

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C4017829

Cliente Enel Green Power Italia S.r.l.

Oggetto Concessione "Travale".
Realizzazione nuove postazioni geotermiche "Montieri_7", "Radicondoli_35",
"Radicondoli_36".
Studio statistico finalizzato alla determinazione dei Valori di Fondo Naturale (VFN) dei suoli - Postazione Radicondoli 36.

Ordine A.Q. JA10125351 - Attivazione n. 3500626896 del 24.09.2024

Note Codice EGP: GRE.EEC.R.26.IT.G.13407.49.013
Codice PAUR: R36013_DefVFN

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 50 **N. pagine fuori testo** 201

Data 17/12/2024

Elaborato C4017829 1793913 AUT **STC - Gatto Cesare ,** C4017829 3219906 AUT **STC - Grattacaso Gaia ,** C4017829 2721036 AUT **STC - Raduazzo Alessandro**
Davide Boschi

Verificato C4017829 4991 VER **ENC - Stigliano Giuseppe Paolo**

Approvato C4017829 2809622 APP **ENC - Il Responsabile - Mozzi Riccardo**

CESI S.p.A.

Via Rubattino 54
I-20134 Milano - Italy
Tel: +39 02 21251
Fax: +39 02 21255440
e-mail: info@cesi.it
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150
P.I. IT00793580150
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2024 by CESI. All rights reserved

Pag. 1/50

PAD C4017829 (3097445) - USO RISERVATO

Mod. RAPP v. 17

Indice

1	PREMESSA	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
3	INQUADRAMENTO AMBIENTALE DELL'UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	9
3.1	Inquadramento geografico.....	9
3.2	Uso del suolo	10
3.3	Destinazione d'uso urbanistica e limiti normativi per i suoli	11
3.4	Valutazione delle pressioni antropiche (attuali e storiche)	12
3.5	Assetto geologico locale.....	15
3.6	Assetto idrogeologico locale	17
3.7	Assetto geomorfologico	18
3.8	Assetto pedologico locale.....	21
4	SINTESI DEI RISULTATI ANALITICI OTTENUTI PER I SUOLI	23
4.1	Risultati delle analisi di caratterizzazione delle TRS.....	23
4.2	Risultati delle analisi del piano di indagine integrativo per la determinazione dei VFN.....	24
4.3	Confronto tra i risultati della caratterizzazione ambientale delle TRS e di quella del piano di indagine per i VFN	26
4.4	Risultati delle rianalisi dei campioni di caratterizzazione delle TRS.....	28
5	MODELLO CONCETTUALE DELL'UNITÀ DI CAMPIONAMENTO	31
5.1	Modello geologico-stratigrafico e idrogeologico	31
5.2	Identificazione dei parametri di interesse caratteristici dell'UdC.....	32
5.3	Potenziati fonti naturali	33
5.4	Valutazione della numerosità campionaria e completezza del set di dati.....	34
6	ORGANIZZAZIONE DELLA BASE DATI	35
7	METODOLOGIE UTILIZZATE	36
7.1	Approccio statistico utilizzato	36
7.2	Trattamento dei dati non-detected	39
7.3	Identificazione degli <i>outlier</i>	39
8	ELABORAZIONE STATISTICA DEI DATI.....	41
8.1	Analisi esplorativa dei parametri di interesse	41
8.1.1	Approfondimento statistico sul superamento delle CSC/A per gli Idrocarburi pesanti (C>12)	45
9	PROPOSTA DEI VALORI DI FONDO NATURALE (VFN) INDIVIDUATI DA PARAMETRI STATISTICI ..	46
10	CONCLUSIONI.....	48

ELENCO TAVOLE FUORI TESTO

Tot. Pagg. 5

Tavola 1	Ubicazione dei punti di indagine realizzati
Tavola 2a	Cobalto: ubicazione dei superamenti delle CSC nei terreni insaturi
Tavola 2b	Cromo totale: ubicazione dei superamenti delle CSC nei terreni insaturi
Tavola 2c	Nichel: ubicazione dei superamenti delle CSC nei terreni insaturi

ELENCO ALLEGATI FUORI TESTO

Tot. Pagg. 196

Allegato 1 – Biochemie Lab S.r.l. - Rapporti di Prova. Risultati delle analisi condotte sui campioni di suolo prelevati nell'ambito delle indagini integrative per la determinazione del VFN

Allegato 2 – Biochemie Lab S.r.l. - Rapporti di Prova. Risultati delle rianalisi condotte sui campioni di suolo prelevati nell'ambito delle indagini di caratterizzazione delle TRS

Allegato 3 – Dataset. Concentrazioni utilizzate ai fini della determinazione dei VFN dei suoli (file in formato .xls)

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
00	17/12/2024	C4017829	Prima emissione

1 PREMESSA

Nell'ambito dell'iter autorizzativo di PAUR (per la Concessione di Coltivazione fluidi geotermici denominata "Travale") avviato dalla Regione Toscana su istanza di Enel Green Power Italia S.r.l. (di seguito denominata EGPI) per la realizzazione di tre nuove postazioni di manutenzione campo geotermico ("Montieri_7", "Radicondoli_35", "Radicondoli_36") e delle relative opere a rete di collegamento, EGPI ha presentato agli Enti competenti il Piano di Utilizzo delle Terre e Rocce da Scavo per ciascuno dei tre siti (per la postazione Radicondoli 36: *"Piano di Utilizzo Terre e Rocce da Scavo ai sensi del D.P.R. 120/2017 (art. 9) in forma preliminare e criteri di gestione delle terre da scavo come rifiuto ai sensi della parte IV del D.Lgs.152/2006 e ss.mm.ii."* - documento ISMES S.p.A. prot. GRE.EEC.R.28.IT.G.13407.00.007.00 del 14/12/2023 - Rif. [1]).

Il Piano di Utilizzo delle Terre e Rocce da Scavo (di seguito TRS) è stato redatto con riferimento al Capo II del D.P.R. 120/2017, relativo a cantieri di grandi dimensioni sottoposti a VIA; il documento contiene il Piano di caratterizzazione dei suoli al fine di accertarne i requisiti ambientali al riutilizzo, redatto ai sensi dell'art. 4, comma 2, lettera d) del D.P.R. 120/2017.

Le indagini di caratterizzazione ambientale delle TRS, svolte a gennaio 2024 mediante la realizzazione di n. 10 sondaggi geognostici (AMB01÷AMB10) a carotaggio continuo (con prelievo di n. 20 campioni), i cui risultati sono contenuti nel documento ISMES S.p.A. prot. GRE.EEC.R.26.IT.G.08015.00.023 CTr021_RAAMB del 24/04/2024 (Rif. [2]), hanno fatto riscontrare la non conformità alle CSC previste dalla Tabella 1 dell'Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. (Colonna A e/o B) per alcuni metalli (Co, Cu, Sb), per i quali è stata ipotizzata l'origine naturale delle concentrazioni rilevate nei suoli, considerando il contesto geologico, geochimico e minerario nel quale si inserisce la postazione Radicondoli 36.

In relazione ai superamenti dei limiti normativi riscontrati, in data 07/05/2024, EGPI ha notificato il rilevamento di superamenti delle CSC nei terreni ai sensi dell'art. 245 del D.Lgs.152/06 e ss.mm.ii. (nota prot. ENEL-EGP-07/05/2024-0011984 del 07/05/2024 - Rif. [3]), allegando alla stessa la Relazione Tecnica sull'esito delle indagini di caratterizzazione delle TRS (Rif. [2]). Nella stessa comunicazione, inoltre, EGPI ha richiesto ad ARPAT un incontro tecnico finalizzato a presentare i dati a disposizione e a proporre, avvalendosi di quanto previsto dall'art. 11, comma 1 del D.P.R. 120/2017, di ricondurre le non conformità ai limiti normativi rilevate nei suoli al Valore di Fondo Naturale dell'area, ed infine a condividere le linee essenziali del modello concettuale sulla base del quale presentare il Piano di indagine per la determinazione dei Valori di Fondo Naturale (nel seguito VFN), così come previsto dal suddetto art. 11 del D.P.R. 120/2017.

Il Tavolo Tecnico con ARPA Toscana (Settore VIA/VAS – Direzione tecnica, Dipartimento di Siena e Dipartimento di Grosseto - AV Sud) si è svolto, in modalità videoconferenza, in data 28/05/2024 (Rif. [4]).

Successivamente, EGPI ha incaricato CESI S.p.A. (in seguito CESI) di elaborare il documento *"Piano di Indagine per la definizione dei Valori di Fondo Naturale (ai sensi dell'art.11 D.P.R. 120/2017)"* (Rif. [5]),

così come previsto dall'art. 11, comma 1 del D.P.R. 120/2017 e dalla procedura indicata nella Linea Guida SNPA 174/2018, integrato con quanto richiesto dagli Enti in occasione del Tavolo Tecnico del 28/05/2024 (Rif. [4]), finalizzato alla formulazione del Modello Concettuale preliminare ed alla definizione del piano di indagine per il completamento del set di dati disponibili, necessario per la fase di analisi statistica funzionale alla determinazione dei VFN.

Ai fini del piano di indagine per la determinazione dei VFN nei suoli, allo scopo di definire i limiti spaziali dello studio in relazione alle finalità e al contesto geo-ambientale, il sito della postazione Radicondoli 36 è stato identificato con l'Unità di Campionamento (UdC) oggetto dello studio. La nomenclatura adottata per l'UdC, che costituisce il contesto di riferimento oggetto del presente studio, fa quindi riferimento alla denominazione della stessa postazione, ovvero UdC "Radicondoli 36".

La proposta d'indagine per UdC "Radicondoli 36" (Rif. [5]), trasmessa con nota prot. n. 17051 del 24/06/2024, è stata ritenuta condivisibile nella nota ARPAT prot. 67149 del 26/08/2024 (Rif. [6]), nell'ambito della quale sono state formulate ulteriori prescrizioni inerenti principalmente la necessità di prevedere una parte dei sondaggi proposti nelle vicinanze, ma all'esterno dell'area di realizzazione della postazione geotermica, rimandando in corso d'opera la definizione della loro ubicazione.

A seguito di idonei sopralluoghi atti a verificare l'effettiva fattibilità delle perforazioni in corrispondenza delle ubicazioni previste, le indagini sono state eseguite nel giorno 17/09/2024 presso il sito della postazione Radicondoli 36.

Le attività sono state quindi svolte in contraddittorio con ARPA Toscana (Dipartimento di Siena), che nella giornata del 19/09/2024, ai fini della validazione della campagna d'indagine, ha preso in consegna i campioni prelevati il 17/09/24.

I risultati del piano di accertamento per la definizione dei Valori di Fondo Naturale, contenuti nel documento CESI prot. C4015217 del 28/10/2024 (Rif. [8]), hanno evidenziato sui n. 22 campioni di terreno prelevati la non conformità:

- per il parametro Cromo totale alle CSC di Colonna A in n. 7 campioni;
- per il parametro Nichel alle CSC di Colonna A in n. 4 campioni;
- per il parametro Cobalto alle CSC di Colonna A in n. 2 campioni;
- per il parametro Idrocarburi Pesanti (C> 12) alle CSC di Colonna A in n. 1 campione;

mentre hanno mostrato la conformità alle CSC per i parametri Rame e Antimonio in tutti i campioni prelevati.

In relazione al parametro Idrocarburi pesanti (C>12), in attesa degli esiti analitici da parte del laboratorio ARPA Toscana sui campioni dell'Indagine di caratterizzazione integrativa effettuata in contraddittorio, la sola non conformità riscontrata, di cui sopra, è stata attribuita ad una possibile identificazione come outlier, verificata attraverso metodi statistici.

I Rapporti di Prova sono stati anticipati da EGPI agli Enti con nota prot. ENEL-EGI-14/10/2024-0027823 del 14/10/2024 (Rif. [7]). Successivamente, con nota prot. ENEL-EGI-04/12/2024-0032675 è stata trasmessa la Relazione Tecnica delle indagini integrative svolte a settembre 2024 (Rif. [8]).

Il presente documento ha pertanto lo scopo di presentare gli esiti dello studio statistico finalizzato all'identificazione dei VFN e la proposta di VFN dei suoli della postazione "Radicondoli 36", identificata quale Unità di Campionamento sulla base del suo contesto geologico, geomorfologico e geochimico.

Come suggerito dalla LG SNPA 174/2018, il numero minimo di osservazioni su cui basare la procedura per la determinazione dei VFN, necessario a garantire la significatività statistica del valore determinato, è compreso fra 10 e 30, in funzione dello scopo dell'indagine. Come previsto dal Piano di Indagine per la

determinazione dei VFN (Rif. [5]) e come concordato con gli Enti preposti, la numerosità minima adottata ai fini del presente studio è di 30 osservazioni.

Per l'UdC "Radicondoli 36", la numerosità campionaria è stata raggiunta considerando i n. 20 campioni prelevati nell'ambito delle attività di caratterizzazione delle TRS di gennaio 2024 e i n. 22 campioni prelevati nell'ambito dell'indagine integrativa di settembre 2024, per un totale di n. 42 campioni di suolo.

Il confronto tra i superamenti riscontrati per i metalli sui campioni dell'indagine integrativa e quelli risultanti dalle indagini di caratterizzazione delle TRS, ha evidenziato la necessità di condurre approfondimenti sulle analisi chimiche effettuate sui campioni di terreno di quest'ultima indagine, in considerazione delle diverse metodiche analitiche adottate nelle due circostanze.

Gli approfondimenti analitici di cui sopra, che hanno comportato l'analisi delle seconde aliquote dei campioni prelevati nell'ambito delle indagini per la caratterizzazione delle TRS, hanno consentito la confrontabilità tra le due serie di dati e di individuare il set di dati da utilizzare per:

- la determinazione dei VFN per i parametri di interesse caratterizzati da superamenti dei limiti di riferimento;
- l'individuazione ed il trattamento di eventuali *outlier* in relazione ai parametri di interesse.

Sulla base delle risultanze analitiche di cui sopra, nelle more dell'acquisizione dei risultati analitici dei campioni prelevati in contraddittorio da ARPAT e della successiva validazione dei dati di parte trasmessi, si è quindi proceduto con lo studio della loro distribuzione statistica e con la determinazione dei Valori di Fondo Naturale dei suoli dell'UdC "Radicondoli 36", che costituisce oggetto del presente documento.

Il presente studio è stato condotto in riferimento alla Linea Guida SNPA (174/2018) "*Linea Guida per la Definizione dei Valori di Fondo per i Suoli e per le Acque Sotterranee*" ed è stato articolato nei seguenti Capitoli, in cui sono descritte nel dettaglio le fasi seguite per la definizione dei VFN:

- Inquadramento ambientale dell'Unità di Campionamento (Capitolo 3);
- Sintesi dei risultati analitici ottenuti per i suoli (Capitolo 4);
- Modello Concettuale dell'Unità di Campionamento (Capitolo 5);
- Organizzazione della base dati (Capitolo 6);
- Analisi statistica del Dataset (Capitolo 7);
- Metodologie utilizzate (Capitolo 8);
- Elaborazione statistica dei dati (Capitolo 9);
- Proposta dei Valori di Fondo Naturale (VFN) individuati da parametri statistici (Capitolo 10);
- Conclusioni (Capitolo 11).

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Riferimenti normativi e Linee Guida

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 “*Norme in materia ambientale*” e successive modificazioni e integrazioni (G.U. n. 88 del 14 aprile 2006 - Supplemento Ordinario n. 96).

Decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017, n. 120 “*Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164*” (G.U. n. 183 del 7 agosto 2017)

ISPRA (2018) – “*Determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee*”. Manuali e Linee Guida n. 174/2018.

Riferimenti tecnici

- [1] Enel Green Power Italia S.r.l. Concessione “Travale”. Postazione Geotermica Radicondoli 36. Progetto Definitivo. Piano Preliminare di Utilizzo Terre e Rocce da Scavo ai sensi del DPR 120/2017 (art.9) in forma preliminare e criteri di gestione delle terre da scavo come rifiuto ai sensi della parte IV del DLgs 152/06 e ss.mm.ii. GRE.EEC.R.28.IT.G.13407.00.007.00 del 14/12/2023, presentato in istanza di PAUR (prot.n.001382 del 19/01/2024).
- [2] Enel Green Power Italia S.r.l. Concessione “Travale”. Postazioni Geotermiche Montieri 7, Radicondoli 35 e Radicondoli 36. Progetto definitivo. Relazione tecnica sull'esito delle indagini ambientali di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo ai sensi del D.P.R. 120/2017. GRE.EEC.R.26.IT.G.08015.00.023 CTr021_RAAmb del 24/04/2024, presentato in istanza di PAUR (prot.n.001382 del 19/01/2024).
- [3] Enel Green Power Italia (EGP and TGx Italy – Operation & Maintenance Geothermal Italy). Comunicazione ai sensi dell'articolo 245 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. di rilevamento superamenti delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) nei terreni – Nuove Postazioni di Manutenzione Campo Montieri 7, Radicondoli 35 e Radicondoli 36 ubicate nella Concessione di Coltivazione “Travale”, nei Comuni di Radicondoli (SI) e Montieri (GR) – Procedimento autorizzativo PAUR (Regione Toscana) n.ID: 2199. Nota prot. ENEL-EGP-07/05/2024-0011984 del 07/05/2024.
- [4] ARPA Toscana - Settore VIA/VAS – Direzione tecnica, Dipartimento di Siena e Dipartimento di Grosseto - AV Sud. Verbale riunione del 28/05/2024.
- [5] CESI S.p.A. Rapporto C4009046 del 21/06/2024. Concessione “Travale”. Realizzazione nuove postazioni geotermiche Montieri 7, Radicondoli 35, Radicondoli 36. Piano di Indagine per la determinazione dei Valori di Fondo Naturale (ai sensi dell'art. 11 D.P.R. 120/2017) - APPENDICE 3: Postazione Radicondoli 36.
- [6] ARPA Toscana - Settore VIA/VAS – Direzione tecnica, Dipartimento di Siena e Dipartimento di Grosseto - AV Sud. Considerazioni in merito ai piani di indagine per definire i valori di fondo naturale Montieri 7, Radicondoli 35 e 36. Nota n. 67149 del 26 agosto 2024.
- [7] Enel Green Power Italia S.r.l. [ID:2199] PAUR ai sensi art. 27 bis del D.lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. e art. 73 bis della L.R. 10/2010 relativamente al progetto “Concessione di Coltivazione Travale - Nuove Postazioni di Manutenzione Campo Montieri_7, Radicondoli_35, Radicondoli_36” nei comuni di Montieri (GR) e Radicondoli (SI). Proponente: Enel Green Power Italia S.r.l. Caratterizzazione delle aree interessate da movimenti terra e determinazione del Valore di Fondo Naturale (VFN) ex art. 11 del D.P.R. 120/2017: Trasmissione esiti indagini postazioni e Rapporti di Prova Nota. prot. ENEL-EGI-14/10/2024-0027823 del 14/10/2024.

- [8] CESI S.p.A. Rapporto C4015217 del 28/10/2024. *Concessione "Travale". Realizzazione nuove postazioni geotermiche Montieri 7, Radicondoli 35, Radicondoli 36. Piano di indagine per la determinazione del Valore di Fondo Naturale (ai sensi dell'art. 11 D.P.R. 120/2017) - Postazione Radicondoli 36. Relazione tecnica indagine integrativa - settembre 2024.*

3 INQUADRAMENTO AMBIENTALE DELL'UNITÀ DI CAMPIONAMENTO

Le informazioni riportate nel presente capitolo relative all'UdC Radicondoli 36 sono tratte dai documenti ISMES S.p.A. prot. GRE.EEC.R.26.IT.G.08015.00.023 CTr021_RAAmb del 24/04/2024 (Rif. [2]) e CESI C4009046 del 21/06/2024 (Rif. [5]).

3.1 Inquadramento geografico

La postazione Radicondoli 36 si trova nel territorio del Comune di Radicondoli (SI), nella zona delle Colline Metallifere toscane, corrispondente al settore compreso tra Siena e il Mar Tirreno.

Nella figura seguente è possibile osservare l'ubicazione relativa della postazione geotermica Radicondoli 36, ubicata a circa 4,5 km dalla postazione Radicondoli 35 e a circa 6,5 km da quella Montieri 7.

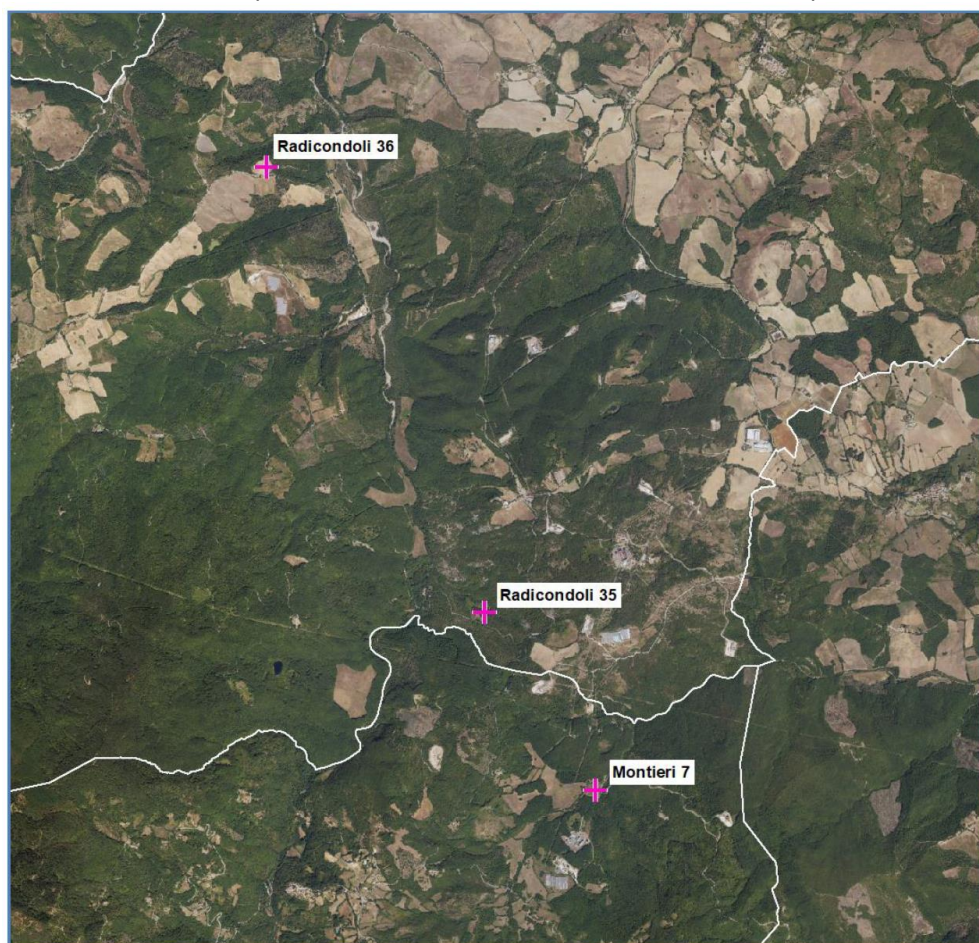


Figura 1– Ubicazione delle tre Postazioni: Radicondoli 36, Radicondoli 35 e Montieri 7 con indicati in bianco i confini comunali.

Ortofoto OFC 2023 (GSD 20cm) fornite dalla Regione Toscana

Nella tabella seguente sono riportati i riferimenti cartografici del sito; le coordinate geografiche, nel sistema Gauss Boaga Datum ROMA 1940 fuso Ovest, sono relative al punto di origine degli assi X e Y della postazione, corrispondente al centro del pozzo, tra i 5 previsti, più distante dall'ingresso della postazione stessa.

Postazione	Coordinate U.T.M. Gauss Boaga		Riferimento (pozzo)	Sezione CTR 1:10.000
	E	N		
Radicondoli 36	1662995.98	4787786.73	RAD_36	296130

Tabella 1 – Riferimenti cartografici della postazione.

3.2 Uso del suolo

L'area destinata alla realizzazione della postazione Radicondoli 36 corrisponde ad un seminativo attualmente in uso, collocato su un'altura con crinale orientato in direzione OSO – ENE, delimitato a sud dalla strada comunale di Rivardello Fosini; sul sito sono presenti i fabbricati abbandonati del Podere Acquabona, di cui è prevista dal progetto la salvaguardia previo intervento di messa in sicurezza e consolidamento fondale. La superficie topografica degrada dolcemente in direzione est e sud, mentre con pendenze significative verso nord. L'area circostante è fittamente vegetata. Il pendio che si sviluppa a sud, al di là della strada che corre sul crinale, è spoglio di vegetazione e, proprio di fronte al sito di intervento, è utilizzato come vigneto.

Per quanto concerne la copertura e l'uso del suolo prevalenti del sito della futura postazione Radicondoli 36, la cartografia della Regione Toscana (vedi Figura 2) riporta la presenza di *aree a seminativo (210)*, mentre le aree circostanti (con particolare riferimento a quelle poste a N, E, e O) sono fittamente vegetate a *boschi di latifoglie (311)*.

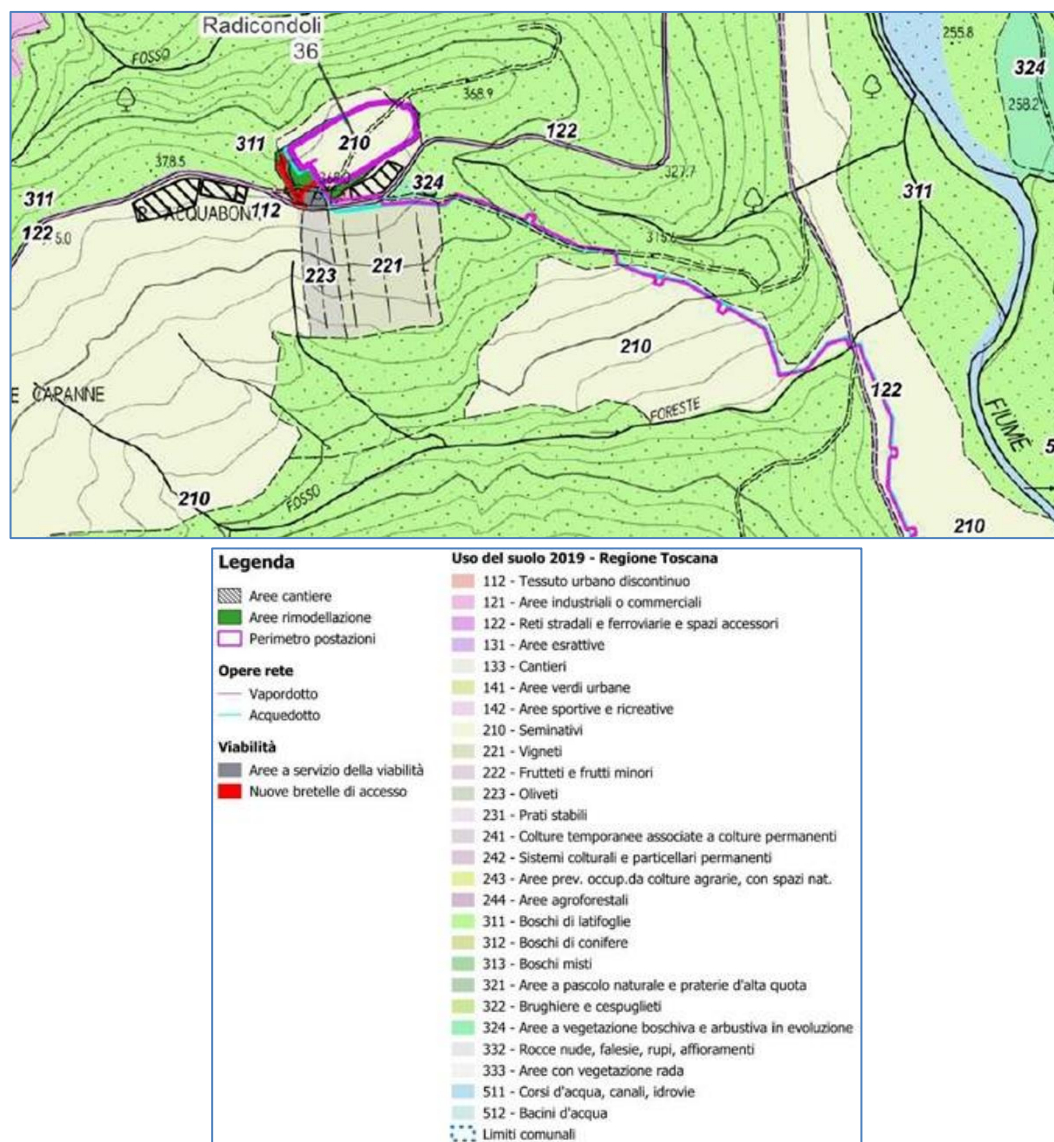


Figura 2 – Copertura e uso del suolo per l'area della postazione Radicondoli 36.
(Regione Toscana, SIPT-Database pedologico, Portale Geoscopio)

Le aree di cantiere e accumulo temporaneo TRS utilizzate in fase realizzativa interessano superfici con i medesimi usi di cui sopra (aree a seminativo, 210).

3.3 Destinazione d'uso urbanistica e limiti normativi per i suoli

Il Piano Operativo Intercomunale (2014) identificata per la postazione Radicondoli 36 le seguenti destinazioni d'uso: "E2 – Prevalente funzione agricola" e "Eb5 – Boschi di conifere".

Ai fini della gestione delle terre di scavo secondo il D.P.R. 120/2017, i terreni interessati dagli scavi sarebbero da attribuire a "siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale" di cui alla colonna A della Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

Si evidenzia tuttavia che l'autorizzazione alla realizzazione ed esercizio della nuova Postazione comporterà l'avvio sul relativo sito di una attività produttiva, consistente nell'attività di ricerca mineraria e di coltivazione della risorsa geotermica nell'ambito della Concessione Travale.

In tal senso la gestione delle terre da scavo potrà fare riferimento alla destinazione d'uso di fatto prevista, corrispondente a "siti ad uso Commerciale e Industriale" di cui alla colonna B della Tabella 1, Allegato 5, sopra citato.

3.4 Valutazione delle pressioni antropiche (attuali e storiche)

L'analisi relativa alla localizzazione delle attività antropiche alla scala della postazione è stata condotta attraverso la consultazione del Sistema Informativo Regionale Ambientale della Toscana (SIRA), relativamente alle seguenti categorie INSPIRE con i relativi dataset:

- Risorse energetiche:
 - Centrali geotermiche.
- Produzione e impianti industriali:
 - Aziende a rischio di incidente rilevante
 - Aree agricole per spandimento fanghi
 - Impianti di gestione dei rifiuti
 - Impianti soggetti ad autorizzazione ambientale integrata
 - Impianti di potenza a biocombustibile
 - Impianti di gestione dei rifiuti
 - Impianti di depurazione.

Nell'area comprendente la postazione in progetto sono presenti infrastrutture legate alla coltivazione della risorsa geotermica rappresentate da vapordotti, acquedotti, postazioni di perforazione e da n. 3 centrali geotermoelettriche esistenti, come mostrato nella Figura 3:

- Centrale "Pianacce": ubicata nel Comune di Radicondoli ad una distanza di 2,5 m dalla nuova postazione Radicondoli 36.
- Centrale "Rancia 1": ubicata nel Comune di Radicondoli ad una distanza di 3 km dalla postazione Radicondoli 36.
- Centrale "Rancia 2": ubicata nel Comune di Radicondoli ad una distanza di 2,8 m dalla postazione Radicondoli 36.

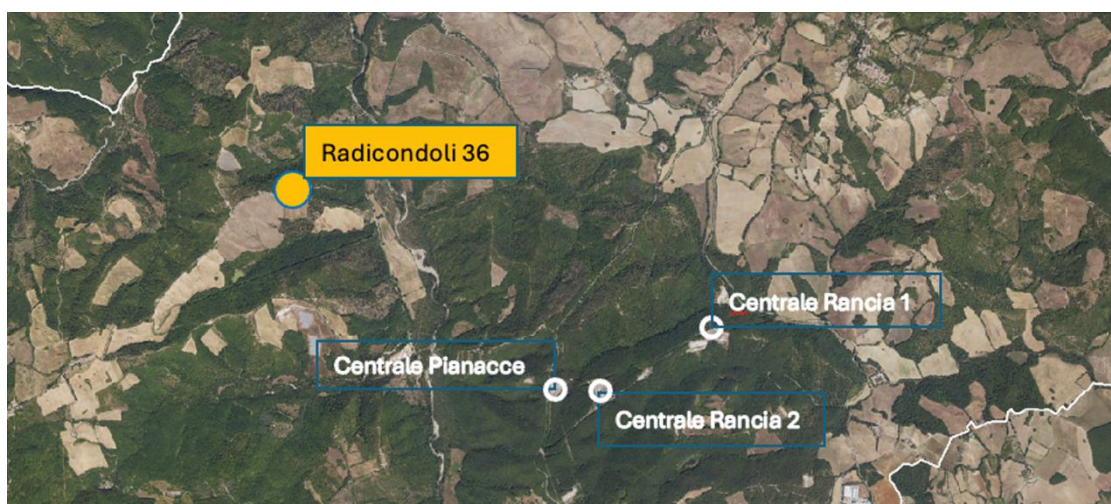


Figura 3 – Ubicazione delle Centrali geotermiche nell'areale della postazione Radicondoli 36.
(Sistema Informativo Regionale Ambientale della Toscana - SIRA)

Alla medesima scala di osservazione, non si rileva la presenza di insediamenti produttivi e impianti industriali quali aziende a rischio incidente rilevante, impianti gestione rifiuti, impianti soggetti ad AIA.

La consultazione delle schede dell'inventario dei siti minerari della Regione Toscana (BD_RIMI, Regione Toscana - Banca Dati Risorse Minerarie (BD_RIMI)) ha permesso di constatare che nel bacino imbrifero sotteso alla postazione geotermica in progetto, sono presenti tre siti minerari di diversa epoca storica, tutti abbandonati, ma comunque censiti all'interno del database regionale. In particolare, sono censite coltivazioni di mineralizzazioni sia tipo "Lagoni" collegate ai soffioni boraciferi (Travale MIN-193), sia a solfuri misti (Poggio Mutti-Gerfalco MIN_138 e Montieri MIN_117). Per le caratteristiche geologiche e giacimentologiche dei tre siti minerari indentificati, estratte dalle schede dell'inventario del BD_RIMI, si rimanda al paragrafo 6.2 del documento EGPI "Concessione "Travale". Postazioni Geotermiche Montieri 7, Radicondoli 35 e Radicondoli 36. Progetto definitivo. Relazione tecnica sull'esito delle indagini ambientali di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo ai sensi del D.P.R. 120/2017" (Rif. [2]).

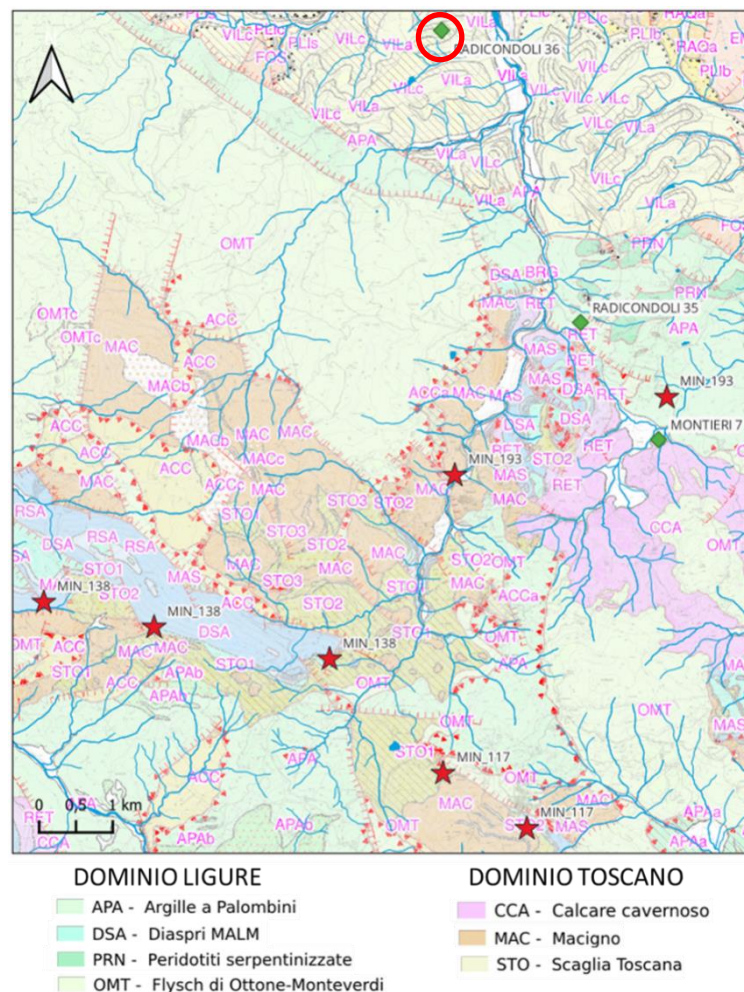


Figura 4 – Ubicazione dei siti minerari censiti dalla Regione Toscana (stella rossa, BD_RIMI) in relazione alla postazione geotermica Radicondoli 36 in progetto (cerchio rosso) e assetto geologico dell'area in esame.
(estratto da DB geologico della Regione Toscana).

Dal portale Geoscopio della Regione Toscana sono state altresì reperite ulteriori informazioni concernenti la presenza di siti censiti dal Piano Regionale Cave nell'areale di riferimento della postazione. L'analisi ha permesso di identificare (vedi Figura 5) il Giacimento gessi e alabastri per uso industriale e da costruzione (ID 09052025065001, Pod. Fabbiano) ad una distanza di circa 3,5 km dalla postazione Radicondoli 36.



Legenda: Piano Regionale Cave





-  Giacimenti
-  Giacimenti potenziali
-  Area reperimento Materiali storici (classe di tutela art.32 comma 3, lett. B)
-  Siti inattivi

Figura 5 – Ubicazione dei giacimenti/siti inattivi nell'areale della postazione Radicondoli 36.
(Regione Toscana, SIPT-Piano Regionale Cave e DB_Geologico, Portale Geoscopio)

L'analisi di dettaglio delle pressioni antropiche potenziali, passate e presenti, è stata inoltre approfondita mediante l'esecuzione di sopralluoghi e la consultazione delle foto aeree storiche disponibili sul portale Geoscopio della Regione Toscana (funzione "Historia Loci") che risalgono fino al volo GAI del 1954.

In occasione dei sopralluoghi, condotti sia a novembre 2022 che a gennaio 2023, è stato verificato che il sito della postazione Radicondoli 36 ha un uso agricolo e che sono assenti insediamenti antropici (a conferma degli usi attestati); i fabbricati limitrofi del Podere Acquabona sono inutilizzati e in precario stato di conservazione. Dalle evidenze raccolte il sito risulta circoscritto da radure e boschi. Non sono state rilevate evidenze di contaminazione dei terreni superficiali né la presenza di possibili sorgenti di contaminazione all'interno del sito.

Dall'osservazione delle foto aeree storiche, l'area non risulta essere stata interessata da insediamenti industriali/produttivi ma sempre dedicata a seminativo e/o pascolo (Figura 6).



Figura 6 – Ortofoto 1996 e 2023.
(Regione Toscana, Portale Geoscopio, "funzione Historia Loci")

3.5 Assetto geologico locale

L'area in studio è caratterizzata dalle unità appartenenti alla Successione Neogenica del versante tirrenico dell'Appennino settentrionale, cronologicamente riferibile al Pliocene, qui rappresentata nello specifico dalla Formazione di Chiusdino.

Litologicamente si tratta di argille e argille sabbiose con livelli di lenti di sabbie alternate a conglomerati minuti. Il substrato risulta costantemente mascherato dalla coltre di copertura costituita dai depositi quaternari olocenici di natura eluvio-colluviale, alterati e modellati dagli agenti morfodinamici legati alla gravità (colamenti, soliflussi).

Nei limitati affioramenti riscontrati nell'area del sito sono stati rilevati depositi ascrivibili al membro dei Conglomerati di Monte Capino in facies conglomeratica. L'unità è qui costituita da un conglomerato poligenico mal classato, con clasti eterometrici (2- 35 centimetri) di forma da sub-arrotondata ad arrotondata, matrice-sostenuto (localmente clasto-sostenuto) scarsamente o affatto cementato e con matrice argilloso-sabbiosa di colore nocciola (a luoghi giallo ocra o rossa). La stratificazione è mal definita o totalmente assente. La giacitura risulta sub-parallela alle isoipse, solo debolmente a franapoggio con immersione verso O-NO. All'interno del membro conglomeratico si rinvenivano piccole lenti di argille e sabbie (da 10 a 50 cm di spessore), di colore giallo ocra, le quali sottolineano il passaggio latero-verticale con la litofacies argillosa.

Dall'esame morfologico e del reticolato idrografico si evince come l'area della postazione, che risulta ubicata in corrispondenza del culmine di una dorsale collinare, non sia interessata dalla presenza di depositi di origine alluvionale; l'alveo dei fossi minori presenti nell'immediato intorno (Fosso Brutalmelo a N e Fosso Foreste a S) risulta collocato a quote inferiori di circa 80-100 m. Il bacino imbrifero di tali fossi risulta ad ogni modo impostato all'interno delle medesime formazioni che costituiscono il sottosuolo del sito in studio (depositi continentali della Formazione di Chiusdino).

L'assetto geologico dell'area è raffigurato nella seguente Figura 7.

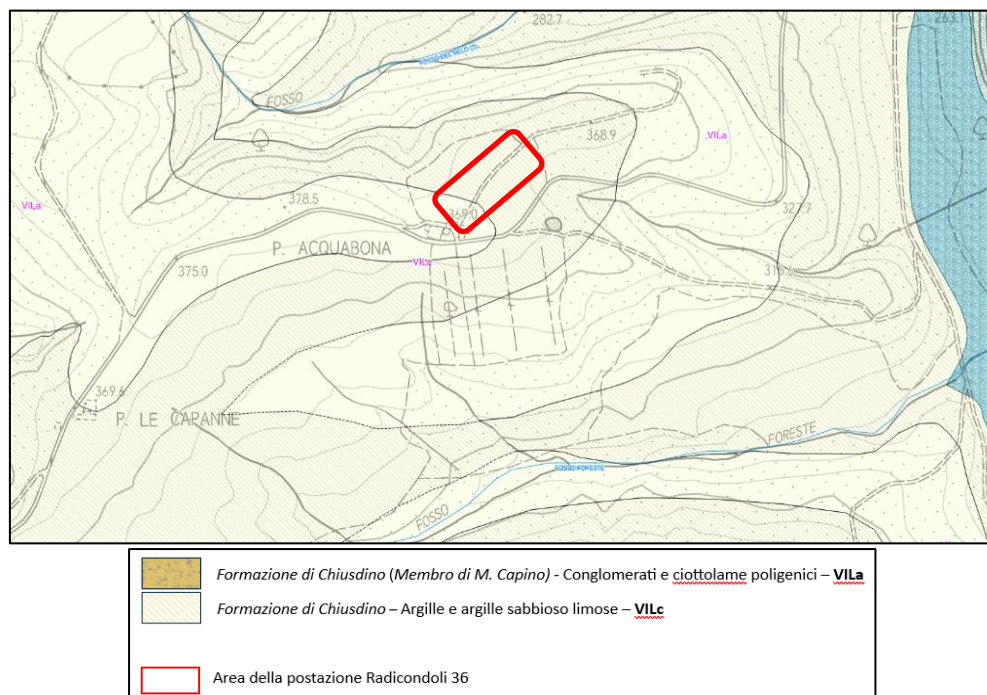


Figura 7 – Carta geologica di dettaglio dell'area della postazione Radicondoli 36.
(Regione Toscana – Portale Geoscopio - Database Geologico)

La caratterizzazione litostratigrafica del sito è riportata nella Relazione Geologica del Progetto Definitivo della postazione (documento EGPI “Concessione “Travale”. Postazione Geotermica Radicondoli 36. Progetto Definitivo. Postazioni e linee fluidi. Relazione Geologica” – doc. prot. GRE.EEC.R.28.IT.G.13407.00.001.00 del 14/09/2023 - presentato in istanza di PAUR al prot. n. 001382 del 19/01/2024), sulla base dei dati raccolti con alcune indagini svolte nell’ambito del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni di Casole d’Elsa e Radicondoli; ulteriori dati sono stati raccolti attraverso una campagna di indagini geognostiche dedicate alla completa caratterizzazione lito-stratigrafica e geotecnica dell’area della nuova postazione e della annessa viabilità di accesso (Rif. Progetto Definitivo. Postazione: Rapporto indagini geognostiche – doc. EGPI prot. GRE.EEC.R.25.IT.G.13407.49.002.00 del 08/03/2024), realizzata da EGPI nell’ambito della progettazione esecutiva delle opere civili previste.

Le indagini del Piano Strutturale Intercomunale hanno evidenziato la presenza di terreni di origine continentale caratterizzati da alternanze di livelli plurimetrici a granulometria fine prevalente (argille, argille limose, limi sabbioso-argillosi,) ed a tessitura più grossolana (ghiaie e conglomerati poligenici eterometrici in matrice sabbioso-limosa). Tali alternanze sono state rilevate con continuità fino alla massima profondità investigata. In superficie è stato inoltre riconosciuto un orizzonte costituito da terreni eluviali probabilmente interessati da fenomeni di creep e/o soliflusso.

Sulla base dei dati di cui sopra e delle evidenze raccolte in sito durante i sopralluoghi per la progettazione della postazione, è stato elaborato il modello geologico preliminare del sottosuolo presentato nella Relazione Geologica del Progetto, rappresentato nella sezione geologico-interpretativa in Figura 8, dove sono state anche indicate le posizioni approssimative di alcune delle verticali delle indagini geognostiche eseguite nell’ambito della progettazione presso il sedime della postazione. I logs stratigrafici dei quattro sondaggi perforati fino a 30 m dal p.c. confermano il modello geologico rappresentato, evidenziando la presenza di materiali ascrivibili a copertura eluviale di limitato spessore (max 4-5 m da p.c.) cui seguono, fino alla massima profondità indagata, fitte alternanze metriche o plurimetriche di argille prevalentemente limose, talora sabbiose o debolmente sabbiose, e ghiaie fini eterometriche a prevalenti ciottoli carbonatici da millimetrici a centimetrici, immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa, queste ultime interpretabili come facies conglomeratica della Formazione di Chiusdino.

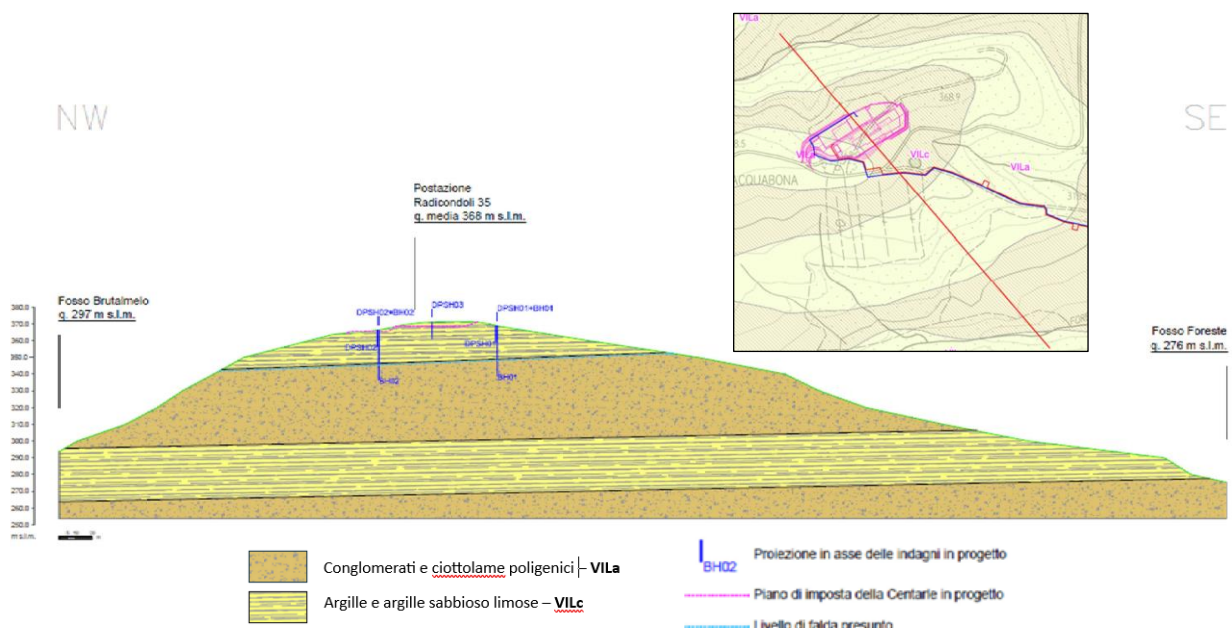


Figura 8 – Sezione geologica interpretativa estesa per l’area in studio.

3.6 Assetto idrogeologico locale

L'assetto idrogeologico del sito, in accordo a quanto riportato nella carta idrogeologica contenuta nel PSC intercomunale già citato (Figura 9), è legato alle caratteristiche delle formazioni costituenti il substrato; in particolare, viene attribuita una sostanziale impermeabilità ai terreni caratterizzati da facies fine prevalente (argille, argille limose, limi sabbioso-argillosi, che interessano la quasi totalità dell'area di imposta della postazione) ed una permeabilità secondaria per fratturazione in corrispondenza delle facies ghiaioso-conglomeratiche maggiormente competenti.

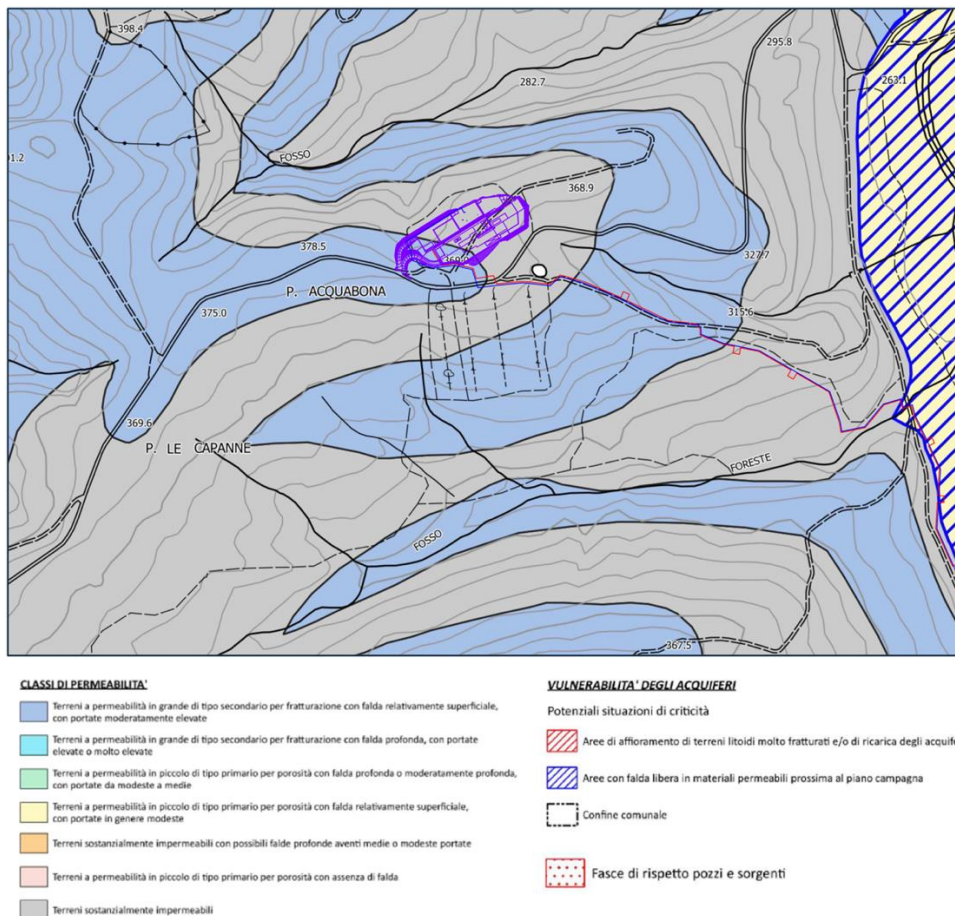


Figura 9 – Carta idrogeologica di sintesi per l'area della postazione Radicondoli 36.
(Piano Strutturale Intercomunale di Radicondoli e Casole d'Elsa, Tavola Q.G03.5)

I sopralluoghi conoscitivi effettuati hanno evidenziato la presenza di possibili punti di emersione della falda superficiale, testimoniati in particolare sia dalla presenza di uno specchio d'acqua (indicato nella Figura 10) apparentemente privo di un immissario e alimentato direttamente dalle acque sotterranee, posto a quota di circa 350 m s.l.m. a poca distanza dal sedime delle opere in progetto, che da numerosi scaturigini e stillicidi, ubicati sui due versanti che degradano sia verso N che verso S rispetto all'area in studio, all'incirca alla medesima quota di cui sopra, e da cui traggono origine i piccoli impluvi degli immissari del Fosso Brutamelo, a nord, e del Fosso Foreste, a sud (Figura 10).

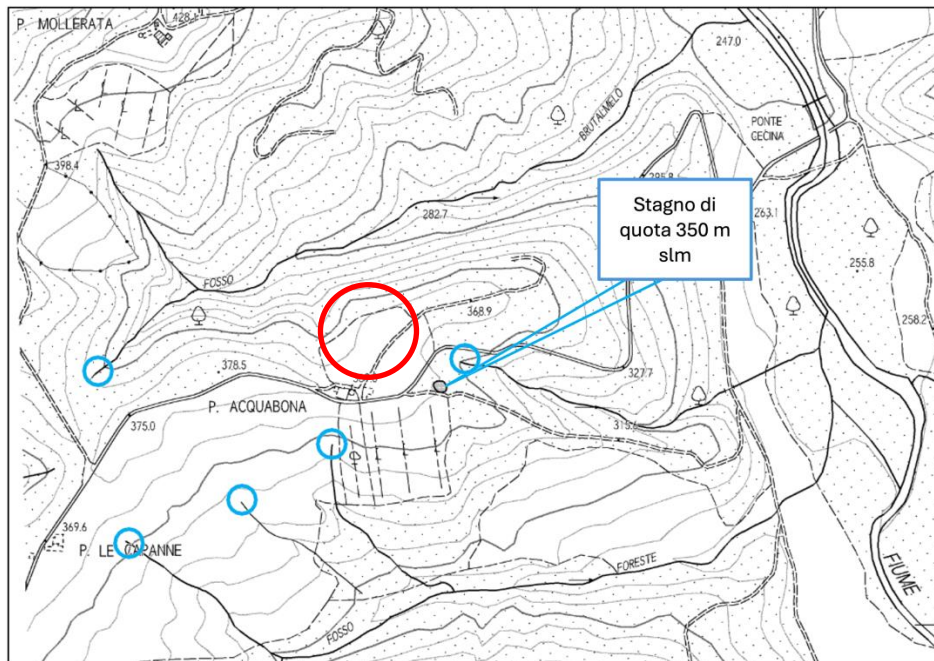


Figura 10 – Evidenza delle principali sorgenti locali poste alla quota di circa 350 m s.l.m. In rosso l'area di imposta della postazione di perforazione

Considerando la differenza tra la quota di imposta delle opere in progetto (compresa tra 360 e 367 m circa s.l.m.) e le quote delle emergenze di cui sopra, è possibile stimare una soggiacenza della falda acquifera maggiore di 10 m dal p.c..

Tale ipotesi è confermata dalle misure piezometriche eseguite in corrispondenza dei piezometri superficiali e profondi realizzati nell'ambito delle indagini geognostiche per la progettazione della nuova postazione, che hanno evidenziato soggiacenze della falda comprese tra 12,4 e 14,2 m da p.c. rispettivamente.

La Relazione Geologica di Progetto, su citata, adotta il principio di cautela assumendo, in fase esecutiva degli scavi, la possibile presenza di venute d'acqua, in quanto non si può escludere che localmente possano essere intercettati orizzonti di deflusso preferenziali, delle acque di infiltrazione meteorica.

Considerato l'assetto stratigrafico di dettaglio desunto dai logs stratigrafici preliminari dei sondaggi geognostici di cui sopra, e confermato da quelli realizzati nell'ambito della caratterizzazione delle TRS, l'orizzonte acquifero intercettato non interessa quindi i materiali superficiali ascrivibili a copertura eluviale, che dalle stratigrafie dei sondaggi geognostici realizzati hanno uno spessore limitato a circa 4-5 m, ma risulta impostato direttamente nei depositi argilloso-conglomeratici del substrato neogenico; per quest'ultimo le prove Lefranc in foro eseguite a diverse profondità hanno restituito valori di permeabilità con ordini di grandezza compresi tra $10^{-8} < k < 10^{-9}$ m/sec (Rif. *Progetto Definitivo. Postazione: Rapporto indagini geognostiche* – doc. EGPI prot. GRE.EEC.R.25.IT.G.13407.49.002.00 del 08/03/2024).

3.7 Assetto geomorfologico

L'aspetto morfologico del sito di imposta della futura postazione Radicondoli 36 è visibile nel suo insieme in Figura 11, da cui è possibile notare come il sito risulti situato in corrispondenza di un blando crinale, con versanti asimmetrici a probabile controllo strutturale, che presenta un versante più acclive immergente verso NO con una pendenza media di circa 25°, con variazioni locali imputabili a variazioni gravitative di assetto della coltre superficiale, e un versante immergente verso SE con una pendenza

media di circa 12°, anche questo caratterizzato da locali variazioni imputabili alle blande azioni erosive che ne incidono la superficie.

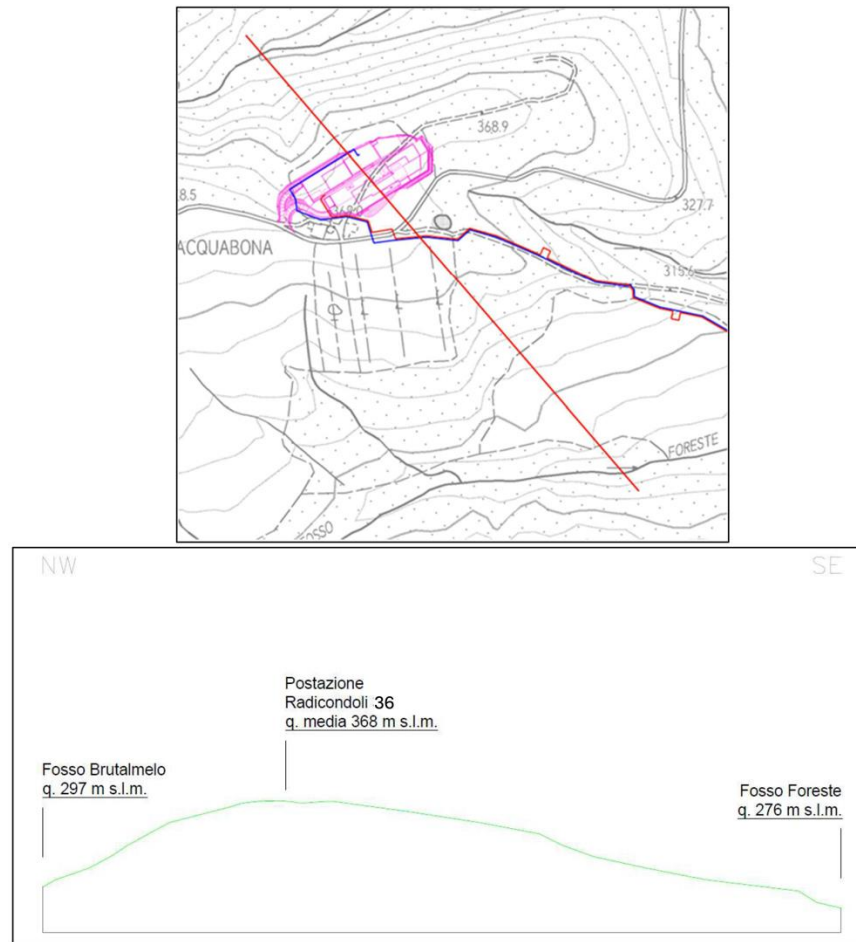


Figura 11 – Profilo topografico del versante sede della postazione Radicondoli 36.

La dominante matrice argillosa delle formazioni presenti determina la morfologia del pendio privo di particolari risalti topografici, con bassa e costante pendenza. Il substrato risulta quasi costantemente mascherato dalla coltre di copertura superficiale, di natura eluvio colluviale, alterata e modellata dagli agenti morfodinamici legati alla gravità (colamenti, soliflussi).

Il rilievo di dettaglio in sito, tuttavia, non ha posto in evidenza la presenza di situazioni di sostanziale criticità legata a dissesti gravitativi. Si tratta di movimenti molto superficiali espressione locale del generalizzato movimento di versante dovuto alla tessitura dei materiali coinvolti e al locale assetto morfologico. La suscettività al dissesto gravitativo di porzioni del versante in esame, dovuta all'assetto morfologico dell'area unitamente alle caratteristiche geotecniche dei terreni coinvolti, è accertata dagli strumenti di censimento degli eventi franosi disponibili (Figura 12).

Evidenze di scarpate in erosione e ruscellamenti concentrati, comunque di debole intensità, sono stati rilevati anche lungo il tracciato delle nuove linee fluidi previste dal progetto senza tuttavia evidenziare elementi di criticità.

Solamente in un punto subito a sud del Fosso Foreste è stata rilevata una porzione di versante piuttosto limitata alla base della strada sterrata, che mostra evidenze di un possibile fenomeno di rilascio gravitativo, comunque molto circoscritto, probabilmente innescato anche a causa dei lavori di realizzazione della strada sterrata stessa.

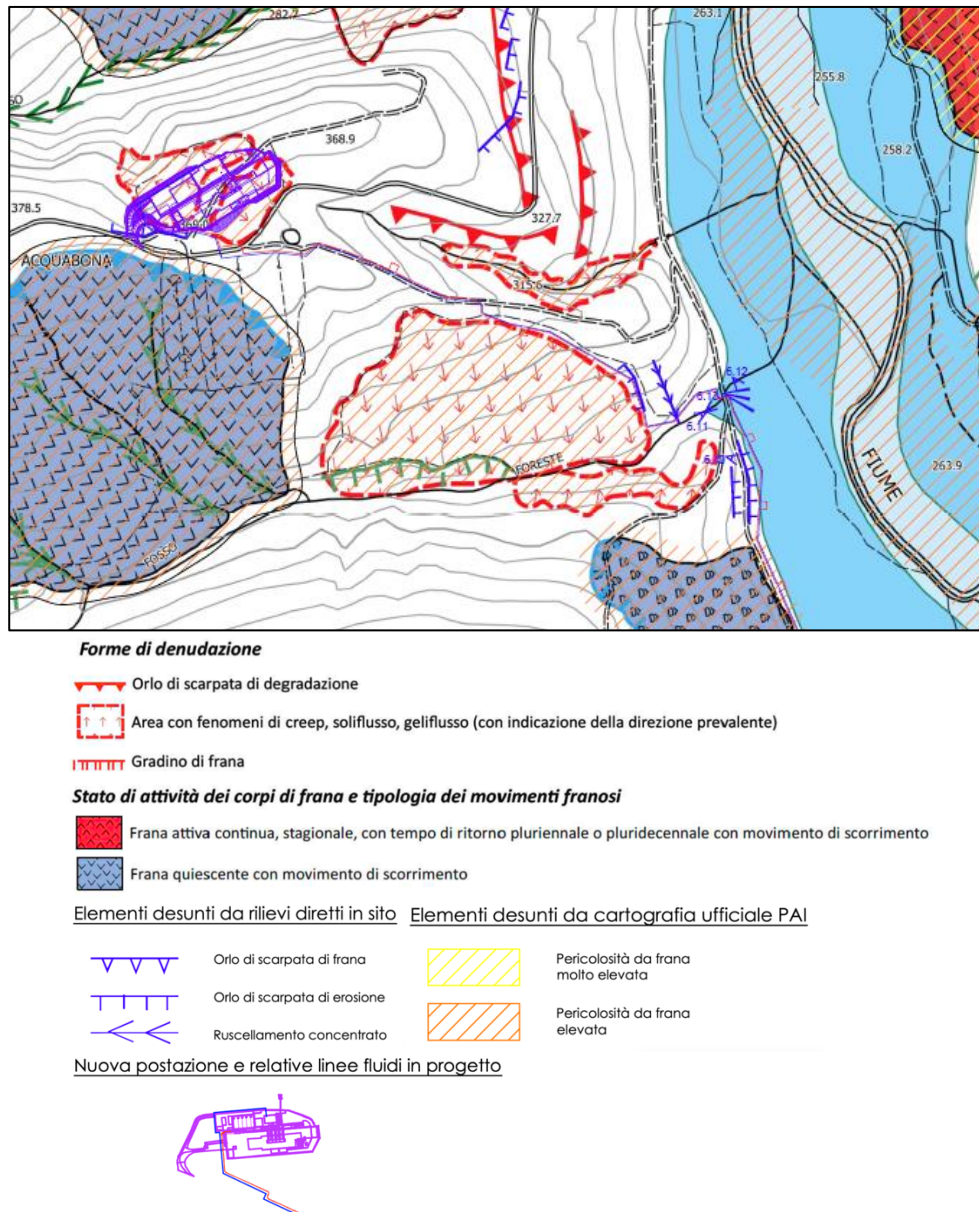


Figura 12 – Stralcio della carta geomorfologica dell'area della postazione e relative linee fluidi
(Regione Toscana – Portale Geoscopio - Database Geomorfologico)

Per quanto concerne la stabilità dei versanti, confrontando l'inventario degli eventi franosi del progetto IFFI con la perimetrazione reperita nel database geomorfologico del PSC intercomunale, strettamente derivato da quello presente nel database geomorfologico della Regione Toscana, emerge una sostanziale analogia: anche l'inventario IFFI riconosce la presenza di un dissesto a controllo gravitativo, definito per "aree con frane superficiali diffuse", che interessa il sito di imposta della postazione Radicondoli 36.

La linea fluidi attraversa invece tratti attualmente stabili, contornati tuttavia, sul lato occidentale, da numerosi processi gravitativi dovuti sia a scivolamenti rotazionali/traslativi che ad aree caratterizzate da colamenti lenti in possibile evoluzione verso le strutture in progetto (Figura 13).

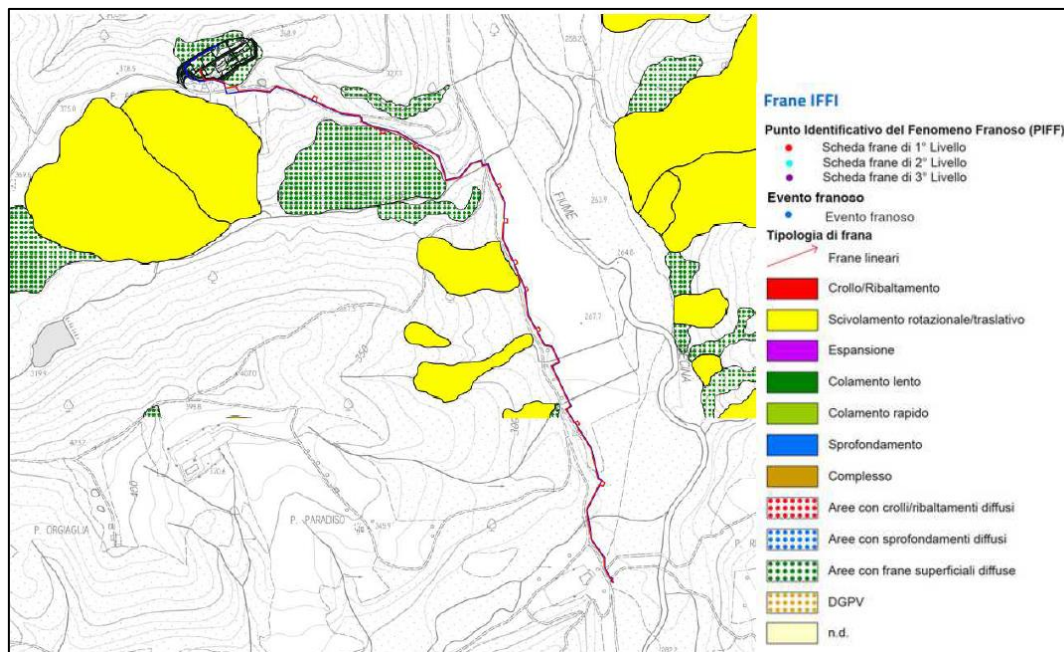
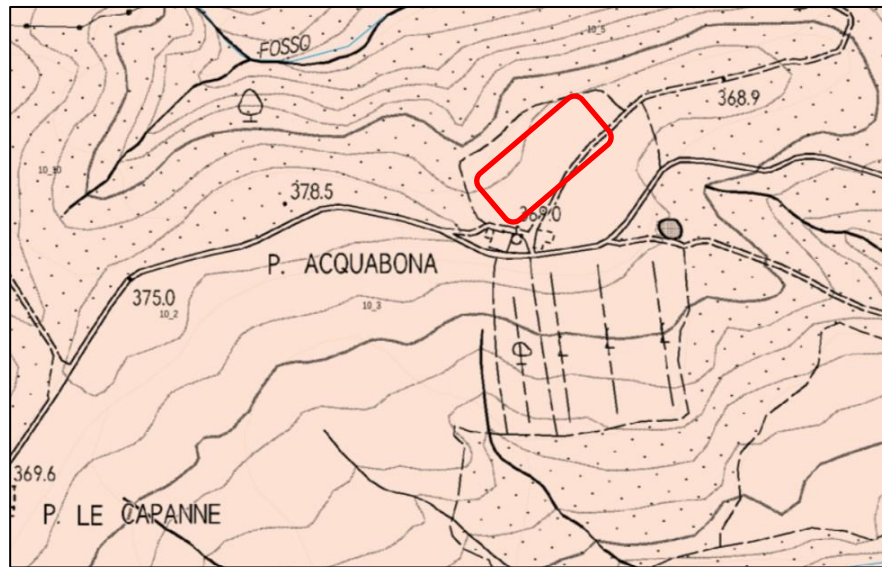


Figura 13 – Dissesti gravitativi nell'area in esame stralciati dal progetto I.F.F.I.
(è indicata in nero la postazione Radicondoli 36 in progetto, e in rosso/blu il tracciato delle linee fluidi)

Per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica, la cartografia riportata nel PAI di competenza dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale evidenzia che il sito di imposta della postazione di manutenzione campo geotermico Radicondoli 36 risulta interessato, per la quasi totalità della sua estensione da un ambito classificato come "PFE – aree a pericolosità da frana elevata", mentre sono assenti criticità idrauliche secondo le previsioni del Piano Gestione Rischio Alluvioni (P.R.G.A.). Sempre secondo il P.R.G.A., criticità idrauliche interessano invece la parte terminale del tracciato delle linee fluidi, che attraversa diversi ambiti caratterizzati da scenari a diversa pericolosità dovuta al reticolo fluviale principale (Fiume Cecina).

3.8 Assetto pedologico locale

Le aree sulle quali insisteranno la postazione Radicondoli 36 e la viabilità relativa, come mostrato nella Figura 14, sono attribuite all'Unità di Paesaggio 10_2.



10_2



Sommità arrotondate molto debolmente pendenti e versanti lineari da debolmente a moderatamente pendenti, soggette ad erosione idrica moderata per lo più diffusa, su conglomerati poligenici talora intercalati a sabbie.
Usi del suolo: colture legnose agrarie (oliveto e vigneto), seminativo e prato.

Figura 14 – Unità di paesaggio identificata per l'area della postazione Radicondoli 36 (poligono rosso).
(Regione Toscana, SIPT-Database pedologico, Portale Geoscopio)

All'unità di paesaggio indicata, corrispondente localmente a terreni perlopiù di copertura eluvio/colluviale impostati su substrato costituito prevalentemente da argille sabbiose e conglomerati poligenici, vengono associati principalmente suoli classificati come "BEL1"; si tratta di suoli moderatamente profondi, con spessore tipico pari o superiore a 1,0 m, tessitura franco argillosa e franca, ben drenati.

Le caratteristiche idrauliche dei suoli evidenziano bassa capacità di accumulo di acqua, conducibilità idraulica satura moderatamente alta con prevalenza dei flussi in senso verticale; esse presentano, inoltre, bassa capacità di trattenere o inattivare i potenziali inquinanti.

4 SINTESI DEI RISULTATI ANALITICI OTTENUTI PER I SUOLI

4.1 Risultati delle analisi di caratterizzazione delle TRS

Come accennato in premessa, il Piano di Utilizzo delle Terre e Rocce da Scavo predisposto per la postazione Radicondoli 36 (Rif. [1]) ha definito il Piano di caratterizzazione ambientale delle TRS ai sensi del D.P.R. 120/2017.

La campagna di indagine, svolta nel corso del mese di gennaio 2024, è stata realizzata mediante la perforazione di n. 10 sondaggi geognostici a carotaggio continuo a secco (\varnothing 101mm) ubicati all'interno del sedime della futura postazione (RA36_AMB_01÷RA36_AMB_10), per il prelievo di n. 20 campioni di suolo insaturo, per la determinazione dei parametri analitici d'interesse.

Come previsto dal Piano di Utilizzo delle TRS (Rif. [1]) tutti i campioni di suolo sono stati prelevati in triplice aliquota, di cui una è stata inviata al laboratorio incaricato delle analisi e una è stata conservata presso i laboratori EGPI per eventuali approfondimenti analitici successivi.

I risultati delle determinazioni analitiche quantitative (eseguite dal lab. Isogea S.r.l. incaricato da ISMES S.p.A.) sui n. 20 campioni di suolo prelevati nell'ambito delle indagini di caratterizzazione ambientale delle TRS hanno mostrato, in alcuni casi, la non conformità ai seguenti parametri analitici:

- Cobalto, Rame se riferiti alle CSC di Colonna A;
- Antimonio se riferiti alle CSC di Colonna B (ed in un numero maggiore di casi a quelle di Colonna A).

Nella tabella sottostante si riepilogano i risultati analitici per i quali è stato riscontrato almeno un superamento delle CSC nel suolo.

Sondaggio	Campione (prof. m da p.c.)	Sb [mg/kg]	Co [mg/kg]	Cu [mg/kg]
	CSC Col. A	10	20	120
	CSC Col. B	30	250	600
AMB_01	C1 (0-1)	35,1	50	-
AMB_02	C1 (0-1)	17,5	23,6	-
	C1 (0-1)	32,3	-	-
AMB_03	C2 (3,6-4,6)	26	-	-
	C3 (6,1-7,1)	21,3	-	-
	C1 (0-1)	10,2	-	-
AMB_04	C2 (1-2)	33,9	-	-
	C3 (2-3)	30,7	-	-
	C1 (0-1)	26,2	-	-
AMB_05	C2 (1,5-2,5)	26,4	-	130
	C3 (3-4)	32,3	-	-
AMB_06	C1 (0-1)	11,4	-	-
	C1 (0-1)	25,8	-	-
AMB_07	C2 (1,2-2,2)	26,2	-	-
	C3 (2,4-3,4)	18,7	-	-
AMB_08	C1 (0-1)	33,2	-	-
AMB_09	C1 (0-1)	28,5	21	-

Sondaggio	Campione (prof. m da p.c.)	Sb [mg/kg]	Co [mg/kg]	Cu [mg/kg]
	CSC Col. A	10	20	120
	CSC Col. B	30	250	600
	C2 (2-3)	21,6	-	-
	C3 (4,1-5,1)	20	-	-
AMB_10	C1 (0-1)	18,5	-	-

Tabella 2 – Sintesi dei superamenti delle CSC (Colonna A/B nel suolo) nei campioni di suolo prelevati per la caratterizzazione delle TRS (lab. Isogea S.r.l.).

Per maggiori dettagli e approfondimenti in merito alle attività eseguite ed ai loro risultati si rimanda comunque integralmente ai contenuti del documento redatto da ISMES GRE.EEC.R.26.IT.G.08015.00.023 "Enel Green Power Italia S.r.l. - Postazioni geotermiche Montieri 7, Radicondoli 35 e Radicondoli 36 - Progetto definitivo - Relazione sull'esito delle indagini ambientali" (Rif. [2]).

L'ubicazione dei sondaggi geognostici realizzati nell'area della postazione Radicondoli 36 è mostrata nella planimetria di **Tavola 1** allegata al presente documento.

4.2 Risultati delle analisi del piano di indagine integrativo per la determinazione dei VFN

Le attività di indagine eseguite per il completamento del set di dati analitici disponibili (derivanti dalla caratterizzazione delle TRS) da analizzare e da validare da parte di ARPAT, ai fini della determinazione dei Valori di Fondo Naturale, sono state realizzate in linea con quanto previsto nel documento C4009046 "Piano di Indagine per la definizione dei Valori di Fondo Naturale (ai sensi dell'art.11 D.P.R. 120/2017)" (Rif. [5]), in accordo all'art. 11, comma 1 del D.P.R. 120/2017.

La campagna di indagine, svolta nel corso del mese di settembre 2024, è stata realizzata mediante la perforazione di n. 9 sondaggi geognostici a carotaggio continuo a secco (Ø 101mm), di cui 7 ubicati all'interno del sedime della futura postazione (RA36_AMB11÷RA36_AMB17) n. 2 esternamente all'area di intervento prevista per la realizzazione della postazione geotermica, come richiesto da ARPAT Dipartimento di Siena (RA36_AMB18, RA36_AMB_19), dai quali sono stati prelevati n. 22 campioni di suolo insaturo, per la determinazione dei parametri analitici d'interesse.

Come previsto dal Piano di indagine (Rif. [5]) tutti i campioni di suolo sono stati prelevati in triplice aliquota, di cui una è stata inviata al laboratorio incaricato delle analisi, una è stata conservata presso i laboratori EGPI e una è stata messa a disposizione di ARPAT. Personale tecnico di ARPA Toscana (dip.to di Siena), infatti, ha provveduto alla presa in consegna della terza aliquota di tutti i campioni di suolo per la validazione della campagna d'indagine.

I risultati delle determinazioni analitiche quantitative (eseguite dal lab. Biochimie Lab S.r.l. incaricato da EGPI) sui n. 22 campioni di suolo prelevati nell'ambito delle indagini integrative per la determinazione dei VFN hanno mostrato in alcuni casi la non conformità dei seguenti parametri analitici:

- Cobalto, Cromo totale, Nichel e Idrocarburi pesanti (C>12) con riferimento alle CSC di Colonna A;
- Nessun parametro con riferimento alle CSC di Colonna B.

Nella tabella sottostante si riepilogano i risultati analitici per i quali è stato riscontrato almeno un superamento delle CSC nel suolo.

Sondaggio	Campione (prof. m da p.c.)	Co [mg/kg]	Cr tot [mg/kg]	Ni [mg/kg]	C>12 [mg/kg]
	CSC Col. A	20	150	120	50
	CSC Col. B	250	800	500	750
AMB_11	C1 (0-1)	-	234	151	-
	C2 (1-2)	-	-	144	140
AMB_13	C1 (0-1)	-	187	-	-
AMB_15	C1 (0-1)	20,7	-	-	-
	C1 (0-1)	-	181	-	-
AMB_17	C1 (0-1)	-	224	133	-
AMB_18	C1 (0-1)	-	173	124	-
AMB_19	C2 (1-2)	26,9	156	-	-
	C3 (2-3)	-	177	-	-

Tabella 3 – Sintesi dei superamenti delle CSC (Colonna A) nei campioni di suolo prelevati nell'ambito del piano di indagine integrativo per la definizione dei VFN (lab. Biochemie Lab S.r.l.).

Per maggiori dettagli e approfondimenti in merito alle attività eseguite ed ai loro risultati si rimanda comunque integralmente ai contenuti del documento redatto da CESI prot. C4015217 del 28/10/2024 "Piano di indagine per la determinazione del Valore di Fondo Naturale (ai sensi dell'art. 11 D.P.R. 120/2017) - Postazione Radicondoli 36. Relazione tecnica indagine integrativa - settembre 2024" (Rif. [8]).

L'ubicazione dei sondaggi geognostici complessivamente realizzati nell'area della postazione Radicondoli 36 (comprensivi di quelli relativi alle indagini di caratterizzazione delle TRS) è mostrata nella planimetria di **Tavola 1** allegata al presente documento. Mentre nelle **Tavola 2a÷2c** si riporta l'ubicazione dei sondaggi in corrispondenza dei quali sono state osservate eccedenze rispetto alle CSC (Col. A) per Co, Cr tot, Ni rispettivamente.

In relazione al parametro Idrocarburi pesanti (C>12), in attesa degli esiti analitici da parte del laboratorio ARPA Toscana sui campioni dell'Indagine di caratterizzazione integrativa effettuata in contraddittorio, la sola non conformità riscontrata riguarda il campione prelevato durante l'indagine integrativa AMB_11_C2 (1-2) ed è relativa alla CSC di Colonna A (siti ad uso residenziale – verde pubblico). Il carattere sporadico della non conformità e la mancanza di informazioni di dettaglio per la determinazione della sua origine, comporta di non poter considerare come di origine naturale tale non conformità.

Ad ogni modo, sulla base di quanto su riportato nell'ambito dell'analisi statistica che è stata condotta sulle serie dei dati raccolti, è stata verificata l'ipotesi che il suddetto dato, non conforme alla CSC di Colonna A, possa essere identificato come *outlier* (vedi par. 8.1.1).

I risultati delle determinazioni analitiche quantitative condotte dal laboratorio Biochemie Lab S.r.l. sui campioni di suolo prelevati nell'ambito delle indagini integrative per la determinazione dei VFN, espressi come sostanza secca e riferita al totale (comprensivo dello scheletro maggiore di 2 mm e privo della frazione maggiore di 2 cm, scartata in campo), sono riportati nei Rapporti di Prova dell'**Allegato 1**. Nello stesso **Allegato 1**, sono altresì riportati i risultati delle determinazioni analitiche sul passante a due millimetri con espressione finale del risultato riferendosi alla totalità dei materiali secchi, non comprensiva dello scheletro, finalizzati allo studio per la determinazione dei VFN, come richiesto da ARPAT con la nota prot. 67149 del 26/08/2024 (Rif. [6]).

4.3 Confronto tra i risultati della caratterizzazione ambientale delle TRS e di quella del piano di indagine per i VFN

Nella tabella seguente, per i parametri per i quali si è riscontrato almeno un superamento delle CSC di Colonna A, si riporta il confronto tra i risultati delle analisi condotte sui campioni di suolo prelevati per la caratterizzazione delle TRS (a cura del laboratorio Isogea S.r.l.) e quelli ottenuti dalle analisi previste dal piano di indagine integrativo per la determinazione dei VFN (a cura del laboratorio Biochemie Lab S.r.l.).

Sondaggio	Campione (prof. m da p.c.)	Sb [mg/kg]	Co [mg/kg]	Cr tot [mg/kg]	Ni [mg/kg]	Cu [mg/kg]
	CSC Col. A	10	20	150	120	120
	CSC Col. B	30	250	800	500	600
Indagini di Caratterizzazione TRS (lab. Isogea S.r.l.)						
AMB_01	C1 (0-1)	35,1	50	-	-	-
AMB_02	C1 (0-1)	17,5	23,6	-	-	-
	C1 (0-1)	32,3	-	-	-	-
AMB_03	C2 (3,6-4,6)	26	-	-	-	-
	C3 (6,1-7,1)	21,3	-	-	-	-
	C1 (0-1)	10,2	-	-	-	-
AMB_04	C2 (1-2)	33,9	-	-	-	-
	C3 (2-3)	30,7	-	-	-	-
	C1 (0-1)	26,2	-	-	-	-
AMB_05	C2 (1,5-2,5)	26,4	-	-	-	130
	C3 (3-4)	32,3	-	-	-	-
AMB_06	C1 (0-1)	11,4	-	-	-	-
	C1 (0-1)	25,8	-	-	-	-
AMB_07	C2 (1,2-2,2)	26,2	-	-	-	-
	C3 (2,4-3,4)	18,7	-	-	-	-
AMB_08	C1 (0-1)	33,2	-	-	-	-
	C1 (0-1)	28,5	21	-	-	-
AMB_09	C2 (2-3)	21,6	-	-	-	-
	C3 (4,1-5,1)	20	-	-	-	-
AMB_10	C1 (0-1)	18,5	-	-	-	-
Indagini di Integrative per VFN (lab. Biochemie Lab S.r.l.)						
AMB_11	C1 (0-1)	-	-	234	151	-
	C2 (1-2)	-	-	-	144	-
AMB_13	C1 (0-1)	-	-	187	-	-
AMB_15	C1 (0-1)	-	20,7	-	-	-
	C1 (0-1)	-	-	181	-	-
AMB_17	C1 (0-1)	-	-	224	133	-
AMB_18	C1 (0-1)	-	-	173	124	-
AMB_19	C2 (1-2)	-	26,9	156	-	-
	C3 (2-3)	-	-	177	-	-

Tabella 4 – Confronto tra i risultati delle analisi condotte sui campioni di suolo prelevati per la caratterizzazione ambientale delle TRS (lab. Isogea S.r.l.) e di quelle effettuate sui campioni prelevati nell'ambito del piano di indagine integrativo per la definizione dei VFN (lab. Biochemie Lab S.r.l.).

Nelle seguenti tabelle, per i parametri risultati eccedenti le CSC, sono poste a confronto le concentrazioni minime, massime e medie ottenute per tutti i campioni analizzati utilizzando metodiche analitiche differenti.

ANTIMONIO							
Indagine	N. campioni con C>CSC	N. campioni totali	Conc. Min [mg/Kg]	Conc. Max [mg/Kg]	Conc. Media [mg/Kg]	CSC/A [mg/Kg]	CSC/B [mg/Kg]
TRS	20	20	10	35	25	10	30
VFN	0	22	0	0	0		

Tabella 5 – Antimonio: confronto delle concentrazioni minime, massime e medie tra i campioni TRS (lab. Isogea S.r.l.) e VFN (lab. Biochemie Lab S.r.l.).

COBALTO							
Indagine	N. campioni con C>CSC	N. campioni totali	Conc. Min [mg/Kg]	Conc. Max [mg/Kg]	Conc. Media [mg/Kg]	CSC/A [mg/Kg]	CSC/B [mg/Kg]
TRS	3	20	10	50	16	20	250
VFN	3	22	7	27	15		

Tabella 6 – Cobalto: confronto delle concentrazioni minime, massime e medie tra i campioni TRS (lab. Isogea S.r.l.) e VFN (lab. Biochemie Lab S.r.l.).

CROMO TOTALE							
Indagine	N. campioni con C>CSC	N. campioni totali	Conc. Min [mg/Kg]	Conc. Max [mg/Kg]	Conc. Media [mg/Kg]	CSC/A [mg/Kg]	CSC/B [mg/Kg]
TRS	0	20	12	58	30	150	800
VFN	7	22	62	234	141		

Tabella 7 – Cromo tot: confronto delle concentrazioni minime, massime e medie tra i campioni TRS (lab. Isogea S.r.l.) e VFN (lab. Biochemie Lab S.r.l.).

NICHEL							
Indagine	N. campioni con C>CSC	N. campioni totali	Conc. Min [mg/Kg]	Conc. Max [mg/Kg]	Conc. Media [mg/Kg]	CSC/A [mg/Kg]	CSC/B [mg/Kg]
TRS	0	20	42	109	71	120	500
VFN	4	22	47	151	96		

Tabella 8 – Nichel: confronto delle concentrazioni minime, massime e medie tra i campioni TRS (lab. Isogea S.r.l.) e VFN (lab. Biochemie Lab S.r.l.).

RAME							
Indagine	N. campioni con C>CSC	N. campioni totali	Conc. Min [mg/Kg]	Conc. Max [mg/Kg]	Conc. Media [mg/Kg]	CSC/A [mg/Kg]	CSC/B [mg/Kg]
TRS	1	20	32	130	55	120	600
VFN	0	22	15	60	49		

Tabella 9 – Rame: confronto delle concentrazioni minime, massime e medie tra i campioni TRS (lab. Isogea S.r.l.) e VFN (lab. Biochemie Lab S.r.l.).

Il confronto tra i risultati delle due campagne di indagine ha evidenziato per i parametri Sb, Co, Cr tot, Ni, Cu che le concentrazioni sia minime, che massime e medie risultano significativamente diverse tra le due popolazioni di dati.

Il confronto tra i dati riportati nelle tabelle sopra esposte ha evidenziato, pertanto, la necessità di condurre approfondimenti sulle analisi chimiche effettuate sui campioni di terreno prelevati nell'indagine precedente (caratterizzazione TRS), in considerazione delle diverse metodiche analitiche adottate nelle due indagini.

Tali approfondimenti analitici hanno comportato le analisi (eseguite dal laboratorio Biochemie Lab S.r.l. incaricato da EGPI) delle seconde aliquote dei campioni prelevati nell'ambito delle indagini per la caratterizzazione delle TRS, i cui risultati sono riportati ed esposti nel paragrafo seguente.

4.4 Risultati delle rianalisi dei campioni di caratterizzazione delle TRS

Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle analisi delle seconde aliquote dei campioni prelevati nell'ambito delle indagini per la caratterizzazione delle TRS, che sono state eseguite dal laboratorio Biochemie Lab S.r.l. nell'ottobre 2024, utilizzando le stesse metodiche analitiche adottate nelle indagini integrative per la determinazione del VFN. In particolare, sono riportati i risultati relativi ai parametri che hanno mostrato almeno un superamento delle CSC nel suolo

Il set di parametri oggetto di rianalisi ha previsto la determinazione di alcuni metalli ed in particolare di: Zn, Cr tot, Ni, Sb, As, Cd, Co, Pb, Cu.

Sondaggio	Campione (prof. m da p.c.)	Co [mg/kg]	Cr tot [mg/kg]	Ni [mg/kg]
	CSC Col. A	20	150	120
	CSC Col. B	250	800	500
AMB_01	C1 (0-1)	-	-	-
AMB_02	C1 (0-1)	-	-	-
	C1 (0-1)	-	-	-
AMB_03	C2 (3,6-4,6)	-	-	-
	C3 (6,1-7,1)	-	-	-
	C1 (0-1)	-	-	-
AMB_04	C2 (1-2)	-	-	-
	C3 (2-3)	-	-	-
	C1 (0-1)	-	-	-
AMB_05	C2 (1,5-2,5)	-	-	-
	C3 (3-4)	-	-	-
AMB_06	C1 (0-1)	-	-	-
	C1 (0-1)	20,6	-	-
AMB_07	C2 (1,2-2,2)	21,1	-	-
	C3 (2,4-3,4)	-	-	-
AMB_08	C1 (0-1)	23,6	173	150
	C1 (0-1)	-	-	-
AMB_09	C2 (2-3)	-	-	-
	C3 (4,1-5,1)	-	-	-
AMB_10	C1 (0-1)	-	-	-

Tabella 10 – Sintesi dei superamenti delle CSC (Colonna A nel suolo) nei campioni di suolo prelevati per la caratterizzazione delle TRS (rianalisi a cura lab. Biochemie Lab S.r.l.).

Si evidenzia che, come nelle indagini integrative, non è stata rilevata nessuna non conformità relativamente ai parametri Sb e Cu.

Nelle seguenti tabelle, per i parametri risultati eccedenti le CSC (Col. A), sono poste a confronto le concentrazioni minime, massime e medie ottenute utilizzando le medesime metodiche analitiche per i campioni prelevati nelle due indagini.

COBALTO							
Indagine	N. campioni con C>CSC	N. campioni totali	Conc. Min [mg/Kg]	Conc. Max [mg/Kg]	Conc. Media [mg/Kg]	CSC/A [mg/Kg]	CSC/B [mg/Kg]
TRS	3	20	3	24	12	20	250
VFN	3	22	7	27	15		

Tabella 11 – Cobalto: confronto delle concentrazioni minime, massime e medie tra i campioni TRS e VFN (lab. Biochemie Lab S.r.l.).

CROMO TOTALE							
Indagine	N. campioni con C>CSC	N. campioni totali	Conc. Min [mg/Kg]	Conc. Max [mg/Kg]	Conc. Media [mg/Kg]	CSC/A [mg/Kg]	CSC/B [mg/Kg]
TRS	1	20	22	99	60	150	800
VFN	7	22	62	234	141		

Tabella 12 – Cromo tot: confronto delle concentrazioni minime, massime e medie tra i campioni TRS e VFN (lab. Biochemie Lab S.r.l.).

NICHEL							
Indagine	N. campioni con C>CSC	N. campioni totali	Conc. Min [mg/Kg]	Conc. Max [mg/Kg]	Conc. Media [mg/Kg]	CSC/A [mg/Kg]	CSC/B [mg/Kg]
TRS	1	20	21	99	52	120	500
VFN	4	22	47	151	96		

Tabella 13 – Nichel: confronto delle concentrazioni minime, massime e medie tra i campioni TRS e VFN (lab. Biochemie Lab S.r.l.).

Il confronto tra i dati riportati nelle tabelle sopra esposte ha evidenziato che le rianalisi condotte sui campioni TRS, utilizzando le medesime metodiche analitiche applicate ai campioni VFN, hanno portato ad un maggior allineamento tra le due famiglie di dati, rispetto alla situazione precedente. Infatti, i risultati delle prime analisi (a cura Isogea S.r.l.) condotte sui campioni TRS avevano mostrato eccedenze ai limiti normativi, per Sb e Cu, non confermate dai risultati delle rianalisi (a cura Biochemie Lab S.r.l.). In particolare, a tal riguardo, si osserva che:

- per il parametro Antimonio, in tutti i casi, gli esiti analitici ottenuti dal laboratorio Isogea S.r.l. erano risultati non conformi alle CSC (n. 15 campioni con C>CSC/A, n. 5 campioni con C>CSC/B), mentre in tutti i casi, gli esiti analitici ottenuti dal laboratorio Biochemie Lab S.r.l. sono risultati sempre inferiori al limite di rilevabilità strumentale. In particolare, si evidenzia inoltre che le concentrazioni determinate nelle prime analisi evidenziavano tenori rilevabili in tutti i campioni, che sovente eccedevano il limite di Colonna B (Cmax pari a 35 mg/Kg con una CSC di Colonna B pari a 30 mg/Kg); diversamente, i risultati delle rianalisi mostrano in tutti i casi concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità;
- per il parametro Rame, in un caso, gli esiti analitici ottenuti dal laboratorio Isogea S.r.l. sono risultati non conformi (n. 1 campione con C>CSC/A), mentre, in tutti i casi, gli esiti analitici ottenuti dal laboratorio Biochemie Lab S.r.l. sono sempre risultati conformi ai limiti normativi. Inoltre, le concentrazioni determinate nelle prime analisi evidenziavano una unica eccedenza del limite di Colonna A (Cmax pari a 120 mg/Kg con una CSC di Colonna A pari a 120 mg/Kg), non confermata dai risultati delle rianalisi che non presentano eccedenze delle CSC.

Le discordanze analitiche, tra i risultati delle prime analisi (a cura Isogea S.r.l.) condotte sui campioni TRS prelevati nel corso della prima indagine ambientale e delle rianalisi (a cura Biochemie Lab S.r.l.) condotte sulle seconde aliquote dei campioni della medesima campagna, risultano ulteriormente evidenti in riferimento alle concentrazioni minime, massime e medie determinate nei due cicli di analisi (così come evidenziato nelle Tabelle 5÷9 di confronto), in particolare, per i parametri che hanno mostrato eccedenze

ai limiti normativi. Si torna ad evidenziare che, per il parametro Antimonio, le concentrazioni determinate dalle prime analisi sui campioni TRS hanno evidenziato tenori rilevabili in tutti i campioni, sovente eccedenti il limite di Colonna B (Cmax pari a 35 mg/Kg con una CSC di Colonna B pari a 30 mg/Kg); diversamente, i risultati delle rianalisi sugli stessi campioni mostrano concentrazioni sempre inferiori al limite di rilevabilità strumentale (risultato confermato anche dalle analisi condotte, a cura Biochemie Lab S.r.l., sui campioni prelevati nelle indagini integrative VFN, utilizzando le medesime metodiche analitiche). Anche per gli altri parametri risultati non conformi dalle prime analisi condotte (Cr tot., Co, Ni, Cu), le differenze tra i risultati del primo ciclo di analisi ed il secondo di rianalisi sono significativi, mostrando notevoli differenze di concentrazioni minime, massime e medie, ad esempio nel caso del Cr tot. di oltre il triplo.

Di contro, i parametri risultati non conformi ai limiti normativi, derivanti dalle analisi condotte sia sui campioni TRS (secondo aliquote) che sui campioni prelevati nelle indagini integrative VFN (a cura Biochemie Lab S.r.l.), utilizzando le medesime metodiche analitiche, sono risultati i medesimi (Co, Cr tot. e Ni).

L'ubicazione dei sondaggi geognostici complessivamente realizzati nell'area della postazione Radicondoli 36 (comprensivi di quelli relativi alle indagini di caratterizzazione delle TRS) è mostrata nella planimetria di **Tavola 1** allegata al presente documento. Mentre nelle **Tavola 2a÷2c** si riporta l'ubicazione dei sondaggi in corrispondenza dei quali sono state osservate eccedenze rispetto alle CSC (Col. A) per Co, Cr tot e Ni rispettivamente. Si specifica che le tavole riportano i superamenti dei limiti normativi riscontrati dalle analisi condotte da Biochemie Lab S.r.l. sia sui campioni prelevati per la caratterizzazione ambientale delle TRS che su quelli prelevati nell'ambito del piano di indagine per la determinazione dei VFN, utilizzando le medesime metodiche analitiche.

I risultati delle determinazioni analitiche quantitative condotte da Biochemie Lab S.r.l. sulle seconde aliquote dei campioni di suolo prelevati nell'ambito delle indagini per la caratterizzazione delle TRS, espressi come sostanza secca e riferita al totale (comprensivo dello scheletro maggiore di 2 mm e privo della frazione maggiore di 2 cm, scartata in campo), sono riportati nei Rapporti di Prova dell'**Allegato 2**. Nello stesso **Allegato 2**, sono altresì riportati i risultati delle determinazioni analitiche sul passante a due millimetri con espressione finale del risultato riferendosi alla totalità dei materiali secchi, non comprensiva dello scheletro, finalizzati allo studio per la determinazione dei VFN, come richiesto da ARPAT con la nota prot. 67149 del 26/08/2024 (Rif. [6]).

Pertanto, come anticipato nella nota ENEL-EGI-14/10/2024-0027823 (Rif. [7]), a valle degli approfondimenti analitici condotti sui campioni della prima indagine di caratterizzazione delle TRS, visti i risultati ottenuti, utilizzando le stesse metodiche analitiche indicate e richieste da ARPAT, confrontabili con quelli delle successive indagini per la determinazione dei VFN, per i parametri Co, Cr tot. e Ni, si è proceduto con la valutazione statistica dei dati per la definizione dei Valori di Fondo Naturale utilizzando le risultanze analitiche delle rianalisi condotte sui campioni TRS e quelle delle analisi condotte sui campioni VFN, nell'attesa di ricevere i risultati analitici dei campioni prelevati in contraddittorio da ARPAT e la validazione dei dati di parte trasmessi.

5 MODELLO CONCETTUALE DELL'UNITÀ DI CAMPIONAMENTO

Con lo scopo di identificare i presupposti del piano di indagine volto ad acquisire i dati necessari al completamento del set di dati propedeutici allo studio dei VFN, è stato formulato il Modello Concettuale preliminare del sito (riportato al capitolo 3 del documento C4009046 del 21/06/2024 - Rif. [5]), attraverso fasi di studio successive, di seguito richiamate:

- definizione del modello geologico-stratigrafico e idrogeologico;
- definizione dei parametri di interesse;
- potenziali fonti naturali e considerazioni sull'origine naturale dei superamenti dei limiti normativi riscontrati a carico dei suoli;
- analisi delle pressioni antropiche;
- valutazione della numerosità campionaria /completezza del set di dati e definizione degli obiettivi dell'indagine integrativa.

Nel seguito si riporta l'aggiornamento dei diversi aspetti che costituiscono il Modello Concettuale dell'UdC "Radicondoli 36", sulla base dei risultati conseguiti nell'ambito dell'indagine integrativa oggetto del documento C4015055 del 25/10/2024 (Rif. [8]).

5.1 Modello geologico-stratigrafico e idrogeologico

Dal punto di vista geologico-strutturale, l'area è caratterizzata dalle unità appartenenti alla Successione Neogenica del versante tirrenico dell'Appennino settentrionale, cronologicamente riferibile al Pliocene, qui rappresentata nello specifico dalla Formazione di Chiusdino. Litologicamente si tratta di argille e argille sabbiose con livelli di lenti di sabbie alternate a conglomerati minuti. Il substrato risulta costantemente mascherato dalla coltre di copertura costituita dai depositi quaternari olocenici di natura eluvio-colluviale, alterati e modellati dagli agenti morfodinamici legati alla gravità (colamenti, soliflussi).

Il modello geologico preliminare, presentato nella Relazione Geologica di Progetto e confermato dalla descrizione stratigrafica i terreni intercettati dalle indagini eseguite nell'ambito della progettazione presso il sedime della postazione, spinte fino alla profondità di 28-30 m da p.c., evidenzia la presenza di materiali ascrivibili a copertura eluviale di limitato spessore (max 4-5 m da p.c.) cui seguono, fino alla massima profondità indagata, fitte alternanze metriche o plurimetriche di argille prevalentemente limose, talora sabbiose o debolmente sabbiose, e ghiaie fini eterometriche a prevalenti ciottoli carbonatici da millimetrici a centimetrici, immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa, queste ultimi interpretabili come facies conglomeratica della Formazione di Chiusdino.

L'assetto lito-stratigrafico desunto dalle indagini di caratterizzazione delle TRS condotte in sito, sintetizzate al Par. 3.1 del documento C4009046 del 21/06/2024 (Rif. [5]), risulta così strutturato:

- 0,1÷0,6 m da p.c.: strato vegetale, costituito da argilla limosa con clasti da millimetrici a centimetrici;
- da 0,1÷0,6 m a 0,7÷5,1 m da p.c.: terreni perlopiù eluvio-colluviali costituiti da alternanze di argille limose umide e limi sabbiosi asciutti; si riconoscono intercalazioni ghiaiose costituite perlopiù da clasti carbonatici con dimensioni da millimetrici a centimetrici;
- da 4,0 m a 7,0 m da p.c.: substrato costituito da alternanze di conglomerati, limi e sabbie.

La presenza di acque di falda non è stata rilevata entro la massima profondità indagata con i sondaggi geognostici eseguiti sia nell'ambito dell'indagine di caratterizzazione delle TRS che dell'integrazione di indagine.

Per quanto concerne l'assetto idrogeologico, le misure piezometriche eseguite in corrispondenza dei piezometri superficiali e profondi realizzati nell'ambito delle indagini geognostiche per la progettazione hanno evidenziato soggiacenze comprese tra 12,4 e 14,2 m da p.c. rispettivamente.

Le indagini ambientali integrative, eseguite in data 17/09/2024, hanno confermato - sino alla massima profondità indagata (pari a 5 m da p.c.) - la presenza di terreni perlopiù eluvio-colluviali costituiti da alternanze di argille limose e limi sabbiosi/sabbie limose, a differenti gradi di plasticità e addensamento; gli orizzonti superficiali sono costituiti da strato vegetale.

L'osservazione dell'assetto litostratigrafico dei sondaggi realizzati, con livelli ghiaiosi anche potenti intervallati da potenziali acquitardi argillo-limosi, rende verosimile la presenza di un sistema multifalda con livelli acquiferi sospesi separati da livelli più profondi; come già detto, i rilievi freaticometrici eseguiti in corrispondenza dei piezometri superficiali e profondi realizzati nell'ambito delle indagini geognostiche per la progettazione della nuova postazione hanno evidenziato soggiacenze comprese tra 12,4 e 14,2 m da p.c., a conferma dell'ipotesi di una soggiacenza della falda acquifera maggiore di 10 m dal p.c.. In ogni caso, la Relazione Geologica di Progetto adotta il principio di cautela assumendo di considerare, in fase esecutiva degli scavi, la possibile presenza di venute d'acqua, in quanto non si può escludere che localmente possano essere intercettati orizzonti di deflusso preferenziali, delle acque di infiltrazione meteorica.

5.2 Identificazione dei parametri di interesse caratteristici dell'UdC

I risultati delle analisi delle seconde aliquote dei n. 20 campioni di terreno prelevati nell'ambito delle indagini di caratterizzazione ambientale delle TRS e dei risultati delle analisi condotte sui n. 22 campioni di terreno prelevati nell'ambito dell'indagine integrativa per la determinazione dei VFN hanno fatto riscontrare la non conformità alle CSC per i seguenti parametri:

- Colonna A: **Cobalto, Cromo totale, Nichel, Idrocarburi pesanti (C>12);**
- Colonna B: nessuno.

Indagine Caratterizzazione TRS*		Indagine Integrativa VFN
Colonna A	Cobalto, Cromo totale, Nichel	Cobalto, Cromo totale, Nichel, Idrocarburi pesanti (C>12)
Colonna B	-	-

* Esiti delle ripetizioni delle analisi condotte dal lab. Biochimie Lab S.r.l.

Tabella 14 – Parametri risultati non conformi alle CSC.

L'integrazione di indagine ha confermato i parametri analitici per i quali sono state osservate non conformità alle CSC (Co, Cr tot, Ni) nella prima indagine, che sono quindi oggetto dello studio statistico finalizzato alla determinazione dei VFN, come vedremo nel seguito. I parametri analitici che, dalle prime analisi condotte sui campioni di caratterizzazione delle TRS, erano risultati non conformi ai limiti normativi (ovvero Sb e Cu), successivamente non confermati dalle rianalisi eseguite sugli stessi campioni, non sono stati quindi oggetto dello studio per la determinazione dei VFN. Per il parametro Idrocarburi Pesanti (C> 12) che ha fatto riscontrare un isolato superamento della CSC di Colonna A, a fronte della conformità rilevata in tutti gli altri campioni prelevati durante le indagini di caratterizzazione delle TRS e le indagini integrative per la determinazione dei VFN, è stata verificata l'ipotesi che il dato possa essere identificato come *outlier* e quindi non significativo delle caratteristiche dei suoli dell'area.

Sulla base dei risultati analitici di cui sopra, per l'UdC Radicondoli 36 sono quindi identificati i seguenti parametri di interesse:

- Cobalto;
- Cromo totale;

- Nichel.

5.3 Potenziali fonti naturali

Le concentrazioni di **Cobalto**, **Cromo totale** e **Nichel** possono essere correlate a fattori geologici, ovvero la presenza in Val di Cecina di estesi affioramenti di rocce ofiolitiche, sia in destra che in sinistra idrografica del fiume.

Il documento “*Relazione tecnica sull’esito delle indagini ambientali di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo (ex D.P.R. 120/2017)*” (Rif. [2]), relativo alle tre postazioni in progetto (Montieri 7, Radicondoli 35 e Radicondoli 36), riporta una caratterizzazione geochimica basata sui dati del Database Geochimico Regionale (DGR - GeoBasi), sia alla scala dell’areale comprendente le tre postazioni, sia alla scala delle singole postazioni.

Rinviando al documento di cui sopra per i dettagli dell’analisi, nella tabella seguente vengono riportati i valori medi di concentrazione rilevati dalle indagini di caratterizzazione delle TRS (rianalisi) e dalle indagini integrative, posti a confronto con quelli restituiti dal database regionale GeoBasi per i sedimenti fluviali con riferimento ad un areale di 64 km² di estensione, comprendente le tre postazioni in progetto, e ad un areale ristretto di 9 km² intorno alla postazione Radicondoli 36.

Parametro	Geobasi Scheda elemento	Geobasi Selezione area		Indagini 2023** e 2024
	Concentrazione media nel suolo	Concentrazione media nell’areale dei 3 siti	Concentrazione media nell’areale ristretto	Concentrazione media rilevata
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
Cobalto	0,1-50 ²	20,1	21,1	13,5
Cromo totale	80 ¹	-*	-*	108,7
Nichel	20 ¹	82,1	64,1	79,7

Fonti: 1: Reimann and de Caritat (1998); 2: Hamilton (1994).

*Dato per i sedimenti non disponibile.

**Esiti delle ripetizioni delle analisi condotte dal lab. Biochimie Lab S.r.l..

Tabella 15 – Concentrazioni medie dei metalli dal portale Geobasi, e confronto con le concentrazioni rilevate dalle indagini di caratterizzazione delle TRS e Integrativa per lo Studio VFN.

Da quanto sopra riportato, si ritiene che **la presenza degli elementi considerati sia riconducibile a causa di origine naturale (geogenica) e che le concentrazioni medie relative ai risultati analitici delle indagini di caratterizzazione delle TRS e delle indagini integrative per la determinazione dei VFN risultano compatibili con il contesto geochimico in cui il sito si inserisce**. In particolare, relativamente al parametro Cromo totale, in mancanza di dati disponibili nel database regionale GeoBasi, dal momento che:

- la presenza di Cromo totale può essere compatibile con rocce ofiolitiche estesamente affioranti nel bacino del Fiume Cecina, all’interno del quale ricade il sito;
- il Cromo totale è presente a scala di sito in concentrazioni rilevabili in tutti i campioni di suolo analizzati, con tenori che risultano del tutto confrontabili sia nei campioni di suolo superficiale che profondo e in nessun caso inferiori al limite di rilevabilità strumentale;
- i superamenti dei limiti normativi del Cromo totale sono diffusi su tutto il sito in concentrazioni confrontabili sia nel suolo superficiale che profondo;
- l’analisi statistica dei dati di concentrazione non ha evidenziato la presenza di valori estremi (vedi par. 8.1);

si ritiene che la sua presenza sia comunque riconducibile a una causa di origine naturale (geogenica).

5.4 Valutazione della numerosità campionaria e completezza del set di dati

Come suggerito dalla LG SNPA 174/2018, il numero minimo di osservazioni su cui basare la procedura per la determinazione del fondo, necessario a garantire la significatività statistica del valore determinato, è compreso fra 10 e 30, in funzione dello scopo dell'indagine. Come concordato con gli Enti preposti (Rif. [4]) e previsto dal Piano di Indagine integrativo (Rif. [5]), la numerosità minima adottata nel presente studio è di 30 osservazioni.

Considerando quindi i n. 20 campioni prelevati nell'ambito delle attività di caratterizzazione delle TRS di gennaio 2024, e i n. 22 campioni prelevati nell'ambito dell'indagine integrativa di settembre 2024, per l'UdC in esame la numerosità campionaria minima è stata raggiunta. Si ritiene, pertanto, che il set di dati risulti completo ai fini dell'elaborazione statistica per la determinazione dei VFN.

In definitiva, i dati complessivamente raccolti hanno consentito di raggiungere la numerosità campionaria minima per l'analisi dei dati prevista dalle LG SNPA 174/18, finalizzata:

- alla determinazione dei VFN per i parametri di interesse;
- all'individuazione di eventuali *outlier*.

6 ORGANIZZAZIONE DELLA BASE DATI

Come già detto in precedenza, il dataset della matrice terreni utilizzato ai fini della determinazione dei VFN è costituito da n. 42 punti di misura, 20 relativi alla prima campagna di caratterizzazione delle TRS e 22 punti relativi alla campagna integrativa in cui sono stati prelevati campioni di terreno specificatamente per le analisi dei VFN.

Le principali informazioni contenute nel dataset sono:

- Anagrafica del punto di indagine: tipo di indagine (TRS o VFN), Unità di Campionamento (UdC) di appartenenza, coordinate geografiche del punto, profondità di campionamento (metri da piano campagna);
- Data del campionamento;
- Valori di concentrazione dei parametri di interesse, espressi in mg/kg s.s., quali Cobalto (Co), Cromo totale (Cr tot), Nichel (Ni) valutati nella concentrazione relativa al passante a 2 millimetri sia riferendosi alla totalità dei materiali secchi, non comprensiva dello scheletro, sia alla totalità dei materiali secchi, comprensiva dello scheletro.

Il Dataset utilizzato ai fini della determinazione dei VFN contenente le informazioni sopra indicate è riportato in **Allegato 3**.

7 METODOLOGIE UTILIZZATE

Lo studio per la determinazione dei Valori di Fondo Naturale (VFN) dei suoli del sito della postazione Radicondoli 36 è stato sviluppato in riferimento alle Linee Guida SNPA e nello specifico alla *“Linea guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee”* (174/2018).

Lo studio condotto è stato articolato nelle seguenti 3 fasi:

Fase1 - Analisi dei dati disponibili

In questa fase si è proceduto all'analisi della documentazione e dei dati disponibili, tenendo conto delle indicazioni fornite dalla Linea Guida prodotta da SNPA per la definizione dei VFN.

Fase 2 - Analisi del dataset utilizzabile per la definizione di valori di fondo naturali (VFN)

In particolare, con riferimento ai dati disponibili dei parametri d'interesse si è proceduto con le seguenti verifiche:

- verifica della completezza delle serie di misure;
- verifica dei valori estremi;
- verifica dei valori di concentrazione inferiori ai limiti di quantificazione (LOQ) o ai limiti di rilevabilità (LOD) della metodica analitica adottata.

Fase 3 - Analisi dei dati e definizione dei VFN

- definizione del set di dati da utilizzarsi per la determinazione dei VFN;
- valutazione delle soglie VFN.

7.1 Approccio statistico utilizzato

Il procedimento delineato dalla Linea Guida SNPA (174/2018) per la definizione dei VFN è schematizzato nella figura seguente.

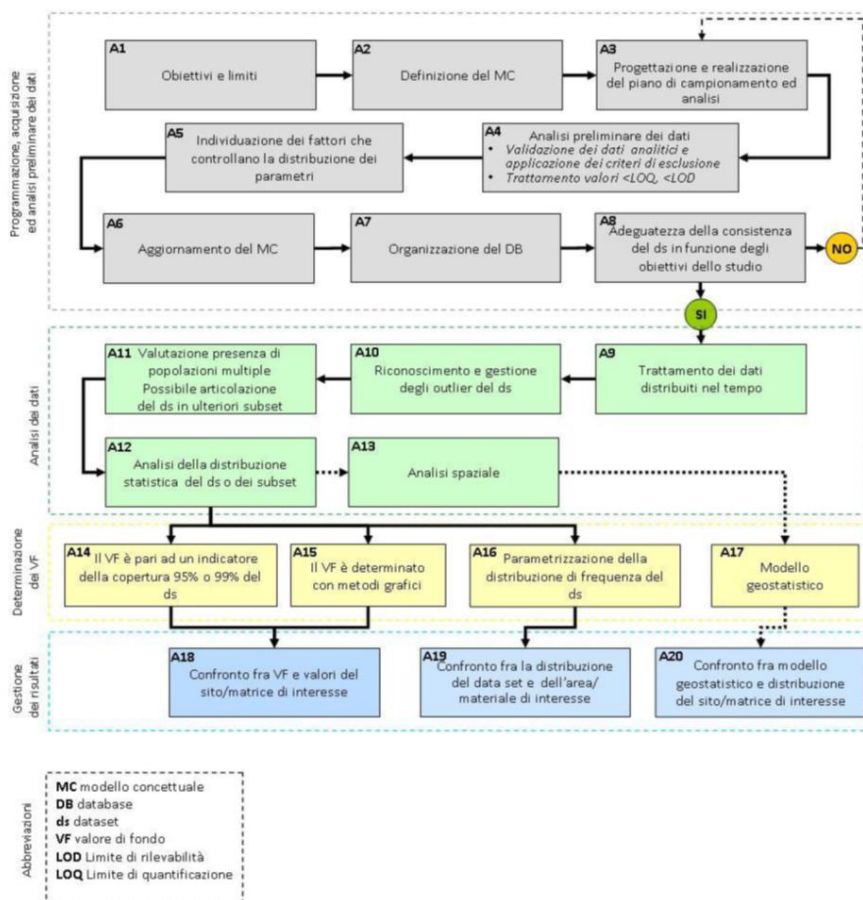


Figura 15 – Schema di riferimento per la definizione dei VFN nei suoli in base alla Linea Guida SNPA.

Alla luce di questo schema e ai fini dell'analisi dei parametri di interesse, le tematiche richiamate nei box da A4 fino al box A20 sono state oggetto di approfondimento.

Nella fase di analisi preliminare dei dati, è stato controllato il dataset delle misure disponibili, verificandone la coerenza e validando le premesse del Piano di Indagine che prevedeva che lo stesso fosse popolato con i dati provenienti dalla prima campagna di indagine (TRS) e dalla campagna integrativa (VFN).

In presenza di valori inferiori al limite di quantificazione (LOQ) o al limite di rilevabilità (LOD) del metodo analitico utilizzato, la LG SNPA 174/2018 propone diversi metodi di sostituzione di questi valori. Per il presente lavoro, è stato utilizzato il metodo di sostituzione semplice che consiste nel sostituire i valori LOQ o LOD con un valore di concentrazione pari rispettivamente a $\frac{1}{2}$ LOQ e $\frac{1}{2}$ LOD.

Successivamente si è proceduto alla valutazione ed eventuale esclusione di valori estremi ("outliers"), poiché non caratterizzanti la popolazione oggetto dello studio e alla valutazione della possibile presenza di popolazioni multiple nei dati.

Infine, sono stati definiti i relativi Valori di Fondo Naturale (VFN), coerentemente con quanto raccomandato nella LG SNPA, che in funzione del contesto ambientale e della quantità e qualità dei dati prevede, nel caso di un congruo numero di osservazioni che mostrino una distribuzione normale di cui sia ragionevolmente certa l'origine naturale, che il VF possa essere calcolato considerando il valore 99° percentile o il valore massimo, per ogni sostanza che abbia mostrato almeno un superamento dei limiti normativi definiti dal D.Lgs. 152/06 per i suoli (di cui alla Tabella 1, Colonna A, Allegato 5, Titolo V, Parte

IV del D.Lgs. 152/06). Inoltre, si specifica che i VFN proposti sono stati affiancati da altri stimatori quali l'Upper Tolerance Limit (UTL 95%), l'Upper Prediction Limit (UPL 95%) o l'Upper Simultaneous Limit (USL 95%), che ne consentono di valutare la variabilità.

L'approccio statistico "classico", infatti, permette di verificare che i valori raccolti siano distribuiti sul sito in modo non aggregato o localizzato, ma siano ragionevolmente distribuiti in modo omogeneo e diffuso su tutta l'area. Inoltre, consente di stimare, a partire dal campione statistico, valori numerici rappresentativi della popolazione del fondo. Ogni stima, ottenuta mediante inferenza statistica, può essere associata ad un intervallo di confidenza, con un limite inferiore e superiore che indica il range entro cui ci si aspetta che il valore reale della popolazione si trovi con una certa probabilità.

A tal fine, sono stati valutati i limiti superiori delle soglie VFN mediante la stima dell'Upper Tolerance Limit (UTL 95%), dell'Upper Prediction Limit (UPL 95%) e dell'Upper Simultaneous Limit (USL 95%), parametri più comunemente utilizzati per valutare la variabilità di una popolazione statistica, le cui definizioni sono riportate di seguito.

UTL (Upper Tolerance Limit al 95% di confidenza): è il termine che definisce superiormente l'intervallo di tolleranza (Tolerance interval, TI, inferiormente limitato da LTL). L'intervallo di tolleranza è l'intervallo entro cui, con una certa confidenza (ad es. il 95%), ricade una percentuale specificata della popolazione campionata (ad es. la confidenza del 95% indica il 95% di possibilità che l'intervallo contenga il "vero" parametro (es. media, p-esimo percentile) della popolazione). L'altro parametro che definisce l'intervallo di tolleranza è la copertura, ovvero la proporzione del campione che l'intervallo presumibilmente contiene. A titolo esemplificativo il parametro UTL95%-90% indica il valore al quale al 95% di possibilità è contenuto il parametro 90° percentile.

UPL (Upper Prediction Limit al 95% di confidenza): UPL (Upper Prediction Limit) è il termine che definisce superiormente l'intervallo di "previsione" ("Prediction Interval", PI inferiormente delimitato dal LPL) ovvero l'intervallo entro il quale ci si attende che un valore possa ricorrere con una probabilità del 95%. Il PI rappresenta l'intervallo entro cui, con una data confidenza, ci si attende che cada una singola osservazione ($k=1$) o più osservazioni simultaneamente ($k=2, 3, \dots, n$), campionate dalla stessa popolazione da cui è stato tratto il campione su cui è stato computato il PI.

USL (Upper Simultaneous Limit al 95% di confidenza): è un parametro statistico utilizzato per definire un valore massimo che copre simultaneamente tutte le osservazioni di un dataset con una certa probabilità. In altre parole, un USL del $(1 - \alpha) * 100\%$ garantisce che tutte le osservazioni nel dataset di fondo siano coperte con una probabilità del $(1 - \alpha) * 100\%$. Questo parametro è particolarmente utile quando si vuole stabilire un limite superiore per i valori di un dataset, assicurando che tutte le misurazioni rientrino entro questo limite con un alto livello di confidenza. $(1 - \alpha) * 100\%$ rappresenta il livello di confidenza. Ad esempio, se α è 0,05 (5%), allora $(1 - \alpha) * 100\%$ è 95%, il che significa che si è certi al 95% che tutte le osservazioni del dataset siano coperte dal limite simultaneo superiore (USL) e quindi che saranno inferiori o uguali a questo limite.

In particolare, l'analisi statistica dei dati dei parametri d'interesse è stata caratterizzata dai seguenti passaggi:

- studio preliminare dei dati disponibili (controllo numerosità campionaria, trattamento dei *non-detected* e identificazione degli *outlier*);
- analisi distribuzione dati;
- verifica della normalità della distribuzione attraverso il test di Shapiro-Wilk¹.

¹ Il test di Shapiro-Wilk è un test statistico utilizzato per verificare se un campione di dati proviene da una distribuzione normale. È particolarmente utile quando si vuole determinare la normalità di un dataset, che è un presupposto fondamentale per le analisi statistiche.

Tutte le analisi statistiche sono state eseguite con il software USEPA ProUCL versione 5.2.00 (5.2)².

7.2 Trattamento dei dati non-detected

Come già accennato, in accordo con la Linea Guida SNPA i valori inferiori al limite di quantificazione (LOQ) o al limite di rilevabilità (LOD) del metodo analitico con il quale sono stati determinati, sono stati sostituiti con un valore di concentrazione pari rispettivamente a $\frac{1}{2}$ LOQ o $\frac{1}{2}$ LOD.

Con riferimento al Dataset riportato in **Allegato 3**, non risultano presenti dati *non-detected* (ND).

7.3 Identificazione degli outlier

La distribuzione dei valori e la possibile presenza di *outlier* è stata analizzata attraverso il metodo del grafico a scatola (Figura 16), o metodo “*box plot*”, che definisce come sono distribuiti i dati attorno al loro valore mediano. La linea nera all’interno del rettangolo (scatola o box) indica appunto il valore mediano (ovvero il 50° percentile) mentre la base inferiore e superiore del rettangolo rappresentano rispettivamente il 25° e il 75° percentile (I e III quartile), all’interno dei quali sono comprese il 50% delle misure. Accanto a questi parametri statistici fondamentali, il *box plot* deriva altri valori importanti per l’identificazione dei valori anomali; con il termine gradino (step) si indica 1,5 volte la differenza fra il valore corrispondente al 75° percentile e quello al 25° percentile (definito, spazio interquartile o ITQ, ovvero la distanza tra 25° e 75° percentile). I valori posti in corrispondenza del gradino sopra la base superiore del rettangolo e del gradino sotto la base inferiore definiscono rispettivamente un limite superiore ed un limite inferiore. I limiti superiore e inferiore non sono di norma visualizzati sul grafico *box plot*, mentre sono riportati i valori adiacenti (cioè rispettivamente il primo valore inferiore al limite superiore, e il primo valore superiore al limite inferiore). Sono i valori esterni a questi limiti ad essere visualizzati come “*outlier*”. In genere, si considerano *outlier* solo i valori che risultano sia minori del 25° percentile - 3 volte l’interquartile (ITQ) oppure maggiori del 75° percentile + 3 volte l’interquartile (ITQ). Nel caso non vi siano *outlier* (verso i valori massimi e/o verso i valori minimi), i valori adiacenti superiore e inferiore coincideranno rispettivamente con i valori massimo e minimo delle osservazioni del dataset.

² US EPA 2022: ProUCL Version 5.2.00 Technical Guide. Statistical Software for Environmental Applications for Data Sets with and without Nondetect Observations.

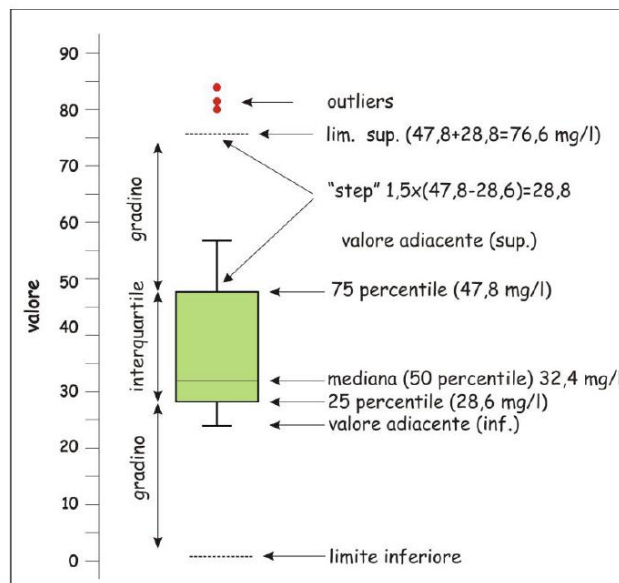


Figura 16 – Esempio di grafico a scatola (o boxplot) dove oltre ad essere rappresentati i quartili che definiscono le dimensioni della scatola vengono anche rappresentati i limiti assunti in prima approssimazione (1.5 volte il range interquartile, ITQ) per identificare gli outlier.

Di seguito si riportano i criteri in base ai quali nel presente studio i valori estremi sono stati mantenuti ai fini del calcolo dei VFN o sono stati esclusi.

Si precisa a tale riguardo che, sono stati mantenuti:

- i valori $> 75^{\circ} \text{ Percentile} + 1,5 \cdot \text{ITQ}$ = valori anomali, considerati non estremi;
- i valori $< 25^{\circ} \text{ Percentile} - 1,5 \cdot \text{ITQ}$ = valori anomali, considerati non estremi.

Sono stati, invece, esclusi:

- i valori $< 25^{\circ} \text{ Percentile} - 3 \cdot \text{ITQ}$ = valori estremi (outliers);
- i valori $> 75^{\circ} \text{ Percentile} + 3 \cdot \text{ITQ}$ = valori estremi (outliers).

Quali eccezioni alle regole di esclusione sono stati presi in considerazione i seguenti elementi:

- assenza di valori estremi dopo trasformazione dei dati (i.e., trasformazione logaritmica);
- presenza di simmetria tra valori estremi nel range alto e nel range basso dei valori.

8 ELABORAZIONE STATISTICA DEI DATI

8.1 Analisi esplorativa dei parametri di interesse

Le analisi delle distribuzioni statistiche contenute nel presente capitolo sono state effettuate sulla base dei criteri precedentemente riportati e sono state condotte sia sulle concentrazioni valutate sulla frazione fine (passante al vaglio 2 mm) che sulle concentrazioni riferite alla totalità dei materiali secchi, comprensive dello scheletro.

Le Figure 17 (fraz. < 2 mm) e 18 (concentrazioni comprensive di scheletro) mostrano i grafici a scatola ("box plot") che rappresentano la distribuzione complessiva delle misure presenti nel dataset.

I grafici a scatola riportati nelle figure sopra citate mostrano distribuzioni molto simmetriche senza alcuna presenza di outlier estremi (i.e. valori maggiori o minori di 3 volte l'interquartile ITQ). Un valore anomalo (i.e. valore maggiore di 1.5 volte l'interquartile (ITQ) rappresentato nel grafico dal pallino) si riscontra nel solo caso del Cobalto per le concentrazioni determinate sul passante a vaglio 2 mm.

I grafici a scatola mostrano distribuzioni molto simmetriche senza alcuna presenza di outlier estremi (i.e. valori maggiori o minori di 3 volte l'interquartile ITQ). Un valore anomalo (i.e. valore maggiore di 1,5 volte l'interquartile (ITQ), rappresentato nel grafico dal pallino) si riscontra nel solo caso del Cobalto per le concentrazioni determinate sul passante a vaglio 2 mm ma che in quanto tale non può essere considerato un outlier.

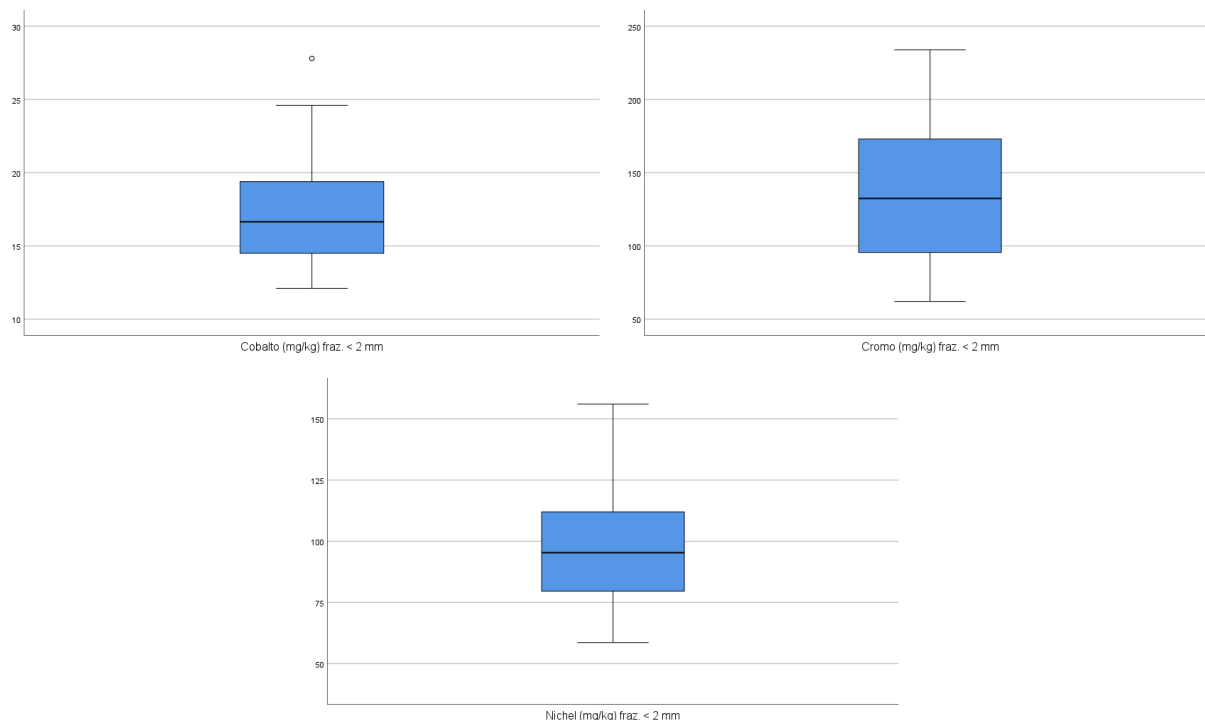


Figura 17 – Box plot: distribuzioni delle concentrazioni dei parametri Co, Cr tot e Ni sulla frazione fine (< 2mm).

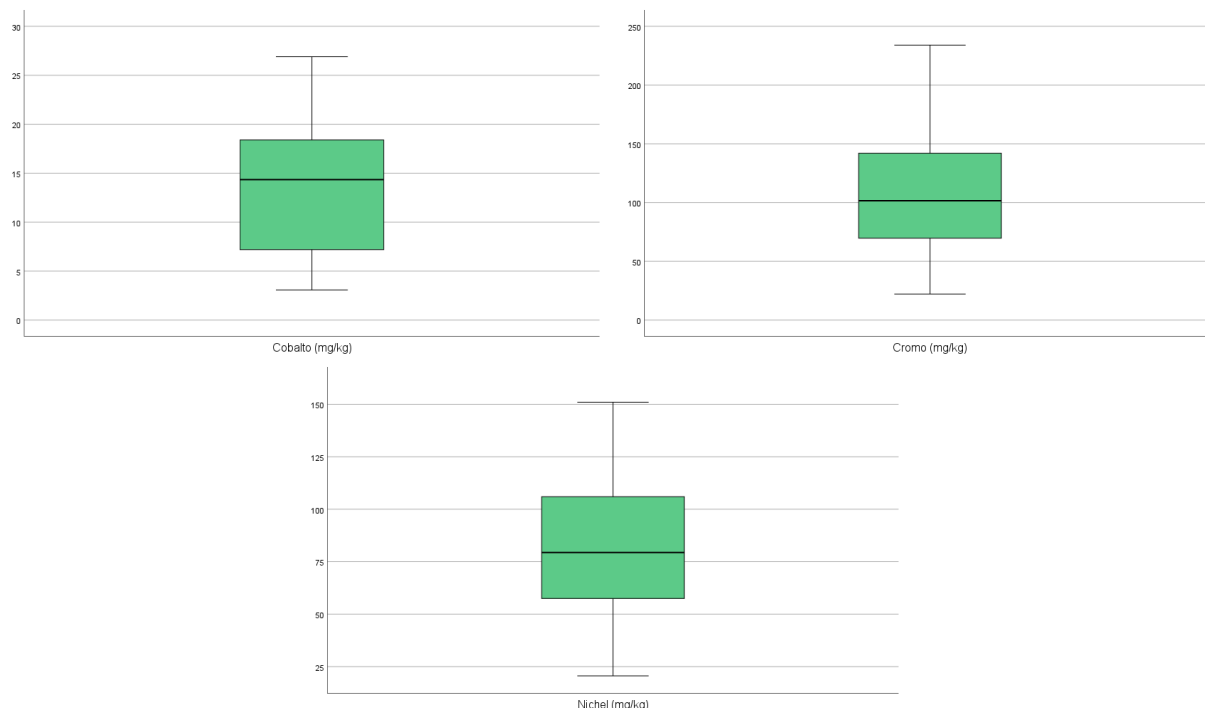


Figura 18 – Box plot: distribuzioni delle concentrazioni dei parametri Co, Cr tot e Ni sulla frazione fine (< 2mm), comprensiva di scheletro.

In Tabella 16 e Tabella 17 si riportano le principali statistiche descrittive dei parametri oggetto dello studio, rispettivamente valutati sulla frazione fine (passante al vaglio 2 mm) e sulla totalità dei materiali secchi comprensiva di scheletro, e le proprietà statistiche principali ed eventuali dati *non-detected* (valori <LOQ o <LOD).

Parametro	N	Cmin (mg/Kg)	Cmax (mg/Kg)	Cmedia (mg/Kg)	Deviazione Std.	Dati n.d.
Cobalto	42	12,1	27,8	17,1	3,4	-
Cromo tot.	42	62,2	234,0	135,7	44,4	-
Nichel	42	58,6	156,0	98,6	23,5	-

Tabella 16 – Statistiche descrittive delle concentrazioni di Co, Cr tot e Ni valutate sulla frazione fine (2mm).

Parametro	N	Cmin (mg/Kg)	Cmax (mg/Kg)	Cmedia (mg/Kg)	Deviazione Std.	Dati n.d.	Superamenti
Cobalto	42	3,1	26,9	13,5	6,2	-	Tab. A
Cromo tot.	42	22,2	234,0	108,7	52,9	-	Tab. A
Nichel	42	20,6	151,0	79,7	35,6	-	Tab. A

Tabella 17 – Statistiche descrittive delle concentrazioni di Co, Cr tot e Ni valutate sulla frazione fine (< 2mm), comprensiva di scheletro.

La normalità dei dati è stata quindi testata attraverso il test di normalità di Shapiro-Wilk ad un livello di significatività del 5% ($P < 0,05$). L'unica distribuzione riscontrata non normale al test è stata quella delle concentrazioni di Cobalto nella frazione fine (passante al vaglio 2 mm), mentre tutte le altre distribuzioni sono risultate normali perché non significative al test di normalità ($P < 0,05$).

Nelle Figure 19-24 vengono rispettivamente mostrati gli istogrammi di frequenza e i grafici Q-Q plot relativi alla distribuzione dei 3 parametri di interesse (Co, Cr e Ni).

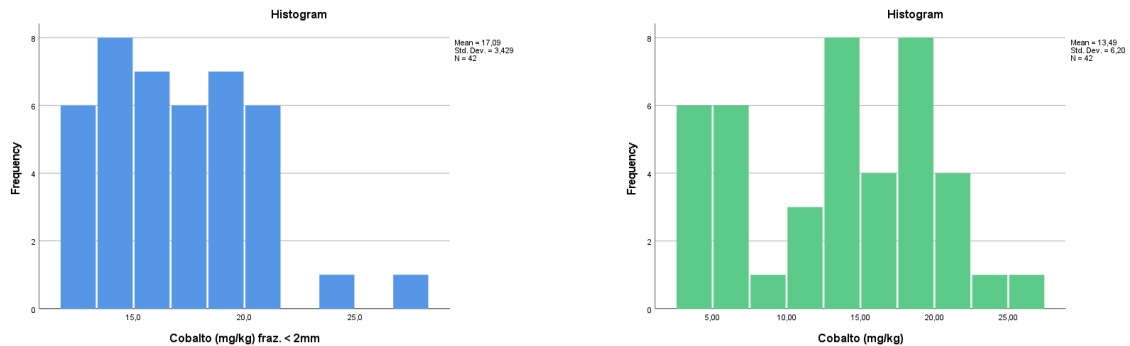


Figura 19 – Istogrammi di frequenza dei valori di concentrazione di Cobalto (Co) relativi al passante al vaglio 2 mm (a sinistra) e al totale comprensivo di scheletro (a destra).

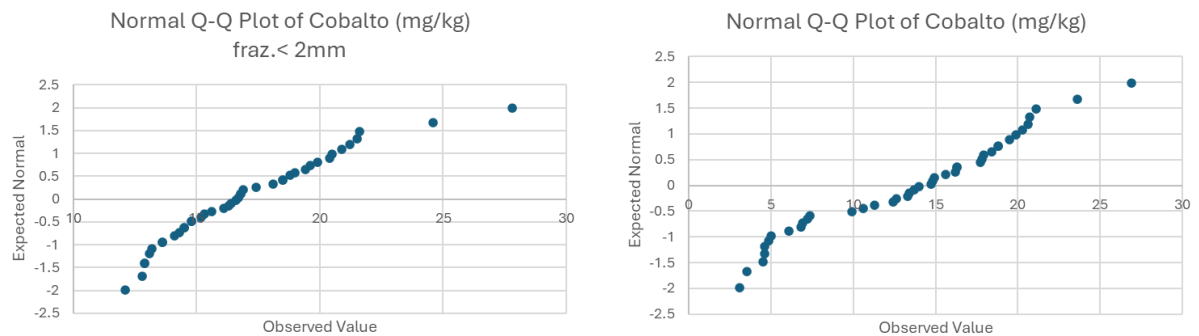


Figura 20 – Grafici Q-Q plot dei valori di concentrazione di Cobalto (Co) relativi al passante al vaglio 2 mm (a sinistra) e al totale comprensivo di scheletro (a destra).

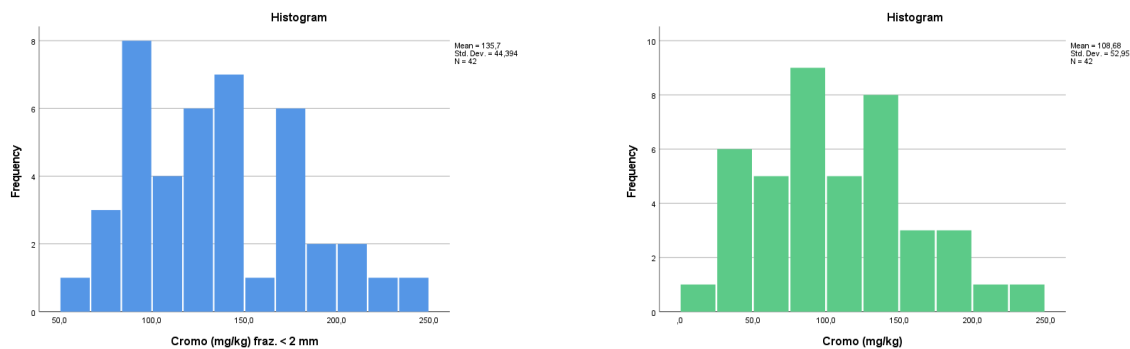


Figura 21 – Istogrammi di frequenza dei valori di concentrazione di Cromo totale (Cr tot) relativi al passante al vaglio 2 mm (a sinistra) e al totale comprensivo di scheletro (a destra).

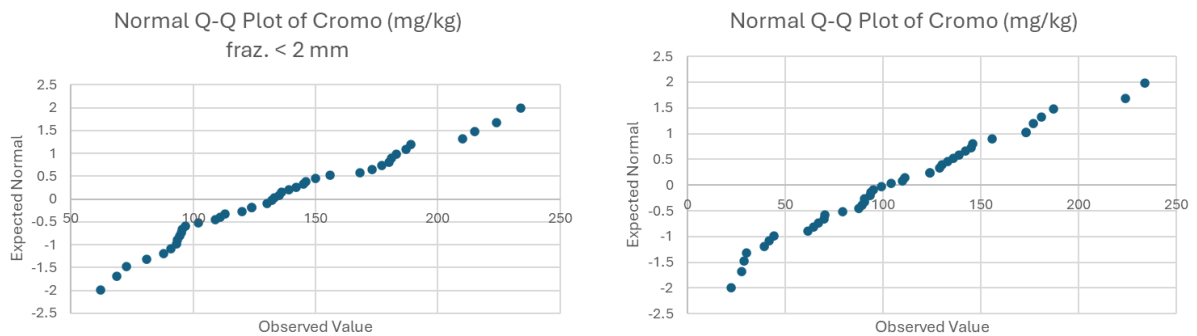


Figura 22 – Grafici Q-Q plot dei valori di concentrazione di Cromo totale (Cr tot) relativi al passante al vaglio 2 mm (a sinistra) e al totale comprensivo di scheletro (a destra).

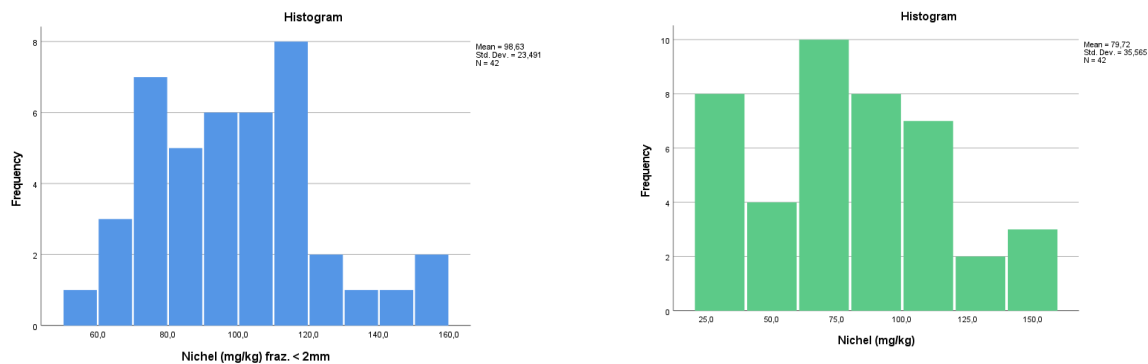


Figura 23 – Istogrammi di frequenza dei valori di concentrazione di Nichel (Ni) relativi al passante al vaglio 2 mm (a sinistra) e al totale comprensivo di scheletro (a destra).

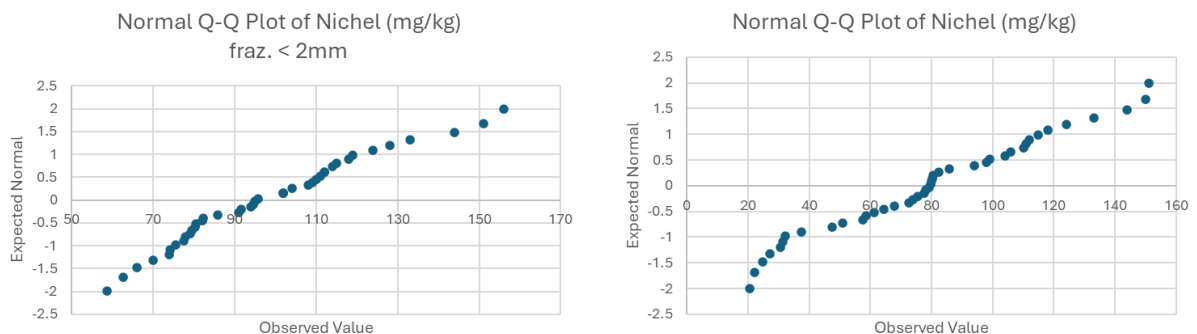


Figura 24 – Grafici Q-Q plot dei valori di concentrazione di Nichel (Ni) relativi al passante al vaglio 2 mm (a sinistra) e al totale comprensivo di scheletro (a destra).

Gli istogrammi di frequenza sopra riportati sostanzialmente confermano la simmetria delle distribuzioni e il risultato del test di normalità; unica eccezione è rappresentata dalla distribuzione delle concentrazioni di Cobalto valutate sul passante al vaglio 2 mm per la quale si osserva uno scostamento significativo dalla normale attesa.

I grafici Q-Q plot consentono di verificare la relativa uniformità delle distribuzioni e l'assenza di popolazioni multiple di dati all'interno del dataset investigato.

8.1.1 Approfondimento statistico sul superamento delle CSC/A per gli Idrocarburi pesanti (C>12)

Con riferimento all'unico superamento delle CSC (Colonna A) per il parametro Idrocarburi pesanti (C>12), riscontrato dall'integrazione di indagine di settembre 2024, il metodo "box plot" per l'identificazione degli *outliers* è stato applicato per verificare che il dato non conforme ai limiti normativi possa essere identificato come tale.

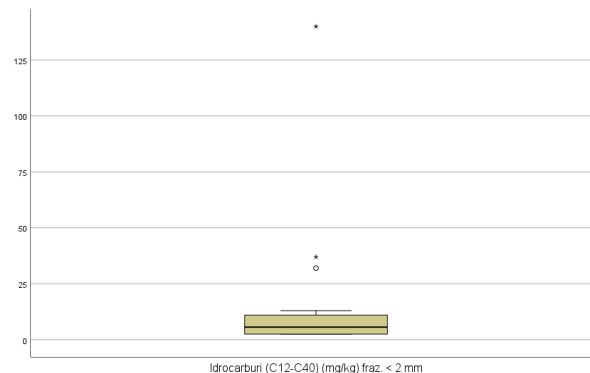


Figura 25 – Box plot: distribuzioni delle concentrazioni del parametro Idrocarburi pesanti (C>12) sulla frazione fine (< 2mm).

Come si può osservare dal grafico a scatola sopra riportato, la distribuzione delle concentrazioni degli Idrocarburi pesanti (C>12) è molto omogenea, con due valori classificabili come estremi (rappresentati nei grafici da un asterisco), uno solo dei quali si discosta dal 75° percentile più di 20 volte lo spazio interquartile, classificandosi pertanto come un vero e proprio *outlier*.

In attesa degli esiti analitici da parte del laboratorio ARPA Toscana sui campioni dell'indagine integrativa effettuata in contraddittorio, quindi, il parametro Idrocarburi pesanti C>12 è da intendersi escluso dall'analisi statistica per la determinazione del Valore di Fondo Naturale.

9 PROPOSTA DEI VALORI DI FONDO NATURALE (VFN) INDIVIDUATI DA PARAMETRI STATISTICI

Coerentemente con quanto raccomandato nella LG SNPA 174/2018, sono riportati, per ogni parametro d'interesse (ovvero i parametri che hanno evidenziato almeno un superamento delle CSC previste per i suoli, di cui alla Tabella 1, Colonna A, Allegato 5, Titolo, Parte IV del D.Lgs. 152/06), i principali indicatori statistici utili alla determinazione dei valori di fondo (90° percentile, 95° percentile, 99° percentile, valore massimo). Inoltre, si specifica che i VFN proposti sono stati affiancati da altri stimatori quali l'Upper Tolerance Limit (UTL 95%), l'Upper Prediction Limit (UPL 95%) e l'Upper Simultaneous Limit (USL 95%), che consentono di valutarne la variabilità.

In particolare, nel caso in esame, quale valore di VFN raccomandato si propone:

- il valore di concentrazione corrispondente al 99-mo percentile (99p) degli N valori costituenti il dataset, nel caso questi mostrino una distribuzione non normale;
- il valore di concentrazione massimo (Cmax) degli N valori costituenti il dataset, nel caso che questi mostrino una distribuzione normale.

La determinazione dei VFN dei suoli è stata condotta in riferimento ai parametri Co, Cr tot e Ni (parametri eccedenti le CSC/Col. A) ed è stata effettuata:

- sulle concentrazioni determinate sul passante a due millimetri con espressione finale del risultato riferendosi alla totalità dei materiali secchi, non comprensiva dello scheletro, come richiesto da ARPAT con la nota prot. 67149 del 26/08/2024;
- sulle concentrazioni determinate sul passante a due millimetri con espressione finale del risultato riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva dello scheletro, ai fini del confronto con le CSC.

Le Tabelle 18 e 19 riassumono i VFN individuati per Cromo totale, Nichel e Cobalto che nei terreni del sito in oggetto avevano evidenziato superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui alla Tabella 1, Colonna A, dell'Allegato 5, Parte IV del D. Lgs 152/2006 e i relativi limiti superiori (UTL 95%, UPL 95%, USL 95%). Si sottolinea che, i valori di concentrazione riportati nel seguito sono approssimati al numero di decimali con cui è definito il limite di legge, in relazione a quanto previsto dalla Linea Guida SNPA 34/2021 dell'ottobre 2021.

Parametro	90P [mg/Kg]	95P [mg/Kg]	99P [mg/Kg]	Cmax [mg/Kg]	Stat	VFN [mg/Kg]	95%UTL [mg/Kg]	95%UPL [mg/Kg]	95%USL [mg/Kg]
Cobalto	21	22	27	28	99P	27	24	23	27
Cromo totale	189	215	230	234	Max	234	229	211	264
Nichel	128	144	154	156	Max	156	148	139	167

Tabella 18 – Sintesi dei Valori di Fondo Naturale individuati per le concentrazioni di Co, Cr tot, Ni riferite alla sola frazione passante a 2 mm. Sono riportati anche i valori del 90°, 95° e 99° percentile, il valore massimo e le soglie superiori di riferimento (UTL 95%, UPL 95% e USL 95%). Il valore proposto come VFN è indicato in grassetto.

Parametro	CSC [mg/Kg]		90P [mg/Kg]	95P [mg/Kg]	99P [mg/Kg]	Cmax [mg/Kg]	Stat	VFN [mg/Kg]	95%UTL [mg/Kg]	95%UPL [mg/Kg]	95%USL [mg/Kg]
	A	B									
Cobalto	20	250	21	21	26	27	Max	27	27	24	31
Cromo	10	30	177	187	230	234	Max	234	220	199	262

Parametro	CSC [mg/Kg]		90P [mg/Kg]	95P [mg/Kg]	99P [mg/Kg]	Cmax [mg/Kg]	Stat	VFN [mg/Kg]	95%UTL [mg/Kg]	95%UPL [mg/Kg]	95%USL [mg/Kg]
	A	B									
Nichel	20	50	123	144	151	151	Max	151	155	140	182

Tabella 19 – Sintesi dei Valori di Fondo Naturale individuati per le concentrazioni di Co, Cr tot, Ni comprensive di scheletro e loro confronto con le concentrazioni soglia (CSC) previste dal D. Lgs 152/2006 (Colonne A e B). Sono riportati anche i valori del 90°, 95° e 99° percentile, il valore massimo e le soglie superiori di riferimento (UTL 95%, UPL 95% e USL 95%). **Il valore proposto come VFN è indicato in grassetto.**

Risulta, inoltre, rilevante osservare come i limiti superiori delle stime dei VFN, calcolati con diversi metodi statistici al 95% di confidenza (UTL 95%, UPL 95% e USL 95%), consentano di confermare la robustezza delle stime dei VFN proposti e ne traccino un limite superiore anch'esso rappresentativo del valore di fondo naturale. Tali parametri statistici, infatti, permettono di effettuare previsioni e valutazioni sulle concentrazioni massime dei parametri d'interesse, considerando la possibilità che eventuali valori superiori ai VFN proposti possano comunque essere ascrivibili ad origine naturale.

10 CONCLUSIONI

Nell'ambito delle indagini per la caratterizzazione ambientale delle TRS che saranno prodotte e riutilizzate nel sito della futura postazione di manutenzione campo geotermico "Radicondoli 36", eseguite nel gennaio 2024 mediante la realizzazione di n. 10 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, sono stati osservati superamenti delle CSC (di cui alla Tabella 1, Colonna A e B, Allegato 5, Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/06), sia a carico del suolo superficiale che profondo, relativamente ad alcuni parametri analitici ricercati (Antimonio, Cobalto e Rame), per i quali è stata ipotizzata un'origine naturale considerando il contesto geologico, geochimico e minerario nel quale si inserisce la postazione Radicondoli 36.

In relazione ai superamenti dei limiti normativi riscontrati, in data 07/05/2024, EGPI ha notificato il rilevamento di superamenti delle CSC nei terreni, ai sensi dell'art. 245 del D.Lgs.152/06 e ss.mm.ii., e predisposto un Piano di Indagine integrativo finalizzato all'accertamento ed alla determinazione dei Valori di Fondo Naturale (VFN), nel quadro normativo definito dall'art. 11, comma 1 del D.P.R. 120/2017.

Le attività d'indagine previste dal suddetto Piano, la cui proposta tecnica è stata ritenuta condivisibile da ARPAT (nota prot. 67149 del 26/08/2024), ha previsto l'esecuzione di ulteriori n. 9 punti d'indagine integrativi (ubicati sia internamente che esternamente al perimetro d'intervento) che sono stati realizzati a settembre 2024, in contraddittorio alla presenza di tecnici di ARPAT (Dipartimento di Siena), ai fini della validazione della campagna d'indagine.

Ai fini del piano di indagine per la determinazione del VFN nei suoli, allo scopo di definire i limiti spaziali dello studio in relazione alle finalità e al contesto geo-ambientale, il sito di Radicondoli 36 è stato identificato con l' "Unità di Campionamento" (UdC) oggetto dello studio. La nomenclatura adottata per l'UdC, che costituisce il contesto di riferimento oggetto del presente studio, fa quindi riferimento alla denominazione della stessa postazione, ovvero UdC "Radicondoli 36".

I risultati del piano di accertamento per la definizione dei Valori di Fondo Naturale, contenuti nel documento CESI prot. C4015217 del 28/10/2024, hanno confermato i superamenti dei limiti normativi già evidenziati nella fase di caratterizzazione delle TRS per il parametro Cobalto, mentre non hanno confermato i superamenti per i parametri Antimonio e Rame, che sono risultati conformi alle CSC in tutti i campioni prelevati; hanno, inoltre, fatto registrare non conformità ai limiti normativi per Cromo totale e Nichel. Inoltre, il parametro Idrocarburi Pesanti ($C > 12$) ha fatto riscontrare un isolato superamento della CSC di Colonna A, a fronte della conformità rilevata in tutti i campioni prelevati durante le indagini di caratterizzazione delle TRS e le indagini integrative per la determinazione dei VFN.

Il confronto tra i dati ottenuti per i metalli dalla caratterizzazione delle TRS e dall'indagine integrativa per la determinazione dei VFN ha quindi evidenziato la necessità di condurre approfondimenti analitici sui campioni della prima indagine, in considerazione delle diverse metodiche analitiche adottate nelle due campagne. Tali approfondimenti hanno comportato l'analisi (eseguita dallo stesso laboratorio analitico e utilizzando le stesse metodiche applicate alle analisi dei campioni prelevati per i VFN,) delle seconde aliquote dei campioni prelevati nell'ambito delle indagini per la caratterizzazione delle TRS, i cui risultati hanno portato ad un maggior allineamento tra le due famiglie di dati e a confermare i superamenti dei limiti normativi già osservati sui campioni dell'indagine integrativa per la determinazione dei VFN, relativi ai parametri Cobalto, Cromo totale e Nichel.

Per il parametro Idrocarburi Pesanti ($C > 12$), invece, approfondimenti statistici hanno confermato che il superamento dei limiti normativi osservato nell'ambito delle indagini integrative rappresenta un outlier rispetto alla distribuzione dell'intera popolazione di dati, confermando che l'esito analitico relativo all'unico campione risultato non conforme alla CSC di Colonna A (RA36_AMB_11 C2 1-2) può essere identificato come *outlier* e quindi estraneo alle caratteristiche dei suoli dell'area in studio.

Dall'analisi del contesto geologico e geochimico dell'area, si ritiene che la presenza degli elementi Co, Cr tot e Ni sia riconducibile a causa di origine naturale (geogenica) e che le concentrazioni medie complessivamente rilevate risultino compatibili con il contesto geochimico in cui il sito si inserisce.

Pertanto, come anticipato nella nota ENEL-EGI-14/10/2024-0027823, sulla base dei risultati analitici delle indagini di caratterizzazione delle TRS (rianalisi di Ottobre 2024) e delle indagini integrative per la determinazione del VFN, nelle more di ricevere i risultati del contraddittorio ARPAT e la validazione dei dati di parte trasmessi, si è proceduto allo studio statistico finalizzato alla determinazione dei VFN dei suoli della postazione "Radicondoli 36", che è stato condotto in accordo alla Linea Guida SNPA (174/2018) "Linea Guida per la Definizione dei Valori di Fondo per i Suoli e per le Acque Sotterranee".

Ai fini della determinazione dei VFN nei suoli, il sito di Radicondoli 36 è stato identificato con l' "Unità di Campionamento" (UdC) oggetto dello studio. La nomenclatura adottata per l'UdC, che costituisce il contesto di riferimento oggetto del presente studio, fa quindi riferimento alla denominazione della stessa postazione, ovvero UdC "Radicondoli 36".

Per l'UdC "Radicondoli 36", la numerosità campionaria (n. 42 campioni di suolo insaturo), ottenuta considerando i n. 20 campioni prelevati nell'ambito delle attività di caratterizzazione delle TRS di gennaio 2024 e i n. 22 campioni prelevati nell'ambito dell'indagine integrativa di settembre 2024, si ritiene statisticamente significativa e sufficiente ai fini della determinazione dei VFN, in linea con quanto previsto dalla LG SNPA 174/2018.

La determinazione dei VFN dei suoli è stata condotta in riferimento ai parametri Co, Cr tot e Ni (parametri che hanno mostrato almeno un superamento delle CSC/Col. A) ed è stata effettuata:

- sulle concentrazioni determinate sul passante a due millimetri con espressione finale del risultato riferendosi alla totalità dei materiali secchi, non comprensiva dello scheletro, come richiesto da ARPAT con la nota prot. 67149 del 26/08/2024;
- sulle concentrazioni determinate sul passante a due millimetri con espressione finale del risultato riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva dello scheletro, ai fini del confronto con le CSC.

Lo studio statistico ha condotto alla determinazione di Valori di Fondo Naturale per i suoli dell'UdC "Radicondoli 36". Il parametro statistico descrittore del fondo naturale è rappresentato dal:

- 99° percentile dei valori costituenti il dataset nel caso di distribuzione statistica non normale;
- la concentrazione massima dei valori costituenti il dataset nel caso di distribuzione statistica normale.

Nella seguente tabella sono riportati i Valori di Fondo Naturale (VFN) proposti per i suoli dell'UdC "Radicondoli 36" per i parametri eccedenti le CSC (Col. A).

Unità di campionamento (UdC)	Co [mg/kg]	Cr tot [mg/kg]	Ni [mg/kg]
Radicondoli 36	VFN fraz. < 2mm (senza scheletro)		
	27	234	156
	VFN comprensivo di scheletro		
	27	234	151

ELENCO TAVOLE FUORI TESTO

Tavola 1	Ubicazione dei punti di indagine realizzati
Tavola 2a	Cobalto: ubicazione dei superamenti delle CSC nei terreni insaturi
Tavola 2b	Cromo totale: ubicazione dei superamenti delle CSC nei terreni insaturi
Tavola 2c	Nichel: ubicazione dei superamenti delle CSC nei terreni insaturi

ALLEGATO 1

Biochemie Lab S.r.l.

Rapporti di Prova

Risultati delle analisi condotte sui campioni di suolo prelevati nell'ambito delle indagini integrative per la determinazione del VFN

Tot. pagg. 111

ALLEGATO 2

Biochemie Lab S.r.l.

Rapporti di Prova

Risultati delle rianalisi condotte sui campioni di suolo prelevati nell'ambito delle indagini di caratterizzazione delle TRS

Tot. pagg. 81

ALLEGATO 3

Dataset

Concentrazioni utilizzate ai fini della determinazione dei VFN dei suoli
(file in formato .xls)

Tot. pagg. 4