

Eventi estremi e Infrastrutture Critiche: Approfondimento OB_1

Rafforzare la capacità di risposta ai rischi intervenendo prima della crisi

Bando per piani di sviluppo su tematiche strategiche, sviluppati in collaborazione tra le associazioni nell'ambito della Strategia di Specializzazione Intelligente dell'Emilia-Romagna

BANDO INTER CLUST-ER

Rev_0 - Maggio 2026

Sommario

Introduzione	4
Avanzamento dell'Obiettivo 1: risultati del workshop.....	5
Leve tecniche prioritarie	5
Componenti tecnologiche	7
Componenti tecnologiche già mature	8
Gap critici da risolvere	9
Sensoristica: stato dell'arte e sviluppi necessari.....	11
Modellistica: progressi e nodi aperti	12
Integrazione multi-ente	14
Valutazioni economiche	16
Percorso di lavoro	18
Fase 1 – Raccolta, qualità e integrazione dei dati.....	18
Fase 2 – Costruzione della piattaforma integrata pre-crisi.....	18
Fase 3 – Implementazione della sensoristica aggiuntiva	18
Fase 4 – Analisi predittiva, modellistica e simulazioni.....	18
Fase 5 – Output operativi.....	19
Hardware e tecnologie richieste.....	20
Sensoristica.....	20
Comunicazione.....	20
Infrastruttura digitale.....	20
Stime di costo.....	21
Sensoristica.....	22
Infrastruttura digitale.....	22

Installazione e manutenzione	22
Progetto completo OB_1	23
Fonti di finanziamento progettuale	24
Finanziamenti europei	24
Finanziamenti nazionali e regionali	25
Finanziamenti locali	25
Matrice Operativa – OB_1	25
Conclusioni	27

Introduzione

L'Obiettivo 1 (OB_1) del progetto EXTREME si concentra sul rafforzamento della capacità del sistema regionale di anticipare gli impatti degli eventi estremi attraverso un insieme coordinato di strumenti, tecnologie e processi. La fase pre-crisi è oggi riconosciuta come il punto più delicato della catena, soprattutto dal punto di vista della protezione civile: è qui che si gioca la possibilità di ridurre danni, mantenere attivi i servizi essenziali e garantire la continuità operativa delle infrastrutture critiche.

Il report "Eventi estremi e Infrastrutture Critiche: Strategie per la Resilienza" sottolinea come l'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi renda necessario un approccio integrato basato su dati affidabili, modelli predittivi, interoperabilità tra enti e tecnologie avanzate. Tuttavia, il documento evidenzia anche criticità strutturali: frammentazione informativa, eterogeneità tecnologica, difficoltà di coordinamento e mancanza di strumenti operativi condivisi.

Il gruppo di lavoro dedicato rappresenta un luogo di convergenza importante. Competenze afferenti ad ambiti industriali e accademici differenti possono operare in sinergia e completarsi a vicenda per trasformare le indicazioni del report in un percorso operativo concreto. Il primo confronto ha permesso di chiarire, in parte, quali componenti siano già mature, quali richiedano sviluppo, quali siano le priorità tecniche e quali le condizioni necessarie per rendere l'OB_1 realmente attuabile.

L'attività non si può considerare conclusa in questi primi incontri che anzi sollevano ambiti di confronto da analizzare in maniera più dettagliata, anche tramite il confronto con gli Enti Locali, Territoriali e Regionali del territorio dell'Emilia-Romagna.

L'obiettivo è creare un quadro unico in grado di mettere a fuoco le componenti fondamentali per la tutela del sistema infrastrutturale regionale e capire quali azioni debbano essere gestite come prioritarie con investimenti il più possibile mirati.

Avanzamento dell'Obiettivo 1: risultati del workshop

Il workshop ha permesso di fare un salto di qualità rispetto al report originario, chiarendo in modo molto più preciso quali siano le condizioni necessarie per rendere operativo l'OB_1.

La capacità di anticipare gli impatti degli eventi estremi non dipende solo dalla disponibilità di sensori o modelli, ma dalla possibilità di costruire un sistema coerente, interoperabile e sostenibile, in cui dati, modelli, sensori e attori istituzionali possano dialogare in modo continuo.

Leve tecniche prioritarie

Il confronto tra i Soci ha permesso di individuare un insieme di leve tecniche che rappresentano i fattori abilitanti della fase precisi. Questi elementi definiscono le condizioni operative necessarie affinché il sistema regionale sia in grado di anticipare gli impatti degli eventi estremi in modo efficace e sostenibile.

La capacità di prevenire gli effetti di un evento non dipende da un singolo strumento, ma da un **approccio multilivello**, in cui conoscenza del territorio, qualità dei dati, modellistica, interoperabilità e valutazioni economiche convergono in un quadro unitario. La fase pre-crisi richiede un equilibrio tra tecnologie avanzate e processi coordinati, con l'obiettivo di valorizzare le competenze presenti e ridurre eventuali duplicazioni.

Un primo elemento riguarda l'importanza di **utilizzare in via prioritaria i dati territoriali già disponibili**. La presenza di dataset pubblici e granulari consente di avviare rapidamente attività di analisi e simulazione, riducendo tempi e costi. La disponibilità di queste informazioni costituisce una base solida per la costruzione degli scenari precisi.

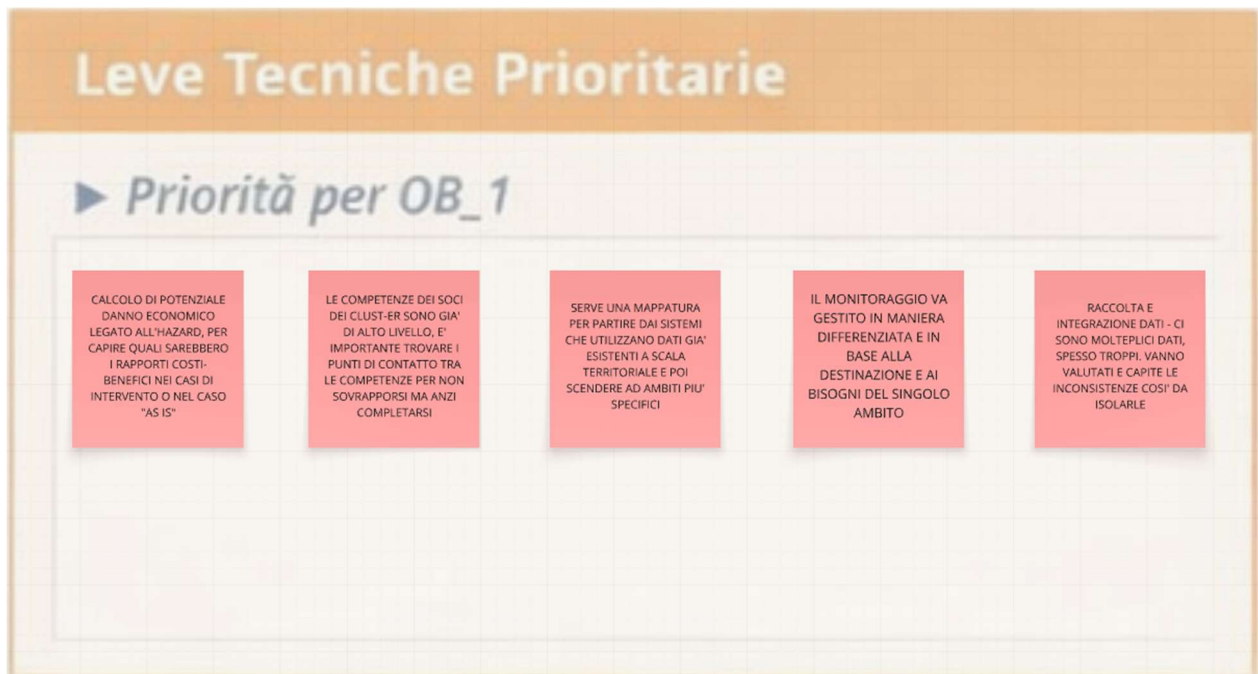
Allo stesso tempo, è emersa la necessità di **evitare sovrapposizioni** tra i singoli Enti, soprattutto se inquadrati nello stesso ambito locale, ma anche tra i Soci della VC Inter Clust-ER. La complementarità delle competenze rappresenta un valore aggiunto: ogni

attore può contribuire con le proprie specializzazioni, evitando duplicazioni di strumenti, dati o processi e favorendo un utilizzo più efficiente delle risorse.

Un'altra leva strategica riguarda la **qualità dei dati**. La modellistica predittiva e l'intelligenza artificiale richiedono dataset coerenti, verificati e strutturati. Senza un controllo sistematico della qualità, il rischio è quello di generare scenari non affidabili, con conseguenze operative rilevanti. La valutazione della qualità dei dati diventa quindi un prerequisito per qualsiasi attività di simulazione o previsione.

Il confronto ha inoltre evidenziato l'importanza della **valutazione del potenziale danno economico**. L'economia territoriale può essere considerata anch'essa un'infrastruttura critica: la capacità di stimare impatti economici diretti e indiretti consente di orientare le priorità di intervento e di motivare investimenti preventivi. Questo approccio integra la dimensione tecnica con quella socioeconomica, rendendo più solida la pianificazione.

Infine, è importante tenere conto della necessità di un **monitoraggio calibrato sui bisogni locali**. Le soluzioni tecnologiche devono essere proporzionate alle caratteristiche del territorio, ai livelli di rischio e alla capacità degli enti di gestire strumenti complessi. Questo consente di evitare architetture sovradimensionate e di garantire sostenibilità operativa nel tempo.



Sintesi

- Complementarità tra soci ed Enti ed evitare sovrapposizioni.
- Uso prioritario dei dati territoriali già disponibili.
- Monitoraggio calibrato sui bisogni locali.
- Valutazione della qualità dei dati.
- Valutazione del potenziale danno economico.

Componenti tecnologiche

La definizione delle componenti tecnologiche rappresenta un passaggio essenziale per comprendere quali elementi siano già disponibili e immediatamente attivabili, e quali invece richiedano sviluppo, integrazione o scelte strategiche. Il capitolo affronta la maturità delle tecnologie oggi presenti nel sistema regionale, evidenziando al tempo stesso i gap che limitano la piena operatività della fase pre-crisi.

L'analisi ha mostrato che esiste già un insieme consistente di strumenti, infrastrutture e dataset che possono costituire la base operativa dell'OB_1. Tuttavia, accanto a questi punti di forza, permangono criticità strutturali che richiedono interventi mirati, soprattutto in termini di interoperabilità, mappatura della sensoristica e definizione delle soglie operative.

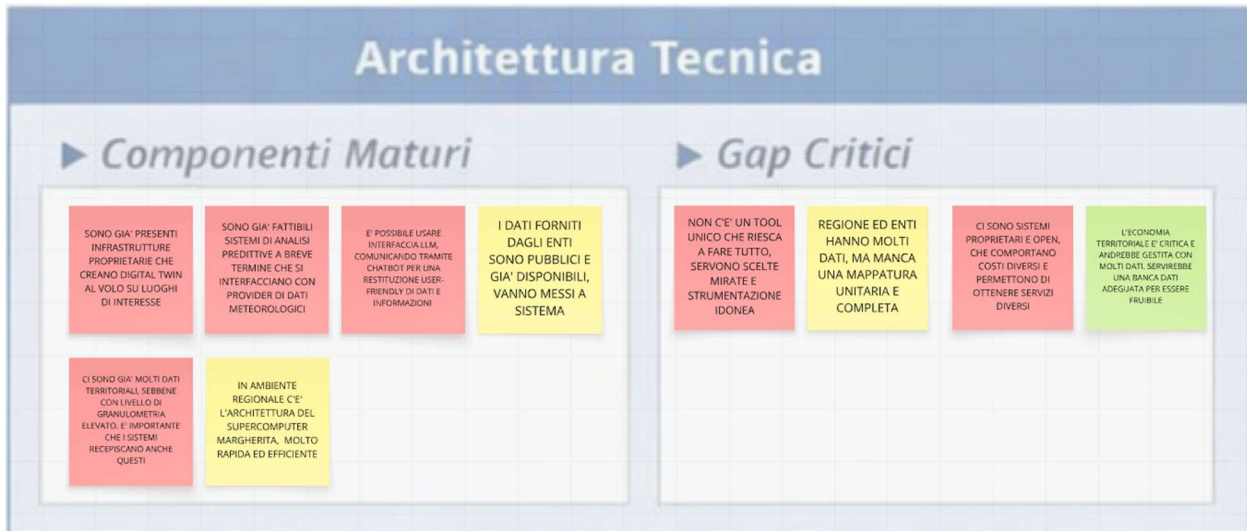


Figura 2 – Componenti tecnologiche

Componenti tecnologiche già mature

Il confronto tra i Soci, tra i quali molti sono già ampiamente operativi sui temi di digitalizzazione territoriale e stima predittiva degli eventi, ha confermato che alcune tecnologie sono già disponibili e possono essere utilizzate come fondamento per lo sviluppo della . Si tratta di componenti che hanno raggiunto un livello di maturità sufficiente per essere integrate senza necessità di sviluppo aggiuntivo significativo.

Un primo elemento riguarda la disponibilità di infrastrutture di simulazione digitale che, se correttamente integrate a sensori e dati di qualità, permettono di anticipare l'evoluzione di fenomeni idrometeo critici. Ad esempio, è possibile accedere a **digital twin territoriali**, già operativi e capaci di generare scenari di allagamento e interruzione dei servizi in tempo reale. Si tratta di infrastrutture proprietarie, integrate con dati meteorologici, che rappresentano un punto di forza rilevante nell'anticipazione di fenomeni estremi, in quanto consentono di simulare rapidamente gli impatti di un evento estremo e di supportare decisioni tempestive.

Un altro aspetto significativo riguarda l'accessibilità dei dati. Alcuni Soci stanno già sperimentando **interfacce basate su LLM** (modelli linguistici di grandi dimensioni), che consentono di interrogare dataset complessi tramite chatbot tecnici, rendendo

l'informazione fruibile anche da operatori non specialisti. Questa componente, sebbene spesso considerata in secondo piano rispetto alla componente del dato in sé, rappresenta un sistema importante per superare le barriere operative, soprattutto nel momento in cui l'operatore che deve andare ad interrogare il sistema non è formato sulla tematica e faticherebbe a leggere il dato. Questo accade soprattutto in Enti Locali più piccoli, dove un solo operatore deve occuparsi di tematiche divergenti tra loro.

Dal punto di vista dei dati territoriali, la Regione dispone già di un patrimonio informativo ampio e granulare, che include dataset pubblici provenienti da Enti Regionali e Territoriali. Questi dati, se adeguatamente interrogati e integrati, costituiscono una base solida per la modellistica e per la costruzione degli scenari pre-crisi.

Infine, la presenza della "Data Valley" Regionale, che include architetture come **MarghERita**, un supercomputer già operativo ed estremamente efficiente, offre una capacità computazionale avanzata che può essere utilizzato per simulazioni, integrazione multisorgente e gestione dei digital twin, va vista come un punto di forza su cui basare gli sviluppi futuri.

Sintesi

- Digital twin territoriali già disponibili.
- Analisi predittive integrate con provider meteo.
- Interfacce LLM per operatori tecnici.
- Dati territoriali granulari e pubblici.
- Supercomputer come l'architettura "MarghERita".

Gap critici da risolvere

Accanto alle componenti mature, sono state evidenziate una serie di criticità che oggi limitano la piena operatività del sistema di monitoraggio pre-crisi. Si tratta di elementi che

richiedono interventi mirati e che rappresentano le principali barriere alla costruzione di un sistema realmente integrato.

Il primo gap riguarda l'assenza di un **tool unico** in grado di integrare dati, modelli, sensori e digital twin. Le soluzioni attualmente disponibili sono spesso verticali, frammentate e non interoperabili, con il rischio di duplicazioni e inefficienze.

Un secondo elemento critico è la **mancanza di una mappatura unitaria della sensoristica regionale**. Sebbene esistano numerose reti idrometriche, pluviometriche e ambientali, queste non sono catalogate in modo omogeneo, rendendo difficile la loro integrazione in un sistema unico.

La stessa coesistenza di **sistemi proprietari e open** genera ulteriori problemi di interoperabilità, con costi variabili e livelli di servizio differenti. Questa eterogeneità rende complessa la definizione di un'architettura coerente e sostenibile e favorisce una forte **differenziazione tecnologica tra i singoli Enti Locali e Territoriali**. L'assenza di **soglie operative condivise** di attivazione di modelli e allerte rappresenta un ulteriore elemento che ostacola l'adozione uniforme dei dati e la definizione di protocolli operativi chiari e unitari. Senza questo elemento, la piattaforma rischia di restare un esercizio tecnico.

Sintesi

- Mancanza di un tool unico integrato.
- Sensoristica non mappata in modo unitario.
- Coesistenza di sistemi proprietari e open.
- Eterogeneità tecnologica e formative degli Enti.
- Soglie operative non definite.

Sensoristica: stato dell'arte e sviluppi necessari

La sensoristica rappresenta uno degli elementi più rilevanti per la fase pre-crisi, poiché costituisce la base informativa necessaria per alimentare modelli, digital twin e sistemi di allerta. Dal confronto è emerso che ad oggi c'è già una discreta presenza di reti operative, ma con un livello di integrazione ancora parziale e lontano da un sistema realmente coordinato e funzionale.

La mancanza di una visione complessiva rischia di generare sovrapposizioni o, al contrario, aree non monitorate. La Regione, ad esempio, dispone di **reti idrometriche, pluviometriche e ambientali** gestite da ARPAE e da altri Enti territoriali, che costituiscono un patrimonio informativo molto significativo e potrebbero fungere da base per le attività di mappatura.

Accanto alle reti esistenti, sono in corso attività sperimentali che introducono soluzioni innovative, come la possibilità di realizzare **sensori autonomi e dormienti, interrogabili da droni**. Questo tipo di tecnologie permette di monitorare aree remote o difficilmente raggiungibili senza la necessità di infrastrutture di comunicazione permanenti, riducendone costi e vulnerabilità. Si tratta di un'opportunità interessante e da approfondire per estendere il monitoraggio a contesti dove l'installazione tradizionale risulterebbe complessa o onerosa.

Dal punto di vista implementativo, sebbene siamo in una fase ancora prematura per definire cosa serve per rendere l'OB_1 pienamente operativo, si prospetta già la necessità di sviluppare **sensori avanzati** per frane, vibrazioni infrastrutturali, qualità delle acque e parametri ambientali complessi. Questi strumenti sono necessari per monitorare infrastrutture critiche, versanti instabili, corsi d'acqua e sistemi fognari, integrando informazioni che oggi risultano parziali o non disponibili.

Nel complesso, la sensoristica rappresenta un ambito già parzialmente sviluppato, ma che richiede un percorso strutturato per raggiungere un livello di integrazione adeguato alle esigenze della piattaforma precrisi.



Figura 3 - Sensoristica

Sintesi

- Reti idrometriche e pluviometriche già presenti.
- Sensoristica territoriale non mappata in modo unitario.
- Sensori dormienti interrogabili da droni per territori isolati.
- Necessità di sensori avanzati per frane, vibrazioni, acque e parametri ambientali.

Modellistica: progressi e nodi aperti

La modellistica è ciò che consente di trasformare i dati territoriali, meteorologici e infrastrutturali di cui ai precedenti capitoli in scenari utili per la fase pre-crisi. Come già anticipato nel capitolo dedicato all'architettura, esistono già modelli numerici consolidati e dataset climatici di riferimento, ma servono anche alcune condizioni necessarie per garantire un utilizzo affidabile e uniforme da parte degli enti.

Un primo elemento riguarda la necessità di disporre di **uno storico di dati strutturato**, recuperabile e di qualità. La modellistica predittiva richiede dataset coerenti, continui e

verificati: senza una base informativa solida, anche i modelli più avanzati rischiano di produrre risultati non affidabili. La disponibilità di dati storici rappresenta quindi un prerequisito per la calibrazione e la validazione dei modelli.

La seconda leva riguarda l'utilizzo di **modelli numerici** per le analisi idrauliche e territoriali, integrabili con tecniche di intelligenza artificiale. L'approccio numerico consente di simulare fenomeni complessi, mentre l'IA può supportare l'interpretazione dei risultati, l'ottimizzazione dei parametri e la generazione di scenari alternativi.

Tra gli strumenti già disponibili, il **codice PARAFLOOD** bidimensionale consente di simulare stati di allagamento in contesti diversi, come rotte arginali, corsi d'acqua e aree urbane. Questo modello rappresenta una risorsa consolidata per la valutazione degli impatti idraulici e per la costruzione di scenari precisi.

Un ulteriore elemento riguarda l'utilizzo di modelli che integrano i dati climatici **EURO-CORDEX**, utili per analisi prospettiche e per il monitoraggio post-crisi su orizzonti temporali estesi (fino al 2100) e supportare strategie di adattamento.

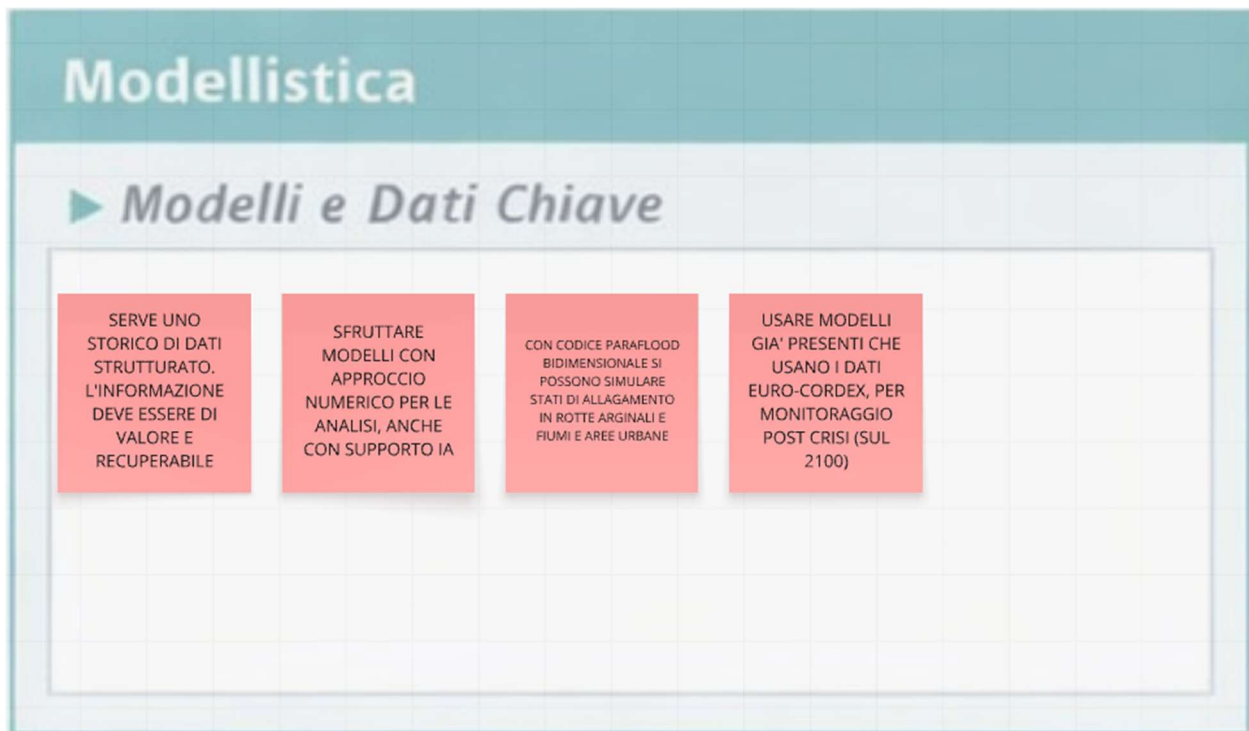


Figura 4 - Modellistica

Sintesi

- Necessità di uno storico dati strutturato e recuperabile.
- Utilizzo di modelli numerici, con possibile supporto IA.
- PARAFLOOD bidimensionale per simulazioni di allagamento.
- Modelli basati su EURO-CORDEX per scenari futuri e post-crisi.

Integrazione multi-ente

L'integrazione multiente, come già citato nel capitolo delle architetture, rappresenta una condizione essenziale per rendere operativo il sistema di monitoraggio pre-crisi, poiché consente a sistemi, dati e attori istituzionali di dialogare in modo coerente. Il confronto ha evidenziato che la piattaforma deve essere progettata per interagire con infrastrutture eterogenee, già consolidate presso gli enti territoriali, sia dal punto di vista dell'approvvigionamento dei dati che dalla loro restituzione sotto forma di scenari. Non si può pensare di intervenire modificando le infrastrutture in uso presso i singoli Enti.

Il primo elemento che salta subito all'occhio riguarda la necessità di adottare **componenti cloud** e architetture basate su **API e standard tecnici diffusi**, così da integrare sistemi diversi, mantenere interoperabilità con piattaforme esistenti e garantire scalabilità nel tempo. L'uso di standard aperti può facilitare, inoltre, la condivisione dei dati e ridurre i vincoli legati a soluzioni proprietarie.

La piattaforma dovrà essere **user-friendly**, in grado di dialogare con utenti che hanno finalità operative differenti e che utilizzano sistemi già consolidati. L'obiettivo non è sostituire gli strumenti esistenti, ma creare un livello di integrazione che permetta agli enti di continuare a utilizzare le proprie piattaforme, beneficiando al tempo stesso di un quadro informativo unificato, rimarcando ulteriormente quanto questo principio è fondamentale per favorire l'adozione da parte di enti con livelli di maturità tecnologica diversi.

Un ulteriore aspetto da non sottovalutare riguarda la **gestione della comunicazione delle mappe e degli scenari**. È importante che le informazioni siano veicolate verso la cittadinanza, ma al tempo stesso una diffusione indiscriminata di informazioni complesse

può generare incertezze interpretative o incomprensioni comunicative. È quindi necessario definire criteri chiari per la condivisione dei contenuti, distinguendo tra ciò che è destinato agli operatori tecnici e ciò che può essere reso pubblico, in modo da garantire trasparenza senza compromettere la corretta interpretazione dei dati.

Nel complesso, l'integrazione multiente richiede un'architettura aperta, interoperabile e orientata all'usabilità, capace di valorizzare i sistemi già presenti presso gli enti e di garantire una gestione responsabile delle informazioni.



Figura 5 – Integrazione multiente

Sintesi

- API e standard geospaziali.
- Interoperabilità con sistemi esistenti.
- Interfaccia accessibile.

- Governance dei flussi informativi.

Valutazioni economiche

La dimensione economica rappresenta un elemento centrale di qualsiasi intervento di pianificazione e programmazione. È attraverso la sua analisi che si può comprendere cosa si può fare e quanto si può affinare una determinata architettura, orientando le decisioni relative alla mitigazione, al ripristino e alla gestione delle infrastrutture critiche. La stessa deve tenere conto dei costi di implementazione dell'architettura e della sua gestione operativa, ma anche delle stime del danno economico che si avrebbero in totale assenza di interventi. Il confronto ha evidenziato che esistono già informazioni utili per costruire un quadro economico di riferimento, ma anche la necessità di integrare tali dati con analisi più strutturate.

Con riferimento a quest'ultimo punto, il confronto ha confermato che sono già disponibili, sebbene legati solo ad alcuni settori specifici – turismo nello specifico - **report dettagliati sul danno economico** generato dall'evento del 2023, il primo e più imprevisto evento estremo che di recente ha colpito il territorio regionale. Queste informazioni costituiscono una base concreta per comprendere la portata degli impatti e per stimare le conseguenze di eventi futuri su comparti economici sensibili. La presenza di dati già consolidati permette di avviare valutazioni comparative e di definire indicatori di riferimento.

Un secondo aspetto riguarda la necessità di valutare **la risposta delle infrastrutture critiche alle azioni di mitigazione**. La capacità di un'infrastruttura di mantenere la propria funzionalità durante un evento estremo influisce direttamente sui costi economici e sociali. Analizzare come ponti, reti idriche, sistemi fognari, viabilità e servizi essenziali reagiscono alle misure di protezione consente di identificare priorità di intervento e di ottimizzare gli investimenti.

Sempre su questo tema, è necessario tener conto anche del **rischio di ripetizione dell'evento**. La possibilità che fenomeni simili si verifichino nuovamente impone una riflessione su come intervenire sulle infrastrutture critiche situate in aree a forte rischio. In alcuni casi, il ripristino integrale potrebbe non essere sostenibile o efficace nel lungo periodo; in altri, potrebbe essere necessario valutare soluzioni alternative o delocalizzate.

Questo tipo di analisi richiede un approccio integrato che consideri costi, benefici e scenari futuri.

Nel complesso, le valutazioni economiche devono essere integrate con i dati territoriali, con la modellistica e con le informazioni sulle infrastrutture, al fine di supportare decisioni basate su evidenze e orientate alla resilienza.



Figura 6 – Previsioni economiche

Sintesi

- Disponibilità di report sul danno da non intervento.
- Necessità di valutare la risposta delle infrastrutture critiche alle azioni di mitigazione.
- Considerazione del rischio di ripetizione dell'evento.

Percorso di lavoro

Fase 1 – Raccolta, qualità e integrazione dei dati

- Censimento e mappatura reti e sensori esistenti.
- Raccolta dati infrastrutturali.
- Verifica interoperabilità (GIS, BIM, API).
- Valutazione qualità e consistenza dei dati.

Fase 2 – Costruzione della piattaforma integrata pre-crisi

- Integrazione multisorgente.
- Armonizzazione GIS.
- Collegamento con modelli idrometeo, geologici e strutturali.
- API e standard geospaziali.
- Interfacce LLM.

Fase 3 – Implementazione della sensoristica aggiuntiva

- Installazione sensori in aree critiche.
- Sensori avanzati (Raman, vibrazionali, inclinometrici).
- Gateway multitecnologia.

Fase 4 – Analisi predittiva, modellistica e simulazioni

- Modelli previsionali e IA.

- PARAFLOOD per scenari idraulici.
- Modelli deterministici + data-driven.
- EURO-CORDEX per scenari futuri.
- Simulazioni "what-if".
- Mappe dinamiche di rischio.
- Soglie operative.

Fase 5 – Output operativi

- Pre-allerta automatica.
- Digital twin operativi.
- Percorsi alternativi.
- Dashboard GIS.
- Interfaccia user-friendly.

Hardware e tecnologie richieste

La componente tecnologica del sistema comprende sensori, reti di comunicazione, infrastrutture digitali e strumenti di visualizzazione.

La scelta delle tecnologie deve essere coerente con gli scenari di rischio ed economici, la disponibilità di dati e la capacità degli enti di gestire sistemi complessi.

Sensoristica

- Sensori idrometrici, pluviometrici, inclinometrici, vibrazionali.
- Sensori IoT per ponti, viadotti, versanti.
- Sensori fognari e di livello.
- Sensori basati su spettroscopia Raman.
- Sensori ambientali avanzati.
- Sensori dormienti interrogabili da droni.

Comunicazione

- Nodi mesh per resilienza locale.
- LPWAN (LoRa, NB-IoT) per basso consumo.
- Gateway multitecnologia.
- Ridondanza e failover.

Infrastruttura digitale

- Server cloud o ibridi per integrazione dati.
- Piattaforma GIS interoperabile.
- Digital twin territoriali.
- Dashboard operative.
- Interfacce LLM.

Stime di costo

Le stime di costo rappresentano un elemento necessario per supportare la pianificazione delle attività prioritarie dell'OB_1. La definizione dei valori economici non ha l'obiettivo di fornire un quadro definitivo, ma di costruire una base preliminare utile per orientare le scelte, valutare la sostenibilità degli interventi e predisporre le future richieste di finanziamento.

Il confronto ha evidenziato che la quantificazione puntuale dei costi richiederà un lavoro dedicato con il contributo dei Soci, in particolare per quanto riguarda la sensoristica avanzata, l'integrazione dei modelli, le architetture cloud e le piattaforme GIS. Le stime riportate in questa sezione devono quindi essere considerate come **indicazioni preliminari**, utili per impostare la programmazione e per individuare le attività che necessitano di approfondimenti specifici.

Un primo ambito riguarda la **sensoristica**, che rappresenta una delle componenti più variabili in termini di costo, in funzione della tipologia di sensore, delle condizioni di installazione e delle esigenze di manutenzione. La definizione dei costi reali richiederà una valutazione congiunta tra i Soci, considerando sia le tecnologie già disponibili sia quelle da sviluppare o in fase di sviluppo sperimentale.

Un secondo ambito riguarda l'**infrastruttura digitale**, che comprende piattaforme GIS, digital twin, modelli predittivi e sistemi cloud. Anche in questo caso, i costi dipendono dal livello di integrazione richiesto, dalla scalabilità e dalla capacità degli enti di utilizzare infrastrutture già esistenti. La collaborazione tra i Soci sarà essenziale per definire configurazioni tecniche sostenibili e proporzionate ai diversi contesti territoriali.

Infine, l'**installazione e la manutenzione** costituiscono una componente ricorrente che deve essere considerata nella pianificazione pluriennale. La sostenibilità economica del sistema pre-crisi dipenderà dalla capacità di stimare correttamente i costi di gestione, in know-how necessario, e di prevedere modelli di manutenzione compatibili con le risorse degli enti.

Nel complesso, le stime di costo rappresentano un primo riferimento operativo, da consolidare attraverso un lavoro congiunto e da utilizzare come base per la definizione delle priorità e per la costruzione delle proposte progettuali.

Sintesi operativa

- Le stime di costo sono preliminari e saranno definite con il supporto dei Soci.
- Serviranno per orientare la pianificazione delle attività prioritarie.
- Sensoristica, infrastruttura digitale e manutenzione richiedono approfondimenti dedicati.
- Le stime saranno utilizzate per la programmazione finanziaria.

Esempi di stima

Sensoristica

In questo paragrafo viene affrontato il costo della sensoristica utile e necessaria per la realizzazione del sistema di monitoraggio e programmazione. STIME INDICATIVE

- Sensori idrometrici/pluviometrici: **€2.000–6.000 cad.**
- Sensori IoT per ponti/versanti: **€800–3.000 cad.**

Infrastruttura digitale

In questo paragrafo viene affrontato il costo dell'infrastruttura necessaria per la realizzazione del sistema di monitoraggio e programmazione. STIME INDICATIVE

- Piattaforma GIS integrata: **€40.000–120.000**
- Digital Twin territoriale: **€80.000–250.000**
- Modelli predittivi e IA: **€30.000–100.000**

Installazione e manutenzione

In questo paragrafo viene affrontato il costo della gestione del sistema di monitoraggio e programmazione. STIME INDICATIVE

- Installazione sensori: €500–1.500 cad.
- Manutenzione annuale: 10–15% del valore hardware

Progetto completo OB_1

In questo paragrafo viene affrontato il costo del sistema “completo” di monitoraggio e programmazione. STIME INDICATIVE

- Small scale (1–2 comuni): €150.000–300.000
- Medium scale (unione/area vasta): €300.000–700.000
- Large scale (provincia/regione): €1–3 milioni

Fonti di finanziamento progettuale

Come anticipato nel capitolo precedente, la realizzazione dell'OB_1, soprattutto in presenza di Enti Locali o Territoriali, può essere gestita tramite programmazione finanziaria annuale e triennale solo per quel che riguarda interventi localizzati. La digitalizzazione del servizio richiede risorse finanziarie importanti, che vanno cercate anche attraverso programmi europei, nazionali e regionali. La natura multidisciplinare del progetto — che integra sensoristica, modellistica, digital twin, interoperabilità e governance — consente di accedere a un ventaglio ampio di opportunità di finanziamento.

La scelta del programma più adatto dipende dal livello di maturità tecnologica (TRL), dalla scala territoriale dell'intervento e dalla componente prevalente (monitoraggio, IA, digitalizzazione, resilienza climatica, cooperazione transfrontaliera).

All'interno del gruppo di lavoro non si è ancora affrontato l'argomento e le informazioni riportate nei successivi paragrafi sono da considerarsi una linea di indirizzo che anticipa il lavoro del gruppo di Soci.

Finanziamenti europei

I programmi europei rappresentano la principale fonte di risorse per la fase sperimentale dei progetti ad alto contenuto tecnologico e con potenziale di scalabilità e, pertanto, risultano una naturale evoluzione del progetto EXTREME e del Bando Inter Clust-ER.

- **LIFE Adaptation**
Ideale per interventi su resilienza climatica, monitoraggio ambientale, digital twin territoriali e sistemi di allerta precoce.
- **Horizon Europe – Cluster Climate, Resilience, Disaster Risk**
Adatto a componenti di IA, modellistica predittiva, integrazione multisorgente, sensoristica innovativa e piattaforme cloud.
- **Digital Europe Programme**
Indicato per infrastrutture dati, interoperabilità, API, cloud federati, intelligenza artificiale e sistemi digitali per la PA.

- **Interreg**
Utile per progetti pilota transfrontalieri, scambio di buone pratiche, reti di monitoraggio condivise e governance multientente.

Finanziamenti nazionali e regionali

Le risorse nazionali e regionali consentono di avviare progetti pilota, consolidare infrastrutture esistenti e sostenere investimenti in sensoristica e digitalizzazione.

- **POR FESR Emilia-Romagna**
Particolarmente adatto per digitalizzazione, piattaforme GIS, sensoristica, interoperabilità e sistemi di monitoraggio.
- **PNRR (residui)**
Utilizzabile per digitalizzazione della PA, sistemi di monitoraggio, infrastrutture ICT e piattaforme integrate.
- **Fondi regionali di Protezione Civile**
Ideali per sensoristica, reti di comunicazione resilienti, sistemi di allerta e strumenti operativi per gli enti locali.

Finanziamenti locali

Gli enti locali possono contribuire con risorse proprie per interventi puntuali o per cofinanziare progetti più ampi.

- Bilanci comunali per sensoristica mirata.
- Accordi con gestori di reti (energia, acqua, telecomunicazioni) per cofinanziare infrastrutture condivise.

Matrice Operativa – OB_1

La matrice operativa rappresenta la traduzione concreta del percorso di lavoro in azioni, output, competenze, tecnologie, costi e fonti di finanziamento.

È uno strumento essenziale per pianificare attività, definire responsabilità e costruire proposte progettuali.

Azione operativa	Output atteso	Know-how necessario	Tecnologie / Hardware	Stima costi (indicativa)	Finanziamento indicato	Urgenza
1. Censimento e integrazione dei dati esistenti (SIT, sensori, PGRA, dati ARPAE, dati infrastrutturali)	Quadro unico dei dati territoriali e infrastrutturali	GIS, data engineering, conoscenza sistemi PC	Piattaforma GIS, API, database	20–60k	POR FESR, fondi regionali	Alta
2. Analisi delle vulnerabilità e delle infrastrutture sensibili	Mappa vulnerabilità + elenco infrastrutture critiche	Analisi rischio, modellistica territoriale	GIS avanzato, strumenti analisi rischio	30–80k	LIFE Adaptation, POR FESR	Alta
3. Installazione sensoristica aggiuntiva in aree critiche (frane, ponti, corsi d'acqua, fognature)	Rete sensori IoT attiva e integrata	IoT, reti LPWAN/mesh, ingegneria civile	Sensori idro-meteo, inclinometri, gateway mesh	2–6k/sensore + installazione	PNRR residui, fondi PC, POR	Alta
4. Implementazione rete di comunicazione resiliente (mesh, LPWAN, ridondanza)	Comunicazioni stabili anche in emergenza	Networking, protocolli IoT, sicurezza ICT	Nodi mesh, gateway, antenne LPWAN	30–120k	Horizon, Digital Europe	Media
5. Integrazione dati in piattaforma unica pre-crisi	Dashboard operativa multi-ente	Data fusion, cloud, API	Server/cloud, piattaforma GIS, middleware	40–120k	Horizon, POR FESR	Alta

6. Modelli predittivi e simulazioni (Digital Twin)	Scenari pre-crisi, previsioni impatti	Data science, modellistica, IA	Digital Twin, motori simulazione	80–250k	LIFE, Horizon	Media
7. Allerta automatica su infrastrutture critiche	Sistema di early warning	ICT, automazione, protocolli PC	Motore regole, notifiche multicanale	20–50k	Fondi regionali, POR	Alta
8. Integrazione contributo umano (CITTADIN-AI)	Segnalazioni strutturate e geolocalizzate	UX, data validation, mobile	App/web, API, geolocalizzazione	30–70k	Interreg, POR	Media
9. Standardizzazione flussi informativi multi-ente	Procedure condivise e interoperabili	Gestione emergenze, governance	Manuali, protocolli, piattaforme	10–30k	Fondi regionali, Interreg	Media
10. Formazione tecnica e operativa	Personale in grado di usare la piattaforma	GIS, IoT, PC, modellistica	Aule, piattaforme e-learning	10–25k	Fondi locali, POR	Media

Conclusioni

Il lavoro svolto nell'ambito dell'Obiettivo 1 sta predisponendo la strada per costruire una visione condivisa, concreta e operativa della fase pre-crisi, superando la frammentazione iniziale e definendo un percorso chiaro per la realizzazione di un sistema regionale avanzato di monitoraggio e previsione.

Alcune tecnologie — digital twin, modelli numerici, dati territoriali granulari e infrastrutture computazionali — rappresentano una base utile, ma non ancora sufficiente per garantire un sistema pre-crisi pienamente operativo. Persistono criticità rilevanti: sensoristica non mappata, sistemi eterogenei, assenza di soglie operative condivise e difficoltà nella comunicazione delle mappe.

La maturità tecnologica è quindi disomogenea e l'integrazione multiente richiederà scelte tecniche precise, standard comuni e un percorso graduale.

Anche sul piano economico, la stima dei costi dovrà essere un punto focale della linea guida di indirizzo, da costruire, grazie al contributo e alle competenze specifiche dei Soci, con l'obiettivo di definire priorità e sostenibilità degli interventi.

Nel complesso, l'attuazione dell'OB_1 richiederà ulteriori sviluppi, in un processo progressivo, coordinato e supportato da analisi tecniche ed economiche più approfondite.

Prossimi passi fondamentali

1. **Consolidare la mappatura della sensoristica regionale** e identificare coperture, ridondanze e lacune per definire gli interventi prioritari.
2. **Definire standard tecnici comuni (API, formati, protocolli)** - necessari per garantire interoperabilità tra sistemi eterogenei.
3. **Stabilire le soglie operative condivise** per attivare modelli, scenari e allerte in modo uniforme.
4. **Costruire la stima economica del sistema di monitoraggio** per supportare la pianificazione.
5. **Progettare una piattaforma che integri, senza sostituire, i sistemi esistenti.**