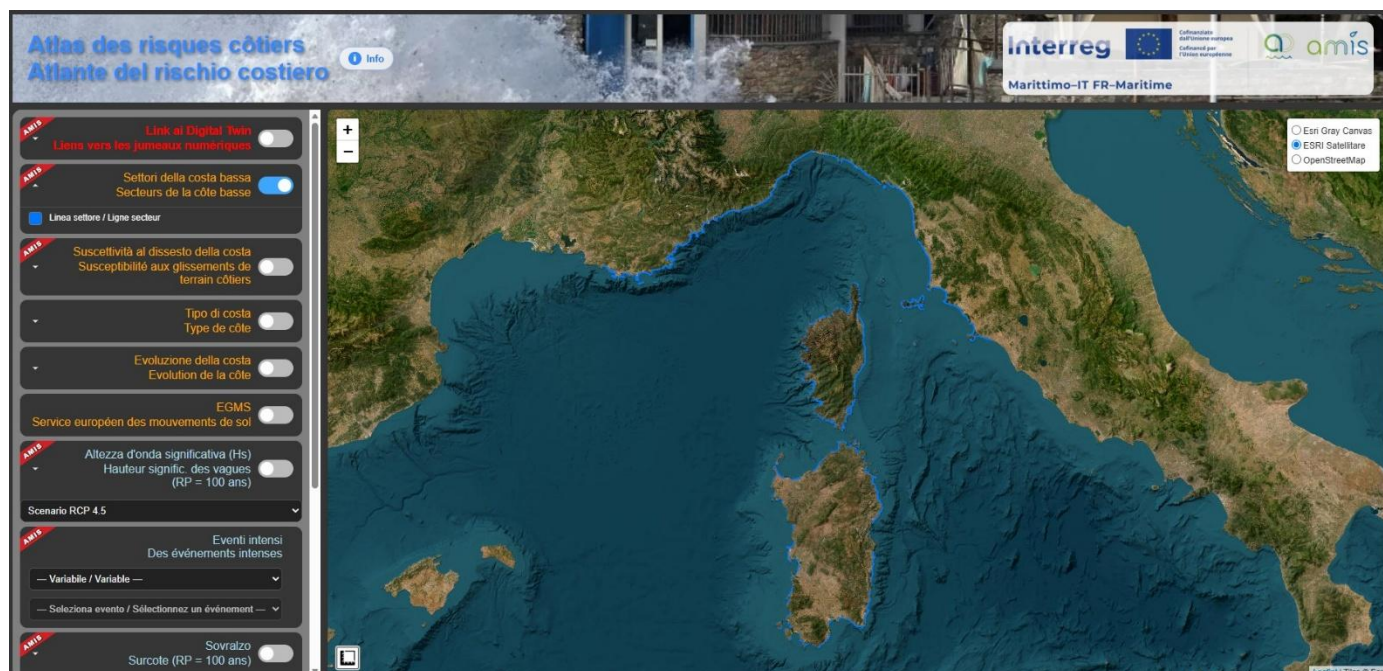




Atlante del rischio della fascia costiera

Guida alla consultazione



Sommario

Introduzione	4
1 Atlante del Rischio Costiero	5
2 I layers	6
3 Funzionalità dei layers	9
Settori della costa bassa	9
Suscettività al dissesto della costa alta	9
Tipo di costa	10
Evoluzione della costa	11
EGMS – European Ground Motion Service	11
Altezza significativa d'onda Hs	12
Eventi intensi	13
Runup	13
Wave Power	14
Uso del suolo	15
Densità di urbanizzazione costiera	15
Funzionalità trasversali del frontend	17
Link di accesso al prodotto	18
4 Osservazioni finali e prospettive future	18

Indice delle figure

Figura 1- Grafico relativo alla superficie di spiaggia interrogabile per ogni singolo settore della costa bassa.....	9
Figura 2 - Estratto della carta di suscettività al dissesto della costa alta.....	10
Figura 3 - Estratto del layer "Tipo di costa"	10
Figura 4 - Estratto del layer "Evoluzione della costa"	11
Figura 5 - Estratto del layer "European Ground Motion Service"	12
Figura 6 - Estratto del layer "Altezza d'onda significativa"	12
Figura 7 - Estratto del layer "Eventi estremi"	13
Figura 8 - Estratto del layer "Run-up"	14
Figura 9 - Estratto del layer "Wave power"	14
Figura 10 - Estratto del layer "Uso del suolo".....	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 11 - Estratto del layer "Densità di urbanizzazione costiera"	16

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

ACRONIMO/ABBREVIAZIONE	Significato
ARC	Atlante del Rischio Costiero
LaMMA	Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale per il Monitoraggio Sostenibile
ABDAS	Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
EGMS	European Ground Motion Service
RCP	Representative Concentration Pathway
WMS	Web Map Service
EMODnet	European Marine Observation and Data Network
Hs	Significant wave height
Ts	Peak Spectral Period

Introduzione

L'Atlante del Rischio Costiero (ARC) consiste in una piattaforma webGIS bilingue, in italiano e francese, sviluppata per organizzare, rappresentare e rendere interrogabili le principali informazioni relative al rischio costiero nell'area transfrontaliera del Programma Italia-Francia Marittimo.

L'ARC nasce dall'esigenza di mettere a sistema dati territoriali, geomorfologici, meteomarini e climatici oggi spesso distribuiti tra fonti, scale e contesti amministrativi differenti. Il prodotto consente una consultazione integrata dei principali tematismi utili alla valutazione del rischio costiero, con particolare riferimento alle componenti di pericolosità, esposizione e vulnerabilità.

Attraverso un'interfaccia cartografica interattiva, l'utente può visualizzare e interrogare layer relativi alla tipologia ed evoluzione della costa, alla suscettività al dissesto, ai movimenti verticali del terreno, all'uso del suolo, alla densità di urbanizzazione costiera e ai principali indicatori meteomarini, quali altezza significativa d'onda, *runup*, eventi intensi e *wave power*. L'Atlante costituisce quindi uno strumento conoscitivo di macroscala, pensato per supportare la lettura integrata del rischio costiero e per fornire una base comune alle successive analisi di dettaglio nei siti pilota e nei gemelli digitali costieri.

1 Atlante del Rischio Costiero

L'Atlante del Rischio Costiero è un output del progetto Interreg Marittimo Italia-Francia AMIS sviluppato come piattaforma webGIS bilingue, in italiano e francese, per la consultazione integrata di dati territoriali, costieri e meteo-marini a supporto dell'analisi del rischio lungo le aree costiere dell'area di cooperazione.

Il frontend è strutturato come una dashboard cartografica interattiva basata su Leaflet, con una mappa centrale e un pannello laterale tematico che consente l'attivazione selettiva dei diversi livelli informativi. L'interfaccia permette di esplorare in modo dinamico tematismi relativi alla costa, al mare e all'esposizione antropica, integrando dati di progetto AMIS con dataset esterni provenienti da servizi europei quali EMODnet, Copernicus Land Monitoring Service ed EGMS – European Ground Motion Service.

Tra le principali funzionalità del frontend rientrano la visualizzazione dei settori di costa bassa, della suscettività al dissesto costiero, della tipologia e dell'evoluzione della costa, dell'uso del suolo, della densità di urbanizzazione costiera e dei dati relativi ai movimenti verticali del terreno.

Per la componente meteo-marina, l'atlante consente di consultare indicatori quali altezza significativa d'onda, runup e wave power, con selezione di scenari climatici RCP 4.5 e RCP 8.5 e rappresentazione dei valori associati a tempi di ritorno significativi.

Alla realizzazione dei contenuti del portale hanno contribuito i seguenti partner di progetto: Consorzio LaMMA, ABDAS (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale), BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), Regione Liguria - Dipartimento Ambiente e Protezione Civile, Regione Sardegna - Direzione Generale della Protezione Civile, Università degli Studi di Genova - Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DISTAV).

2 I layers

Layer	Descrizione
Settori della costa bassa	Rappresenta la suddivisione della costa bassa in settori omogenei di analisi. Il layer costituisce l'unità spaziale di riferimento per la consultazione degli indicatori costieri e per l'interrogazione delle informazioni associate ai singoli tratti di litorale. Attraverso popup interattivi è possibile visualizzare dati descrittivi e, dove disponibili, grafici relativi all'evoluzione della linea di riva e dell'area di spiaggia.
Suscettività al dissesto della costa alta	Layer raster che rappresenta il grado di suscettività al dissesto costiero, classificato in cinque livelli: molto bassa, bassa, media, alta e molto alta. La rappresentazione cromatica consente di individuare rapidamente i tratti di costa potenzialmente più esposti a fenomeni di instabilità.
Tipo di costa	Layer WMS derivato da dati EMODnet Geology che descrive la morfologia e la tipologia dei tratti costieri. Include categorie quali coste rocciose, spiagge sabbiose, spiagge ghiaiose, pocket beaches, estuari, aree portuali, spiagge artificiali e litorali artificiali. Il layer è interrogabile tramite click sulla mappa, con popup bilingue che restituisce la descrizione completa della classe morfologica.
Evoluzione della costa	Layer WMS EMODnet che descrive la tendenza evolutiva del litorale, distinguendo tratti in accrezione, erosione, stabilità o artificializzazione. È utile per una lettura sintetica dei processi di avanzamento o arretramento della linea di costa e per individuare aree soggette a dinamiche erosive.
EGMS – European Ground Motion Service	Layer puntuale basato sui dati Copernicus EGMS, relativo ai movimenti verticali del suolo. L'utente può disegnare un poligono sulla mappa per selezionare i punti EGMS presenti nell'area di interesse. Cliccando sui punti selezionati è possibile visualizzare una serie temporale degli spostamenti

	verticali, utile per analizzare fenomeni di subsidenza, stabilità o sollevamento del terreno.
Altezza d'onda Hs	Layer puntuale relativo alla <i>significant wave height</i> associata a tempi di ritorno, con visualizzazione predefinita per RP = 100 anni. Il layer supporta la selezione degli scenari climatici RCP 4.5 e RCP 8.5. Ogni punto può essere interrogato per visualizzare curve e valori di altezza d'onda per diversi tempi di ritorno.
Eventi intensi	Layer dinamico dedicato alla visualizzazione di eventi meteo-marini intensi storici o simulati. L'utente può selezionare un evento da un menù a tendina; i punti vengono rappresentati con classi cromatiche basate sul tempo di ritorno stimato dell'evento e, a scale di zoom più elevate, possono mostrare anche l'indicazione della direzione dell'onda. I popup riportano valori sintetici come Hs, Tp e direzione.
Runup	Layer puntuale che rappresenta il runup, cioè la risalita dell'onda sulla spiaggia o sulla costa, espresso in metri e associato a tempi di ritorno. La visualizzazione principale è riferita a RP = 100 anni, con possibilità di selezionare scenari RCP 4.5 e RCP 8.5. Cliccando sui punti si visualizza un grafico dei valori di runup per diversi tempi di ritorno.
Wave Power	Layer puntuale che rappresenta la potenza del moto ondoso, espressa in kW/m, associata a tempi di ritorno. Il layer permette la selezione degli scenari climatici RCP 4.5 e RCP 8.5 e mostra una legenda dinamica con valori minimi e massimi. I popup consentono di visualizzare grafici della <i>wave power</i> per differenti tempi di ritorno.
Uso del suolo	Layer poligonale derivato dai dati Copernicus Coastal Zones, che classifica le coperture del suolo nelle aree costiere. Le classi rappresentate includono urbano, agricolo, praterie, boschi e foreste, macchia mediterranea, aree con vegetazione scarsa o assente, zone umide e corpi idrici. Il layer supporta la valutazione dell'esposizione territoriale e della pressione antropica lungo la costa.

Densità di urbanizzazione costiera	Layer poligonale che rappresenta la percentuale di urbanizzazione nei settori costieri, classificata in cinque livelli: molto bassa, bassa, media, alta e molto alta. Il popup restituisce il valore percentuale della densità di urbanizzazione per il settore selezionato. Il layer è utile per valutare l'esposizione antropica e la pressione insediativa lungo la fascia costiera.
------------------------------------	---

Inoltre, come Basemap sono disponibili i livelli Esri Gray Canvas, ESRI Satellitare, OpenStreetMap, layer cartografici di base selezionabili dall'utente. Offrono diversi sfondi di riferimento: una base grigia semplificata per la lettura tematica, una base satellitare per l'interpretazione visiva del territorio e la cartografia OpenStreetMap per il contesto geografico generale.

3 Funzionalità dei layers

Settori della costa bassa

Il layer Settori della costa bassa rappresenta la base geometrica principale dell'ARC. Suddivide il litorale in tratti o settori costieri utilizzati come unità spaziali di riferimento per l'analisi del rischio.

Dati forniti: identificativo del settore, informazioni descrittive del tratto costiero e, dove disponibili, indicatori collegati all'evoluzione morfologica della costa.

Funzionalità: il layer è attivo di default e può essere interrogato tramite click sulla mappa. I popup restituiscono informazioni associate al settore selezionato. In alcuni casi il popup include schede tematiche e grafici dinamici relativi agli spostamenti della linea di riva e alla superficie di spiaggia, permettendo di leggere variazioni temporali e tendenze evolutive.

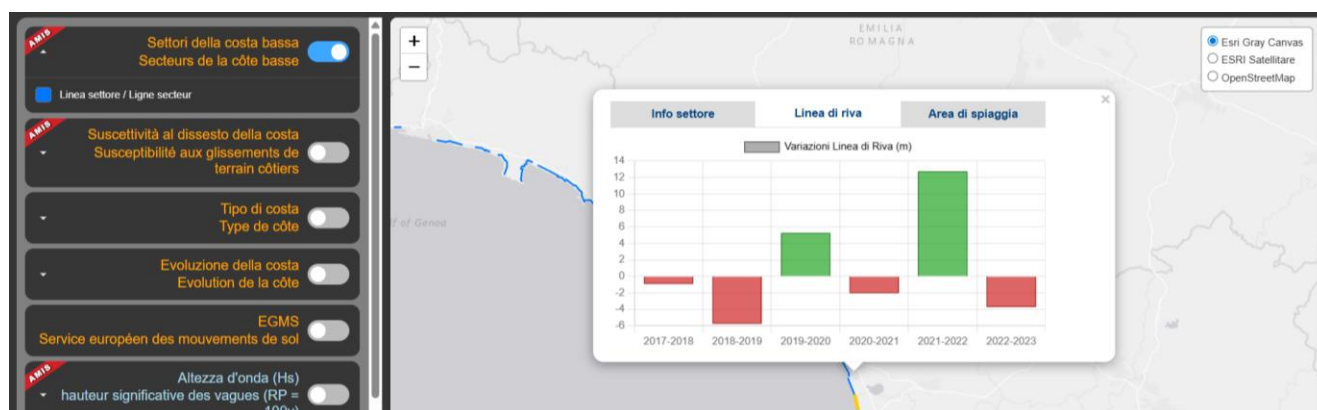


Figura 1- Grafico relativo alla superficie di spiaggia interrogabile per ogni singolo settore della costa bassa

Suscettività al dissesto della costa alta

Il layer di suscettività al dissesto costiero rappresenta la propensione dei tratti costieri a fenomeni di instabilità, erosione o dissesto.

Dati forniti: valori raster classificati in cinque livelli di suscettività: molto bassa, bassa, media, alta e molto alta.

Funzionalità: l'utente può attivare o disattivare il layer dal pannello laterale. La visualizzazione avviene tramite scala cromatica dal verde al rosso, consentendo una lettura immediata delle aree più critiche. Il layer supporta l'individuazione spaziale dei settori costieri maggiormente esposti a fenomeni di instabilità.

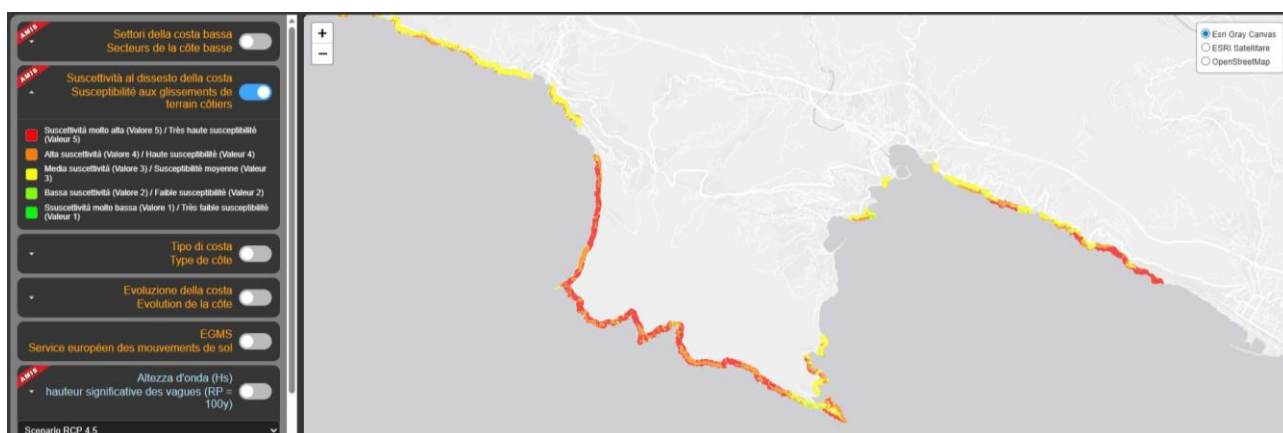


Figura 2 - Estratto del layer "Suscettività al dissesto della costa alta"

Tipo di costa

Il layer Tipo di costa descrive la morfologia del litorale e deriva da dati EMODnet Geology.

Dati forniti: classificazione morfologica dei tratti costieri, con categorie quali coste rocciose, scogliere, pocket beaches, spiagge sabbiose, spiagge ghiaiose, coste fangose, estuari, aree portuali, spiagge artificiali e litorali artificiali.

Funzionalità: il layer è servito tramite WMS e può essere interrogato con click sulla costa. Il sistema esegue una richiesta GetFeatureInfo e restituisce un popup bilingue italiano/francese con la descrizione completa della classe costiera rilevata. La funzione è utile per contestualizzare la vulnerabilità del litorale rispetto alla sua natura morfologica.

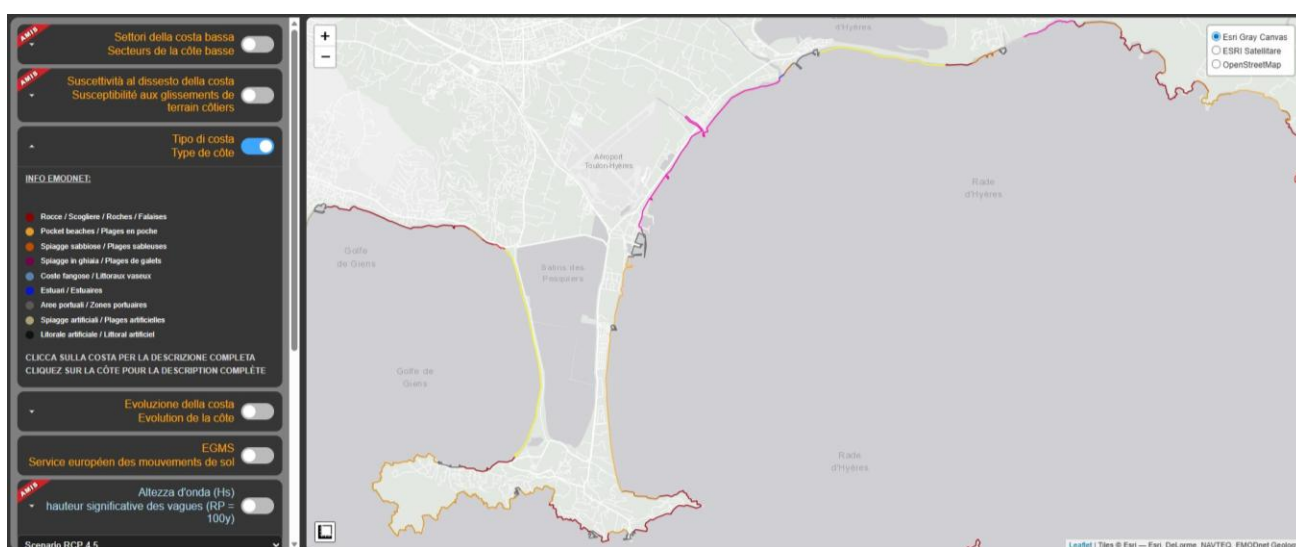


Figura 3 - Estratto del layer "Tipo di costa"

Evoluzione della costa

Il layer Evoluzione della costa fornisce una sintesi delle dinamiche recenti o prevalenti della linea costiera, anch'esso basato su dati EMODnet Geology.

Dati forniti: classificazione dei tratti costieri in accrezione, erosione, stabilità o artificializzazione.

Funzionalità: il layer può essere attivato dal pannello tematico e sovrapposto agli altri livelli cartografici. La legenda consente una lettura rapida delle tendenze evolutive del litorale. È particolarmente utile per individuare i settori interessati da arretramento della costa o da processi di avanzamento sedimentario.



Figura 4 - Estratto del layer "Evoluzione della costa"

EGMS – European Ground Motion Service

Il layer EGMS integra informazioni sui movimenti verticali del terreno provenienti dal servizio europeo European Ground Motion Service di Copernicus.

Dati forniti: punti di misura EGMS con valori di velocità media di movimento verticale e serie temporali di spostamento, espresse in millimetri.

Funzionalità: quando il layer viene attivato, l'interfaccia abilita gli strumenti di disegno su mappa. L'utente può tracciare un poligono o un rettangolo per selezionare i punti EGMS all'interno dell'area di interesse. I punti selezionati vengono visualizzati con una scala cromatica riferita alla velocità di movimento. Cliccando su un punto, si apre un pannello grafico con la serie temporale degli spostamenti e una linea di tendenza. Questa funzione consente di analizzare fenomeni di subsidenza, sollevamento o stabilità del suolo in ambito costiero.



Figura 5 - Estratto del layer "European Ground Motion Service"

Altezza significativa d'onda Hs

Il layer Altezza d'onda Hs rappresenta la distribuzione spaziale dei valori di altezza significativa d'onda associati a tempi di ritorno.

Dati forniti: punti meteo-marini con valori di Hs per diversi tempi di ritorno, tra cui 1, 2, 5, 10, 50, 100 e 200 anni. La visualizzazione principale è riferita al tempo di ritorno di 100 anni.

Funzionalità: l'utente può selezionare lo scenario climatico RCP 4.5 o RCP 8.5. I punti sono rappresentati con colori proporzionali ai valori di Hs. Cliccando su un punto si apre un grafico che mostra la curva dei valori di altezza d'onda in funzione dei diversi tempi di ritorno. Il layer è collegato anche all'assistente per le mareggiate, che consente interrogazioni testuali e localizzazione automatica del punto richiesto sulla mappa.



Figura 6 - Estratto del layer "Altezza d'onda significativa"

Eventi intensi

Il layer Eventi intensi permette la visualizzazione di specifici eventi di mareggiata storici o simulati selezionabili da un menu.

Dati forniti: per ogni evento sono rappresentati punti meteo-marini con valori di altezza d'onda massima giornaliera, periodo di picco e direzione dell'onda. I valori sono confrontati con soglie associate a tempi di ritorno per stimare la severità dell'evento.

Funzionalità: l'utente seleziona un evento dal menu a tendina. Il layer visualizza i punti classificati secondo classi di tempo di ritorno: inferiore a 1 anno, 1-2 anni, 2-5 anni, 5-10 anni, 10-50 anni, 50-100 anni e superiore a 100 anni. I popup mostrano i valori principali dell'evento, come Hs, Tp e Dirp. A scale di zoom più elevate è prevista la visualizzazione della direzione dell'onda tramite simboli orientati.

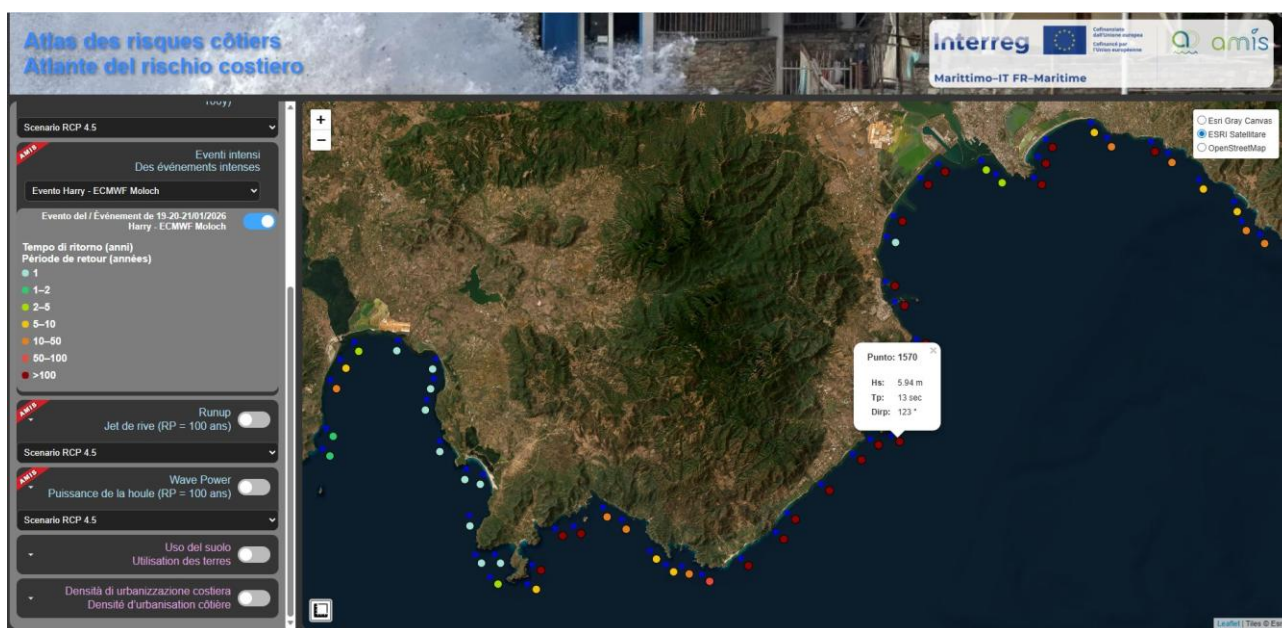


Figura 7 - Estratto del layer "Eventi intensi"

Runup

Il layer Runup rappresenta la risalita dell'onda sulla costa, cioè il livello massimo raggiunto dal moto ondoso sul profilo costiero.

Dati forniti: punti con valori di runup espressi in metri, calcolati per diversi tempi di ritorno, tra cui 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 100, 200, 300 e 500 anni. La rappresentazione cartografica principale utilizza il valore associato al tempo di ritorno di 100 anni.

Funzionalità: il layer consente la selezione degli scenari RCP 4.5 e RCP 8.5. I punti sono rappresentati con scala cromatica graduata e la legenda riporta dinamicamente i valori minimo e massimo. Cliccando su un punto, l'utente visualizza un grafico che mostra l'andamento del *runup* in funzione dei tempi di ritorno.

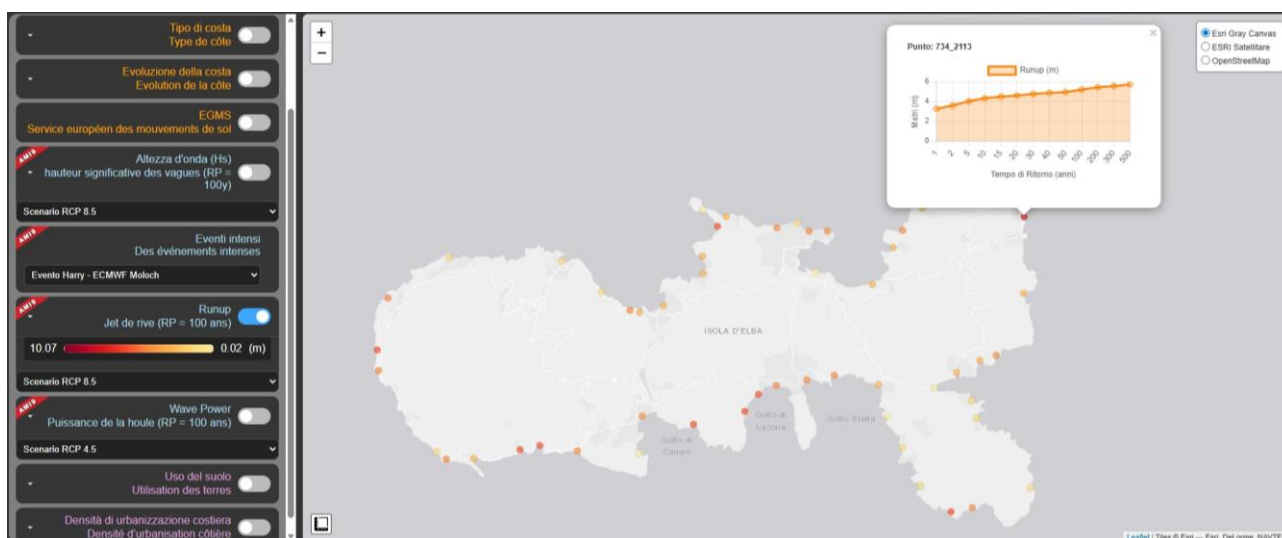


Figura 8 - Estratto del layer "Run-up"

Wave Power

Il layer Wave Power rappresenta la potenza del moto ondoso incidente lungo la costa.

Dati forniti: punti con valori di wave power espressi in kW/m, calcolati per diversi tempi di ritorno: 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 100, 200, 300 e 500 anni. La rappresentazione principale è riferita al tempo di ritorno di 100 anni.

Funzionalità: come per il runup, l'utente può scegliere tra scenari RCP 4.5 e RCP 8.5. Il layer mostra i punti con scala cromatica proporzionale ai valori di potenza ondosa e una legenda dinamica con minimo e massimo. Il click sui punti apre un grafico interattivo che rappresenta la wave power per i diversi tempi di ritorno, facilitando il confronto tra condizioni ordinarie ed estreme.



Figura 9 - Estratto del layer "Wave power"

Uso del suolo

Il layer Uso del suolo descrive la copertura e l'utilizzo del territorio nella fascia costiera, utilizzando dati Copernicus Coastal Zones.

Dati forniti: poligoni classificati in categorie di uso/copertura del suolo, tra cui urbano, agricolo, praterie, boschi e foreste, boscaglia e macchia mediterranea, aree aperte con vegetazione scarsa o assente, zone umide e corpi idrici.

Funzionalità: il layer può essere attivato e sovrapposto ai dati costieri e meteo-marini. La rappresentazione per classi cromatiche consente di leggere la distribuzione delle coperture del suolo lungo la fascia costiera e di valutare la presenza di elementi antropici o naturali esposti ai fenomeni di rischio costiero.



Figura 10 - Estratto del layer "Uso del suolo"

Densità di urbanizzazione costiera

Il layer Densità di urbanizzazione costiera rappresenta il grado di urbanizzazione dei settori costieri.

Dati forniti: valore percentuale di urbanizzazione per settore, classificato in cinque classi: molto bassa, bassa, media, alta e molto alta.

Funzionalità: il layer viene caricato su richiesta e visualizzato come poligoni colorati in base alla percentuale di urbanizzazione. Il popup restituisce il valore numerico della densità di urbanizzazione costiera per il settore selezionato. Questo livello è utile per valutare l'esposizione antropica, individuando i tratti costieri in cui infrastrutture, insediamenti o superfici artificiali sono maggiormente presenti.



Figura 11 - Estratto del layer "Densità di urbanizzazione costiera"

Funzionalità trasversali del frontend

Oltre alle funzioni specifiche dei singoli layer, il frontend dell'ARC mette a disposizione alcune funzionalità comuni:

Funzionalità	Descrizione
Attivazione/disattivazione layer	Ogni layer può essere acceso o spento tramite switch nel pannello laterale.
Accordion tematici	Le legende sono organizzate in pannelli espandibili, facilitando la consultazione dei diversi tematismi.
Popup informativi	Molti layer sono interrogabili tramite click, con restituzione di attributi, descrizioni bilingui o valori numerici.
Grafici dinamici	I dati temporali o associati a tempi di ritorno sono visualizzati tramite grafici generati con Chart.js.
Selezione scenari climatici	I layer meteo-marini consentono il confronto tra scenari RCP 4.5 e RCP 8.5.
Selezione eventi intensi	L'utente può scegliere specifiche mareggiate storiche o simulate e visualizzarne la severità spaziale.
Strumenti di misura	La mappa include strumenti per misurare distanze e superfici.
Disegno su mappa	Per il layer EGMS è possibile disegnare aree di selezione e interrogare i punti ricadenti al loro interno.
Interfaccia bilingue	Titoli, legende e diversi popup sono disponibili in italiano e francese.
Assistente mareggiate	Un modulo chat consente interrogazioni testuali sui dati di mareggiata e localizza automaticamente il punto richiesto sulla mappa.

Link di accesso al prodotto

L'Atlante del Rischio Costiero è consultabile all'indirizzo:

<https://geoportale.lamma.toscana.it/atlante>

4 Osservazioni finali e prospettive future

L'Atlante del Rischio Costiero rappresenta uno dei principali risultati operativi del progetto AMIS, poiché rende disponibili in un unico ambiente webGIS informazioni eterogenee relative alla fascia costiera dell'area transfrontaliera. Il prodotto consente di superare la frammentazione delle basi informative e offre una lettura integrata, interrogabile e confrontabile dei principali fattori che concorrono alla definizione del rischio costiero.

L'ARC è stato concepito come livello conoscitivo di macroscala, aggiornabile e progressivamente estendibile. Esso non sostituisce le analisi locali di dettaglio, ma fornisce una base comune per orientare la pianificazione, la prevenzione e la comunicazione del rischio. In questa prospettiva, il suo ruolo è complementare a quello dei Digital Twin costieri sviluppati nel progetto: mentre l'ARC offre una visione d'insieme dell'area di cooperazione, i gemelli digitali permettono approfondimenti dinamici e locali nei siti pilota.

Nelle successive fasi progettuali, l'Atlante potrà essere ulteriormente consolidato attraverso l'aggiornamento dei layer, il miglioramento delle funzionalità di interrogazione, l'integrazione con nuovi dati di monitoraggio e il collegamento con i prodotti dinamici di valutazione e comunicazione del rischio.