

STUDIO SULLA PRESENZA DI METALLI E METALLOIDI NEI SUOLI DI AREE ESTERNE E INTERNE AL SIN “BACINO DEL FIUME SACCO”



2026

STUDIO SULLA PRESENZA DI METALLI E METALLOIDI NEI SUOLI DI AREE ESTERNE E INTERNE AL SIN “BACINO DEL FIUME SACCO”

2026

Studio sulla presenza di metalli e metalloidi nei suoli di aree esterne e interne al SIN "Bacino del Fiume Sacco".

Rapporto a cura di:
ARPA Lazio - Servizio suolo e bonifiche

Anna Maria Ricci, Francesco Del Monaco, Anna Maria Cardone, Valentina De Giorgio, Alice Zara, Mauro D'Angelantonio

Contatti autori:

annamaria.ricci@arpalazio.it
francesco.delmonaco@arpalazio.it
annamaria.cardone@arpalazio.it
valentina.degiorgio@arpalazio.it
alice.zara@arpalazio.it
mauro.dangelantonio@arpalazio.it

Edizione web

<https://www.arpalazio.it/web/guest/pubblicazioni>

RIASSUNTO

Lo studio per la definizione dei valori di fondo naturale nei suoli del SIN "Bacino del Fiume Sacco" si incardina tra gli interventi previsti dall'Accordo di programma di messa in sicurezza e bonifica del Sito di Interesse Nazionale Bacino del Fiume Sacco stipulato il 12 marzo 2019 tra la Regione Lazio ed il Ministero della transizione ecologica (ora Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica). In tale contesto deve essere inquadrato il lavoro oggetto della pubblicazione, il cui scopo è quello di verificare se la presenza di metalli e metalloidi possa essere ricondotta a fenomeni naturali, sia nelle aree esterne al SIN potenzialmente non impattate, che nelle aree ricomprese nell'attuale perimetrazione. A tal fine, è stato attuato un piano di campionamento che ha previsto il prelievo di n. 150 campioni di suolo distribuiti esternamente al SIN in una fascia di 3 km dal perimetro dello stesso (buffer), intercettando gli stessi litotipi presenti nell'area perimetrata del SIN. L'analisi dei dati ottenuti, confrontati con quanto riscontrato nell'ambito dei procedimenti amministrativi di bonifica condotti nelle aree interne al SIN, ha permesso di evidenziare eccedenze per alcuni metalli e metalloidi confrontabili tra i due contesti, avvalorando l'ipotesi che le stesse possano essere attribuite alle caratteristiche mineralogiche delle litologie presenti nell'area e non all'impatto antropico delle attività produttive insediate in zona.

Parole chiave: SIN "Bacino del Fiume Sacco" - Valori di fondo naturale nei suoli - Metalli e metalloidi - Valori geochimici di base - Contaminazione dei suoli - Piano di campionamento dei suoli - Bonifica ambientale

ARPA Lazio – 2026



Quest'opera è distribuita con Licenza
Creative Commons Attribuzione Italia 4.0

Coordinamento editoriale a cura dell'Area sistemi operativi e gestione della conoscenza
Progetto grafico e stampa: Krea l'idea - Roma

In copertina: Scorcio della Valle del Sacco. Fonte: Archivio ARPA Lazio

Tutte le foto presenti nella pubblicazione sono dell'Archivio fotografico dell'ARPA Lazio

INDICE

PRESENTAZIONE	3
PREMESSA	5
INTRODUZIONE	7
1. QUADRO NORMATIVO	9
2. FINALITÀ E OBIETTIVI DELL'INTERVENTO	11
3. DESCRIZIONE DELLE AREE DI STUDIO	13
3.1. DEFINIZIONE DELLE AREE DI INTERESSE	13
4. ATTUAZIONE DEL PIANO DI INDAGINE AI FINI DELLA DETERMINAZIONE DEI VALORI DI FONDO NATURALE NEI SUOLI (VFN).....	15
4.1. MODELLO CONCETTUALE DELL'AREA DI STUDIO	15
4.1.1. Ricostruzione dell'assetto litologico dell'area di studio	15
4.1.2. Valutazione delle pressioni antropiche attuali e storiche nell'area di studio.....	15
4.2. PIANO OPERATIVO DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI	16
4.2.1. Ubicazione dei punti di campionamento	16
4.2.2. Prelievo dei campioni.....	19
4.2.3. Analisi chimica dei campioni.....	20
5. ANALISI DEI RISULTATI	21
5.1. CONSIDERAZIONI SUI DATI ESTERNI AL SIN.....	21
5.2. CONFRONTO TRA DATI ESTERNI E DATI INTERNI AL SIN.....	29
6. CONCLUSIONI	43
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	44
INDICE DELLE FIGURE	45
INDICE DELLE TABELLE.....	46
TAVOLE	47

LEGENDA

SIN	Sito di Interesse Nazionale
CNR-IRSA	Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto di Ricerca sulle Acque
CSC	Concentrazioni Soglia di Contaminazione
VF-VFN	Valori di Fondo-Valori di Fondo Naturali
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
ARPA	Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale
del.giunta.reg.	Delibera della Giunta regionale
d.lgs.	Decreto legislativo
AIA	Autorizzazione Integrata Ambientale
SNPA	Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente
APAT	Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici
ISS	Istituto Superiore di Sanità

PRESENTAZIONE

La Valle del Sacco rappresenta da molti anni uno dei contesti ambientali più complessi e delicati del territorio laziale. All'interno del perimetro del Sito di Interesse Nazionale "Bacino del Fiume Sacco" si intrecciano, infatti, storia industriale, attività agricole, assetti insediativi e caratteristiche geologiche peculiari, che nel tempo hanno determinato un quadro articolato di criticità ambientali e, allo stesso tempo, di importanti sfide per le istituzioni chiamate a governarne il risanamento.

Tra queste sfide ve n'è una che, per troppo tempo, è rimasta priva di una risposta chiara e condivisa: comprendere se i valori rilevati per alcuni metalli e metalloidi nei suoli e nelle acque sotterranee siano effettivamente riconducibili a fenomeni di contaminazione legati alle attività antropiche oppure se, almeno in parte, rappresentino espressione delle caratteristiche naturali delle matrici geologiche presenti nel territorio. Si tratta di una questione non soltanto tecnico-scientifica, ma anche di grande rilievo per la vita sociale ed economica della Valle del Sacco, poiché dalla corretta interpretazione di questi dati dipendono decisioni rilevanti in materia di gestione dei procedimenti di bonifica, pianificazione territoriale e sviluppo delle attività produttive.

Proprio per questo motivo assume particolare valore il percorso avviato grazie alla volontà della Regione Lazio, che nell'ambito dell'Accordo di programma per la messa in sicurezza e la bonifica del SIN ha promosso uno specifico intervento finalizzato alla definizione dei valori di fondo naturale delle matrici ambientali. In questo contesto l'ARPA Lazio è stata chiamata a svolgere un ruolo tecnico centrale per quanto riguarda la matrice suolo, mettendo a disposizione competenze scientifiche, capacità operative e un patrimonio di conoscenze maturato in anni di attività sul territorio.

Lo studio presentato in questa pubblicazione nasce proprio da questo impegno. Attraverso un articolato piano di campionamento e un'analisi rigorosa dei dati, condotti secondo metodologie condivise a livello nazionale e in coerenza con le linee guida del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, è stato possibile affrontare la questione con un approccio scientificamente solido e metodologicamente trasparente. Il confronto tra i risultati ottenuti nelle aree esterne al perimetro del SIN e quelli disponibili per i siti interni ha consentito di individuare elementi di forte interesse interpretativo, offrendo un contributo concreto e crediamo risolutivo alla comprensione dell'origine di alcuni valori elevati di concentrazione per metalli e metalloidi rilevati negli anni passati.

Il valore di questo lavoro risiede dunque non solo nella qualità dei dati raccolti e delle analisi svolte, ma anche nella capacità di fornire un quadro conoscitivo più chiaro e fondato, indispensabile per orientare in modo corretto le decisioni amministrative e tecniche che riguardano il territorio. Fare chiarezza sull'origine naturale o antropica di determinate concentrazioni significa infatti contribuire a rendere più efficaci i procedimenti di bonifica, evitando al tempo stesso interpretazioni fuorvianti che potrebbero produrre effetti negativi sul tessuto economico e sociale locale.

Questa pubblicazione testimonia come la collaborazione tra istituzioni, enti di ricerca e agenzie ambientali possa produrre risultati concreti quando è guidata da obiettivi comuni e da un solido rigore scientifico. Il lavoro svolto rappresenta un passo importante verso una gestione più consapevole e informata delle problematiche ambientali della Valle del Sacco, nell'interesse delle comunità locali e, più in generale, della collettività. È in questa prospettiva che l'Agenzia ha messo a disposizione le proprie competenze tecniche e scientifiche, convinta che la conoscenza rigorosa dei fenomeni ambientali sia il presupposto indispensabile per affrontare in modo efficace anche le questioni più complesse.

Tommaso Aureli
Direttore generale ARPA Lazio

PREMESSA

Il Sito di Interesse Nazionale (SIN) “Bacino del Fiume Sacco”, con i suoi 72,4 km², rappresenta il settimo SIN in Italia per estensione. Esso, infatti, si sviluppa da nord-ovest a sud-est in adiacenza all'asta principale del Fiume Sacco, intercettando 19 comuni: Artena, Colleferro, Segni e Gavignano, nella provincia di Roma, e Anagni, Arce, Castro dei Volsci, Ceccano, Ceprano, Falvaterra, Ferentino, Frosinone, Morolo, Paliano, Pastena, Patrica, Pofi, Sgurgola e Supino, nella provincia di Frosinone.

Nonostante all'interno del perimetro del SIN siano presenti aree con differenti destinazioni d'uso, sia le aree destinate a usi produttivi/industriali, che costituiscono la quota maggiore, sia quelle con destinazione agricola o verde, non trascurabili per estensione, hanno generato impatti sulle matrici ambientali, seppur con modalità e intensità differenti.

Tale quadro eterogeneo ha reso necessario l'avvio, in relazione alle criticità emerse, di specifici procedimenti amministrativi di bonifica, articolati nelle relative fasi, partendo dalla notifica fino all'eventuale bonifica finale.

Per molti dei siti ricadenti nelle suddette aree, la procedura di caratterizzazione ai sensi della parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/2006, attraverso il confronto tra le concentrazioni riscontrate nelle matrici suolo/sottosuolo e acqua sotterranea e le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) relative ai parametri della tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/2006 (suolo/sottosuolo) e della tabella 2 dell'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/2006 (acque sotterranee), ha consentito di accertare, tra gli altri, superamenti delle CSC per taluni elementi inorganici, quali, ad esempio, *arsenico*, *berillio*, *cobalto*, *piombo* e *vanadio* nella matrice terreno e *arsenico*, *ferro*, *manganese*, *boro* e *tallio* nella matrice acqua sotterranea, la cui origine può essere attribuita localmente a cause antropiche oppure alla natura stessa delle matrici geologiche (origine geogenica), nonché all'interazione tra queste ultime e i fluidi circolanti nel sottosuolo (origine idrochimica).

Pertanto, al fine di fare luce sull'origine delle potenziali contaminazioni riscontrate a carico dei suddetti elementi inorganici, il Ministero della transizione ecologica (ora Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica) ha proposto l'inserimento di un intervento dedicato alla definizione dei valori di fondo di acque e suoli per l'area del SIN “Bacino del Fiume Sacco”, a integrazione di quelli già previsti dall'Accordo di programma *per la realizzazione degli interventi di messa in sicurezza e bonifica del Sito di Interesse Nazionale Bacino del Fiume Sacco*, sottoscritto, in data 12.03.2019, tra il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e la Regione Lazio. L'intervento “Definizione dei Valori di Fondo di acque e suoli della Valle del Sacco” è stato, dunque, inserito nell'atto integrativo di cui al decreto n. 62 dell'11.05.2021 con l'obiettivo di individuare i valori di fondo naturale, approvabili nelle forme previste dalle autorità competenti, in grado di sostituire i valori di riferimento su cui basare la gestione operativa delle matrici ambientali interessate dai procedimenti.

Facendo seguito alla sottoscrizione di tale atto integrativo (decreto n. 62 dell'11.05.2021), la Direzione ciclo dei rifiuti della Regione Lazio, presso cui è stato incardinato il procedimento volto all'attuazione del programma di tale intervento aggiuntivo, ha tempestivamente avviato un confronto attivo con gli enti competenti. Al termine di tale fase consultiva è stato ritenuto di particolare rilievo il coinvolgimento del Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto di Ricerca sulle Acque (CNR-IRSA), per l'affidamento delle attività finalizzate alla definizione dei valori di fondo in riferimento alla matrice acqua sotterranea, e dell'ARPA Lazio, per l'affidamento delle attività finalizzate alla definizione dei valori di fondo in riferimento alla matrice suolo.

Pertanto, il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IRSA) e l'ARPA Lazio, in coerenza con le finalità del suddetto atto integrativo, hanno redatto e trasmesso alla Regione Lazio il documento tecnico-scientifico *Definizione dei valori di fondo naturale delle acque sotterranee e dei suoli da applicarsi al SIN "Bacino del Fiume Sacco"*, al fine di presentare il progetto volto alla realizzazione dell'intervento nell'ambito di un accordo interistituzionale ex art. 15 d.lgs. n. 241/90 tra la Regione Lazio, il CNR-IRSA e l'ARPA Lazio.

Con la deliberazione di Giunta regionale n. 452 dell'08.08.2023, la Regione Lazio ha approvato il sopra richiamato documento tecnico-scientifico ponendo le basi per la definizione dell'accordo interistituzionale che si è tradotto nella convenzione stipulata tra le parti e trasmessa dalla Regione Lazio con nota di protocollo n. 141568 del 31.01.2024.

6

Nell'ottica di garantire un approccio quanto più uniforme agli interventi finalizzati all'applicazione della parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/2006, detto intervento integrativo, volto alla definizione dei valori di fondo per le matrici suolo e acqua sotterranea, avrà come base metodologica le linee guida redatte dall'ISPRA (LG SNPA n. 08/2018) ed elaborate sulla base di esperienze e competenze sviluppate dalle agenzie ambientali regionali, allo scopo di fornire indicazioni metodologiche sulla determinazione dei valori di fondo nei suoli e nelle acque sotterranee in diversi ambiti (terre e rocce da scavo, siti contaminati, inquinamento diffuso, protezione dei corpi idrici sotterranei).

Dopo l'approvazione del documento tecnico-scientifico *Definizione dei valori di fondo naturale delle acque sotterranee e dei suoli da applicarsi al SIN "Bacino del Fiume Sacco"* è stata avviata la fase attuativa del progetto, nell'ambito della quale l'ARPA Lazio, per le attività riferite alla matrice suolo, ha redatto e trasmesso alla Regione Lazio, con nota di protocollo n. 41353 dell'11.06.2024, l'elaborato denominato *Piano di campionamento della matrice suolo*, che ha rappresentato il documento di riferimento per la fase operativa di campo.

INTRODUZIONE

Le attività commissionate all'ARPA Lazio e tuttora in corso di svolgimento devono essere inquadrare nell'ambito dell'attuazione dell'intervento denominato *Definizione dei valori di fondo di acque e suoli della Valle del Sacco*, introdotto a seguito della sottoscrizione dell'atto integrativo all'Accordo di programma tra la Regione Lazio e il Ministero della transizione ecologica (ora Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica) *per la realizzazione degli interventi di messa in sicurezza e bonifica del Sito di Interesse Nazionale Bacino del Fiume Sacco* del 12.03.2019, di cui al decreto n. 62 dell'11.05.2021.

Facendo seguito all'approvazione del documento tecnico-scientifico *Definizione dei valori di fondo naturale delle acque sotterranee e dei suoli da applicarsi al SIN Bacino del Fiume Sacco*, formalizzata con la deliberazione di Giunta regionale del Lazio n. 452 dell'08.08.2023, il Servizio suolo e bonifiche dell'ARPA Lazio, con nota protocollo n. 41353 dell'11.06.2024, ha trasmesso alla Regione Lazio il documento operativo *Piano di campionamento della matrice suolo*, progettato con l'obiettivo di raccogliere dati rappresentativi di una eventuale presenza naturale di metalli e metalloidi nell'area del SIN "Bacino del Fiume Sacco", tali da concorrere alla successiva definizione di un valore di fondo applicabile nell'area.

Il Piano ha previsto l'individuazione di aree campionabili esterne alla perimetrazione del SIN, in una fascia di 3 km dall'attuale perimetro, denominata area buffer, che, pertanto, garantissero una raccolta di dati esenti da impatti antropici; in queste aree i punti di campionamento sono stati posizionati in funzione dell'estensione areale dei principali litotipi presenti all'interno del SIN (alluvioni, vulcaniti, travertini e flysch). Le operazioni di campionamento programmate in tale piano, e già completate dal Servizio suolo e bonifiche dell'ARPA Lazio, hanno permesso di acquisire una popolazione di dati che sembra confermare l'aderenza al modello concettuale ipotizzato nella fase di pianificazione delle attività.

A valle delle considerazioni illustrate e descritte nel presente rapporto, gli stessi dati saranno sottoposti in fase conclusiva di progetto a elaborazioni statistiche più dettagliate, che terranno conto delle differenti litologie indagate, col fine di individuare il/i descrittore/i del fondo naturale da applicare sia internamente che esternamente al SIN.



1. QUADRO NORMATIVO

Il riferimento principale è il d.lgs. n. 152/2006 e ss.mm.ii. "Norme in materia ambientale", in particolare la parte IV "Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati". Il decreto, all'art. 240 comma 1 lettera b, richiama la definizione del valore di fondo: «Nel caso in cui il sito potenzialmente contaminato sia ubicato in un'area interessata da fenomeni antropici o naturali che abbiano determinato il superamento di una o più concentrazioni soglia di contaminazione, queste ultime si assumono pari al valore di fondo esistente per tutti i parametri superati». Inoltre, nell'allegato 2 al titolo V "Criteri generali per la caratterizzazione dei siti contaminati" è esplicitata l'opportunità di determinare i valori di fondo mediante campioni prelevati in aree adiacenti: «Al fine di conoscere la qualità delle matrici ambientali (valori di fondo) dell'ambiente in cui è inserito il sito potrà essere necessario prelevare campioni da aree adiacenti il sito. Tali campioni saranno utilizzati per determinare i valori di concentrazione delle sostanze inquinanti per ognuna delle componenti ambientali rilevanti per il sito in esame; nel caso di campionamento di suoli, la profondità e il tipo di terreno da campionare deve corrispondere, per quanto possibile, a quelli dei campioni raccolti nel sito».

Nel caso in studio, l'area adiacente al SIN idonea alla raccolta dei campioni di suolo è stata individuata in una fascia che si estende esternamente all'attuale perimetro del SIN per un'ampiezza di 3 km.

Oltre al già citato d.lgs. n. 152/2006, sono stati prodotti numerosi documenti per uniformare le modalità e i criteri per la definizione del fondo geochimico naturale e/o antropico per le diverse matrici ambientali e nei diversi ambiti di applicazione:

- ISS (2006), *Protocollo operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli/metalloidi nei suoli dei siti d'interesse nazionale*;
- ISPRA (2009), *Protocollo per la definizione dei valori di fondo per le sostanze inorganiche nelle acque sotterranee*;
- SNPA (2018), *Linea guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee*;
- ARPA Lazio, CNR-IRSA (2023), *Definizione dei valori di fondo naturale delle acque sotterranee e dei suoli da applicarsi al SIN "Bacino del Fiume Sacco"*.

Inoltre, diverse Agenzie si sono dotate (o si stanno dotando) di appositi studi e/o di linee guida declinate sulle specifiche realtà territoriali; ad esempio (elenco non esaustivo):

- Regione Emilia Romagna, *Concentrazioni anomale di sostanze pericolose per discriminare la componente naturale da quella antropica nei corpi idrici sotterranei di pianura*;
- ARPAL (2013), *Linee guida per lo studio dei valori di fondo naturale di alcuni metalli e semimetalli nei suoli della Liguria*;

-
- ARPAT (2016), *Studio per la definizione dei valori di fondo delle sostanze prioritarie Cd, Hg, Ni, Pb e di As e Cr nelle acque e sedimenti dei corpi idrici superficiali interni (d.lgs. 152/2006 s.m.i. Allegato 1 parte III punto A.2.8)*;
 - ARPA Piemonte (2020), *Verifica e aggiornamento dei valori di fondo naturale definiti per nichel e cromo esavalente nelle acque sotterranee ai sensi della DQA.*

Per lo sviluppo delle attività in argomento si farà riferimento soprattutto alle Linee guida SNPA 08/2018 per le procedure, per la determinazione e gestione dei valori di fondo nell'ambito "Siti contaminati".

2. FINALITÀ E OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

La finalità dell'intervento introdotto con atto integrativo all'Accordo di Programma è la definizione dei valori di fondo geochimico naturale (VFN) relativi ad alcuni elementi inorganici, per acque sotterranee e suoli ricadenti nel SIN "Bacino del Fiume Sacco", da applicare nella gestione operativa delle matrici ambientali acque sotterranee e suoli, sia all'esterno che all'interno del SIN in esame.

Nello specifico, lo studio applicato alla matrice suolo, commissionato all'ARPA Lazio e da questa progettato, si propone di raccogliere e organizzare i dati relativi alla concentrazione chimica di metalli e metalloidi normati dalla tabella 1 – allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii., nonché gli elementi *Ferro*, *Manganese* e *Alluminio*, non normati per i suoli, laddove eventualmente correlabili con quanto riscontrato nelle acque sotterranee, per le quali sono state stabilite delle CSC di riferimento.

Il fine ultimo dello studio è quello di ricondurre la presenza dei citati elementi, che allo stato rappresentano una fonte di criticità ambientale poiché spesso presenti in concentrazioni superiori alle CSC, a fenomeni di origine naturale e, pertanto, non riconducibili ad attività antropiche laddove questo studio lo confermi tramite la valutazione del fondo geochimico naturale.

Il *Piano di campionamento della matrice suolo*, dunque, in quanto strumento attuativo dello studio tecnico scientifico, si pone l'obiettivo di fornire gli elementi necessari a:

- delineare una base conoscitiva su presenza e livello dei metalli e metalloidi nei suoli in un'area di indagine che si estende nel territorio circostante il SIN (come meglio specificato al successivo paragrafo 3.1 *Definizione delle aree di interesse*) correlabili litologicamente alle aree delimitate dal SIN "Bacino del Fiume Sacco";
- individuare i *range* di variazione dei parametri inorganici di interesse da utilizzare per la definizione dei VFN da applicare sia internamente che esternamente al perimetro del SIN;
- consentire la delimitazione di massima dell'area interessata da valori non conformi alle CSC vigenti;
- fornire, quindi, un supporto per le amministrazioni competenti nonché ai soggetti privati che abbiano la necessità di redigere documenti nell'ambito di procedure AIA e procedimenti di bonifica per i quali i VFN andranno a sostituire le CSC di riferimento.

3. DESCRIZIONE DELLE AREE DI STUDIO

3.1. Definizione delle aree di interesse

Ai fini dello studio sui valori di fondo naturale dei suoli per il SIN "Bacino del Fiume Sacco", l'area individuata per l'ubicazione delle indagini ha interessato una fascia di terreno ampia fino a 3 km, denominata area buffer, circostante il perimetro del SIN "Bacino del Fiume Sacco".

In figura 1 è possibile osservare il confine di tale area (linea tratteggiata blu) rispetto alla perimetrazione del SIN (area in giallo) e ai confini dei comuni inclusi nella perimetrazione.

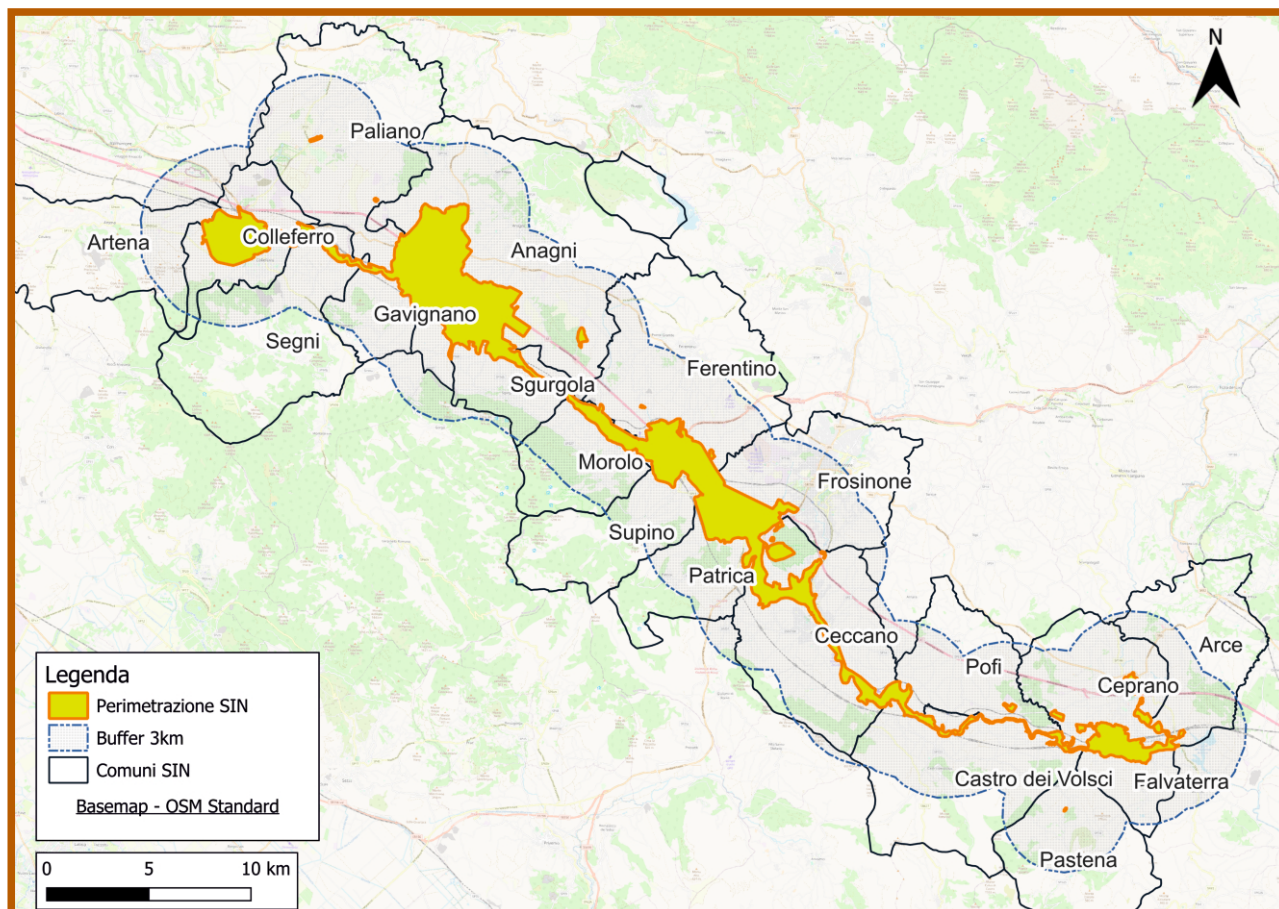


Figura 1 – Mappatura dell'area esterna rispetto alla perimetrazione del SIN "Bacino del Fiume Sacco" e ai confini comunali.

L'estensione complessiva della suddetta fascia di terreno circostante il SIN è di circa 580 km².

Per l'individuazione delle aree effettivamente idonee ai sondaggi e ai campionamenti, all'area complessiva di cui sopra sono state sottratte le aree non compatibili per le indagini in sito e consistenti in:

- aree urbanizzate e industrializzate così come indicate nel vigente Piano territoriale paesaggistico regionale;
- suoli ad uso non naturale (cave, insediamenti produttivi, reti stradali, ecc.) così come indicate nella vigente Carta dell'uso del suolo;
- aree a litologia scarsamente rappresentativa dell'assetto litologico tipico e/o prevalente nel SIN "Bacino del Fiume Sacco" (calcari, melanges di argille varicolori e clasti poligenici, ecc., così come meglio indicato nell'allegata Tavola 2).

Inoltre, sulla base dei criteri dettati dalle Linee guida SNPA 08/2018, è stata esclusa ai fini dello studio in parola l'area del SIN "Bacino del Fiume Sacco" in quanto costituente sito potenzialmente contaminato.

4. ATTUAZIONE DEL PIANO DI INDAGINE AI FINI DELLA DETERMINAZIONE DEI VALORI DI FONDO NATURALE NEI SUOLI (VFN)

4.1. Modello concettuale dell'area di studio

Il modello concettuale dell'area di studio, posto alla base della pianificazione finalizzata all'acquisizione dei dati per le successive elaborazioni, è stato formulato considerando:

- la ricostruzione dell'assetto litologico dell'area di studio;
- la valutazione delle pressioni antropiche attuali e storiche nell'area di studio.

4.1.1. Ricostruzione dell'assetto litologico dell'area di studio

Per la ricostruzione dell'assetto litologico dell'area interessata dai campionamenti, si è proceduto in fase di pianificazione all'elaborazione, in ambiente GIS, del vettoriale in formato shapefile della Carta geologica del Lazio pubblicata dalla Regione Lazio.

Tali dati, all'occorrenza, potranno poi essere opportunamente integrati, in fase esecutiva e sempre in ambiente GIS, con i dati litologici e litostratigrafici di maggior dettaglio, rispettivamente ricavabili:

- dai raster degli "Originali d'autore" delle Tavole di rilevamento geologico alla scala 1:25.000 pubblicate dal Servizio geologico d'Italia;
- dai sondaggi ambientali eseguiti nell'ambito dei procedimenti di caratterizzazione partecipati dall'ARPA Lazio (ai sensi del titolo V della parte IV del d.lgs. n. 152/2006) e quindi, in quanto tali, nella disponibilità, appunto, dell'ARPA Lazio.

4.1.2. Valutazione delle pressioni antropiche attuali e storiche nell'area di studio

Per la valutazione delle pressioni antropiche attuali e storiche nell'area interessata dai campionamenti si è proceduto all'analisi comparata dei dati ricavati:

- dal documento "Sub-perimetrazione Sito di Interesse Nazionale della Valle del Sacco" elaborato dall'ARPA;
- dalla Carta dell'uso del suolo pubblicata dalla Regione Lazio;
- dalla Carta tecnica regionale 2014 pubblicata dalla Regione Lazio;
- dalla Carta tecnica regionale 1991 pubblicata dalla Regione Lazio;
- dalle Tavole IGM scala 1:25.000;
- dalle ortofoto storiche, relative al periodo 1988-2012, pubblicamente fornite, tramite servizio WMS, dal Geoportale nazionale (del Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica);
- dai fogli catastali, per i terreni e per gli immobili, pubblicamente forniti, tramite servizio WMS, dall'Agenzia delle Entrate;
- dalle foto aeree di più recente acquisizione pubblicamente fornite dalla Società Google LLC;
- dal PTPR pubblicato dalla Regione Lazio.

4.2. Piano operativo di campionamento e di analisi

Il piano operativo di campionamento e di analisi per la definizione dei VFN è stato elaborato sulla base dei seguenti aspetti:

- l'ubicazione dei punti di campionamento;
- le procedure di campionamento;
- la lista dei parametri da determinare;
- il cronoprogramma delle indagini;
- i metodi analitici di laboratorio da applicare.

Nell'eseguire il suddetto piano operativo di campionamento e di analisi ci si è attenuti il più possibile, per ognuno dei punti sopra elencati, a quanto indicato nelle già citate Linee guida SNPA 08/2018.

4.2.1. Ubicazione dei punti di campionamento

Così come stabilito dal piano di campionamento, sono stati eseguiti 150 sondaggi da ciascuno dei quali è stato prelevato n. 1 campione di suolo.

Per l'ubicazione dei punti di indagine sono state escluse, come riportato al paragrafo 4.1 del *Piano di campionamento matrice suolo*, le aree non compatibili per le finalità in questione e consistenti in:

- aree urbanizzate e industrializzate così come indicate nel vigente Piano territoriale paesaggistico regionale;
- suoli ad uso non naturale (cave, insediamenti produttivi, reti stradali, ecc.) così come indicati nella vigente Carta dell'uso del suolo;
- aree a litologia scarsamente rappresentativa dell'assetto litologico tipico e/o prevalente nel SIN "Bacino del Fiume Sacco" (calcari, melanges di argille varicolori e clasti poligenici, ecc.) così come meglio indicato nell'allegata Tavola 2.

Inoltre, sulla base dei criteri dettati dalle Linee guida SNPA 08/2018, è stata esclusa l'area del SIN "Bacino del Fiume Sacco" in quanto costituente sito potenzialmente contaminato.

In funzione dell'estensione areale dei principali litotipi presenti nell'area di indagine, come descritti sulla Tavola 1 allegata al *Piano di campionamento matrice suolo* e di seguito elencati:

- **Alv – 02** – Complesso sedimentario sintemico costituito da depositi fluviali (ghiaie, sabbie e limi), eteropici a depositi lacustri (argille e limi) a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "terre rosse" (cineriti eluviate) – [Età: Quaternario medio-Quaternario superiore],
- **Tuf – 06** – Tufi, da litoidi a poco coerenti, a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "terre rosse" (cineriti eluviate) – [Età: Quaternario inferiore-Quaternario medio],
- **Trv – 04** – Travertini, da litoidi a poco coerenti, a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "terre rosse" (cineriti eluviate) – [Età: Quaternario medio-Quaternario superiore],
- **Fly – 10** – Flysch arenaceo pelitico – [Età: Cenozoico superiore].

l'ubicazione dei 150 punti di indagine è stata progettata seguendo la seguente distribuzione:

- il 40% dei punti sulle aree indicate con la sigla 02, contrassegnati con la sigla identificativa Alv;
- il 30% dei punti sulle aree indicate con la sigla 06, contrassegnati con la sigla identificativa Tuf;
- il 20% dei punti sulle aree indicate con la sigla 04, contrassegnati con la sigla identificativa Trv;
- il 10% dei punti sulle aree indicate con la sigla 10, contrassegnati con la sigla identificativa Fly.

Questa distribuzione campionaria individuata per l'area esterna al SIN rispecchia la reale distribuzione dei principali litotipi riscontrabili all'interno del SIN.

In tabella 1 è indicata la numerosità dei campioni prelevati rispetto alla litologia di riferimento.

Tabella 1 – Distribuzione litologica dei campioni prelevati nell'area esterna al SIN.

Litologia	N. Campioni
alluvioni (cod. ALV)	60
vulcaniti (cod. TUF)	45
travertini (cod. TRV)	30
flysch (cod. FLY)	15

In tabella 2 è riportata la distribuzione territoriale dei punti di campionamento rispetto ai comuni, ricadenti nella perimetrazione del SIN, interessati dalle attività di campo eseguite.

Tabella 2 – Distribuzione territoriale dei campioni prelevati nell'area esterna al SIN.

Comune	N. Campioni	Comune	N. Campioni
Anagni	28	Gavignano	5
Artena	2	Morolo	10
Castro dei Volsci	4	Paliano	4
Ceccano	23	Patrica	6
Ceprano	7	Pofi	13
Colleferro	1	Segni	4
Ferentino	23	Sgurgola	6
Frosinone	10	Supino	4

In figura 2 sono riportati i punti di campionamento risultati accessibili in campo e, pertanto, campionati nell'area di indagine esterna, con dei minimi scostamenti rispetto a quelli inizialmente individuati come potenzialmente idonei nelle Tavole 3A, 3B, 3C, 3D allegate al documento *Piano di campionamento matrice suolo*.

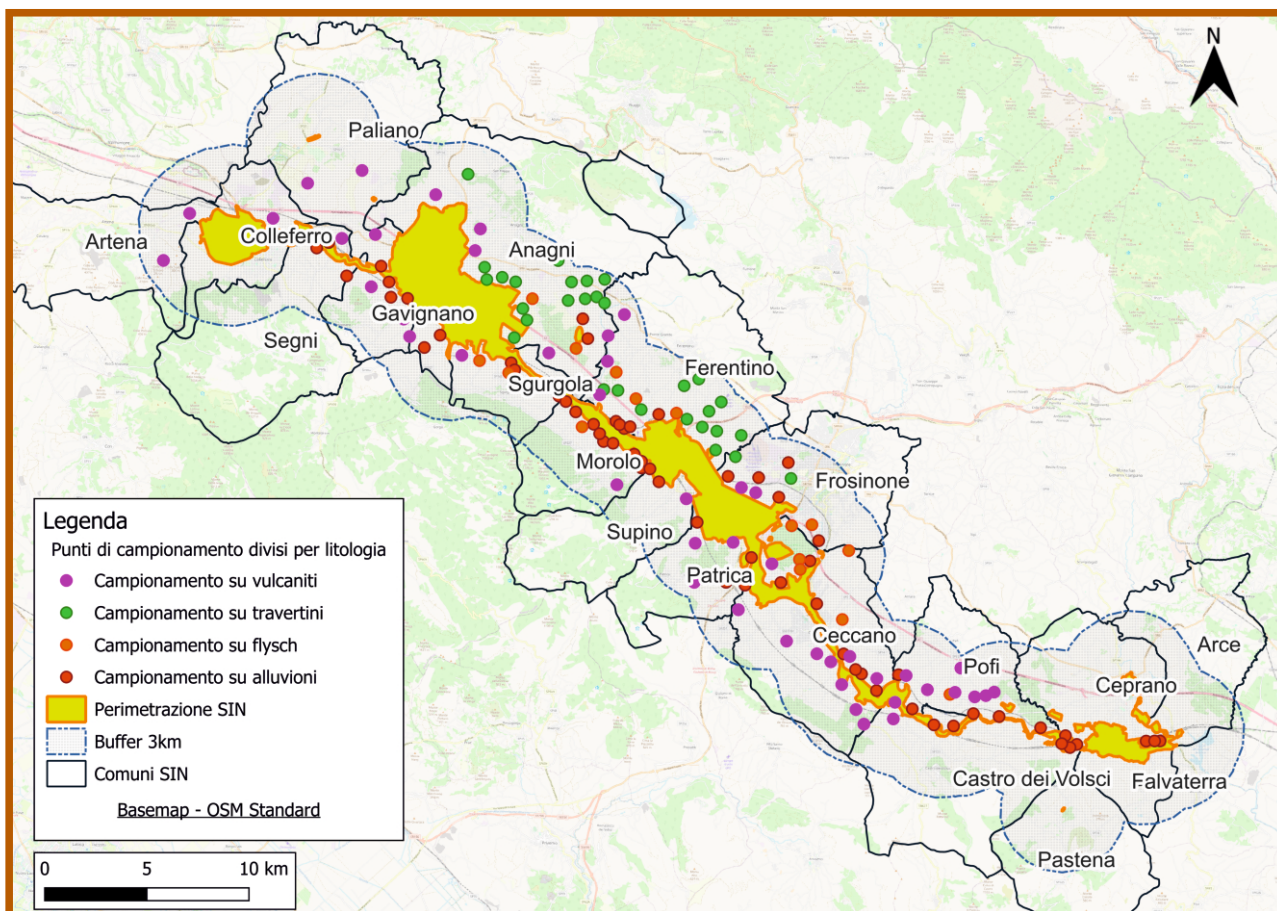


Figura 2 – Mappatura punti di campionamento nell'area esterna al SIN separati per litologia.

In fondo alla pubblicazione sono riportate le tavole cartografiche dalla cui consultazione è possibile visionare in dettaglio i codici dei punti campionati rispetto alle quattro litologie principali individuate per l'area d'indagine



Figura 3 – Foto allestimento postazione di campionamento.



Figura 4 – Foto suddivisione in aliquote e identificazione di un campione.

4.2.2. Prelievo dei campioni

Per attuare il piano di campionamento elaborato secondo un criterio “ragionato” basato sulle variabili litologia e probabile assenza di attività antropica, i 150 campioni di terreno, così come previsto, sono stati prelevati da microsondaggi, spinti di norma fino alla profondità di circa 2,5 metri dal piano campagna, mediante un sistema di carotaggio costituito da:

- martello pneumatico Wacker Neuson EH23/230 Low Vib, guidato da motore elettrico di classe II con potenza nominale 2.2 kW (voltaggio 230 V, amperaggio 10.8 A);
- generatore elettrico monofase Wacker Neuson GV 5000 (230 V a 50 Hz) dotato di motore Honda GX270 VPX4 con potenza massima 6.0 kW (8 hp) a 3600 rpm;
- carotiere cilindrico in acciaio (core sampler) per suoli eterogenei, di lunghezza 1 m e diametro interno 50 mm, accoppiabile a tagliente (cutting head) e testa filettati, con sbalzo interno per l'alloggiamento di liner portacampione; il carotiere è accoppiabile tramite testa filettata sia direttamente al martello, sia a batteria telescopica di aste che consentono il recupero di carote fino a 5 m di profondità;
- sistema di estrazione manuale a due leve (pulling device) da 40 kN con opportune morse a cunei/sfere (clamping jaws).

4.2.3. Analisi chimica dei campioni

In aderenza alla pianificazione predisposta dall'ARPA Lazio, le attività di campionamento dei suoli sono state avviate dal Servizio suolo e bonifiche dell'Agenzia nel mese di maggio 2024 e si sono concluse nel mese di ottobre dello stesso anno. I campioni prelevati sono stati processati applicando il set analitico con le relative metodiche analitiche, come riportato nella seguente tabella (tabella 3).

Tabella 3 – Set analitico e CSC suoli (tabella 1, allegato 5, titolo V, parte IV d.lgs 152/06 e ss.mm.ii.)

Set analitico	Metodica analitica (Laboratorio ARPA Lazio)	CSC Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (mg/kg espressi come s.s.)	CSC Siti ad uso commerciale e industriale (mg/kg espressi come s.s.)
COMPOSTI INORGANICI			
Antimonio	EPA 3051A+ EPA 6020B	10	20
Arsenico	EPA 3051A+ EPA 6020B	20	50
Berillio	EPA 3051A+ EPA 6020B	2	10
Cadmio	EPA 3051A+ EPA 6020B	2	15
Cobalto	EPA 3051A+ EPA 6020B	20	250
Cromo totale	EPA 3051A+ EPA 6020B	150	800
Cromo VI	UNI EN ISO 15192:2021	2	15
Mercurio	EPA 3051A+ EPA 6020B	1	5
Nichel	EPA 3051A+ EPA 6020B	120	500
Piombo	EPA 3051A+ EPA 6020B	100	1000
Rame	EPA 3051A+ EPA 6020B	120	600
Selenio	EPA 3051A+ EPA 6020B	3	15
Stagno (composti organo-stannici)	EPA 3051A+ EPA 6020B	1	350
Tallio	EPA 3051A+ EPA 6020B	1	10
Vanadio	EPA 3051A+ EPA 6020B	90	250
Zinco	EPA 3051A+ EPA 6020B	150	1500
Alluminio	EPA 3051A+ EPA 6020B		
Manganese	EPA 3051A+ EPA 6020B		
Ferro	EPA 3051A+ EPA 6020B		
IDROCARBURI AROMATICI			
Benzene	EPA 5035A+ EPA 8260D	0,1	2
Etilbenzene	EPA 5035A+ EPA 8260D	0,5	50
Stirene	EPA 5035A+ EPA 8260D	0,5	50
Toluene	EPA 5035A+ EPA 8260D	0,5	50
Xilene	EPA 5035A+ EPA 8260D	0,5	50
IDROCARBURI			
Idrocarburi leggeri (C≤12)	EPA 5035A+ EPA 8260D	10	250
Idrocarburi pesanti (C>12)	ISO 16703:2004	50	750

5. ANALISI DEI RISULTATI

5.1. Considerazioni sui dati esterni al SIN

Le risultanze analitiche dei campioni prelevati nel corso della campagna di indagine eseguita saranno oggetto di una serie di simulazioni statistiche volte a stabilire la correttezza e la fondatezza del modello concettuale ipotizzato, l'esistenza di una o più popolazioni di dati per ognuno dei quattro litotipi investigati, l'individuazione di possibili outlier, l'implementazione di un dataset valido che, sulla base delle indicazioni riportate nelle Linee guida SNPA 08/2018, consenta di individuare un descrittore del fondo per ciascun elemento inorganico, da associare al contesto geologico specifico (depositi vulcanici, depositi alluvionali, travertini e flysch).

Tuttavia, l'osservazione dei dati analitici raccolti offre immediati spunti di riflessione utili a confortare il modello concettuale adottato e a delineare le correlazioni tra le eccedenze riscontrate e le litologie investigate.

Dalla consultazione dello schema riepilogativo sui dati acquisiti nell'area esterna all'attuale perimetrazione del SIN, riportato in tabella 4 senza differenziazione tra le litologie riscontrate, emergono le seguenti osservazioni:

- assenza di anomalie relative ai composti organici indagati (idrocarburi e solventi organici aromatici) quali principali marker antropici riscontrabili in area SIN, in tutti i campioni indagati;
- riscontro di superamenti diffusi (% superamenti pari al 35-70% delle osservazioni totali) delle CSC previste in tabella 1 colonna A "Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale" di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii., relativamente ai parametri *arsenico*, *berillio*, *cobalto*, *tallio*, *vanadio* con entità dei superamenti più marcata per i parametri *arsenico*, *berillio* e *vanadio* per i quali sono stati contestualmente evidenziati anche superamenti delle CSC previste in tabella 1 colonna B "Siti ad uso commerciale e industriale" di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii.;
- riscontro di superamenti sporadici (% superamenti <35% delle osservazioni totali) delle CSC previste in tabella 1 colonna A "Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale" di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii., relativamente ai parametri *cadmio*, *cromo*, *cromo esavalente*, *piombo*, *rame*, *selenio*;
- nessun superamento delle CSC previste in tabella 1 colonna A "Siti ad Uso verde pubblico, privato e residenziale" di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii., relativamente ai parametri *antimonio*, *nicel*, *zinco*, *mercurio*, *composti organostannici*.

Si evidenzia che le osservazioni riportate rappresentano una valutazione descrittiva dei dati disponibili, pertanto la successiva elaborazione statistica, comprensiva di analisi di distribuzione, diversificazione per litologie, identificazione di eventuali valori anomali e valutazione della loro significatività statistica, potrà condurre a considerare alcuni dei superamenti riscontrati non come indizi di contaminazione antropica puntuale ma come "potenziali outlier".

Differenziando la popolazione dei dati raccolti nelle quattro litologie indagate, così come riportato negli schemi riepilogativi delle tabelle 5, 6, 7, 8, si ottengono ulteriori conferme rispetto a quanto sopra esposto:

- per la litologia delle alluvioni (cod. ALV), riscontro di superamenti delle CSC previste in tabella 1 colonna A "Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale" di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. diffusi (% superamenti pari al 35-70% delle osservazioni totali) per i parametri *arsenico*, *berillio*, *cobalto*, *tallio* e *vanadio*, sporadici (% superamenti <35% delle osservazioni totali) per i parametri *cadmio*, *cromo*, *piombo*, *rame* e *selenio* e assenti per i parametri *antimonio*, *cromo esavalente*, *nicel*, *zinco*, *mercurio* e *composti organostannici*. L'entità dei superamenti risulta più marcata per i parametri *arsenico* e *berillio* per i quali sono stati contestualmente evidenziati anche superamenti delle CSC previste in tabella 1 colonna B "Siti ad uso commerciale e industriale" di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii.;
- per la litologia delle vulcaniti (cod. TUF), riscontro di superamenti delle CSC previste in tabella 1 colonna A "Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale" di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. molto diffusi (% superamenti >70% delle osservazioni totali) per i parametri *berillio* e *vanadio*, diffusi (% superamenti pari al 35-70% delle osservazioni totali) per i parametri *arsenico* e *cobalto*, sporadici (% superamenti <35% delle osservazioni totali) per i parametri *cromo*, *cromo esavalente*, *piombo*, *rame*, *selenio* e *tallio* ed assenti per i parametri *antimonio*, *cadmio*, *nicel*, *zinco*, *mercurio* e *composti organostannici*. L'entità dei superamenti risulta più marcata per i parametri *arsenico*, *berillio* e *vanadio* per i quali sono stati contestualmente evidenziati anche superamenti delle CSC previste in tabella 1 colonna B "Siti ad uso commerciale e industriale" di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii.;
- per la litologia dei travertini (cod. TRV), riscontro di superamenti delle CSC previste in tabella 1 colonna A "Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale" di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. diffusi (% superamenti pari al 35-70% delle osservazioni totali) per i parametri *berillio* e *tallio*, sporadici (% superamenti <35% delle osservazioni totali) per i parametri *arsenico*, *cadmio*, *cobalto*, *selenio* e *vanadio* e assenti per i parametri *antimonio*, *cromo*, *cromo esavalente*, *nicel*, *piombo*, *rame*, *zinco*, *mercurio* e *composti organostannici*. L'entità dei superamenti risulta più marcata per i parametri *arsenico* e *berillio* per i quali sono stati contestualmente evidenziati anche superamenti delle CSC previste in tabella 1 colonna B "Siti ad uso commerciale e industriale" di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii.;
- per la litologia dei flysch (cod. FLY), riscontro di superamenti delle CSC previste in tabella 1 colonna A "Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale" di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. sporadici (% superamenti <35% delle osservazioni totali) per i parametri *arsenico*, *berillio*, *cobalto*, *piombo*, *selenio*, *tallio* e *vanadio* e assenti per i parametri *antimonio*, *cadmio*, *cromo*, *cromo esavalente*, *nicel*, *rame*, *zinco*, *mercurio* e *composti organostannici*. L'entità dei superamenti risulta più marcata per il parametro *arsenico* per i quali sono stati contestualmente evidenziati anche superamenti delle CSC previste in tabella 1 colonna B "Siti ad uso commerciale e industriale" di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii.

Alla luce di quanto sopra elencato si rileva che, in tutti i campioni analizzati delle 4 unità litologiche considerate, i parametri utilizzati come marker per la valutazione dell'impatto antropico (idrocarburi e COV), al fine di discriminare i campioni non idonei in base alle procedure di preselezione (vedi metodologie di calcolo dei VF), non hanno evidenziato valori di concentrazione in eccedenza rispetto ai limiti previsti dalla tabella 1 – colonna A “Siti ad uso verde pubblico privato e residenziale” di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii.

A tal proposito, si dovranno valutare le uniche due eccedenze riscontrate a carico del parametro *cromo esavalente* (antropico) rispetto ai limiti previsti dalla tabella 1 – colonna A – allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii.

Nel complesso, i dati confortano circa l'attendibilità del piano di campionamento sotto il profilo di idoneità dei campioni ai fini delle elaborazioni successive e confermano un quadro dei superamenti per le diverse litologie compatibile con le caratteristiche geochimiche naturali dei terreni indagati.

In particolare, al di là della presenza sporadica di anomalie relative ai parametri *cadmio*, *cromo* e *rame* che dovranno essere analizzate alla luce di una successiva trattazione statistica e gestite nel caso di riscontro di potenziali outlier, la presenza diffusa e ricorrente di elementi quali *arsenico*, *berillio*, *cobalto*, *tallio* e *vanadio* in tutte le litologie indagate, così come quella meno diffusa di *selenio* e *piombo*, risulta di fatto compatibile con la composizione mineralogica delle rispettive rocce madri, spesso arricchite in metalli e metalloidi derivanti da processi naturali di alterazione della roccia, ad esempio erosione, successivo trasporto e accumulo per lisciviazione.

Tabella 4 – Analisi descrittiva dei dati relativi all'area esterna al SIN – Dati senza distinzione di litologia.

AREA ESTERNA AL SIN	Metalli e metalloidi																			Marker antropici							
	Alluminio – Al	Ferro – Fe	Manganese – Mn	Antimonio – Sb	Arsenico – As	Berillio – Be	Cadmio – Cd	Cobalto – Co	Cromo – Cr	Cromo esavalente – Cr VI	Nichel – Ni	Piombo – Pb	Rame – Cu	Selenio – Se	Tallio – Tl	Vanadio – V	Zinco – Zn	Mercurio – Hg	Composti organostannici	Idrocarburi leggeri C _{≤12}	Idrocarburi pesanti C _{>12}	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Somma Organici Aromatici
CSC tab. 1 col. A	-	-	-	10	20	2	2	20	150	2	120	100	120	3	1	90	150	1	1	10	50	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1
CSC tab. 1 col. B	-	-	-	30	50	10	15	250	800	15	500	1000	600	15	10	250	1500	5	350	250	750	2	50	50	50	50	100
n. osservazioni totali	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
n. osservazioni <LOQ	0	0	0	10	0	2	66	5	1	20	1	3	1	6	8	1	0	147	150	150	150	150	150	149	149	149	148
n. osservazioni con metallo quantificato	150	150	150	140	150	148	84	145	149	130	149	147	149	144	142	149	150	3	0	0	0	0	0	1	1	1	2
% quantificazione metallo	100%	100%	100%	93%	100%	99%	56%	97%	99%	87%	99%	98%	99%	96%	95%	99%	100%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0,7%	0,7%	0,7%	1,3%
n. osservazioni > CSC (col. A)*	-	-	-	0	56	96	2	52	2	1	0	22	3	20	55	70	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	0
% osservazioni > CSC (col. A)*	-	-	-	0%	37%	64%	1%	35%	1%	1%	0%	15%	2%	13%	37%	47%	0%	0%	-	-	-	-	-	0%	0%	0%	0%
n. osservazioni > CSC (col. B)	-	-	-	0	14	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	0
% osservazioni > CSC (col. B)	-	-	-	0%	9%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	-	-	-	-	-	0%	0%	0%	0%
Cmax	120.000	72.000	80.000	6,1	480,0	13,0	3,0	48,0	170,0	2,5	77,0	170,0	230,0	6,5	3,8	280,0	120,0	1,0	-	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,02
Cmin	650	60	28	0,2	1,5	0,2	0,2	2,5	4,0	0,2	2,0	5,1	3,0	0,2	0,2	5,0	4,0	0,5	-	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01
media	47.789	26.686	13.670	1,3	34,2	4,5	0,5	17,9	44,4	0,8	29,7	61,3	46,4	1,7	1,3	102,4	63,3	0,8	-	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,02
mediana	40.000	27.000	1.200	1,0	18,0	4,1	0,4	15,0	40,0	0,7	29,0	58,0	37,0	1,1	1,2	87,0	65,0	0,8	-	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,02
dev.st.	26.410	22.843	20.886	1,0	64,5	2,9	0,4	9,2	23,7	0,5	11,4	40,0	33,0	1,4	0,8	57,1	24,0	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01

* Con "osservazioni > CSC (col. A)" si intendono tutti i valori superiori alla CSC riportata in tabella 1 – colonna A – allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. ma inferiori alla CSC riportata in colonna B della medesima tabella.

Tabella 5 – Analisi descrittiva dei dati relativi all'area esterna al SIN – Dati per litologia alluvioni.

AREA ESTERNA AL SIN ALLUVIONI	Metalli e metalloidi																			Marker antropici							
	Alluminio – Al	Ferro – Fe	Manganese – Mn	Antimonio – Sb	Arsenico – As	Berillio – Be	Cadmio – Cd	Cobalto – Co	Cromo – Cr	Cromo esavalente – Cr VI	Nichel – Ni	Piombo – Pb	Rame – Cu	Selenio – Se	Tallio – Tl	Vanadio – V	Zinco – Zn	Mercurio – Hg	Composti organostannici	Idrocarburi leggeri C≤12	Idrocarburi pesanti C>12	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Somma Organici Aromatici
CSC tab. 1 col. A	-	-	-	10	20	2	2	20	150	2	120	100	120	3	1	90	150	1	1	10	50	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1
CSC tab. 1 col. B	-	-	-	30	50	10	15	250	800	15	500	1000	600	15	10	250	1500	5	350	250	750	2	50	50	50	50	100
n. osservazioni totali	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
n. osservazioni <LOQ	0	0	0	3	0	0	21	2	0	6	0	1	1	4	4	0	0	60	60	60	60	60	60	60	60	59	59
n. osservazioni con metallo quantificato	60	60	60	57	60	60	39	58	60	54	60	59	59	56	56	60	60	0	-	-	-	-	-	-	-	1	1
% quantificazione metallo	100%	100%	100%	95%	100%	100%	65%	97%	100%	90%	100%	98%	98%	93%	93%	100%	100%	0%	-	-	-	-	-	-	-	2%	2%
n. osservazioni > CSC (col. A)*	-	-	-	0	26	40	1	21	1	0	0	13	2	7	23	30	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0
% osservazioni > CSC (col. A)*	-	-	-	0%	43%	67%	2%	35%	2%	0%	0%	22%	3%	12%	38%	50%	0%	0%	-	-	-	-	-	-	-	0%	0%
n. osservazioni > CSC (col. B)	-	-	-	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0
% osservazioni > CSC (col. B)	-	-	-	0%	7%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-	-	-	-	-	-	-	0%	0%
Cmax	120.000	69.000	80.000	6	110	13	3	48	160	2	54	150	160	5	4	230	120	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01
Cmin	11.000	220	170	0	3	0	0	4	5	0	2	8	9	0	0	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01
media	48.017	25.824	13.347	1	24	5	1	18	45	1	29	63	43	2	1	105	63	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01
mediana	41.000	28.700	1.250	1	21	4	0	17	42	1	29	55	33	1	1	93	62	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01
dev.st.	23.983	20.884	21.335	1	18	3	0	8	22	0	10	42	30	1	1	54	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Con "osservazioni > CSC (col. A)" si intendono tutti i valori superiori alla CSC riportata in tabella 1 – colonna A – allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. ma inferiori alla CSC riportata in colonna B della medesima tabella.

Tabella 6 – Analisi descrittiva dei dati relativi all'area esterna al SIN – Dati per litologia vulcaniti.

AREA ESTERNA AL SIN VULCANITI	Metalli e metalloidi																			Marker antropici							
	Alluminio – Al	Ferro – Fe	Manganese – Mn	Antimonio – Sb	Arsenico – As	Berillio – Be	Cadmio – Cd	Cobalto – Co	Cromo – Cr	Cromo esavalente – Cr VI	Nichel – Ni	Piombo – Pb	Rame – Cu	Selenio – Se	Tallio – Tl	Vanadio – V	Zinco – Zn	Mercurio – Hg	Composti organostannici	Idrocarburi leggeri C₅₋₁₂	Idrocarburi pesanti C>12	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Somma Organici Aromatici
CSC tab. 1 col. A	-	-	-	10	20	2	2	20	150	2	120	100	120	3	1	90	150	1	1	10	50	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1
CSC tab. 1 col. B	-	-	-	30	50	10	15	250	800	15	500	1000	600	15	10	250	1500	5	350	250	750	2	50	50	50	50	100
n. osservazioni totali	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
n. osservazioni <LOQ	0	0	0	3	0	0	25	0	0	9	0	0	0	1	1	0	0	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
n. osservazioni con metallo quantificato	45	45	45	42	45	45	20	45	45	36	45	45	45	44	44	45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% quantificazione metallo	100%	100%	100%	93%	100%	100%	44%	100%	100%	80%	100%	100%	100%	98%	98%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
n. osservazioni > CSC (col. A)*	-	-	-	0	23	35	0	27	1	1	0	7	1	4	15	32	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
% osservazioni > CSC (col. A)*	-	-	-	0%	51%	78%	0%	60%	2%	2%	0%	16%	2%	9%	33%	71%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
n. osservazioni > CSC (col. B)	-	-	-	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
% osservazioni > CSC (col. B)	-	-	-	0%	2%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cmax	111.000	72.000	71.000	6,1	130,0	11,0	1,4	41,0	170,0	2,5	77,0	170,0	230,0	4,9	3,8	280,0	120,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cmin	11.000	60	160	0,3	2,1	0,2	0,2	2,5	5,0	0,2	5,0	8,0	5,0	0,2	0,2	19,0	11,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
media	64.356	41.270	9.919	1,7	23,9	5,1	0,4	23,3	51,8	1,0	34,0	71,3	66,1	1,4	1,3	134,8	70,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mediana	64.000	45.000	1.200	1,4	22,0	5,0	0,3	23,0	48,0	0,9	33,0	72,0	62,0	1,0	1,3	140,0	74,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
dev.st.	27.912	23.737	19.889	1,2	20,2	2,9	0,3	9,5	31,0	0,5	12,2	40,9	34,3	1,2	0,8	58,6	21,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Con "osservazioni > CSC (col. A)" si intendono tutti i valori superiori alla CSC riportata in tabella 1 – colonna A – allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. ma inferiori alla CSC riportata in colonna B della medesima tabella.

Tabella 7 – Analisi descrittiva dei dati relativi all'area esterna al SIN – Dati per litologia travertini.

AREA ESTERNA AL SIN TRAVERTINI	Metalli e metalloidi																			Marker antropici							
	Alluminio – Al	Ferro – Fe	Manganese – Mn	Antimonio – Sb	Arsenico – As	Berillio – Be	Cadmio – Cd	Cobalto – Co	Cromo – Cr	Cromo esavalente – Cr VI	Nichel – Ni	Piombo – Pb	Rame – Cu	Selenio – Se	Tallio – Tl	Vanadio – V	Zinco – Zn	Mercurio – Hg	Composti organostannici	Idrocarburi leggeri C _≤ 12	Idrocarburi pesanti C _{>} 12	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Somma Organici Aromatici
CSC tab. 1 col. A	-	-	-	10	20	2	2	20	150	2	120	100	120	3	1	90	150	1	1	10	50	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1
CSC tab. 1 col. B	-	-	-	30	50	10	15	250	800	15	500	1000	600	15	10	250	1500	5	350	250	750	2	50	50	50	50	100
n. osservazioni totali	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
n. osservazioni <LOQ	0	0	0	2	0	2	10	3	1	2	1	2	0	1	0	1	0	27	30	30	30	30	30	30	30	30	30
n. osservazioni con metallo quantificato	30	30	30	28	30	28	20	27	29	28	29	28	30	29	30	29	30	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% quantificazione metallo	100%	100%	100%	93%	100%	93%	67%	90%	97%	93%	97%	93%	100%	97%	100%	97%	100%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
n. osservazioni > CSC (col. A)*	-	-	-	0	3	16	1	2	0	0	0	0	0	6	13	4	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
% osservazioni > CSC (col. A)*	-	-	-	0%	10%	53%	3%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	43%	13%	0%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
n. osservazioni > CSC (col. B)	-	-	-	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
% osservazioni > CSC (col. B)	-	-	-	0%	27%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cmax	83.000	42.000	56.000	1,3	480,0	11,0	3,0	25,0	56,0	1,3	49,0	100,0	110,0	6,5	2,9	130,0	110,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cmin	650	86	28	0,3	1,5	0,8	0,2	3,2	4,0	0,3	3,0	5,1	3,0	0,3	0,2	9,0	4,0	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
media	28.545	11.346	17.980	0,8	76,2	3,7	0,6	10,1	31,6	0,6	22,7	48,6	29,2	2,2	1,3	62,7	54,7	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mediana	27.500	1.250	9.400	0,8	12,5	3,5	0,4	9,0	33,0	0,6	20,0	55,5	23,5	2,2	1,4	56,0	51,0	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
dev.st.	16.905	14.490	19.116	0,3	131,1	2,3	0,6	5,2	11,4	0,3	10,5	23,6	25,1	1,5	0,9	28,6	26,9	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Con "osservazioni > CSC (col. A)" si intendono tutti i valori superiori alla CSC riportata in tabella 1 – colonna A – allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. ma inferiori alla CSC riportata in colonna B della medesima tabella.

Tabella 8 – Analisi descrittiva dei dati relativi all'area esterna al SIN – Dati per litologia flysch.

AREA ESTERNA AL SIN FLYSCH	Metalli e metalloidi																		Marker antropici								
	Alluminio – Al	Ferro – Fe	Manganese – Mn	Antimonio – Sb	Arsenico – As	Berillio – Be	Cadmio – Cd	Cobalto – Co	Cromo – Cr	Cromo esavalente – CrVI	Nichel – Ni	Piombo – Pb	Rame – Cu	Selenio – Se	Tallio – Tl	Vanadio – V	Zinco – Zn	Mercurio – Hg	Composti organostannici	Idrocarburi leggeri C _≤ 12	Idrocarburi pesanti C _{>} 12	Benzene	Etilbenzene	Stirene	Toluene	Xilene	Somma Organici Aromatici
CSC tab. 1 col. A	-	-	-	10	20	2	2	20	150	2	120	100	120	3	1	90	150	1	1	10	50	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1
CSC tab. 1 col. B	-	-	-	30	50	10	15	250	800	15	500	1000	600	15	10	250	1500	5	350	250	750	2	50	50	50	50	100
n. osservazioni totali	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
n. osservazioni <LOQ	0	0	0	2	0	0	10	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	15	15	15	15	15	15	14	14	15	14
n. osservazioni con metallo quantificato	15	15	15	13	15	15	5	15	15	12	15	15	15	15	12	15	15	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
% quantificazione metallo	100%	100%	100%	87%	100%	100%	33%	100%	100%	80%	100%	100%	100%	100%	80%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	7%	0%	7%
n. osservazioni > CSC (col. A)*	-	-	-	0	4	5	0	2	0	0	0	2	0	3	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% osservazioni > CSC (col. A)*	-	-	-	0%	27%	33%	0%	13%	0%	0%	0%	13%	0%	20%	27%	27%	0%	0%	-	-	-	-	-	0%	0%	0%	0%
n. osservazioni > CSC (col. B)	-	-	-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% osservazioni > CSC (col. B)	-	-	-	0%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cmax	61.000	45.000	71.000	3	150	7	1	21	65	2	56	160	110	4	2	170	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cmin	18.000	420	300	0	3	1	0	6	35	0	19	9	12	0	0	24	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
media	35.667	17.057	17.589	1	23	3	0	14	45	1	32	47	37	2	1	73	60	-	-	-	-	-	-	0	0	-	0
mediana	38.000	24.000	1.100	1	9	2	0	14	46	1	30	23	31	1	1	54	52	-	-	-	-	-	-	0	0	-	0
dev.st.	11.185	14.801	24.946	1	37	2	0	5	9	1	11	47	25	2	1	45	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Con "osservazioni > CSC (col. A)" si intendono tutti i valori superiori alla CSC riportata in tabella 1 – colonna A - allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. ma inferiori alla CSC riportata in colonna B della medesima tabella.

5.2. Confronto tra dati esterni e dati interni al SIN

Con l'obiettivo di individuare analogie tra le aree a basso o nullo impatto antropico indagate nell'area di buffer individuata esternamente al SIN e le aree potenzialmente impattate all'interno del SIN, sono stati confrontati i valori ottenuti per il progetto con i dati acquisiti dal Servizio suolo e bonifiche nell'ambito dei procedimenti di bonifica e delle indagini preliminari svolte all'interno del SIN, per un totale di 98 siti individuati, aventi le stesse litologie richiamate nel Piano di campionamento matrice suolo, secondo lo schema riportato in tabella 9.

Tabella 9 – Distribuzione litologie per i siti interni al SIN e numerosità campionaria.

Litologia	N. siti SIN	N. campioni SIN
alluvioni	55	147
vulcaniti	27	95
travertini	15	33
flysch	1	1
Totale	98	276

In figura 5 è consultabile la localizzazione dei siti individuati internamente alla perimetrazione del SIN per il confronto e rappresentati con il simbolo "triangolo rosso", rispetto ai punti campionati nell'area esterna al SIN e rappresentati con il simbolo "cerchio blu".

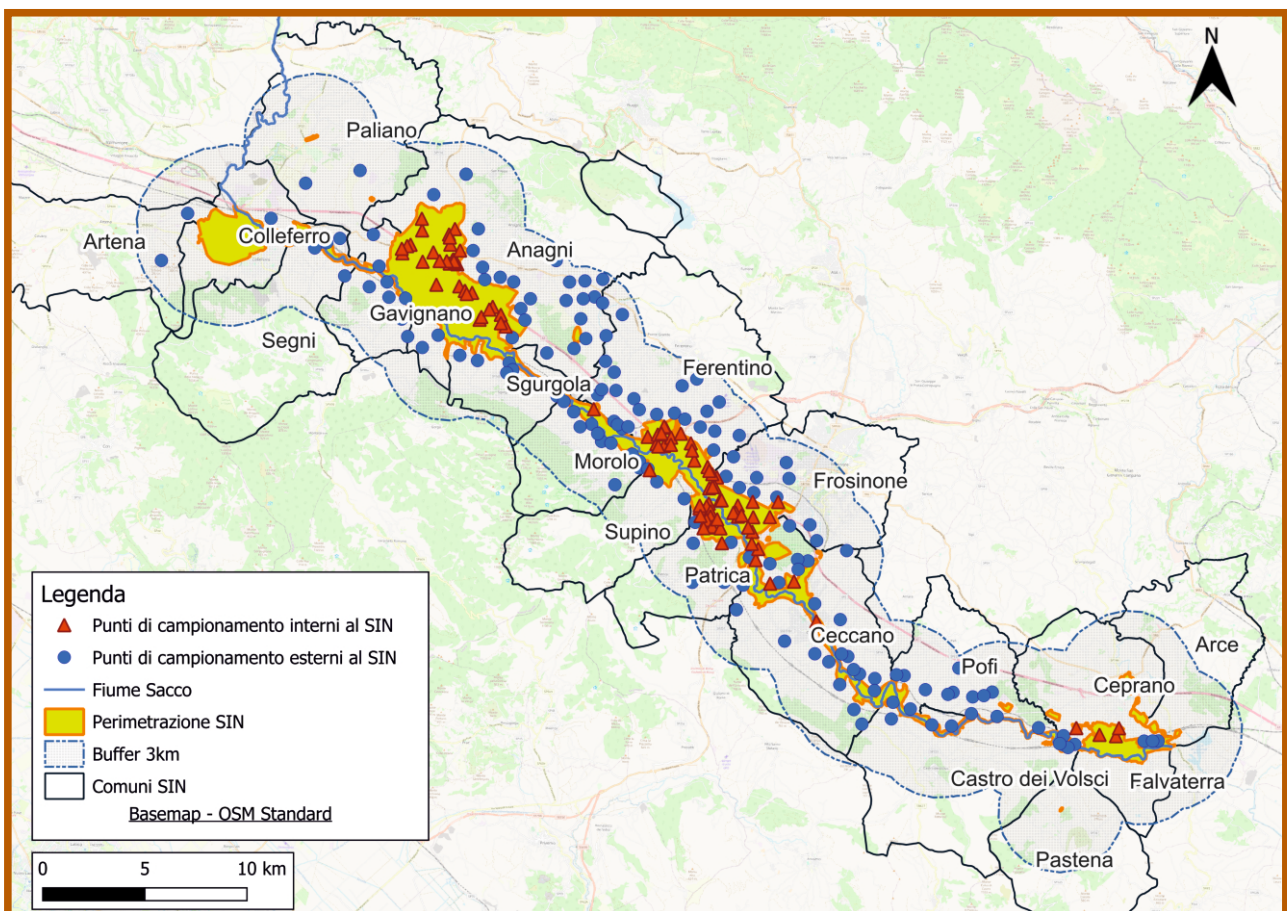


Figura 5 – Mappatura punti di campionamento esterni al SIN e punti di campionamento interni al SIN.

Si rappresenta che la destinazione d'uso dei 98 siti individuati per il confronto è nel 95% dei casi di tipo "commerciale e industriale" mentre nel 5% dei casi risulta di tipo "verde pubblico, privato e residenziale". Ne consegue che in taluni casi, nonostante siano state rilevate concentrazioni superiori rispetto a quelle emerse nelle aree esterne alla perimetrazione, non impattate antropicamente, i parametri chimici coinvolti non sono stati gestiti nei relativi procedimenti di bonifica, in quanto rilevati in quantitativi inferiori ai limiti normativi, rappresentati dalle CSC di tabella 1 – colonna B "Siti ad uso industriale e commerciale" di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii., meno restrittive di quelle stabilite per i "siti a verde pubblico, privato e residenziale" in colonna A della medesima tabella."

In tabella 10 è riportato un riepilogo di alcuni parametri descrittivi, considerati utili ai fini della caratterizzazione dei due contesti, senza differenziazione nella litologia.

Tabella 10 – Confronto descrittivo dei dati esterni e interni al SIN – Senza distinzione di litologia.

Confronto area interna ed esterna al SIN	Antimonio – Sb	Arsenico – As	Berillio – Be	Cadmio – Cd	Cobalto – Co	Cromo – Cr	Cromo esavalente – Cr VI	Nichel – Ni	Piombo – Pb	Rame – Cu	Selenio – Se	Tallio – Tl	Vanadio – V	Zinco – Zn	Mercurio – Hg
CSC tab. 1 col. A	10	20	2	2	20	150	2	120	100	120	3	1	90	150	1
CSC tab. 1 col. B	30	50	10	15	250	800	15	500	1000	600	15	10	250	1500	5
MEDIA - AREA ESTERNA	1,3	34,2	4,5	0,5	17,9	44,4	0,8	29,7	61,3	46,4	1,7	1,3	102,4	63,3	0,8
MEDIA - AREA INTERNA	1,3	45,9	7,3	0,5	20,3	42,5	0,8	34,3	95,3	53,6	4,4	2,1	138,3	73,9	0,1
% osservazioni > CSC (col. A)* - AREA ESTERNA	0,0%	37,3%	64,0%	1,3%	34,7%	1,3%	0,7%	0,0%	14,7%	2,0%	13,3%	36,7%	46,7%	0,0%	0,0%
% osservazioni > CSC (col. A)* - AREA INTERNA	0,0%	55,1%	81,7%	1,1%	49,6%	0,0%	0,4%	0,0%	38,4%	2,6%	48,8%	60,8%	77,6%	1,1%	0,0%
% osservazioni > CSC (col. B) - AREA ESTERNA	0,0%	9,3%	3,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,0%	0,0%
% osservazioni > CSC (col. B) - AREA INTERNA	0,0%	14,6%	13,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%

* Con "osservazioni > CSC (col. A)" si intendono tutti i valori superiori alla CSC riportata in Tabella 1 – colonna A – allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. ma inferiori alla CSC riportata in colonna B della medesima tabella.

Il confronto tra i valori delle medie dei dati ottenute sugli interi dataset, senza effettuare una distinzione per litologia, per i siti dell'area esterna al SIN e per i siti interni al SIN, evidenzia complessivamente un'omogeneità degli ordini di grandezza per tutti i 15 parametri nei due contesti, con una leggera tendenza verso medie superiori evidenziata internamente al SIN, in risposta alla differente destinazione d'uso attribuita, che ricordiamo essere, per il 95% dei siti interni, di tipo industriale e non verde.

A supporto delle considerazioni appena enunciate, si richiama il grafico riportato in figura 6 in cui sono confrontate le medie relative alle aree esterne al SIN (colonne blu) e quelle relative ai siti interni al SIN (colonne gialle) dei singoli parametri.

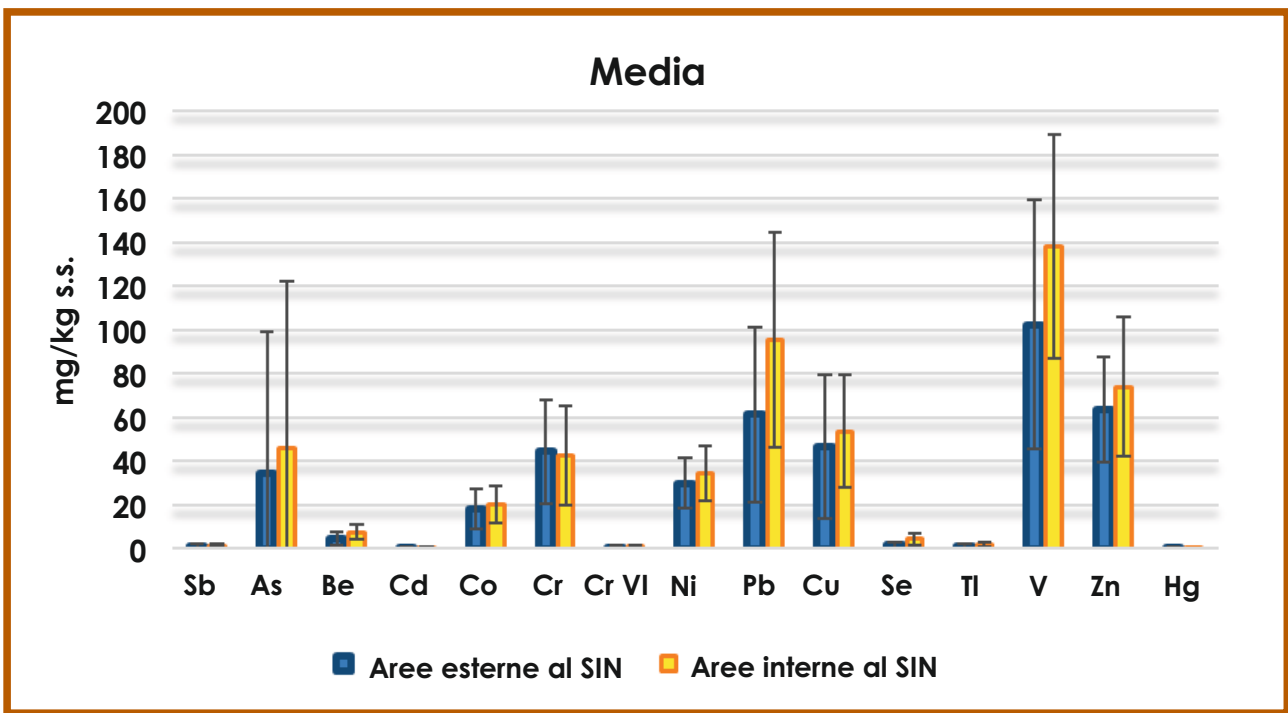


Figura 6 – Confronto aree esterne al SIN e interne al SIN – parametro Media.

Si rappresenta che, per quei parametri il cui range di concentrazioni è risultato particolarmente ampio rispetto ad altri, sono stati ovviamente riscontrati valori di deviazione standard più elevati, come ad esempio si può osservare per il parametro arsenico, il cui range è risultato pari a 1,5-480 mg/kg s.s., con ben tre ordini di grandezza coinvolti. Tale variabilità può essere ricondotta alla naturale eterogeneità litologica dei terreni e sarà successivamente gestita affinando le valutazioni statistiche passando attraverso la differenziazione delle litologie indagate.

Per quanto riguarda invece i superamenti delle CSC riportate in tabella 1 – colonna A – allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii., in tabella 10 si osserva, per la quasi totalità dei metalli e metalloidi analizzati, una presenza di anomalie in entrambi i contesti, ad eccezione dei soli *antimonio*, *nicel* e *mercurio*, i quali non presentano superamenti né internamente al SIN né nell'area esterna.

Contestualmente, le anomalie sporadiche del *cromo* riscontrate solo esternamente al SIN, saranno oggetto di successivi approfondimenti, al fine di determinare se la concentrazione osservata possa essere riconosciuta come potenziale outlier.

Al contrario, i superamenti sporadici dello *zinco* sono stati registrati esclusivamente in 3 siti interni al SIN nei comuni di Ceccano, Frosinone e Ferentino, con destinazione d'uso di tipo industriale che, pertanto, non hanno registrato alcuna anomalia a seguito dell'applicazione dei limiti di colonna B, meno restrittivi rispetto a quelli previsti da colonna A per siti verdi.

Anche in questo caso, a supporto delle considerazioni sopra riportate, si richiama il grafico riportato in figura 7, in cui ricordiamo che con "Percentuale di superamento col. A" si intende l'indice calcolato per tutti i valori superiori alla CSC riportata in tabella 1 – colonna A – allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii., ma inferiori alla CSC riportata in colonna B della medesima tabella.

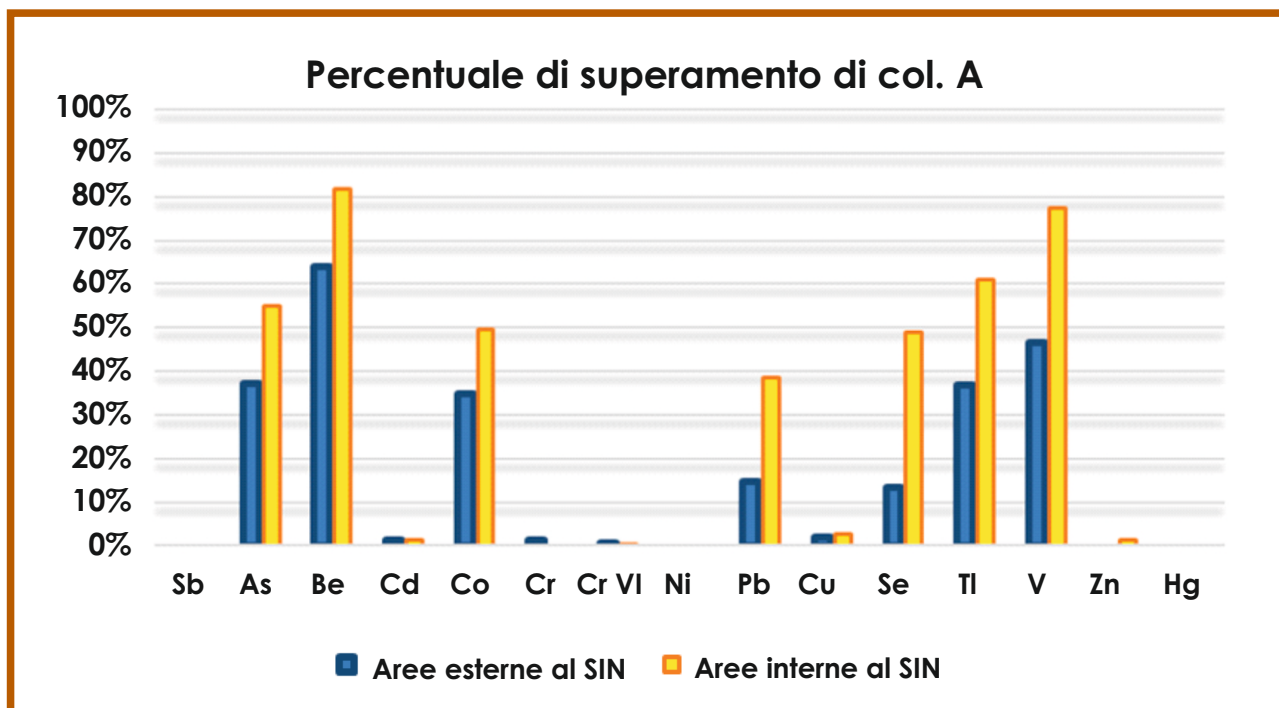


Figura 7 – Confronto aree esterne al SIN e interne al SIN – parametro % superamenti CSC colonna A.

Infine, per quanto riguarda le percentuali di superamento dei limiti riportati in tabella 1 – colonna B – allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii, riportate in tabella 10, le anomalie risultano limitate ai soli parametri *arsenico*, *berillio* e *vanadio*, presenti contemporaneamente nei siti interni al SIN e nei punti campionati nelle aree esterne al SIN.

Tutte le valutazioni restituite dal confronto tra i due contesti suggeriscono l'assenza di marcate differenze tra i due, pur richiedendo successive analisi di dettaglio per una valutazione più approfondita.

Come ulteriore contributo alle considerazioni finora elencate, si riporta una mappatura dei superamenti delle CSC previste in tabella 1 – colonne A e B di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii., registrati per i parametri *arsenico*, *berillio*, *cobalto*, *tallio* e *vanadio*, riconosciuti come i maggiormente diffusi nell'area di indagine, relativi sia all'area esterna al SIN che ai dati raccolti internamente ad esso.

Nelle mappe in figura 8-9-10-11-12 sono rappresentati con il simbolo “cerchio” i dati prelevati nelle aree esterne mentre con il simbolo “triangolo” i dati relativi ai siti interni al SIN, differenziando le osservazioni tra quelle risultate conformi ad entrambe le CSC evidenziate in verde, quelle con superamenti delle CSC previste per le aree verdi ma non delle CSC previste per le aree industriali evidenziate in rosso e, infine, quelle con superamenti delle CSC previste per le aree industriali evidenziate in rosso scuro.

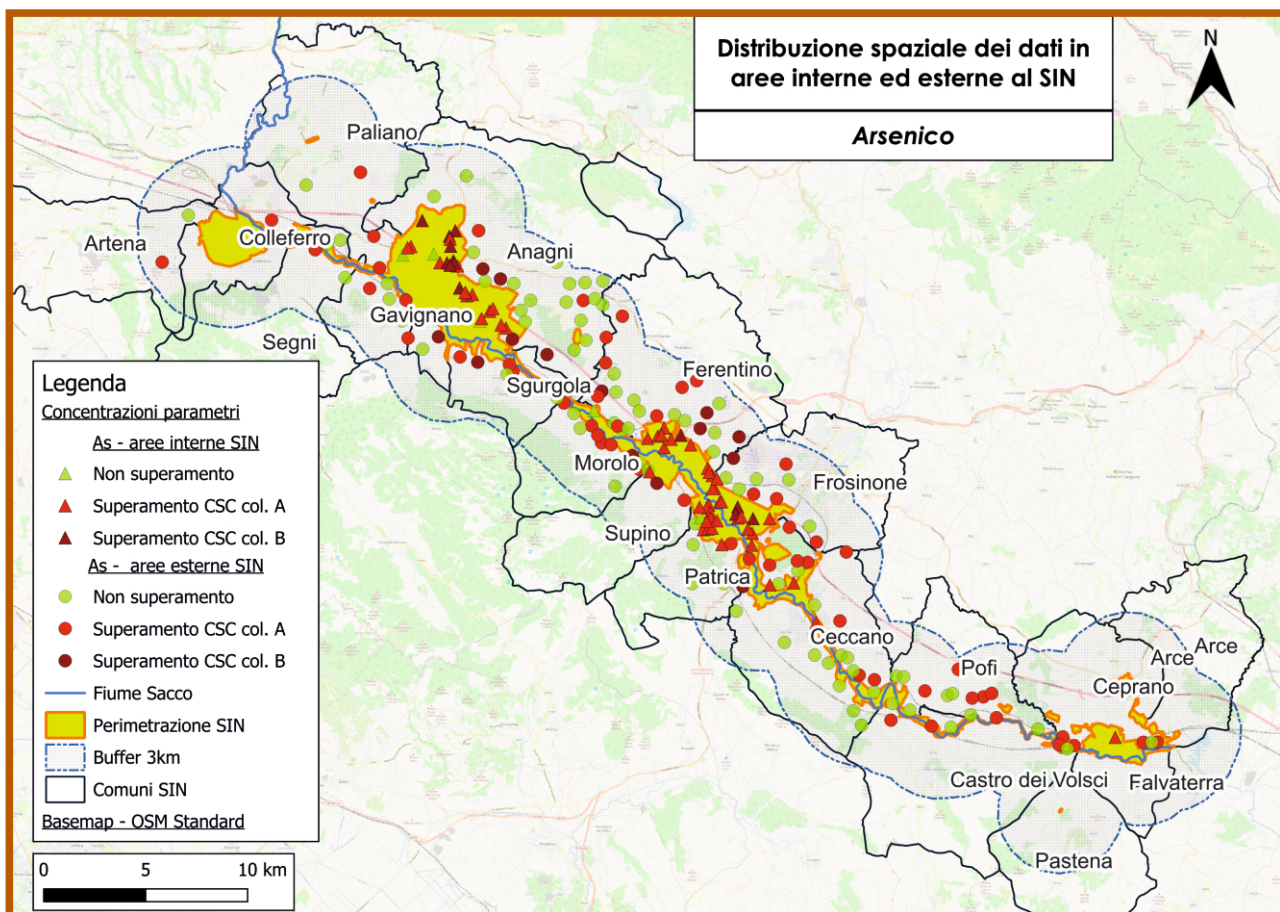


Figura 8 – Mappatura superamenti aree esterne e interne al SIN – parametro arsenico.

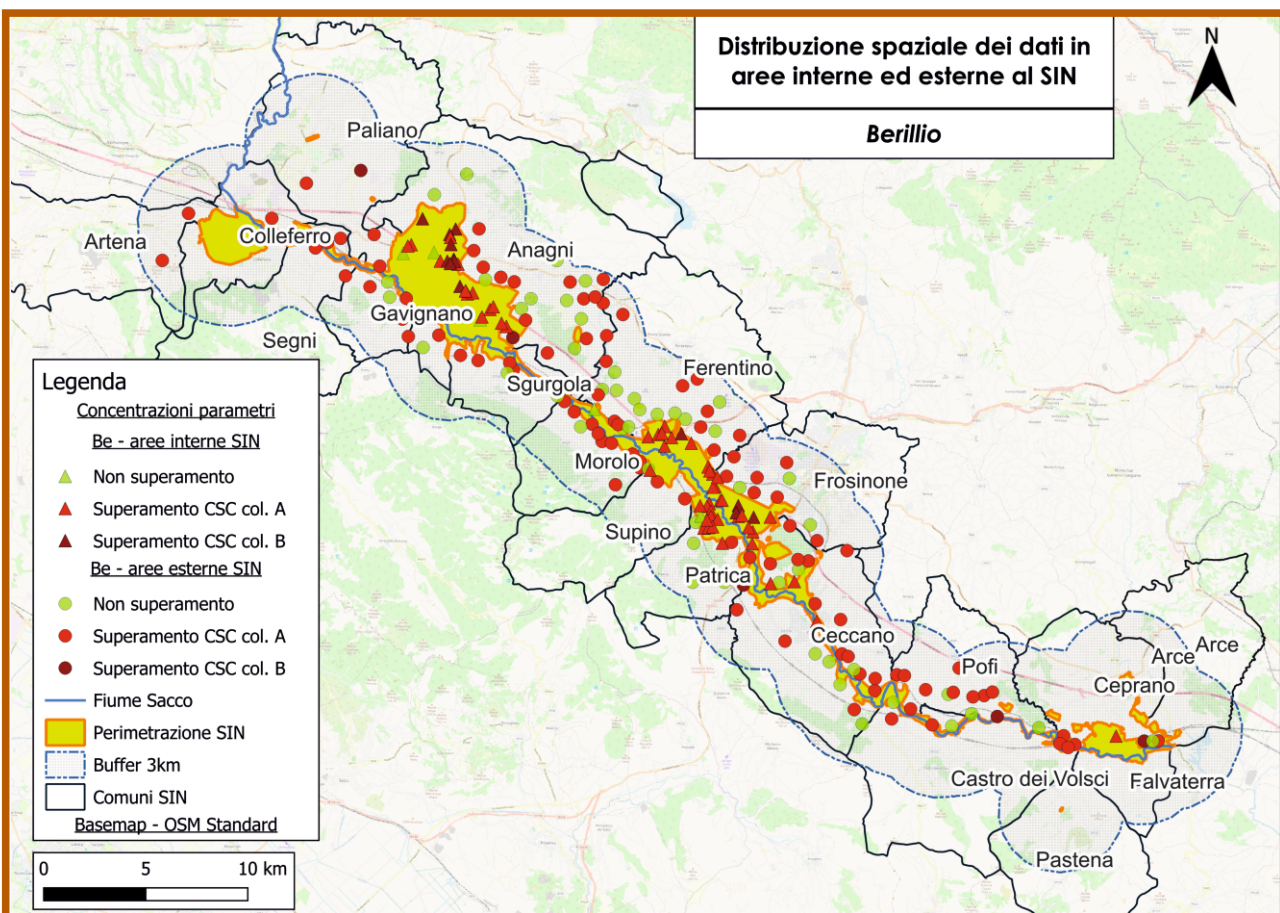


Figura 9 – Mappatura superamenti aree esterne e interne al SIN – parametro berillio.

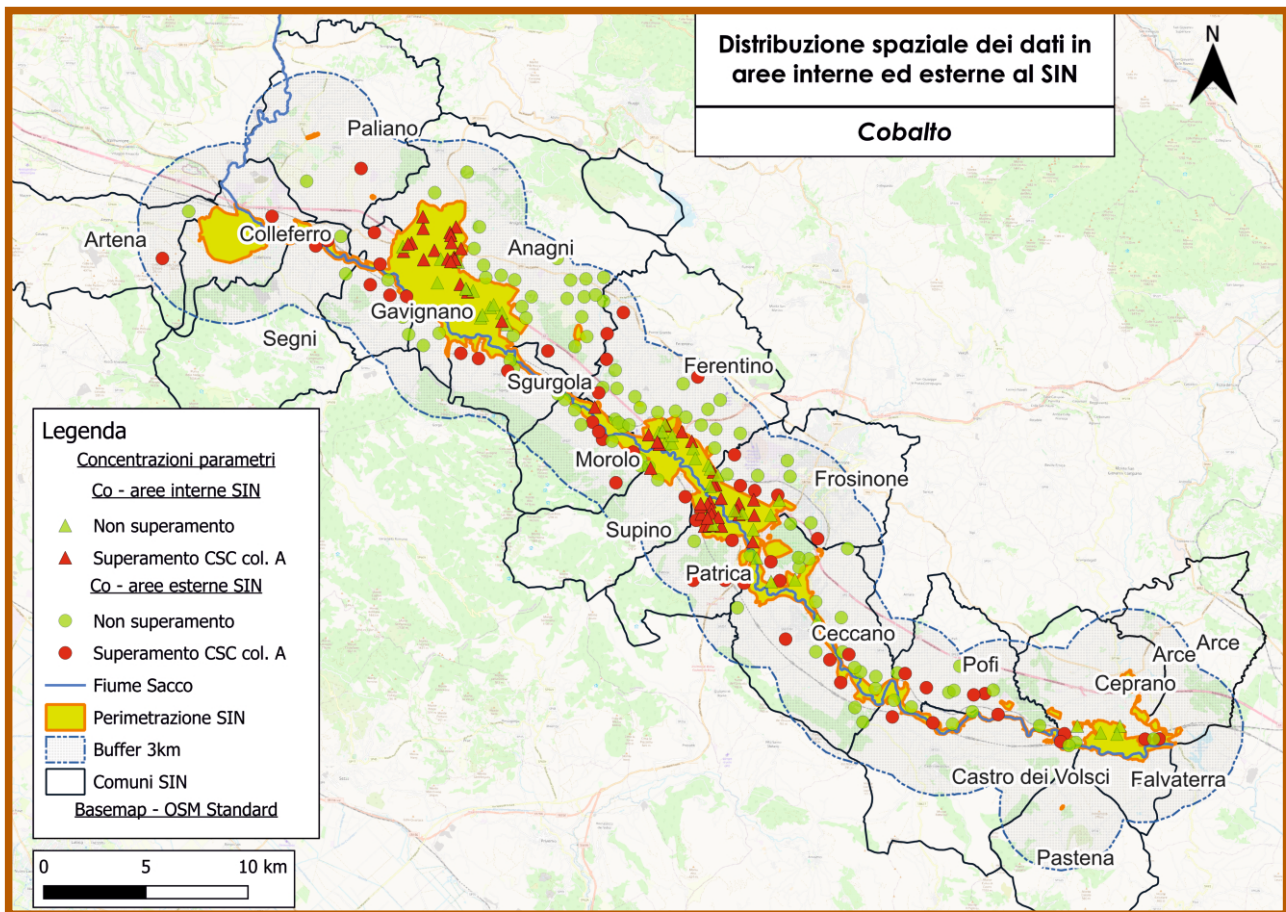


Figura 10 – Mappatura superamenti aree esterne e interne al SIN – parametro cobalto.

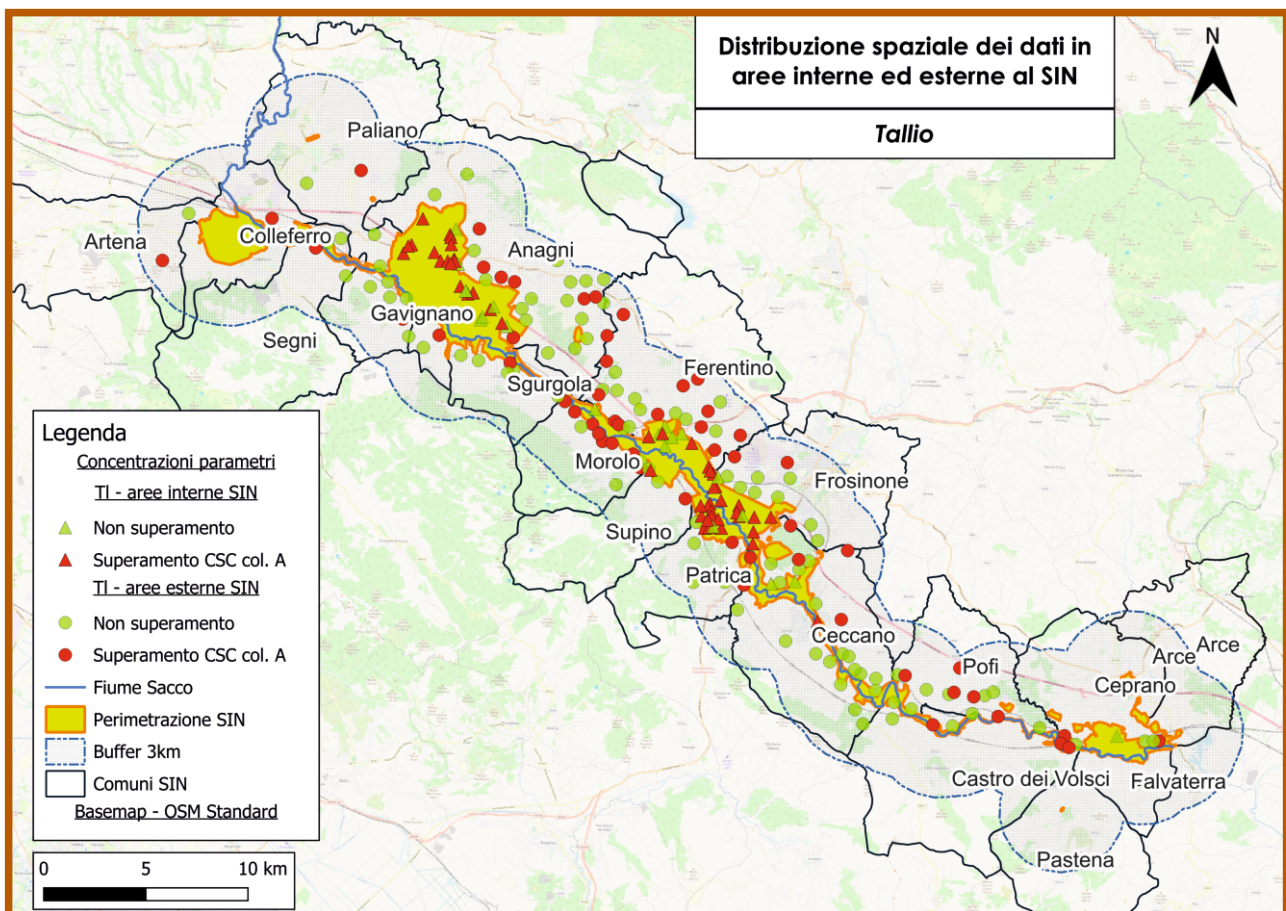


Figura 11 – Mappatura superamenti aree esterne e interne al SIN – parametro tallio.

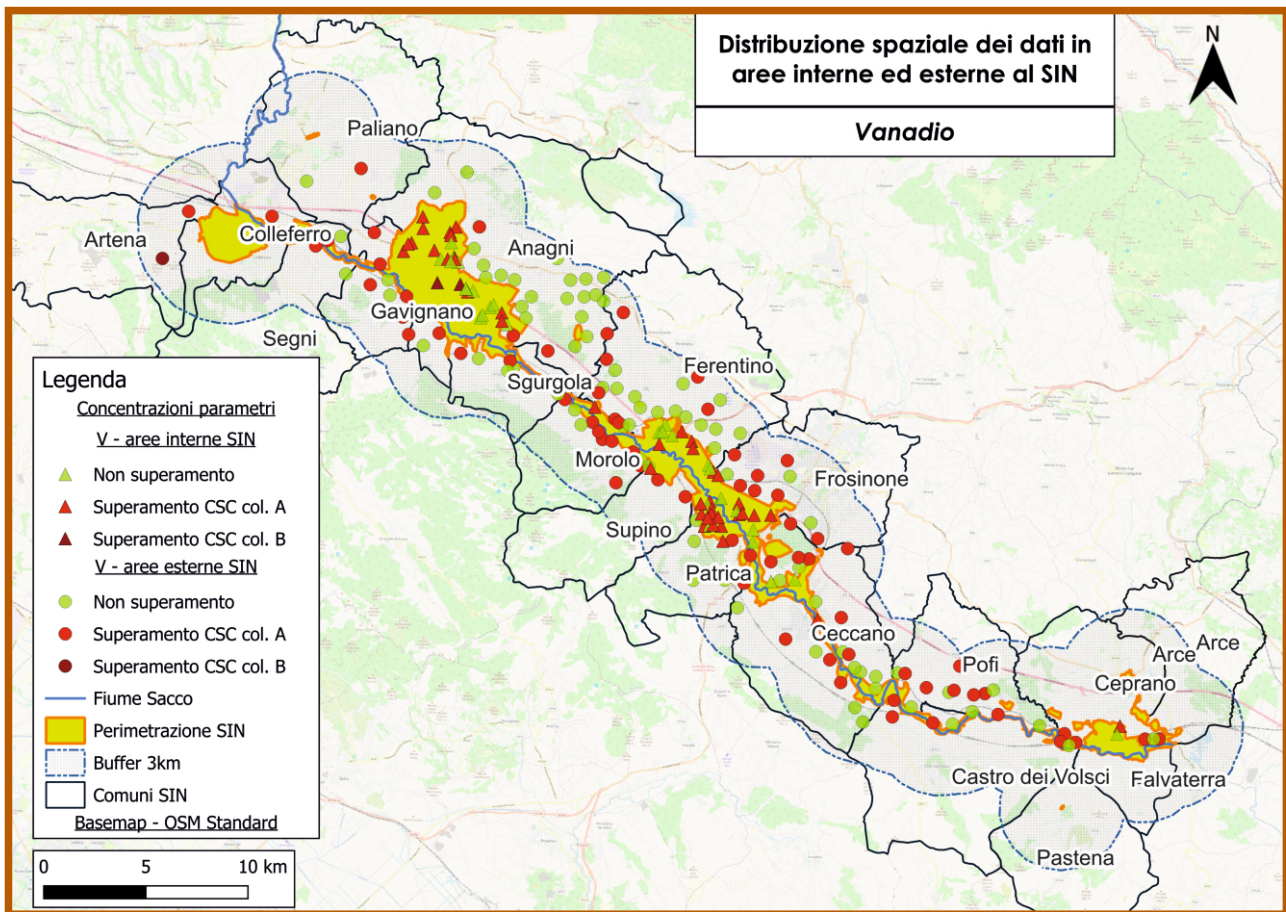


Figura 12 – Mappatura superamenti aree esterne e interne al SIN – parametro vanadio.

Ciò che appare chiaro dalla mappatura dei superamenti per tutti i parametri selezionati è la loro presenza riproducibile in entrambe le aree confrontate, distribuita lungo i territori comunali di quasi tutti i comuni coinvolti nell'indagine.

Andando nel dettaglio dei singoli parametri, per l'*arsenico* si evidenziano superamenti delle CSC previste in tabella 1 – colonna A di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. distribuiti diffusamente e uniformemente sia internamente che esternamente al SIN, mentre i superamenti delle CSC previste in tabella 1 – colonna B di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. risultano meno estesi e più localizzati, manifestazione di una possibile correlazione litologica per tali superamenti.

In particolare, 8 dei 13 superamenti di colonna B riscontrati nelle aree esterne al SIN ricadono sui depositi di travertini e analogo comportamento si evidenzia per 6 superamenti dei 18 riscontrati nei siti interni al SIN. Tale concentrazione può essere attribuita a un possibile effetto della composizione geochemica tipica dei travertini i quali, in relazione ai processi idrotermali e di precipitazione carbonatica che ne regolano la formazione, possono presentare tenori naturalmente più elevati di *arsenico* rispetto alle altre litologie.

Per quanto riguarda il parametro *berillio*, i superamenti delle CSC previste in tabella 1 – colonna A di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. risultano diffusi in maniera omogenea sia all'interno del SIN che nelle aree esterne, senza una concentrazione prevalente in specifiche litologie, mentre i superamenti delle CSC previste in tabella 1 – colonna B di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. risultano meno estesi ma comunque riscontrabili in entrambi i contesti confrontati.

Per quanto riguarda il parametro *cobalto*, i superamenti delle CSC previste in tabella 1 – colonna A di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. risultano diffusi in maniera omogenea sia all'interno del SIN che esternamente, senza una concentrazione prevalente in specifiche litologie, mentre non si riscontrano superamenti delle CSC previste in tabella 1 – colonna B di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii.

Per quanto riguarda il parametro *tallio*, i superamenti delle CSC previste in tabella 1 – colonna A di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. risultano diffusi in maniera omogenea sia all'interno del SIN che esternamente, senza una concentrazione prevalente in specifiche litologie, mentre non si riscontrano superamenti delle CSC previste in tabella 1 – colonna B di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii.

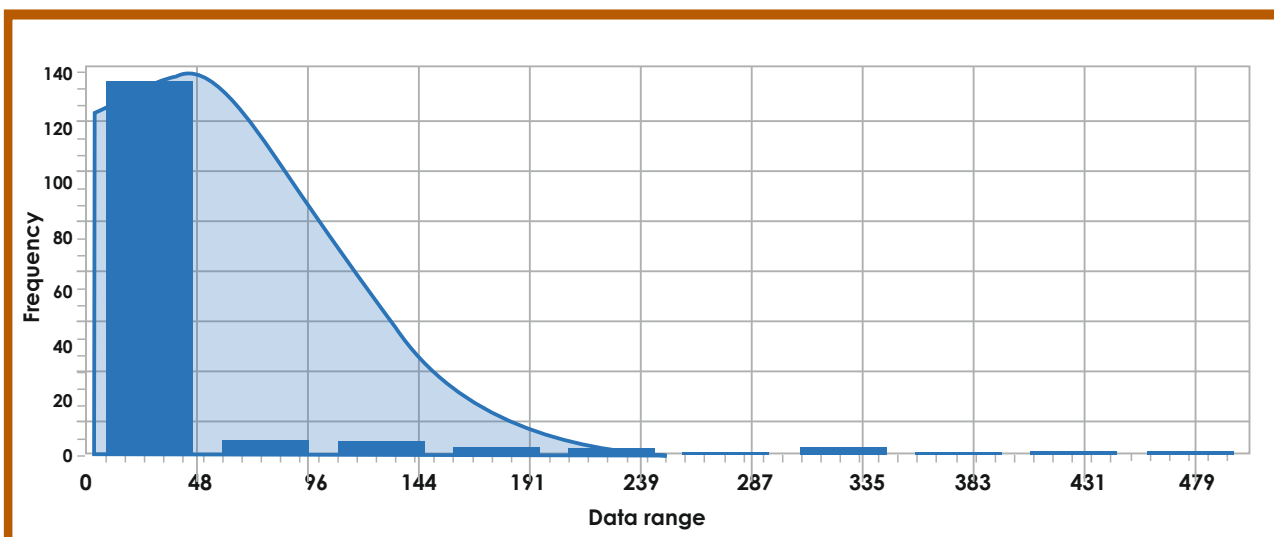
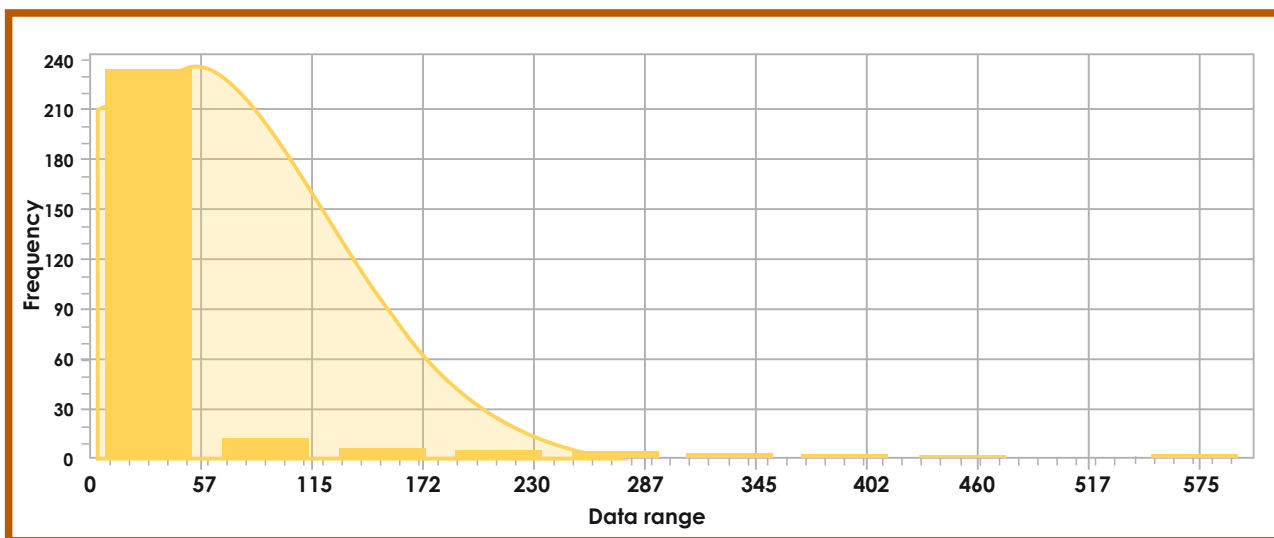
Per quanto riguarda il parametro *vanadio*, i superamenti delle CSC previste in tabella 1 – colonna A di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. risultano diffusi in maniera omogenea sia all'interno del SIN che esternamente senza una concentrazione prevalente in specifiche litologie, mentre i puntuali superamenti delle CSC previste in tabella 1 – colonna B di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii, pur riscontrati in entrambi i contesti confrontati, risultano localizzati sulla litologia delle vulcaniti.

Di fatto, il riscontro dei superamenti delle CSC previste in tabella 1 – colonne A e B di cui all'allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. non solo per i siti dell'area SIN ma anche esternamente avvalora ulteriormente l'ipotesi di un naturale arricchimento di tali metalli, essendo stati riscontrati in un'area esente da impatto antropico.

Nelle figure 13-14-15-16-17 sono riportati gli istogrammi di confronto tra i dati ottenuti per le aree esterne e i dati raccolti internamente al SIN, differenziati per i parametri selezionati come rappresentativi del comportamento di metalli e metalloidi nell'area di indagine.

Lo spessore delle colonne riportate nel grafico rappresenta l'ampiezza della classe/intervallo di valori che la colonna ricopre, mentre la frequenza con cui i dati ricadono in quella specifica classe/intervallo di valori è ricavabile dall'altezza della colonna.

Arsenico

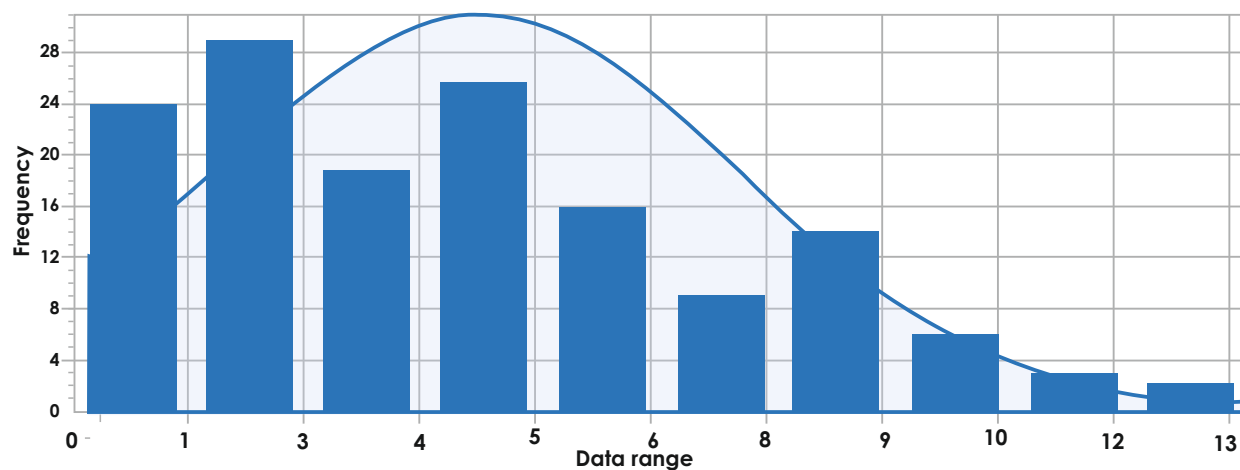
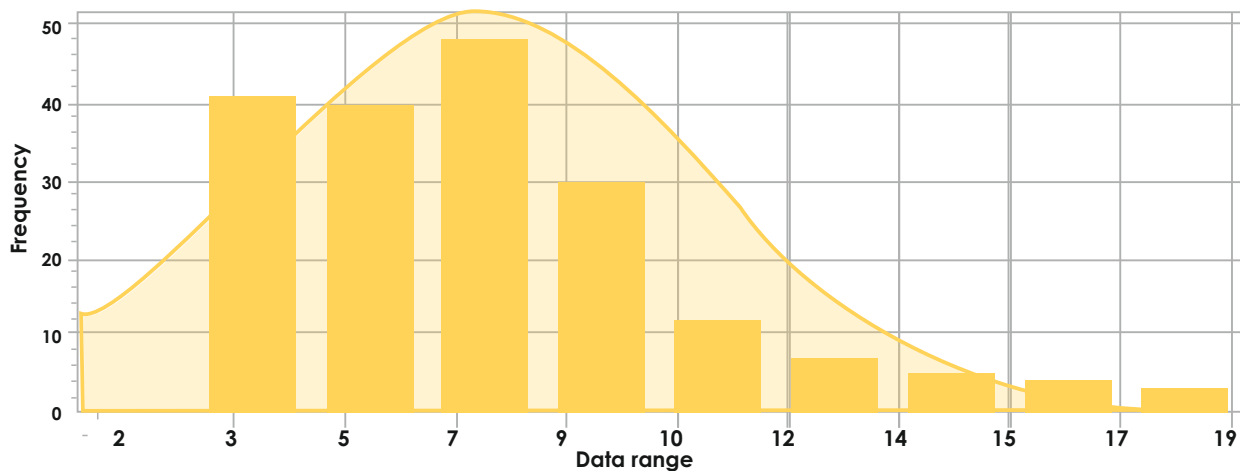


Legenda

Arsenico - aree interne SIN		Arsenico - aree esterne SIN	
Numero dei valori	266	Numero dei valori	150
Media	45,86	Media	34,23
Deviazione standard	76,44	Deviazione standard	64,51

Figura 13 – Confronto frequenze aree interne e esterne al SIN – parametro arsenico.

Berillio

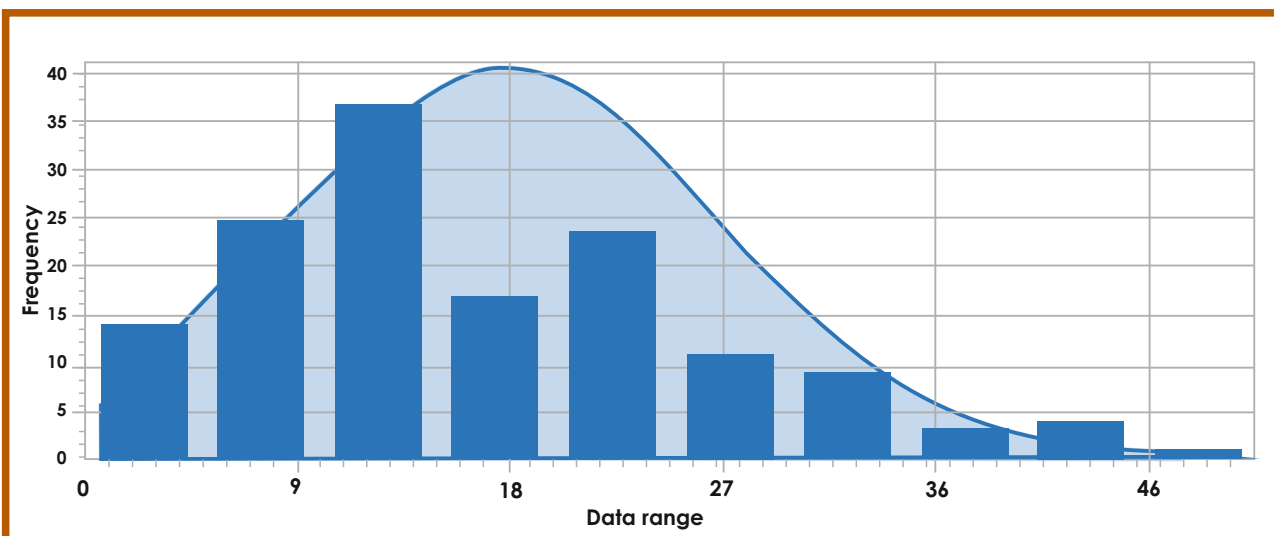
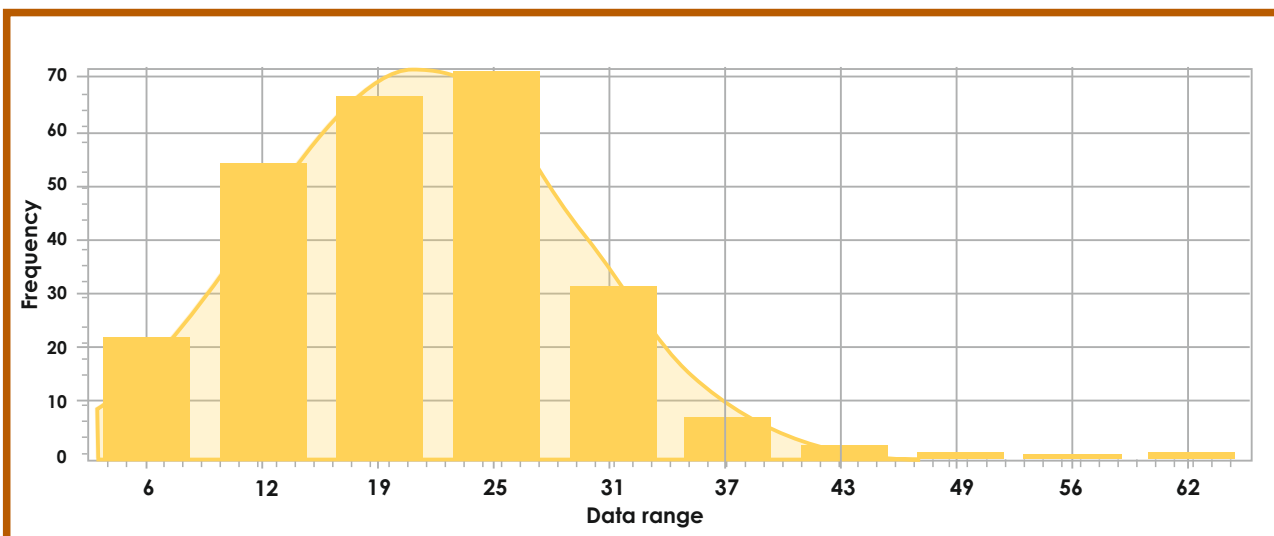


Legenda

Berillio - aree interne SIN		Berillio - aree esterne SIN	
Numero dei valori	217	Numero dei valori	148
Media	7,32	Media	4,51
Deviazione standard	3,41	Deviazione standard	2,91

Figura 14 – Confronto frequenze aree interne e esterne al SIN – parametro berillio.

Cobalto

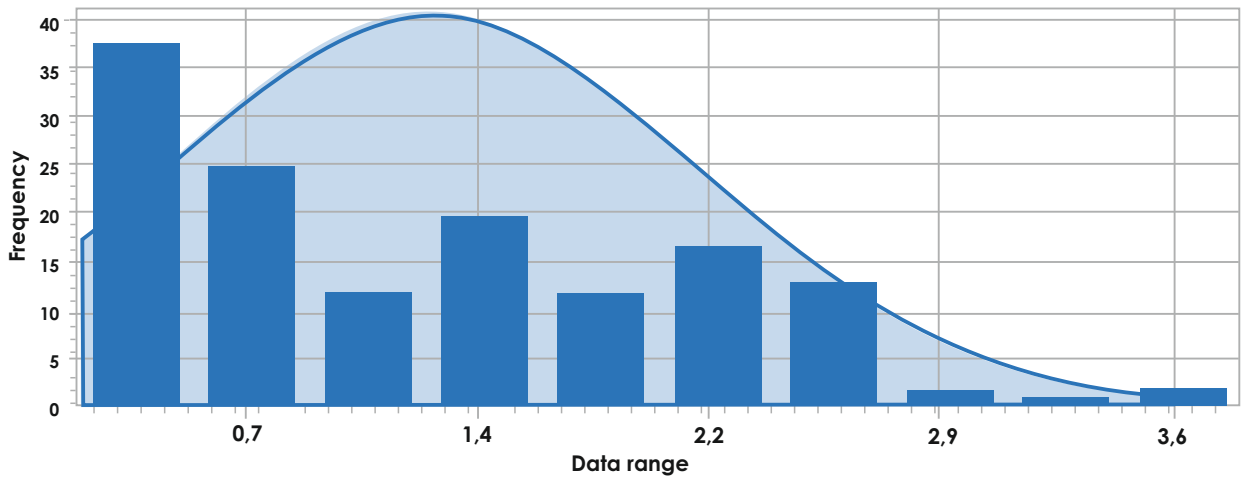
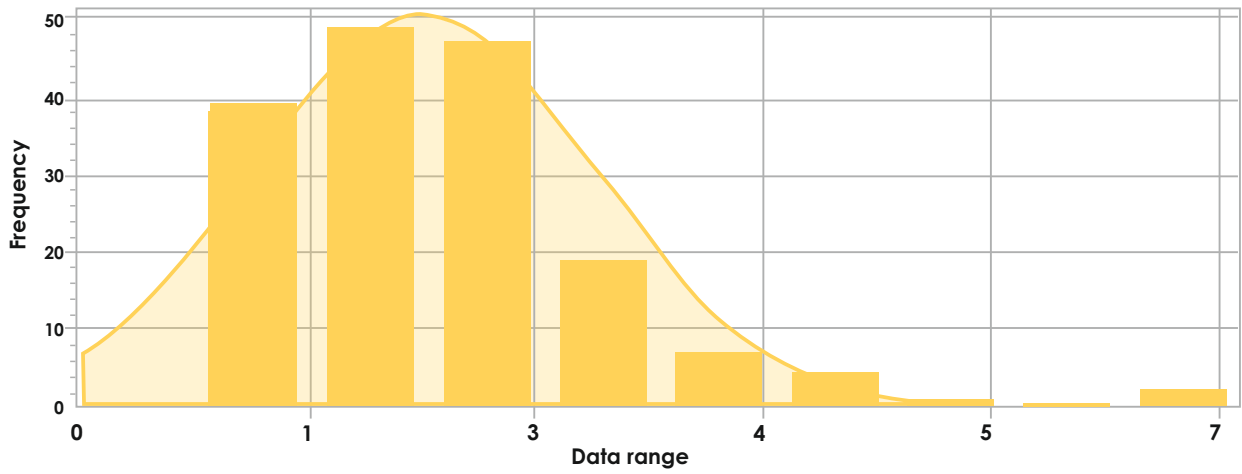


Legenda

Cobalto - aree interne SIN		Cobalto - aree esterne SIN	
Numero dei valori	254	Numero dei valori	145
Media	20,29	Media	17,87
Deviazione standard	8,41	Deviazione standard	9,23

Figura 15 – Confronto frequenze aree interne e esterne al SIN – parametro cobalto.

Tallio

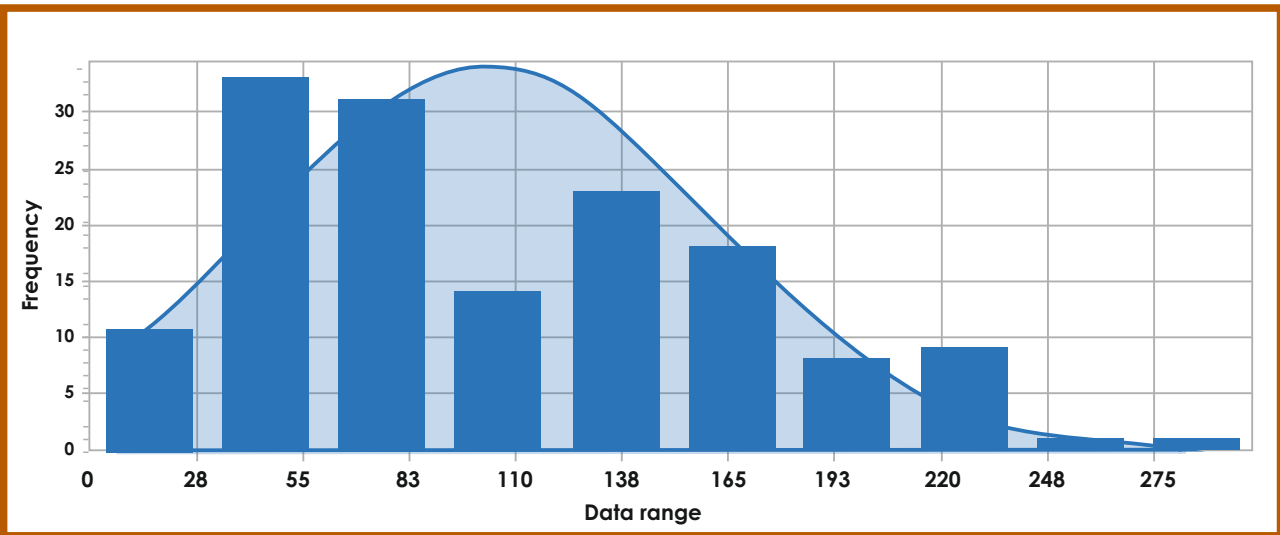
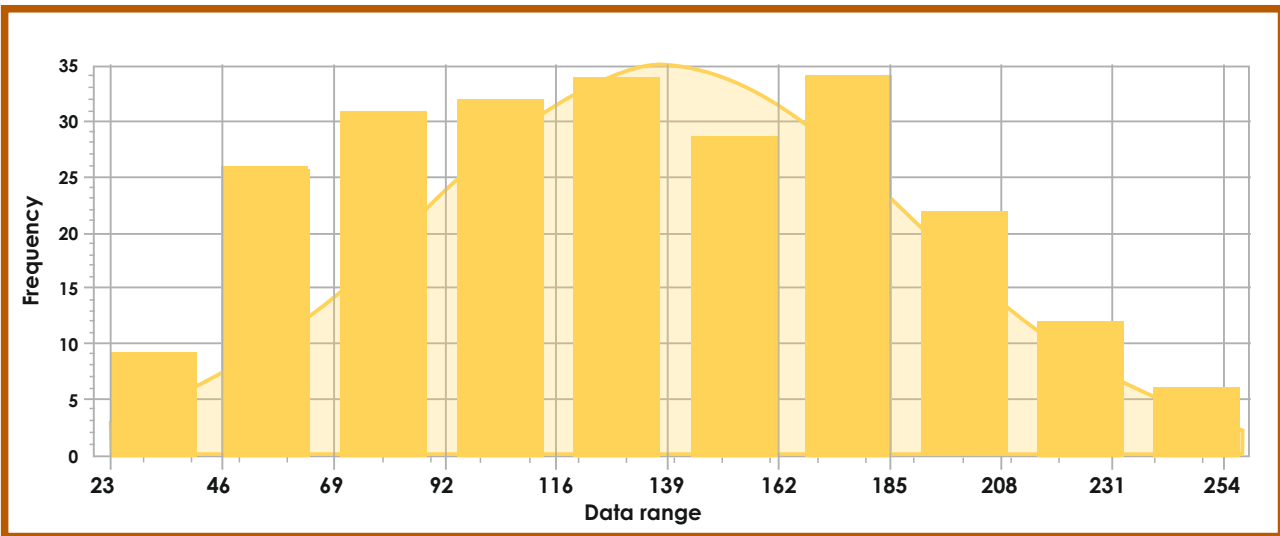


Legenda

Tallio - aree interne SIN		Tallio - aree esterne SIN	
Numero dei valori	179	Numero dei valori	142
Media	2,1	Media	1,28
Deviazione standard	1,05	Deviazione standard	0,83

Figura 16 – Confronto frequenze aree interne e esterne al SIN – parametro *tallio*.

Vanadio



Legenda			
Vanadio - aree interne SIN		Vanadio - aree esterne SIN	
Numero dei valori	223	Numero dei valori	149
Media	138,32	Media	102,38
Deviazione standard	51,17	Deviazione standard	57,06

Figura 17 – Confronto frequenze aree interne e esterne al SIN – parametro vanadio.

Ciò che emerge dal confronto della frequenza dei dati per i cinque parametri selezionati, al netto delle lievi oscillazioni delle medie ottenute per i due contesti che implicano uno shift della centratura della curva sovrapposta, è l'omogeneità sia degli ordini di grandezza in gioco che dei range di concentrazioni evidenziati, indicativi di un comportamento riproducibile tra le aree esterne non impattate antropicamente e quelle potenzialmente impattate localizzate internamente al perimetro del SIN.

La distribuzione dei dati evidenziata per l'*arsenico*, concentrata verso valori più bassi rispetto alla scala dei range riportata, seppur riproducibile in entrambi i contesti, è da ricondursi al riscontro di dati di gran lunga superiori alla media delle osservazioni, tendenzialmente associabili alla litologia dei travertini, che ha prodotto, rispetto agli altri parametri, un ampliamento sia del range di concentrazioni che degli intervalli di classe riportati nel grafico.

6. CONCLUSIONI

Dalla disamina dei dati ottenuti dalle attività di campionamento e analisi dei suoli, eseguite coerentemente al *Piano di campionamento matrice suolo*, anche in funzione dell'enorme mole di dati che ARPA Lazio ha raccolto negli anni nell'ambito dei procedimenti di bonifica avviati nell'area interne al SIN, è sembrato utile, prima ancora di fornire risposte finalizzate alla definizione dei valori di fondo naturale per le aree interne al SIN, comparare le due realtà con l'obiettivo di verificare se la presenza di metalli e metalloidi potesse essere inquadrata come fenomeno naturale riproducibile per ricorrenza ed entità, sia nelle aree esterne al SIN ipoteticamente non impattate, che nelle aree interne al SIN.

In particolare, dallo studio semi-qualitativo dei dati, è emerso che la presenza di anomalie per i metalli e metalloidi riscontrati nei 150 campioni prelevati nell'area del Buffer esterna al SIN ricalca il comportamento dei dati prelevati nell'ambito di svariati procedimenti di bonifica e/o di indagini preliminari condotti nelle aree interne al SIN, sulle medesime litologie campionate nell'area buffer.

In particolare, dal confronto effettuato tra i valori delle medie dei dati ottenute sugli interi dataset (senza effettuare una distinzione per litologia) per le aree esterne e per i siti interni al SIN, si evidenzia complessivamente un'omogeneità degli ordini di grandezza per tutti i 15 metalli e metalloidi ricercati.

Inoltre, per quanto riguarda i superamenti delle CSC riportate in tabella 1 – colonna A – allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii, si è osservata per la quasi totalità dei parametri analizzati la presenza contemporanea delle anomalie nei due contesti, ad eccezione dei soli *antimonio*, *nicel* e *mercurio*, assenti in entrambi i casi.

Infine, dal confronto delle percentuali di superamento dei limiti riportati in tabella 1 – colonna B – allegato 5 alla parte IV – titolo V del d.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii, emergono anomalie limitate ai soli parametri *arsenico*, *berillio* e *vanadio*, presenti contemporaneamente nei siti interni al SIN e nei punti campionati esternamente al SIN.

Ciò conforta circa l'ipotesi che le eccedenze riscontrabili nei suoli del SIN a carico di taluni metalli e metalloidi come *arsenico*, *berillio*, *cobalto*, *tallio*, *vanadio*, ecc. possano essere riconducibili alle caratteristiche mineralogiche delle litologie ivi presenti e non ad un apporto antropico.

Inoltre, l'evidenza che tutti i campioni analizzati siano risultati privi dei contaminanti indici di potenziale apporto antropico (marker) rappresenta un ulteriore elemento a supporto della convalida del modello concettuale alla base di tutte le attività di indagine svolte.

La successiva elaborazione statistica dettagliata, a cui i dati saranno sottoposti a fine progetto, potrà dare conferma a quanto finora emerso oltre che permettere l'individuazione, laddove plausibile, di adeguati descrittori statistici di un fondo naturale attribuibile all'area e alle litologie indagate.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ARPA Piemonte, *Verifica e aggiornamento dei valori di fondo naturale definiti per Nichel e Cromo esavalente nelle acque sotterranee ai sensi della DQA*. Torino: ARPA Piemonte, 2020

SNPA, *Linee guida per la determinazione dei Valori di Fondo per i suoli e per le acque sotterranee*. Roma: ISPRA, 2018

Preziosi, E., Ghergo, S., Parrone, D., *Buone pratiche per il campionamento delle acque sotterranee: proposta di un protocollo*, in "Notiziario dei Metodi Analitici" 1, 2017. Roma: IRSA-CNR, 2017

ARPAT, *Studio per la definizione dei valori di fondo delle sostanze prioritarie Cd, Hg, Ni, Pb e di As e Cr nelle acque e sedimenti dei corpi idrici superficiali interni*. Firenze: ARPAT, 2016

ARPAL, *Linee guida per lo studio dei valori di fondo naturale di alcuni metalli e semimetalli nei suoli della Liguria*. Genova: ARPAL, 2013

APAT (2006), *Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati*. Roma: APAT, 2006

Regione Emilia-Romagna, DGR 1781/2015, *Aggiornamento del quadro conoscitivo di riferimento (carichi inquinanti, bilanci idrici e stato delle acque) ai fini del riesame dei Piani di Gestione Distrettuali 2015-202*. Allegato n. 3, *Concentrazioni anomale di sostanze pericolose per discriminare la componente naturale da quella antropica nei corpi idrici sotterranei di pianura*

Servizio Geologico Nazionale (1975) - *Carta Geologica d'Italia - Scala 1:50.000 - Foglio 389 ANAGNI*

Servizio Geologico Nazionale (2011) - *Carta Geologica d'Italia - Scala 1:50.000 - Foglio 402 CECCANO*

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1 – MAPPATURA DELL'AREA ESTERNA RISPETTO ALLA PERIMETRAZIONE DEL SIN "BACINO DEL FIUME SACCO" E AI CONFINI COMUNALI	13
FIGURA 2 – MAPPATURA PUNTI DI CAMPIONAMENTO NELL'AREA ESTERNA AL SIN SEPARATI PER LITOLOGIA	18
FIGURA 3 – FOTO ALLESTIMENTO POSTAZIONE DI CAMPIONAMENTO	18
FIGURA 4 – FOTO SUDDIVISIONE IN ALIQUOTE E IDENTIFICAZIONE DI UN CAMPIONE	19
FIGURA 5 – MAPPATURA PUNTI DI CAMPIONAMENTO ESTERNI AL SIN E PUNTI DI CAMPIONAMENTO INTERNI AL SIN	29
FIGURA 6 – CONFRONTO AREE ESTERNE AL SIN E INTERNE AL SIN – PARAMETRO MEDIA	31
FIGURA 7 – CONFRONTO AREE ESTERNE AL SIN E INTERNE AL SIN – PARAMETRO % SUPERAMENTI CSC COLONNA A	32
FIGURA 8 – MAPPATURA SUPERAMENTI AREE ESTERNE E INTERNE AL SIN – PARAMETRO ARSENICO	33
FIGURA 9 – MAPPATURA SUPERAMENTI AREE ESTERNE E INTERNE AL SIN – PARAMETRO BERILLIO	33
FIGURA 10 – MAPPATURA SUPERAMENTI AREE ESTERNE E INTERNE AL SIN – PARAMETRO COBALTO	34
FIGURA 11 – MAPPATURA SUPERAMENTI AREE ESTERNE E INTERNE AL SIN – PARAMETRO TALLIO	34
FIGURA 12 – MAPPATURA SUPERAMENTI AREE ESTERNE E INTERNE AL SIN – PARAMETRO VANADIO	35
FIGURA 13 – CONFRONTO FREQUENZE AREE INTERNE E ESTERNE AL SIN – PARAMETRO ARSENICO	37
FIGURA 14 – CONFRONTO FREQUENZE AREE INTERNE E ESTERNE AL SIN – PARAMETRO BERILLIO	38
FIGURA 15 – CONFRONTO FREQUENZE AREE INTERNE E ESTERNE AL SIN – PARAMETRO COBALTO	39
FIGURA 16 – CONFRONTO FREQUENZE AREE INTERNE E ESTERNE AL SIN – PARAMETRO TALLIO	40
FIGURA 17 – CONFRONTO FREQUENZE AREE INTERNE E ESTERNE AL SIN – PARAMETRO VANADIO	41

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1 – DISTRIBUZIONE LITOLOGICA DEI CAMPIONI PRELEVATI NELL'AREA ESTERNA AL SIN	17
TABELLA 2 – DISTRIBUZIONE TERRITORIALE DEI CAMPIONI PRELEVATI NELL'AREA ESTERNA AL SIN	17
TABELLA 3 – SET ANALITICO E CSC SUOLI (TABELLA 1, ALLEGATO 5, TITOLO V, PARTE IV D.LGS 152/06 E SS.MM.II.)	20
TABELLA 4 – ANALISI DESCRITTIVA DEI DATI RELATIVI ALL'AREA ESTERNA AL SIN – DATI SENZA DISTINZIONE DI LITOLOGIA	24
TABELLA 5 – ANALISI DESCRITTIVA DEI DATI RELATIVI ALL'AREA ESTERNA AL SIN – DATI PER LITOLOGIA ALLUVIONI	25
TABELLA 6 – ANALISI DESCRITTIVA DEI DATI RELATIVI ALL'AREA ESTERNA AL SIN – DATI PER LITOLOGIA VULCANITI	26
TABELLA 7 – ANALISI DESCRITTIVA DEI DATI RELATIVI ALL'AREA ESTERNA AL SIN – DATI PER LITOLOGIA TRAVERTINI	27
TABELLA 8 – ANALISI DESCRITTIVA DEI DATI RELATIVI ALL'AREA ESTERNA AL SIN – DATI PER LITOLOGIA FLYSCH	28
TABELLA 9 – DISTRIBUZIONE LITOLOGIE PER I SITI INTERNI AL SIN E NUMEROSITÀ CAMPIONARIA	29
TABELLA 10 – CONFRONTO DESCRITTIVO DEI DATI ESTERNI E INTERNI AL SIN – SENZA DISTINZIONE DI LITOLOGIA	30

TAVOLE

47

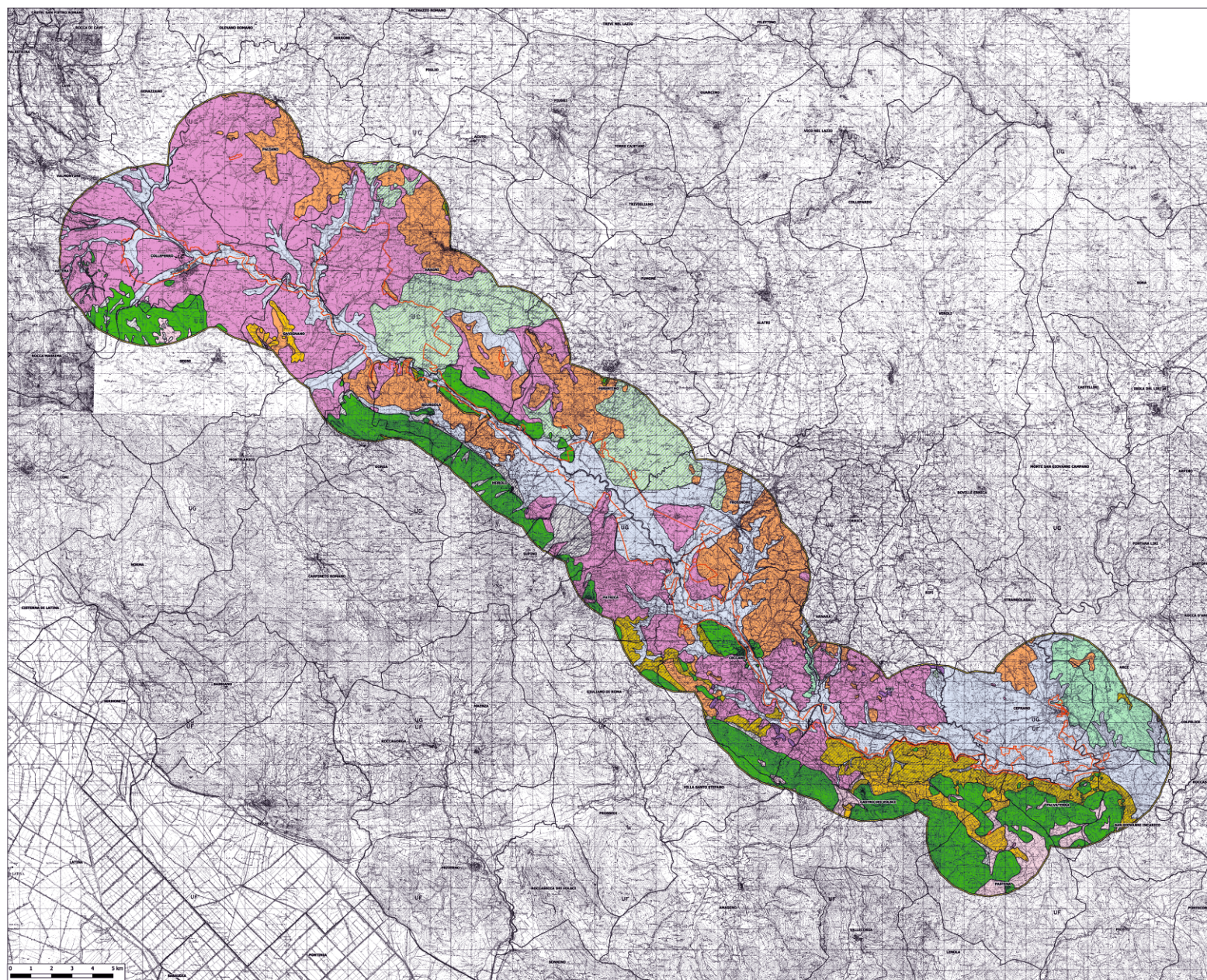


Tavola 1

**INQUADRAMENTO TERRITORIALE
DELL'AREA DI STUDIO**

Legenda

 Perimetro del SIN "Bacino del Fiume Sacco"

Confini comunali

 Area di studio
(Buffer di 3 Km dal perimetro del SIN "Bacino del Fiume Sacco")

LITOLOGIA













-  01 - Coperture detritiche, da brecciose a colluviali
[Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  02 - Complesso sedimentario sintemico costituito da depositi fluviali (ghiaie, sabbie e limi) eteropici a depositi lacustri (argille e limi) a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviate)
[Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  03 - "Terre rosse" (cineriti eluviate)
[Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  04 - Travertini, da litoidi a poco coerenti, a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviate)
[Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  05 - Complesso sedimentario sintemico costituito da depositi fluviali (ghiaie, sabbie e limi) eteropici a depositi lacustri (argille e limi)
[Età: Quaternario inferiore - Quaternario medio]
-  06 - Tufi, da litoidi a poco coerenti, a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviate)
[Età: Quaternario inferiore - Quaternario medio]
-  07 - Lave
[Quaternario inferiore - Quaternario medio]
-  08 - Complesso sedimentario costituito da livelli, ubiquitari e/o eteropici, di conglomerati, di sabbie e di argille
[Età: Cenozoico superiore]
-  09 - Melange a matrice argillosa varicolore e scheletro di ghiaie e massi poligenici
[Età: Cenozoico superiore]
-  10 - Flysch arenaceo pelitico
[Età: Cenozoico superiore]
-  11 - Marne e argille
[Età: Cenozoico superiore]
-  12 - Rocce carbonatiche (calcilutiti, calcareniti, calcari organogeni, alternanze ritmiche di calcari e dolomie, dolomie, ecc.) [Età: Mesozoico inferiore - Cenozoico superiore]



Tavola 2

**AREE NON IDONEE
AL CAMPIONAMENTO DEI SUOLI**

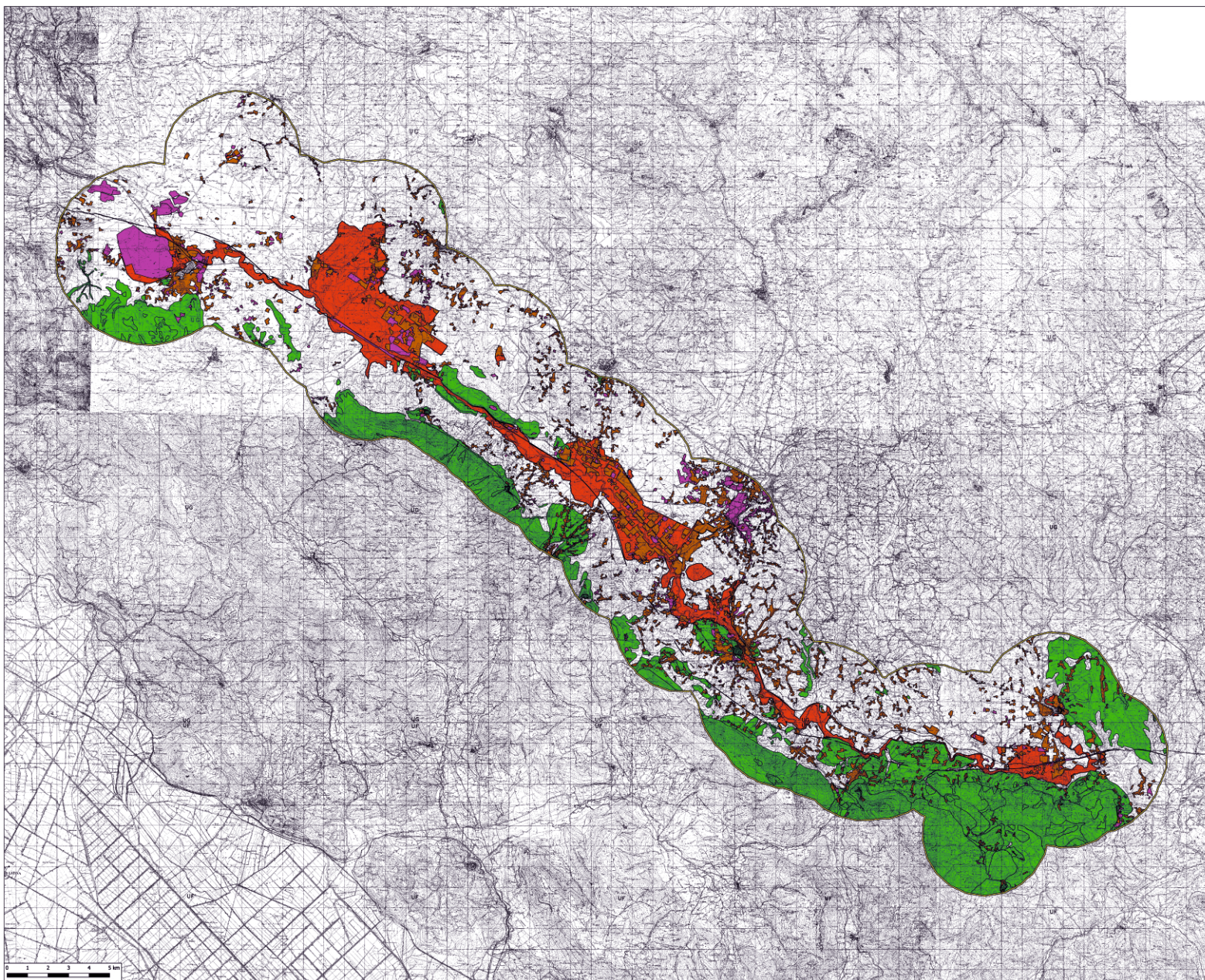
Legenda

Confini comunali

- Area di studio
(Buffer di 3 Km dal perimetro del SIN "Bacino del Fiume Sacco")

**AREE NON IDONEE
AL CAMPIONAMENTO DEI SUOLI**

- Area del SIN "Bacino del Fiume Sacco"
- Aree urbanizzate o industrializzate
[dati ricavati dal PTPR]
- Suoli ad uso non naturale (cave, insediamenti produttivi, reti stradali, ecc.)
[dati ricavati dalla Carta dell'Uso del Suolo]
- Aree a litologia scarsamente rappresentativa dell'assetto litologico tipico e/o prevalente nel SIN "Bacino del Fiume Sacco" (Litotipi 01, 03, 05, 07, 08, 09, 11 e 12 della Tavola 1)



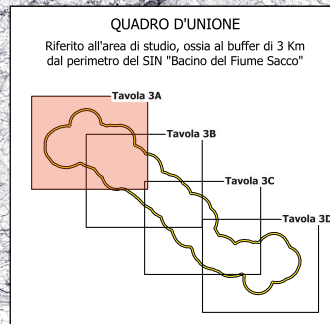
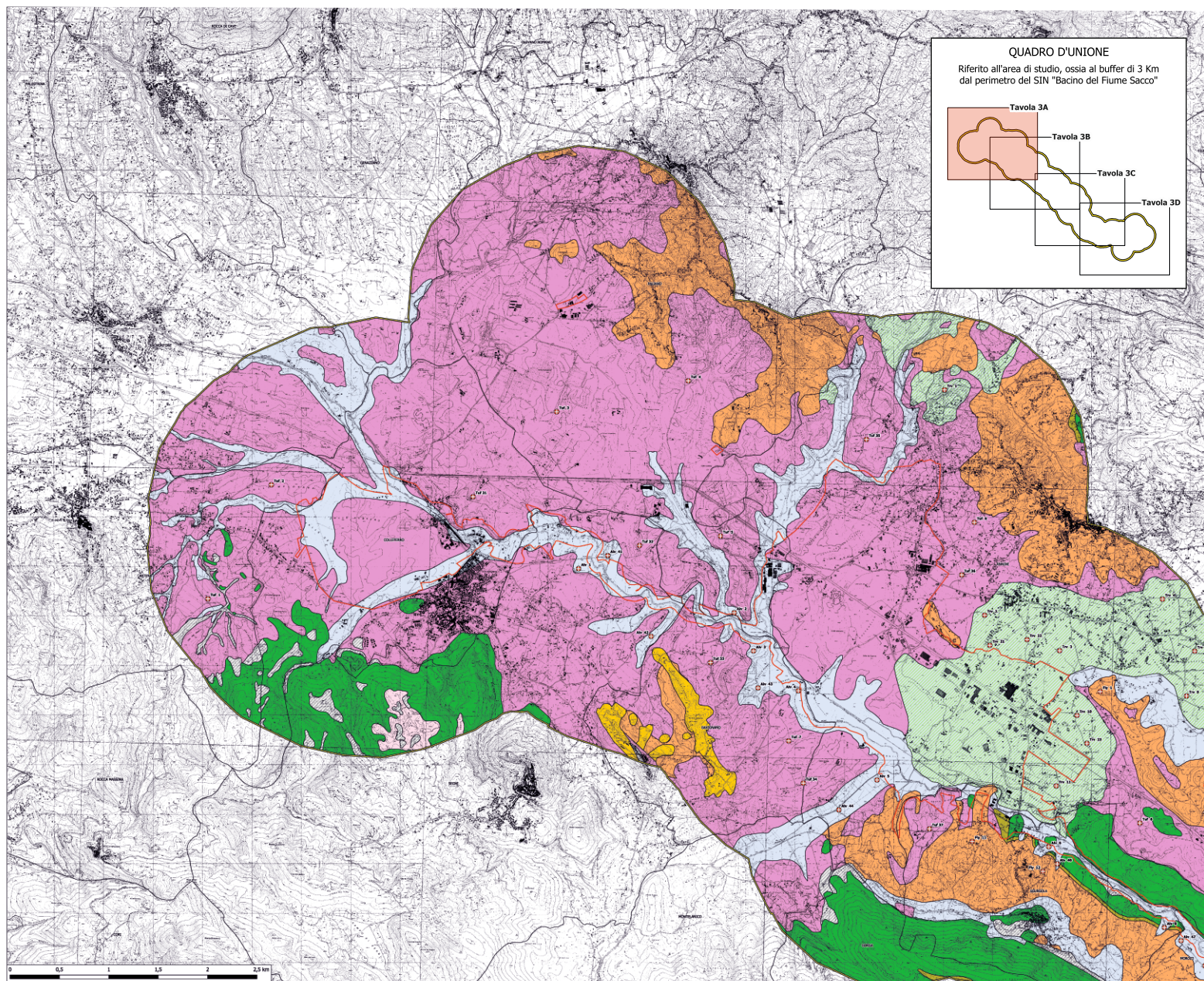
















Tavola 3A

**UBICAZIONE DEI PUNTI
DI CAMPIONAMENTO**

Legenda

-  Perimetro del SIN "Bacino del Fiume Sacco"
-  Area di studio
(Buffer di 3 Km dal perimetro del SIN "Bacino del Fiume Sacco")

LITOLOGIA

-  01 - Coperture detritiche, da brecciose a colluviali
[Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  02 - Complesso sedimentario sintemico costituito da depositi fluviali (ghiaie, sabbie e limi) eteropici a depositi lacustri (argille e limi) a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviate)
[Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  03 - "Terre rosse" (cineriti eluviate)
[Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  04 - Travertini, da litoidi a poco coerenti, a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviate)
[Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  05 - Complesso sedimentario sintemico costituito da depositi fluviali (ghiaie, sabbie e limi) eteropici a depositi lacustri (argille e limi)
[Età: Quaternario inferiore - Quaternario medio]
-  06 - Tufi, da litoidi a poco coerenti, a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviate)
[Età: Quaternario inferiore - Quaternario medio]
-  07 - Lave
[Quaternario inferiore - Quaternario medio]
-  08 - Complesso sedimentario costituito da livelli, ubiquitari e/o eteropici, di conglomerati, di sabbie e di argille
[Età: Cenozoico superiore]
-  09 - Melange a matrice argillosa varicolore e scheletro di ghiaie e massi poligenici
[Età: Cenozoico superiore]
-  10 - Flysch arenaceo pelitico
[Età: Cenozoico superiore]
-  11 - Marne e argille
[Età: Cenozoico superiore]
-  12 - Rocce carbonatiche (calclutiti, calcareniti, calcari organogeni, alternanze ritmiche di calcari e dolomie, dolomie, ecc.)
[Età: Mesozoico inferiore - Cenozoico superiore]

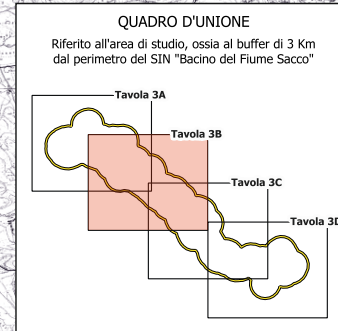
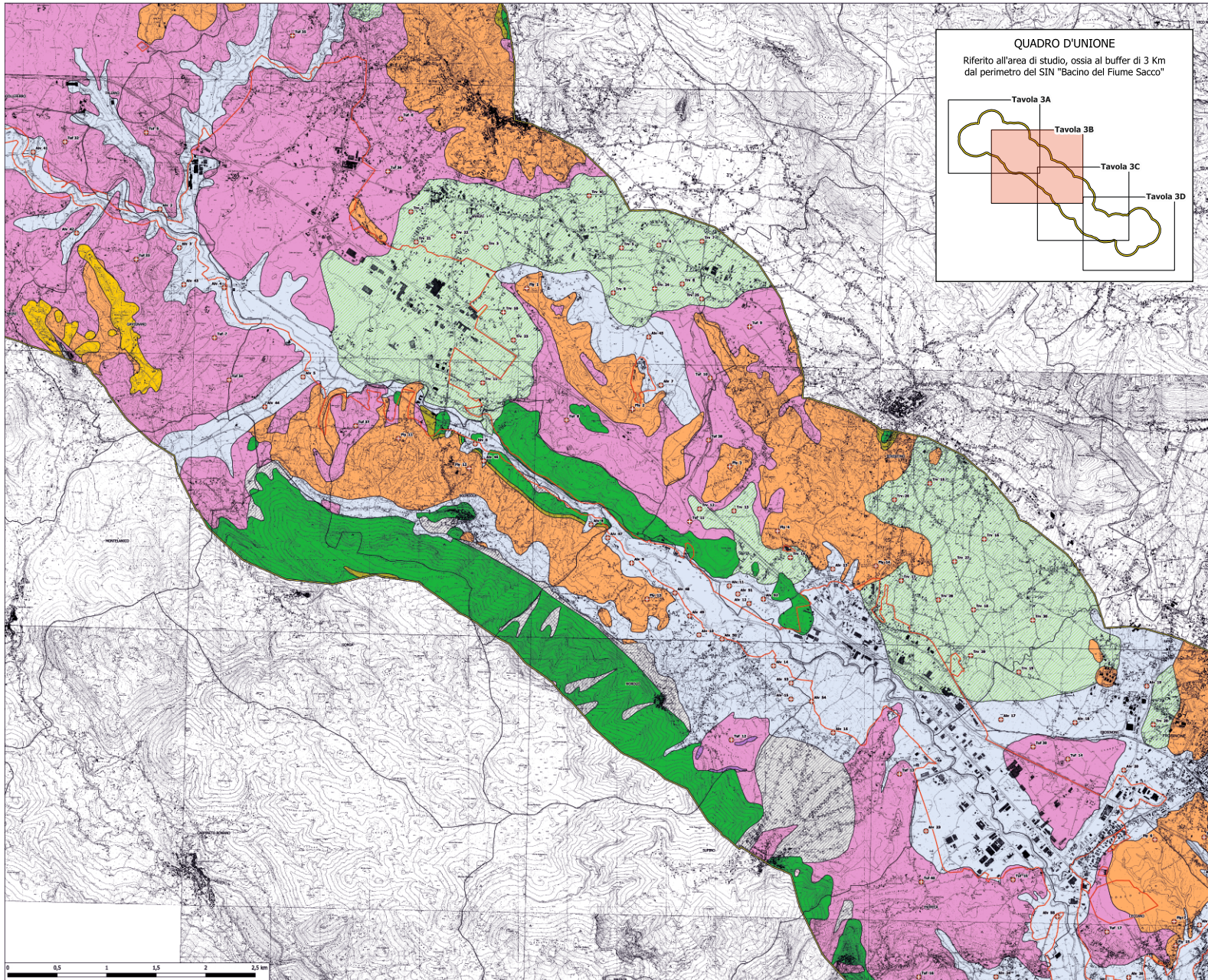


Tavola 3B

UBICAZIONE DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO

Legenda

- Perimetro del SIN "Bacino del Fiume Sacco"
- Area di studio (Buffer di 3 Km dal perimetro del SIN "Bacino del Fiume Sacco")

LITOLOGIA

- 01 - Coperture detritiche, da brecciose a colluviali [Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
- 02 - Complesso sedimentario sintemico costituito da depositi fluviali (ghiaie, sabbie e limi) eteropici a depositi lacustri (argille e limi) a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviate) [Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
- 03 - "Terre rosse" (cineriti eluviate) [Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
- 04 - Travertini, da litoidi a poco coerenti, a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviate) [Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
- 05 - Complesso sedimentario sintemico costituito da depositi fluviali (ghiaie, sabbie e limi) eteropici a depositi lacustri (argille e limi) [Età: Quaternario inferiore - Quaternario medio]
- 06 - Tufi, da litoidi a poco coerenti, a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviate) [Età: Quaternario inferiore - Quaternario medio]
- 07 - Lave [Quaternario inferiore - Quaternario medio]
- 08 - Complesso sedimentario costituito da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviate) e/o eteropici, di conglomerati, di sabbie e di argille [Età: Cenozoico superiore]
- 09 - Melange a matrice argillosa varicolore e scheletro di ghiaie e massi poligenici [Età: Cenozoico superiore]
- 10 - Flysch arenaceo pelitico [Età: Cenozoico superiore]
- 11 - Marne e argille [Età: Cenozoico superiore]
- 12 - Rocce carbonatiche (calclutiti, calcareniti, calcari organogeni, alternanze ritmiche di calcari e dolomie, dolomie, ecc.) [Età: Mesozoico inferiore - Cenozoico superiore]

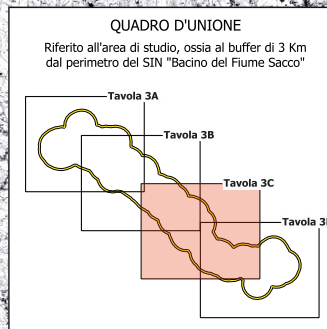
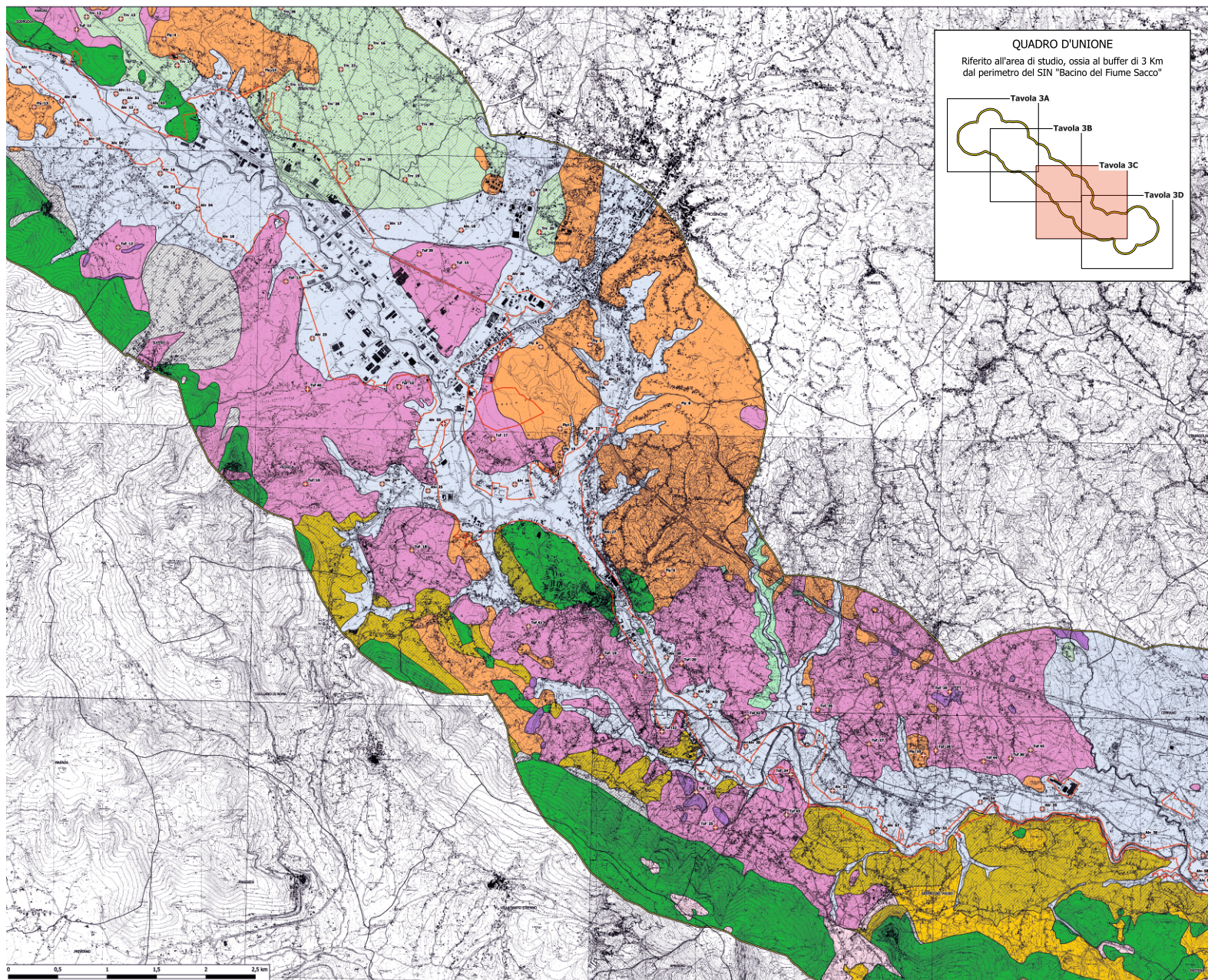
















Tavola 3C

UBICAZIONE DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO

Legenda

-  Perimetro del S.I.N. "Bacino del Fiume Sacco"
-  Area di studio
(Buffer di 3 Km dal perimetro del S.I.N. "Bacino del Fiume Sacco")

LITOLOGIA

-  01 - Coperture detritiche, da brecciose a colluviali
[Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  02 - Complesso sedimentario sintemico costituito da depositi fluviali (ghiaie, sabbie e limi) eteropici a depositi lacustri (argille e limi) a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviati)
[Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  03 - "Terre rosse" (cineriti eluviati)
[Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  04 - Travertini, da litoidi a poco coerenti, a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviati)
[Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  05 - Complesso sedimentario sintemico costituito da depositi fluviali (ghiaie, sabbie e limi) eteropici a depositi lacustri (argille e limi)
[Età: Quaternario inferiore - Quaternario medio]
-  06 - Tufi, da litoidi a poco coerenti, a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviati)
[Età: Quaternario inferiore - Quaternario medio]
-  07 - Lave
[Quaternario inferiore - Quaternario medio]
-  08 - Complesso sedimentario costituito da livelli, ubiquitari e/o eteropici, di conglomerati, di sabbie e di argille
[Età: Cenozoico superiore]
-  09 - Melange a matrice argillosa varicolore e scheletro di ghiaie e massi poligenici
[Età: Cenozoico superiore]
-  10 - Flysch arenaceo pelitico
[Età: Cenozoico superiore]
-  11 - Marne e argille
[Età: Cenozoico superiore]
-  12 - Rocce carbonatiche (calclititi, calcareniti, calcari organogeni, alternanze ritmiche di calcari e dolomie, dolomie, ecc.)
[Età: Mesozoico inferiore - Cenozoico superiore]

DEFINIZIONE DEI VALORI DI FONDO DELLE ACQUE E DEI SUOLI DEL S.I.N. "BACINO DEL FIUME SACCO"

MATRICE SUOLO

I dettagli della tavola possono essere osservati facendo click sul QR Code ➔

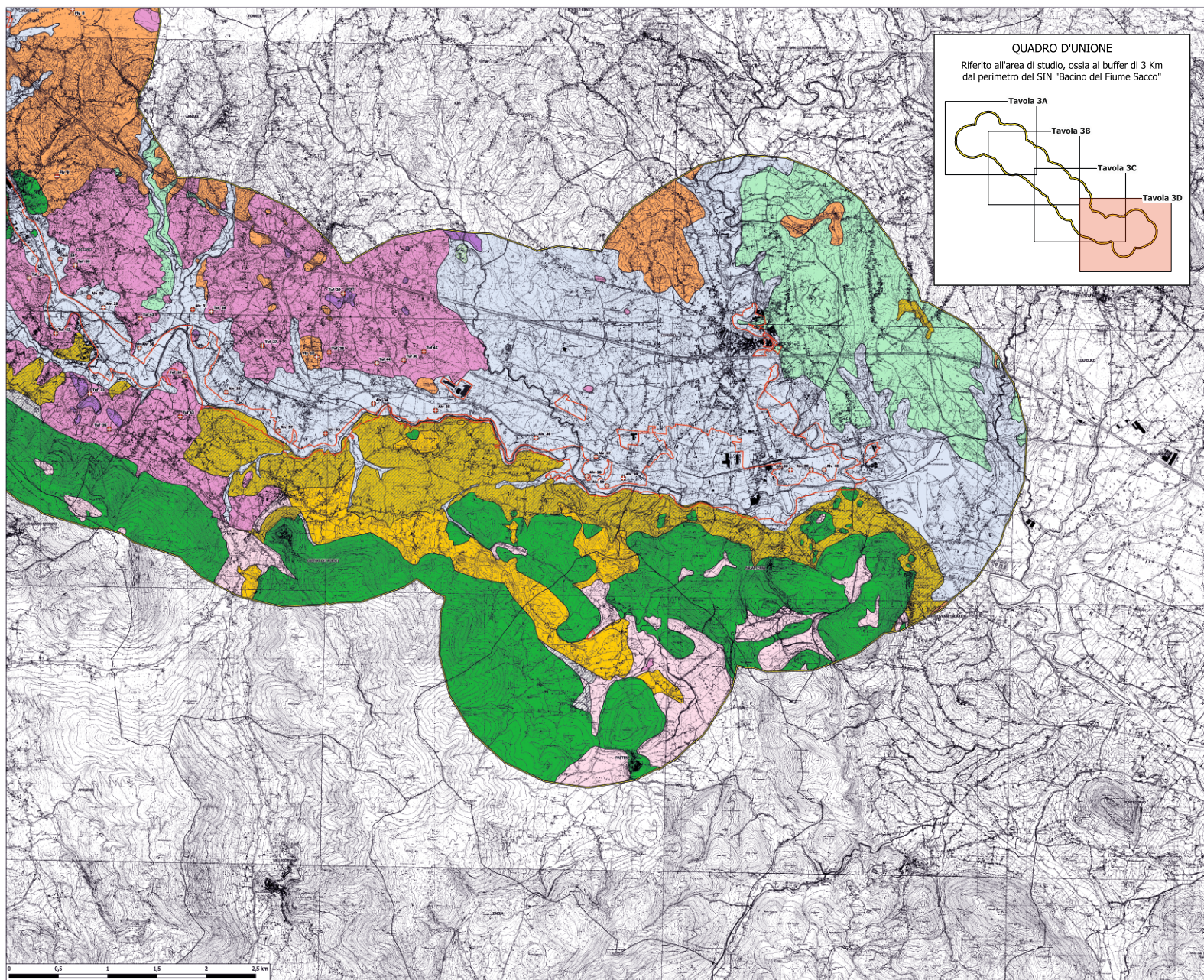
















Tavola 3D

UBICAZIONE DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO

Legenda

-  Perimetro del SIN "Bacino del Fiume Sacco"
-  Area di studio (Buffer di 3 Km dal perimetro del SIN "Bacino del Fiume Sacco")

LITOLOGIA

-  01 - Coperture detritiche, da brecciose a colluviali [Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  02 - Complesso sedimentario sintemico costituito da depositi fluviali (ghiaie, sabbie e limi) eteropici a depositi lacustri (argille e limi) a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviate) [Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  03 - "Terre rosse" (cineriti eluviate) [Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  04 - Travertini, da litoidi a poco coerenti, a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviate) [Età: Quaternario medio - Quaternario superiore]
-  05 - Complesso sedimentario sintemico costituito da depositi fluviali (ghiaie, sabbie e limi) eteropici a depositi lacustri (argille e limi) [Età: Quaternario inferiore - Quaternario medio]
-  06 - Tufi, da litoidi a poco coerenti, a luoghi, anche ampi e diffusi, ricoperti da livelli di "Terre rosse" (cineriti eluviate) [Età: Quaternario inferiore - Quaternario medio]
-  07 - Lave [Quaternario inferiore - Quaternario medio]
-  08 - Complesso sedimentario costituito da livelli, ubiquitari e/o eteropici, di conglomerati, di sabbie e di argille [Età: Cenozoico superiore]
-  09 - Melange a matrice argillosa varicolore e scheletro di ghiaie e massi poligenici [Età: Cenozoico superiore]
-  10 - Flysch arenaceo pelitico [Età: Cenozoico superiore]
-  11 - Marne e argille [Età: Cenozoico superiore]
-  12 - Rocce carbonatiche (calclutiti, calcareniti, calcari organogeni, alternanze ritmiche di calcari e dolomie, dolomie, ecc.) [Età: Mesozoico inferiore - Cenozoico superiore]

Report - Suolo

