

Progetto EMC4Ports

raise_2023_029_EMC4Ports

*Bando per progetti di Ricerca Industriale e Sviluppo Sperimentale nei domini
dell'Intelligenza Artificiale e della Robotica*

RAISE - Robotics and AI for Socio-economic Empowerment

Scenari di validazione e KPI

Deliverable: D1.2

Linea di Attività	WP1
Task	T1.3
Responsabile	Dragflow Sud srl
Data	30/09/2025

Sintesi del documento

Tabella delle versioni

Versione	Data aggiornamento	Stato
01	08/07/2024	Prima emissione
02	30/09/2025	Seconda emissione

Indice

Introduzione.....	3
1. Scenari d'uso	3
1.1. Monitoraggio ordinario e continuo.....	3
1.2. Gestione emergenze.....	4
1.3. Supporto decisionale strategico.....	4
1.4. Valorizzazione dati	5
2. Key Performance Indicators, KPIs	6
2.1 KPI Ambientali.....	6
2.2 KPI Tecnologici.....	6
2.3 KPI Operativi.....	6
2.4 KPI di Impatto.....	7
3. Scenari di validazione	8
4. Conclusioni	12
5. Riferimenti bibliografici	13

Introduzione

Il presente documento rappresenta il deliverable di progetto D1.2 - Scenari di validazione e KPI. Lo scopo del report è presentare le prestazioni del sistema e gli scenari d'uso della piattaforma concepita, nonché i Key Performance Indicators (KPIs) individuati. Sono, inoltre presentati gli scenari di validazione, individuati di concerto con i siti pilota tenendo conto delle caratteristiche dei siti, individuati a valle delle analisi condotte nell'ambito del Workpackage WP1 Analisi preliminare del contesto e definizione degli scenari.

Il documento è così strutturato: in Sezione 2 sono presentati i possibili scenari d'uso per l'ecosistema tecnologico EMC4Ports, in Sezione 3 sono riportati i KPIs distinti in quattro ambiti tematici, nella Sezione 4, infine, vengono presentati gli scenari di validazione definiti sulla base delle caratteristiche dei siti pilota e delle aree messe a disposizione delle autorità locali.

1. Scenari d'uso

Il progetto **EMC4Ports** si pone l'obiettivo di realizzare un **ecosistema tecnologico** relativamente economico, a basso impatto ambientale e alta tecnologia per il monitoraggio delle acque e dell'aria degli specchi d'acqua nelle aree portuali con l'obiettivo di rilevare situazioni critiche, fornire allerte e supportare nella gestione di attività di emergenza e di mitigazione del danno ambientale nel breve/medio periodo. L'ecosistema è composto da una serie di elementi, presentati nel dettaglio nel deliverable D1.1 [R1]: piattaforma mobile, costituita da battello modulare con funzione primaria di raccolta rifiuti galleggianti e rimozione idrocarburi, sensori di misura parametri qualità aria e qualità acqua, parte installati sul battello e parte in area portuale, sistema di trasmissione dati con tecnologia LoRaWAN, modelli previsionali di propagazione degli inquinanti, algoritmi di Machine Learning e Data Analytics. Alla luce delle potenzialità dell'ecosistema e considerando le necessità potenziali degli stakeholders individuati (Autorità di Sistema Portuale, Capitanerie di Porto, Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale, Regioni, Comuni), sono stati definiti tutti i possibili scenari di utilizzo, distinti nei seguenti ambiti, dettagliati nei paragrafi successivi:

- monitoraggio ordinario;
- gestione emergenze;
- supporto decisionale strategico;
- valorizzazione dati.

1.1. Monitoraggio ordinario e continuo

L'ecosistema può essere impiegato in aree portuali e/o costiere come strumento di sorveglianza costante di parametri relativi alla qualità dell'aria (particolato atmosferico,

gas inquinanti, parametri meteorologici) e dell'acqua (ad esempio temperatura, pH, conducibilità, redox, ossigeno disciolto, torbidità, ecc). Ciò consentirebbe la creazione di una base dati storica per valutare trend e il rispetto delle normative vigenti, riducendo la necessità di campagne manuali.

1.2. Gestione emergenze

L'utilizzo dei modelli di propagazione e degli algoritmi di Machine Learning e Data Analytics permette l'impiego del sistema per prevedere possibili emergenze quali: concentrazioni di inquinanti a seguito di eventi meteorici particolarmente intensi, sversamenti accidentali o emissioni di inquinanti da parte di imbarcazioni che transitano in prossimità delle coste monitorate o attraccano nei porti in cui il sistema è implementato. Parimenti, l'ecosistema può essere impiegato per fornire allerte, generando automaticamente notifiche al superamento di soglie limite impostate dall'utente (funzionario/tecnico ente pubblico di competenza, operatore portuale, gestore servizio pulizia e disinquinamento, ecc). Nel caso di emergenze ambientali verificatesi, l'ecosistema può essere impiegato per simulare la propagazione spazio-temporale degli inquinanti, aggiornando gli scenari con i dati real-time. Tali funzionalità permettono di pianificare gli interventi che possono verificarsi in una data area, dotandosi dei mezzi necessari, ridurre i tempi di reazione e fornire supporto durante interventi straordinari, ottimizzare il posizionamento di mezzi e risorse nonché la sequenza delle operazioni di antinquinamento in situazioni di emergenza al fine di limitare i potenziali danni ambientali. In ultimo, l'ecosistema può essere impiegato per le valutazioni post-evento, confrontando lo stato ambientale ex-ante ed ex-post per valutare l'efficacia degli interventi effettuati e quantificare il reale contenimento dell'emergenza.

1.3. Supporto decisionale strategico

Le aree costiere e portuali sono spesso interessate da fenomeni di erosione e/o accumulo di sedimenti, nonché sede di interventi di difesa costiera o di realizzazione di opere marittime di diversa natura e rilevanza. L'ecosistema tecnologico sviluppato in EMC4Ports costituisce uno strumento fondamentale per il monitoraggio e, di conseguenza, il supporto decisionale durante lavori di dragaggio e/o ripascimento, lavori subacquei, operazioni marittime, garantendo conformità alle normative vigenti e relative prescrizioni durante l'esecuzione delle attività e riducendo il rischio di sospensione dei lavori. Nello specifico dell'ambito portuale, la piattaforma rappresenta un supporto fondamentale per l'ottimizzazione del traffico e della logistica portuale. L'analisi delle previsioni dei parametri di qualità delle matrici ambientali monitorate incrociate con i flussi di traffico permette una pianificazione più sostenibile dal punto di vista ambientale, minimizzando gli impatti e riducendo le pressioni antropiche sull'ecosistema marino. In ultimo, nell'ottica di sostenibilità ambientale, l'ecosistema

tecnologico può essere impiegato come strumento di supporto durante il percorso di ottenimento e per il mantenimento delle certificazioni ambientali (ISO 14001, EMAS, ESG) favorendo la generazione di report periodici e semplificando gli audit da parte degli organismi di certificazione.

1.4. Valorizzazione dati

Il coinvolgimento della collettività è un elemento chiave per la tutela ambientale, come sancito da diverse normative nazionali ed europee, quali il Codice dell'Ambiente [R2] e la Direttiva 2003/4/CE [R3], nonché dall'Agenda 2030 [R4], in particolare gli obiettivi 16 e 17 che parlano di governance inclusiva, partenariati e partecipazione multi-stakeholder per la sostenibilità. La partecipazione pubblica aumenta la trasparenza, rafforza la fiducia nelle istituzioni e stimola comportamenti responsabili. Inoltre, la condivisione di informazioni ambientali in forma chiara e accessibile favorisce la consapevolezza e spinge la comunità a sentirsi parte della soluzione. Proprio in quest'ottica l'ecosistema sviluppato in EMC4Ports diventa strumento di informazione per la collettività in maniera chiara e trasparente, permettendo la realizzazione di una dashboard semplificata per cittadini, con indicatori di qualità aria/acqua e brevi spiegazioni per facilitare la comprensione. In campo scientifico, l'ecosistema può essere utilizzato per fornire dataset completi a università/centri di ricerca per attività di ricerca e sviluppo, supporto a studi su ecologia costiera, biologia marina e impatti antropici, valutazioni di impatti climatici e sviluppo di innovazioni tecnologiche.

2. Key Performance Indicators, KPIs

Considerando la struttura dell'ecosistema tecnologico a basso impatto ambientale oggetto di EMC4Ports e le molteplici possibilità di impiego elencate nella sezione precedente, sono stati individuati i KPIs relativi al progetto raggruppandoli secondo quattro ambiti: KPI di carattere **ambientale**, KPI di carattere **tecnologico**, KPI di carattere **operativo** e KPI di **impatto del progetto**.

2.1 KPI Ambientali

Gli indicatori di questo ambito fanno riferimento ai parametri ambientali monitorati e alla qualità dei dati rilevati. In particolare:

- **Numero di parametri monitorati** (in relazione alla qualità dell'acqua e alla qualità dell'aria nell'ambiente oggetto di osservazione).
- **Frequenza rilevamento** (misure/ora o misure/giorno).
- **Copertura** (% area portuale monitorata).

2.2 KPI Tecnologici

Gli indicatori tecnologici fanno riferimento all'acquisizione dei dati, alla loro trasmissione e alla dashboard che costituisce l'interfaccia dell'ecosistema per l'utente. In particolare:

- **Disponibilità della rete LoRaWAN** (% uptime).
- **Tasso di trasmissione dati riuscita** (% pacchetti inviati con successo).
- **Latenza media di trasmissione dati** (ms/sec).
- **Latenza media di esecuzione query** (ms/sec).
- **Utilizzo delle risorse** (CPU%, RAM%, I/O, etc.) misurate durante i picchi di carico.
- **Tempo medio di Ripristino (MTTR - mean time to recover)**: tempo medio per rimettere il sistema in funzione in caso di guasto
- **Numero di dashboard sviluppate** (interfaccia unica, dashboard personalizzate per livello esperienza e tipologia utente – base, medio, esperto)
- **Funzionalità della dashboard sviluppata** (tipologia di visualizzazione dati - formato grafico/tabellare, quantità di dati visualizzabile, possibilità di estrazione grafici e/o tabelle, possibilità di estrazione report periodici).

2.3 KPI Operativi

Questa categoria di indicatori riguarda gli aspetti operativi, relativi alle allerte e agli interventi in caso di necessità. In particolare:

- **Numero di alert** da poter impostare.
- **Tempo medio di generazione di un'allerta** (dal superamento della soglia impostata alla notifica).

- **Numero di interventi preventivi** attivati grazie al sistema.

2.4 KPI di Impatto

Gli indicatori di impatto riguardano l'efficacia e l'efficienza dell'implementazione del sistema. In particolare:

- **Riduzione stimata dell'impatto ambientale** (% di riduzione sversamenti rilevati non gestiti).
- **Risparmio di tempo operativo** grazie all'automazione (%).
- **Riduzione dei costi di monitoraggio** rispetto a metodi tradizionali (€).
- **Tasso di soddisfazione degli amministratori e degli operatori portuali** (%).
- **Numero e tipologia di nuovi utenti registrati alla piattaforma** (utente base, utente medio, utente esperto, registrazioni/mese o registrazioni/anno).
- **Numero di accessi alla piattaforma** (accessi giornalieri, accessi settimanali, accessi mensili).

3. Scenari di validazione

Per la dimostrazione e validazione dell'ecosistema sono stati individuati, già in fase di proposta, due siti pilota: il porto di Reggio Calabria e il porto di Genova. Durante la fase iniziale di avvio progetto, parte delle attività del WP1 sono state dedicate alle interazioni con gli enti territorialmente competenti, in particolare l'Autorità di Sistema Portuale dello Stretto e la Direzione Marittima di Reggio Calabria per il sito pilota 1, l'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale e la Direzione Marittima di Genova per il sito pilota 2.

Il porto di Reggio Calabria (Figura 1) è un porto di categoria II, classe II (porti di rilevanza economica nazionale), che insieme al porto di Villa San Giovanni, costituisce un importante nodo marittimo per i collegamenti con la Sicilia.

Il porto di Genova (Figura 2) è il più grande porto italiano, di categoria II, classe I (porti di rilevanza economica internazionale) ed è anche il più importante sia per profilo occupazionale, sia per linee di navigazione, sia per movimentazione container con destinazione finale.

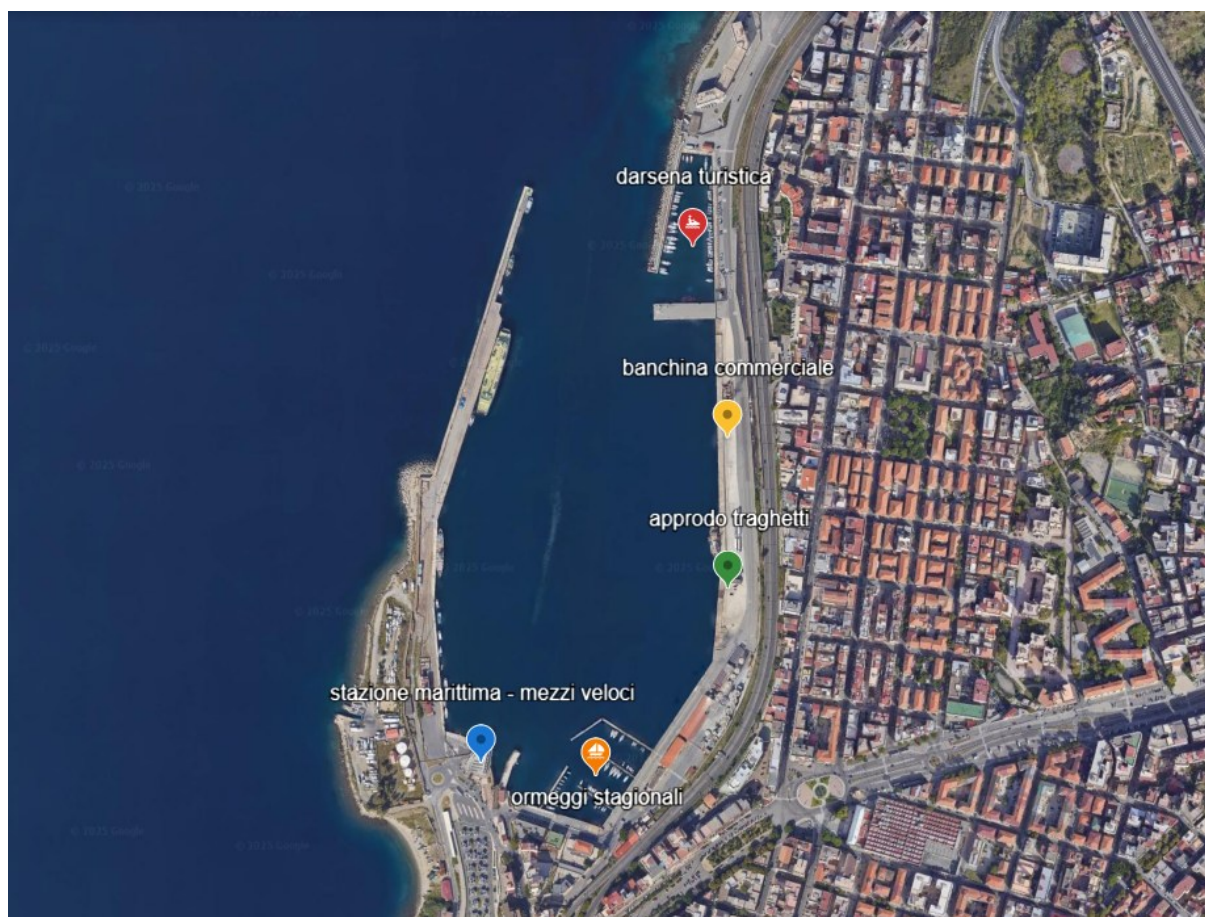


Figura 1. Porto di Reggio Calabria.

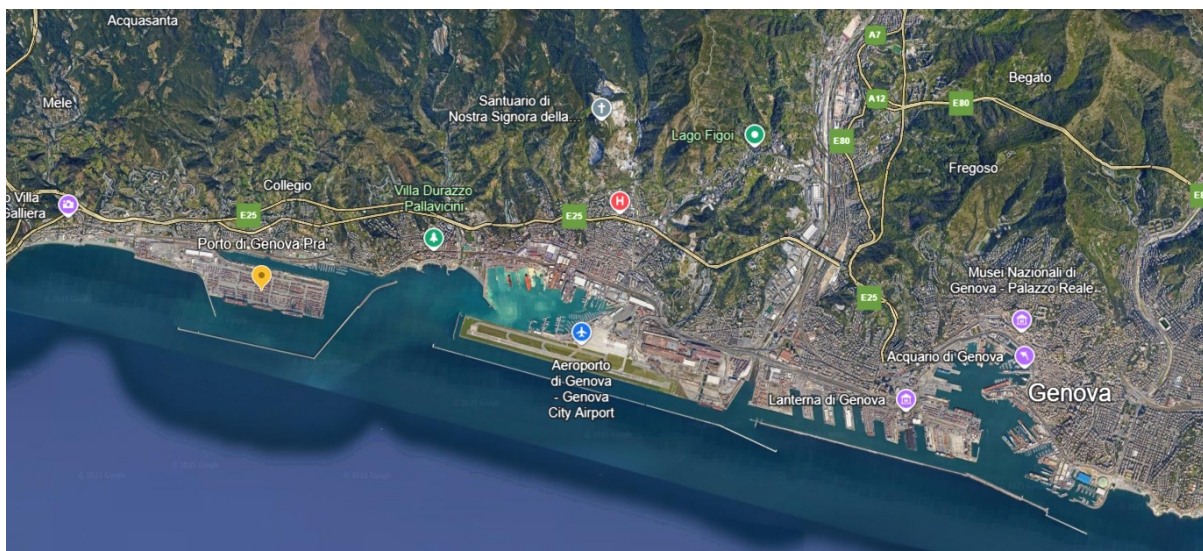


Figura 2. Porto di Genova.

Agli incontri di presentazione del progetto EMC4Ports e delle sue finalità sono seguiti riunioni tecniche per l'individuazione delle aree da poter utilizzare ai fini dimostrativi e per discutere gli aspetti connessi alla validazione del sistema, arrivando alla definizione di alcuni scenari di validazione, selezionati tra tutti i possibili impieghi del sistema elencati nella Sezione 2 del presente documento.

Considerando la caratteristiche dei porti selezionati, le tipologie e i volumi di traffico di ciascuno di essi e il periodo e la durata delle attività dimostrative in programma, sono stati identificati i seguenti scenari:

- Monitoraggio ordinario e continuo
- Ottimizzazione traffico/logistica portuale
- Previsione episodi critici
- Allerta in tempo reale
- Supporto alla gestione di eventuali emergenze ambientali
- Analisi post-evento

Nella tabella 1 sono riportati, per ciascuno scenario, le funzionalità della piattaforma interessate, i benefici attesi derivanti dall'implementazione dell'ecosistema e gli ambiti dei KPI di riferimento.

Sebbene il piano iniziale prevedesse lo svolgimento della campagna di validazione nei due siti sopracitati, vincoli e ritardi legati all'iter di certificazione del battello – non imputabili al team di progetto e dovuti a lacune normative sui requisiti di sicurezza per l'installazione di batterie al litio – non hanno permesso di ottenere in tempo utile l'autorizzazione necessaria per operare nel porto di Genova.

Si fa notare che, vista la maggiore dimensione delle aree di movimento nel Porto di Genova e la grande movimentazione di navi di grandi dimensioni (in particolare, per l'area interessata dal progetto portacontainer e portarinfuse) oltre che imbarcazioni di servizio (rimorchiatori, bettoline, pilotine, ecc.) e altre (imbarcazioni da diporto, trasporto pubblico, ecc.), la Capitaneria di Porto di Genova è stata molto ferma nel richiedere le adeguate certificazioni e abilitazioni del battello per operare in tale ambiente, sia per la complessità e difficoltà di movimento che per la sicurezza complessiva.

Di conseguenza, la campagna di raccolta dati è stata condotta esclusivamente nel porto di Reggio Calabria, dove il battello risulta iscritto nei registri delle navi in costruzione (numero iscrizione RNC 03/2024).

L'attività è stata autorizzata in via provvisoria per fini sperimentali e dimostrativi, tramite autorizzazione prove di navigazione concessa dalla Capitaneria di Porto di Reggio Calabria, sentito l'ente tecnico RINA, per un periodo di 60 giorni, consentendo di concentrare e prolungare le attività di validazione intensificando le uscite presso il sito di Reggio Calabria inizialmente previste, in modo da bilanciare l'impossibilità di effettuare la campagna nel secondo sito.

Tabella 1. Scenari di validazione per attività dimostrative nei siti pilota: Porto di Reggio Calabria e Porto di Genova.

SCENARI DI VALIDAZIONE	FUNZIONALITÀ ECOSISTEMA	BENEFICI PRINCIPALI	KPI DI RIFERIMENTO
Monitoraggio ordinario e continuo	Raccolta dati sensori IoT aria/acqua trasmessi via LoRaWAN; dashboard in tempo reale; archiviazione storica	Disponibilità dati costante; riduzione monitoraggi manuali	Ambientale
Previsione episodi critici	Modelli di propagazione, algoritmi di machine learning, data analytics	Intervento preventivo; riduzione danni ambientali	Tecnologico
Allerta in tempo reale	Sistema di soglie configurabili; notifiche push/SMS/email	Riduzione tempi reazione; interventi tempestivi	Operativo
Gestione emergenze ambientali	Visualizzazione in mappa; aggiornamento scenario con dati real-time	Ottimizzazione risorse e mezzi; contenimento rapido	Impatto
Analisi post-evento	Ricostruzione timeline evento; confronto previsione/osservazioni; download report	Miglioramento processi e prevenzione futuri eventi	Ambientale/Impatto
Ottimizzazione traffico/logistica portuale	Incrocio dati di previsione ambientale con arrivi/partenze navi e mezzi veloci	Riduzione impatto in condizioni critiche	Operativo

4. Conclusioni

L'ecosistema tecnologico sviluppato nell'ambito del progetto EMC4Ports è stato pensato e progettato per il monitoraggio delle matrici ambientali (acqua e aria) in prossimità delle aree portuali con l'obiettivo di rilevare situazioni critiche, fornire allerte e supportare nella gestione di attività di emergenza e di mitigazione del danno ambientale nel breve/medio periodo. Nonostante le difficoltà incontrate che hanno impedito l'esecuzione della campagna dimostrativa per come era stata ipotizzata in fase di proposta, il sistema è stato comunque validato. Le sue componenti, infatti, si sono dimostrate in grado di rispondere a eventuali criticità con tempi congrui a fornire le indicazioni necessarie a ottimizzare i relativi interventi di contenimento, sebbene non si siano verificati sversamenti nel periodo di test.

5. Riferimenti bibliografici

- [R1]. D1.1 - EMC4Ports: progetto dell'architettura e specifiche tecniche per lo sviluppo del prototipo.
- [R2]. Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n.152 "**Norme in materia ambientale**"(G.U. n. 88 del 14 aprile 2006).
- [R3]. Decreto Legislativo 9 agosto 2005, n.195 "Attuazione della direttiva 2003/4/CE sull'accesso del pubblico all'informazione ambientale" (GU n.222 del 23-09-2005).
- [R4]. Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile dell'ONU, 2015.

Luogo e data

Reggio Calabria, 01/10/2025

Firma del legale rappresentante

Fabio Mazzitelli