



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM)

Progetto Esecutivo

ALLEGATO _V3_C.U.3.2

**Previsione di evoluzione delle chiazze di idrocarburi in mare (oil spill drift) – sversamenti
volontari o accidentali da nave**



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU

Storia del documento

Versione	Data	Autore	Autorizzato da	Descrizione delle modifiche
1.0	24/11/2023	RTI DXC	MASE	Rilascio prima versione

Sommario

1	CU. V3.2 – Previsione di evoluzione delle chiazze di idrocarburi in mare (oil spill drift) – sversamenti volontari o accidentali.....	5
1.1	Obiettivo del servizio applicativo.....	5
1.1.1	Introduzione.....	5
1.1.2	Scopo Generale.....	5
1.1.3	Esigenze e Requisiti Chiave	5
1.1.4	Tematiche e Obiettivi Correlati.....	6
1.1.4.1	Modelli previsionali di evoluzione di idrocarburi in mare	6
1.1.4.2	Mappe di previsione	9
1.1.5	Benefici Attesi.....	9
1.1.6	Vincoli e Limitazioni	9
1.1.7	Stakeholders Coinvolti	9
1.1.8	Conclusione e Riepilogo	10
1.2	Architettura logico applicativa del sistema	10
1.2.1	Elenco dei Requisiti Funzionali	11
1.2.2	Requisiti non Funzionali Correlati	17
1.2.3	Vincoli e Limitazioni.....	18
1.3	Architettura logico-applicativa del sistema.....	18
1.3.1	Requisiti Non-Funzionali	18
1.3.2	Diagramma Architetture	19
1.3.3	Piattaforme SIM utilizzate.....	21
1.4	Dati di input.....	25
1.4.1	Introduzione ai Dati di Input.....	26
1.4.2	Catalogo delle Fonti di Dati.....	26
1.4.3	Specifiche di Contenuto	28
1.5	Sistemi federati.....	29
1.5.1	Introduzione ai Sistemi Federati.....	29

1.5.2	Elenco dei Sistemi Federati.....	29
1.6	Funzioni, Algoritmi e Modelli	30
1.6.1	Introduzione e Panorama Generale.....	30
1.6.2	Criteri di Selezione.....	31
1.6.3	Tipologie di Funzioni Applicative	31
1.6.4	Dettagli sui Modelli	31
1.6.5	Interazione tra Algoritmi e Modelli.....	33
1.6.6	Analisi della Complessità Computazionale	33
1.6.7	Casistica di Utilizzo	33
1.6.8	Misure di Validazione e Verifica	34
1.7	Dati di output.....	35
1.7.1	Introduzione.....	35
1.7.2	Elenco Dati di Output	35

1 CU. V3.2 – Previsione di evoluzione delle chiazze di idrocarburi in mare (oil spill drift) – sversamenti volontari o accidentali

1.1 Obiettivo del servizio applicativo

1.1.1 Introduzione

In caso di sversamento di idrocarburi in mare, la previsione della dispersione (trasporto e trasformazione) e del possibile conseguente spiaggiamento di idrocarburi, è uno strumento molto utile per le Autorità competenti al fine di organizzare e coordinare le operazioni di intervento preventivo a tutela della costa e degli habitat marino-costieri. Le previsioni di dispersione di idrocarburi in mare sono il risultato di modelli che tengono conto delle correnti marine, della temperatura e della salinità del mare, dei venti, del moto ondoso e delle caratteristiche dello sversamento per determinare lo scenario di evoluzione nel tempo.

Gli utenti di questo applicativo sono Guardia Costiera, MASE, ISPRA e SNPA e utenti di ricerca in questo ambito potenzialmente interessati allo sviluppo, validazione e rilascio di nuovi modelli, tra i quali ISPRA, CNR, CMCC, ed ENEA ed Università.

1.1.2 Scopo Generale

Implementazione del servizio di previsione dell'evoluzione degli idrocarburi sversati in mare a seguito di comportamenti illeciti (es. lavaggio cisterne) o in seguito ad eventi accidentali (collisioni, incidenti di varia natura) sia in superficie che sul fondo e lungo la colonna d'acqua. Il sistema utilizza i dati di osservazione provenienti dal telerilevamento e li integra con i dati della Guardia Costiera quando disponibili allo scopo di avere una detection iniziale dell'Oil Slick. La previsione di evoluzione della macchia di idrocarburi è generata on demand e in modalità automatica ed è forzata dai modelli atmosferici, di circolazione e di moto ondoso provenienti dagli enti fornitori di dati meteo-oceanografici. L'elaborazione fornisce una previsione di evoluzione con diversi livelli di incertezza e fino a 5-10 giorni dal rilevamento. L'applicativo potrà utilizzare, implementare e mettere a disposizione diversi modelli di previsione oceanografici e meteo e per forzare il modello di dispersione degli idrocarburi in mare e prevedere l'evoluzione (trasporto e trasformazione) per permettere previsioni più complete e la generazione di mappe di insieme.

1.1.3 Esigenze e Requisiti Chiave

L'esigenza principale è quella di avere un sistema che permetta di prevedere, con alta affidabilità, il percorso dello sversamento (a partire dal fondo del mare in caso di incidenti lungo la colonna d'acqua), l'evoluzione dell'estensione della chiazza, la trasformazione e se e dove si andrà a spiaggiare, in modo da predisporre per tempo la messa in opera di dispositivi antinquinamento per evitare conseguenze pesanti su coste di intrinseco valore turistico ed ecosistemico. Il sistema di previsioni potrà essere inizializzato da macchie rilevate da satellite (sia on demand su richiesta dell'utente sia in automatico) e da sorgenti puntiformi rappresentanti il luogo dell'incidente e sorgente della fuoriuscita.

1.1.4 Tematiche e Obiettivi Correlati

Tematica	Obiettivo
Modelli previsionali di evoluzione di idrocarburi in mare	Implementazione di un modello previsionale opensource consolidato per cui ci sia evidenza scientifica della sua utilità nella tematica trattata
Mappe di previsione	Produzione mappe di previsione di evoluzione di Oil Drift (scenario più probabile, mappe d'insieme) includendo il trasporto e la trasformazione (grafici sul weathering degli idrocarburi)

1.1.4.1 Modelli previsionali di evoluzione di idrocarburi in mare

Per la realizzazione di questo applicativo saranno utilizzati ed integrati modelli previsionali già sviluppati e validati scientificamente. Eventuali attività di sviluppo saranno focalizzate sull'implementazione degli algoritmi che costituiscono la catena di processing. Allo scopo di aumentare le potenzialità della previsione, l'applicativo potrà ospitare, quando saranno disponibili, i dati elaborati IRIDE ottenuti con modelli definiti e sviluppati nell'ambito del progetto IRIDE stesso.

Inoltre, come verrà ulteriormente descritto, l'applicativo 3.2 metterà a disposizione di ricercatori e sviluppatori (utenti esperti di dominio) un'interfaccia per la configurazione dei modelli esistenti nonché lo sviluppo, la validazione e il rilascio di nuovi modelli.

Il modello proposto e che sarà integrato dovrà calcolare e simulare lo spostamento dello sversamento tenendo in considerazione diversi fattori quali possono essere le condizioni ambientali e il tipo di idrocarburo.

L'algoritmo avrà bisogno quindi di:

- dati di rilevamento degli Oil Spill derivanti dall'algoritmo di detection
- se disponibili, dati da rilevamenti sul posto
- dati meteo-oceanografici (dati meteo; dati moto ondoso; dati di circolazione marina, temperatura e salinità)
- dati statici (linea di costa; batimetria)
- dati relativi alle caratteristiche dello sversamento e dell'idrocarburo fuoriuscito (es. API)

L'algoritmo produrrà mappe di previsione dello spostamento dello sversamento individuando la probabile zona di spiaggiamento o comunque lo scenario più probabile e grafici sulla trasformazione dell'idrocarburo (es. emulsione, evaporazione). In caso di dispersione da fonti sul fondo del mare verranno ottenuti e visualizzati anche mappe dell'idrocarburi dispersi lungo la colonna d'acqua. La previsione avrà un orizzonte temporale di diversi giorni dall'evento (es. da 1 a 10 gg, tipicamente 5 gg), associando anche un livello di incertezza della previsione. La simulazione sarà forzata da campi marini e atmosferici alla massima risoluzione spaziale e temporale disponibile.

La procedura verrà avviata manualmente su richiesta di un operatore a seguito di un Oil Spill rilevato e, una volta definiti e acquisiti i dati in input, produrrà la previsione.

Le simulazioni previsionali potranno partire fino ad 1 mese indietro nel tempo per permettere di simulare incidenti nel recente passato.

Saranno possibili simulazioni d'insieme perturbando i parametri del modello di oil spill, le condizioni iniziali (es. posizioni) ed eventualmente i forzanti meteomarinari laddove disponibili ad esempio a diverse risoluzioni.

La componente di oil drift prediction è composta dal modello di oil spill.

Il modello di oil spill selezionato è MEDSLIK-II che rappresenta lo stato dell'arte della modellistica di idrocarburi in mare. MEDSLIK-II è un modello open and free documentato e al centro di numerose pubblicazioni scientifiche su riviste scientifiche internazionali. Il modello MEDSLIK-II è mantenuto da un consorzio di istituti italiani e internazionali. Il modello e le informazioni con casi studio sono disponibili al sito <https://medslik-ii.org>

MEDSLIK-II simula il trasporto della chiazza di petrolio in superficie e in profondità, influenzata dalle correnti d'acqua e dal vento. Le particelle di petrolio sono anche disperse da componenti di fluttuazione turbolenta, parametrizzate con uno schema di random walk. Il modello avrà anche una componente per simulare le dispersioni di idrocarburi dalle condutture sul fondo del mare o da navi affondate.

Oltre agli spostamenti advettivi e diffusivi, le particelle di fuoriuscita di petrolio cambiano a causa di vari processi fisici e chimici che trasformano il petrolio (evaporazione, emulsificazione, dispersione nella colonna d'acqua, adesione alla costa). Il Modello di oil spill utilizza i forzanti meteo-oceanografici per avere una rappresentazione adeguata delle correnti ad alta frequenza e dei campi di vento negli elementi advettivi del modello di traiettoria lagrangiana, l'introduzione della velocità di deriva di Stokes e il collegamento con i dati di rilevamento da satellite ottenuti dal modulo di detection.

I forzanti oceanografici dovranno inizialmente essere quelli del Copernicus Marine Service o modelli costieri 3D annidati in Copernicus a più alta risoluzione anche a griglia non strutturata. In seguito verranno integrati i sistemi di previsioni forniti dal progetto MER non appena disponibili.

Per i forzanti meteo si potranno utilizzare i forzanti del Centro Europeo ECMWF e in aggiunta modelli operativi a più alta risoluzione dell'Aeronautica Militare o di altri Enti Meteo.

Tabella Esempi di Sistemi di previsione meteo-oceanica offerti sulla piattaforma

Sistemi di previsione oceanica offerti dalla piattaforma			
Nome	Risoluzione	Copertura Geografica	Descrizione
Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) GLOBAL OCEAN 1/12° PHYSICS ANALYSIS AND FORECAST UPDATED DAILY	1/12 grado (~9km)	Globale	<p>Previsione oceanica globale tridimensionale per i prossimi 10 gg e con aggiornamento giornaliero.</p> <p>Correnti superficiali indotte dal moto di onda e maree sono previste.</p> <p>Sistema di previsione con assimilazione operativa di osservazioni satellitari e in-situ.</p>
Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) MEDITERRANEAN SEA PHYSICS ANALYSIS AND FORECAST	1/24 grado (~4,5km)	Bacino Mediterraneo	<p>Previsione oceanica tridimensionale per i prossimi 10 gg e con aggiornamento giornaliero.</p> <p>Correnti superficiali indotte dal moto di onda e maree sono previste.</p> <p>Sistema di previsione con assimilazione operativa di osservazioni satellitari e in-situ.</p>

Sistemi di previsione atmosferica offerti dalla piattaforma			
European Center of Mid-Range Weather Forecasting (ECMWF) High Resolution Atmospheric Forecast	1/10 grado (~11km)	Globale	<p>Previsioni dei venti a 10m, tra altre variabili, per i prossimi 10 gg con aggiornamenti ogni 6 ore.</p> <p>La qualità delle previsioni ECMWF è valutata continuamente dalla ECMWF stessa e dalla Organizzazione Mondiale della Meteorologia (WMO) ottenendo punteggio superiore agli altri sistemi in forma consistente.</p>

Input e Output

Il modello di oil spill richiede come input i dati della fuoriuscita di petrolio, il campo del vento, la temperatura della superficie del mare e le correnti marine tridimensionali. Il modello può utilizzare campi di vento atmosferico e oceanografico (cioè correnti, temperatura e onde) da diverse fonti. I dati della fuoriuscita di petrolio necessari per definire una condizione iniziale numerica sono: posizione, tempo e area della fuoriuscita, nonché l'età della fuoriuscita di petrolio dall'arrivo iniziale in mare. Queste informazioni possono essere facilmente fornite al modello di oil spill dal modulo di monitoraggio satellitare. Il modello di oil spill produce in output l'evoluzione delle proprietà del

petrolio e la posizione, ogni ora e per i giorni successivi, della chiazza di petrolio in superficie, dispersa e arrivata sulle coste.

I dati satellitari-spaziali, e meteo-marino-ambientali sono comunque disponibili agli utenti applicativi attraverso un *web-GIS layer* e rilasciati tramite servizi API e WMS.

Oltre che simulazioni automatiche di oil drif da immagini da satellite la piattaforma dovrà permettere simulazioni on demand con condizioni iniziali puntiformi e poligoni.

In caso l'utente lanci dei drifter per il monitoraggio delle correnti superficiali dovrà essere possibile caricare e visualizzare la posizione del drifer assieme ai risultati delle simulazioni.

1.1.4.2 Mappe di previsione

Le mappe di previsione, dello scenario più probabile e le mappe di previsione d'insieme, i grafici della trasformazione degli idrocarburi (es. evaporazione) saranno ottenute come output dei modelli implementati come descritto nella sezione "Dati di Output".

I dati di output includeranno anche le variabili meteo-marini usati per la simulazione che saranno visualizzabili assieme alle mappe di idrocarburi.

1.1.5 Benefici Attesi

Dotarsi di strumenti adeguati, come la modellistica numerica di dispersione, per la prevenzione, la pianificazione delle emergenze e la preparazione di strategie di risposta efficaci, risulta un'importante risorsa a servizio degli stakeholder di settore, a vari livelli. Una tempestiva e affidabile previsione permette di ridurre le conseguenze ambientali dovute allo sversamento. Sarà possibile pianificare e rivedere per tempo le azioni di contenimento restando informati nel tempo grazie al monitoraggio in situ e da satellite e ai prodotti di previsioni.

1.1.6 Vincoli e Limitazioni

Il modello di previsione della dinamica di eventi di Oil Spill dovrà essere calibrato usando osservazioni dell'evoluzione dello sversamento di idrocarburi a tempi successivi tramite l'Oil Slick detection.

Si prevede l'utilizzo di tecniche di Intelligenza artificiale per calibrare il modello di oil spill sulla base di simulazioni d'insieme e verifica attraverso osservazioni successive della stessa macchia di idrocarburi.

1.1.7 Stakeholders Coinvolti

Gli stakeholder di questo servizio sono gli enti pubblici coinvolti nelle attività del monitoraggio marino.

Principali stakeholder sono la Guardia Costiera, MASE, ISPRA, le agenzie regionali per la protezione ambientale (ARPA) e, se indicato da MASE, altre Pubbliche Istituzioni che possono trarre vantaggio dall'utilizzo di un simile strumento a supporto del processo decisionale.

Guardia Costiera, MASE, ISPRA saranno anche utenti dell'applicativo e come tali profilati con autorizzazioni e ruoli specifici.

1.1.8 Conclusione e Riepilogo

In conclusione, l'applicativo rappresenta un passo significativo verso l'accesso semplificato e l'analisi efficiente dei dati relativi agli sversamenti da idrocarburi. La sua interfaccia intuitiva e le funzionalità avanzate lo rendono uno strumento prezioso per gli stakeholder interessati ai fenomeni di Oil Slick e Oil Drift, fornendo dati affidabili e validati per decisioni informate.

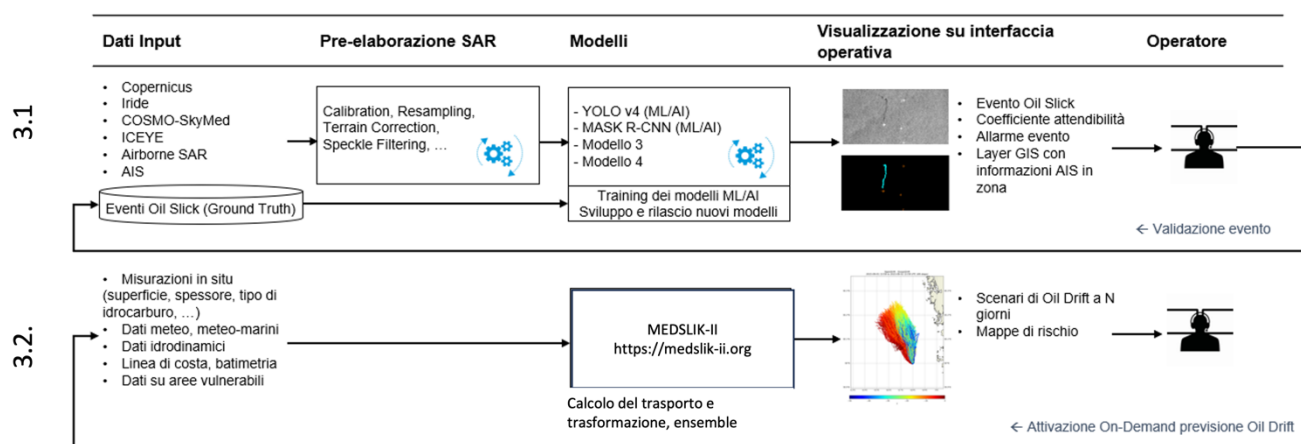
1.2 Architettura logico applicativa del sistema

Questo paragrafo contiene informazioni relative a specifiche applicative e funzionali del sistema, con l'obiettivo di trasmettere al lettore le logiche applicative del servizio.

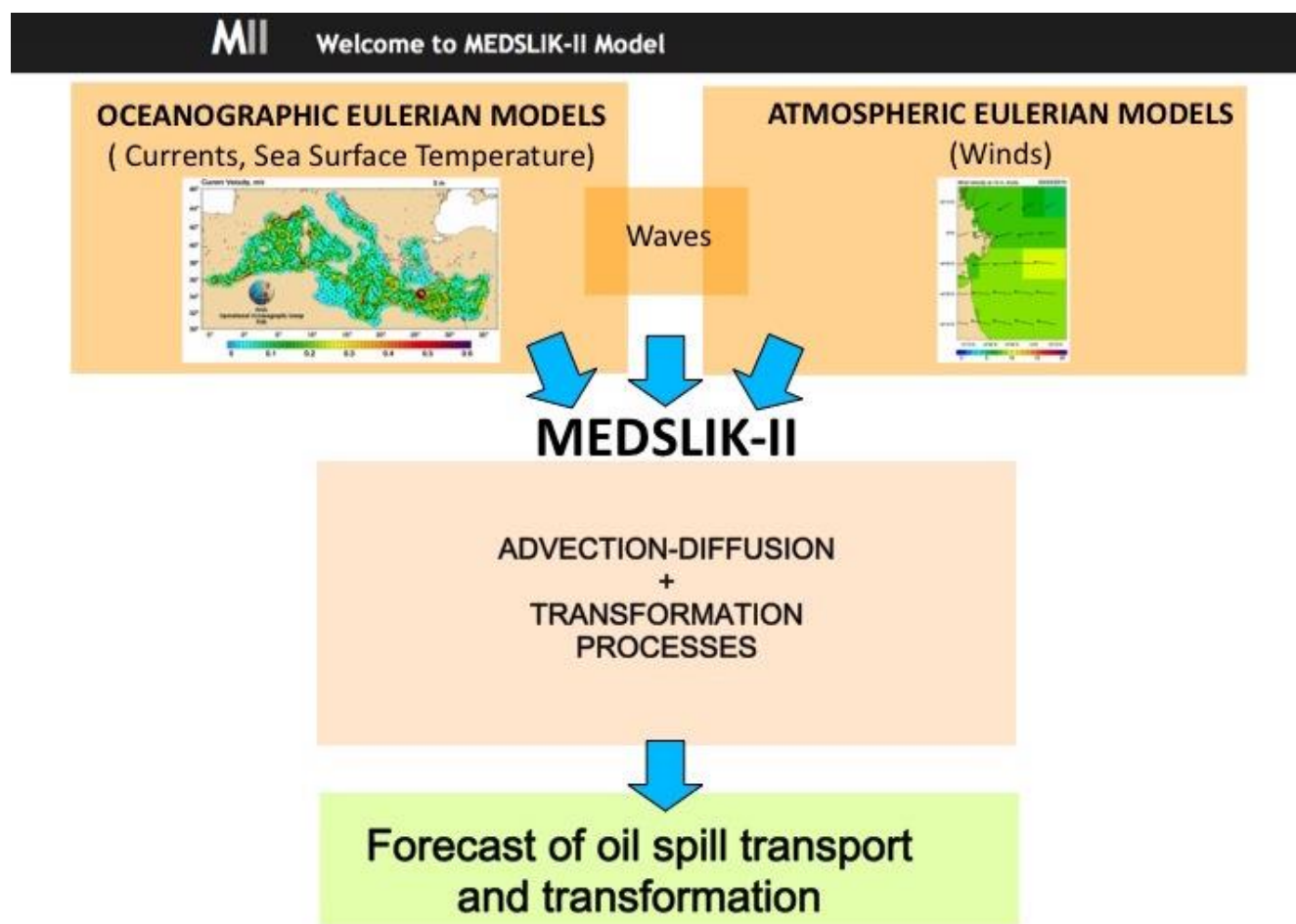
Prima di discutere nel dettaglio i requisiti funzionali, forniamo una panoramica generale dell'applicativo. La figura seguente mostra ad alto livello il workflow logico dell'applicativo 3.1 (Oil Slick detection) e del 3.2 (Oil Drift forecast) e mette in evidenza gli step principali.

In questo contesto il 3.2 è presentato come catena di processing successiva al 3.1 in quanto l'attivazione della previsione Oil Drift avviene tipicamente in conseguenza di una precedente rilevazione di Oil Spill.

Figura 1-1: Workflow logico-funzionale dell'applicativo 3.2.



Di seguito viene presentato un workflow dell'applicativo 3.2 che sarà basato sul modello di oil spill MEDSLIK-II (<https://medslik-ii.org>)



A seguito di un evento confermato e validato da un operatore, quest'ultimo può attivare On-Demand la previsione di Oil Drift. La previsione sfrutta in input dati meteo, meteo-marini (venti, correnti marine), dati da satellite o in-situ sullo sversamento come la geolocalizzazione, la superficie, lo spessore e il tipo di idrocarburo. I modelli previsionali forniranno in output diversi scenari di Oil Drift a N giorni e permetteranno agli operatori di valutare i rischi associati e di conseguenza pianificare gli interventi necessari.

1.2.1 Elenco dei Requisiti Funzionali

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
V3AP02_RF001	Previsione evoluzione Oil Slick: Previsione di evoluzione della chiazza di idrocarburi sversati sia in superficie che sul fondo in mare con diversi livelli di incertezza fino a N	Utilizzo di modelli previsionali forzati da modelli atmosferici, di circolazione e di moto ondoso	Implementazione di un workflow composto da diversi moduli per gestire l'ingestion dei dati, il pre-processamento e l'analisi tramite algoritmi previsionali

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
	giorni dopo la rilevazione iniziale		
V3AP02_RF002	Definizione area di interesse: L'applicativo permette di selezionare l'area di interesse dove lanciare la previsione di Oil Drift	Selezione area su mappa da Interfaccia Operativa	Selezione su mappa da Interfaccia Operativa. Trasferimento delle coordinate geografiche al back-end per elaborazione su area (input del modello previsionale)
V3AP02_RF003	Parametri Oil Slick: L'applicativo permette di specificare i parametri di Oil Slick come Superficie, Quantità, Spessore, tipo di idrocarburo (tipicamente noti da osservazioni)	Selezione e valorizzazione dei parametri da Interfaccia Operativa	Trasferimento dei valori dei parametri al back-end come input ai modelli previsionali
V3AP02_RF004	Inizializzazione della previsione con nuove osservazioni: L'applicativo permette di lanciare nuove previsioni con le informazioni aggiornate (nuove immagini aeree e satellitari, dati in-situ)	Selezione e valorizzazione dei parametri da Interfaccia Operativa	Trasferimento dei valori dei parametri al back-end come input ai modelli previsionali
V3AP02_RF005	Mappe di previsione: L'applicativo produrrà mappe di previsione di evoluzione della chiazza di Oil Slick con orizzonte temporale fino a 10 giorni	Output dei modelli previsionali su cartografia web-GIS	Gli output dei modelli previsionali saranno formattati e visualizzati opportunamente su mappe cartografiche utilizzando librerie web-GIS

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
V3AP02_RF006	Aree di maggior rischio: L'applicativo produrrà informazioni aggiornate ed integrerà le informazioni e i dati ambientali per permettere la stima del rischio, tenuto conto anche di eventuali aree più vulnerabili, in caso di Oil Slick.	Integrazione dati ambientali	Integrazione dati ambientali
V3AP02_RF007	Visualizzazione output: L'applicativo deve consentire la visualizzazione degli output su interfaccia dedicata	Visualizzazione su interfaccia operativa	La visualizzazione cartografica è implementata utilizzando librerie web-GIS su interfaccia operativa
V3AP02_RF008	Attivazione On Demand: L'applicativo viene attivato On Demand a seguito della rilevazione di un evento di Oil Slick	Attivazione manuale da interfaccia operativa	L'interfaccia operativa fornisce le necessarie funzionalità per permettere all'operatore di configurare il sistema e lanciare la previsione

Requisito Funzionale V3AP02_RF001 - Previsione di evoluzione Oil Slick

CODICE WBS	V3AP02_RF001
Area	Previsione di evoluzione Oil Slick
Descrizione del lavoro	Previsione di evoluzione della chiazza di idrocarburi sversati in mare con diversi livelli di incertezza fino a N giorni dopo la rilevazione iniziale. Utilizzo di modelli previsionali forzati da parametri e modelli atmosferici, di circolazione e di moto ondoso (e.g. velocità e direzione del vento, correnti, temperatura e salinità marine). Implementazione di un workflow composto da diversi

CODICE WBS	V3AP02_RF001
	moduli per gestire l'ingestion dei dati, il pre-processamento e l'analisi tramite algoritmi previsionali. Alcuni modelli e suite software sono già stati identificati (MEDSLIK-II) e forzanti Copernicus Marine Service e ECMWF per la fase iniziale. L'aggiunta di ulteriori modelli sarà presa in considerazione. MEDSLIK-II è modello per la simulazione di traiettorie e l'evoluzione di idrocarburi diffuse nell'oceano
Presupposti e Vincoli	Disponibilità di modelli meteo-oceanografici previsionali adeguati open source. Disponibilità di dati e informazioni utili ai fini di forzare il modello previsionale di oil spill.
Deliverables	Applicativo 3.2 Manuale utente
Criteri di accettazione	Verifica diretta sull'applicativo relativamente alla funzionalità offerta. Funzionalità presente ed utilizzabile. Verifica dell'attendibilità delle previsioni. Verifica su casi storici accertati. Verifica delle previsioni rispetto alle rilevazioni successive

Requisito Funzionale V3AP02_RF002 – Definizione area di interesse

CODICE WBS	V3AP02_RF002
Area	Definizione area di interesse
Descrizione del lavoro	L'applicativo permette di selezionare l'area di interesse dove lanciare la previsione di Oil Drift. La selezione sarà possibile su mappa da Interfaccia Operativa. Implementazione di una funzione per trasferimento delle coordinate geografiche al back-end per elaborazione su area (input del modello previsionale).
Presupposti e Vincoli	N. A. (non applicabile)
Deliverables	Funzionalità di selezione area di interesse.
Criteri di accettazione	Verifica diretta sull'applicativo relativamente alla funzionalità offerta. L'area è selezionabile e le coordinate geografiche sono passate correttamente ai modelli (se richieste dal modello).

Requisito Funzionale V3AP02_RF003 – Parametri Oil Slick

CODICE WBS	V3AP02_RF003
Area	Parametri Oil Slick

Descrizione del lavoro	L'applicativo permette di specificare i parametri di Oil Slick come Superficie, Quantità, Spessore, tipo di idrocarburo. Questi dati possono derivare da osservazioni e misure in-situ o da altre valutazioni. Saranno implementate funzioni per la selezione e la valorizzazione dei parametri da Interfaccia Operativa e per il trasferimento dei valori dei parametri al back-end come input ai modelli previsionali.
Presupposti e Vincoli	Disponibilità delle informazioni necessarie
Deliverables	Funzionalità di inizializzazione dei modelli con parametri di Oil Slick
Criteri di accettazione	Verifica diretta sull'applicativo relativamente alla funzionalità offerta. I parametri sono letti e passati ai modelli correttamente.

Requisito Funzionale V3AP02_RF004 – Inizializzazione della previsione con nuove osservazioni

CODICE WBS	V3AP02_RF004
Area	Inizializzazione e verifica della previsione con nuove osservazioni
Descrizione del lavoro	L'applicativo permette di lanciare nuove previsioni con le informazioni aggiornate (nuove immagini aeree e satellitari, dati in-situ) e di verificare simulazioni fatte in precedenza. Saranno implementate funzioni di selezione e valorizzazione dei parametri da Interfaccia Operativa e per il trasferimento dei valori dei parametri al back-end come input ai modelli previsionali. In caso di lancio di drifter da parte dell'utente l'applicativo permette l'upload dei dati per una verifica delle previsioni.
Presupposti e Vincoli	Disponibilità di nuove rilevazioni e dati aggiornati.
Deliverables	Funzionalità di inizializzazione e verifica dei parametri di Oil Slick e possibilità di lanciare nuove previsioni aggiornate.
Criteri di accettazione	Verifica diretta sull'applicativo relativamente alla funzionalità offerta.

Requisito Funzionale V3AP02_RF005 – Mappe di previsione

CODICE WBS	V3AP02_RF005
Area	Mappe di previsione e grafici di trasformazione
Descrizione del lavoro	L'applicativo produrrà mappe di previsione di evoluzione della chiazza di Oil Slick sia in profondità che in superficie con orizzonte temporale fino a 10 giorni. L'output dei modelli previsionali (incluso le variabili meteo marine) sarà visualizzato su

	cartografia web-GIS. L'applicativo permetterà la visualizzazione dei grafici di trasformazione.
Presupposti e Vincoli	N.A. (non applicabile)
Deliverables	Mappe di previsione di evoluzione e grafici di trasformazione di Oil Slick (Oil Drift)
Criteri di accettazione	Verifica diretta sull'applicativo relativamente alla funzionalità offerta.

Requisito Funzionale V3AP02_RF006 – Aree di maggior rischio

CODICE WBS	V3AP02_RF006
Area	Aree di maggior rischio
Descrizione del lavoro	L'applicativo produrrà informazioni aggiornate ed integrerà le informazioni e i dati ambientali per permettere la stima del rischio, tenuto conto anche di eventuali aree più vulnerabili, in caso di Oil Slick.
Presupposti e Vincoli	Disponibilità di dati ambientali adeguati e sufficienti per poter permettere agli utilizzatori del servizio una stima delle aree a maggiore rischio.
Criteri di accettazione	Verifica diretta sull'applicativo relativamente alla funzionalità offerta.

Requisito Funzionale V3AP02_RF007 – Visualizzazione output.

CODICE WBS	V3AP02_RF007
Area	Visualizzazione output
Descrizione del lavoro	L'applicativo deve consentire la visualizzazione degli output su interfaccia dedicata. Implementazione di opportune funzioni web-GIS.
Presupposti e Vincoli	N. A. (non applicabile)
Deliverables	Output dell'applicativo (mappe di previsione) su interfaccia operativa.
Criteri di accettazione	Verifica diretta sull'applicativo relativamente alla funzionalità offerta.

Requisito Funzionale V3AP02_RF008 – Attivazione On-Demand

CODICE WBS	V3AP02_RF008
Area	Attivazione On-Demand
Descrizione del lavoro	L'applicativo viene attivato On-Demand a seguito della rilevazione di un evento di Oil Slick. Saranno implementate funzioni per attivazione manuale da interfaccia operativa. L'interfaccia operativa consente di specificare e valorizzare i necessari parametri di input e seguire lo stato di avanzamento del processing.
Presupposti e Vincoli	N. A. (non applicabile)
Criteri di accettazione	Verifica diretta sull'applicativo relativamente alla funzionalità offerta.

1.2.2 Requisiti non Funzionali Correlati

Un requisito non funzionale che deve essere considerato e gestito nell'implementazione dell'applicativo riguarda l'autorizzazione e i ruoli degli utenti. Per un corretto utilizzo delle funzionalità discusse sopra, è necessario definire gruppi di utenti con ruoli associati. Risulta infatti evidente la necessità di separare almeno tre diverse aree di lavoro, ossia (i) l'amministrazione e manutenzione del sistema, (ii) lo sviluppo e il rilascio dei modelli e (iii) le operazioni.

I corrispondenti gruppi sono:

- System Admins
- Developers
- Operators

Gli utenti del gruppo "Operators" accedono ad interfaccia grafica, possono seguire il monitoraggio del sistema eseguito dall'applicativo correlato 3.1 (Oil Slick detection) e a seguito di evento accertato possono far girare la catena di elaborazione dell'applicativo 3.2 (Oil Drift forecast).

Gli utenti del gruppo "Developers" accedono all'interfaccia di sviluppo e possono sviluppare e rilasciare nuovi modelli previsionali nel sistema.

Gli utenti del gruppo "System Admins" hanno pieno accesso al front-end e al back-end del sistema, possono applicare configurazioni o modifiche del software e della catena di processing, e hanno i permessi necessari per la manutenzione dell'applicativo.

Ulteriori gruppi saranno definiti in fase di implementazione se necessario. Un utente può appartenere a più di un gruppo.

Un altro requisito non strettamente funzionale ma correlato agli altri riguarda i tempi di processing: i tempi di processing, che dipendono dalle risorse hardware a disposizione e dall'implementazione degli algoritmi, non devono essere tali da introdurre latenze temporali confrontabili con gli intervalli di acquisizione. In generale deve valere il principio per cui i tempi della catena di processing sono molto inferiori agli intervalli temporali delle nuove acquisizioni (per es. m minuti per produrre una previsione contro H ore per avere una nuova detection di Oil Slick).

Infine, è richiesto che l'applicativo sia scalabile pur mantenendo il livello di performance atteso.

1.2.3 Vincoli e Limitazioni

Il requisito funzionale V3AP02_RF006 "Aree di maggior rischio" prevede che l'applicativo integrerà le informazioni per permettere di stimare le aree a rischio, tenuto conto anche di eventuali aree più vulnerabili, laddove uno sversamento sia stato rilevato.

La generazione di mappe di rischio a carattere locale non è una funzionalità propria dell'applicativo 3.2, che si pone invece l'obiettivo di mettere a disposizione solo le informazioni necessarie all'analisi del rischio da parte di un operatore esperto. Dati utili a queste valutazioni sono i dati sulla batimetria, la linea di costa, gli ecosistemi e gli habitat naturali marini e costieri.

1.3 Architettura logico-applicativa del sistema

Questo paragrafo contiene informazioni relative a specifiche applicative e funzionali del sistema, con l'obiettivo di trasmettere al lettore le logiche applicative del servizio.

1.3.1 Requisiti Non-Funzionali

L'architettura di questo applicativo si basa sui seguenti requisiti non funzionali:

REQUISITO	Descrizione
general	Le immagini radar da satellite (SAR) delle sorgenti degli stakeholder devono essere ad alta risoluzione con frequenza di aggiornamento giornaliera
general	Le procedure di ingestion devono prevedere un'acquisizione minima di 170 immagini al giorno per un totale di flusso dati di input pari a circa 500 Gb giornalieri
scalabilità	I servizi implementati nell'Application Platform e nell'Intelligence Platform devono poter avere una infrastruttura scalabile sia verticalmente che orizzontalmente per venire incontro ai requisiti prestazionali che i modelli deterministici e i modelli di machine learning richiedano
scalabilità	I moduli software devono poter essere mandati in esecuzione in parallelo senza causare collisioni di processo o di dati
alta disponibilità	Il deployment dei servizi deve avvenire in continuous delivery o in continuous deployment mantenendo la disponibilità del servizio a front end durante i rilasci
alta disponibilità	I servizi devono garantire auto recovery mantenendo la consistenza dei dati ad ogni riavvio
performance	I tempi di risposta delle request API eseguite da interfaccia webGIS nel caso di funzionamento in modalità sincrona, devono rientrare nei tempi accettabili alle esigenze dell'utente

REQUISITO	Descrizione
sicurezza	L'accesso all'interfaccia deve avvenire secondo le regole definite nel documento "classi di utenza" del SIM
interoperabilità	Lo scambio dei dati tra il SIM e gli stakeholder avviene secondo protocolli di interoperabilità definiti negli accordi di servizio tra il MASE e gli stakeholder
microservizi	L'interazione tra i servizi e l'utente può avvenire in modalità sincrona nel momento in cui l'interfaccia utente aspetta l'esito del risultato, tipicamente in questo caso il controllo delle invocazioni delle request e delle relative response sono ad appannaggio del GIS Server. Oppure in modalità asincrona nel momento in cui l'interfaccia utente non attende l'esito del microservizio invocato, ma il risultato viene notificato all'utente tramite messaggio al termine dell'elaborazione. Nella modalità asincrona viene invocato il servizio di elaborazione che, a sua volta invia un messaggio a un message broker per notificare l'esito dell'elaborazione
content sharing	I dati prodotti dalle applicazioni del SIM, utili tra diverse applicazioni vengono memorizzate nel repository del SIM a meno di diverse indicazioni degli stakeholder
policy di ingestion	In linea con la definizione di data mesh, i dati degli stakeholder vengono importati nel SIM su aree di storage temporanee solo nel momento in cui servono alla richiesta dell'utente.
logging	I log applicativi devono poter essere accessibili tramite interfaccia unica per facilitare le attività di operation nella ricerca delle cause di errore
logging	I log devono essere categorizzati e ordinabili per priorità (es: FATAL, ERROR, WARNING, ...), ordinabili per data e riconoscibili univocamente
compatibility	L'interfaccia webGIS deve essere compatibile con i browser più utilizzati (Google Chrome, Safari, Microsoft Edge, Firefox, Opera, Internet Explorer)

1.3.2 Diagramma Architeturale

Di seguito viene presentato diagramma architeturale dell'applicativo mappato sull'architettura di riferimento del SIM.

L'accesso all'applicativo avviene tramite la piattaforma di Digital Experience che consente di gestire la presentazione sui diversi device (pc, mobile) e di definire le regole di accesso in funzione delle classi di utenza definite nel SIM, quali l'utenza di portale, di geo processing e di monitoraggio. L'utente è in grado di visualizzare la mappa cartografica dell'Italia, di scegliere le immagini satellitari pubblicati dall'applicativo V3.1 da sovrapporvi tramite layer e di selezionare la zona oggetto di oil spill per iniziare una simulazione dello spostamento di tale macchia d'olio. Le immagini satellitari possono essere scelte in funzione delle loro caratteristiche attraverso il discovery and access broker GEO DAB del SIM.

Tramite un tool di data management si inseriscono nel repository "Master Catalog" i metadati associati alle informazioni tecniche legate agli accordi di servizio degli stakeholder e il catalogo dei modelli deterministici e AI/ML resi disponibili dagli stessi utenti del SIM. Le informazioni tecniche di "accordo di servizio" tra gli stakeholder e il SIM definiscono quindi le modalità di fruizione del dato, come per esempio:

- formato del dato
- qualità del dato

- modalità di accesso
- API esposte
- modalità di refresh dei dati

Le richieste verso i servizi degli stakeholder o verso servizi all'interno del SIM vengono veicolati tramite l'API Gateway e il Master Catalog, l'API associate allo stakeholder vengono storicizzate nel Master Catalog e caricate ciclicamente nella cache del API Gateway. Si presentano due scenari, se l'API dello stakeholder è presente nella cache dell'API Gateway allora quest'ultimo veicola la richiesta verso lo stakeholder, se l'API dello stakeholder non è presente nella cache dell'API Gateway allora quest'ultimo esegue una richiesta al Master Catalog per recuperare l'API dello stakeholder. Sia il tool di database management del Master Catalog che l'API Gateway si preoccupano di eseguire un'analisi sintattica delle richieste API.

Si ipotizza che l'accesso ai dati degli stakeholder avvenga tramite GIS server per i dati cartografici e tramite servizi di accesso specifici ai database SQL e NOSQL per i dati strutturati e non strutturati.

Il database RdS contiene principalmente le informazioni sui metadati dei sorgenti degli stakeholder, la lista dei modelli AI/ML e le informazioni riguardanti gli oil slick rilevati dall'applicativo V3.1.

La piattaforma di intelligence mette a disposizione strumenti di implementazione di modelli di intelligenza artificiale, nel caso specifico di modelli che simulano le evoluzioni nel futuro dello spostamento delle macchie oleose. Nella piattaforma di intelligence si individuano due workflow di elaborazione dati, quello di ingestion dei dati e quello di esecuzione dei modelli. L'applicativo integra il modello deterministico delle correnti rilocabile e i modelli sviluppati dall'ente CMCC.

I servizi costruiti nell'Intelligence platform quindi, si occuperanno di eseguire l'ingestion dei dati in funzione della zona di interesse selezionata dall'utente, di memorizzarli temporaneamente su block storage mappato all'interno del SIM e di eseguire i modelli AI/ML fornendo in input i dati estratti. Questi servizi AI/ML vengono invocati on demand dall'interfaccia webGIS tramite API request, la risposta può avvenire in modo sincrono oppure può avvenire in modalità asincrona tramite l'invio di una notifica sull'interfaccia.

L'applicativo integra le interfacce web dei sistemi WITOL e Gutta-VISIR implementando collegamenti url nella user interface della digital experience platform, le comunicazioni http tra la user interface e le interfacce esterne vengono gestite dall'integration platform.

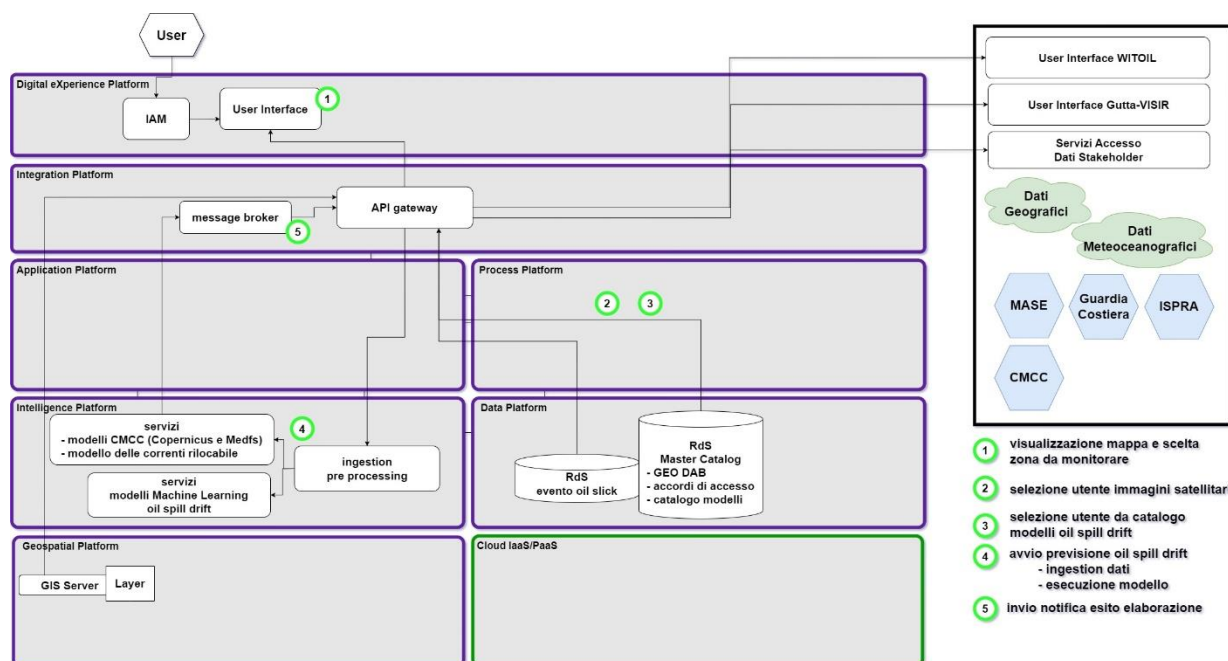
Il flusso dei dati avviene secondo le seguenti fasi:

1. Import dei dati meteoceanografici pertinenti al perimetro selezionato da interfaccia webGIS e memorizzazione di tali dati in aree di storage temporanee all'interno del SIM
2. I servizi della intelligence platform leggono i dati satellitari relativi agli oil slick memorizzati dall'applicazione V3.1 e i dati memorizzati nelle aree temporanee al punto 1
3. creazione dei layer GIS contenenti le informazioni elaborate dai servizi dell'intelligence platform
4. Visualizzazione tramite interfaccia webGIS dei layer al punto 3

Si identificano le seguenti interconnessioni tra le componenti:

- l'interfaccia webGIS invoca request API verso i servizi GIS che gestiscono le mappe cartografiche a livello nazionale del SIM
- l'interfaccia webGIS gestisce la selezione della zona di interesse su mappa cartografica
- l'interfaccia webGIS richiede, tramite request al Master Catalog, la lista delle sorgenti a disposizione in modo che l'utente possa farne una scelta
- l'interfaccia webGIS richiede, tramite request al Master Catalog, la lista dei modelli di Machine Learning a disposizione in modo che l'utente possa farne una scelta
- l'utente, tramite interfaccia webGIS, avvia il processo di elaborazione del modello deterministico o di AI/ML invocando request API ai servizi dell'intelligence platform
- I servizi di AI/ML della intelligence platform invocano la richiesta di estrazione e pre processamento dei dati meteoceanografici relativi all'area selezionata e la lettura delle immagini satellitari con evento oil slick pubblicate dall'applicativo V3.1
- I servizi AI/ML della intelligence platform inviano un messaggio di notifica di esito dell'elaborazione verso il message broker.

I punti contrassegnati in verde nel diagramma danno evidenza della sequenza temporale di come avviene la richiesta di fruizione dei dati tramite le componenti software di backend.



1.3.3 Piattaforme SIM utilizzate

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
Application Platform (DevSecOps)	Pipeline CI/CD Engine	SI	Il codice software dei microservizi dei modelli di AI/ML di oil spill drift implementati all'interno dell'Intelligence Platform vengono

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			sviluppati tramite tool di sviluppo (es: Jupyter, Dataiku) successivamente il codice viene versionato sul repository di progetto e deployato in collaudo e produzione tramite tool di pipeline automatizzate.
	Software Forge	SI	Il focus principale dell'applicativo è lo sviluppo di modelli di AI/ML di oil spill drift che verranno salvati e catalogati nel master catalog pronti per essere selezionati e utilizzati nelle condizioni al contorno più congrue. La gestione del versioning, del tracciamento dei problemi, la collaborazione tra gli sviluppatori ha impatti principalmente sull'intelligence platform e su tutte le piattaforme coinvolte nel disegno architettuale come da paragrafo precedente
	Application Defined Storage Engine	NO	
	Service Mesh	SI	È necessario un framework di Service Mesh per semplificare la comunicazione, monitorare e gestire i servizi, avere un'applicazione ad alta affidabilità, e gestire la sicurezza e la resilienza del sistema.
	Observability	SI	La capacità di misurare, monitorare e comprendere il comportamento di un sistema software in esecuzione, in modo da poter diagnosticare problemi, tracciare le prestazioni e ottenere informazioni dettagliate sullo stato del sistema impatta tutte le piattaforme coinvolte nel disegno architettuale come da paragrafo precedente
Process Platform	Business Process Modelling	NO	
	Workflow Engine	NO	
	Business Rule Engine	NO	
	Analytics and Reporting	NO	
	Integration and Connectivity	NO	
	Collaboration and Communication tools	NO	
	Security and Access Control	NO	

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	Complex Event Processing	NO	
Data Platform	Extract, Transform, Load (ETL) tools	NO	
	Data Modelling tools	SI	I formati delle immagini satellitari dell'applicativo V3.1 e dei dati meteoceanografici devono essere normalizzati secondo uno schema comune prima di essere elaborati dai modelli di AI/ML
	Business Intelligence tools	NO	
	Metadata Management tools	SI	Le informazioni utili al reperimento delle immagini satellitari dell'applicativo V3.1 e ai dati meteoceanografici vengono inserite nel master catalog tramite tool di metadata management
	Data Governance tools	SI	Le immagini satellitari dell'applicativo V3.1 e i dati meteoceanografici devono essere sottoposte a trasformazioni preliminari che ne permetta l'utilizzo nei modelli AI/ML
	Data modeling and Preparation tools	NO	
	Report creation/generation	NO	
	Data Visualization engines	NO	
	Indexing, search	SI	L'utente deve poter selezionare la versione del modello AI/ML di oil slick drift da mandare in esecuzione
Intelligence Platform	AI/ML Frameworks catalog	SI	Nel master catalog vengono registrati i modelli di AI/ML disponibili per l'applicazione delle trasformazioni sui dati
	AI/ML Flows	SI	L'intelligence platform predispone strumenti di progettazione di workflow che implementano flussi condizionati di elaborazioni AI/ML
	AI Models Lifecycle Management	SI	L'applicativo memorizza le versioni di più modelli AI/ML in modo che l'utente possa scegliere la versione più appropriata da elaborare in quel momento
	AI Data Preparation	SI	
	Model Deployment	SI	
	Model Monitoring	SI	
	ML Scaling Framework	SI	L'elaborazione dei servizi di intelligence platform può essere "scalata" sia

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			verticalmente potenziando l'hardware a disposizione che orizzontalmente istanziando più processi
Integration Platform	Integration Flows (Scenarios)	SI	Il flusso di integrazione tra i componenti delle piattaforme avviene sempre tramite l'integration platform
	Connectors	SI	L'applicativo predispone connettori per il reperimento dei dati satellitari dell'applicativo V3.1 e dei dati meteoceanografici
	Data mapping and transformation	SI	L'applicativo esegue un controllo sintattico e semantico sui dati letti dagli stakeholder e applica una prima fase di trasformazione in modo da omogeneizzare i dati in input alle elaborazioni successive
	Integration workflow automation	NO	
	API management	SI	Si implementa il routing delle richieste API tra le varie componenti delle piattaforme
	API gateway	SI	Viene gestito il routing delle richieste API tra le varie componenti
	Policies, monitoring and analytics	SI	Le richieste API tra le varie component vengono monitorate per analizzarne le performance
	Security and compliance	SI	I dati in transito vengono gestiti secondo criteri di integrità e confidenzialità e l'accesso sicuro ai servizi è garantito tramite token di autenticazione
Digital Experience Platform	Content Management Service	NO	
	Mobile Devices Support	SI	Le simulazioni delle previsioni di spostamento della chiazza di petrolio possono essere consultabili mediante App Mobile dedicata
	Content Personalization	NO	
	Content and Service Analytics	NO	
	Identity Management Support Integration	SI	
	Service Access Policies	SI	
	Single Page Apps	SI	
	Forms	NO	Non è previsto l'utilizzo di formulari per la raccolta di informazioni sui profili o sui contatti degli utenti

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	Asset Publisher	NO	
	Search	NO	
	Fragments and Pages	SI	L'applicativo implementa componenti software riutilizzabili all'interno di più pagine web
	SEO and Page Analytics	NO	
Geospatial Platform	Data Integration	SI	L'applicativo integra le mappe della cartografia di base e di quelle satellitari in una scala di riferimento univoca
	Remote Sensing	SI	L'applicativo monitora lo spostamento dello sversamento di olio nel mare
	GIS base services	SI	L'applicativo fornisce servizi e formati in standard OGC
	Spatial Analysis	SI	L'utente deve avere la possibilità di identificare e selezionare una zona di interesse dove lo sversamento si è verificato tramite layer dell'interfaccia webGIS predisposti per l'applicativo
	Risk Assessment	SI	Tramite la visualizzazione delle simulazioni dello spostamento della macchia di idrocarburi, l'applicativo evidenzia elementi di pericolosità e rischi futuri
	Predictive Modeling	SI	L'applicativo visualizza su layer geografico le simulazioni dei modelli predittivi
	Climate Change Analysis	SI	L'applicativo visualizza il cambiamento climatico fondamentale per valutare lo spostamento della macchia oleosa
	Environmental Impact Assessment	SI	L'applicativo visualizza le immagini satellitari con situazioni di oil spill ai fini di valutazione dell'impatto ambientale e di processi decisionali di contenimento dei rischi
	Reporting and Visualization	SI	
	Historical Data Analysis	SI	Tramite questa capability l'applicativo permette delle analisi grafiche dei dati di serie storiche
	Scenario Planning	SI	L'applicativo fornisce scenari futuri di simulazioni di spostamento della macchia di olio

1.4 Dati di input

1.4.1 Introduzione ai Dati di Input

I dati di input principali sono costituiti dagli eventi generati dall'applicativo di Oil Slick Detection. Tali dati sono costituiti da:

- Notifica rilevamento Oil Slick
- Evento di Oil Slick composto da:
 - Un coefficiente di attendibilità
 - Perimetro della/e chiazze degli sversamenti – shapefile di punti di perimetro geolocalizzati
 - Immagini satellitari relative allo sversamento e output dei modelli di Oil Slick detection

A questi dati si aggiungono i dati necessari per determinare l'evoluzione temporale delle chiazze di sversamento, che principalmente sono costituiti da:

1. Dati statici linea di costa e batimetria
2. Dati meteo/meteo-marini (wind speed) tipicamente aggiornati ogni 6 ore dagli enti meteorologici.
3. Dati idrodinamici (correnti marine, temperatura, salinità e onde) giornalieri o ogni 12 ore

A corredo, se disponibili, il sistema potrà usare dati locali quali: tipologia di idrocarburo, caratteristiche fisico-chimiche, spessori e stima quantità.

Infine, il sistema potrà usare dati ambientali dal progetto MER* per renderli disponibili ad utenti esperti in modo da determinare mappe di rischio locali legati allo sversamento di idrocarburi.

I dati presenti in piattaforma saranno disponibili, con le opportune profilazioni di accesso, a tutti gli enti/stakeholder della piattaforma.

(*) I servizi ISPRA MER – ad oggi in fase di progettazione ed implementazione da parte di ISPRA – saranno integrati nelle componenti disponibili entro i tempi di implementazione dell'attuale progetto. Le componenti non disponibili oltre la data di implementazione dell'attuale progetto sono da considerarsi out-of-scope, a meno di successive integrazioni contrattuali con il MASE.

1.4.2 Catalogo delle Fonti di Dati

Segue tabella delle fonti-dati in scope di progetto (eventuali fonti-dati aggiuntive potranno essere incluse con specifiche estensioni progettuali).

ID	Nome sorgente dati	Proprietà dei Dati (owner)	Modalità di Accesso	Frequenza di Aggiornamento	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Caratteristiche Sensibilità Dato	Uso del Dato	Criticità
V3AP02_D1001	Notifica rilevamento Oil Slick	SIM	Online	Variabile	API/e-mail	Unclassified sensitive data	Finalità applicativo di riferimento (Oil Slick)	N/A

ID	Nome sorgente dati	Proprietà dei Dati (owner)	Modalità di Accesso	Frequenza di Aggiornamento	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Caratteristiche Sensibilità Dato	Uso del Dato	Criticità
							detection)	
V3AP02_D I002	Evento di Oil Slick	SIM	Online	Variabile	API	Unclassified sensitive data	Finalità applicativo di riferimento (Oil Slick detection)	N/A
V3AP02_D I003	Dati statici: linea di costa; batimetria (DEM)	Open Source data	Offline	Statici	Scarico offline manuale	Unclassified	Finalità applicativo di riferimento (Oil Spill Drift)	N/A
V3AP02_D I004	Tipologia di sversamento: tipologia di idrocarburo, caratteristiche fisico-chimiche, spessori e stima quantità	Guardia Costiera	Offline	On Demand	Scarico offline manuale	Unclassified	Finalità applicativo di riferimento (Oil Spill Drift)	N/A
V3AP02_D I005	Integrazioni Dati Progetto MER	Progetto MER	Offline/Online	On Demand	Scarico offline manuale /API	Unclassified	Finalità applicativo di riferimento (Generazione mappe di rischio locali)	N/A
V3AP02_D I006	Dati meteo	ISPRA - Enti meteo	Online	Ogni 6 ore - 4 aggiornamenti	API	Unclassified	Finalità applicativo di	N/A

ID	Nome sorgente dati	Proprietà dei Dati (owner)	Modalità di Accesso	Frequenza di Aggiornamento	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Caratteristiche Sensibilità Dato	Uso del Dato	Criticità
	/meteo marini	(ECMWF)		enti giornalieri			riferimento (Oil Spill Drift)	
V3AP02_D I007	Dati idrodinamici (correnti)	CMCC/ENEA	Offline/Online	Giornalmente	API	Unclassified	Finalità applicativo di riferimento (Oil Spill Drift)	N/A

1.4.3 Specifiche di Contenuto

ID	Specifiche di contenuto
V3A P02 _DI 001	I dati generati dall'applicativo di Oil Slick Detection (Perimetro della/e chiazze degli sversamenti) sono di proprietà di SIM. La modalità di accesso ai dati generati dall'applicativo di Oil Slick Detection (Perimetro della/e chiazze degli sversamenti) è tramite API che permette il retrieval dei dati in maniera automatica e integrata attraverso interfacce specificate durante il design di dettaglio del sistema.
V3A P02 _DI 002	I dati generati dall'applicativo di Oil Slick Detection (Perimetro della/e chiazze degli sversamenti) sono di proprietà di SIM. La modalità di accesso ai dati generati dall'applicativo di Oil Slick Detection (Perimetro della/e chiazze degli sversamenti) è tramite API che permette il retrieval dei dati in maniera automatica e integrata attraverso interfacce specificate durante il design di dettaglio del sistema.
V3A P02 _DI 003	Dati statici di linea di costa e batimetria sono dati pubblici Open Source. I dati sono scaricati in maniera manuale in modalità offline.
V3A P02 _DI 004	La guardia costiera potrà fornire sotto sua responsabilità dei dati ausiliari quali tipologia di idrocarburo, caratteristiche fisico-chimiche, spessori e stima quantità. I dati saranno considerati come rilevazioni in situ utili ai modelli previsionali.
V3A P02 _DI 005	I dati ambientali provenienti dal progetto MER sono sotto la responsabilità di ISPRA. I dati ambientali MER sono scaricati in maniera manuale in modalità offline
V3A P02 _DI 006	Dati meteo /meteo marini (wind speed) sono ricadono sotto la responsabilità degli enti meteo come ECMWF e di ISPRA. Dati meteo /meteo marini (wind speed) ed i dati oceanografici (correnti, onde, temperatura, salinità) sono accessibili tramite API specifiche. Ad esempio, i dati meteo provenienti da ECMWF accessibili tramite l'API Web ECMWF che consente di richiedere e recuperare in modo programmatico i dati tramite protocollo HTTP dall'archivio dati

ID	Specifiche di contenuto
	ECMWF. La richiesta dei dati viene effettuata utilizzando il linguaggio di scripting ECMWF MARS e i dati vengono ricevuti come NetCDF, GRIB o json, a seconda del servizio API utilizzato.
V3A P02 _DI 007	Dati idrodinamici (correnti marine) sul mediterraneo aggiornati giornalmente sono disponibili dal servizio marino Copernicus (prodotti dal CMCC (Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici).

1.5 Sistemi federati

1.5.1 Introduzione ai Sistemi Federati

I sistemi che saranno federati nell'applicativo 3.2 sono essenzialmente quelli che offrono il servizio di discovery e accesso ai dati utili ai fini dell'applicativo stesso. In particolare, questi sono i sistemi che forniscono dati meteo, meteo-marini e idrodinamici. Un elenco tabulare è fornito nel paragrafo successivo. Per alcuni dei sistemi federati, non è al momento chiaro se offrono un layer API, M2M o CLI di interoperabilità.

1.5.2 Elenco dei Sistemi Federati

ID	Nome Sistema Federato	Descrizione Sis Fed	Proprietà del servizio (owner)	Modalità di Interazione	Caratteristiche Sensibilità Servizio
V3AP02_SF001	SIMM (Previsioni stato del mare)	Dati meteo /meteo marini (wind speed)	ISPRA	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto	Unclassified non-sensitive data
V3AP02_SF002	ECMWF (Previsioni meteo)	Dati meteo /meteo marini (wind speed)	ECMWF	Interoperabilità API	Unclassified non-sensitive data
V3AP02_SF003	CMCC/ENEA (Dati idrodinamici)	Dati idrodinamici (correnti marine) sul mediterraneo aggiornati giornalmente	CMCC/ENEA	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto	Unclassified non-sensitive data

I dati meteo/meteo-marini sono tipicamente dati pubblici non sensibili e accessibili tramite registrazione al servizio. Eventuali casi specifici che richiedono un trattamento particolare dei dati saranno discussi in questa sezione.

I dati scambiati tra i Sistemi Federati ed il SIM, così come tra il SIM ed altre entità esterne, devono essere trasmessi in modo sicuro adottando tutte le misure necessarie per garantire la

confidenzialità, l'integrità e la disponibilità delle informazioni. Le misure di sicurezza implementate saranno commisurate ed adeguate al livello di sensibilità dei dati scambiati.

Alcuni esempi non esaustivi di misure di sicurezza sono:

- connessioni con protocolli sicuri (TLS/SSL)
- adozione di VPN
- Configurazione di una DMZ
- configurazione di Firewall

Ulteriori dettagli su questi aspetti saranno forniti durante la fase di consolidamento del progetto architettuale.

1.6 Funzioni, Algoritmi e Modelli

1.6.1 Introduzione e Panorama Generale

L'implementazione di algoritmi e modelli nel SIM, ed in particolare per il verticale in questione, è di fondamentale importanza.

Le funzioni che permettono la previsione degli sversamenti di idrocarburi determinati dall'applicativo dell'Oil Slick Detection sono basate su una combinazione coordinata di flussi di dati dai sistemi federati, moduli di pre-elaborazione per fornire la base dati e la successiva elaborazione di questi ultimi con modelli matematici previsionali basati su metodi di dispersione lagrangiana in grado di descrivere lo spostamento di un certo numero di particelle virtuali che vengono associate allo sversamento (in numero, posizione, e caratteristiche del comportamento quali gli effetti legati alla degradazione).

In sintesi, i modelli di previsione dovranno:

- Prevedere come i venti, correnti e altri processi possano influenzare la diffusione delle chiazze di idrocarburi sversate in mare;
- Determinare come le traiettorie previste delle chiazze di sversamento sono influenzate dall'inesattezza ("uncertainties") nelle osservazioni e previsioni della corrente e del vento.
- Determinare come si prevede che gli idrocarburi fuoriusciti cambieranno chimicamente e fisicamente ("whether") durante il tempo in cui gli idrocarburi rimangono sulla superficie dell'acqua.

I modelli di previsione degli sversamenti di idrocarburi in mare utilizzeranno pertanto:

- I dati di rilevamento degli oil spill derivanti dall'applicativo di Oil Spill Detection;
- I dati di previsione meteomarina e di circolazione marina aggiornati, disponibili nel database quali previsioni meteo (vento), previsioni delle correnti marine in superficie e lungo la colonna d'acqua, previsioni di moto ondoso (in particolare, le componenti del trasporto dovuto alle onde).

È possibile, inoltre, utilizzare differenti dati di previsione meteomarina e di circolazione marina in modo da gestire l'incertezza previsionale tramite l'elaborazione di un ensemble di previsione.

1.6.2 Criteri di Selezione

Gli algoritmi e i modelli riportati di seguito sono stati selezionati tra quelli già in uso che hanno il livello di maturità più elevato e vantano un'esperienza di uso consolidata. In ogni caso gli algoritmi e modelli selezionati devono avere un valore di Technology Readiness Levels (TRL) adeguato in maniera da garantire le prestazioni dell'elemento in un ambiente completamente operativo.

1.6.3 Tipologie di Funzioni Applicative

Le funzioni applicative descritte per l'Oil Drift sono principalmente basate su metodi idrodinamici.

1.6.4 Dettagli sui Modelli

Nome del modello: MEDSLIK-II

Descrizione:

Il modello di oil spill selezionato è MEDSLIK-II che rappresenta lo stato dell'arte della modellistica di idrocarburi in mare. MEDSLIK-II è un modello open and free documentato e al centro di numerose pubblicazioni scientifiche su riviste scientifiche internazionali. Il modello MEDSLIK-II è mantenuto da un consorzio di istituti italiani e internazionali. Il modello e le informazioni con casi studio sono disponibili al sito <https://medslik-ii.org>

MEDSLIK-II simula il trasporto della chiazza di petrolio in superficie e in profondità, influenzata dalle correnti d'acqua e dal vento. Le particelle di petrolio sono anche disperse da componenti di fluttuazione turbolenta, parametrizzate con uno schema di random walk. Il modello avrà anche una componente per simulare le dispersioni di idrocarburi dal conduttore sul fondo del mare o da navi affondate.

Oltre agli spostamenti advettivi e diffusivi, le particelle di fuoriuscita di petrolio cambiano a causa di vari processi fisici e chimici che trasformano il petrolio (evaporazione, emulsificazione, dispersione nella colonna d'acqua, adesione alla costa). Il Modello di oil spill utilizza i forzanti meteo-oceanografici per avere una rappresentazione adeguata delle correnti ad alta frequenza e dei campi di vento negli elementi advettivi del modello di traiettoria lagrangiana, l'introduzione della velocità di deriva di Stokes e il collegamento con i dati di rilevamento da satellite ottenuti dal modulo di detection.

I forzanti oceanografici dovranno inizialmente essere quelli del Copernicus Marine Service o modelli costieri 3D annidati in Copernicus a più alta risoluzione anche a griglia non strutturata. In seguito verranno integrati i sistemi di previsioni forniti dal progetto MER non appena disponibili.

Per i forzanti meteo si potranno utilizzare i forzanti del Centro Europeo ECMWF e in aggiunta modelli operativi a più alta risoluzione dell'Aeronautica Militare o di altri Enti Meteo.

- **Parametri:**

- Tempo iniziale di simulazione e durata
- Tempo stimato dello sversamento
- Tipologia di idrocarburo. Tale tipologia determina anche i parametri usati dal modello per simulare come gli idrocarburi fuoriusciti cambieranno chimicamente e fisicamente durante la loro permanenza in acqua.
- Coefficiente di diffusione iniziale e re inizializzazione del coefficiente dopo l'acquisizione dei overflight data
- Quantità di idrocarburo sversato (densità e massa) e profondità
- Parametri di incertezza ("uncertainties"):
 - Tempo iniziale = tempo in cui le velocità (vento, corrente) diventano incerte.
 - Durata = durata temporale prima del ripristino del parametro di incertezza di una particella lagrangiana (rappresentazione degli inquinanti petroliferi).
 - Parametri di incertezza delle correnti
 - Parametri di incertezza del vento (e.g. Speed Scale incertezza nella velocità e Angle Scale incertezza nella direzione del vento).
- **Input:**
 - Area di sversamento degli idrocarburi iniziale come determinata dall'applicativo Oil Slick Detection.
 - Area di sversamento degli idrocarburi in corrispondenza dei dati overflight come determinata dall'applicativo Oil Slick Detection per la calibrazione del modello di diffusione degli sversamenti di idrocarburi.
- **Flusso operativo:**
 - Step 1: Configurazione del modello MEDSLIK-II
 - Step 2: Import dei dati meteo e delle correnti
 - Step 3: Esecuzione del modello previsionale in maniera batch dal sistema a partire dai dati di oil spill detection
 - Step 4: Visualizzazione dei risultati di previsione per lo scenario più probabile che per scenari con livello di confidenza inferiore
 - Step 5: includere i dati dell'oil spill detection acquisiti ad un tempo successivo (i.e. overflight data) in MEDSLIK-II.
 - Step 6: Ripetere Step 3-5 per calibrare il sistema per tutte le osservazioni overflight disponibili.
- **Output:** File georeferenziati delle mappe degli sversamenti di idrocarburi previsti in orari specifici. Queste informazioni possono quindi essere utilizzate da vari programmi GIS o post-elaborate per fornire i contorni della distribuzione del petrolio. Le mappe di sversamento si riferiscono sia allo scenario più probabile che per scenari con livello di confidenza inferiore.
- **Complessità computazionale:** questa può essere media/elevata ma questo dipende molto dalla dimensione della chiazza di sversamento da simulare e dall'intervallo di tempo di previsione.
- **Utilizzo:** Il modello MEDSLIK-II è sviluppato e distribuito da un consorzio internazionale di istituti di ricerca e stakeholders (incluso istituti italiani fra i quali il coordinatore CMCC, UNIBO, CNR, ARPAE) ed è molto diffuso e usato in molti contesti con differenti livelli di operatività.
- **Grado di Maturità:** Consolidato.

1.6.5 Interazione tra Algoritmi e Modelli

Le soluzioni proposte per la previsione della diffusione degli sversamenti di idrocarburi in mare sono classificate come modelli.

1.6.6 Analisi della Complessità Computazionale

MEDSLIK-II simula la propagazione della fuoriuscita e la trasformazione di petrolio nell'oceano sulla base di un insieme di traiettorie di particelle lagrangiane. La complessità computazionale in una data simulazione MEDSLIK-II è proporzionale al numero totale di particelle e di step temporali della simulazione che dipende dall'intervallo complessivo di simulazione. Ogni particella si muove indipendentemente da ogni altra particella, per cui una **parallelizzazione** risulta essere **semplice e particolarmente efficiente**. I processi di trasformazioni vengono simulati da MEDSLIK-II in termini di emulsione ed evaporazione.

1.6.7 Casistica di Utilizzo

La seguente figura illustra il workflow dell'applicativo 3.2 (Oil Spill Drift). Da interfaccia grafica sarà possibile selezionare Dati input, Algoritmi per il pre-processing e Modelli da utilizzare nell'elaborazione.

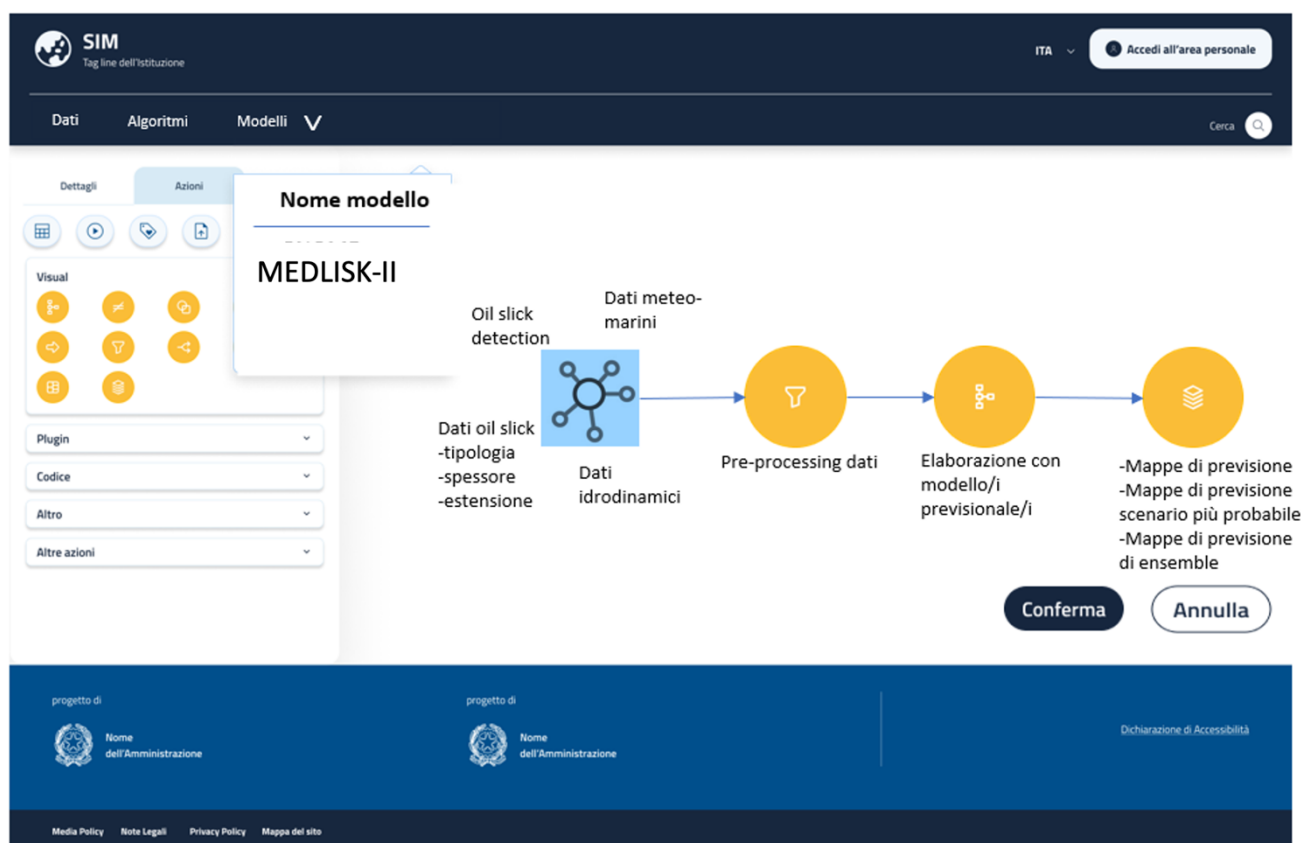


Figura 1-2: Workflow dell'applicativo 3.2 caso nominale

La figura seguente invece illustra il workflow dell'applicativo 3.2 (Oil Spill Drift) relativo alla funzione di Calibrazione dei modelli previsionali. Da interfaccia grafica sarà possibile selezionare Dati input,

Algoritmi per il pre-processing e Modelli da calibrare. Dopo una prima previsione sarà possibile confrontare l'output della stessa con le detection a tempi successivi e ripetere la previsione iniziale calibrando opportunamente i modelli.

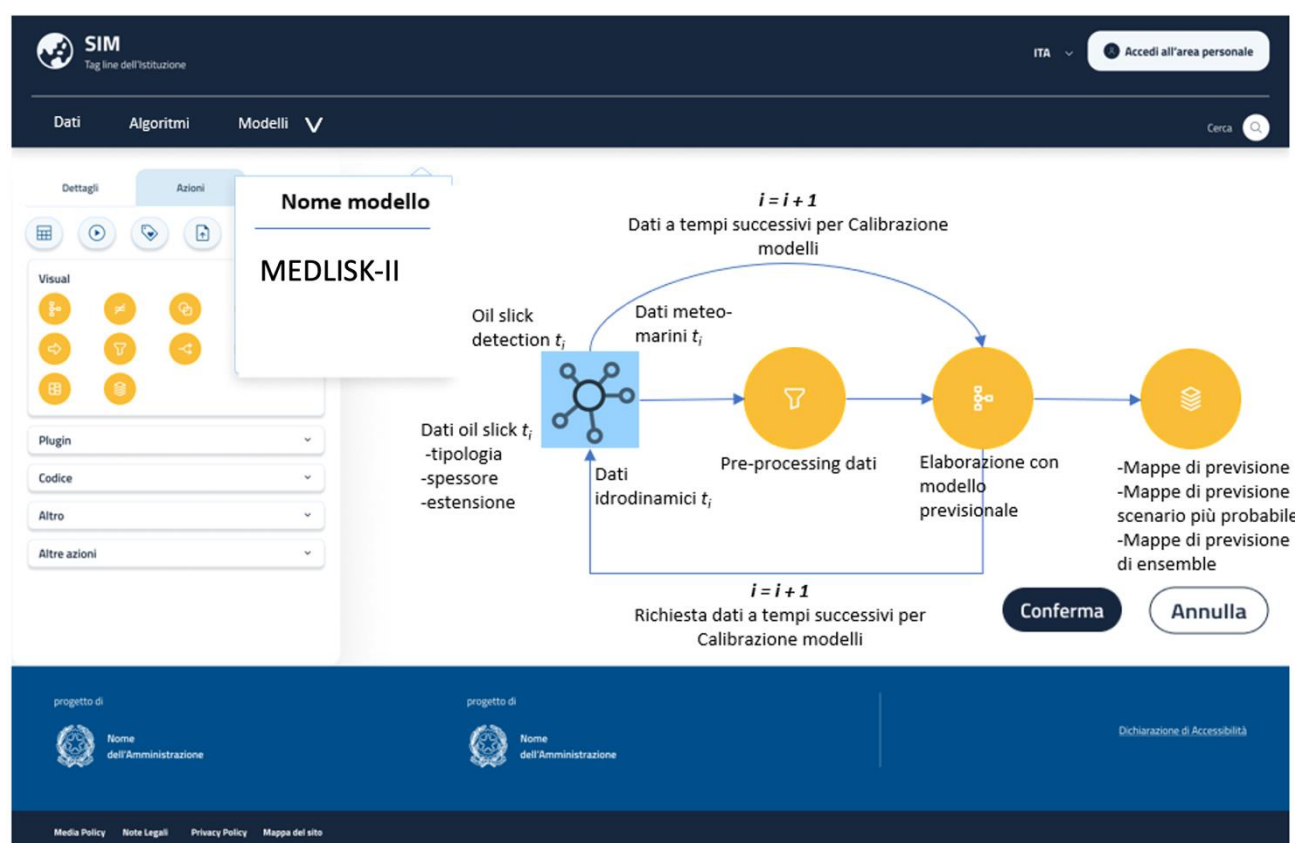


Figura 1-3: Workflow dell'applicativo 3.2 caso calibrazione

1.6.8 Misure di Validazione e Verifica

Una verifica può essere condotta confrontando le mappe di sversamenti di idrocarburi previste ad una certa data con il risultato dell'Oil Spill Detection alla stessa data-ora determinata da specifiche immagini SAR/ottiche. Tale confronto ripetuto a differenti intervalli di propagazione potrà permettere di valutare anche l'attendibilità delle previsioni in base ai dati meteo marini e di circolazione marina utilizzati.

Al fine di effettuare tale verifica occorre definire una serie di metriche oggettive che misurino la differenza tra le mappe di sversamento predette e quelle calcolate dalle immagini satellitari corrispondenti.

Una misura usata in letteratura è “Figure of Merit in Space” (FMS): FMS è definito come il rapporto tra l'intersezione dell'area osservata e di quella prevista (rispettivamente AOB e APR) e della loro unione in un istante di tempo fissato. Matematicamente, questo è dato da

$$FMS = (APR \cap AOB) / (APR \cup AOB)$$

Più alto è il valore FMS, migliore è l'accordo tra il modello e osservazioni. Uno degli svantaggi dell'FMS è che nel prendere l'unione sia le aree osservate che quelle previste pesano equamente. Ciò significa che l'FMS non può distinguere tra aree previste che sono sovrastimate rispetto a quelle sottostimate rispetto alle osservazioni.

Per molte applicazioni, i falsi positivi sono più accettabili per l'utente rispetto a falsi negativi. Ad esempio, una previsione che sovrastima l'area di costa colpita da una particolare fuoriuscita di petrolio è preferibile a una che non riesce a prevedere alcun impatto costiero.

Una metrica alternativa è data da Two-Dimensional Measure of Effectiveness (MOE): la 2-DMOE, tenta di affrontare questa limitazione del FMS calcolando l'area di sovrapposizione rispetto alle aree osservate e previste come componenti separate. In questo modo si riesce a distinguere se le aree previste sono sovrastimate o meno.

1.7 Dati di output

1.7.1 Introduzione

L'applicativo di Oil Slick Drift produrrà mappe di previsione di evoluzione della chiazza di Oil Slick con orizzonte temporale fino a 10 giorni.

Le mappe previsionali saranno costituite da:

- Stima delle aree della/e chiazze degli sversamenti corrispondente alla previsione dello scenario a differenti livelli di confidenza ad un tempo successivo rispetto al perimetro determinato dall'applicativo Oil Slick Detection;
- Stima della/e chiazze degli sversamenti corrispondente alla previsione dello scenario più probabile ad un tempo successivo rispetto al perimetro determinato dall'applicativo Oil Slick Detection.

La soluzione di accesso è tipicamente la Interfaccia operativa che permette di visualizzare l'output dei modelli previsionali su cartografia web-GIS. La modalità di accesso è quindi di tipo online e con frequenza di aggiornamento tipica di 6 ore.

1.7.2 Elenco Dati di Output

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche Sensibilità Dato	Criticità
V3AP02_DO001	Mappe di previsione	SIM	Interfaccia Operativa	orizzonte temporale 10 gg e	Unclassified data	N/A

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche Sensibilità Dato	Criticità
				frequenza aggiornamento 6 ore		
V3AP02_DO002	Mappe di previsione scenario più probabile	SIM	Interfaccia Operativa	orizzonte temporale 10 gg e frequenza aggiornamento 6 ore	Unclassified data	N/A
V3AP02_DO003	Mappe di previsione di ensemble	SIM	Interfaccia Operativa	orizzonte temporale 10 gg e frequenza aggiornamento da valutare	Unclassified data	N/A

Dettagli sui Dati di Output

- **Mappe di previsione.**

Le mappe di previsione degli sversamenti di idrocarburi a differenti intervalli temporali sono dati generati dall'applicativo e sono di proprietà del servizio SIM.

- **Mappe di previsione scenario più probabile.**

Le mappe di previsione dello scenario più probabile (best guess) degli sversamenti di idrocarburi a differenti intervalli temporali sono dati generati dall'applicativo e sono di proprietà del servizio SIM.

- **Mappe di previsione di ensemble.**

Le mappe di previsione di ensemble sono ottenute a partire da condizioni iniziali leggermente diverse (perturbazioni), da dati meteo/meteo-marini (wind speed) e dati idrodinamici (correnti marine) provenienti da fonti differenti o da modelli previsionali diversi e perturbando i parametri del modello MEDSLIK-II.

Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto.

Modalità di accesso

La modalità di accesso di tali mappe è online. La piattaforma permetterà all'utente di visualizzare sia la mappa di previsione dello sversamento corrispondente all'ultimo aggiornamento che lo storico di tali mappe di previsione.

Frequenza di Aggiornamento

Le mappe di previsione sono aggiornate con un tempo configurabile ma che tipicamente è stato fissato a 6 ore.

Soluzioni di Accesso

- **Mappe di previsione.**

Le mappe di previsione generate dal modello di evoluzione saranno mostrate su un'interfaccia operativa attraverso una cartografia web-GIS e conterranno le seguenti informazioni:

- Data e ora della previsione
- Insieme di livelli di confidenza calcolati
- Stima dell'estensione dello sversamento per ogni livello di confidenza calcolato
- L'estensione degli sversamenti corrispondenti ai diversi livelli di confidenza sarà mostrata sulla mappa web-GIS su layer separati con differenti colori.

L'interfaccia operativa permetterà inoltre di ricercare lo storico delle mappe di previsione nell'archivio del sistema.

- **Mappe di previsione scenario più probabile.**

Le mappe di previsione dello scenario più probabile (best guess) generate dal modello di evoluzione saranno mostrate con le stesse modalità e conterranno le seguenti informazioni:

- Data e ora della previsione
- Stima dell'estensione dello sversamento corrispondente al massimo livello di confidenza
- L'interfaccia operativa permetterà inoltre di ricercare lo storico delle mappe di previsione dello scenario più probabile nell'archivio del sistema.

- **Mappe di previsione di ensemble.**

Saranno mostrate con le stesse modalità.