata. Potrebbero essere necessari lanciafiamme e agenti ardenti per accendere il fuoco. Il fuoco può essere lasciato bruciare finché non si esaurisce o finché non raggiunge una barriera.

Le norme di sicurezza devono essere rigorosamente osservate ed è imperativo che l'attrezzatura antincendio sia tenuta in stand-by. Il personale addetto all'operazione deve sempre rimanere sopravvento al fuoco.

**NOTA:** La combustione controllata di vegetazione secca, precedentemente tagliata, contaminata da olio (non necessariamente effettuata *in situ*) potrebbe essere considerata come l'unica applicazione efficace di questo metodo, sebbene in tali casi la combustione di materiale oliato dovrebbe essere considerata piuttosto come uno smaltimento metodo che come metodo di pulizia.

## 5. UTILIZZO DI AGENTI DI PULIZIA

Durante le fasi successive della risposta a terra l'olio si solidifica spesso e anche l'uso di acqua calda ad alta pressione non è sufficiente per addolcirlo e staccarlo. La pulizia delle superfici contaminate (banchine, muri, rocce, ciottoli) può essere in questi casi facilitata dall'uso di **detergenti appositamente preparati** che dovrebbero essere usati insieme al lavaggio con acqua calda o fredda ad alta o bassa pressione, seguito dal recupero di olio rimosso.

L'uso di detergenti diventa una necessità dopo circa un mese di esposizione agli agenti atmosferici dell'olio sulle rocce.

I detergenti possono essere sia **non emulsionanti** (che aiutano solo a staccare l'olio dalla superficie) che **emulsionanti** (che oltre a pulire aiutano la dispersione dell'olio).

I prodotti più efficienti sono quelli contenenti frazioni di petrolio leggere, ad esempio cherosene idrogenato, con contenuto aromatico drasticamente ridotto che ne rende possibile l'utilizzo a terra.

I detergenti devono essere applicati (con pennelli o a spruzzo) sulla superficie inquinata 15-30 minuti prima del risciacquo. Il rapporto volume di detergente/volume stimato di olio deve essere 1 a 3. Tempi di contatto prolungati favoriscono l'azione del detergente, ma non devono superare le 2 o 3 ore a causa del rischio di evaporazione del solvente.

## 6. UTILIZZO DI DISPERDENTI A TERRA

L'uso di disperdenti nelle operazioni di bonifica delle coste è normalmente **sconsigliato** poiché gli effetti ambientali dell'olio disperso sono considerati più dannosi degli effetti di quello non disperso.

Se le normative nazionali sull'uso dei disperdenti non specificano le regole per il loro possibile utilizzo nella bonifica dei litorali, prima di utilizzare i disperdenti per **facilitare la pulizia** di superfici dure (strutture artificiali, rocce, massi) è necessario tenere presenti le seguenti considerazioni ) e spiagge di ghiaia, ghiaia e ghiaia:

- I disperdenti **non devono mai essere utilizzati** negli ambienti marini sensibili come barene, estuari, ecc.;
- I disperdenti possono **essere utilizzati solo per un'ulteriore pulizia - up**, dopo la rimozione di olio sfuso con altri metodi, e se specializzato **detergenti non sono disponibili** ;
- I disperdenti vengono **spruzzati manualmente** da "zaini" o **applicati con spazzole** sulle superfici da pulire. Dovrebbero essere applicati poco prima della marea montante, oppure la loro applicazione dovrebbe essere seguita da un lavaggio con grandi quantità di acqua di mare;
- A volte, quando l'applicazione del disperdente **non determina una vera e propria dispersione** dell'olio ma solo il suo **distacco da una superficie** da pulire, l'olio così rilasciato deve essere contenuto e recuperato mediante barre, skimmer o assorbenti;
- L'uso di disperdenti è **inutile su** spiagge di ciottoli o ghiaia **esposte ad alta energia**, coste rocciose esposte, ecc. ma **può essere preso in considerazione** se tali coste sono **riparate** e necessitano di un'ampia pulizia per es. per ragioni commerciali;
- L'uso di disperdenti potrebbe essere considerato nel caso di **strutture fatte dall'uomo**, ma non vicino alle prese dell'acqua di centrali elettriche, raffinerie o impianti di desalinizzazione;

- Devono essere trattati solo i tipi di olio che possono essere sicuramente rimossi dai disperdenti, ovvero l' **efficacia dei disperdenti deve essere testata prima della loro applicazione**.

## MOVIMENTAZIONE, IMMAGAZZINAMENTO TEMPORANEO E TRASPORTO DI IDROCARBURI RECUPERATI E MATERIALE OLIATO

### 1. INTRODUZIONE

La gestione, lo stoccaggio temporaneo e il trasporto di idrocarburi e materiale oliato raccolti durante la risposta a un incidente di fuoriuscita di idrocarburi sono questioni che non dovrebbero essere trascurate nel processo di pianificazione. Infatti, le attività di risposta agli sversamenti possono produrre quantità significative di idrocarburi e detriti oleosi che devono essere continuamente rimossi e stoccati temporaneamente prima dello smaltimento definitivo. Se non pianificata con cura, questa parte delle attività di risposta può facilmente ostacolare e persino causare l'interruzione dell'intera operazione. Le problematiche elencate di seguito devono essere accuratamente analizzate in anticipo (durante il processo di pianificazione di emergenza) al fine di preparare un'agevole rimozione e stoccaggio del materiale oliato raccolto, e quindi garantire l'avanzamento ininterrotto delle operazioni di recupero sia in mare che a terra:

- Esistono siti, vicino ai luoghi previsti per la raccolta degli idrocarburi, dove gli idrocarburi e i detriti oleosi recuperati possono essere stoccati temporaneamente?
- Quali sono le modalità di conservazione temporanea più adatte?
- Esistono capacità di stoccaggio fisse (ad es. serbatoi, stagni artificiali utilizzati dall'industria della lavorazione del petrolio) nell'area costiera che potrebbero essere utilizzate per lo stoccaggio temporaneo di idrocarburi/materiale oleoso raccolto durante la risposta alle fuoriuscite?
- Esistono siti nearshore (terre incolte) che possono essere usati per la costruzione di capacità di stoccaggio temporaneo improvvisate?
- È possibile ottenere in anticipo i permessi necessari per l'utilizzo di tali siti?
- È possibile prevenire eventuali perdite di idrocarburi dai siti di stoccaggio temporaneo previsti, che potrebbero eventualmente contaminare la falda acquifera?

- Quali sono le distanze e le vie di traffico più idonee tra i luoghi previsti di raccolta degli idrocarburi (compresi porti e approdi in caso di recupero degli idrocarburi in mare) e i potenziali siti di stoccaggio temporaneo?;
- Queste direttrici di traffico (strade) possono essere utilizzate, senza perturbare il traffico regolare, da veicoli che trasportano idrocarburi/materiale oleoso tra i punti di raccolta a terra e i siti previsti per lo stoccaggio temporaneo?
- E' possibile ripulire le strade adibite al trasporto di materiale oliato da eventuali perdite durante il trasporto (al fine di garantire la sicurezza del traffico)?

Se si risponde chiaramente alle domande di cui sopra durante il processo di pianificazione dell'emergenza, le uniche incognite che dovranno essere definite al momento dell'incidente e della conseguente operazione di risposta saranno la **quantità di materiale** da movimentare, trasportare, immagazzinare temporaneamente (ed infine smaltire), e le **caratteristiche del materiale recuperato**, ad esempio tipo di idrocarburi, viscosità, rapporto olio/acqua (sabbia, detriti), tipo di sedimenti contaminati, ecc.

## 2. TRASPORTO DI IDROCARBURI E MATERIALE OLIATO

Quando la quantità di prodotto sversato è grande, in particolare se si tratta di un petrolio greggio o di un combustibile pesante, il trasporto degli idrocarburi recuperati e del materiale oliato può diventare un grosso problema logistico. I mezzi di trasporto comprenderanno navi e veicoli terrestri e in alcuni rari casi, anche elicotteri. Indipendentemente dai mezzi di trasporto usati, tutti questi devono essere dotati di un qualche tipo di contenitore a tenuta stagna al fine di impedire la contaminazione delle zone non inquinate.

Gli idrocarburi liquidi raccolti durante un'operazione di recupero di una chiazza di petrolio possono essere immagazzinati e trasportati in:

- **cisterne** integrate a bordo delle navi di recupero o ausiliarie/di supporto, o in **contenitori cisterna** posti sul ponte di tali navi;
- **serbatoi galleggianti rimorchiabili** (flessibili); e
- **chiatte** (semoventi o trainate).



**Imm. 1: Nave di recupero con cisterne integrate**



**Imm. 2: Serbatoi galleggianti rimorchiabili (flessibili)**



**Imm. 3: Chiatte di gomma rimorchiabile**

Se la viscosità degli **idrocarburi persistenti** (combustibili pesanti o greggi) consente il loro recupero mediante skimmer, è probabile che questi possano essere anche pompati in uno qualsiasi dei suddetti recipienti. Tuttavia, una volta riempiti, questi possono diventare molto difficili o addirittura impossibili da svuotare a causa di un aumento della viscosità degli idrocarburi dovuto ad esempio alla formazione di emulsioni acqua-in-olio da parte delle pompe, alla sedimentazione dell'acqua che potrebbe essere stata utilizzata come vettore per il pompaggio, al cambio di temperatura, o alla turbolenza causata dal movimento del mare durante il trasporto. Per evitare questi problemi, si raccomanda l'aggiunta di prodotti chimici rompi-emulsione agli idrocarburi recuperati durante il riempimento dei serbatoi, a meno che i serbatoi incorporati, i contenitori cisterna o le chiatte non siano dotati di serpentine di riscaldamento. Prima di prendere una decisione sul loro smaltimento definitivo, gli idrocarburi possono essere lasciati in questi serbatoi o trasferiti da navi o recipienti galleggianti a capacità di stoccaggio temporaneo a terra mediante:

- autocisterne stradali;
- vagoni cisterna (carri cisterna);
- autospurghi;
- semirimorchi cisterna; o
- semirimorchi cisterna sottovuoto.



Se vengono raccolte solo quantità minori di idrocarburi, queste possono essere trasportate in **fusti metallici** standard da 200 litri (noti come fusti da 44 galloni nel Regno Unito e come fusti da 55 galloni negli Stati Uniti).

Gli idrocarburi **meno viscosi (non persistenti)** che vengono recuperati in mare possono essere trasportati negli stessi tipi di recipienti, sia in mare che a terra, tuttavia la loro movimentazione non è ulteriormente complicata dalla formazione di emulsioni.

Il **materiale oliato semisolido o solido** (compresi idrocarburi ed emulsioni ad alta viscosità e sedimenti di spiaggia contaminati da idrocarburi) viene solitamente trasportato in **contenitori open top (cassoni o cassonetti)**, nonché in **autocarri con cassone ribaltabile**. In caso di rischio di perdite di idrocarburi, questi contenitori (compresi i cassoni aperti dei dumper) devono essere rivestiti con fogli di plastica o gomma resistenti e sigillati.

### 3. CONSERVAZIONE TEMPORANEA

Spesso, il tasso di **recupero degli idrocarburi** (o della miscela di idrocarburi e acqua) in mare e in prossimità della costa, o dei **sedimenti di spiaggia contaminati da idrocarburi** a terra, è superiore al tasso del suo smaltimento finale, anche quando sono state definite le modalità di smaltimento finale in anticipo (nel piano di emergenza). In tali situazioni è necessario predisporre **capacità di stoccaggio temporaneo**, preferibilmente il più vicino possibile al sito di recupero degli idrocarburi. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Serbatoi flessibili:** se disponibili, si devono usare serbatoi flessibili open top, con o senza supporto, per lo stoccaggio temporaneo di idrocarburi liquidi, in particolare all'inizio delle operazioni di pulizia a terra. Non sono adatti per materiale oliato solido (es. ciottoli, detriti).



Imm. 4: Serbatoio flessibile (pieghevole)

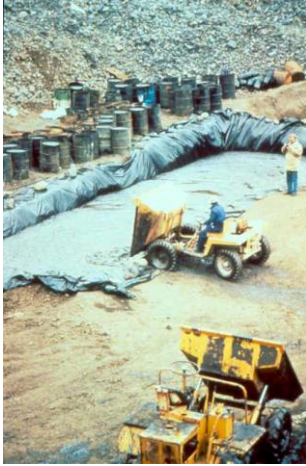


Imm. 5: Contenitore resistente alle intemperie per serbatoio flessibile

- **Buche improvvisate:** se le condizioni locali lo consentono, uno dei modi più semplici per fornire un deposito temporaneo per il materiale oliato raccolto è scavare delle buche nel terreno. L'esperienza insegna che le buche più convenienti sono **lunghe** (circa 10 m), **strette** (da 2 a 3 m) e **non troppo profonde** (da 1,5 a 2> m). Per evitare perdite di idrocarburi e possibili contaminazioni della falda freatica, le buche devono essere **rivestite** con plastica di grosso spessore (polietilene, PVC) o teli di gomma resistenti agli idrocarburi. Prima di rivestire la buca con materiale antiolio, è utile **ricoprirla** con uno strato di sabbia, feltro o geotessile per evitare possibili forature del rivestimento in plastica o gomma da parte di sassi. Il materiale oliato raccolto viene scaricato in queste buche e lasciato per ulteriori trattamenti e/o trasporto al sito di smaltimento finale.

In caso di pioggia prevista, le buche fosse devono essere riempite solo parzialmente con rifiuti oleosi al fine di prevenire possibili tracimazioni causate dalle precipitazioni. A seguito della rimozione del materiale temporaneamente stoccato, i terreni adibiti a deposito temporaneo devono essere riportati allo stato originario.

In alternativa, si possono costruire **terrapieni (dighe)** (alti da 1 a 1,5 m) per formare serbatoi rettangolari sopra il suolo, che dovrebbero anche essere rivestiti per impedire la lisciviazione degli idrocarburi. Nel caso si utilizzino terrapieni (dighe), occorre prestare attenzione che questi non vengano danneggiati dai veicoli che trasportano materiale oliato.



**Imm. 6: Buca improvvisata vicino a un sito di recupero a terra**



**Imm. 7: Buca improvvisata vicino a una raffineria**

- **Fusti per petrolio open top (in metallo):** questi sono solitamente disponibili in grandi quantità e possono essere utilizzati per lo stoccaggio temporaneo di qualsiasi tipo di idrocarburi e materiale oliato raccolti. Essendo adatti anche al trasporto, i fusti per petrolio possono essere particolarmente utili per la movimentazione di oli ed emulsioni molto viscosi. Per evitare la contaminazione del terreno utilizzato per lo stoccaggio degli idrocarburi in fusti open top, esso dovrebbe essere protetto da uno strato di geotessile, coperto da un rivestimento in plastica o gomma resistente agli idrocarburi.



**Imm. 8: Riempire un fusto "open top"**

- Sacchi di plastica pesanti e “big bag” (contenitori sfusi intermedi flessibili - FIBC):** il modo più adatto per lo stoccaggio e il trasporto di materiale oliato raccolto manualmente dalle spiagge. Il sito in cui devono essere immagazzinati i sacchetti di plastica riempiti prima del loro trasporto allo smaltimento finale dovrebbe essere protetto (con geotessile e poi teli di plastica o gomma resistente agli idrocarburi).



**Imm. 9: Materiale oliato raccolto in sacchi di  
 caricato su un  
 plastica durante la risposta a una grave  
 fuoriuscita in Corea del Sud**



**Imm 10: "Big bag" viene  
 .....camion per il trasporto**

**ATTENZIONE:** se lasciati a luce solare intensa per 1-2 settimane, i sacchetti di plastica possono iniziare a deteriorarsi e rilasciare materiale oleoso raccolto. Anche i sacchetti di plastica possono essere difficili da svuotare nel sito di smaltimento finale.

- Capacità fisse di stoccaggio:** se nell'area in cui sono previste attività di bonifica delle fuoriuscite di idrocarburi sono presenti raffinerie, terminali petroliferi, impianti portuali di raccolta delle miscele oleose, ecc., è possibile concordare con i proprietari o gli operatori di tali strutture l'utilizzo dei loro serbatoi di stoccaggio disponibili per lo stoccaggio temporaneo di idrocarburi liquidi o miscele olio-acqua. Tali accordi, le capacità dei serbatoi eventualmente disponibili, nonché i tipi di idrocarburi che possono essere temporaneamente stoccati in questo modo, dovrebbero essere presi in considerazione durante il processo di pianificazione di emergenza.



## GESTIONE DEI RIFIUTI LIQUIDI E SOLIDI GENERATI DURANTE LE ATTIVITÀ DI RISPOSTA ALLA FUORIUSCITA

### 1. INTRODUZIONE

Come già indicato nella lezione riguardante il trasporto e lo stoccaggio di petrolio e materiale oleoso generato durante le operazioni di risposta alle fuoriuscite, lo stoccaggio e lo smaltimento dei rifiuti tendono ad essere parti in qualche modo trascurate della risposta all'inquinamento marino. Tuttavia, l'esperienza insegna che questi sono anche i suoi elementi più dispendiosi in termini di tempo. Indipendentemente dalle dimensioni della fuoriuscita, è probabile che gli **idrocarburi persistenti** (compresi petrolio greggio, olio combustibile, gasolio pesante e olio lubrificante) producano un volume di materiale di scarto oliato molto più grande del volume degli idrocarburi fuoriusciti.

Si stima che uno sversamento di **1000m<sup>3</sup>** di, ad esempio, petrolio greggio possa generare fino a **750m<sup>3</sup>** di rifiuti liquidi e fino a **30.000m<sup>3</sup>** di rifiuti solidi che devono essere trattati e smaltiti. Il multiplo aumento di volume è dovuto principalmente al processo di emulsione dell'acqua in olio e alle grandi quantità di sedimenti contaminati generati dalle operazioni di bonifica del litorale.

D'altra parte, **gli idrocarburi non persistenti** (come benzina, gasolio leggero e kerosene) di solito si dissipano e si disintegrano naturalmente in un periodo di tempo molto breve, il che spesso impedisce il recupero del prodotto sversato in mare e una contaminazione molto meno grave del litorale interessato. Di conseguenza, il volume di materiale di scarto da trattare dopo uno sversamento di tali idrocarburi è normalmente esiguo.

La priorità della risposta dovrebbe essere quella di ridurre il più possibile la produzione di rifiuti, seguendo la gerarchia: **RIDURRE** ⇒ **RIUTILIZZARE** ⇒ **RICICLARE** ⇒ **RECUPERARE** ⇒ **SMALTIRE**.

Questa lezione mira a riassumere i **principi di base** della gestione dei rifiuti oliati e dovrebbe essere letta insieme alla lezione sul **trasporto e lo stoccaggio dei rifiuti oliati**.

## 2. TIPI DI RIFIUTI

I **rifiuti liquidi** sono prodotti durante le operazioni di recupero degli idrocarburi in mare, nelle aree portuali o durante la bonifica delle coste (drenaggio). Comprendono idrocarburi più o meno puri e miscele olio/acqua con vari contenuti di acqua.

Durante le operazioni di bonifica del litorale vengono prodotti **rifiuti solidi e vari**. I rifiuti creati durante la bonifica iniziale contengono una percentuale relativamente alta di idrocarburi, mentre quelli prodotti nelle fasi successive contengono idrocarburi misti a materiale contaminato da essi, compresi sedimenti, materiale di origine vegetale e animale, prodotti di risposta usati (ad es. assorbenti) e dispositivi di protezione individuale, fodere di plastica, borse, ecc.

La produzione di rifiuti varia notevolmente da un incidente di inquinamento all'altro e non è direttamente proporzionale al volume di idrocarburi sversati. Altri fattori che influenzano la quantità di rifiuti prodotti, *tra l'altro*, includono:

- Il tipo di idrocarburi versati;
- Il tipo di area inquinata;
- le condizioni del mare e del tempo;
- la stagione dell'anno;
- le tecniche di risposta utilizzate;
- l'organizzazione della risposta.

La tabella sottostante, riprodotta dalla Guida Operativa del CEDRE “Oil Spill Waste Management”, mostra le categorie più comuni di rifiuti e il contenuto medio dei suoi componenti abituali.

**Tabella 1: Categorie di rifiuti e loro caratteristiche**

CATEGORIA	% IDROCARBURI	% ACQUA (libera)	MATERIA MINERALE	MATERIA ORGANICA	COMMENTI
LIQUIDI	> 10%	0% - 90%	< 10%	< 10%	1
PASTE E SOLIDI (sabbia, ...)	> 10%	10% - 20%	> 10%	< 10%	2
CIOTTOLI / PIETRE INQUINATE	> 10%	1 %	> 80 %	< 10%	3
ASSORBENTI INQUINATI	> 5 %	< 10%	< 10%	< 5 %	4
ALGHE INQUINATE	> 5 %	< 20 %	< 20 %	> 80 %	5
RIFIUTI SOLIDI INQUINATI	> 5 %	< 10%	< 10%	variabile	6
FAUNA INQUINATA	> 5 %	< 15 %	< 10%	> 70 %	7

<sup>1</sup> Rimuovere quanta più acqua possibile depositando.      <sup>2</sup> Definire la soglia in base all'inquinante.

<sup>3</sup> Criterio di scelta: grado di inquinamento della superficie.      <sup>4</sup> Bulk, mop, cuscini, lenzuola, pompon.

<sup>5</sup> Sostanze fermentabili: **possono causare** disturbi olfattivi/odori sgradevoli.

<sup>6</sup> Compresi guanti, stivali, tute, ...

<sup>7</sup> Cadaveri di uccelli e mammiferi.



### 3. REGOLE DI BASE

Il centro di competenza francese CEDRE suggerisce di osservare la seguente serie di regole di base al fine di trattare gli idrocarburi raccolti e i rifiuti oliati nel modo più efficiente e meno costoso:

- **Fare affidamento sulle** disposizioni pertinenti del **piano di emergenza** aggiornato (riguardante ad es. l'individuazione dei siti di stoccaggio temporaneo e delle modalità di smaltimento finale, gli accordi esistenti con appaltatori specializzati nella gestione e nello smaltimento dei rifiuti, ecc.).
- Ridurre **al minimo le quantità** di rifiuti prodotti.
- Evitare la **contaminazione** dell'ambiente non interessato.
- Prevenire l'**overflow**.
- Prevenire la **congestione** e le **interruzioni**.
- **Differenziare i rifiuti** sin dalle prime fasi di intervento.
- Garantire la **trasparenza** e la **tracciabilità** di tutti i processi.
- **Riciclare o aggiornare il** maggior numero possibile di rifiuti trattati.
- **Ripristinare** tempestivamente **tutti i siti** sui terreni in cui sono stati raccolti, gestiti e/o stoccati i rifiuti.

#### 4. SEPARAZIONE DEGLI IDROCARBURI DA ACQUA E SOLIDI

Gli idrocarburi raccolti durante le operazioni di risposta agli sversamenti contiene inevitabilmente una certa quantità di acqua di mare e/o materiali solidi. I più puri sono gli idrocarburi raccolti dagli skimmer dalla superficie del mare (fino al 90% di idrocarburi), mentre il materiale da spiaggia raccolto durante la bonifica delle coste può contenere solo dall'1 al 5% di idrocarburi. La separazione degli idrocarburi da altre sostanze (acqua, sabbia, ciottoli, sassi, legno, materie plastiche, assorbenti, ecc.), che erano state raccolte insieme ad esso, facilita:

- il recupero di quanti più idrocarburi possibile per il riutilizzo,
- la riduzione del volume di materiale che deve essere movimentato, trasportato e stoccato,
- lo smaltimento finale del materiale oliato.

I metodi di separazione più utilizzati includono:

##### 4.1 Separazione per gravità

Le miscele di idrocarburi e acqua possono essere separate sfruttando le differenze nelle rispettive densità. Gli idrocarburi, più leggeri dell'acqua, tendono a risalire in superficie (da dove vengono scremati e pompati in cisterne) e l'acqua si deposita sul fondo della vasca di decantazione (da dove viene successivamente prelevata). La separazione per gravità può essere effettuata in apposite vasche di decantazione (separatori API, chiarificatori circolari, separatori a lamiera ondulata, ecc.), oppure in vari recipienti es. vasche open top, cassoni, serbatoi di stoccaggio a bordo di navi ed anche in fusti per idrocarburi open top.

Anche le emulsioni acqua-in-olio stabili possono essere separate con questo metodo se vengono aggiunti additivi chimici (rompiemulsioni o demulsionanti) e accuratamente miscelati con l'emulsione che viene trattata. Se le vasche di decantazione disponibili sono dotate di serpentine di riscaldamento, è possibile utilizzare il calore (fino a 80 °C) per rompere le emulsioni instabili.

## 4.2 Raccolta di idrocarburi che fuoriescono

La raccolta degli idrocarburi che drena dai sedimenti/materiali della spiaggia immagazzinati temporaneamente è il modo più semplice per separare gli idrocarburi liquidi da altro materiale oliato (sabbia, ciottoli, ghiaia, detriti). Gli idrocarburi devono essere convogliati in pozzetti di raccolta e da qui pompati in appositi serbatoi.

## 4.3 Rimozione di detriti

Se degli idrocarburi relativamente puliti contengono detriti (alghe, legno, plastica, ecc.), questi possono essere rimossi filtrando gli idrocarburi attraverso una rete metallica. Si può anche utilizzare la filtrazione di solidi secchi su un materiale tessuto o non tessuto. Questa operazione può precedere la separazione per gravità.

## 4.4 Setacciatura

Gli idrocarburi raccolti sotto forma di grumi solidi o palline di catrame, può essere facilmente separato dalla sabbia mediante vagliatura manuale o meccanica (maglia grossa – pochi cm a dm) o vagliatura (maglia fine – pochi mm).

## 4.5 Lavaggio

Il lavaggio con acqua fredda del materiale oliato raccolto durante le operazioni di pulizia della spiaggia, può rilasciare idrocarburi che hanno aderito al materiale solido (ciottoli). Il lavaggio può essere effettuato in fosse di stoccaggio temporaneo che dovrebbero, allo scopo, essere piuttosto basse e di superficie maggiore. Si ottengono risultati migliori lavando le pietre contaminate nelle

betoniere. La miscela di idrocarburi e acqua che ne risulta viene quindi trasferita al/i serbatoio/i di sedimentazione per la separazione per gravità.

#### 4.6 Estrazione

In teoria, gli idrocarburi possono essere recuperati dal materiale di spiaggia oliato mediante estrazione con solvente, tuttavia, il metodo deve essere ulteriormente sviluppato.

### 5. MODALITÀ FINALI DI SMALTIMENTO

È possibile utilizzare tre gruppi di metodi per lo smaltimento finale di idrocarburi e materiale oliato da una fuoriuscita:

- Recupero degli idrocarburi per il riutilizzo.
- Stabilizzazione di idrocarburi e materiale oliato.
- Distruzione degli idrocarburi.

Se possibile, la priorità dovrebbe essere data ai metodi che consentono il riutilizzo degli idrocarburi raccolti. Se questi non sono fattibili, si può prendere in considerazione la stabilizzazione del materiale oliato e, infine, la distruzione degli idrocarburi.

I seguenti schemi delle varie opzioni di smaltimento sono solo informativi, poiché lo smaltimento finale del materiale oliato generato durante una risposta a una fuoriuscita sarà probabilmente lasciato ad appaltatori specializzati.

## 5.1 Riutilizzo degli idrocarburi

Il ritrattamento e il riutilizzo degli idrocarburi raccolti durante un'operazione di pulizia di uno sversamento possono contribuire a ridurre il costo totale dell'operazione. I potenziali utenti di tali idrocarburi includono raffinerie, impianti di riciclaggio di idrocarburi usati, centrali elettriche e cementifici.

Le specifiche degli idrocarburi che ciascuno di questi impianti può utilizzare dovrebbero essere indicate nel **piano di emergenza**. Le specifiche normalmente riguardano il contenuto di acqua, solidi e sali e la viscosità degli idrocarburi. Gli idrocarburi che soddisfano i requisiti necessari possono essere miscelati con olio combustibile per uso interno nell'impianto o, nel caso di greggi, miscelato con materia prima per la raffinazione.

## 5.2 Stabilizzazione di materiale oliato con leganti

Il materiale oliato può essere stabilizzato mescolandolo con agenti leganti e quindi utilizzandolo, ad esempio, per la bonifica del terreno e la costruzione di strade di servizio. Il legante più comunemente usato è la **calce viva**, ma possono essere utilizzati anche altri materiali come cemento, zeolite e cenere da combustione polverizzata. Dal 5 al 20% di calce viva (l'esatto rapporto deve essere determinato sperimentalmente), viene miscelato con il materiale oliato o in impianti di miscelazione specializzati, oppure spargendo i rifiuti oliati su una superficie piana (in strati di 20-30 cm) e mescolandoli con calce viva. Prima di applicare questa tecnica, è necessario verificare che non vi sia alcuna possibilità di contaminazione delle acque sotterranee da lisciviazione degli idrocarburi.

Essendo il processo altamente esotermico, può generare **calore eccessivo** e provocare una reazione violenta (incendio/esplosione). Pertanto, per ogni specifico rifiuto deve essere stabilito l'esatto rapporto idrocarburi /calce. Anche la miscelazione di materiale oliato con calce viva genera una grande quantità di **polvere corrosiva** e deve essere effettuata in **aree disabitate**. Gli operatori devono utilizzare adeguati **dispositivi di protezione individuale**.

Il materiale risultante dal processo di stabilizzazione è pulito e stabile, non rilascia idrocarburi e può essere facilmente immagazzinato e trasportato. Il metodo può essere particolarmente adatto per le aree del Mediterraneo in cui la calce viva è prontamente disponibile in quantità sufficienti.

### 5.3 “Land-farming“ di petrolio e detriti oleosi

Il “Land-farming“ si basa sul noto fatto che alcuni microrganismi possono ossidare gli idrocarburi, provocando così la naturale biodegradazione del petrolio. Il requisito principale è un'area relativamente ampia di terreno di basso valore (da definire nel relativo piano di emergenza locale!). La permeabilità dei substrati deve essere bassa per prevenire possibili contaminazioni della falda freatica. L'unica attrezzatura necessaria è il comune macchinario agricolo.

Il pezzo di terreno prescelto, pianeggiante e di basso valore, deve essere dotato di canali di deviazione del ruscellamento e di un bacino idrografico, per la raccolta del ruscellamento causato dalle precipitazioni. Viene prima erpicato e poi uno strato di materiale oliato (fino a 0,2 m di spessore) viene distribuito uniformemente sulla superficie e lasciato alle intemperie. Quando non è più umido e appiccicoso, si mescola alla terra (usando un aratro, un erpice a dischi o una zappatrice). Il substrato deve essere mescolato periodicamente per aumentare l'aerazione. Il tasso di biodegradazione può essere aumentato aggiungendo fertilizzanti, ad esempio urea e fosfato di ammonio. La degradazione completa degli idrocarburi trattati con questo metodo è prevista in un periodo da uno a tre anni.

A seguito della biodegradazione degli idrocarburi, il terreno può essere utilizzato per coltivare quasi tutti i tipi di piante tra cui erba, piante ornamentali e alberi. Se le colture (per il consumo umano o animale) sono coltivate su terreni precedentemente utilizzati per la decomposizione aerobica degli idrocarburi, questi dovrebbero essere monitorati per il possibile contenuto di metalli pesanti.

## 5.4 Compostaggio

Il compostaggio è la conversione biologica di rifiuti oleosi in materiale stabile e umico. Si ottiene aggiungendo rifiuti oliati ai rifiuti domestici o mescolando materiale oliato con rifiuti domestici e depositando la miscela in fosse poco profonde sigillate con uno strato di argilla e ricoprendole di terra. Queste tecniche sono adatte a trattare solo quantità limitate di materiale oliato a causa di una bassa percentuale di tale materiale che può essere compostato con successo.

Il compostaggio può essere ottenuto anche accumulando assorbenti naturali oliati (ad es. paglia, trucioli di legno, ecc.) o alghe oliate in cumuli. Tuttavia, può essere applicato solo se vengono utilizzati assorbenti naturali nelle operazioni di pulizia o se le alghe sono state oliate, tutti fenomeni poco comuni.

## 5.5 Messa in discarica

Lo smaltimento diretto del materiale oliato è spesso la prima reazione al problema dello smaltimento, anche se si dovrebbe ricorrere a questo metodo solo se nessuno di quelli descritti in precedenza può essere applicato. **Se le normative nazionali consentono** lo smaltimento diretto di materiale contaminato da idrocarburi, il tutto deve essere pianificato con cura. La discarica prescelta deve essere preventivamente controllata per l'impermeabilità per evitare la possibile contaminazione delle acque sotterranee con idrocarburi. I rifiuti da smaltire in discarica dovrebbero contenere meno del 20% di idrocarburi. Lo spargimento di rifiuti oleosi sopra il livello del suolo dovrebbe essere favorito rispetto al riempimento di buche e/o depressioni. I substrati vicini alla discarica devono essere analizzati periodicamente per determinare eventuali perdite di idrocarburi.

Se consentito dalla normativa, del materiale lubrificato con **basso contenuto di idrocarburi** può essere posizionato con i **rifiuti domestici** in discariche **urbane**, o altrimenti in siti designati per **rifiuti pericolosi**. I rifiuti domestici assorbono la lisciviazione degli idrocarburi dal materiale oleoso smaltito, prevenendo così la loro ulteriore lisciviazione al suolo. Lo strato di materiale oliato



deve essere sottile (10 cm) e steso sopra uno strato di almeno 4 m di rifiuti domestici e poi ricoperto da 1-2 m di esso, per evitare che gli idrocarburi ritornino a galla.

## 5.6 Combustione

La combustione diretta dei rifiuti oleosi raccolti è raramente fattibile. Una bruciatura incompleta, l'inquinamento dell'aria e problemi di smaltimento dei residui catramosi sono alcuni degli inconvenienti di questo metodo. Tuttavia, se i test dimostrano che è possibile bruciare detriti oleosi raccolti, questa tecnica può essere applicata in particolare in luoghi remoti. Prima dell'inizio dovrebbe essere redatto un piano operativo e, se necessario, previste misure tagliafuoco. Il fuoco dovrebbe essere sempre acceso sul lato **sopravvento** del sito in fiamme. Potrebbero essere necessari lanciafiamme o agenti ardenti per accendere il fuoco. **Le norme di sicurezza** devono essere rigorosamente osservate e **le attrezzature antincendio** devono essere mantenute in stand-by. Il personale addetto all'operazione deve sempre rimanere sopravvento al fuoco.

## 5.7 Incenerimento

Sono stati sviluppati **inceneritori mobili per l'incenerimento** ad alta temperatura di materiale oliato vicino al sito di bonifica. Il tipo a forno rotante è particolarmente utile per l'incenerimento di idrocarburi con contenuto solido elevato (fino all'80%). I prodotti derivanti dall'incenerimento sono gas ambientalmente accettabili e solidi puliti e inerti (ghiaia, sabbia, ecc.). Potrebbe essere necessaria l'aggiunta di combustibile se il materiale trattato ha un basso potere calorifico.

**Gli inceneritori di rifiuti industriali** (nei **centri di raccolta per rifiuti pericolosi**, nei **cementifici** (co-incenerimento) e nei **forni da calce**) sono adatti per rifiuti oleosi con contenuto di idrocarburi superiore al 30% che soddisfano criteri specifici e ben definiti. Si possono usare anche **inceneritori di rifiuti domestici**, a condizione che i detriti oliati abbiano un basso contenuto di idrocarburi.

## SMOBILITAZIONE DELLE RISORSE, PULIZIA, CONSERVAZIONE E MANUTENZIONE DI APPARECCHIATURE E PRODOTTI PER LA RISPOSTA IN CASO DI FUORIUSCITA

### 1. INTRODUZIONE

C'è un gruppo di attività che, se non pianificate e condotte correttamente, possono compromettere qualsiasi operazione di risposta che potrebbe essere necessaria in caso di incidente di inquinamento da idrocarburi. Queste particolari attività mirano a garantire lo stato desiderato di preparazione delle apparecchiature e dei prodotti per la risposta alla fuoriuscita di petrolio (e fuoriuscite di altri HNS).

Le attrezzature utilizzate nelle operazioni di risposta agli sversamenti e, in particolare, nelle operazioni di bonifica delle coste appartengono generalmente a due categorie principali:

- attrezzature di risposta alle fuoriuscite di idrocarburi appositamente progettate;
- attrezzature non specifiche (usate normalmente in agricoltura, edilizia, trasporti, servizi comunali, ecc.).

Mentre è probabile che quest'ultima categoria sia fornita (noleggiata o altrimenti procurata) da subappaltatori che utilizzano tali apparecchiature quotidianamente e di conseguenza hanno procedure di manutenzione stabilite, è probabile che le attrezzature di risposta alle fuoriuscite di idrocarburi specializzate, o almeno parte di esse, vengano invece fornite da scorte nazionali, regionali o locali.

Tale attrezzatura, compresa quella conservata a livello locale, viene procurata per essere utilizzata solo in caso di emergenza. Il suo regime di lavoro è quindi molto irregolare, caratterizzato da lunghi periodi di riposo che solo occasionalmente sono interrotti da periodi relativamente brevi di utilizzo molto intenso, il che significa che è esposto ad un enorme stress quando deve essere utilizzato per

rispondere ad uno sversamento. Per mantenere l'attrezzatura in buone condizioni di funzionamento e pronta per l'uso in caso di emergenza, essa deve essere regolarmente sottoposta a manutenzione, ispezione e prova.

D'altra parte, l'attrezzatura che è stata utilizzata in modo intensivo durante un'operazione di risposta alle fuoriuscite deve essere smobilitata, pulita e riparata prima di venir restituita al deposito.

La presente lezione delinea le questioni chiave che il responsabile delle scorte di attrezzature e prodotti di risposta alle fuoriuscite deve tenere a mente al fine di avere queste risorse sempre pronte per l'uso in caso di necessità.

## 2. SMOBILITAZIONE

Come discusso altrove in questo corso di formazione, la fase attiva della risposta alla fuoriuscita di petrolio termina quando diventa inefficace o la sua continuazione può comportare un rischio inaccettabile di ulteriori danni all'ambiente o alle attività economiche nell'area interessata. Una volta presa la decisione di porre fine alla fase attiva di risposta, le risorse utilizzate per essa dovrebbero essere smobilitate. Il comandante in zona (OSC) è responsabile della supervisione del processo di smobilitazione, che di solito è graduale. Allo stesso modo, l'OSC deve garantire che:

- l'attrezzatura utilizzata sia adeguatamente pulita;
- l'attrezzatura sia riparata e mantenuta secondo le istruzioni del produttore;
- le scorte di attrezzature e prodotti siano rifornite e ispezionate;
- le attrezzature e i prodotti siano correttamente conservati; e che
- l'apparecchiatura sia pronta per l'uso quando si verifica un'altra fuoriuscita.

### 3. PULIZIA, LAVAGGIO E DECONTAMINAZIONE DELLE ATTREZZATURE

Durante le operazioni di pulizia delle fuoriuscite, l'attrezzatura utilizzata deve essere regolarmente (ogni giorno, se possibile) pulita e ispezionata per identificare e riparare qualsiasi usura o danno. Ciò vale, in particolare, per panne e skimmer, ma anche per qualsiasi altro dispositivo meccanico, utensile manuale e dispositivo di protezione individuale.

Un **impianto di lavaggio** dovrebbe essere istituito all'inizio delle attività di risposta e gestito fino al termine delle operazioni e dovrebbe essere munito dei seguenti elementi:

- una **zona lavaggio** facilmente accessibile per personale e attrezzature, in leggera pendenza;
- una **diga sigillata**, con un **pozzetto** per la rimozione degli effluenti, per impedire il deflusso;
- **fornitura di acqua dolce e lavaggio ad alta pressione**;
- **detergenti**;
- **serbatoi o separatori** per la **separazione** acqua/olio;
- **contenitore per olio esausto** separato;
- **muletto e gru** per la movimentazione di attrezzature più pesanti;
- **illuminazione**, se sono previsti lavori di riparazione notturna.

Una volta che l'impianto di lavaggio è operativo, è necessario osservare le seguenti procedure di pulizia:

- lavare le attrezzature sporche utilizzando solo acqua o detergenti speciali;
- pompare acqua oleosa dalla diga al separatore;
- scaricare l'acqua separata per drenare e trasferire l'olio nel contenitore di stoccaggio.

Dopo la fine delle operazioni, tutto il materiale di scarto raccolto (idrocarburi) dovrebbe essere trasferito al sito/impianto di smaltimento dei rifiuti, mentre il sito dell'impianto di lavaggio dovrebbe essere riportato al suo stato originale.

Per quanto riguarda la pulizia degli **skimmer**, si potrebbe utilizzare acqua calda ad alta pressione o vapore o solventi idrocarburi per la rimozione degli idrocarburi, tuttavia **non devono essere utilizzati disperdenti e detergenti su skimmer oleofili** (dischi, fusti, spazzole, spazzoloni). Per mantenere le loro proprietà oleofile, questi possono essere puliti con **gasolio**.

**Le panne** devono essere pulite dopo l'uso nelle operazioni di risposta alle fuoriuscite, in particolare se sono state a contatto con gli idrocarburi. Le panne che sono state usate solo per la protezione di una determinata area e che non sono state esposte agli idrocarburi devono essere lavate solo con acqua dolce prima dello stoccaggio. Le panne contaminate da idrocarburi richiederanno metodi di pulizia più drastici, compreso l'uso di acqua calda e disperdenti. Qualunque sia il metodo di pulizia scelto, la sua compatibilità con il materiale della panna, secondo le specifiche del produttore, dovrebbe essere assicurata prima della pulizia.

#### 4. CONSERVAZIONE

Se possibile, l'attrezzatura deve essere conservata in un luogo **asciutto e adeguatamente ventilato**. Per aumentare la durata del materiale è necessario controllare umidità e temperatura ed **evitare l'esposizione ai raggi UV**. Inoltre, il materiale dovrebbe essere protetto dai parassiti. Le panne immagazzinate, piegate o arrotolate, devono essere aperte e srotolate regolarmente per evitare che il materiale si attacchi e si formino pieghe permanenti che potrebbero indebolire il materiale.

All'interno dei magazzini dovrebbe esserci uno spazio/superficie vuoto/a dove l'attrezzatura possa essere ripulita dagli idrocarburi e dall'acqua di mare e dove si possano eseguire determinati lavori di manutenzione. È essenziale che l'apparecchiatura sia facilmente accessibile per consentire sia l'ispezione che la manutenzione. Dovrebbe essere garantito in ogni momento anche l'accesso dei veicoli e dei mezzi di sollevamento, necessari per spedire rapidamente attrezzature e prodotti in caso di emergenza. Devono essere predisposte misure di sicurezza per prevenire atti di vandalismo o furti.

Gli skimmer e le relative centraline devono essere protetti da danni e dall'atmosfera umida e salina che causa corrosione. Panni e spazzole oleofili in materiali sintetici, nastri trasportatori in gomma e materiale plastico incorporato negli skimmer possono deperire se esposti per periodi prolungati alla luce diretta del sole. Di conseguenza, gli skimmer dovrebbero essere immagazzinati in capannoni o magazzini adeguatamente ventilati e coperti.

#### 4.1 Invecchiamento e stoccaggio dei disperdenti

I disperdenti sono formulazioni complesse costituite da diversi tensioattivi disciolti in solventi. Inoltre, possono contenere acqua e additivi per stabilizzare l'impasto.

L'invecchiamento dei disperdenti generalmente non presenta problemi, mentre i diversi componenti cambiano solo leggermente nel tempo. Sono stati notati fenomeni di cristallizzazione e sedimentazione dopo un lungo periodo (diversi anni) di conservazione senza movimento. In tali casi la fase superiore diventa più ricca di solvente, mentre quella inferiore di tensioattivi. I prodotti convenzionali a base di idrocarburi (noti anche come disperdenti di seconda generazione o di tipo I) sono più sensibili a questi cambiamenti. L'agitazione dei contenitori dei disperdenti prima dell'uso dovrebbe normalmente provvedere all'omogeneizzazione del prodotto.

Si sa poco dell'invecchiamento dei disperdenti per periodi molto lunghi (10 anni e più) ed è quindi necessario un controllo periodico delle loro principali proprietà (efficacia e tossicità).

I disperdenti da soli non sono significativamente corrosivi, in quanto non attaccano il metallo. Tuttavia, aumentano la bagnabilità del metallo e possono quindi accelerare la corrosione in presenza di acqua dolce e, in particolare, di mare. I produttori di solito consegnano i disperdenti in fusti metallici rivestiti internamente con rivestimento epossidico, vernice o in contenitori di materiale sintetico.

I principali problemi di corrosione riguardano lo **stoccaggio di fusti metallici impilati all'aperto**, per corrosione esterna non causata dall'azione disperdente. Per prevenire la corrosione esterna, i fusti devono essere tenuti al riparo dalla pioggia.

L'utilizzo di **fusti in plastica** dà luogo ad altri tipi di problemi: i materiali plastici invecchiano rapidamente all'aria e per azione disperdente i fusti posti in fondo al cumulo si deformano e possono finire per collassare sotto il peso dei fusti posti sopra di essi.

Di conseguenza, si consiglia di stoccare i disperdenti in contenitori rivestiti o in fusti metallici protetti internamente ed esternamente.

## 5. MANUTENZIONE DELL'ATTREZZATURA DI RISPOSTA IN CASO DI FUORIUSCITA

### 5.1 Manutenzione regolare

Il modo migliore per garantire un buon funzionamento delle apparecchiature di risposta alle fuoriuscite è **ispezionarle** e **testarle** periodicamente. I test vengono eseguiti al meglio attraverso esercizi, che servono al contempo a **formare il personale di risposta alle fuoriuscite di idrocarburi** designato a far funzionare l'attrezzatura in caso di incidente. **La tabella 1** indica gli intervalli regolari raccomandabili per testare diverse categorie di apparecchiature, ma può anche aiutare gli ufficiali responsabili della manutenzione a pianificare l'addestramento regolare delle squadre operative.

Le apparecchiature meccaniche (es. skimmer, alimentatori, pompe) devono essere sottoposte a regolare **manutenzione**, in conformità con le istruzioni di manutenzione del produttore.



**Tabella 1: Intervalli raccomandati per testare le principali categorie di apparecchiature di risposta alle fuoriuscite**

TIPO DI ATTREZZATURA	INTERVALLO	TEST
Pompe olio	mensile	avviare la pompa
	ogni 6 mesi	gestione della formazione/istruzione
Skimmer (dispositivi di recupero meccanico)	ogni 6 mesi	prove operative (senza inquinante)
Panne	ogni 6 mesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- schierare (in acqua) una lunghezza considerevole (almeno 3 sezioni)</li> <li>- dispiegare (a terra) l'intera lunghezza</li> </ul>
Barriere skimmer	una volta all'anno	prove/istruzioni operative
Chiatte galleggianti, flessibili e rigide e contenitori per la raccolta degli idrocarburi	una volta all'anno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gonfiare unità gonfiabili</li> <li>- montare altre unità</li> <li>- riempire d'acqua</li> </ul>
Attrezzatura a spruzzo per <ul style="list-style-type: none"> <li>- disperdenti</li> <li>- assorbenti sfusi</li> </ul>	una volta all'anno	sessione di istruzione per il personale addetto alla movimentazione
Contenitori per lo stoccaggio dei prodotti per il trattamento degli idrocarburi fuoriusciti	una volta all'anno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- controllare le condizioni di conservazione</li> <li>- agitare i fusti</li> <li>- i prodotti più vecchi in magazzino possono essere utilizzati per le prove</li> </ul>

NOTA: Ogni volta che l'attrezzatura utilizzata negli esercizi è stata a contatto con l'acqua marina, **deve essere sciacquata con acqua dolce prima di essere riposta nuovamente.**

## 5.2 Manutenzione durante le operazioni di risposta

Durante le operazioni di risposta agli sversamenti saranno necessari due diversi tipi di manutenzione: **manutenzione preventiva** e **riparazione dei guasti**.

La manutenzione preventiva dovrebbe aiutare a ridurre al minimo la necessità di riparare i guasti. Se l'attrezzatura viene utilizzata da **operatori addestrati**, osservando le regole stabilite di **buona manutenzione**, nelle **condizioni raccomandate dal produttore** e **senza superare i limiti di resistenza del materiale**, la necessità di riparazioni di emergenza durante la pulizia delle fuoriuscite sarà drasticamente ridotta.

In caso di fuoriuscita di petrolio, le strutture di manutenzione dovrebbero, se possibile, essere rese disponibili relativamente vicino al sito di risposta alla fuoriuscita (pulizia). Il personale dovrebbe comprendere un meccanico, un installatore e un elettricista, che dovrebbero avere accesso ai materiali, agli strumenti e ai pezzi di ricambio necessari. La disponibilità di carburante e lubrificanti per veicoli, imbarcazioni e diversi macchinari utilizzati nelle operazioni di pulizia dovrebbe essere assicurata sin dall'inizio delle attività.

Gran parte delle apparecchiature di risposta alle fuoriuscite, e in particolare degli **skimmer**, è stata progettata per utilizzare **la potenza idraulica**. La potenza idraulica si adatta molto bene alle difficili condizioni di lavoro, è sicura, affidabile e consente una buona trasmissione dell'energia necessaria per il funzionamento delle attrezzature specializzate.

Il controllo periodico della tenuta dei circuiti idraulici garantirà un efficiente funzionamento dell'attrezzatura, mentre una buona dotazione di innesti necessari per le varie attrezzature consentirà l'utilizzo multiplo di ciascuna centralina idraulica.

La maggior parte dei produttori di **panne** fornisce dei kit di riparazione di emergenza che dovrebbero essere sempre disponibili durante le attività di pulizia al fine di consentire la pronta riparazione di danni minori che potrebbero, se non riparati, rendere inutilizzabili una o più sezioni della panna.

**I disperdenti sono forti agenti sgrassanti** e particolare attenzione dovrebbe essere prestata al controllo che i lubrificanti in varie parti dell'attrezzatura non siano contaminati da disperdenti, se questi vengono utilizzati. Ciò si riferisce in particolare al montaggio del motore di coda degli elicotteri. I disperdenti attaccano anche i componenti in gomma esposti e vari rivestimenti di vernice e possono causare una leggera screpolatura del Perspex sollecitato utilizzato nei parabrezza e nei finestrini di navi e aerei. È necessario un lavaggio accurato di tutte le navi, aerei e altri macchinari esposti a spruzzi di disperdente per prevenire potenziali danni all'attrezzatura.

## **CORSO / MODULO 3**

### **SITUAZIONE DOPO L'INCIDENTE**

## MONITORAGGIO DELL'INQUINAMENTO DA PETROLIO E CAMPIONAMENTO DI OLIO E MATERIALE OLIATO<sup>3</sup>

### 1. INTRODUZIONE

L'inquinamento marino da idrocarburi è monitorato più o meno regolarmente da tutti gli stati costieri in Europa e nella regione mediterranea. Viene svolto per vari scopi e quindi il termine "monitoraggio" si applica a una serie di attività diverse. Il "monitoraggio" può applicarsi al monitoraggio della superficie del mare da satelliti o veicoli aerei di qualsiasi tipo, al monitoraggio di vari parametri dell'acqua di mare mediante analisi chimiche, all'osservazione dei cambiamenti nella parte costiera dell'ambiente marino, ecc.

In caso di analisi chimiche di campioni di acqua e di olio, o campioni contenenti olio misto ad acqua o materia solida o entrambi, è necessario prelevare campioni che servano allo scopo specifico per il quale si sta effettuando l'analisi. Il campionamento è il processo di prelievo di campioni di olio, acqua, sedimenti o biota, per l'analisi o il test.

Questa lezione **mira** a delineare le basi del **monitoraggio** relativo all'inquinamento marino da petrolio e del **campionamento di** acqua, petrolio e materia oleosa, poiché ai partecipanti al Programma potrebbe essere richiesto di assistere in questo tipo di attività prima di un incidente di inquinamento da petrolio, durante la risposta ad esso, e all'indomani delle operazioni di risposta diretta agli sversamenti e di bonifica in mare e a terra.

---

<sup>3</sup> Nella preparazione di questa lezione gli autori hanno utilizzato "Technical Information Paper 14 - Sampling and Monitoring of Marine Oil Spills", ITOPF, Londra, Regno Unito, 2012.

## 2. MONITORAGGIO

I motivi per il monitoraggio sono molteplici e comprendono, tra l'altro:

- un **controllo standard** della **qualità dell'acqua di mare**;
- **monitoraggio periodico** del mare, finalizzato **all'individuazione** e **all'individuazione dei** trasgressori delle norme in materia di tutela dell'ambiente marino da parte delle navi (e anche da fonti terrestri) e a **fornire elementi di prova** per il loro perseguimento in caso di scarichi illegali;
- in caso di **incidenti** di inquinamento, quando la fonte è normalmente nota, il monitoraggio serve:
  - a prevedere il **movimento**, il **comportamento** e il **destino** del prodotto sversato;
  - di aiuto nel prendere decisioni riguardanti la **scelta di adeguati metodi di risposta**;
  - per supportare la **conduzione di operazioni di risposta agli sversamenti**, in mare e a terra.
- Il monitoraggio post-fuoriuscita viene svolto per agevolare l'**identificazione di** metodi di **bonifica** adatti **per i siti interessati**, e per **controllare il progresso** e il successo.

I relativi **programmi di monitoraggio** sono sviluppati e implementati da specialisti in ciascuno di questi campi.

In generale, il **primo passo** nella progettazione di un programma di monitoraggio è definire gli **obiettivi** e concordare le **informazioni e i dati necessari** per raggiungere questi obiettivi. In Europa, l'obiettivo è solitamente quello di stabilire il livello di contaminazione nei sedimenti nei siti chiave oliati durante l'incidente. Le attività di monitoraggio comprendono la raccolta di campioni di sedimenti da spiagge e acque poco profonde da siti inquinati, per un periodo ad esempio di 3 mesi, e la loro analisi del contenuto totale di idrocarburi (THC) e di idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Spesso, i risultati del monitoraggio hanno mostrato che la maggior parte dei sedimenti era relativamente inalterata.

## 2.1 Monitoraggio della qualità dell'acqua di mare

Si tratta di un procedimento di routine, svolto regolarmente, secondo le norme previste dalla normativa nazionale e comunitaria di riferimento. Implica la misurazione di parametri **fisici, chimici e biologici standard** dell'acqua di mare, come la temperatura, la salinità, i solidi sospesi, vari anioni e cationi, COD (domanda chimica di ossigeno), BOD (domanda biologica di ossigeno), il livello di eutrofizzazione, ecc. Anche il **contenuto di composti ed elementi pericolosi** (ad es. metalli pesanti, composti organoalogenati, idrocarburi policiclici aromatici o IPA, ecc.) è regolarmente controllato. **Anche gli idrocarburi**, che sono il componente chiave degli oli minerali, dovrebbero essere misurati, tuttavia le normative relative al monitoraggio di questo gruppo di composti sono meno stringenti rispetto agli altri, più nocivi.

Il monitoraggio regolare dei parametri dell'acqua di mare è effettuato da istituzioni statali competenti e certificate, sebbene anche delle istituzioni scientifiche specializzate implementino programmi di monitoraggio specifici per scopi di ricerca.

## 2.2 Monitoraggio relativo alla rilevazione di scarichi illeciti

Viene solitamente effettuata mediante ricognizione aerea o satellitare, come descritto rispettivamente nelle **Lezioni L 1.7 e 1.8**.

## 2.3 Monitoraggio relativo agli incidenti di inquinamento marino

Di solito vengono effettuati due tipi di monitoraggio quando si verifica un incidente di inquinamento da idrocarburi. Il primo tipo può essere descritto come **operativo** e il secondo



come monitoraggio **ambientale** e scientifico. Quest'ultimo è menzionato solo in questa lezione e ulteriormente discusso nella **Lezione L 3.2** .

Il monitoraggio operativo **fornisce** informazioni di diretta rilevanza per la gestione della risposta alla fuoriuscita di petrolio, **serve** a valutare la situazione effettiva durante un inquinamento da petrolio e **comprende** sia la sorveglianza aerea (tramite aeromobile, preferibilmente elicottero, UAV/drone o satellitare), sia la raccolta/analisi di campioni dal mare e dalla costa. In realtà, la prima azione in qualsiasi risposta a un incidente di inquinamento da idrocarburi dovrebbe essere quella di avviare il monitoraggio operativo, per poi continuare con esso quotidianamente per tutta la durata della risposta attiva, al fine di valutare l'efficacia delle attività di risposta.

Sono possibili tre approcci complementari al monitoraggio:

- confronto dei dati post-sversamento e pre-sversamento;
- confronto dei dati provenienti da aree contaminate e siti di riferimento incontaminati; e
- monitoraggio dei cambiamenti nel tempo.

In alcuni casi, come ad esempio in occasione di sversamenti di piccoli volumi di prodotti leggeri non persistenti, in condizioni meteo/marine sfavorevoli, il monitoraggio operativo può essere l'unica azione richiesta.

Oltre ai motivi già citati per il monitoraggio durante un incidente di inquinamento, la decisione di attuare un programma di monitoraggio, come parte della risposta allo sversamento, può essere presa per uno o più dei seguenti motivi:

- misurare le concentrazioni di idrocarburi nel sedimento o nell'acqua per aiutare a decidere se continuare con le operazioni di risposta o terminare le attività;
- stabilire se esiste il rischio di trasferire contaminanti nella catena alimentare umana;

- stabilire gli effetti dell'incidente dell'inquinamento sul pesce e sui crostacei commerciali per sostenere la decisione sull'opportunità di imporre restrizioni alla pesca;

Si sottolinea che eventuali ragionevoli costi associati al monitoraggio operativo della situazione della fuoriuscita e del suo sviluppo possono essere legittimamente inclusi nei costi di risposta e il loro rimborso richiesto all'inquinatore o al suo assicuratore, o in caso di una fuoriuscita massiccia di petrolio persistente, dai fondi IOPC (Fondi internazionali di compensazione dell'inquinamento da idrocarburi).

## 2.4 Monitoraggio post-sversamento

Comprende il **monitoraggio standard della qualità dell'acqua di mare** e il **monitoraggio ambientale** specifico finalizzato al supporto **delle misure di bonifica ambientale**, che è descritto nella Lezione L 3.2, come già indicato.

## 3. CAMPIONAMENTO

In caso di scarichi illegali di petrolio dalle navi, l'ovvia ragione per il campionamento è **identificare** i trasgressori e **fornire prove** per il loro perseguimento. In caso di incidente da inquinamento da idrocarburi, la fonte del petrolio è generalmente nota, e quindi il campionamento serve principalmente per **aiutare a prendere decisioni** relative alle operazioni di risposta e, successivamente, alla **bonifica dei siti interessati**.

Il prelievo di campioni di olio non dovrebbe rappresentare un problema serio quando ce n'è una quantità sufficiente, cioè quando lo strato di olio in mare o a terra è spesso. L'unico problema da considerare in tal caso è la pulizia dei contenitori in cui vengono prelevati i campioni. Possono sorgere problemi quando l'inquinante viene distribuito in uno strato molto sottile, ma questi possono essere superati utilizzando dispositivi e tecniche di campionamento appositamente progettati.

Le procedure per il prelievo dei campioni sono definite dalle normative ufficiali nazionali e internazionali (protocolli), e il campionamento sarà, in circostanze normali, effettuato da personale che abbia familiarità con le procedure richieste. Tuttavia, come già indicato, alle persone impegnate nella risposta alle fuoriuscite può essere occasionalmente richiesto di assistere nel campionamento dell'olio o del materiale oliato.

I tipi di campionamento relativi alle fuoriuscite di petrolio includono il campionamento di **petrolio sversato, acqua, sedimenti e biota**. In generale, i campioni di **olio** vengono prelevati principalmente per l'analisi **qualitativa** sia per confermare la sua fonte (vedi paragrafo 2.1) sia per determinare i metodi di risposta appropriati, mentre i campioni di acqua, sedimenti e biota sono necessari per quantificare la contaminazione da idrocarburi, che può essere importante per la pianificazione delle operazioni di risposta agli sversamenti e, successivamente, di bonifica e ripristino ambientale.

Le quantità di olio o materiale oliato necessarie per le analisi sono generalmente piccole. La tabella seguente mostra le quantità tipiche di campione richieste per l'analisi degli idrocarburi.

**Tabella 1: Linee guida per la quantità di campione tipica richiesta per l'analisi degli idrocarburi**

Descrizione	Indicazione della quantità minima richiesta (per campione)
Campione di fonte di olio puro	30 – 50 ml
Olio contaminato (es. olio di mare o di costa, palline di catrame sabbioso, olio emulsionato, ecc.)	10 – 20 g

Detriti con olio, sabbia macchiata d'olio	Quantità sufficiente affinché il contenuto di olio sia di ca. 10 g
Piuma oliata	5 -10 piume a seconda della quantità di olio presente
Pesci, crostacei (carne e organi)	Più individui della stessa specie per un totale di 30 g
Campione d'acqua con olio visibile	1 litro
Campione d'acqua senza olio visibile	3 – 5 litri

Riprodotta da "Technical Information Paper 14 – Sampling and Monitoring of Marine Oil Spills", ITOPF, Londra, Regno Unito, 2012

### 3.1 Campionamento di olio sversato

I campioni di olio che galleggiano sulla superficie del mare possono essere raccolti direttamente **campionando barattoli, tamponi** assorbenti e **secchi** su una corda o su un'asta di prolunga. Se il campione viene prelevato **da una barca**, dovrebbe essere prelevato da prua, per evitare i film dello scafo della barca, i gas di scarico del motore o l'acqua di raffreddamento.

Si usano reti o coni di campionamento a maglia fine, cartucce assorbenti o spugne speciali per prelevare campioni di olio da sottili film di olio sulla superficie del mare. Le reti o i tamponi di campionamento puliti e inutilizzati devono essere forniti al laboratorio come riferimento per l'analisi insieme al campione.

L'olio arenato su una spiaggia e attaccato a una superficie dura può essere raccolto **raschiandolo** e raccogliendolo in un contenitore per campioni.

La corretta “catena di custodia” dei campioni comprende lo **stoccaggio**, l' **etichettatura** (luogo, data, ora...), la **sigillatura** (in presenza di testimoni), l' **imballaggio** (in scatole imbottite con divisori) e la **spedizione** al laboratorio. Ciascuno di questi passaggi deve essere adeguatamente documentato.

I campioni di olio devono essere **mantenuti (memorizzati)** in vetro, metallo o contenitori di Teflon® (ad esempio alcuni materiali plastici possono reagire con gli idrocarburi), alla temperatura di 4-5 °C (ma non congelati), e inviati al laboratorio non appena possibile. **La stabilizzazione in campo** può essere richiesta, qualora si preveda un ritardo nell'invio dei campioni al laboratorio, ma deve essere eseguita da personale qualificato.

In caso di scarico deliberato di petrolio, l'identificazione della fonte di inquinamento attraverso campioni prelevati dalla superficie del mare o dalla costa sarà accettata come prova legale sufficiente solo a condizione che sia disponibile anche un campione di carico sospetto di petrolio o di petrolio dal locale macchine di una nave sospetta. Tale campione dovrà poter essere confrontato con un campione prelevato dal mare o dalla costa. Una pratica operativa standard per le navi commerciali è quella di tenere a bordo campioni di olio prelevati durante il carico di merci e bunker (in caso di controversie commerciali). Se questi non sono disponibili, i campioni devono essere prelevati dai locali merci e macchinari delle navi sospette al loro arrivo nel porto più vicino.

### 3.2 Campionamento dell'acqua

Le misurazioni della qualità dell'acqua possono essere eseguite *in situ* da **sensori sul campo** (che possono fornire **dati generali** su pH, salinità, conducibilità, COD, BOD o **dati specifici dell'olio** su, ad esempio, concentrazioni di olio disperso) o tramite la **raccolta di campioni** e l'invio a un laboratorio di analisi, che è ancora la pratica più comune. Al fine di evitare la contaminazione da pellicole oleose presenti sulla superficie dell'acqua, i campioni vengono prelevati dalla colonna

d'acqua mediante dispositivi di campionamento che vengono abbassati alla profondità dell'acqua desiderata una volta chiusi, quindi aperti e richiusi prima del recupero.

### 3.3 Campionamento di sedimenti

I sedimenti possono essere prelevati da zone sub-tidali o intertidali. Nel primo caso i campioni vengono prelevati mediante pinze superficiali, nel secondo mediante raschiatori di superficie o dispositivi speciali per il prelievo di campioni. Gli operatori di entrambi i tipi di dispositivi avranno bisogno di formazione.

### 3.4 Campionamento del biota

I campioni di biota possono coinvolgere sia specie selvatiche che specie allevate. Il metodo utilizzato dipende dai tipi di specie richiesti: specie che vivono in prossimità del fondale o nella colonna d'acqua, specie che vivono sul fondale marino o nei sedimenti, nonché uccelli e mammiferi. I campioni degli impianti di maricoltura vengono prelevati congiuntamente con gli operatori di tali impianti, mentre i campioni di specie sfruttate commercialmente possono essere acquistati dai pescatori o essere raccolti insieme a loro.

I campioni di uccelli e mammiferi possono essere prelevati da carcasse di animali morti o, in modo non invasivo (ad esempio da pelliccia o piume), da animali vivi. Anche il prelievo di campioni di biota richiede personale specializzato e formato.

## MONITORAGGIO AMBIENTALE<sup>4</sup>

### 1. INTRODUZIONE

Il monitoraggio ambientale di solito mira a quantificare la **contaminazione da idrocarburi**, ed è quindi necessario che si concentri sui sedimenti o altri componenti dell'area potenzialmente contaminati, e **non sull'olio** che è stato sversato e che era l'obiettivo del monitoraggio durante le operazioni di risposta allo sversamento.

Le ragioni per condurre il monitoraggio ambientale, che sono rilevanti per il presente Programma, sono principalmente quelle di **seguire il recupero ambientale**.

Questa lezione mira a fornire ai partecipanti al Programma le conoscenze di base relative al monitoraggio della **risposta allo sversamento**, poiché potrebbe essere richiesto loro di assistere nelle attività del programma di monitoraggio dopo che le operazioni di risposta diretta allo sversamento sono state portate a termine.

### 2. MONITORAGGIO AMBIENTALE

Ai fini di questa lezione, per monitoraggio ambientale (scientifico) si intende qualsiasi tipo di monitoraggio effettuato per scopi diversi dal fornire informazioni per guidare la risposta a una fuoriuscita di petrolio. Inizia dopo la cessazione della risposta diretta allo sversamento e dovrebbe essere soggetto a un previo accordo tra le autorità competenti (nazionali, regionali, locali) e

---

<sup>4</sup> Nella preparazione di questa lezione gli autori hanno utilizzato ampiamente il Technical Information Paper 14 - Sampling and Monitoring of Marine Oil Spills, ITOPF, Londra, Regno Unito, 2012.



l'inquinatore o il suo assicuratore. Il monitoraggio ambientale scientifico mira a stabilire l' **impatto a lungo termine** dell'inquinamento sui siti, sulle popolazioni e sulle specie nell'area interessata, funge da base per le attività di ripristino ambientale ed è necessario per un **ragionevole ripristino ambientale** dopo un incidente di inquinamento.

Esso dovrebbe innanzitutto esaminare se il ripristino è fattibile, quindi seguirne i progressi e infine stabilire quando il ripristino ha raggiunto uno stadio sufficiente per essere concluso.

Si sottolinea che in caso di piccoli sversamenti che non minacciano risorse specifiche, **il monitoraggio post-sversamento non è necessario** .

La decisione di attuare un programma di monitoraggio dopo uno sversamento può comunque essere presa per:

- misurare le concentrazioni di idrocarburi nell'acqua o nei sedimenti;
- stabilire quando cessa di esistere il rischio di trasferimento di contaminanti nella catena alimentare umana e quando le restrizioni alla pesca possono essere revocate;
- stabilire se eventuali effetti ambientali osservati possono essere attribuiti a maggiori concentrazioni di petrolio legate a uno specifico incidente di inquinamento;
- determinare il declino delle concentrazioni di idrocarburi nell'ambiente marino e monitorare il recupero;
- identificare le condizioni appropriate per avviare e sostenere le misure di ripristino;
- dimostrare che i danni causati dallo sversamento sono stati valutati, che è in corso il ripristino e che le concentrazioni di petrolio nell'ambiente marino stanno tornando ai livelli di fondo.

Lo **scopo** di qualsiasi programma di monitoraggio deve essere quello di fornire informazioni **affidabili, oggettive** e **utili** per rispondere a preoccupazioni specifiche e razionali

sulla presenza di olio sversato nell'ambiente. Gli obiettivi specifici di un programma sono fissati dalle autorità competenti, o in risposta a richieste specifiche contro l'inquinatore, e ciò deve essere fatto nella fase iniziale in collaborazione tra tutte le parti coinvolte.

## 2.1 Il costo del monitoraggio

Indipendentemente da chi dovrebbe finanziare il programma di monitoraggio, è buona norma preparare una proposta contenente un budget dettagliato. La proposta potrebbe essere discussa con le parti che pagano l'indennizzo prima dell'inizio del monitoraggio.

**Tabella 1: componenti tipici di una proposta di budget di monitoraggio**

SFONDO	CAMPIONAMENTO	ANALISI	LA LOGISTICA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• caso, nome, date, luogo</li> <li>• nomi / affiliazioni del team scientifico</li> <li>• obiettivi, metodi, procedure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• periodo, frequenza</li> <li>• ambito geografico</li> <li>• tipi di campione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• laboratori che effettuano analisi</li> <li>• piani analitici e relativi costi</li> <li>• impegno dei dati per la pubblicazione del report</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• descrizione dei costi delle attrezzature e dei materiali</li> <li>• costo di qualsiasi supporto logistico speciale</li> <li>• costi di viaggio e alloggio</li> </ul>

Riprodotta da "Technical Information Paper 14 – Sampling and Monitoring of Marine Oil Spills", ITOPF, Londra, Regno Unito, 2012

In generale, il costo del monitoraggio dovrebbe riflettere il livello di impegno, la frequenza delle indagini, il numero di campioni, i tipi di analisi e deve essere proporzionale alla scala delle questioni affrontate.

## 2.2 Monitoraggio della contaminazione del litorale e del suolo

Il monitoraggio ambientale scientifico della contaminazione del litorale mira a determinare gli impatti a lungo termine dell'inquinamento sui materiali, sull'ambiente e sulle specie residenti nell'area interessata. Richiede una conoscenza approfondita delle tipologie dei lidi interessati. I risultati del monitoraggio dovrebbero comprendere:

- un resoconto dettagliato dell'andamento della contaminazione del litorale e della rimozione dell'inquinante;
- una sintesi del degrado fisico e chimico del litorale da parte dell'inquinante e del suo ripristino naturale o assistito;
- una registrazione degli impatti sulle specie e sugli habitat caratteristici dell'area interessata (conseguenze a lungo termine su flora e fauna).

I contaminanti possono essere trasportati anche dal vento e dalle onde dalla battigia verso la terraferma (fino a diverse centinaia di metri in casi estremi). Se si è verificata una contaminazione del terreno, potrebbe essere necessario monitorare anche quest'ultimo.

Tale monitoraggio ambientale a lungo termine viene effettuato da botanici e biologi specializzati. Se è previsto il ripristino botanico, le tecniche da utilizzare possono variare dalla semplice potatura della vegetazione per favorire una nuova crescita, alla messa a dimora di talee dopo aver pulito il terreno.

Il monitoraggio a terra comprende:

- valutazione del danno;
- pianificazione del ripristino;
- predisposizione e resoconto complessivo del ripristino naturale e degli interventi effettuati.

### 2.3 Monitoraggio della contaminazione dell'acqua

Ha lo scopo di determinare l'impatto a lungo termine dell'incidente di inquinamento sulla colonna d'acqua e sulle popolazioni che vivono in acqua. Questo tipo di monitoraggio viene effettuato da oceanografi, con il supporto di chimici, biologi ed ecotossicologi. I principali tipi di monitoraggio in questo gruppo comprendono:

- monitoraggio della concentrazione e degradazione (compresa la biodegradazione) dell'inquinante nella colonna d'acqua;
- monitoraggio specifico dei livelli di contaminazione che corrispondono alle soglie di pericolosità note, per molecole/composti particolarmente pericolosi;
- monitoraggio del bioaccumulo di inquinanti e decontaminazione progressiva di animali e piante acquatiche; e
- monitoraggio delle conseguenze sugli equilibri biologici nell'ambiente interessato e il progressivo ripristino di tali equilibri.

### 2.4 Monitoraggio delle paludi costiere

Le paludi costiere (e in particolare marittime) e le loro popolazioni sono tra le prime vittime delle fuoriuscite di petrolio. Inoltre, la loro natura esclude praticamente gli effetti della pulizia naturale, mentre la loro sensibilità limita fortemente le opzioni di pulizia, comprese le operazioni di pulizia manuale. L'infiltrazione di petrolio o altri inquinanti in tali aree è favorita dall'alternanza regolare di arrivo ed evacuazione dell'acqua durante il ciclo di marea.

Di conseguenza, alle paludi costiere dovrebbe essere data un'elevata priorità per il monitoraggio ambientale (ecologico) a lungo termine dei:

- parametri qualitativi (diversità specifica); e dei

- parametri quantitativi (abbondanza ed evoluzione dell'inquinante, abbondanza di specie, evoluzione della biomassa).

## MISURAZIONE DEI CAMPIONI DI OLIO<sup>5</sup>

### 1. INTRODUZIONE

I risultati delle attività di monitoraggio svolte prima, durante e dopo uno sversamento di petrolio dipenderanno interamente dai risultati delle analisi chimiche dei campioni prelevati nell'ambito dei programmi di monitoraggio.

Le analisi vengono normalmente eseguite in laboratori certificati (autorizzati), che possono essere pubblici o privati.

L'analisi di olio e campioni di olio prelevati da siti contaminati da un incidente di inquinamento è un lavoro altamente specializzato che viene necessariamente eseguito da professionisti del settore.

Lo **scopo** di questa lezione è solo quello di informare i partecipanti al Programma delle diverse tecniche analitiche utilizzate e del loro scopo.

---

<sup>5</sup> Nella preparazione di questa lezione gli autori hanno utilizzato il Technical Information Paper 14 - Sampling and Monitoring of Marine Oil Spills, ITOPF, Londra, Regno Unito, 2012.

## 2. METODI ANALITICI E TECNICHE UTILIZZATE

Non esistono standard o linee guida universalmente applicabili per l'analisi dei campioni di inquinamento da idrocarburi, tuttavia esistono vari protocolli pertinenti a livello internazionale e nazionale che possono essere seguiti durante l'analisi dei campioni. Questi comprendono i protocolli pubblicati dalle seguenti organizzazioni:

- European Committee for Standardization (CEN);
- American Society for Testing and Materials (ASTM);
- American Petroleum Institute (API);
- US Environmental Protection Agency (US EPA);
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME).

Prima dell'inizio delle analisi, i campioni ricevuti in laboratorio devono essere puliti per rimuovere materiali estranei (es. detriti) e concentrare composti idrocarburici (solitamente mediante estrazione con solvente e cromatografia). Queste procedure preliminari sono poi seguite da una o più delle seguenti tecniche analitiche.

### 2.1 Fluorescenza ultravioletta (UVF)

L'UVF è un metodo analitico qualitativo e quantitativo utilizzato per rilevare la presenza di olio nei campioni. È in grado di rilevare concentrazioni molto basse di olio nell'acqua (fino a 0,1 µg/l) e può anche determinare 1,0 mg/kg di olio nei sedimenti.

È considerata una tecnica rapida e preziosa per confermare la presenza di olio, ma non viene utilizzata di routine per confermare un campione di origine, poiché ciò richiede l'analisi dei singoli componenti dell'olio. L'UVF non è appropriato per le analisi a "impronta digitale" perché alcune molecole non idrocarburiche possono interferire con i segnali emessi dagli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) che caratterizzano ciascun olio.



## 2.2 Gascromatografia – rivelazione a ionizzazione di fiamma (GC-FID)

Il GC è una tecnica analitica per separare miscele complesse di idrocarburi nell'olio in gruppi molecolari componenti, mentre il FID è un sensore che risponde agli ioni rilasciati dalla combustione di molecole lavate da una colonna GC. I risultati sono elaborati al computer e mostrano picchi corrispondenti ai composti presenti in concentrazioni più elevate.

Il GC-FID può essere utilizzato per lo screening e il rilevamento delle impronte digitali relativamente rapidi di campioni di olio, ma è anche utilizzato per la misurazione quantitativa degli idrocarburi.

## 2.3 Gascromatografia – spettrometria di massa (GC-MS)

Il GC-MS accoppiato è costituito da un gascromatografo collegato a uno spettrometro di massa, che rileva e analizza ciascuna molecola separatamente e consente il rilevamento e l'identificazione accurati e ad alta risoluzione delle molecole. La sua risoluzione è elevata, il che la rende una tecnica di prima scelta per l'identificazione di biomarcatori, composti organici volatili (VOC) e IPA specifici. I limiti di rilevabilità per GC-MS sono molto bassi (0,1 µg/kg).

## 2.4 Selezione della tecnica appropriata

La selezione dipende dagli obiettivi del programma di monitoraggio.

Per dimostrare che un campione di fuoriuscita è stato derivato da una fonte sospetta, il campione è soggetto ad analisi qualitativa utilizzando lo screening GC-FID e l'analisi GC-MS di marcatori biologici (biomarcatori).

Se il programma di monitoraggio prevede di seguire il contenuto totale di idrocarburi nei campioni prelevati nell'ambiente interessato e di registrare il ritorno ai livelli di fondo, verranno utilizzati l'UVF e il GC-FID.

Il GS-MS è utilizzato per l'analisi del biota e, in particolare, per l'analisi di specie destinate al consumo umano, quando è richiesta la misurazione delle concentrazioni di PAH.

## BONIFICA DELL'AMBIENTE MARINO COLPITO DA UNA FUORIUSCITA DI PETROLIO

### 1. INTRODUZIONE

I termini bonifica, ripristino e reintegrazione sono spesso usati in modo intercambiabile nel contesto del danno ambientale causato da incidenti di inquinamento da idrocarburi, sebbene alcune legislazioni definiscano ciascuno in modo diverso. I fini del presente Manuale il termine „bonifica“ è utilizzato principalmente come sostituto di “biorisanamento”, mentre per “ripristino” (o “reintegrazione”) si intende qualsiasi azione volta a riportare l'ambiente al suo stato originario.

Il Claims Manual of the International Oil Pollution Compensation Funds (IOPC Funds) afferma che "... lo scopo di qualsiasi ragionevole misura di **reintegrazione** dovrebbe essere quello di ristabilire una comunità biologica in cui gli organismi [che sono] caratteristici di quella comunità al momento della l'incidente sono presenti e funzionano normalmente". La lezione **L 3.5** affronta tali "misure ragionevoli", mentre la presente lezione si concentra sui concetti di base del biorisanamento.

L' **obiettivo** della lezione è fornire ai partecipanti al Programma le informazioni di base riguardanti il biorisanamento come metodo di ripristino dell'ambiente marino costiero che è stato colpito da una chiazza di petrolio.

## 2. IL BIORISANAMENTO

Il **biorisanamento** si riferisce all'uso di microrganismi naturali o introdotti deliberatamente per consumare e abbattere gli inquinanti ambientali, al fine di pulire un sito inquinato (fonte: Concise Oxford English Dictionary, 11<sup>a</sup> edizione, 2005).

È un processo per il trattamento di un ambiente contaminato (acqua, suolo e materiale del sottosuolo) mediante alterazione delle condizioni ambientali, volto a stimolare la crescita di microrganismi e a degradare l'olio. Come già indicato nella Lezione **L 1.3**, sono numerosi i batteri, le muffe, i funghi, i lieviti e gli altri microrganismi che sono presenti nell'ambiente marino e possono biodegradare l'olio, o meglio gli idrocarburi in esso contenuti. Quando si prevede di utilizzare il biorisanamento dell'olio come metodo di ripristino di siti contaminati, il requisito principale è che tali microrganismi siano presenti in quantità sufficienti per degradare l'olio in tempi relativamente brevi.

La biodegradazione è molto utile per degradare il petrolio sulla terraferma, non esattamente sulla costa, poiché i fattori fisici, chimici e biologici possono essere controllati. Diverse tecniche di biodegradazione sono state sviluppate e vengono utilizzate per aumentare il tasso naturale di degradazione del petrolio. Questi possono essere applicati **sul sito che è stato contaminato** (*in situ*) o **in un altro luogo**. Il vantaggio dell'utilizzo della biodegradazione *in situ* è che è conveniente e non distruttivo, mentre l'applicazione fuori sito richiede lo scavo del materiale inquinato, il suo trasporto al sito di trattamento e il suo ritorno al sito originale, il che aumenta drasticamente i costi. Le due tecniche di biorisanamento più comuni comprendono:

## 2.1 La biostimolazione

Il metodo si basa **sull'aggiunta di nutrienti** (che potrebbero limitare il tasso di crescita della popolazione microbica se esaurita) per accelerare la biodegradazione dell'olio da parte di batteri indigeni (naturalmente presenti). I nutrienti che vengono aggiunti devono essere ricchi di azoto e fosforo. Un biorisanamento efficace richiede che i nutrienti rimangano in contatto con il materiale oliato e le loro concentrazioni dovrebbero essere sufficienti per supportare il tasso di crescita massimo dei microrganismi che degradano l'olio. Se possibile, potrebbero essere applicate tecniche di "agricoltura della terra" (menzionate nella lezione **L 2.9**) al fine di facilitare ulteriormente la biodegradazione.

## 2.2 Bioaumentazione

Il bioaumentazione è una tecnica di biorisanamento basata **sull'aggiunta di microbi che degradano il petrolio** al materiale oliato al fine di integrare la popolazione microbica esistente. Tuttavia, poiché la popolazione di microbi che degradano gli idrocarburi aumenta rapidamente in modo naturale in presenza di petrolio, è quasi impossibile aumentare ulteriormente la dimensione della popolazione al di sopra della dimensione ottenuta dalla sola biostimolazione.

## REINTEGRAZIONE AMBIENTALE RAGIONEVOLE<sup>6</sup>

### 1. INTRODUZIONE

Ogni specifico ambiente marino sostiene le piante e gli animali che vivono al suo interno, così come le varie attività umane svolte a terra e in mare. Una fuoriuscita di petrolio può influenzare sia il normale funzionamento dell'ecosistema naturale sia le attività economiche umane che dipendono dal suo corretto funzionamento. Pertanto, potrebbe essere necessario ripristinare l'ambiente marino allo stato in cui si trovava prima di essere interessato da una fuoriuscita di petrolio, in particolare nel caso in cui l'area costiera sia stata interessata da una fuoriuscita più ampia.

D'altro canto, si deve tenere in considerazione che l'ambiente marino è naturalmente molto resistente, essendo soggetto a una gamma estrema di condizioni fisiche, e molto spesso a seguito di una fuoriuscita di petrolio di dimensioni ed effetti limitati le misure di ripristino potrebbero non essere affatto necessarie .

Il Claims Manual of the International Oil Pollution Compensation Funds (IOPC Funds) afferma che "lo scopo di qualsiasi ragionevole misura di **reintegrazione** dovrebbe essere quello di ristabilire una comunità biologica in cui gli organismi, caratteristici di quella comunità al momento dell'incidente, sono presenti e funzionano normalmente".

Questa lezione si concentra sulle misure di ripristino considerate ragionevoli secondo la definizione di cui sopra e mira a fornire ai partecipanti al Programma le informazioni di base relative a tali misure.

---

<sup>6</sup> Nella preparazione di questa lezione gli autori hanno utilizzato "Linee guida per la presentazione di reclami per danni ambientali", IOPC Funds, Londra, Regno Unito, 2018.

## 2. MISURE DI REINTEGRAZIONE

La necessità o meno di misure di ripristino dipende dalla **sensibilità** delle risorse colpite alla contaminazione da petrolio e dal loro **tasso naturale di recupero** .

Alcune specie subiscono effetti subletali come alimentazione e riproduzione alterate, mentre cuccioli, uova e larve sono particolarmente sensibili ai componenti tossici dell'olio. Tuttavia, tali impatti possono essere **osservati raramente a livello di popolazione** nell'ambiente, a causa, ad esempio, del reclutamento da aree adiacenti non interessate.

L'obiettivo delle misure di ripristino dovrebbe essere quello di **migliorare il recupero** degli ambienti danneggiati.

Il concetto alternativo di riportare il sito interessato a una condizione teorica che esisterebbe se lo sversamento non si fosse verificato, di solito non è pratico in quanto non è noto lo stato esatto dell'ambiente prima dello sversamento.

Per essere considerate ragionevoli, le misure di reintegrazione dovrebbero:

- puntare a favorire il recupero della componente danneggiata dell'ambiente;
- avere una prospettiva realistica di accelerare notevolmente il naturale processo di guarigione;
- basarsi su solidi principi scientifici;
- mirare a prevenire ulteriori danni a seguito dell'incidente;
- non comportare il degrado di altri habitat o conseguenze negative per altre risorse naturali o economiche;



- essere concepito in modo da garantire il collegamento tra le misure adottate e la componente danneggiata dell'ambiente; e
- essere tecnicamente fattibile.

Infine, ma non meno importante, i costi delle misure di ripristino dovrebbero essere proporzionati all'entità e alla durata del danno e ai benefici che possono essere conseguiti.

### 3. POTENZIALI MISURE DI REINTEGRAZIONE PER DIVERSI HABITAT

HABITAT	POTENZIALI MISURE DI REINTEGRAZIONE
Spiagge di sabbia	Riprofilazione spiaggia, rifornimento sabbia
Dune di sabbia	Reimpianto di piante dunali
Coste rocciose	Ricolonizzazione o reimpianto per ripristinare le popolazioni locali
Sline	Programmi di ricolonizzazione e reimpianto per ripristinare e migliorare l'habitat
Comunità di erba marina	Ripristino degli habitat attraverso programmi di reimpianto e risemina per ripristinare e valorizzare le comunità locali
Barriere coralline	Ricostruzione e ricolonizzazione dell'habitat

\* Modificato dalle "Linee guida per la presentazione di reclami per danni ambientali", IOPC Funds, Londra, Regno Unito, 2018.

#### 4. POTENZIALI MISURE DI REINTEGRAZIONE PER DIVERSE POPOLAZIONI

POPOLAZIONE	POTENZIALI MISURE DI REINTEGRAZIONE
Mammiferi marini	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cattura, pulizia, riabilitazione e rilascio</li> <li>• Allevamento in cattività e rilascio</li> </ul>
Rettili marini	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cattura, pulizia, riabilitazione e rilascio</li> <li>• Raccolta e trasferimento delle uova di tartaruga</li> <li>• Controllo dei predatori</li> </ul>
Uccelli	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cattura, pulizia, riabilitazione e rilascio</li> <li>• Controllo dei predatori</li> </ul>
Pesce e crostacei	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ripopolamento della pesca</li> </ul>

\* Modificato dalle “Linee guida per la presentazione di reclami per danni ambientali”, IOPC Funds, Londra, Regno Unito, 2018.