



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM)

Progetto Esecutivo

ALLEGATO _O4_C.U.O4

**Caratterizzazione dello Stato dei Suoli a supporto delle attività di
Monitoraggio ambientale del SIM**



**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	Caratterizzazione dello Stato dei Suoli a supporto delle attività di Monitoraggio ambientale del SIM	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	6
1.1.4	Tematiche e Obiettivi Correlati.....	7
1.1.5	Benefici Attesi.....	7
1.1.6	Vincoli e Limitazioni	8
1.1.7	Stakeholders Coinvolti	8
1.1.8	Conclusione e Riepilogo	9
1.2	Requisiti funzionali.....	11
1.2.1	Elenco dei Requisiti Funzionali	11
1.2.2	Requisiti non Funzionali Correlati	21
1.2.3	Vincoli e Limitazioni	21
1.3	Architettura logico-applicativa del Sistema.....	21
1.3.1	Requisiti Non-Funzionali	21
1.3.2	Diagramma Architetture	22
1.3.3	Piattaforme SIM utilizzate.....	24
1.4	Dati di input.....	27
1.4.1	Introduzione ai Dati di Input	27
1.4.2	Catalogo delle Fonti di Dati.....	29
1.4.3	Specifiche di Contenuto	31
1.5	Sistemi federati	32
1.5.1	Introduzione ai Sistemi Federati.....	32
1.5.2	Elenco dei Sistemi Federati.....	32
1.6	Funzioni, Algoritmi e Modelli	32
1.6.1	Introduzione e Panorama Generale.....	32

1.6.2	Criteri di Selezione.....	32
1.6.3	Tipologie di Funzioni Applicative.....	33
1.6.4	Dettagli sugli Algoritmi	33
1.6.5	Dettagli sui Modelli	33
1.6.6	Analisi della Complessità Computazionale	34
1.6.7	Casistica di Utilizzo	34
1.6.8	Misure di Validazione e Verifica	34
1.7	Dati di output.....	34
1.7.1	Introduzione.....	34
1.7.2	Elenco Dati di Output	35

1 Caratterizzazione dello Stato dei Suoli a supporto delle attività di Monitoraggio ambientale del SIM

1.1 Obiettivo del servizio applicativo

1.1.1 Introduzione

Questa iniziativa progettuale intende fornire una “piattaforma” operativa e strumentale per dotare il SIM della capacità di acquisire elementi conoscitivi inerenti alla caratterizzazione completa dello stato dei suoli, attraverso un flusso di lavoro articolato che include:

- attività di prelievo di campioni in campo;
- analisi chimico-fisiche in laboratorio;
- applicazione di modelli di analisi che permettono la caratterizzazione “verticale” e “orizzontale” dei diversi parametri rilevati;
- restituzione cartografica delle componenti territoriali rilevate.

L'obiettivo complessivo da raggiungere è quello di aumentare la densità di osservazioni pedologiche¹ (profili e pozzetti) nelle aree agricole e forestali del Paese, avviando un piano di monitoraggio che preveda l'aggiornamento dei parametri pedologici: dei suoli (i.e. carbon stock, nitrogen stock, dotazione di nutrienti, erosione, salinizzazione, ecc.), attraverso nuove campagne di rilevamento.

Le risultanze ottenute potranno consentire, ad esempio, di:

- aumentare i profili ed i campioni di suoli analizzati ed archiviati nelle diverse banche dati nazionali, al fine di aumentare anche le scale delle mappe pedologiche, incrementando di conseguenza il dettaglio informativo di risoluzione spaziale;
- fornire riscontri di campo utili all'attività di monitoraggio della contaminazione dei suoli e la valutazione della loro qualità, in conformità con la Direttiva sul Monitoraggio del Suolo e Resilienza (COM/2023/416 final del 5/7/23);
- incrementare la validità dei dati derivanti da osservazioni satellitari, tramite la correlazione con i risultati delle analisi dei campioni di suolo, affinando la precisione delle elaborazioni e consolidando la loro applicabilità nello studio e nella gestione delle dinamiche ambientali e territoriali.

1.1.2 Scopo Generale

L'obiettivo principale del progetto è fornire lo strumento operativo per supportare la costruzione di un quadro informativo esauriente e dettagliato dello stato dei suoli, che sarà integrato all'interno delle banche dati del SIM. Tale integrazione consentirà di potenziare le capacità di monitoraggio

¹ In questo progetto si intende effettuare il rilevamento su scala nazionale al fine di descrivere in modo completo la morfologia derivante dallo sviluppo genetico-evolutivo del suolo. Questo sarà realizzato attraverso un piano di rilevamenti pedologico, volto a caratterizzare le componenti di terra, con una densità variabile a seconda della diversità dei pedopaesaggi, ma comunque non superiore a 1 profilo/ 60 km².

ambientale con dati specifici e dettagliati sul suolo, rendendo il SIM un sistema ancora più completo e versatile.

Il servizio sarà articolato attraverso diverse fasi di lavoro interconnesse che identificano, nel complesso, un processo operativo consistente. Il processo operativo si avvia con l'attività di prelievo di campioni di suolo direttamente in campo, seguendo protocolli standardizzati per assicurare la qualità e la rappresentatività dei campioni stessi. I campioni vengono successivamente analizzati in laboratorio per determinare i principali parametri chimico-fisici, come ad esempio la composizione chimica e la struttura fisica del suolo. Una volta ottenuti questi dati, si procede con l'applicazione di modelli matematici avanzati per ottenere una caratterizzazione sia "verticale" che "orizzontale" dei vari parametri rilevati. Questa fase è fondamentale per fornire una visione tridimensionale del suolo e per comprendere meglio le sue proprietà e le sue condizioni.

Infine, tutti i dati raccolti ed elaborati vengono sintetizzati in una rappresentazione cartografica dettagliata; questa fornisce una visione chiara delle varie aree territoriali e costituisce un elemento basilare per la pianificazione e la gestione delle risorse ambientali.

1.1.3 Esigenze e Requisiti Chiave

Nel contesto del monitoraggio ambientale, il servizio risponde a una serie di esigenze e requisiti chiave sia scientifici, sia operativi.

Per quanto riguarda le esigenze scientifiche, la disponibilità di dati accurati sullo stato dei suoli è fondamentale per diversi ambiti applicativi. Questi includono ad esempio la pianificazione agricola sostenibile, le valutazioni di impatto ambientale e il monitoraggio longitudinale della salute del suolo. Un elemento particolarmente rilevante è la necessità di "verità a terra" per la validazione dei dati satellitari. Questo aspetto è cruciale per confermare l'accuratezza delle informazioni ottenute attraverso tecniche di telerilevamento, garantendo così la affidabilità dei dati utilizzati nel monitoraggio ambientale su larga scala. Ulteriormente, il monitoraggio continuo della salute del suolo è necessario per tracciare le variazioni nel tempo, alimentando un sistema di analisi predittiva per potenziali problematiche quali l'erosione o la contaminazione.

Dal punto di vista operativo, vi sono invece requisiti specifici legati alla necessità di garantire l'integrazione complessiva dei prodotti di questo servizio con il Sistema Integrato di Monitoraggio Ambientale. Rispetto a questa esigenza, la capacità di correlare e integrare gli esiti dei rilievi con le risorse informative esistenti del SIM identifica una rilevante priorità, al fine di assicurare un "ecosistema" di monitoraggio ambientale più robusto e completo.

Al tempo stesso, garantire la configurabilità e scalabilità del servizio in questione è altresì fondamentale, in particolare per la gestione di grandi volumi di dati che possono variare sia in termini di complessità, sia di estensione delle aree oggetto di indagine.

Infine, è necessario che il servizio realizzato aderisca a rigorosi standard di sicurezza e privacy, per garantire l'integrità e la confidenzialità dei dati sensibili eventualmente oggetto di raccolta.

1.1.4 Tematiche e Obiettivi Correlati

Nel quadro del monitoraggio ambientale, il servizio si focalizza su diverse tematiche e obiettivi correlati che sono essenziali per una gestione efficace e sostenibile del territorio e per la caratterizzazione dettagliata del suolo. Di seguito è presentata una tabella che sintetizza queste tematiche e obiettivi:

Tematica	Obiettivo
Caratterizzazione del Suolo	Fornire una descrizione dettagliata dei parametri fisico-chimici del suolo
Salute del Suolo	Valutare i livelli di nutrienti e minerali nel suolo per un'agricoltura più sostenibile
Rilevazione dell'Inquinamento	Identificare potenziali contaminanti e valutare il loro impatto ambientale
Pianificazione Territoriale	Fornire dati accurati per guidare lo sviluppo sostenibile del territorio
Monitoraggio Ambientale	Integrare dati dettagliati sullo stato del suolo nel SIM
Analisi dei Dati	Combinare i dati del suolo con altre metriche ambientali nel SIM per un quadro più completo del monitoraggio ambientale
Reporting	Generare report ambientali completi che includano sia dati sul suolo che altre variabili ambientali

1.1.5 Benefici Attesi

Il servizio descritto in questo documento è concepito per apportare vantaggi su più livelli nel contesto del monitoraggio ambientale, attraverso l'uso delle risultanze delle attività di campionamento abbinato ad algoritmi avanzati di geo processamento e all'elaborazione di dati ad alta risoluzione spaziale.

Nell'ambito della gestione territoriale, il servizio agevola la valutazione delle strategie di gestione del suolo. Ciò è reso possibile attraverso il sostegno alla modellazione spaziale e l'analisi multivariata. Tale approccio consente una zonizzazione più accurata e una gestione delle risorse basata su solidi indicatori quantitativi, favorendo un incremento dell'efficienza nell'allocazione / utilizzo delle risorse e un miglioramento nelle strategie di mitigazione degli impatti ambientali.

Per quanto riguarda l'agricoltura di precisione, il servizio offre la possibilità di implementare pratiche agronomiche basate su dati, come la fertilizzazione "a rateo variabile" e l'irrigazione mirata. Questo è reso possibile attraverso la caratterizzazione dettagliata del suolo, che include parametri come la disponibilità di nutrienti, la struttura del suolo e la capacità di ritenzione idrica. Questi dati possono essere integrati in sistemi di supporto alle decisioni (DSS) per ottimizzare la produttività agricola.

Infine, il servizio funge da complemento essenziale ai sistemi di osservazione della Terra, offrendo dati di “verità a terra” indispensabili. Questi dati sono fondamentali per la calibrazione e la validazione di modelli analitici basati su rilevazioni satellitari e di telerilevamento, garantendo così maggiore precisione e affidabilità nelle analisi effettuate.

1.1.6 Vincoli e Limitazioni

Uno dei principali vincoli tecnici riguarda la “validità” delle metodologie di campionamento, che implica non solo l'accuratezza delle misurazioni, ma anche la pertinenza dei risultati ottenuti per applicazioni pratiche. La risoluzione spaziale e temporale dei dati raccolti, influenzata da elementi quali l'affidabilità degli strumenti di prelievo e misurazione e le condizioni ambientali al momento del rilievo, può limitare l'efficacia del loro impiego in scenari reali. Ulteriori vincoli possono essere identificati dai requisiti legati alla capacità computazionale per il trattamento dei dati aggiuntivi, soprattutto quando si tratta di integrare questi dati nel SIM a scala nazionale.

Dal punto di vista normativo, il servizio deve garantire la conformità con una serie di disciplinari e linee guida, sia a livello locale che internazionale. Questo può comportare restrizioni nell'uso di determinate tecniche di campionamento o nell'applicazione di specifici modelli analitici.

Per quanto riguarda gli aspetti operativi, le problematiche di natura logistica che si manifestano tipicamente nelle operazioni sul campo possono rappresentare un ostacolo significativo. Questo include la necessità di formazione specifica per gli utenti del SIM, che dovranno essere adeguatamente preparati per gestire e interpretare i nuovi tipi di dati generati dal servizio.

1.1.7 Stakeholders Coinvolti

Il servizio in questione è progettato per svolgere un ruolo essenziale nel SIM, rivelandosi cruciale per il suo funzionamento interno. Tuttavia, la sua portata va ben oltre, poiché prevede l'integrazione con una serie di sistemi esterni appartenenti sia al settore pubblico che a quello privato.

Tra gli enti pubblici coinvolti, vi sono le Agenzie di regolamentazione e monitoraggio ambientale. Queste istituzioni svolgono un ruolo chiave nella creazione di regolamenti di settore e nel monitoraggio dell'ambiente, fornendo dati tecnici essenziali per la definizione di norme e controlli.

Le Pubbliche Amministrazioni interessate dai temi ambientali, come ministeri, enti locali e regionali, rappresentano un altro gruppo significativo. Queste istituzioni, con un interesse diretto o indiretto nella gestione e nella protezione dell'ambiente, utilizzano i dati forniti per lo sviluppo di politiche, la pianificazione territoriale e la gestione delle risorse naturali.

Dal lato del settore privato, le Organizzazioni Agricole e gli Agricoltori sono particolarmente interessati a dati “certificati ed affidabili” per le loro attività quotidiane e una gestione sostenibile delle risorse agricole.

Infine, gli Enti di Ricerca e le Istituzioni Accademiche, che includono università e centri di ricerca, si avvalgono dei dati per condurre ricerche avanzate in vari ambiti scientifici.

Identificativo Utente	Soggetto	Ruoli tipici	Caratteristiche
O4U01	Agenzie di regolamentazione e monitoraggio ambientale	Produzione della regolamentazione di settore, monitoraggio ambientale	Forniscono elementi tecnici per la stesura del quadro normativo e di controllo, interessate da procedimenti amministrativi che si basano su dati accurati e tempestivi
O4U02	Pubbliche Amministrazioni	Formulazione di politiche, pianificazione territoriale, gestione delle risorse naturali	Interesse diretto o indiretto nella gestione e nella tutela dell'ambiente
O4U03	Organizzazioni Agricole e Agricoltori	Gestione delle risorse agricole	Interesse a dati precisi per la gestione sostenibile delle risorse agricole
O4U04	Enti di Ricerca e Accademici	Utilizzo dei dati per la ricerca	Utilizzo dei dati per la ricerca avanzata in vari campi scientifici

Ciascuna categoria di stakeholder trae benefici specifici dall'integrazione e dall'utilizzo dei dati forniti con il servizio nell'ambito delle proprie aree di competenza.

Allo stesso tempo, queste informazioni sono essenziali anche per il SIM, che agisce da stakeholder chiave, in quanto contribuiscono all'arricchimento delle basi di dati gestite e forniscono elementi oggettivi per la validazione dei dati di Osservazione della Terra (EO) utilizzati.

1.1.8 Conclusione e Riepilogo

Il servizio descritto in questo documento è stato progettato per arricchire il Sistema Integrato di Monitoraggio Ambientale (SIM) fornendo una piattaforma avanzata, sia operativa che strumentale, per la caratterizzazione dello stato dei suoli tramite analisi 'in-situ'. Tra gli obiettivi principali, delineati per spaziare dalla raccolta di campioni sul campo all'analisi in laboratorio, vi è l'impiego di modelli matematici sofisticati. Questi modelli sono fondamentali per interpretare i dati raccolti e per la creazione di mappe dettagliate, contribuendo a una comprensione più profonda dello stato dei suoli e migliorando le capacità di monitoraggio ambientale del SIM.

Le priorità del servizio sono state stabilite in base a una serie di esigenze e requisiti essenziali, sia dal punto di vista scientifico che operativo. Tra questi, la compatibilità con le infrastrutture già esistenti del SIM è stata riconosciuta come fondamentale, seguita dall'importanza della scalabilità e della sicurezza dei dati. In aggiunta, l'apporto di dati di "verità a terra" per la validazione delle informazioni satellitari è stato assunto come un elemento chiave, cruciale per il supporto al raggiungimento degli obiettivi del SIM.

Sulla base di quanto fin qui ipotizzato, sono anche individuabili successive attività di evoluzione in grado di delineare futuri sviluppi del servizio.

1. **Ottimizzazione e Aggiornamento dei Moduli:** Continua revisione e ottimizzazione dei moduli esistenti per garantire che siano allineati con le esigenze in continua evoluzione del monitoraggio ambientale.
2. **Integrazione di Nuove Tecnologie:** Esplorazione e integrazione di nuove tecnologie e metodi analitici che possono migliorare la precisione e l'efficacia del servizio.
3. **Ampliamento delle Funzionalità di Analisi:** Implementazione di nuovi algoritmi e tecniche di analisi per estendere le capacità del servizio in termini di analisi dei dati e modellazione.
4. **Collaborazione con Stakeholders:** Stabilire partnership con enti di ricerca, agenzie di regolamentazione e altri stakeholder per migliorare la qualità e l'applicabilità dei dati raccolti.
5. **Valutazione dell'Impatto Ambientale:** Sviluppo di metriche e indicatori per valutare l'impatto del servizio sul monitoraggio ambientale e sulla gestione sostenibile delle risorse.
6. **Formazione e Sviluppo delle Competenze:** Programmi di formazione per gli operatori del SIM e altri stakeholder per garantire un utilizzo efficace del servizio.
7. **Monitoraggio e Valutazione:** Implementazione di un sistema di monitoraggio e valutazione per tracciare le prestazioni del servizio e identificare aree per miglioramenti futuri.

1.2 Requisiti funzionali

1.2.1 Elenco dei Requisiti Funzionali

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
O4_RF001	Definizione area di campionamento	Il sistema deve includere un modulo o una funzionalità che permetta di importare, visualizzare e utilizzare uno schema di campionamento predefinito per determinare i punti di prelievo di campo.	<p>Questa funzionalità dovrebbe consentire:</p> <ul style="list-style-type: none"> · L'importazione di schemi di campionamento da fonti esterne (es. file CSV, Excel, sistemi GIS). · La visualizzazione grafica dello schema di campionamento su una mappa interattiva. · La selezione e la modifica dei punti di prelievo di campo direttamente sulla mappa. · La possibilità di aggiungere note e dettagli specifici per ciascun punto di prelievo di campo. · La generazione di report dettagliati sui punti di prelievo di campo selezionati, inclusi dati geografici e note specifiche.

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
O4_RF002	Sistema di pianificazione delle attività di campionamento, inclusa la programmazione temporale e la selezione dei siti.	Interfaccia per la creazione di piani di campionamento con funzionalità di calendario e mappatura.	<p>Campionamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Sviluppo di un'interfaccia di calendario interattivo per la pianificazione temporale delle attività di campionamento. · Implementazione di un sistema di mappatura GIS interattivo per la selezione dei siti di campionamento. · Collegamento della mappatura GIS con il calendario per una pianificazione integrata e visuale. · Funzionalità di selezione multipla e modifica dei siti di campionamento direttamente sulla mappa. · Sincronizzazione con il database centrale per assicurare coerenza e tracciabilità dei dati di campionamento. <p>Interoperabilità con Altri Sistemi e Formati di Dati:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Implementazione di funzionalità di importazione ed esportazione dati per facilitare l'integrazione con altri sistemi. · Supporto per vari formati di dati, come CSV e Excel, per l'importazione ed esportazione di schemi di campionamento. <p>Funzionalità Avanzate per la Gestione dei Dati di Campionamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Sviluppo di strumenti per l'aggiunta di note e dettagli specifici per ciascun sito di campionamento direttamente sulla mappa. · Implementazione di un sistema di reportistica per generare report dettagliati sulle attività di campionamento pianificate, inclusi dati geografici e note specifiche.

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
O4_RF003	Tracciamento delle operazioni in campo, dalla raccolta dei campioni al loro conferimento ai laboratori.	Modulo per la gestione logistica e operativa, con funzionalità di tracciamento in tempo reale.	<p>Campionamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Sviluppo di un'interfaccia per il tracciamento delle operazioni in campo, dalla raccolta dei campioni al loro trasporto ai laboratori. · Integrazione di un sistema di mappatura per visualizzare la posizione dei campioni e delle squadre di campionamento sul campo. · Implementazione di funzionalità per la registrazione e la modifica delle informazioni relative ai campioni raccolti. <p>Creazione di un Sistema di Tracciamento Integrato con Database di Gestione dei Campioni e Logistica di Trasporto:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Implementazione di un sistema di tracciamento dei campioni che registra il percorso di ogni campione dal campo al laboratorio. · Sviluppo di funzionalità per l'integrazione con sistemi di logistica esterni per coordinare il trasporto dei campioni. · Creazione di un'interfaccia per la visualizzazione dello stato dei campioni, inclusi i tempi di arrivo previsti ai laboratori e le condizioni di trasporto. · Implementazione di notifiche e avvisi in tempo reale per eventuali ritardi o problemi nella logistica di campionamento. <p>Sviluppo di Strumenti di Collaborazione e Comunicazione per le Squadre di Campionamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Creazione di un modulo di comunicazione interna per permettere la comunicazione fluida tra i membri della squadra di campionamento. · Implementazione di funzionalità di condivisione di documenti e dati tra i membri della squadra, consentendo l'accesso in tempo reale alle informazioni più aggiornate.

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
O4_RF004	Acquisizione automatica o manuale dei risultati delle analisi di laboratorio.	Modulo di acquisizione dati con integrazione per vari formati di dati di laboratorio (es. CSV, XML).	<p>Implementazione di un Modulo di Acquisizione Dati per Risultanze Analisi di Laboratorio:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Sviluppo di un'interfaccia per l'acquisizione automatica o manuale dei risultati delle analisi di laboratorio. · Implementazione di funzionalità per l'importazione di risultati di analisi da fonti esterne, come sistemi di laboratorio o file in formati standard (CSV, Excel). · Integrazione di un sistema di convalida dei dati importati per garantire l'accuratezza e la completezza delle informazioni. <p>Creazione di Interfacce API per l'Integrazione con Sistemi di Laboratorio:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Sviluppo di API per la comunicazione diretta con i sistemi informatici dei laboratori, per l'acquisizione automatica dei dati. · Implementazione di meccanismi di sicurezza per proteggere la trasmissione dei dati sensibili tra il sistema e i laboratori. <p>Sviluppo di Moduli di Importazione Dati:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Creazione di strumenti per la mappatura e l'importazione dei dati di laboratorio, consentendo una corretta interpretazione dei formati dati diversi. · Implementazione di un'interfaccia utente intuitiva per guidare l'utente nell'importazione manuale dei dati di laboratorio.

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
O4_RF005	Riscontro e validazione dei risultati delle analisi di laboratorio.	Funzionalità per la revisione, la validazione e l'annotazione dei risultati di laboratorio.	<p>Implementazione di Funzionalità per la Revisione e Validazione dei Risultati delle Analisi di Laboratorio:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sviluppo di un'interfaccia utente per il riscontro e la validazione dei risultati delle analisi di laboratorio. Questa interfaccia dovrebbe consentire agli utenti di rivedere i dati ricevuti, marcarli come verificati o richiedere ulteriori analisi. Creazione di un workflow di validazione che guidi gli utenti attraverso i passaggi necessari per la conferma dei risultati, inclusa l'annotazione di eventuali discrepanze o osservazioni. <p>Implementazione di controlli automatici di coerenza e accuratezza dei dati, che allertino gli utenti in caso di anomalie nei risultati ricevuti.</p> <p>Sviluppo di Strumenti di Annotazione e Feedback per i Risultati di Laboratorio:</p> <ul style="list-style-type: none"> Creazione di funzionalità che consentano agli utenti di aggiungere note, commenti e feedback specifici per ciascun risultato di analisi di laboratorio. Implementazione di una cronologia di revisioni per tracciare le modifiche, le osservazioni e le validazioni effettuate sui dati di laboratorio. <p>Integrazione con Sistemi di Reporting e Analisi dei Dati:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sviluppo di funzionalità per la generazione automatica di report che includano sia i dati di laboratorio originali sia le annotazioni e le validazioni apportate dagli utenti. Implementazione di dashboard analitiche che consentano agli utenti di visualizzare e analizzare le tendenze e le anomalie nei dati di laboratorio.

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
O4_RF006	Analisi e monitoraggio dell'andamento della campagna di campionamento.	Strumenti di analisi dati e dashboard per il monitoraggio delle performance della campagna.	<p>Sviluppo di Strumenti di Analisi Dati e Dashboard per il Monitoraggio delle Performance della Campagna di Campionamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Implementazione di un dashboard analitico per il monitoraggio in tempo reale dell'andamento della campagna di campionamento. La dashboard dovrebbe visualizzare metriche chiave come il numero di campioni raccolti, lo stato dei campioni, e le aree geografiche coperte. · Sviluppo di funzionalità di filtraggio e ricerca all'interno della dashboard per consentire agli utenti di visualizzare dati specifici in base a vari criteri, come data, località, o tipo di campione. <p>Integrazione di strumenti di visualizzazione grafica, come mappe interattive e grafici, per rappresentare visivamente i dati della campagna di campionamento.</p> <p>Creazione di Moduli per l'Analisi dei Trend e delle Anomalie nei Dati di Campionamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Sviluppo di algoritmi di analisi dei dati per identificare tendenze, pattern e anomalie nei dati di campionamento. · Implementazione di notifiche e avvisi automatizzati in caso di rilevazione di anomalie o deviazioni significative dai trend attesi. <p>Integrazione con Sistemi di Reporting e Generazione di Report Dettagliati:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Sviluppo di funzionalità per la generazione di report dettagliati che includano analisi dei dati, commenti, e osservazioni sullo stato della campagna di campionamento. · Implementazione di opzioni di esportazione dei report in vari formati, come PDF o Excel, per facilitare la condivisione e la presentazione dei dati.

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
O4_RF007	Elaborazione avanzata dei dati raccolti	Capacità di processare dati con tecniche statistiche e algoritmi di ML	<p>Importazione e Preparazione dei Dati:</p> <ul style="list-style-type: none"> Implementazione di moduli per l'importazione di dati raccolti da fonti esterne, come file CSV, Excel e sistemi GIS. Preparazione dei dati per l'analisi, inclusa la pulizia e la normalizzazione dei dati in ingresso. <p>Analisi Avanzata dei Dati:</p> <ul style="list-style-type: none"> Integrazione di tecniche statistiche avanzate, come la regressione lineare o logistica, per analizzare i dati raccolti. Implementazione di algoritmi di machine learning, come alberi decisionali e reti neurali, per identificare pattern complessi nei dati. <p>Visualizzazione dei Risultati:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sviluppo di una mappa interattiva per la visualizzazione grafica dei risultati dell'analisi dei dati. Implementazione di strumenti per la selezione e la modifica dei risultati dell'analisi direttamente sulla mappa. <p>Documentazione e Reportistica:</p> <ul style="list-style-type: none"> Creazione di una funzionalità per aggiungere note e dettagli specifici ai risultati dell'analisi. Generazione di report dettagliati che includono sia i dati analizzati che le note e dettagli specifici.

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
O4_RF008	Analisi spaziale dei parametri del suolo	Impiego di Modelli Spaziali: Kriging, Modelli di Regressione Geografica, Autoregressione Spaziale e Interpolazione Inversa a Distanza	<p>Gestione dei Dati di Input</p> <ul style="list-style-type: none"> Sviluppo di interfacce per l'importazione di dati geospaziali da fonti diverse (CSV, Excel, sistemi GIS). <p>Elaborazione e Analisi dei Dati</p> <ul style="list-style-type: none"> Integrazione di metodi avanzati di interpolazione per l'analisi dettagliata dei dati del suolo <ul style="list-style-type: none"> Kriging: Tecnica di interpolazione geostatistica per analizzare dettagliatamente i dati del suolo. Modelli di Regressione Geografica: Strumento per esplorare le relazioni spaziali tra variabili. Autoregressione Spaziale: Considerazione delle dipendenze spaziali nei dati durante l'analisi. Interpolazione Inversa a Distanza: Metodo per stimare valori sconosciuti basandosi sulla vicinanza spaziale tra i punti di dati. Implementazione di una funzionalità per aggiungere annotazioni e dettagli specifici ai punti di analisi sul suolo. <p>Visualizzazione dei Dati</p> <ul style="list-style-type: none"> Creazione di un GeoViewer interattivo all'interno del modulo per la visualizzazione grafica dei dati del suolo. Sviluppo di strumenti per visualizzare, selezionare e modificare i punti di analisi direttamente sulla mappa. <p>Reportistica e Output:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sviluppo di una funzione per creare report dettagliati che includano dati geografici e annotazioni aggiunte dagli utenti.

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
O4_RF009	Visualizzazione su base cartografica dei risultati dell'analisi	Generazione di mappe e rappresentazioni grafiche spaziali	<p>Importazione e Gestione dei Dati</p> <ul style="list-style-type: none"> · Sviluppo di un'interfaccia per l'importazione di schemi di campionamento da fonti esterne, quali file CSV, Excel e sistemi GIS. · Implementazione di un sistema per il parsing e la normalizzazione dei dati importati, garantendo la compatibilità con il formato del modulo. <p>Visualizzazione e Interazione con la Mappa</p> <ul style="list-style-type: none"> · Creazione di una mappa interattiva, in grado di visualizzare graficamente lo schema di campionamento. · Implementazione di funzionalità di selezione e modifica dei punti di prelievo di campo direttamente sulla mappa. · Integrazione di strumenti per l'aggiunta e la modifica di note e dettagli specifici per ogni punto di prelievo di campo sulla mappa. <p>Generazione di Report</p> <ul style="list-style-type: none"> · Sviluppo di un modulo per la generazione di report dettagliati, che includano dati geografici e note specifiche per i punti di prelievo di campo selezionati. · Implementazione di opzioni di esportazione per i report in formati diversi (es. PDF, Excel), facilitando la condivisione e l'analisi dei dati.

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
O4_RF010	Archiviazione e gestione dei dati storici	Conservazione dei dati storici per analisi retrospettive e confronti temporali.	<p>Archiviazione e Gestione dei Dati Storici</p> <ul style="list-style-type: none"> Creazione di un sistema di archiviazione dedicato per i dati storici, ottimizzato per l'efficienza e l'accessibilità. Inclusione di funzionalità di ricerca avanzate per recuperare dati specifici in base a criteri temporali o altre variabili. <p>Gestione delle Versioni</p> <ul style="list-style-type: none"> Implementazione di un sistema di gestione delle versioni per tenere traccia delle modifiche ai dati storici. Documentare le modifiche e le revisioni dei dati storici in modo completo.

Tabella 1 Elenco dei Requisiti Funzionali

1.2.2 Requisiti non Funzionali Correlati

Allo stato attuale non si ravvedono specifici requisiti non funzionali correlati all'applicativo in analisi.

1.2.3 Vincoli e Limitazioni

Non si ravvedono vincoli e limitazioni ulteriori rispetto a quanto riportato al paragrafo 1.1.6 *Vincoli e Limitazioni*.

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
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 richiedono
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
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 oppure per notificare l'alert di una situazione di pericolo.
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 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.

REQUISITO	DESCRIZIONE
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 Architettuale

L'accesso all'applicativo avviene tramite la piattaforma digital experience platform che consente di gestire l'interfaccia web GIS su diversi device (pc o mobile) e di definire le regole di accesso in funzione delle classi di utenza definite nel SIM, quali: l'utenza di portale, l'utenza di geo processing e dell'utenza di monitoraggio.

I databases che memorizzano le informazioni relativi alle analisi di laboratorio, ai parametri chimico fisici, alla documentazione e alle mappe pedologiche sono dislocati in aree di storage del PSN dedicate al MASE e accessibili tramite servizi dedicati implementati dall'applicativo. I dati in questione sono quindi segregati logicamente in aree di storage del PSN, ma accessibili unicamente dal MASE. L'applicativo configura a priori nel repository "Master Catalog" le informazioni tecniche legate alle modalità di reperimento del dato.

I metadati relativi alle mappe generate dall'applicativo vengono registrati nel discovery and access broker GEO DAB del SIM in modo da gestirne le richieste da interfaccia web in funzione delle loro caratteristiche geospaziali.

Nell'application platform vengono implementati microservizi a supporto delle attività che l'utente svolge:

- Servizi a supporto della convalida del campionamento, l'applicativo implementa un'applicazione sviluppata ad hoc da fornire agli utenti adibiti al campionamento per permettere all'utente tecnico il raggiungimento del punto di campionamento e la convalida dello stesso. Questi servizi gestiscono la interazione tra le richieste API dell'app mobile e i servizi delle unità di storage PSN dedicate al MASE

Nell'intelligence platform l'applicativo implementa servizi a supporto dell'applicazione dei modelli di analisi statistica e algoritmi di machine learning sui parametri chimico fisici risultanti dalle analisi del campione inclusi quelli che permettono una caratterizzazione sia "verticale" che "orizzontale" dei parametri del suolo. L'obiettivo è identificare pattern significativi nei dati del suolo che possano fornire insight utili per la caratterizzazione dello stato dei suoli. Estraggono il dato dalle unità di storage del PSN dedicate al MASE tramite servizi dedicati, li elaborano e generano in output i layer delle mappe pedologiche, mappe punti di campionamento (pianificati e/o effettuati) o di mappe dettagliate che descrivono la distribuzione geo-spazializzata di vari parametri del suolo, come la composizione chimica, la struttura fisica e la presenza di contaminanti.

Tali mappe sono memorizzate nelle unità di storage PSN dedicate al MASE e rese disponibili tramite servizi WMS dal GIS server del PSN.

Di seguito viene presentato il diagramma architettuale dell'applicativo mappato sull'architettura di riferimento del SIM. E' possibile identificare le seguenti macro interconnessioni tra le componenti all'interno delle fasi operative dell'applicativo. Questo applicativo si avvale dei servizi implementati

dall'applicativo O4 "Monitoraggio della Qualità dei Suoli" relativi alla pianificazione e alla gestione delle attività di analisi di laboratorio. Con tali servizi avvengono le seguenti fasi:

- L'utente pianifica le attività di prelievo del campione da interfaccia web invocando il servizio di pianificazione implementato dall'applicativo O4
- Il servizio dell'applicativo O4 di pianificazione dell'attività di campionamento memorizza le informazioni nella unità di storage PSN dedicata al MASE

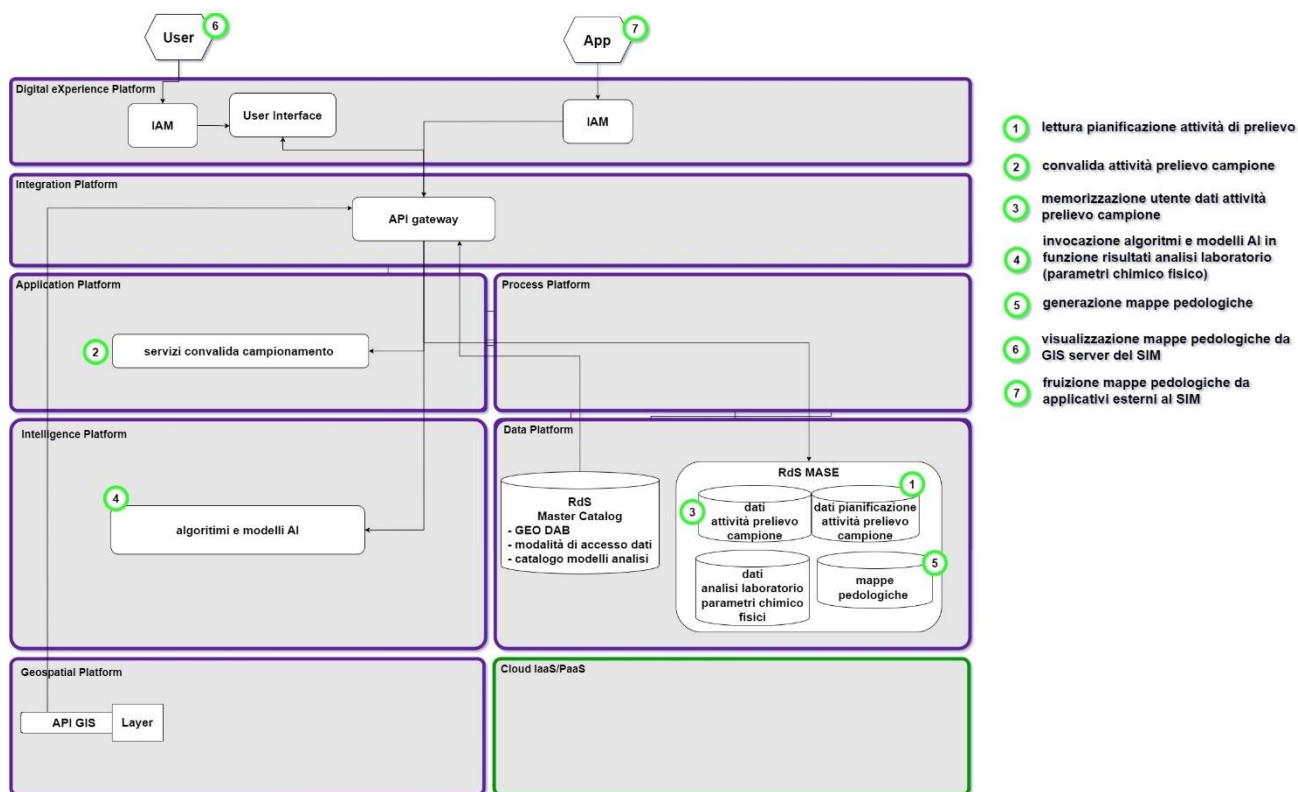
Di seguito le fasi implicate per questo applicativo:

- L'operatore tecnico predisposto all'attività legge la pianificazione memorizzata al punto b)
- L'operatore tecnico predisposto all'attività di campionamento esegue il campionamento e lo convalida invocando tramite app mobile il servizio a supporto nell'application platform
- Il servizio di convalida campionamento memorizza i dati relativi alle modalità di campionamento forniti dall'operatore tecnico tramite app mobile

A questo punto le analisi di laboratorio vengono eseguite tramite laboratori esterni che memorizzano nel SIM i risultati dei parametri chimico fisico rilevati:

- L'utente seleziona tramite interfaccia utente l'algoritmo o il modello AI/ML contenuto nel Master Catalog e invoca i servizi di intelligence platform relativi a quel modello per eseguire le analisi statistiche e di AI/ML in funzione dei parametri chimico fisici
- I servizi al punto precedente generano e memorizzano le mappe pedologiche e ne registrano i metadati nel GEO DAB
- Le mappe sono visualizzabili da interfaccia web GIS tramite servizi WMS esposti dal GIS server del SIM
- Le mappe pedologiche possono essere richieste tramite servizi WMS esposti dal GIS server del SIM

I punti contrassegnati in verde nel diagramma danno evidenza della sequenza sopra descritta:



1.3.3 Piattaforme SIM utilizzate

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
Application Platform (DevSecOps)	Pipeline CI/CD Engine	SI	Il codice dei microservizi implementati all'interno dell'application platform viene versionato sul repository di progetto e deployato in collaudo e produzione tramite tool di pipeline automatizzate
	Software Forge	SI	La gestione del versioning, del tracciamento dei problemi, la collaborazione tra gli sviluppatori ha impatti su tutte le piattaforme coinvolte nel disegno architetturale come da paragrafo precedente
	Application Defined Storage Engine	SI	Disponibilità di un permanent storage per memorizzare temporaneamente le informazioni dei servizi dell'application platform
	Service Mesh	NO	
	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

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			informazioni dettagliate sullo stato del sistema impatta tutte le piattaforme coinvolte nel disegno architetturale 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	
	Complex Event Processing	NO	
Data Platform	Extract, Transform, Load (ETL) tools	NO	
	Data Modelling tools	SI	L'applicativo definisce gli schemi dei databases che compongono il master catalog e dei dati relativi al campionamento e ai parametri chimico fisici
	Business Intelligence tools	NO	
	Metadata Management tools	SI	Il master catalog viene gestito da tools di metadata management
	Data Governance tools	NO	
	Data modeling and Preparation tools	NO	
	Report creation/generation	NO	
	Data Visualization engines	NO	
	Indexing, search	SI	I metadata del master catalog relativi alle modalità di accesso ai dati di campionamento e relative analisi, vengono indicizzati per migliorarne le performance in situazioni di ricerca
Intelligence Platform	AI/ML Frameworks catalog	SI	Nel master catalog vengono registrati i modelli di analisi statistica e di AI/ML disponibili per l'applicazione delle trasformazioni sui dati
	AI/ML Flows	SI	Vengono predisposti strumenti di progettazione di workflow che

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			implementano flussi condizionati di elaborazioni AI/ML
	AI Models Lifecycle Management	SI	Viene gestito il versioning dei modelli AI/ML
	AI Data Preparation	SI	
	Model Deployment	SI	
	Model Monitoring	SI	
	ML Scaling Framework	SI	
Integration Platform	Integration Flows (Scenarios)	SI	Il flusso di integrazione tra i componenti delle piattaforme avviene sempre tramite l'integration platform
	Connectors	NO	
	Data mapping and transformation	NO	
	Integration workflow automation	NO	
	API management	SI	L'applicativo implementa il routing delle richieste API tra le varie componenti delle piattaforme
	API gateway	SI	L'applicativo gestisce 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	L'applicativo implementa e fornisce l'app mobile a supporto dell'operatore che esegue l'attività di prelievo del campione al fine di raggiungere la posizione di campionamento pianificata e di convalidarla ultimata l'attività
	Content Personalization	NO	
	Content and Service Analytics	NO	
	Identity Management Support Integration	SI	
	Service Access Policies	SI	
	Single Page Apps	NO	
	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 utilizza componenti software riutilizzabili all'interno di più pagine web
	SEO and Page Analytics	NO	
Geospatial Platform	Data Integration	NO	
	Remote Sensing	NO	
	GIS base services	SI	L'applicativo offre servizi secondo standard OGC
	Spatial Analysis	SI	L'utente deve avere la possibilità di eseguire funzionalità geospaziali durante la fase di pianificazione dell'attività di campionamento
	Risk Assessment	NO	
	Predictive Modeling	NO	
	Climate Change Analysis	NO	
	Environmental Impact Assessment	NO	
	Reporting and Visualization	SI	
	Historical Data Analysis	NO	
	Scenario Planning	NO	

1.4 Dati di input

1.4.1 Introduzione ai Dati di Input

Il servizio è sviluppato con l'intento di processare e fornire all'ecosistema SIM un set dettagliato di dati relativi alle proprietà chimiche e fisiche del suolo. I dati impiegati vengono quindi "scelti" in base agli obiettivi della campagna di ricognizione "in situ" e all'utilizzo previsto dei risultati ottenuti nell'ambito dei Verticali SIM.

Come già accennato nella premessa del documento, è ipotizzata una prima campagna finalizzata a reperire i dati pedologici necessari per l'aggiornamento della carta dei suoli d'Italia.

Pertanto, come input al processo verranno utilizzati i dati relativi a:

- carte pedologiche (di vario formato, scala e periodo di riferimento)
- piano di campionamento
- risultanze delle analisi svolte sui campioni.

1.4.2 Catalogo delle Fonti di Dati

Si riporta l'elenco in forma tabellare dei dati con le caratteristiche indicate nella parte generale.

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
O4_DI001	SOIL DATABASE 250 – Banca dati dei suoli in scala 1:250.000	CREA	Online /offline	Informazione attualmente non disponibile	Informazione allo stato attuale non disponibile	Dato non sensibile	Base per l'aggiornamento della nuova carta pedologica	Non si ravvisano criticità allo stato attuale. Il dato è nella disponibilità dell'utente owner.
O4_DI002	Piano di campionamento	SIM	Online /offline	Decisa da utente	Dato di input generato da apposita funzione presente nel SIM	Dato non sensibile	Base per l'aggiornamento della nuova carta pedologica	
O4_DI003	Risultanze delle analisi svolte sui campioni	SIM	Online /offline	Periodica	L'accesso è da realizzare e potrà avvenire attraverso: · funzionalità per l'importazione di risultati di analisi da sistemi di laboratorio; · file in formati standard (CSV, Excel).	Dato non sensibile	Base per l'aggiornamento della nuova carta pedologica	
O4_DI004	Confini amministrativi	ISTAT	Online/Offline	Decennale per lo stato nazionale con	Disponibile sul sito ISTAT e sarà presente nel SIM	Dato non sensibile	Dati di base per inquadramento territoriale.	Non si ravvisano criticità allo stato attuale

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
				possibili aggiornamenti puntuali annuali dell'ISTAT				

1.4.3 Specifiche di Contenuto

Id	Specifiche di contenuto
O4_DI001	<p>SOIL DATABASE 250 – Banca dati dei suoli in scala 1:250.000</p> <p>Banca dati georeferenziata delle tipologie di suolo e Unità Cartografiche collegate in scala 1:250.000. La banca dati comprende i poligoni delle unità cartografiche (Sottosistemi di suolo), le Tipologie di suolo connesse (STS in % di estensione per ogni UC) e almeno un profilo caposaldo completo di descrizione stazione, orizzonti e dati analitici di base per ogni STS descritta. Armonizzazione da fonti dati Cataloghi regionali e cartografie realizzate nell'ambito del progetto MiPAAF Carta dei suoli d'Italia in scala 1:250.000.</p>
O4_DI002	<p>Piano di campionamento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aree Geografiche: Regioni o aree geografiche sub-regionali che sono carenti di cartografie pedologiche regionali • Piano di Rilevamento Pedologico: Caratterizzazione delle componenti di terra, tenendo conto della diversità dei pedopaesaggi² presenti. • Densità del Campionamento: Variabile in base alla diversità dei pedopaesaggi, ma mantenendo comunque una densità media a livello nazionale che non superi 1 profilo per 60 chilometri quadrati.
O4_DI003	<p>Risultanze delle analisi svolte sui campioni.</p> <p>Le analisi di laboratorio effettuate sui campioni di suolo ai fini di un'analisi pedologica forniscono informazioni sulle seguenti caratteristiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tessitura • pH • Permeabilità • Densità apparente • Carbonio organico • ... <p>Per ogni campione è associata la relativa scheda di campo, i cui principali contenuti sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descrizione di Campo • Tipo di Osservazione Pedologica • Dettagli dell'Osservazione • Origine della Sezione • Supporto Cartografico • Fotografie dell'Osservazione • Fattori della Pedogenesi

² Il termine “pedopaesaggio” è utilizzato per esprimere la combinazione dei fattori pedogenetici (fattori della pedogenesi) e dei loro pattern ricorrenti. Un pedopaesaggio è una porzione di superficie terrestre che raccoglie suoli che hanno in comune una o più caratteristiche. La pedogenesi è l'insieme dei processi fisici, chimici e biologici che, partendo dalla disgregazione delle rocce e attraverso l'aumento del tenore di sostanza organica e la migrazione delle sostanze chimiche disciolte nelle acque sia superficiali sia profonde, porta allo sviluppo e alla formazione dei suoli.

Id	Specifiche di contenuto
	<ul style="list-style-type: none"> Morfometria e Fisiografia
O4_DI004	<p>Confini amministrativi</p> <p>Rappresentano le partizioni ufficiali di Comuni Province Regioni, rilasciate da ISTAT in formato vettoriale ed inserite nel repository del SIM.</p>

1.5 Sistemi federati

1.5.1 Introduzione ai Sistemi Federati

La natura trasversale e l'applicabilità generale del servizio consentono di definire l'interoperabilità con sistemi esterni al SIM in modo dinamico e non preordinato, adattandosi in base alle caratteristiche specifiche di ciascuna campagna di rilievo in campo.

1.5.2 Elenco dei Sistemi Federati

Si veda paragrafo precedente.

1.6 Funzioni, Algoritmi e Modelli

1.6.1 Introduzione e Panorama Generale

L'applicativo è progettato con l'obiettivo di elaborare e mettere a disposizione all'interno dell'ecosistema SIM un insieme dettagliato di informazioni riguardanti le caratteristiche chimiche e fisiche del suolo. Questo processo include l'analisi accurata di vari aspetti, come la composizione del terreno, la struttura, la permeabilità e altri fattori cruciali che influenzano la qualità e la fertilità del suolo.

I modelli impiegati sono specialmente selezionati per convertire dati discreti, raccolti da singoli punti di misurazione, in analisi spaziali di tipo continuo con la caratterizzazione delle grandezze osservate. Questo permette di ottenere una rappresentazione dettagliata e dinamica del suolo, fondamentale per gli utilizzi negli altri Verticali del SIM.

1.6.2 Criteri di Selezione

La scelta di un modello idoneo per l'analisi dei parametri del suolo in ambito di osservazione della terra e monitoraggio territoriale e ambientale è basata su criteri formali e tecnici, riconducibili a:

- *Finalità dell'Analisi* I modelli statistici sono indicati per stabilire correlazioni lineari, mentre i modelli di machine learning sono preferibili per riconoscere pattern complessi nei dati;
- *Caratteristiche dei Dati* I dati con una forte componente spaziale richiedono modelli spaziali, mentre quelli che presentano variazioni temporali necessitano di modelli temporali;
- *Complessità del Fenomeno* Fenomeni con interazioni non lineari tra variabili richiedono modelli di machine learning o ibridi;
- *Disponibilità di Dati* Modelli di machine learning avanzati richiedono ampie quantità di dati per prestazioni ottimali;
- *Interpretabilità dei Risultati* La necessità di interpretare i risultati orienta verso modelli più trasparenti come quelli statistici o alcuni tipi di alberi decisionali.

1.6.3 Tipologie di Funzioni Applicative

Pianificazione:

- Progettazione dello schema di campionamento per il rilevamento pedologico e il monitoraggio del suolo.
- Definizione dei protocolli per il campionamento del suolo e per la raccolta dei dati, inclusa la geolocalizzazione delle operazioni.

Esecuzione:

- Realizzazione dei profili di suolo e scavi/trincee per osservare la variabilità del suolo.
- Raccolta dei campioni di suolo e loro analisi da parte di un laboratorio certificato per determinare i valori relativi ai parametri d'interesse.

Analisi dei Risultati:

- Elaborazione dei dati raccolti utilizzando tecniche avanzate di analisi statistica e algoritmi di machine learning.
- Applicazione di vari tipi di modelli (statistici, di machine learning, spaziali, temporali, ibridi, e di simulazione) per la caratterizzazione del suolo in termini verticali e orizzontali.
- Identificazione di pattern significativi nei dati per fornire evidenze sulla caratterizzazione dello stato dei suoli.

Produzione dei Tematismi:

- Sviluppo di tematismi basati sui risultati dell'analisi, che riflettono la distribuzione spaziale e la variabilità temporale dei parametri del suolo.
- Creazione di rappresentazioni visive e report dettagliati che sintetizzano le scoperte e le caratteristiche rilevate del suolo.

1.6.4 Dettagli sugli Algoritmi

n.a.

1.6.5 Dettagli sui Modelli

I modelli utilizzati in questa fase possono essere classificati in diverse categorie, in base alla loro natura, complessità e applicabilità:

- **Modelli Statistici:** questi modelli utilizzano metodi statistici come la regressione lineare o logistica per identificare relazioni tra variabili. Sono spesso utilizzati per analisi esplorative e per stabilire correlazioni tra parametri del suolo.
- **Modelli di Machine Learning:** includono algoritmi come alberi decisionali, random forest, e reti neurali. Sono particolarmente utili per identificare pattern complessi nei dati che potrebbero non essere immediatamente evidenti attraverso metodi statistici tradizionali.
- **Modelli Spaziali:** tali modelli considerano la distribuzione spaziale dei parametri del suolo e sono spesso basati su tecniche di interpolazione come kriging. Sono utili per la caratterizzazione "orizzontale" del suolo.

- **Modelli Temporal**i: i modelli analizzano le variazioni dei parametri del suolo nel tempo e possono includere modelli autoregressivi o modelli basati su serie temporali.
- **Modelli Ibridi**: essi combinano elementi di più tipi di modelli per creare un approccio più robusto e accurato. Ad esempio, un modello potrebbe combinare tecniche di machine learning con modelli statistici per migliorare la precisione delle previsioni.
- **Modelli di Simulazione**: tali modelli utilizzano equazioni differenziali o altre tecniche di interpolazione statistico-matematiche per simulare i processi fisici e chimici che influenzano i parametri del suolo. Sono utili per la caratterizzazione “verticale” e per prevedere come vari fattori possono influenzare lo stato del suolo nel futuro.

1.6.6 Analisi della Complessità Computazionale

La gestione di questo insieme di modelli richiede un'attenta pianificazione delle risorse computazionali, considerando fattori come la dimensione e la complessità del set di dati, la precisione richiesta nelle previsioni, e la frequenza di aggiornamento o ricalcolo dei modelli.

1.6.7 Casistica di Utilizzo

Si veda paragrafo Criteri di Selezione (1.6.2)

1.6.8 Misure di Validazione e Verifica

In generale, la selezione delle misure di validazione e verifica dipende dagli obiettivi specifici, dalla natura dei dati e dalle caratteristiche del modello utilizzato. Spesso, una combinazione di più misure è utilizzata per ottenere una valutazione completa della performance del modello.

1.7 Dati di output

1.7.1 Introduzione

Come esempio di output documentato, è presentata la carta pedologica dei suoli italiani. Questa sarà accessibile tramite i canali standard dell'ecosistema SIM, sia per la visualizzazione diretta sia come risorsa informativa impiegabile negli applicativi di altri Verticali. Inoltre, sarà utilizzabile da altri sistemi appartenenti agli stakeholder federati, i quali potranno sfruttare i servizi di interoperabilità con le banche dati del SIM.

1.7.2 Elenco Dati di Output

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Modalità di Accesso	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche Sensibilità Dato	Criticità
O4_ DO0 01	Carta Pedologica dei suoli italiani	SIM	Interfaccia Utente, API, trasferimento/esportazione, scarico offline	La mappa verrà rilasciata puntualmente, non sono previste modalità di aggiornamento ciclico o automatico.	Non si rivelano caratteristiche di sensibilità aggiuntive a quelle già indicate e condivise all'interno del SIM	Non rilevata