

ANNESSO 7
MODULO INCIDENTI AMBIENTALI

ICARO



RAPPORTO PRELIMINARE DI SICUREZZA

ai sensi dell'art. 10 del D.Lgs. 334/99 e s.m.i.

Progetto di ampliamento del Deposito

Annesso 7

Approfondimento scenari ambientali

13171I-Annesso 7 Scenari Ambientali	Ottobre 2014
Nome file	Data
Il presente documento è composto da una Relazione Generale di n° 26 pagine.	

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ SVOLTA DAL DEPOSITO COSTIERO	4
3. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO	6
4. CARATTERIZZAZIONE DEI MODELLI ADOTTATI	8
4.1 Generalità	8
4.2 Modello utilizzato per il rilascio sul suolo	8
4.2.1 Generalità	8
4.2.2 Caratterizzazione degli eventi incidentali	9
4.2.3. Caratteristiche delle sostanze	9
4.2.4 Caratteristiche del terreno	9
4.2.5 Modellazione dei rilasci	10
4.3 Modello utilizzato per il rilascio a mare	11
4.3.1 Generalità	11
4.3.2 Caratterizzazione dell'ambiente in cui potrebbe verificarsi il rilascio	13
4.3.3 Caratterizzazione del rilascio	15
4.3.4 Modellazione dei rilasci	15
5. ANALISI DEGLI SCENARI INCIDENTALI	17
5.1 Rilasci sul suolo	17
5.2 Rilascio in mare	23
6. CONCLUSIONI	26

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce l'Analisi degli scenari ambientali, elaborata partendo dall'Analisi di Rischio sviluppata all'interno dell'Annesso I – parte A, per il Rapporto Preliminare di Sicurezza elaborato ai fini dell'ottenimento del Nulla Osta di Fattibilità da parte delle Autorità Competenti.

La Relazione Tecnica verrà articolata nei seguenti paragrafi:

- Descrizione dell'attività svolta all'interno del Deposito Costiero;
- Caratterizzazione del sito;
- Caratterizzazione dei modelli adottati;
- Anali degli scenari incidentali;
- Conclusioni.

2. DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ SVOLTA DAL DEPOSITO COSTIERO

La società IVI Petrolifera gestisce un Deposito Costiero misto per prodotti petroliferi e chimici, situato all'interno del Nucleo di Industrializzazione dell'Oristanese in località Cirras, nel comune di Santa Giusta (OR). IVI Petrolifera S.p.A. ha in progetto l'ampliamento del Deposito mediante l'installazione di nuovi serbatoi di stoccaggio di prodotti petroliferi (Benzina, Gasolio, Jet Fuel) per una capacità complessiva di circa 70.000 m³, la realizzazione di 3 nuove pensiline con 2 postazioni di carico per consentire il carico temporaneo di 2 autobotti per ciascun prodotto e la realizzazione di oleodotti dedicati a ciascuno dei prodotti.

Nella seguente tabella si riporta il dettaglio degli interventi sinteticamente introdotti nel paragrafo precedente.

Parco Serbatoi	
Installazione di:	2 serbatoi (S122 ed S123) a tetto galleggiante per lo stoccaggio del Gasolio, della capacità di 15000 m ³ ciascuno, in acciaio al carbonio, del tipo cilindrico verticale.
	2 serbatoi (S125 ed S126) a tetto galleggiante per lo stoccaggio della Benzina, della capacità di 10.000 m ³ ciascuno, in acciaio al carbonio, del tipo cilindrico verticale.
	2 serbatoi (S127 ed S128) a tetto fisso per lo stoccaggio del Jet Fuel, della capacità di 10000 m ³ ciascuno, in acciaio al carbonio, del tipo cilindrico verticale.
<i>Tutti i serbatoi saranno dotati di aspirazione brandeggiante, strumentazione di blocco per alto livello, sistema di raffreddamento, sistema antincendio a schiuma, bacino di contenimento impermeabile adeguato alla categoria del prodotto, linea di aspirazione e ritorno da pompe con valvole motorizzate e comando a distanza.</i>	
Oleodotti	
Realizzazione di:	1 Oleodotto da 10" per il trasporto della Benzina
	1 Oleodotto da 16" per il trasporto del Gasolio
	1 Oleodotto da 10" per il trasporto del Jet Fuel
<i>I nuovi oleodotti saranno realizzati in acciaio al carbonio e verranno dotati di manichetta flessibile in acciaio ad attacco rapido da collegare al manifold della nave per la scarica, valvola motorizzata alla radice del pontile per blocco della scarica per motivi di emergenza o per altissimo livello dei serbatoi di ricezione, continuità della linea lungo la trincea dei tubi, impermeabilizzata, e sino al limite batteria dell'impianto, valvole di ingresso ai serbatoi e PSV lungo la tubazione a protezione della linea stessa, nei punti valvolati, con scarico in cascata al serbatoio.</i>	
Pensiline di carico	
Installazione di 3 nuove pensiline di carico coperte con 6 postazioni di carico dotate di contatori volumetrici con badge, sistema di videocamere e sistema antincendio a schiuma.	

Oltre a quanto riportato nella tabella precedente, sono previsti i seguenti interventi di adeguamento dei servizi, come previsto dal progetto di ampliamento del Deposito:

- Nuove condotte per il ricevimento dei reflui, delle acque di prima pioggia, ecc;
- Anelli antincendio;
- Sistema di raccolta dei reflui e delle acque di prima pioggia;
- Sistema di recupero dei vapori di Benzina;
- Impianto di disoleazione prima dello scarico delle acque nel sistema consortile.

Nella seguente immagine viene mostrata la localizzazione, all'interno dell'area del Deposito Costiero, degli interventi di carattere maggiore (*nuovi serbatoi di stoccaggio e nuove pensiline di carico*).



3. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

Si riporta nel presente paragrafo una sintesi sulla caratterizzazione del sito in cui sorge il Deposito Costiero di IVI Petrolifera, in linea con quanto riportato all'interno della Relazione Geologica e Geotecnica redatta in occasione delle modifiche oggetto del Rapporto Preliminare di Sicurezza per la fase di Nulla Osta di Fattibilità.

L'area in cui sorge il Deposito costieri di Santa Giusta di IVI Petrolifera è ubicata nella parte settentrionale della Fossa del Campidano. I depositi di quest'area, osservabili in affioramento e fino ad alcune decine di metri di profondità, di età compresa tra il Pleistocene e l'attuale, sono legati essenzialmente alla dinamica fluviale e costiera. Si possono, in particolare, distinguere:

- Alluvioni antiche (*Pleistocene*);
- Alluvioni recenti ed attuali (*Olocene – Attuale*);
- Depositi costieri e transazionali recenti ed attuali (*Olocene – Attuale*).

Nella seguente tabella si riporta una sintesi delle caratteristiche di ciascun deposito sopra introdotto.

<i>Alluvioni antiche</i>	Sono costituite da alternanze di livelli ghiaioso – ciottolosi in matrice sabbioso - argillosa, livelli sabbioso – granulosi e livelli argilloso – limosi. I livelli più grossolani sono costituiti da ciottoli di varia forma, appiattiti, ovoidali, a spigoli smussati, con dimensione dei granuli da poco maggiore di 2 mm sino a ciottoli di circa 20 cm. La natura del sedimento è caratterizzata da ciottoli quarzosi, di vulcaniti, di rocce intrusive e metamorfiche, in matrice sabbioso – argillosa, mediamente addensati.
<i>Alluvioni recenti ed attuali</i>	Sono formate da alternanze di livelli sabbioso – limosi e ghiaioso – ciottolosi, con quantità variabili di argilla. I livelli ciottolosi sono formati da clasti evoluti di natura quarzosa, di rocce vulcaniche e paleozoiche in genere. Tali sedimenti si presentano mediamente o poco addensati.
<i>Depositi costieri e transazionali recenti ed attuali</i>	In questa tipologia rientrano i depositi dunali, allungati parallelamente alla costa del Golfo di Oristano e formati da sabbie medio - grosse, i depositi deltizi sabbioso – limo – argillosi del fiume Tirso, i depositi lagunari e palustri dello Stagno di Santa Giusta e delle aree limitrofe, in prevalenza argillosi e torbosi con subordinate e sottili intercalazioni sabbiose - granulose. La grande eterogeneità di tali depositi, sia nello spessore che nella distribuzione areale, è legata agli apporti alluvionali del paleo Tirso e agli interscambi con l'ambiente costiero.

Le indagini di natura geognostica e geotecnica condotte tra Marzo ed Aprile 2014, finalizzate a fornire una caratterizzazione lito – stratigrafica e geotecnica dei siti in cui sono previsti gli interventi oggetto del Rapporto Preliminare di Sicurezza, hanno confermato l'inquadramento sopra presentato e, nello specifico, hanno evidenziato che:

- la quota media dell'area oggetto dello studio è pari a 5 m s.l.m., maggiore di alcuni metri rispetto ai terreni circostanti, con andamento morfologico prevalentemente sub-pianeggiante. Questo particolare andamento è dovuto alle opere di modellazione morfologiche del territorio, un tempo interessato da campi dunari;

- l'area oggetto dello studio non presenta condizioni di pericolosità di frana o di tipo idraulico, come indicato all'interno del Piano Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sardegna;
- la falda si trova in media ad una soggiacenza compresa tra 4,00 e 5,00 dal piano campagna in tutta l'area in cui verranno realizzati i nuovi serbatoi e le pensiline di carico;
- dal punto di vista litologico il dominio risulta granulare, con sabbie sciolte o mediamente addensate, sabbie con ghiaie variamente distribuite con frazione limo – argillosa in percentuale variabile (su alcune verticali di prova, oltre la profondità di 10 – 11 m dal piano campagna, presenza di argille e argille limo – sabbiose).

4. CARATTERIZZAZIONE DEI MODELLI ADOTTATI

4.1 GENERALITÀ

In relazione all'Analisi degli Incidenti sviluppata e riportata all'interno dell'Annesso I – parte A, è possibile ricostruire la seguente tabella di sintesi, grazie alla quale è possibile valutare le possibili conseguenze ambientali connesse agli eventi incidentali simulati.

n. evento	Descrizione	Impatto ambientale
1a, 1b, 1c	Rilascio di prodotto durante il travaso da nave cisterna	<i>Possibile contaminazione dell'ambiente marino a seguito del rilascio in mare di prodotto durante le operazioni di travaso.</i>
2a, 2b, 2c	Rilascio di prodotto da linea di trasferimento da Pontile a Deposito	<i>Possibile contaminazione dell'ambiente marino a seguito del rilascio in mare di prodotto durante le operazioni di trasferimento (*).</i>
3a, 3b, 3c	Rilascio di prodotto nel bacino di un serbatoio	Nessun impatto ambientale: i bacini di contenimento dei serbatoi risultano pavimentati e collegati alla rete fognaria del Deposito.
4a, 4b, 4c	Rilascio di prodotto da linea di trasferimento interna al Deposito	<i>Possibile contaminazione di suolo, sottosuolo ed acque sotterranee in relazione alla presenza di aree non pavimentate lungo lo sviluppo delle linee.</i>
5a, 5b, 5c	Rilascio di prodotto durante il carico autobotte	Nessun impatto ambientale: le baie di carico risultano pavimentate e collegate alla rete fognaria del Deposito.
6a, 6b, 6c	Sovrariempimento di un serbatoio	Nessun impatto ambientale: i bacini di contenimento dei serbatoi risultano pavimentati e collegati alla rete fognaria del Deposito.
7a, 7b, 7c	Sovrariempimento durante la fase di carico autobotte	Nessun impatto ambientale: le baie di carico risultano pavimentate e collegate alla rete fognaria del Deposito.

(*) è presente un tratto non protetto che corre lungo il muro di sostegno a rastrelliera degli oleodotti.

Dall'analisi della tabella sopra riportata è possibile concludere che gli eventi incidentali con possibile impatto sull'ambiente sono:

- Rilascio di prodotto durante il travaso da nave cisterna e durante il trasferimento attraverso l'oleodotto;
- Rilascio di prodotto da linea di trasferimento interna al Deposito.

4.2 MODELLO UTILIZZATO PER I RILASCIO SUL SUOLO

4.2.1 Generalità

Le conseguenze del rilascio di sostanze ecotossiche sul terreno sono state valutate mediante il modello matematico Hydrocarbon Spill Screening Model (HSSM), sviluppato dall'ente di protezione ambientale americano EPA, in collaborazione con il dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università del Texas.

Il modello simula il rilascio di idrocarburi nel sottosuolo (modalità KOPT), la formazione e l'evoluzione delle lenti oleose sulla superficie della falda (modalità OILENS) e la dissoluzione di eventuali componenti solubili ed il trasporto di quest'ultimi nell'acquifero (modalità TGSPLUME). Il parametro mediante il quale è possibile valutare la criticità dell'evento per il caso in oggetto è il tempo di arrivo in falda verticale; è stato quindi utilizzato il

modulo KOPT (*Kinematic Oil Pollutant Transport*). Le ipotesi di base assunte da tale modello matematico sono di seguito riportate:

- il rilascio avviene in quantità tale da formare una fase fluida distinta dall'acqua;
- il fluido rilasciato si sposta lungo l'asse z con direzione verticale (flusso monodimensionale) generando dei fronti che dividono in modo netto la zona satura da quella insatura (assunzione di Green - Ampt);
- la diffusione capillare laterale è trascurata (stima conservativa della quantità e del tempo per raggiungere la falda);
- la sostanza sversata occupa la porzione di pori occupati in precedenza dall'aria (assunzione del modello di Richards);
- il terreno è omogeneo.

4.2.2 Caratterizzazione degli eventi incidentali

Per la caratterizzazione dell'evento incidentale sono necessarie le seguenti informazioni:

Tematica		Origine delle informazioni
1	Caratteristiche delle sostanze	Schede di sicurezza - letteratura
2	Caratterizzazione del sottosuolo	Modello geologico
3	Caratteristiche del rilascio	Analisi di Rischio

4.2.3. Caratteristiche delle sostanze

La tabella seguente sintetizza le principali caratteristiche delle sostanze in esame, necessarie per poter eseguire le simulazioni mediante software HSSM.

CARATTERISTICHE	Benzina	Gasolio	Jet fuel
Densità (g/cm ³) (*)	0,727	0,833	0,798
Viscosità (**)	< 1 mm ² /s a 37,8°C	1,5 – 7,4 cSt a 40°C	1 – 2,5 cSt a 40°C
Tensione superficiale (dyne/cm) (***)	29	26	25 - 30

(*) valore riferito ad una temperatura di 15°C, tratti dalle Schede di Sicurezza delle sostanze

(**) Dati tratti dalle Schede di Sicurezza delle sostanze

(***) Dati di letteratura

4.2.4 Caratteristiche del terreno

In relazione alle informazioni di carattere stratigrafo riportate al *paragrafo 3. Caratterizzazione del sito* è possibile schematizzare il terreno con sabbie caratterizzate dalla presenza di una variabile componente limosa ed argillosa. A favore di uno studio cautelativo è possibile schematizzare il terreno come costituito da sabbie, in

modo tale da fornire una visione sicuramente conservativa del processo di infiltrazione delle sostanze ecotossiche oggetto del presente studio.

4.2.5 Modellazione dei rilasci

All'interno del presente paragrafo vengono illustrate le modalità con cui verranno simulate le tre tipologie di scenari ambientali richiamati all'inizio della Relazione.

Scenario di rilascio all'interno del bacino di contenimento di un serbatoio

Lo scenario incidentale di rilascio all'interno del bacino di contenimento di un serbatoio viene schematizzato con la modalità di *battente variabile dopo un primo periodo di battente costante*. In pratica si assume che la pozza che viene a formarsi a seguito del rilascio mantenga uno spessore pressoché costante nel tempo finché viene alimentata, ossia per l'intera durata del rilascio. A rilascio terminato il battente tenderà progressivamente a diminuire a causa del processo di infiltrazione della sostanza nel suolo; si avrà in questo caso un battente variabile che progressivamente si riduce, finché tutto l'inquinante risulti permeato all'interno del terreno.

Nel caso in esame il bacino risulta essere pavimentato e collettato alla rete fognaria del Deposito. Per tale motivo è possibile escludere una contaminazione delle componenti suolo, sottosuolo ed acque sotterranee.

Scenario di rilascio da linea

Anche lo scenario incidentale di rilascio da linea viene schematizzato con la modalità di *battente variabile dopo un primo periodo di battente costante*. Al fine di sviluppare una trattazione completa dei possibili eventi di rilascio nel terreno, considerando diverse possibili modalità di espansione della pozza sul suolo in relazione alla morfologia del terreno presente, si prevede di considerare che la pozza possa assumere i seguenti battenti iniziali:

- 1 cm, in caso di pozza che possa espandersi senza ostacoli;
- 10 cm, in caso di presenza di ostacoli al deflusso della sostanza quali bacini di contenimento, pendenze, etc.

In relazione al fatto che potrebbero venir interessate dal rilascio da linea anche porzioni di aree non pavimentate, non è possibile a priori escludere una contaminazione delle componenti suolo, sottosuolo ed acque sotterranee. Si procederà, quindi, nel seguito dello studio ad una simulazione delle possibili conseguenze.

Scenario di rilascio in area di carico/scarico Autobotti

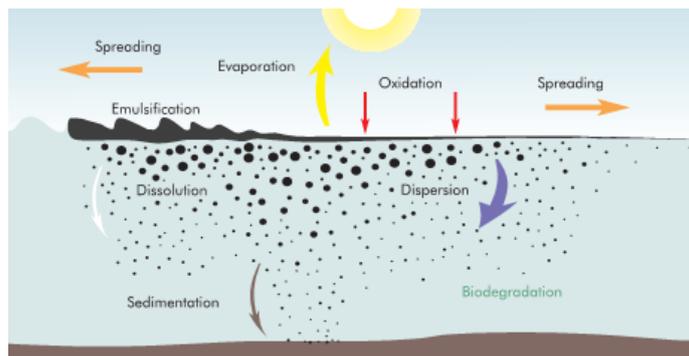
L'approccio seguito per l'analisi di tale scenario è analogo a quello precedentemente presentato per i rilasci da linea.

L'area in cui sono presenti le pensiline adibite alle operazioni di carico delle autobotti risulta pavimentata e collettata alla rete fognaria del Deposito. Per tale motivo è possibile, anche in questo caso, escludere una contaminazione delle componenti suolo, sottosuolo ed acque sotterranee.

4.3 MODELLO UTILIZZATO PER I RILASCIO A MARE

4.3.1 Generalità

In caso di rilascio a mare di una sostanza ecotossica i meccanismi a cui quest'ultima può andare in contro sono molteplici e complessi, in relazione anche al fatto che possono agire contemporaneamente. Di seguito si riporta, in modo sintetico, una descrizione dei processi a cui l'inquinante rilasciato in mare può andare incontro. La seguente immagine fornisce una rappresentazione schematica di tali processi.



Diffusione

Il prodotto rilasciato in mare, anche in assenza di azioni meccaniche esterne, si diffonde sulla superficie marina sotto l'influenza delle tensioni superficiali che agiscono lungo lo sviluppo del contatto interfacciale aria – acqua – olio e di altri fattori fisico - chimici, assumendo inizialmente la forma di una singola macchia, raramente uniforme.

La dimensione della chiazza che si crea dipende dalla quantità di prodotto sversato e dalla distanza della fonte di spandimento, dalla viscosità dell'idrocarburo, dalle condizioni meteorologiche e dalla superficie disponibile.

Mentre la chiazza si assottiglia (specialmente se raggiunge lo spessore critico di circa 0,1 mm), essa va incontro ad una frammentazione (windrows): le varie parti si spandono su aree più ampie. Le correnti marine accelerano la dispersione della chiazza e delle sue parti. La diffusione si muove su una direzione combinata fra la velocità della corrente superficiale ed una quota della velocità del vento.

Evaporazione

Contemporaneamente alla diffusione sulla superficie marina inizia il processo di evaporazione delle componenti leggere del prodotto rilasciato. In generale, poiché la maggior parte dei componenti tossici potenzialmente presenti (es. benzene) sono compresi nelle frazioni maggiormente volatili, il prodotto rilasciato perde rapidamente la sua tossicità, in genere in poche ore. Un'intensa evaporazione è favorita, oltre che dalle caratteristiche di volatilità del prodotto rilasciato, anche da elevate velocità del vento, dalla turbolenza del mare, alte temperature e grande dimensione della macchia.

Dispersione

Il processo di dispersione può intervenire contemporaneamente alla diffusione e consiste nella rottura parziale o totale della macchia in frammenti e gocce di dimensioni variabili che formano un miscuglio nella parte alta della colonna d'acqua che, in presenza di turbolenza dell'acqua, possono anche riaggregarsi e riformare la macchia.

Questo processo è più veloce se l'idrocarburo sversato è del tipo leggero, a bassa viscosità ed in condizioni di mare molto mosso.

Dissoluzione

Alcuni componenti degli idrocarburi rilasciati sono parzialmente solubili in acqua in una certa quantità, specialmente gli idrocarburi alifatici ed aromatici con basso peso molecolare. I composti polari, formati in seguito all'ossidazione di alcune frazioni di idrocarburi nell'acqua marina, sono particolarmente solubili. A confronto con l'evaporazione, in generale la dissoluzione impiega un tempo maggiore. Le condizioni idrodinamiche e fisico-chimiche della superficie dell'acqua influiscono fortemente sul verificarsi del processo.

Emulsione

L'emulsione degli idrocarburi nell'acqua di mare, dipende, prima di tutto, dalla loro composizione e dalla turbolenza dell'acqua. Le emulsioni più stabili del tipo "acqua in olio" contengono dal 30% all'80% di acqua. Solitamente si formano dopo forti tempeste nelle zone di rilascio di oli pesanti con un incrementato contenuto di frazione non volatile (specialmente asfalteni). Esse possono persistere nell'ambiente marino per oltre 100 giorni nella configurazione peculiare di mousse. La stabilità di queste emulsioni solitamente aumenta col diminuire della temperatura.

Le emulsioni del tipo "olio in acqua" (gocce di olio sospeso in acqua) sono molto meno stabili poiché le forze di tensione superficiale fanno decrescere rapidamente la dispersione dell'idrocarburo. Sostanze emulsionanti aiutano a stabilizzare tali emulsioni e favoriscono la dispersione dell'olio formando microscopiche gocce. In questo modo si accelera la decomposizione degli idrocarburi nella colonna d'acqua.

Ossidazione e distruzione

Le trasformazioni chimiche degli idrocarburi nella superficie dell'acqua e nella colonna d'acqua hanno inizio non prima di un giorno dopo il rilascio nell'ambiente marino. Gli idrocarburi essenzialmente subiscono una ossidazione e sono coinvolti in reazioni fotochimiche influenzate dalle radiazioni ultraviolette. Questi processi sono catalizzati da tracce di elementi (es. vanadio) e rallentati da composti dello zolfo. I prodotti finali dell'ossidazione di solito hanno una maggiore solubilità in acqua.

Sedimentazione

Alcuni idrocarburi (fino al 10 - 30%) sono adsorbiti dal materiale sospeso e depositati sul fondo. Questo si verifica specialmente nelle zone costiere e nei bassi fondali dove il particolato è abbondante e l'acqua soggetta ad intenso rimescolamento. In mare aperto, lontano dalla costa, la sedimentazione di idrocarburi (eccetto che per le frazioni pesanti) è un processo estremamente lento. Simultaneamente si verifica la biosedimentazione: plancton ed altri organismi assorbono l'olio emulsionato e lo fanno sedimentare al fondo con i loro metaboliti e resti. Gli idrocarburi sospesi nella colonna d'acqua subiscono una intensa decomposizione chimica e biologica (microbiologica in particolare). Comunque, questa situazione cambia radicalmente quando gli idrocarburi sospesi raggiungono il fondo del mare.

Numerosi esperimenti e studi mostrano che il tasso di decomposizione di idrocarburi sepolti sul fondo diminuisce bruscamente. I processi di ossidazione rallentano, specialmente in condizioni anaerobiche. Le frazioni di idrocarburi pesanti accumulate nei sedimenti possono conservarsi per molti mesi e perfino per anni.

Degradazione microbica

Il destino della maggior parte degli idrocarburi rilasciati nell'ambiente marino è in definitiva la loro trasformazione e degradazione dovute all'attività microbica. Circa un centinaio di specie di batteri e funghi conosciuti sono in grado di usare i componenti degli idrocarburi per sostenere la loro crescita ed il loro metabolismo. In aree non contaminate, la presenza di tali organismi, non eccede in proporzione lo 0,1 - 1.0 % del totale delle comunità di batteri. In aree inquinate da idrocarburi, questa proporzione diventa 1 - 10%.

Aggregazione

Aggregati di idrocarburi o tar balls possono essere trovati in mare aperto, sul litorale, sulle spiagge. Essi derivano da idrocarburi dopo l'evaporazione e la dissoluzione delle frazioni relativamente leggere, l'emulsione dei residui di olio e la trasformazione chimica e microbica. La composizione chimica degli aggregati idrocarburi è piuttosto variabile. Comunque, spesso, sono inclusi asfalteni (fino al 50%) e composti ad alto peso molecolare degli idrocarburi pesanti. La loro superficie serve come substrato per lo sviluppo di batteri, alghe unicellulari ed altri microrganismi. Gli aggregati di idrocarburi possono mantenersi da un mese ad un anno nei mari chiusi, fino a diversi anni in oceano aperto. Essi completano il loro ciclo degradandosi lentamente nella colonna d'acqua, sulla costa (se le correnti ce li trascinano) oppure sul fondo del mare (se perdono la capacità di galleggiamento).

Auto purificazione

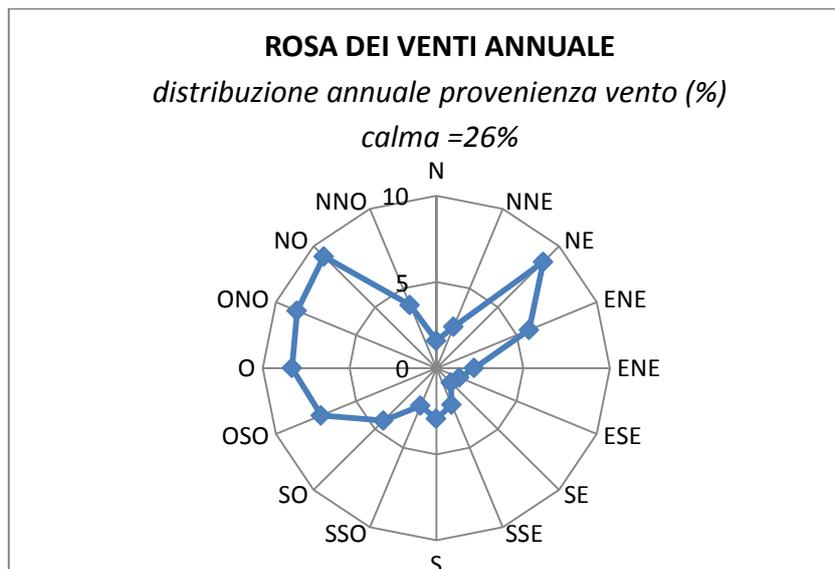
Come risultato dei processi precedentemente descritti, gli idrocarburi nell'ambiente marino perdono rapidamente le loro proprietà originali e si scompongono in frazioni di idrocarburi. Queste frazioni hanno diversa composizione chimica e struttura ed esistono in diverse forme. Le trasformazioni che subiscono, rallentano dopo aver raggiunto l'equilibrio termodinamico con i parametri ambientali. La presenza degli idrocarburi diminuisce gradatamente come risultato della dispersione e degradazione. Col tempo scompaiono i composti originari e quelli intermedi formando acqua e biossido di carbonio.

4.3.2 Caratterizzazione dell'ambiente in cui potrebbe verificarsi il rilascio

Per la caratterizzazione dell'ambiente in cui potrebbe verificarsi il rilascio a mare delle sostanze oggetto delle modifiche che IVI Petrolifera vuole implementare all'interno del Deposito Costiero di Santa Giusta, si rimanda all'Inquadramento ambientale contenuto in *Allegato 5* alla Relazione Generale del Rapporto di Sicurezza Preliminare. Si riporta di seguito una sintesi delle informazioni principali, che verranno utilizzate per le simulazioni.

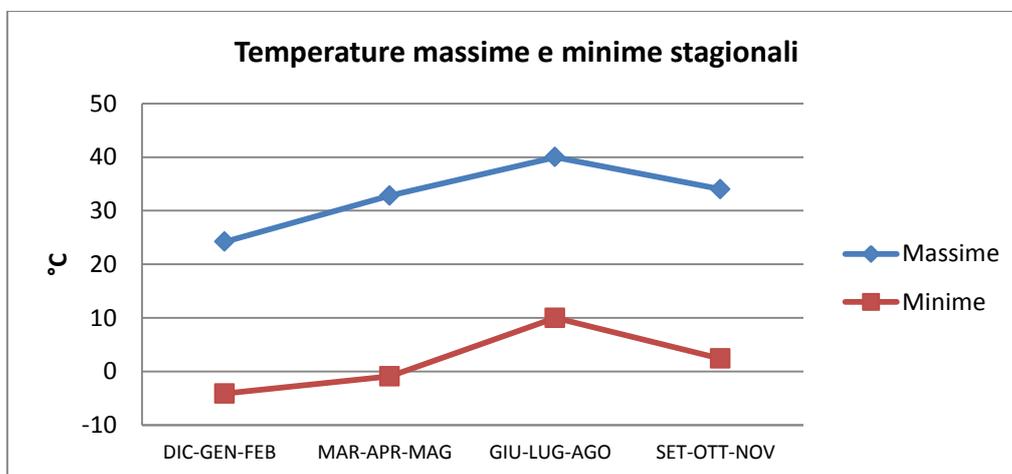
Anemologia

Dall'analisi dei dati dell'Aeronautica Militare (*dati A.M. – ENEL 1951-1961*) è possibile notare un'elevata percentuale di calme (velocità dei venti inferiori a 0,5 m/s) e di regimi anemologici medi (velocità dei venti comprese tra 2 e 6 m/s) per ogni possibile direzione di provenienza dei venti ed in tutte le elaborazioni condotte. La rosa dei venti su base annuale indica una significativa prevalenza in frequenza ed intensità degli eventi dai settori NO ed ONO, pari a circa il 25% del totale delle osservazioni.



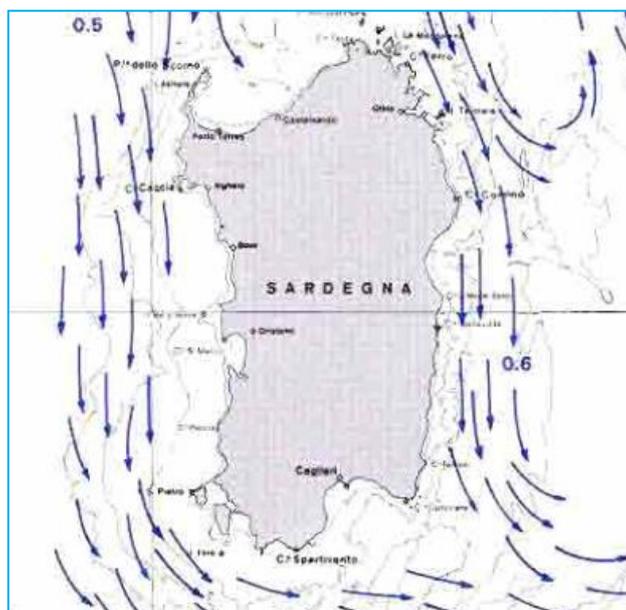
Temperatura

Per quanto riguarda la temperatura dell'aria, i dati rilevati dalla stazione dell'Aeronautica Militare mostrano un andamento delle temperature massime e minime come nel grafico seguente. È possibile notare un'escursione delle temperature importante in tutte le stagioni, con temperature massime che arrivano a 40°C e minime al di sotto degli 0°C.



Correnti marine

La seguente immagine, estratta dall'Atlante delle Correnti Superficiali dei Mari Italiani dell'Istituto Idrografico della Marina (1982), mostra l'andamento delle correnti marine per l'area in esame. Dall'analisi della mappe presenti all'interno dell'Atlante è possibile dedurre che non si verificano variazioni significative nella direzione delle correnti che interessano l'area oggetto dello studio.



Ciò che varia da mese a mese è l'intensità che caratterizza le correnti marine. In ogni modo è importante sottolineare che l'escursione dei valori caratterizzanti questo tratto di mare è limitata (0,4 – 0,8 nodi). È stato quindi assunto un valore medio pari a 0,6 nodi.

4.3.3 Caratterizzazione del rilascio

La seguente tabella sintetizza le informazioni, associate alle sostanze sversate, che verranno utilizzate all'interno delle simulazioni.

Sostanza	Quantità [t]
Benzina	4,019
Gasolio	4,477
Jet Fuel	4,343

4.3.4 Modellazione dei rilasci

Per valutare le conseguenze di uno sversamento a mare di sostanze ecotossiche è stato utilizzato il modello matematico *Automated Data Inquiry for Oil Spills* (ADIOS 2) sviluppato dalla divisione HAZMAT (*Hazardous Materials Response Division*) dell'Istituto oceanografico statunitense NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration Office*).

Esso consente di stimare il quantitativo di prodotto evaporato, disperso e residuo in mare per sostanze sversate con peso specifico minore dell'acqua, sotto le seguenti assunzioni di base:

- ADIOS 2 assume che la diffusione del prodotto avvenga senza ostacoli ed in mare aperto a causa del moto ondoso, delle correnti e dell'effetto della gravità;
- ADIOS 2 assume che la temperatura del prodotto rimanga inalterata rispetto al valore inserito per la temperatura dell'acqua.

Per l'utilizzo del modello ADIOS 2 occorrono dati di input relativi al rilascio causato dall'evento incidentale (quantità rilasciata, tipo di sostanza) ed alle condizioni meteo - marine che si vogliono esaminare (intensità del vento, temperatura, etc.), come riportato nei precedenti paragrafi.

I risultati forniti dal modello ADIOS 2 vengono poi inseriti nella formula di Fay per il calcolo della dimensione dell'area dalla chiazza di inquinante e del suo spessore. La formula semi-empirica ricavata da Fay per il calcolo nel tempo del raggio medio della chiazza è¹:

$$R(t) = k_v \times (D \times g \times V^2 \times t^{3/2} \times \nu^{-1/2})^{1/6}$$

dove:

- R è il raggio medio della chiazza al tempo t [m],
- k_v è una costante ricavata empiricamente,
- g è l'accelerazione di gravità,
- D è la differenza di densità relativa fra acqua e prodotto,
- V è il volume di prodotto rilasciato [m³],
- t è la variabile tempo [s],
- ν è la viscosità cinematica dell'acqua [m²/s].

¹ Fay, J. 1971 "Physical Processes in the Spread of Oil on Water Surface".

5. ANALISI DEGLI SCENARI INCIDENTALI

5.1 RILASCI SUL SUOLO

Rilascio di Benzina 1 cm

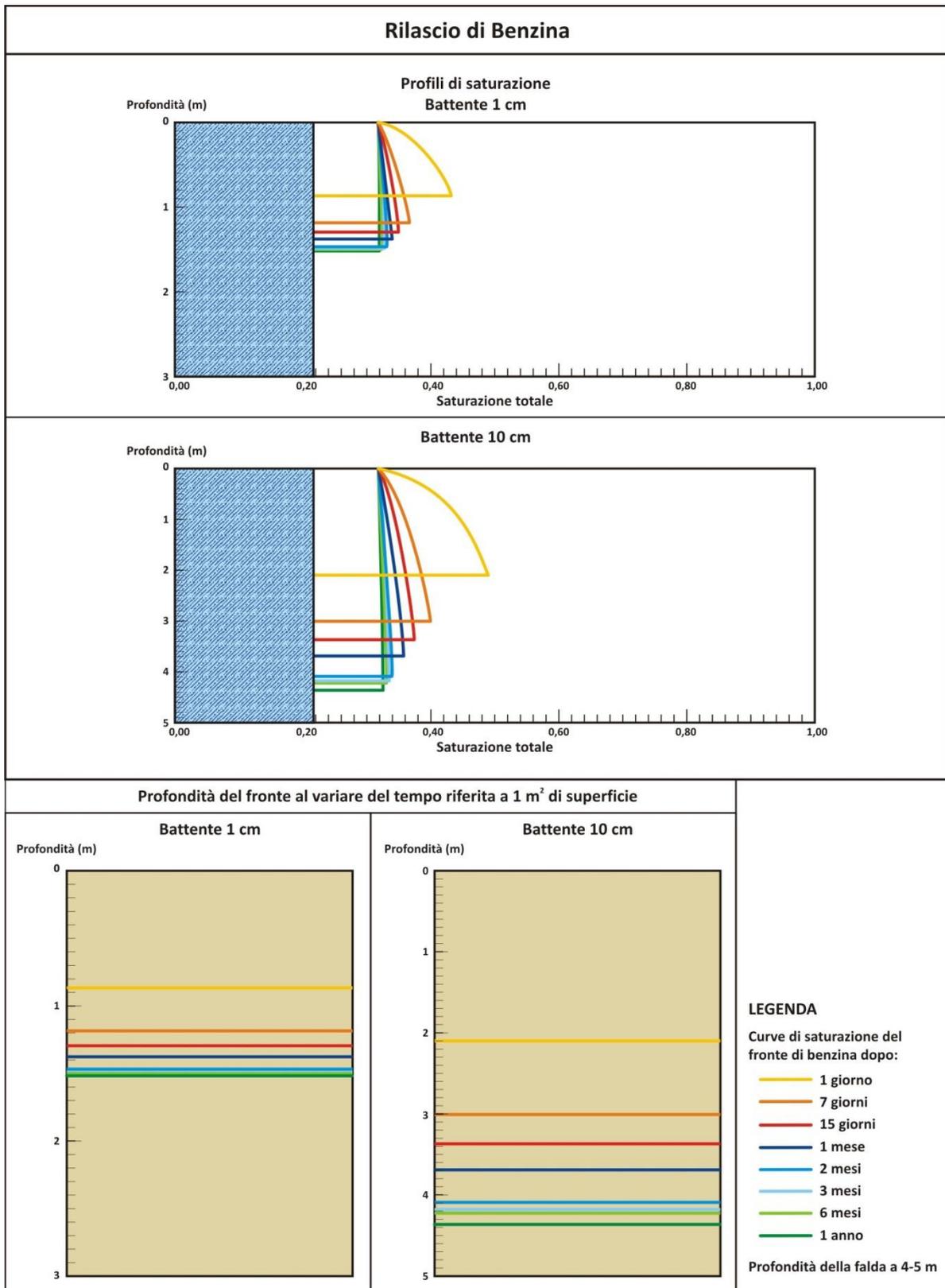
Le conseguenze dell'evento incidentale sono rappresentate dalla formazione di una pozza di Benzina sul suolo, con possibile percolamento e contaminazione. Mediante il modello HSSM è stato possibile ricavare i profili di saturazione del terreno da parte della sostanza sversata, nella zona vadosa (zona secca).

Nel grafico di output riportato nel seguito, la parte tratteggiata a sinistra rappresenta la saturazione del terreno dovuta all'acqua mentre le curve mostrate tra la curva di saturazione dell'acqua ed il valore 0,5 circa rappresentano i profili di saturazione del suolo dovuti alla sostanza inquinante. Tali profili fanno riferimento agli intervalli temporali stabiliti dall'utente, elencati in basso a destra della figura. Questi tempi, dall'alto in basso, sono correlati alle curve di saturazione, da destra a sinistra.

Dai risultati della simulazione emerge che la Benzina, sversata al suolo, raggiunge la profondità di circa 0,9 m dopo un giorno dal rilascio e che progressivamente, durante il processo di percolamento all'interno del terreno, si ha un approfondimento della contaminazione accompagnato da una diminuzione della saturazione puntuale del suolo dovuta alla sostanza inquinante. Dopo poco meno di un anno dal rilascio la profondità raggiunta è di circa 1,5 m, ben al di sopra della falda freatica sottostante. È quindi possibile concludere che una contaminazione della falda a seguito di un rilascio dalla linea in esame risulta estremamente improbabile. È inoltre importante sottolineare che tali profondità potrebbero essere raggiunte nel caso in cui IVI Petrolifera S.p.A. non intervenisse per tutto l'intervallo temporale caratterizzante la simulazione condotta (300 giorni a seguito del rilascio). Tale ipotesi non risulta veritiera, in quanto sono previste modalità operative e procedure per intervenire in caso di necessità al fine di fronteggiare analoghi scenari incidentali e contenere, quindi, gli effetti di contaminazione legati a sversamenti sul suolo di sostanze ecotossiche.

Rilascio di Benzina 10 cm

Analogamente a quanto fatto per il caso di pozza con spessore pari ad 1 cm, si riportano le immagini di output della simulazione condotta considerando una pozza con spessore di 10 cm. Si nota, in questo caso, che le profondità raggiunte dopo circa un anno dal rilascio sono tali da interessare la falda acquifera (4,4 m dopo 300 giorni dal rilascio). Anche in questo caso, comunque, valgono le considerazioni riportate nel precedente paragrafo; si può quindi ritenere anche questo evento incidentale estremamente improbabile.



Rilascio di Gasolio 1 cm

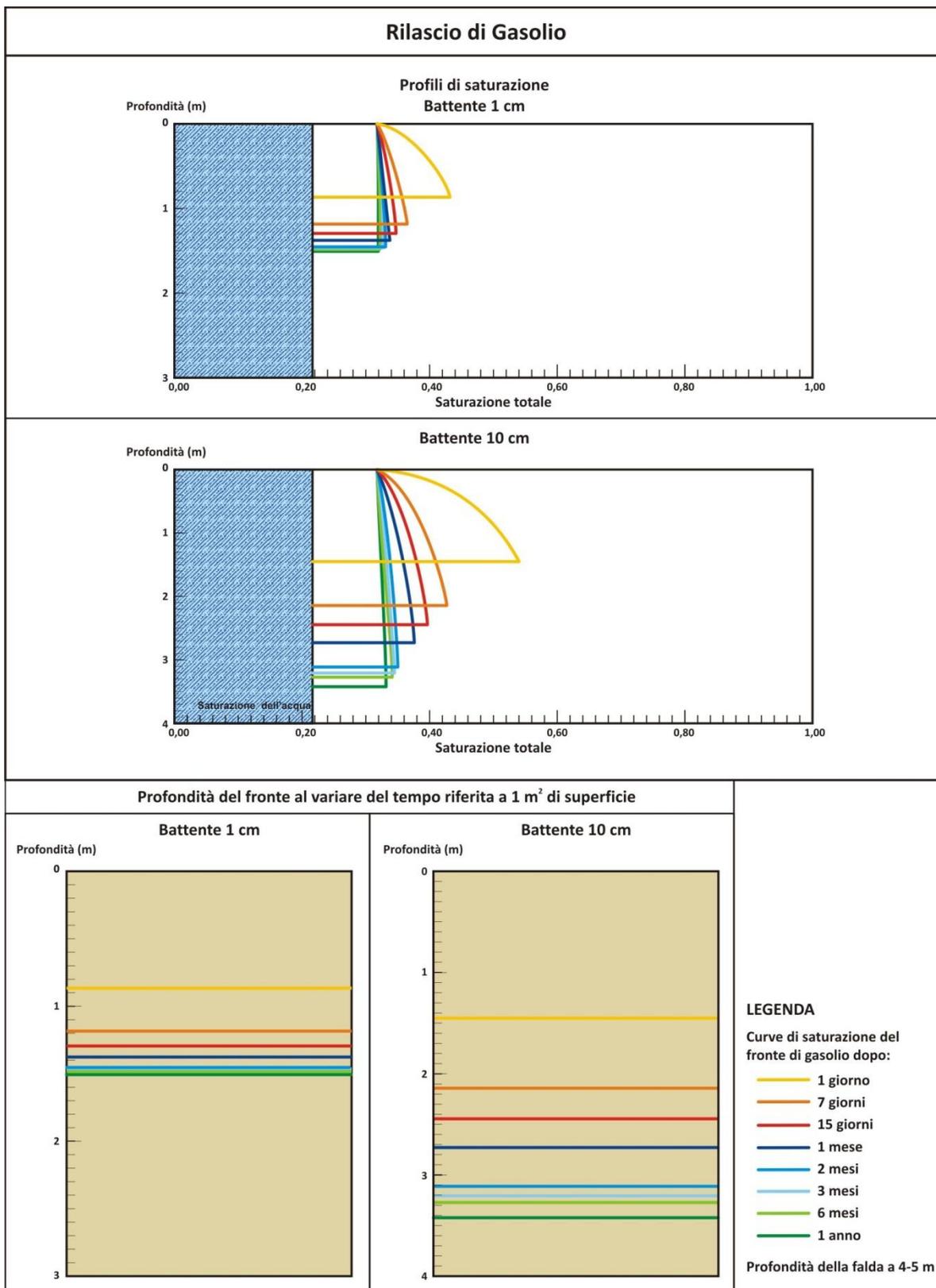
Le conseguenze dell'evento incidentale sono rappresentate dalla formazione di una pozza di Gasolio sul suolo, con possibile percolamento e contaminazione. Mediante il modello HSSM è stato possibile ricavare i profili di saturazione del terreno da parte della sostanza sversata, nella zona vadosa (zona secca).

Nel grafico di output riportato nel seguito, la parte tratteggiata a sinistra rappresenta la saturazione del terreno dovuta all'acqua mentre le curve mostrate tra la curva di saturazione dell'acqua ed il valore 0,5 circa rappresentano i profili di saturazione del suolo dovuti alla sostanza inquinante. Tali profili fanno riferimento agli intervalli temporali stabiliti dall'utente, elencati in basso a destra della figura. Questi tempi, dall'alto in basso, sono correlati alle curve di saturazione, da destra a sinistra.

Dai risultati della simulazione emerge che il Gasolio, sversato al suolo, raggiunge la profondità di circa 0,9 m dopo un giorno dal rilascio e che progressivamente, durante il processo di percolamento all'interno del terreno, si ha un approfondimento della contaminazione accompagnato da una diminuzione della saturazione puntuale del suolo dovuta alla sostanza inquinante. Dopo poco meno di un anno dal rilascio la profondità raggiunta è di circa 1,5 m, ben al di sopra della falda freatica sottostante. È quindi possibile concludere che una contaminazione della falda a seguito di un rilascio dalla linea in esame risulta estremamente improbabile. È inoltre importante sottolineare che tali profondità potrebbero essere raggiunte nel caso in cui IVI Petrolifera S.p.A. non intervenisse per tutto l'intervallo temporale caratterizzante la simulazione condotta (300 giorni a seguito del rilascio). Tale ipotesi non risulta veritiera, in quanto sono previste modalità operative e procedure per intervenire in caso di necessità al fine di fronteggiare analoghi scenari incidentali e contenere, quindi, gli effetti di contaminazione legati a sversamenti sul suolo di sostanze ecotossiche.

Rilascio di Gasolio 10 cm

Analogamente a quanto fatto per il caso di pozza con spessore pari ad 1 cm, si riportano le immagini di output della simulazione condotta considerando una pozza con spessore di 10 cm. Si nota come, anche in questo caso, le profondità raggiunte siano ben al di sopra della falda freatica, anche se, avendo considerato uno spessore maggiore di sostanza in superficie, si raggiungono profondità maggiori all'interno del terreno (circa 3,5 metri circa dopo 300 giorni dal rilascio).



Rilascio di Jet Fuel 1 cm

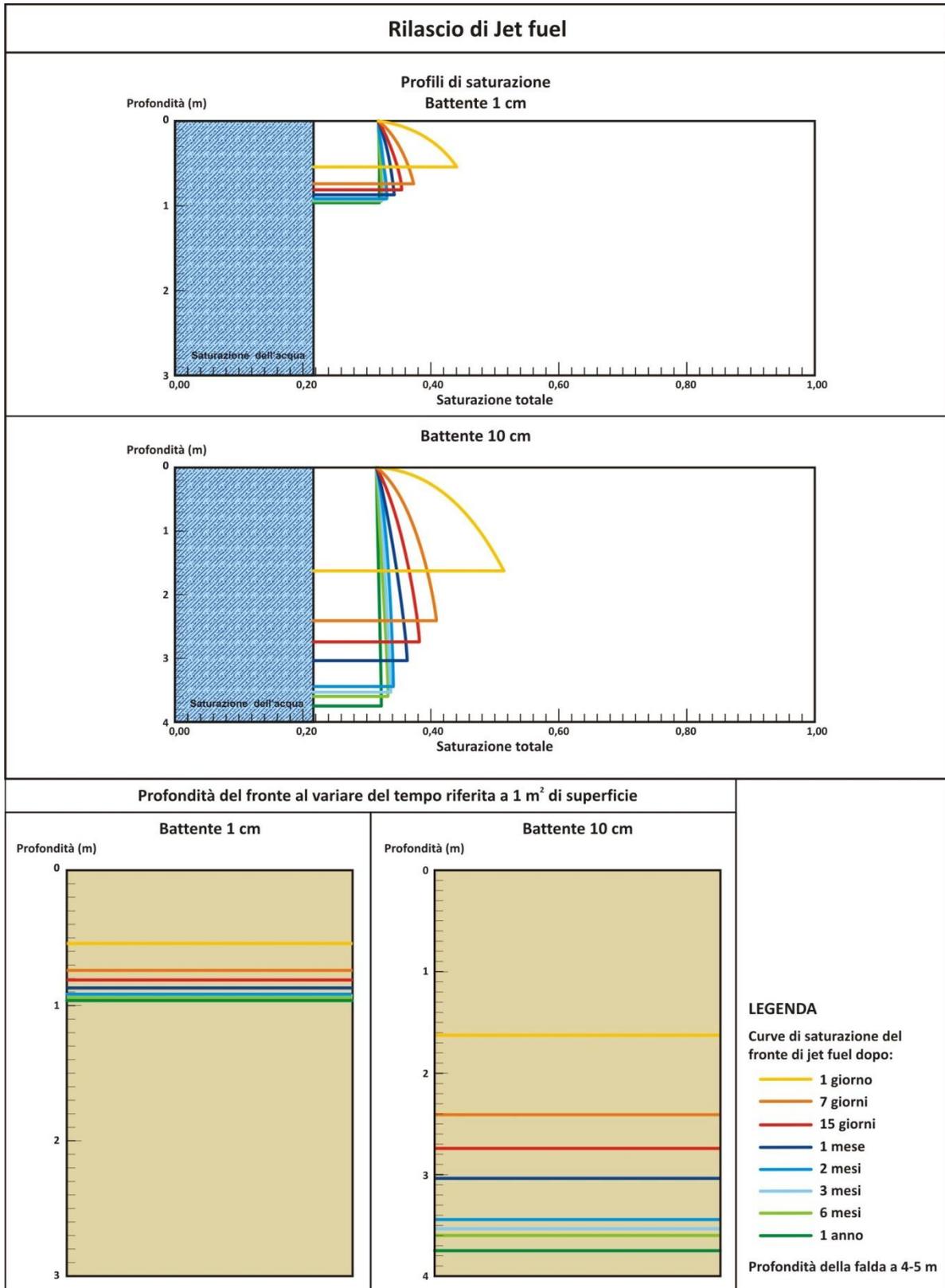
Le conseguenze dell'evento incidentale sono rappresentate dalla formazione di una pozza di Jet Fuel sul suolo, con possibile percolamento e contaminazione. Mediante il modello HSSM è stato possibile ricavare i profili di saturazione del terreno da parte della sostanza sversata, nella zona vadosa (zona secca).

Nel grafico di output riportato nel seguito, la parte tratteggiata a sinistra rappresenta la saturazione del terreno dovuta all'acqua, mentre le curve mostrate tra la curva di saturazione dell'acqua ed il valore 0,5 circa rappresentano i profili di saturazione del suolo dovuti alla sostanza inquinante. Tali profili fanno riferimento agli intervalli temporali stabiliti dall'utente, elencati in basso a destra della figura. Questi tempi, dall'alto in basso, sono correlati alle curve di saturazione, da destra a sinistra.

In questo caso è possibile notare come la contaminazione rimanga confinata entro il primo metro circa di terreno, quindi ben al di sopra della falda freatica, rendendo quindi remota la possibilità di avere una compromissione delle caratteristiche qualitative dell'acquifero. Si riportano, anche per questo scenario, le immagini elaborate graficamente al fine di rendere più chiaro il processo di percolamento della sostanza all'interno del terreno e le profondità raggiunte.

Rilascio di Jet Fuel 10 cm

Analogamente a quanto fatto per il caso di pozza con spessore pari ad 1 cm, si riportano le immagini di output della simulazione condotta. Si nota come, in questo caso, le profondità raggiunte siano maggiori rispetto al caso precedente (circa 3,8 metri dopo un anno dal rilascio), ma comunque al di sopra della profondità a cui si trova la falda freatica. Anche in questo caso si può ritenere estremamente improbabile una contaminazione della falda freatica a seguito di tale tipologia di rilascio.



5.2 RILASCIO IN MARE

Generalità

Nei seguenti paragrafi si illustrano i risultati delle simulazioni eseguite per le tre sostanze scelte e sversabili in caso di incidente. È opportuno ricordare che le operazioni di scarico di prodotti da nave mediante manichetta sono presidiate da personale del Deposito Costiero di IVI Petrolifera che interviene prontamente posizionando panne per circoscrivere il rilascio. Di conseguenza la macchia di inquinante rimarrà confinata entro lo specchio d'acqua circoscritto dalle panne stesse e non avrà comunque modo di spostarsi sulla superficie del mare liberamente sotto l'effetto dei venti. Anche in caso di perdita da oleodotto e conseguente rilascio in mare, l'intervento tempestivo del personale IVI Petrolifera consentirà di contenere la macchia di inquinante e di confinarla entro le panne posizionate in modo da circoscrivere l'area del rilascio. Da tali considerazioni è possibile concludere che la caratteristica essenziale relativamente ai venti, anche in relazione alle caratteristiche dell'area in cui avvengono le operazioni di travaso da nave, protetta dalla diga foranea, è rappresentata dalla loro intensità, la quale può essere assunta in media e con buona approssimazione circa pari a 4 m/s, e non dalla loro direzione di provenienza. Per tale motivo, anche se dall'analisi dei dati anemologici sono presenti due direzioni prevalenti del vento (ONO e NE) verrà eseguita una sola simulazione per ciascuna sostanza.

Rilascio di Benzina

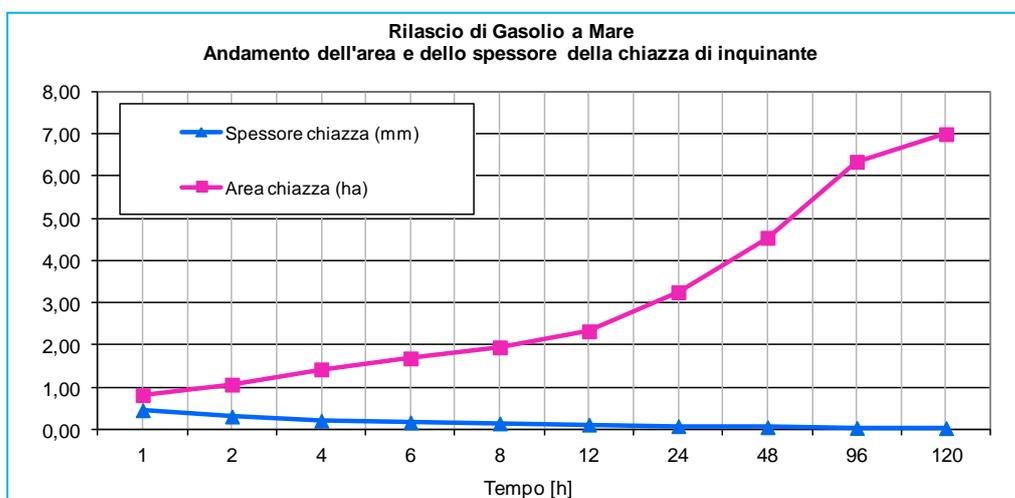
Dalle simulazioni condotte è possibile concludere che dopo un'ora dal rilascio il 94% del prodotto sversato in mare risulta evaporato e solo il 6% rimane sulla superficie del mare a formare una sottile pellicola di inquinante. Nel caso in cui non fossero presenti panne galleggianti², atte a contenere l'estensione della pozza, quest'ultima presenterebbe un diametro equivalente di 50 m, un'area di 0,20h ed uno spessore di circa 0,17 mm. A due ore dal rilascio tutta la sostanza sversata in mare risulta evaporata.

Rilascio di Gasolio

I risultati delle simulazioni svolte con il modello ADIOS2 e la relativa applicazione della formula di Fay sono riportati nella tabella e nel grafico seguenti.

Descrizione	Tempo successivo al rilascio (h)									
	1	2	4	6	8	12	24	48	96	120
<i>Olio evaporato (%)</i>	29	36	40	42	42	44	45	46	47	48
<i>Olio disperso (%)</i>	1	2	3	4	4	4	4	4	4	4
<i>Olio rimasto (%)</i>	70	62	57	54	54	52	51	50	49	48
<i>Diametro chiazza (m)</i>	102	117	135	147	158	172	204	241	284	299
<i>Spessore chiazza (mm)</i>	0,46	0,31	0,21	0,17	0,15	0,12	0,08	0,06	0,04	0,037
<i>Area chiazza (ha)</i>	0,82	1,07	1,43	1,69	1,95	2,33	3,25	4,54	6,34	7,00

² Complessivamente si dispone di 120 metri di panne galleggianti rimovibili che circoscrivono l'intera area nave – pontile che vengono messe in opera su espressa prescrizione delle autorizzazioni all'ormeggio della Capitaneria di porto.



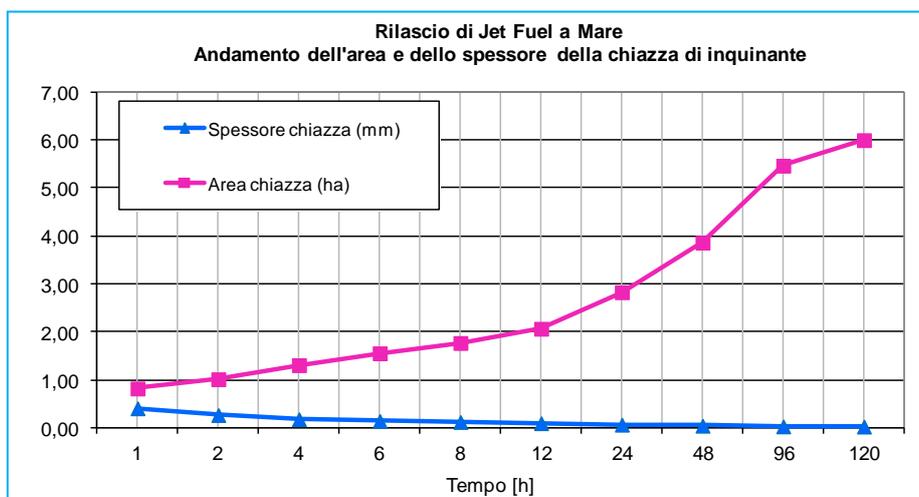
Un rilascio di Gasolio a mare comporta fenomeni iniziali di diffusione meccanica che terminano velocemente con la progressiva evaporazione della sostanza sversata. Dai risultati ottenuti emerge un processo di evaporazione lento in quanto dopo 120 ore meno del 50% del quantitativo rilasciato evapora; quasi il 50% di Gasolio rimane invece in superficie. La chiazza formata, che inizialmente presenta un diametro massimo di 102 m, tende ad incrementare il diametro a fronte di una diminuzione dello spessore fino a valori pari a circa quattro decimi di millimetro. I quantitativi di sostanza dispersa sono trascurabili.

I risultati sopra presentati non tengono comunque conto della presenza delle panne disposte in modo tale da arginare la chiazza di Gasolio sversata in mare. Nella realtà si avrebbe una chiazza di minori dimensioni e spessore leggermente maggiore grazie al tempestivo intervento in caso di emergenza.

Rilascio di Jet Fuel

I risultati delle simulazioni svolte con il modello ADIOS2 e la relativa applicazione della formula di Fay sono riportati nella tabella e nel grafico seguenti.

Descrizione	Tempo successivo al rilascio (h)									
	1	2	4	6	8	12	24	48	96	120
<i>Olio evaporato (%)</i>	34	44	49	50	50	51	51	52	52	53
<i>Olio disperso (%)</i>	1	3	5	6	7	9	11	12	12	12
<i>Olio rimasto (%)</i>	65	53	46	44	43	40	38	36	36	35
<i>Diametro chiazza (m)</i>	102	114	129	141	150	162	190	222	264	276
<i>Spessore chiazza (mm)</i>	0,41	0,27	0,18	0,15	0,13	0,10	0,07	0,05	0,03	0,03
<i>Area chiazza (ha)</i>	0,82	1,02	1,31	1,56	1,77	2,07	2,83	3,86	5,47	6,00



Un rilascio di Jet Fuel a mare comporta fenomeni iniziali di diffusione meccanica che terminano velocemente con la progressiva evaporazione della sostanza sversata. Dai risultati ottenuti emerge un processo di evaporazione lento in quanto dopo 120 ore poco più del 50% del quantitativo rilasciato evapora; il 35% di Jet Fuel rimane invece in superficie. La chiazza formata, che inizialmente presenta un diametro massimo di 102 m, tende ad incrementare il diametro a fronte di una diminuzione dello spessore fino a valori pari a circa tre decimi di millimetro. I quantitativi di sostanza dispersa, trascurabili nelle prime ore, iniziano ad assumere maggiore importanza con l'aumentare del tempo trascorso dallo sversamento a mare. I risultati sopra presentati non tengono comunque conto della presenza delle panne disposte in modo tale da arginare la chiazza di Jet Fuel sversata in mare. Nella realtà si avrebbe una chiazza di minori dimensioni e spessore leggermente maggiore grazie al tempestivo intervento in caso di emergenza.

6. CONCLUSIONI

Dati i quantitativi che caratterizzano gli scenari incidentali presi in considerazione, gli impatti sull'ambiente non possono essere a priori considerati non significativi nel caso in cui a seguito di uno dei rilasci ipotizzati non vengano messe in atto opportune misure per contenere le emergenze, non si intervenga per eliminare l'origine della contaminazione e non si intraprendano le opportune azioni per rimuovere la sostanza sversata sulla superficie del mare o il terreno contaminato. IVI Petrolifera S.p.A., in ogni modo, seguendo idonee procedure, ha la possibilità di intervenire in caso di incidente in modo efficiente al fine di contenere e rendere minimi gli impatti sull'ambiente in cui si è verificato il rilascio.