

## RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C3004448

**Cliente** Enel Produzione S.p.A.  
Presidio ex-Area Mineraria di Santa Barbara

**Oggetto** Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara (AR)  
**Progetto esecutivo di riutilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti (ai sensi dell'art. 24, comma 4, lettera b del D.P.R. 120/2017) – Macrolotto A, Macrolotto B2 e Lotto Emissario.**

**Ordine** A.Q. JA10124307 – Attivazione n. 3500438007 del 29.03.2023

**Note** WBS A1300004464

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

**N. pagine** 145 **N. pagine fuori testo** 6

**Data** 20/03/2023

**Elaborato** **STC - Gatto Cesare**, **ENC - Baglivi Antonella**, **STC - Grattacaso Gaia**  
C3004448 1793913 AUT C3004448 1829612 AUT C3004448 3219906 AUT

**Verificato** **ENC - Mozzi Riccardo**  
C3004448 2809622 VER

**Approvato** **ENC - Il Responsabile - Mozzi Riccardo**  
C3004448 2809622 APP

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 2023 by CESI. All rights reserved

Pag. 1/145

## *Indice*

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DEL PROGETTO</b> .....	<b>11</b>
3.1	Descrizione degli interventi previsti .....	11
3.2	Modifiche dei movimenti terra rispetto a quanto previsto in precedenza.....	15
3.2.1	Sub-area Poggi Vecchi (MA-11/MA-11Ind.) .....	15
3.2.2	Sub-area Cave Vecchie (MA08) .....	15
3.2.3	Sub-area Ronco (MA-10) .....	16
3.2.4	Sub-area Le Piagge (MA09) .....	17
3.2.5	Sub-area Emissario Lago Castelnuovo (IE-01) .....	18
3.2.6	Demolizione sbarramenti (DST01 – DST02) .....	19
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO</b> .....	<b>20</b>
4.1	Inquadramento ambientale generale .....	20
4.1.1	Inquadramento geografico.....	20
4.1.2	Inquadramento geomorfologico .....	21
4.1.3	Inquadramento geologico .....	21
4.2	Attività pregresse svolte in sito .....	32
4.3	Inquadramento urbanistico ed uso pregresso del sito .....	38
4.3.1	Limiti normativi in funzione della destinazione d'uso dell'aree d'intervento.....	38
<b>5</b>	<b>IMPOSTAZIONE METODOLOGICA</b> .....	<b>40</b>
5.1	Criteri di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo .....	40
5.1.1	Frequenza dei prelievi in senso verticale .....	41
5.1.2	Caratterizzazione delle terre da scavo presso le aree di scavo.....	41
5.1.3	Caratterizzazione dello stato di qualità dei suoli presso le aree di destino .....	42
5.2	Studio per la determinazione del Valore di Fondo Naturale (VFN).....	43
5.3	Ammissibilità delle movimentazioni di terre .....	46
<b>6</b>	<b>ESITI DELLA CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE DI SCAVO E DESTINO DEL "MACROLOTTO A" .....</b>	<b>51</b>
6.1.1	Lago di Castelnuovo sponda Nord-Est (MA01).....	51
6.1.2	Lago di Castelnuovo sponda Nord-Ovest (MA02) .....	54
6.1.3	Lago di Castelnuovo sponda Sud-Ovest (MA03) .....	58
6.1.4	Lago di Castelnuovo sponda Est (MA04) .....	59
6.1.5	Casa Basi (MA05).....	63
6.1.6	Casa Vanni (MA06) .....	65
6.1.7	Buche di Calonica (MA07) .....	69
6.1.8	Cave Vecchie (MA08).....	71
6.1.9	Le Piagge (MA09).....	75
6.1.10	Ronco (MA10).....	80
6.1.11	Poggi Vecchi (MA11) e Poggi Vecchi Industriale (MA-11Ind).....	82
6.1.12	Strada Vecchio Borgo (MA13) .....	85
6.1.13	Borro Valli (IA01) .....	87
6.1.14	Borro Percussente (IA02) .....	89

6.1.15	Borro Pianale (IA03) .....	91
6.1.16	Borro Lanzi (IA04) .....	93
<b>7</b>	<b>ESITI DELLA CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE DI SCAVO DEL "LOTTO EMISSARIO" .....</b>	<b>96</b>
<b>8</b>	<b>ESITI DELLA CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE DESTINO DEL "MACROLOTTO B2" .....</b>	<b>100</b>
<b>9</b>	<b>ESITI DELLA CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE SCAVO DEGLI SBARRAMENTI "DST01 E DST02" .....</b>	<b>102</b>
<b>10</b>	<b>PROGETTO DI RIUTILIZZO IN SITO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO .....</b>	<b>105</b>
10.1	Volumetrie e collocazioni definitive di terre e rocce da scavo .....	105
10.1.1	Lago di Castelnuovo sponda Nord-Est (MA01).....	107
10.1.2	Lago di Castelnuovo sponda Nord-Ovest (MA02) .....	109
10.1.3	Lago di Castelnuovo sponda Sud (MA03) .....	112
10.1.4	Lago di Castelnuovo sponda Est (MA04) .....	114
10.1.5	Casa Basi (MA05).....	116
10.1.6	Casa Vanni (MA06) .....	118
10.1.7	Buche di Calonica (MA07) .....	120
10.1.8	Cave Vecchie (MA08).....	122
10.1.9	Le Piagge (MA09).....	125
10.1.10	Ronco (MA10).....	128
10.1.11	Poggi Vecchi (MA11) e Poggi Vecchi Industriale (MA11Ind) .....	131
10.1.12	Strada Vecchio Borgo (MA13) .....	134
10.1.13	Demolizione sbarramenti DST01 e DST02 .....	136
10.1.14	Emissario Lago Castelnuovo (IE-01).....	138
<b>11</b>	<b>COLLOCAZIONE E DURATA DEI DEPOSITI INTERMEDI DI TERRE E ROCCE DA SCAVO.....</b>	<b>141</b>
<b>12</b>	<b>MODALITÀ DI MOVIMENTAZIONE, TRASPORTO E TECNOLOGIE DI SCAVO .....</b>	<b>143</b>
<b>13</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>144</b>

ELENCO ALLEGATI FUORI TESTO

**Tot. Pagg. 6**

**Allegato 1** – Enel Engineering and Construction. *Disegno PBSMA20283-01- Planimetria aree di intervento suddivisione in Macrolotti e relative zone.*

**Tot. Pagg. 2**

**Allegato 2** – Enel Engineering and Construction. *Disegno PBSMA20283-01 Planimetria generale degli interventi.*

**Tot. Pagg. 2**

**Allegato 3** – Enel Engineering and Construction. *Disegno PBSMA21104-01 – Matrice generale degli spostamenti di terre.*

**Tot. Pagg. 2**

## STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	20/03/2023	C3004448	Prima emissione

### 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce il *Progetto esecutivo di riutilizzo in delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti (ai sensi dell'art. 24, comma 4, lettera b del D.P.R. 120/2017)* prodotte nell'ambito degli interventi previsti per il recupero ambientale dell'ex miniera di Santa Barbara e definisce i criteri di gestione delle terre riutilizzabili in sito nel rispetto delle vigenti norme.

In particolare, il presente report illustra e riassume i risultati delle campagne analitiche di caratterizzazione preliminare eseguite in corrispondenza delle aree di scavo e destino afferenti ai cosiddetti Macrolotto A, Macrolotto B2 e Lotto Emisario e definisce i criteri di gestione delle terre e rocce da scavo (in seguito TRS) in relazione alle risultanze analitiche ottenute ed alla ipotesi progettuali di riutilizzo in sito.

Gli interventi per il recupero ambientale dell'ex miniera di Santa Barbara, di proprietà di Enel Produzione S.p.A. (nel seguito Enel), prevedono lavori di risistemazione morfologica che richiedono la movimentazione di terreno all'interno dell'area mineraria. A conclusione della fase autorizzativa del *Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara nei Comuni di Cavriglia (AR) e Figline Incisa Valdarno (FI)* da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e della Regione Toscana, sono state formalizzate una serie di prescrizioni e raccomandazioni vincolanti.

Le prescrizioni sono contenute nei seguenti documenti autorizzativi:

- Regione Toscana – Decreto n. 416 del 09 febbraio 2011;
- MATTM – Decreto VIA n. 938 del 29 luglio 2009.

Il Progetto di Recupero Ambientale del sito minerario di Santa Barbara, elaborato da Enel Engineering and Construction [1], prevede interventi di riassetto morfologico ed idraulico del territorio che comportano movimentazioni di terre prevalentemente all'interno dell'area mineraria, per mezzo di scavi e riporti in sito e fuori sito ed anche interventi infrastrutturali per i quali non sono previsti movimenti terra trattandosi prevalentemente di miglioramenti di opere infrastrutturali già esistenti. Le prescrizioni e raccomandazioni inerenti alla caratterizzazione e gestione delle terre e rocce da scavo di provenienza interna all'area mineraria sono contenute nei punti 11)<sup>1</sup>, 23), 33) e 34) delle prescrizioni della Regione Toscana, riprese integralmente dal Decreto VIA e raggruppate al punto 3) del capitolo *PRIMA FASE ATTUATIVA: STUDI DI CARATTERE GENERALE* del Decreto n. 416 del 09 febbraio 2010 della Regione Toscana.

Le diverse sub-aree d'intervento sono state suddivise in funzione delle tipologie di attività e d'interventi previsti; tutti gli interventi sono finalizzati all'ottenimento dei requisiti morfologici e di sicurezza, congruentemente con quanto previsto nel progetto di recupero ambientale dell'area mineraria.

<sup>1</sup> Si precisa che diversamente da quanto previsto nella prescrizione n.11, a seguito di ulteriori verifiche di stabilità che hanno confermato i requisiti morfologici e di sicurezza richiesti, congruentemente con quanto previsto nel progetto di recupero ambientale dell'area mineraria, nella sub-area individuata in località Balduino non si procederà ad alcuna attività di ripristino morfologico.

Inoltre, le prescrizioni e raccomandazioni inerenti l'individuazione delle aree da sottoporre a indagine ambientale, contenute nel punto 22) delle prescrizioni della Regione Toscana, riprese integralmente dal Decreto VIA e ribadite al punto 5) del capitolo PRIMA FASE ATTUATIVA: STUDI DI CARATTERE GENERALE del già citato Decreto n. 416 del 09 febbraio 2010 della Regione Toscana, riguardano: *“l'individuazione delle aree che, in ragione delle attività che sono state esercitate durante la concessione mineraria, preliminarmente all'approntamento del progetto esecutivo saranno oggetto di indagini ai fini della eventuale attivazione delle procedura di bonifica previste dalla legislazione vigente.”*

Sulla base della storia delle attività produttive/industriali svolte nell'area mineraria, e a seguito:

- delle prescrizioni e osservazioni formulate da ARPAT – Settore VIA-VAS (prot. DV.01/266.1 del 22/04/2014), Provincia di Arezzo – Servizio Programmazione Territoriale, Urbanistica (prot. n. 77999/41.19.01.01 del 29/04/2014) e Regione Toscana – Settore Rifiuti e Bonifiche dei Siti Contaminati (prot. AOOGR/116159/P.070.120 del 07/05/2014), contenuti nella lettera di trasmissione del Verbale della Riunione del 23 aprile 2014 tenutasi presso la sede della Regione Toscana [2];
- degli esiti del Tavolo Tecnico del 11/06/2014 tenutosi presso la Centrale Termoelettrica Enel di Santa Barbara (AR),

sono state identificate una serie di aree che sono state oggetto di indagini ai sensi del D.Lgs.152/06 e s.m.i., al fine di effettuare una verifica delle caratteristiche chimiche delle matrici ambientali sottese a tali settori.

Nel gennaio 2019 è stato elaborato e trasmesso agli Enti competenti il *Piano preliminare di utilizzo in situ delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti* [3], redatto ai sensi dell'art. 24, comma 3 del DPR 120/2017. Tale documento contiene i risultati delle indagini di caratterizzazione fino ad allora eseguite e una proposta di indagini da eseguire ai fini della caratterizzazione delle TRS relative agli interventi afferenti al Macrolotto A e Lotto Emissario.

Inoltre, a seguito di intercorse variazioni progettuali, per alcune sub-aree interne al Macrolotto A, si è reso necessario elaborare ulteriori piani di indagine descritti nel dettaglio nei seguenti documenti:

- Rapporto CESI B9012890 del 26/06/2019 (per Buche di Calonica – MA-07) [4];
- Rapporto CESI C0003775 del 28/04/2020 (per Cave Vecchie – MA-08 e Ronco – MA-10) [5];
- Rapporto CESI C1004682 del 09/06/2021 (per Borro Carpinete – IA-07) [6].

Sulla base dei piani complessivamente elaborati, nel periodo compreso tra il 2014 e il 2021, sono state eseguite le indagini per la caratterizzazione ambientale delle TRS e delle relative aree di destino, nell'ambito delle quali sono stati osservati diffusi superamenti delle CSC (Tabella 1, Colonna A, Allegato 5, Titolo V della Parte IV del D.Lgs. 152/06), sia a carico del suolo insaturo superficiale che profondo relativamente ad alcuni parametri analitici ricercati (Berillio, Cobalto, Cromo totale, Nichel, Selenio, Vanadio e Idrocarburi Pesanti).

Alcuni di questi superamenti sono stati interpretati come di origine naturale, correlandoli con la genesi e con le caratteristiche delle formazioni geologiche o dei depositi oggetto di campionamento.

La normativa vigente in materia di gestione delle terre e rocce da scavo, rappresentata dal D.P.R. 120/2017, all'art. 11 (c. 1) del medesimo decreto prevede che, nei casi in cui nelle TRS si osservassero superamenti delle CSC riconducibili a cause di origine naturale, è fatta salva la possibilità di ricondurre tali superamenti al Valore di Fondo Naturale (VFN) dell'area.

Pertanto, nell'ambito dell'Osservatorio Ambientale per il *“Recupero ambientale della miniera di Santa Barbara”*, si è stabilito di elaborare uno studio per la determinazione del Valore di Fondo Naturale (VFN) dei suoli dell'area dell'ex-miniera di Santa Barbara (AR).

In tale ambito, CESI S.p.A. (nel seguito CESI) ha elaborato lo studio per la determinazione del Valore di Fondo Naturale (VFN), i cui risultati sono contenuti nel Rapporto CESI C1016674 [7], e ARPAT (Direzione Tecnica – Settore VIA/VAS) con parere del 19/04/2022 [8] si è espressa favorevolmente ai risultati ottenuti e ha condotto alcuni approfondimenti statistici finalizzati alla verifica sulla compatibilità/incompatibilità effettiva delle movimentazioni.

A valle delle verifiche eseguite da ARPAT, Enel ha apportato delle modifiche ad alcune movimentazioni di terre previste. Ciò al fine di:

- recepire le osservazioni contenute nel parere ARPAT del 19/04/2022 [8] sul tema della definizione del VFN e della verifica di compatibilità di spostamenti terre fra diversi settori dell'area;
- produrre un affinamento nella computazione dei volumi di scavo della sub-area Emissario Lago Castelnuovo, nonché ridurre, per quanto possibile allo stato attuale, i volumi di terre stoccati nei depositi intermedi.

Tali modifiche sono state presentate con la Nota Enel PBSMA21876 [9].

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### Riferimenti normativi

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i. - "Norme in materia ambientale".

DPR 13 giugno 2017, n.17 – "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo".

SNPA Linea Guida 34/2021 – "Criteri condivisi del sistema per la stima e l'interpretazione dell'incertezza di misura e l'espressione del risultato".

SNPA Linee Guida (174/2018) – "Linee Guida per la Definizione dei Valori di Fondo per i Suoli e per le Acque Sotterranee".

### Riferimenti Progettuali

[1] Enel Engineering and Construction – Relazione Tecnica PBSMA20724 – Ex Area Mineraria Santa Barbara – *Relazione Tecnica Generale "Lotto A ed Emissario lago Castelnuovo" – Relazione Tecnica 24/06/2022.*

[2] Regione Toscana - *Verbale Tavolo Tecnico 11/06/2014. Validazione studi attuativi concessione mineraria "Santa Barbara" nei Comuni di Cavriglia (AR) e Figline-Incisa (FI).*

[3] Rapporto CESI B8024986. *Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo e sintesi sullo stato di avanzamento delle attività di caratterizzazione della qualità delle terre.* 08/01/2019.

[4] Rapporto CESI B9012890. *Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara. Indagini ambientali presso le aree del "Macrolotto A" SECONDA FASE. Revisione del Piano di Indagini della sub-area MA07 "Buche di Calonica".* 26/06/2019.

[5] Rapporto CESI C0003775. *Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara. Macrolotto A - Aree MA-08 (Cave Vecchie), MA-10 (Ronco) e IA-07 (Borro Carpinete): nota di aggiornamento del piano d'indagine ambiente per la caratterizzazione preliminare delle aree di scavo e destino.* 28/04/2020.

[6] Rapporto CESI C1004682. *Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara. Piano di indagine ambientale per la caratterizzazione preliminare delle aree di scavo del nuovo Borro Carpinete (codice intervento: IA-07).* 09/06/2021.

[7] Rapporto CESI C1016674. *Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara. Studio per la definizione del Valore di Fondo Naturale di alcuni metalli (Be, Co, Cr, Se, Ni e V) e Idrocarburi C>12 nei suoli dell'ex-area mineraria di Santa Barbara (AR).* 25/01/2022.

[8] ARPAT (Direzione Tecnica – Settore VIA/VAS) – Parere tecnico del 19/04/2022 (Prot. 0029541). *Osservazioni e valutazione del documento presentato da ENEL-CESI: "Studio per la definizione del Valore di Fondo Naturale di alcuni metalli (Be, Co, Cr, Se, Ni, V) e idrocarburi C>12 nei suoli dell'ex-area mineraria di Santa Barbara nei comuni di Cavriglia e Figline Incisa Valdarno" (Rapporto CESI C1016674).*

[9] Enel Engineering and Construction – Nota di Aggiornamento PBSMA21876 – Ex Area Mineraria Santa Barbara – *Lotto A ed Emissario – Recepimento delle modifiche alle movimentazioni terre.* 23/09/2022.

[10] Rapporto CESI C2015340. *Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara. Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo (ai sensi dell'art. 9 del D.P.R. 120/2017) per la realizzazione del tetto impermeabile (capping) dell'ex discarica di Tegolaia.* 20/03/2023.

[11] Rapporto CESI C2002301. *Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara. Aggiornamento delle stime dei volumi calcolati con il modello numerico tridimensionale dell'area dell'emissario del lago di Castelnuovo.* 09/02/2022.

[12] ARPAT (Direzione Tecnica – Settore VIA/VAS) – Contributo Istruttorio del 22/05/2017. *Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara. Indagini ambientali presso le aree del “Macrolotto A”.*

[14] ARPAT (Direzione Tecnica – Settore VIA/VAS) – Tavolo Tecnico del 30/10/17 (Prot. 0081571).

[15] Rapporto CESI B6004983. *Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara: caratterizzazione delle terre da scavo presso le sub-aree in cui sono previste significative attività di scavo. Sub-area Vignale.* 07/03/2017.

[16] Rapporto CESI B6008165. *Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara: caratterizzazione delle terre da scavo presso le sub-aree in cui sono previste significative attività di scavo. Sub-aree Vignale e San Martino: considerazioni sull'origine.* 13/04/2016.

[17] Rapporto CESI B7009097. *Caratterizzazione delle terre e rocce da scavo di provenienza interna all'area mineraria - Sub-area 'Podere Capanna' - Rev. 2.* 05/05/2017.

[18] ARPAT (Direzione Tecnica – Settore VIA/VAS) – Parere Tecnico del 18.08.2016 – *Riqualificazione ambientale aree minerarie ENEL (Cavriglia) – Indagini di caratterizzazione delle terre in corso di svolgimento presso il sito minerario Santa Barbara. Valutazione della caratterizzazione in corso.* Agosto 2016.

[19] Rapporto CESI C1016674. *Studio per la definizione del Valore di Fondo Naturale di alcuni metalli (Be, Co, Cr, Se, Ni, Zn e V) e Idrocarburi C>12 nei suoli dell'ex-area mineraria di Santa Barbara (AR)- Revisione 01.* 28/09/2021.

[20] ARPAT (Direzione Tecnica – Settore VIA/VAS) – Verbale Riunione del 17/12/2018 – *Confronto tecnico Enel-ARPAT su progetto di recupero dell'area mineraria di Santa Barbara – georeferenziazione accertamenti sulle terre.*

[21] ARPAT (Direzione Tecnica – Settore VIA/VAS) – Parere Tecnico del 08/04/2021 (Prot. 0026231) – *Osservazioni al documento presentato da ENEL-CESI: “Studio per la definizione del Valore di Fondo Naturale di alcuni metalli (Be, Co, Cr, Se, Ni, Zn e V) e Idrocarburi C>12 nei suoli dell'ex -area mineraria di Santa Barbara nei comuni di Cavriglia e Figline Incisa Valdarno” (Rapporto CESI C0018386).*

[22] ARPAT (Direzione Tecnica – Settore VIA/VAS) – Contributo istruttorio del 22/04/2014 – *Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara nei comuni di Cavriglia e Figline Valdarno. Contributo istruttorio in merito alla validazione degli studi prodotti da Enel secondo quanto predisposto dal Disciplinare Attuativo approvato con decreto Dirigenziale n.416 del 09/02/2010 del Settore Miniere ed Energia della Regione Toscana. Prima fase. Ottemperanza prescrizioni ex DM 938/2009.*

[23] ARPAT (Direzione Tecnica – Settore VIA/VAS) – Parere tecnico del 17/12/2020 (Prot. 87757) – *Recupero ambientale della miniera di Santa Barbara nei comuni di Cavriglia (AR) e Figline-Incisa Valdarno (FI) – a) indagini condotte nel Macrolotto A; e nel Macrolotto B2 (limitatamente alla “sponda ovest del Lago Allori”); b) test di cessione aggiuntivi nel lotto “Emissario Lago Castelnuovo” – validazione dei dati analitici (prima valutazione).*

[24] ARPAT (Direzione Tecnica – Settore VIA/VAS) – Parere tecnico del 08/03/2021 (Prot. 0017123) – *Recupero ambientale della miniera di Santa Barbara nei comuni di Cavriglia (AR) e Figline-Incisa Valdarno (FI) – 1 a) indagini condotte nel Macrolotto A e nel Macrolotto B2 (limitatamente alla “Sponda Ovest del Lago Allori”); b) test di cessione aggiuntivi nel lotto “Emissario Lago Castelnuovo” – esiti interconfronto*

*finalizzato alla validazione dei dati analitici; 2 sub-aree di Bomba (Macrolotto A) e Morbuio (Macrolotto C) – esiti degli approfondimenti condotti per PCDD/F.*

[25] ARPAT (Direzione Tecnica – Settore VIA/VAS) – Parere tecnico del 31/07/2020 (Prot. 0052002) – *Recupero ambientale della miniera di Santa Barbara nei comuni di Cavriglia (AR) e Figline-Incisa Valdarno (Fi)- a) approfondimenti per la validazione delle indagini nelle subaree di Podere Capanna, San Donato, Bicchieraie, Morbuio e Vinesimo; b) analisi integrative Vanadio nelle subaree di Vignale e San Martino valutazione e validazione dei dati analitici.*

[26] Rapporto CESI C0003987. *Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara. Indagini ambientali presso le aree del “Macrolotto A”. Risultati complessivi delle indagini svolte nella Prima e Seconda Fase delle attività. 05/03/2020.*

[27] Rapporto CESI C0015246. *Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara. Indagini ambientali presso le aree del “Macrolotto A” SECONDA FASE. Revisione del Piano di Indagini della sub-area MA07 “Buche di Calonica”. Relazione tecnica delle indagini svolte.01/10/2020.*

[28] Rapporto CESI C0014878. *Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara. Macrolotto A – Sub-aree MA-08 (Cave Vecchie), MA-10 (Ronco) e IA-07 (Borro Carpinete): nota di aggiornamento del piano di indagine ambientale per la caratterizzazione preliminare delle aree di scavo e destino. Relazione tecnica delle indagini svolte. 16/09/2020.*

[29] Rapporto CESI B4023914. *Progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara. Caratterizzazione delle terre da scavo presso le sub-aree in cui sono previste significative attività di scavo. Relazione tecnica delle indagini svolte. 03/08/2015.*

[30] Rapporto CESI B9024033, *Ex-area mineraria di Santa Barbara - Sub-area Emissario Lago Castelnuovo - Esecuzione di test di cessione aggiuntivi su campioni di terreno. 03/12/2019.*

[31] ARPAT (Direzione Tecnica – Settore VIA/VAS) – Parere Tecnico del 30/06/2020 – *Recupero ambientale ex miniera di Santa Barbara - Sub-area Emissario Lago Castelnuovo - Esecuzione di test di cessione aggiuntivi su campioni di terreno prelevati nel corso delle indagini di caratterizzazione del settembre-ottobre 2014 (prot. ENEL-PRO-808 del 20/1/2020).*

[32] Enel Engineering and Construction – Relazione Tecnica PBSMA20750 – *Ex Area Mineraria Santa Barbara –Sistemazione spondale lago di Castelnuovo – Relazione Tecnica Illustrativa. 1/11/2018.*

[33] Enel Engineering and Construction – Relazione Tecnica PBSMA20717 – *Ex Area Mineraria Santa Barbara –Casa Basi–Riempimento depressione cunicolo – Relazione Tecnica Illustrativa. 15/12/2018.*

[34] Enel Engineering and Construction – Relazione Tecnica PBSMA20723 – *Ex Area Mineraria Santa Barbara –Casa Vanni– Riprofilatura Versante– Relazione Tecnica Illustrativa. 18/12/2018.*

[35] Enel Engineering and Construction – Relazione Tecnica PBSMA20983 – *Ex Area Mineraria Santa Barbara –Buche di Calonica– Riprofilatura Versanti– Relazione Tecnica Illustrativa. 23/03/2019.*

[36] Enel Engineering and Construction – Relazione Tecnica PBSMA20776 – *Ex Area Mineraria Santa Barbara –Stabilizzazione Frana Cave Vecchie– Relazione Tecnica Illustrativa. 15/01/2020.*

[37] Enel Engineering and Construction – Relazione Tecnica PBSMA20784 – *Ex Area Mineraria Santa Barbara –Stabilizzazione Frana Le Piagge– Relazione Tecnica Illustrativa. 15/01/2020.*

[38] Enel Engineering and Construction – Relazione Tecnica PBSMA20792 – *Ex Area Mineraria Santa Barbara –Stabilizzazione Frana Poggi Vecchi– Relazione Tecnica Illustrativa. 26/10/2018.*

[39] Enel Engineering and Construction – Relazione Tecnica PBSMA20960 – *Ex Area Mineraria Santa Barbara – Estensione Area Industriale Bomba– Relazione Tecnica Illustrativa. 16/12/2018.*

[40] ENEL Produzione S.p.A. *Progetto Esecutivo “Realizzazione emissario Lago Castelnuovo” - Relazione Tecnica Generale* del 19/07/2016.

[41] Enel Engineering and Construction – *Relazione Tecnica PBSMA20768 – Ex Area Mineraria Santa Barbara –Stabilizzazione Frana Ronco– Relazione Tecnica Illustrativa.* 15/01/2020.

### 3 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Tutti gli interventi di movimentazione delle terre previsti dal Progetto di Recupero Ambientale dell'ex area mineraria di Santa Barbara sono finalizzati all'ottenimento dei requisiti morfologici e di sicurezza, congruamente con quanto previsto nel progetto di recupero ambientale dell'area mineraria.

Il progetto di recupero ha previsto la suddivisione del sito in macroaree di appartenenza definite "Macrolotto", all'interno delle quali sono state individuate le aree d'intervento, a loro volta definite "Sub-aree". Infatti, così come riportato nel documento Enel (PBSMA2015701) "Planimetria aree di intervento suddivisione in Macrolotto e relative zone" di cui **Allegato 1** sono stati individuati i seguenti Macrolotto:

- Macrolotto A;
- Macrolotto B1
- Macrolotto B2;
- Macrolotto C;
- Lotto Emissario.

Allo stato attuale del progetto per il recupero ambientale della miniera di Santa Barbara sono stati definiti al livello esecutivo solo gli interventi inerenti alle sub-aree ricomprese all'interno dei cosiddetti "Macrolotto A", "Macrolotto B2" e "Lotto Emissario". Pertanto, esclusivamente tali lotti saranno oggetto del presente progetto di riutilizzo in sito.

Nell'ambito degli interventi in progetto, per i quali è prevista la movimentazione di terreno, si possono citare:

- la sistemazione delle sponde del lago di Castelnuovo;
- la riprofilatura di alcuni versanti e la colmata di aree depresse per migliorare il naturale deflusso delle acque meteoriche verso il lago ed evitare la formazione di ristagni d'acqua non voluti;
- la messa in sicurezza delle aree in frana;
- lo scavo delle nuove inalveazioni di corsi d'acqua superficiali.

Le attività sopra elencate prevedono scavo e riutilizzo di terreno con movimentazione e trasporto di terreno eventualmente anche esternamente alle singole sub-aree d'intervento, ma comunque sempre interno dell'ex area di miniera considerata come unico cantiere<sup>2</sup>.

È fatta eccezione il riutilizzo di **105.700 m<sup>3</sup>** di terre all'esterno del sito, in particolare presso la discarica RSU di Tegolaia nel Comune di Cavriglia, per la realizzazione del progetto comunale di Messa in Sicurezza Permanente del capping della discarica stessa, per i quali è stato predisposto uno specifico Piano di Utilizzo (redatto ai sensi dell'art. 9 del DPR 120/17), i cui contenuti sono riportati nel Rapporto CESI C2015340 [8].

Di seguito viene presentato il quadro di insieme degli interventi oggetto del presente piano di riutilizzo in sito così come risultanti della Relazione di Progetto PBSMA2027401 esecutiva degli interventi [1], dal Disegno della Planimetria generale degli interventi PBSMA20283-01 (**Allegato 2**) e dalla marice degli spostamenti delle terre PBSMA21104-01 (**Allegato 3**) sviluppati da Enel Engineering and Construction.

#### 3.1 Descrizione degli interventi previsti

Gli interventi previsti all'interno del progetto di recupero dell'ex miniera di Santa Barbara sono stati suddivisi nelle seguenti tipologie:

<sup>2</sup> Si evidenzia che Enel, con nota prot. n. 7959 del 20/05/2020, ha fornito agli Enti una serie di chiarimenti in merito ad alcune richieste e prescrizioni formulate ARPAT (Direzione tecnica – Settore VIA/VAS), contenute nella nota prot. n. 86209 del 03/12/2018. Uno di questi chiarimenti riguarda l'identificazione di "unico cantiere" coincidente, ai fini della definizione del "sito" (ai sensi dell'art. 24 del DPR120/217), con l'area dell'ex-miniera di Santa Barbara di proprietà Enel (comprensiva delle aree di Morbuio e Vincesimo).

- sistemazioni idrauliche;
- sistemazioni morfologiche;
- sistemazioni infrastrutturali.

Il presente rapporto descrive il progetto di riutilizzo in sito, ai sensi dell'art. 24 del DPR 120/2017, delle terre e rocce da scavo prodotte nell'ambito degli interventi relativi alle sub-aree ricomprese all'interno del cosiddetto "Macrolotto A" e quelli relativi all'unica sub-area interna al "Lotto Emisario" (IE-01); inoltre, è oggetto del presente documento il "Macrolotto B2" in cui sono previste esclusivamente attività di riporto e non di scavo.

Nello specifico il presente paragrafo riporta un breve descrizione degli interventi previsti dalla Relazione di Progetto PBSMA2027401 [1].

Nella tabella seguente vengono riportati tutti gli interventi previsti per il Macrolotto A.

INTERVENTI DI SISTEMAZIONE MORFOLOGICA			
CODICE INTERVENTO	MACROLOTTO	SUB-AREA	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO
MA-01	A	Lago di Castelnuovo Sponda Nord-Est	Sistemazione sponda con pendenza 1/5 (20%) mediante realizzazione di un rilevato strutturale. Realizzazione di rilevati di sistemazione vegetazionale
MA-02a	A	Lago di Castelnuovo Sponda Nord-Ovest	Sistemazione sponda con pendenza 1/5 (20%) mediante riprofilatura versanti
MA-02b	A	Lago di Castelnuovo Sponda Nord-Ovest	Sistemazione sponda con pendenza 1/10 (10%) mediante riprofilatura versanti. Realizzazione di una spiaggia lunga 300 m e larga 40 m (25 m sotto la quota di invaso e 15 m sopra la quota di invaso)
MA-03	A	Fondo Lago di Castelnuovo	Realizzazione di rilevati di sistemazione vegetazionale. Realizzazione di una spiaggia lunga 100 m e larga 40 m (25 m sotto la quota di invaso e 15 m sopra la quota di invaso)
MA-04a	A	Lago di Castelnuovo Sponda Est	Sistemazione sponda mediante riprofilatura versanti con pendenza 1/5 (tratto a Nord della Garzaia) e 1/10 (tratto a Ovest della Garzaia)
MA-04b	A	Lago di Castelnuovo Sponda Est	Scavo per realizzazione di una Garzaia (Isolotto)
MA-05	A	Casa Basi	Riempimento della depressione all'imbocco del cunicolo Casino e riprofilatura versanti per raccordo alle opere idrauliche eseguite
MA-06	A	Casa Vanni	Riprofilatura versanti per migliorare la capacità scolante dei terreni
MA-07	A	Buche di Calonica	Riempimento di alcune aree depresse in cui si crea il ristagno dell'acqua - Riprofilatura versanti per consentire il naturale deflusso delle acque di superficie verso le opere idrauliche eseguite
MA-08	A	Cave Vecchie	Stabilizzazione frana mediante riprofilatura versanti (scavi sommitali con riporti al piede) e trincee drenanti
MA-09	A	Piagge	Stabilizzazione frana mediante riprofilatura versanti (scavi sommitali con riporti al piede) e trincee drenanti

INTERVENTI DI SISTEMAZIONE MORFOLOGICA			
CODICE INTERVENTO	MACROLOTTO	SUB-AREA	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO
MA-10	A	Ronco	Stabilizzazione frana mediante riprofilatura versanti (scavi sommitali con riporti al piede) e trincee drenanti
MA-11	A	Poggi Vecchi (Allargamento area industriale Bomba)	Stabilizzazione frana mediante riprofilatura versanti e contestuale allargamento dell'area industriale
MA-11 Ind.	A	Poggi Vecchi (Allargamento area industriale Bomba)	Realizzazione di un muro in terra armata e scavo per la realizzazione di nuovi lotti dell'area industriale
MA-13a	A	Strada vecchio Borgo Tratto Casa benzinaio - Muro in pietra	Scavo versante per la realizzazione della sede stradale e consolidamento versante roccioso mediante chiodature
MA-13b	A	Strada vecchio Borgo Tratto muro in pietra	Consolidamento vecchio muro
MA-13c	A	Strada vecchio Borgo Tratto terminale di monte	Realizzazione di un muro in c.a. su micropali lato valle strada
MA-13d	A	Strada vecchio Borgo Area Casa benzinaio	Scavo per la realizzazione di un parcheggio

**Tabella 1** – Descrizione degli interventi di sistemazione morfologica relativi al Macrolotto A.

I dettagli degli interventi che saranno seguiti in ogni sub-area sono descritti nel Capitolo 9 del presente rapporto.

Inoltre, nel progetto sono previsti interventi di risistemazione idraulica relativi al Macrolotto A che interessano i seguenti borri:

- Borro Valli,
- Borro Percussente,
- Borro Pianale,
- Borro Lanzi.

L'asse di ogni nuova inalveazione è stato tracciato seguendo la linea d'acqua originaria, ove presente, e cercando di dare all'asta fluviale una conformazione il più naturale possibile.

Il progetto prevede la realizzazione dei nuovi tratti di alveo mediante la sagomatura delle sezioni con forma trapezia e inclinazione delle sponde variabile a seconda della tipologia di terreno naturale e delle caratteristiche morfologiche dei versanti (come mostrato in Figura 1).

L'inclinazione è stata scelta in modo tale da garantire la stabilità del terreno e dei massi naturali.

La sezione sarà rivestita sia sul fondo che sulle sponde mediante la posa di massi naturali di I o II categoria. La sponda sarà rivestita in modo da garantire un franco di 50 cm rispetto al livello idrico corrispondente ad un tempo di ritorno di 200 anni.

La scelta di rivestire l'alveo mediante l'utilizzo di massi naturali è stata necessaria per:

- impedire fenomeni erosivi localizzati, in corrispondenza del fondo alveo e delle sponde dovuti alle elevate velocità di deflusso della corrente;
- impedire fenomeni di divagazione dell'alveo.

La sezione tipo di posa sarà costituita da:

- uno strato di geotessile con funzione di ripartizione dei carichi e di contenimento del materiale fine sottostante, così da evitare fenomeni di scalzamento. Il geotessile sarà posato dopo aver opportunamente regolarizzato e compattato il piano di appoggio;

- il rivestimento principale sarà eseguito in massi naturali provenienti da cava, che dovranno avere una forma rettangolare con angoli debolmente squadrati. Si dovrà quindi evitare l'utilizzo di materiale che abbia forma eccessivamente arrotondata;
- fra i singoli massi si prevede la piantumazione di talee di specie arbustive autoctone di facile attecchimento. Gli interstizi saranno successivamente riempiti con terreno agrario.



Figura 1 – Sezione tipica dei borri di prossima realizzazione.

Per il Lotto Emissario (sub-area: Emissario Lago Castelnuevo) l'intervento in progetto consiste nella realizzazione del nuovo alveo dell'emissario, di lunghezza pari circa a 935 m, funzionale al rilascio in sicurezza delle portate ordinarie e di piena laminata dal Lago di Castelnuevo, come riportato nella seguente figura.

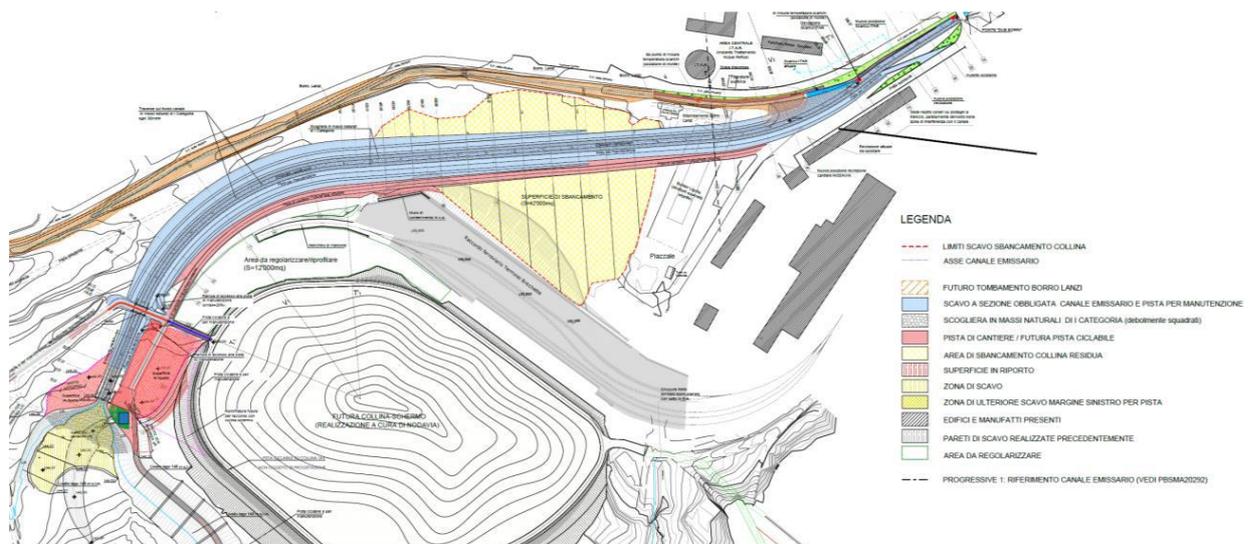


Figura 2 – Planimetria canale del nuovo emissario del Lago di Castelnuevo di prossima realizzazione.

Oltre alla realizzazione del nuovo emissario, si prevedono per un tratto di circa 1.500 m alcuni interventi di pulizia e di riprofilatura puntuali lungo il corso d'acqua ricettore, costituito dall'attuale borro Lanzi (ramo Est), fino alla confluenza dello stesso con il borro San Cipriano.

## 3.2 Modifiche dei movimenti terra rispetto a quanto previsto in precedenza

A valle delle verifiche eseguite da ARPAT sulla compatibilità delle movimentazioni, Enel ha apportato modifiche ad alcune movimentazioni di terre al fine di recepire il parere ARPAT del 19/04/2022 [8] sul tema della definizione del VFN e della verifica di compatibilità di spostamenti fra diversi settori dell'area ed al fine di produrre un affinamento nella computazione dei volumi di scavo della sub-area "Emissario Lago Castelnuovo", nonché a ridurre, per quanto possibile allo stato attuale, i volumi stoccati nei depositi intermedi. Tali modifiche sono state presentate con la Nota Enel PBSMA21876 [9].

Nei seguenti paragrafi vengono sintetizzate le modifiche apportate al progetto originario.

### 3.2.1 Sub-area Poggi Vecchi (MA-11/MA-11Ind.)

La precedente ipotesi di movimentazione prevedeva che le terre provenienti da detto sub-ambito "escavabile" ammontassero ad un quantitativo pari a circa 123.200 m<sup>3</sup>.

Un controllo più accurato dei volumi ha permesso di accertare che, invece, dal sub-ambito "MA-11 escavabile" si possono ricavare circa **115.100 m<sup>3</sup>**, ricollocabili in parte sull'area Ovest San Martino (MB2-05a) ed in parte nel sub-ambito della sub-area Cave Vecchie, MA-08 "destino".

Sono state pertanto riviste le quantità parziali da movimentare tra le diverse sub-aree, senza però alterarne né l'origine, né la destinazione già individuata.

Le modifiche eseguite sono riportate in modo sintetico nelle seguenti tabelle.

Aree di scavo		Aree di destino			
		Poggi vecchi Industriale MA11Ind.	Discarica Tegolaia MTeg-01	Rilevato frana di Cave Vecchie MA-08	Rilevato frana di S. Martino MB2-05a
Poggi Vecchi MA11 Poggi vecchi Industriale MA11Ind.	<b>162.300 m<sup>3</sup></b>	<b>3.000 m<sup>3</sup></b>	<b>36.100 m<sup>3</sup></b>	<b>22.700 m<sup>3</sup></b>	<b>100.500 m<sup>3</sup></b>

Tabella 2 – Movimentazione prevista nel precedente progetto PBSMA2108301.

Aree di scavo		Aree di destino			
		Poggi vecchi Industriale MA11Ind.	Discarica Tegolaia MTeg-01	Rilevato frana di Cave Vecchie MA-08	Rilevato frana di S. Martino MB2-05a
Poggi Vecchi MA11	<b>151.100 m<sup>3</sup></b>	--	<b>36.000 m<sup>3</sup></b>	<b>22.700 m<sup>3</sup></b>	<b>92.400 m<sup>3</sup></b>
Poggi vecchi Industriale MA11Ind.	<b>11.200 m<sup>3</sup></b>	<b>3.000 m<sup>3</sup></b>	<b>8.200 m<sup>3</sup></b>	--	--

Tabella 3 – Movimentazione prevista nel nuovo progetto PBSMA20283-01.

### 3.2.2 Sub-area Cave Vecchie (MA08)

La modifica apportata nell'ambito dell'intervento morfologico "MA-08 Cave Vecchie" si è resa necessaria per recepire il solo aggiornamento del perimetro del sub-ambito identificato con "MA-08 destino", il quale riceverà le terre provenienti dall'intervento "MA-11 Poggi Vecchi", sub-ambito "MA-11 escavabile".

La verifica volumetrica delle aree di intervento delimitate dalla nuova perimetrazione ha confermato la disponibilità dell'area di destino a ricevere le quantità previste, ossia **22.700 m<sup>3</sup>**.

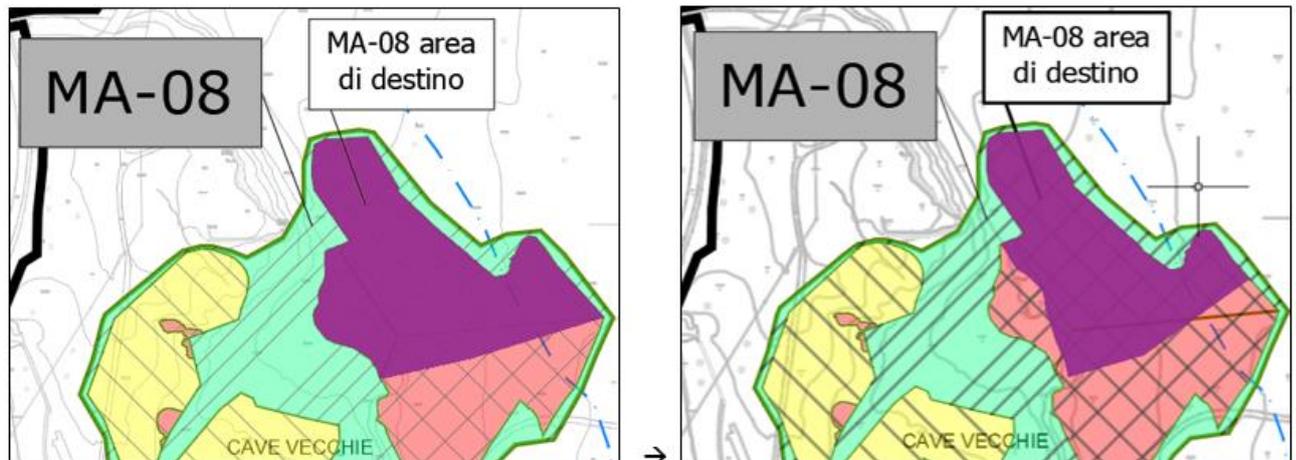


Figura 3 – Confronto tra vecchia (a sx) e nuova (a dx) perimetrazione sub-ambito “MA-08 destino”.

### 3.2.3 Sub-area Ronco (MA-10)

L’ipotesi di movimentazione proposta prevedeva un totale di circa 11.600 m<sup>3</sup> di terre da destinare alla realizzazione degli strati di copertura della ex discarica di Tegolaia, localizzata nel territorio del comune di Cavriglia.

Come indicato nel parere ARPAT [8], sono stati però individuati due sub-ambiti di terre da destinare all’area esterna dell’ex discarica di Tegolaia: il “sub-ambito 1” localizzato nella parte Sud e il “sub-ambito 2”. Quest’ultimo dovrà coincidere con il perimetro dell’area di scavo.

Un controllo più accurato dei volumi, conseguente alla ricezione dei dati vettoriali (Shape Files) aggiornati allegati al sopracitato parere ARPAT [8], ha permesso di accertare che il totale delle terre da destinare alla realizzazione degli strati di copertura della ex discarica di Tegolaia, ammonta a circa **12.600 m<sup>3</sup>**, invece degli 11.600 m<sup>3</sup> prima indicati.

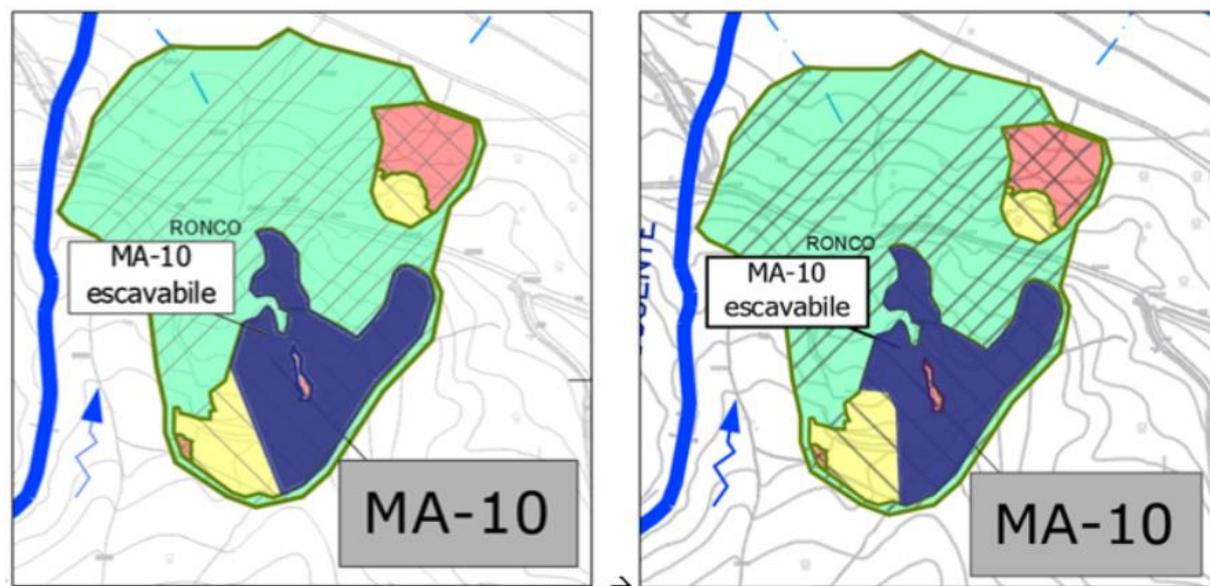


Figura 4 – Confronto tra vecchia (a sx) e nuova (a dx) perimetrazione del sub-ambito “MA-10 escavabile”.

Sono state pertanto riviste le quantità parziali da movimentare tra le diverse sub-aree, senza però alterarne né l'origine, né la destinazione già individuata.

Precedentemente, il piano presentato prevedeva gli spostamenti indicati nella tabella seguente.

Aree di scavo		Aree di destino			
		Riutilizzo medesima sub-area MA-10	Discarica Tegolaia MTeg-01	Sponda Sud Castelnuovo MA-03	Frana delle Piagge (piede) MA-09
Ronco MA10	51.100 m <sup>3</sup>	6.300 m <sup>3</sup>	11.600 m <sup>3</sup>	17.600 m <sup>3</sup>	15.600 m <sup>3</sup>

**Tabella 4** – Movimentazione prevista nel precedente progetto PBSMA2108301.

Invece, alla luce delle nuove considerazioni, il piano è stato variato come indicato nella tabella seguente.

Aree di scavo		Aree di destino			
		Riutilizzo medesima sub-area MA-10	Discarica Tegolaia MTeg-01	Sponda Sud Castelnuovo MA-03	Frana delle Piagge (piede) MA-09
Ronco MA10	51.100 m <sup>3</sup>	6.300 m <sup>3</sup>	12.600 m <sup>3</sup>	17.600 m <sup>3</sup>	14.600 m <sup>3</sup>

**Tabella 5** – Movimentazione prevista nel nuovo progetto PBSMA20283-01.

### 3.2.4 Sub-area Le Piagge (MA09)

Le modifiche apportate si sono rese necessarie per recepire l'aggiornamento da parte di ARPAT dei perimetri dei sub-ambiti identificati come "MA-09 H-esc" ed "MA-09 H-dest", i quali identificano la sola opportunità di poter spostare da monte a valle le terre assimilate ai Depositi Antropici (H).

Unitamente ad un nuovo controllo dei volumi, la variazione dei perimetri ha comportato una ridefinizione delle quantità di terre da movimentare tra gli stessi sub-ambiti, evidenziando una maggior capacità volumetrica di "MA-09 H-dest" a ricevere Depositi Antropici (H), rispetto a quanto escavabile in "MA-09 H-esc".

Considerate inoltre le modifiche esposte al paragrafo 2.2.3, che prevedono una riduzione di 1.000 m<sup>3</sup> da movimentare da "MA-10 RONCO" verso "MA-09 PIAGGE", sono state riviste le quantità parziali da movimentare tra le diverse sub-aree e sub-ambiti, alterando al minimo origini e destinazioni già individuate.

Precedentemente, il piano presentato prevedeva gli spostamenti indicati nella tabella seguente.

Aree di scavo		Aree di destino	
		Le Piagge MA-09	Le Piagge (MA-09 H-dest)
Le Piagge	82.900 m <sup>3</sup>	82.900 m <sup>3</sup>	--
Le Piagge (MA-09 H-esc)	30.000 m <sup>3</sup>	--	30.000 m <sup>3</sup>
Ronco MA10	15.600 m <sup>3</sup>	15.600 m <sup>3</sup>	--

**Tabella 6** – Movimentazione prevista nel precedente progetto PBSMA2108301.

Alla luce delle nuove considerazioni, il piano è stato variato come indicato nella tabella seguente.

Aree di scavo		Aree di destino	
		Le Piagge MA-09	Le Piagge (depositi antropici) MA-09
Le Piagge	<b>72.100 m<sup>3</sup></b>	<b>72.100 m<sup>3</sup></b>	--
Le Piagge (depositi antropici scavo)	<b>40.800 m<sup>3</sup></b>	--	<b>40.800 m<sup>3</sup></b>
Ronco MA10	<b>14.600 m<sup>3</sup></b>	<b>14.600 m<sup>3</sup></b>	--
IE-01 Emissario "depositi antropici"	<b>1.000 m<sup>3</sup></b>	--	<b>1000 m<sup>3</sup></b>

**Tabella 7** – Movimentazione prevista nel nuovo progetto PBSMA20283-01.

Si è ritenuto, cioè di poter sopperire ai 1.000 m<sup>3</sup> di deficit scaturiti dalle nuove stime volumetriche per mezzo dello spostamento di 1.000 m<sup>3</sup> di terre provenienti dagli scavi dell'Emissario (IE-01).

### 3.2.5 Sub-area Emissario Lago Castelnuovo (IE-01)

L'intervento prevede lo scavo di terre per la realizzazione del canale dell'Emissario del Lago di Castelnuovo.

Il volume complessivo di terre da scavare, nella ipotesi già validata da ARPAT, risultava pari a circa 300.000 m<sup>3</sup>, di cui:

- una porzione da destinare alla realizzazione di un rilevato sulla sponda Nord-Est del Lago di Castelnuovo;
- un'altra da utilizzare al di fuori del sito per la realizzazione degli strati di capping della ex discarica di Tegolaia;
- la quota residua da collocare in un'area di deposito intermedio, per essere poi riutilizzata in una fase successiva per raccordare il rilevato sulla sponda Nord-Est del Lago di Castelnuovo con la "collina schermo".

Il sopracitato parere ARPAT [8] contiene alcune precisazioni per le terre della sub-area in oggetto. Sono stati ricevuti, allegati al parere ARPAT citato, i dati vettoriali aggiornati, che identificano i limiti delle terre conformi alle CSC/A ed alle CSC/B, suddividendo l'area di scavo in due sub-ambiti distinti.

Un'attenzione particolare riguarda il sondaggio S08, nel quale i superamenti dei valori di CSC/A sono stati individuati solo nel campione S08-1 ubicato nel primo metro di profondità, mentre gli strati sottostanti sono risultati conformi alle CSC/A.

I volumi che dovranno essere allocati fuori sito per l'intervento presso la discarica di Tegolaia saranno esclusivamente quelli conformi alle CSC/B. Si dovranno pertanto considerare completamente tutte le terre scavate nell'ambito dei poligoni con CSC/A > CSC/B, fatta eccezione per il poligono relativo al sondaggio S08, per il quale il materiale da allontanare è soltanto quello appartenente al primo metro di scavo.

Con il presente aggiornamento si è tenuto conto di quanto contenuto nel parere ARPAT per mezzo di un ricalcolo più accurato dei volumi da scavare operato mediante una modellazione 3D, descritta nel Rapporto CESI C2002301 [11] e tenendo conto, inoltre, delle modifiche indicate in precedenza per gli altri interventi.

Sono state quindi riviste le quantità parziali da movimentare tra le diverse sub-aree, aggiungendo due nuove movimentazioni verso “MA-09 Piagge” e verso “MB2-05a Rilevato S. Martino”.

Precedentemente, il piano presentato prevedeva gli spostamenti indicati nella tabella seguente.

Aree di scavo		Aree di destino		
		Discarica Tegolaia MTeg-01	Lago Castelnuovo Sponda Nord-Est MA-01	Deposito intermedio n°2
Emissario Lago Castelnuovo (IE-01)	<b>300.000 m<sup>3</sup></b>	<b>52.300 m<sup>3</sup></b>	<b>181.000 m<sup>3</sup></b>	<b>66.700 m<sup>3</sup></b>

**Tabella 8** – Movimentazione prevista nel precedente progetto PBSMA2108301.

Alla luce delle nuove considerazioni, il piano è stato variato come indicato nella tabella seguente.

Aree di scavo		Aree di destino				
		Discarica Tegolaia MTeg-01	Lago Castelnuovo Sponda Nord-Est MA-01	Le Piagge (depositi antropici) MA-09	Rilevato frana di S. Martino MB2-05a	Deposito intermedio n°2
IE-01 (poligoni verdi + S08 escluso il primo metro)	<b>312.800 m<sup>3</sup></b>	--	<b>181.000 m<sup>3</sup></b>	<b>1.000 m<sup>3</sup></b>	<b>108.100 m<sup>3</sup></b>	<b>22.700 m<sup>3</sup></b>
IE-01 (poligoni gialli, S08 solo primo metro)	<b>46.400 m<sup>3</sup></b>	<b>46.400 m<sup>3</sup></b>	--	--	--	--

**Tabella 9** – Movimentazione prevista nel nuovo progetto PBSMA20283-01.

### 3.2.6 Demolizione sbarramenti (DST01 – DST02)

Gli sbarramenti idraulici, nonostante siano situati esternamente al perimetro minerario e posti in aree limitrofe equiparabili, sono parte integrante e necessaria del progetto di recupero ambientale dell'ex area di miniera.

In termini temporali gli interventi di demolizione degli sbarramenti sono collocati in una fase avanzata dei lavori previsti per il Macrolotto A.

La demolizione dei suddetti sbarramenti produce un volume di terra pari a circa **4.700 m<sup>3</sup>** ed Enel ha elaborato due ipotesi per l'impiego di queste terre:

1. per la necessità relativa allo sbarramento a gravità DSG01 vengono utilizzati 2.200 m<sup>3</sup> circa delle terre provenienti dalle demolizioni degli sbarramenti in terra DST01 e DST02 (già caratterizzati) ed i restanti 2.500 m<sup>3</sup> vengono conferiti a Tegolaia (soluzione base);
2. tutti i 4.700 m<sup>3</sup> vengono conferiti a Tegolaia ed i 2.200 m<sup>3</sup> necessari nel DSG01 vengono prelevati dal deposito intermedio n°1 contenente le terre in esubero delle sistemazioni idrauliche, previa caratterizzazione dell'area di destino e verifica di compatibilità (soluzione alternativa).

Delle due ipotesi sopra citate, si è scelto di adottare la prima.

## 4 DESCRIZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO

### 4.1 Inquadramento ambientale generale

#### 4.1.1 Inquadramento geografico

Il comprensorio minerario di Santa Barbara si trova nel settore centrale della Regione Toscana, al confine tra i comuni di Cavriglia (AR) e Figline Incisa Valdarno (FI).

L'area vasta è caratterizzata dalla presenza di elementi morfologici orientati secondo la direzione NO-SE. Procedendo da Est verso Ovest, si individuano la dorsale del Pratomagno, il Valdarno, la dorsale dei Monti del Chianti e la zona collinare del Chianti.

L'ex-area mineraria si estende per una superficie di circa 20 km<sup>2</sup> compresa tra i Monti del Chianti a Sud-Ovest, il Valdarno a Nord-Est e delimitata a Nord-Ovest ed a Sud-Est, rispettivamente, dal corso dei borri Cesto e Vacchereccia. In particolare, l'area di proprietà Enel occupa una superficie di circa 1.350 ettari, di cui circa 1.150 ettari in concessione mineraria.

Il comprensorio minerario attualmente comprende sia zone dedicate a coltivazione agricola che zone di colmata mineraria, dove sono stati allocati i materiali sterili derivanti dall'attività di escavazione a cielo aperto.

Nella figura seguente è riportata la collocazione geografica dell'ex area mineraria di Santa Barbara (AR).

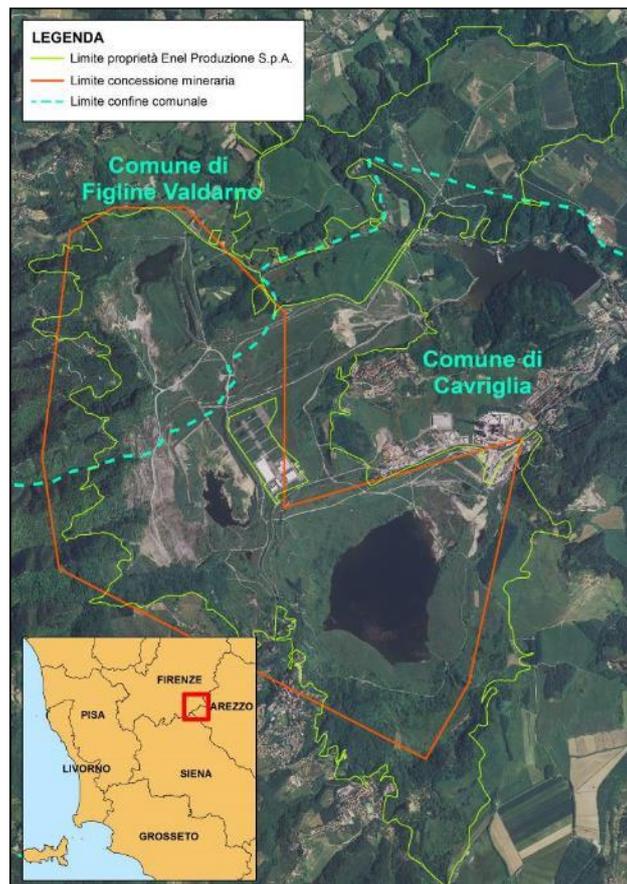


Figura 5 – Collocazione geografica dell'area del bacino minerario di Santa Barbara.

#### **4.1.2 Inquadramento geomorfologico**

L'assetto geomorfologico dell'area è stato intensamente modificato a partire dai primi anni '50 a seguito della coltivazione a cielo aperto della lignite che ha prodotto forti alterazioni della configurazione morfologica e stratigrafica del territorio. L'estrazione della lignite, la collocazione del materiale sterile nelle colmate minerarie, la saturazione delle stesse e la ricollocazione di parte del materiale sterile all'interno degli stessi giacimenti di Castelnuovo, Allori e San Donato hanno modificato nel tempo intensamente l'assetto morfologico e stratigrafico delle aree di miniera e di quelle circostanti.

Con la creazione di bacini lacustri, il rimodellamento dei versanti e il colmamento dei solchi vallivi, ne è risultato alterato persino il paesaggio alla grande scala. Ad eccezione di alcuni casi, tali profonde alterazioni non permettono più di individuare caratteri che, all'interno dell'area mineraria, possano essere riferiti alla configurazione originale del territorio.

Sotto il profilo morfologico l'altezza e l'estensione degli scavi e di conseguenza gli ingenti volumi di terreno scavati e rimessi a dimora, hanno indotto notevoli variazioni nel livello tensionale del sottosuolo, sia delle zone di scavo che in quelle adiacenti di colmata. La coltivazione della miniera è stata pertanto accompagnata da processi deformativi che localmente si sono sviluppati fino a dar luogo a franamenti, sia dei fronti di scavo che di colmata.

Allo stato attuale gli elementi geomorfologici principali presenti all'interno del sito in esame sono legati agli orli di scarpate, che all'interno del sito sono da ritenersi esclusivamente legati alle attività della miniera (scavi e riporti), con conseguente formazioni di estesi corpi di frana, di cui alcuni ad oggi ancora in evoluzione e altri che non presentano indizi di evoluzione recente (quiescenti).

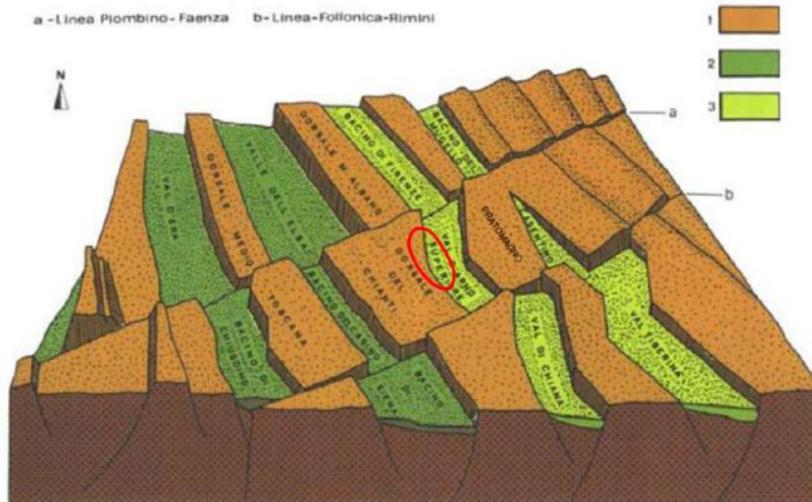
#### **4.1.3 Inquadramento geologico**

##### **4.1.3.1 Assetto generale (Bacino del Valdarno Superiore)**

L'area del comprensorio minerario di Santa Barbara ricade nel settore centrale della Regione Toscana, in particolare, nel Bacino del Valdarno Superiore.

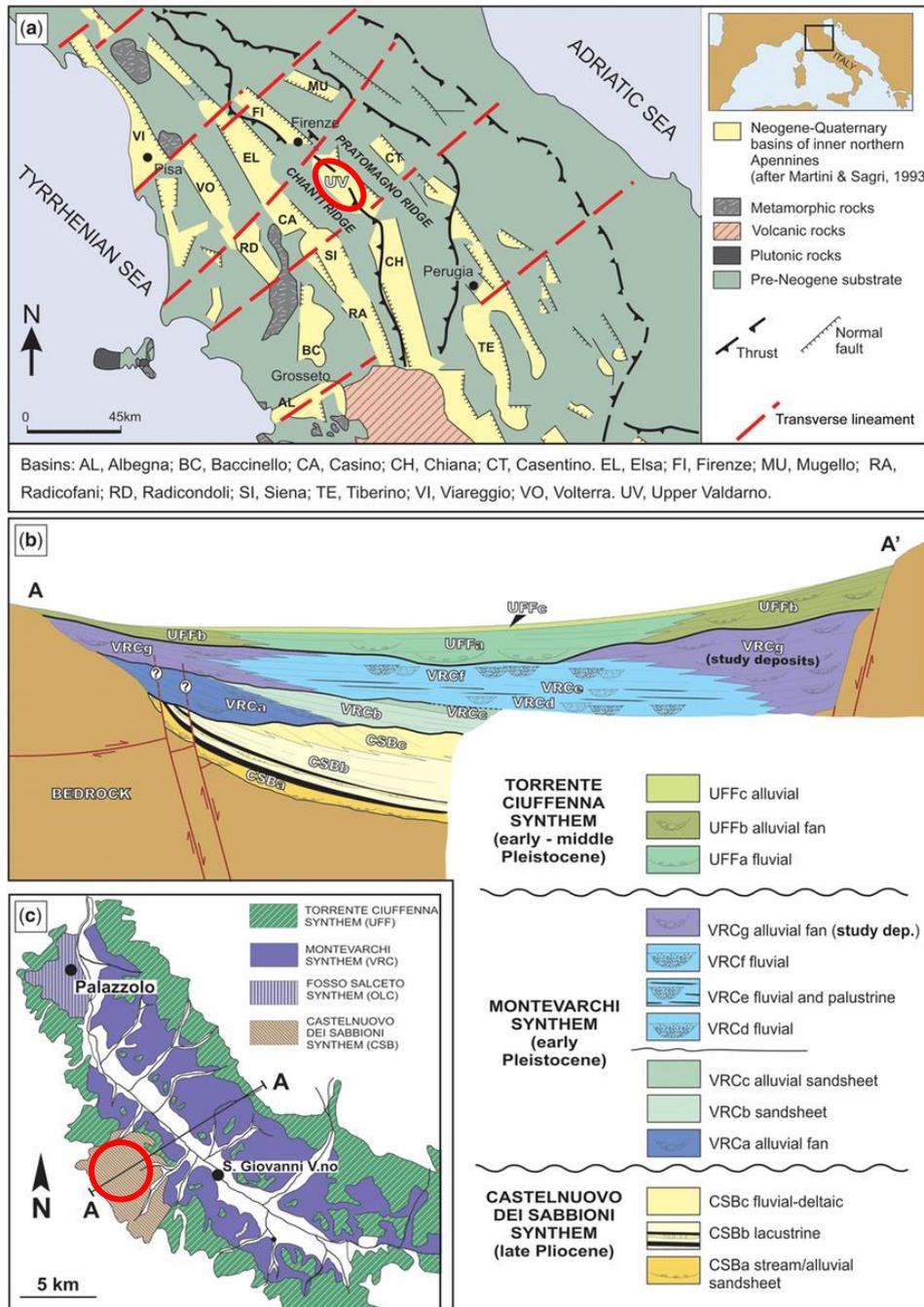
A scala regionale il bacino valdarnese è inserito tra i Bacini Intermontani Appenninici Periferici del Plio-Quaternario; esso presenta una forma allungata in direzione appenninica (NW-SE) per una lunghezza di circa 40 km ed un'ampiezza di circa 20 km. Il bacino risulta incassato tra i Monti del Chianti a SW e l'alto del Pratomagno a NE e delimitato, in senso longitudinale, dalle soglie tettoniche trasversali di Arezzo a Sud e di Incisa-Rignano a Nord (rispettivamente indicate da alcuni Autori come Linea Follonica-Rimini e Linea Piombino-Faenza, Boccaletti et al., 1977). L'asse di drenaggio principale è costituita dal fiume Arno, che vi scorre longitudinalmente (SE-NO) per tutta la sua lunghezza.

I Bacini Periferici dell'Appennino settentrionale sono caratterizzati da successioni continentali di ambiente fluvio-lacustre e sono mediamente più giovani (Pliocene medio-Olocene) rispetto ai Bacini Centrali, i cui depositi marini hanno restituito fossili del Miocene Superiore-Pleistocene.



**Figura 6** – Distribuzione dei principali Bacini Neogenici e Quaternari dell'Appennino Settentrionale.  
1: Substrato pre-neogenico; 2: Bacini Centrali; 3: Bacini Periferici. In rosso è evidenziata l'area di studio.

Nella figura seguente viene mostrata la distribuzione dei suddetti bacini nel contesto dei principali elementi tettonici della Toscana: appare evidente, nel settore esterno della dorsale Monte Albano-Monti del Chianti-Monte Cetona, la coesistenza di elementi strutturali riferibili alle fasi compressive (*Thrust*) con i lineamenti distensivi (*Normal fault*) che hanno determinato la configurazione attuale della catena appenninica.

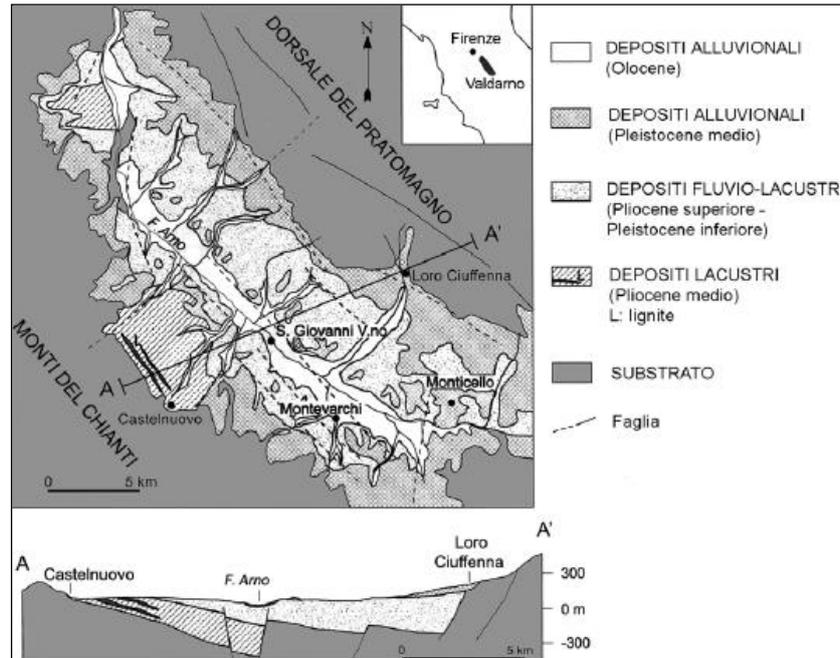


**Figura 7** – a) Localizzazione del Bacino del Valdarno Superiore rispetto ai principali Bacini Neogenici e Quaternari dell’Appennino Settentrionale (da Ghinassi et al., 2016 – modificato). Il cerchio rosso individua l’area di studio; b) Sezione geologica schematica del Bacino del Valdarno Superiore (da Fidolini et al., 2013b – modificato); c) Schema geologico del Bacino del Valdarno Superiore. L’area in rosso individua il settore di studio.

Il Valdarno Superiore si è sviluppato in prossimità del margine appenninico e costituisce, nell’interpretazione estensionale classica, una depressione tettonica a semigraben con il margine sud-occidentale poco inclinato e il margine Nord-orientale molto più inclinato. In tale depressione, secondo un modello tettonico evolutivo di tipo estensionale “classico”, si sarebbe formato agli inizi del Pliocene medio un bacino lacustre. In seguito a spinte tettoniche, nel Pliocene superiore il lago si ampliò verso Est e in esso si depositarono fino al Pleistocene inferiore sabbie, limi, argille e ghiaie (depositi fluvio-lacustri). Colmatosi il lago, nel Pleistocene medio si formarono terreni alluvionali. Nell’Olocene si ebbe la parziale

erosione dei depositi fluvio-lacustri e lacustri, che portò all'asportazione di terreni per spessori fino a 150 m.

Nella figura seguente è riportata la carta geologica semplificata del bacino del Valdarno Superiore (Ghinnasi et al., 2004).



**Figura 8** – Carta e sezione geologica semplificata del bacino del Valdarno Superiore.  
(da Ghinnasi et al., 2004 – modificato)

La letteratura geologica presenta una generale uniformità di interpretazioni riguardo alle tre fasi tettoniche che hanno generato il semigraben del Valdarno Superiore, la prima pliocenica e le altre due pleistoceniche (Cipriani et al., 1977; Saggi, 1991; Ghinnasi et al., 2004), e che hanno lasciato testimonianze nella geometria dei depositi di riempimento dello stesso. Ad ogni fase tettonica corrisponde la sedimentazione di un ciclo (indicato come “sintema”) di ambiente fluvio-lacustre che si dispone in discordanza angolare sui sedimenti del ciclo precedente.

Tuttavia, per il Valdarno Superiore sono stati sviluppati nel tempo due modelli evolutivi legati a due diverse filosofie interpretative della geodinamica recente dell’Appennino Settentrionale; tali modelli sono riassumibile come:

- modello estensionale “classico”;
- modello compressivo.

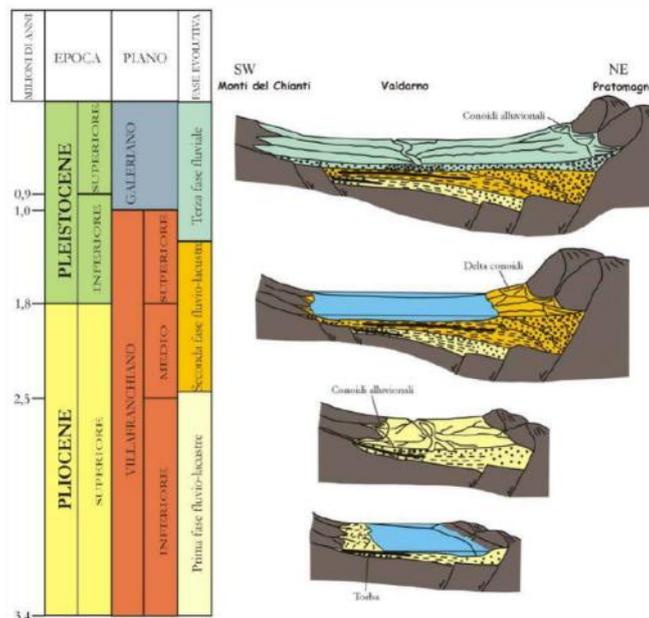
Secondo il modello estensionale “classico”, durante il Pliocene medio avvennero i primi movimenti tettonici distensivi legati all’attivazione delle faglie bordiere del margine del Pratomagno che portarono alla formazione di due bacini poco estesi sul margine settentrionale dei Monti del Chianti: il Bacino di Palazzolo e il Bacino di Castelnuovo; con geometria a semigraben, con il margine Nord-orientale maggiormente ribassato. I sedimenti riferibili a questi bacini sono gli unici affioranti ma le risultanze dei sondaggi condotti durante il lungo periodo di attività mineraria lasciano ipotizzare la presenza di altri bacini, sepolti sotto i depositi più recenti, e sede di deposizione di lignite (es. area di Ricasoli). In queste depressioni, nel corso del Pliocene medio, si deposero i sedimenti riferiti al Sintema di Castelnuovo, inizialmente caratterizzati da conglomerati e sabbie di ambiente fluviali e di conoide (Conglomerati e Sabbie di Spedalino – CSS) e poi costituiti da una potente successione di limi e argille ricche in materia organica (Argille di Meleto – AME), deposti in una fase di forte subsidenza del bacino che diviene

inizialmente sede di una torbiera e successivamente di un bacino lacustre. Il lago pliocenico viene progressivamente colmato dai depositi sabbiosi riferibili ad un sistema deltizio progradante (Sabbie di San Donato – SDD) che chiudono questo primo ciclo sedimentario e vanno incontro ad una fase di emersione che porta allo sviluppo di un’ampia superficie erosiva.

La seconda fase tettonica inizia a partire dalla fine del Pliocene medio con la ripresa di importanti movimenti tettonici connessi alla riattivazione delle faglie normali bordiere del Pratomagno, che portò ad un notevole ampliamento del bacino e ad un basculamento verso NE dei sedimenti del Sintema di Castelnuovo. Con la ripresa della sedimentazione, a partire dal Pliocene terminale e per tutto il Pleistocene inferiore, si ha la deposizione di una successione di ambiente fluvio-lacustre e di deltaconoide (Sintema di Montevarchi).

Il terzo ed ultimo evento tettonico, databile al Pleistocene medio, è connesso con il sollevamento della dorsale del Pratomagno produsse una grande quantità di materiale clastico che andò ad alimentare le conoidi bordiere. In questa fase si ha la deposizione dei depositi che costituiscono il Sintema di Monticello-Ciuffenna, riferibili allo sviluppo di un vasto sistema fluviale (Paleo-Arno) e di importanti apparati di conoide alluvionale, soprattutto sul lato Nord-orientale dove venivano alimentati dai corsi d’acqua provenienti dal Pratomagno (Billi et al., 1991), e che hanno lasciato testimonianze nella geometria dei depositi di riempimento dello stesso.

Una efficace rappresentazione degli eventi tettonico-deposizionali e della successione dei cicli sedimentari nel Valdarno Superiore è fornita da Bossio et al. (1992) che schematizzano la distribuzione dei paleo-ambienti nel contesto della tettonica distensiva plio-quadernaria, come mostrato nella figura seguente.

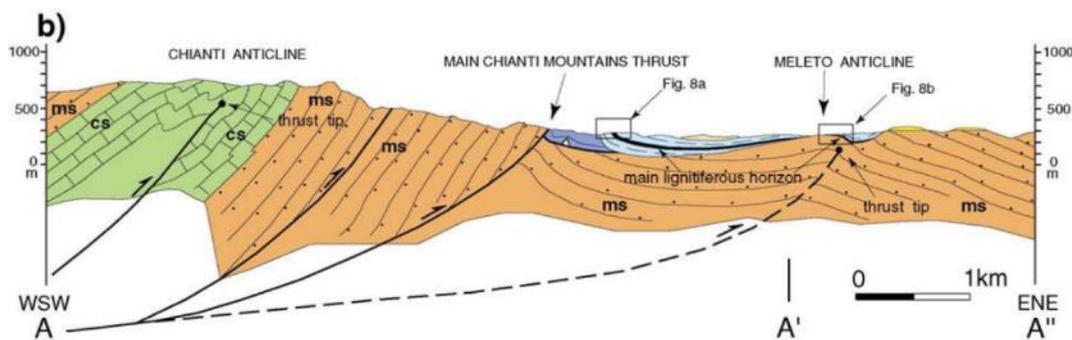


**Figura 9** – Evoluzione del bacino fluvio-lacustre del Valdarno Superiore nel modello estensionale “classico”, dal Pliocene superiore al Pleistocene superiore (da Bossio et al., 1992 – modificato).

Interpretazioni alternative circa la genesi del bacino valdarnese sono state avanzate a partire dagli anni '90 a seguito di analisi strutturali effettuate su alcune successioni di riempimento di bacini intermontani che hanno evidenziato l’esistenza di eventi tettonici a carattere compressivo riconosciuti a scala regionale e correlabili alle discontinuità che definiscono i diversi sintemi (UBSU, *Unconformity Bounded Stratigraphic Units*, Boccaletti et al., 1995, 1996). La tettonica compressiva è connessa con l’avanzamento dei principali *thrusts* sul fronte esterno della catena e presenta i momenti di massima

attività nel Messiniano, nel Pliocene inferiore, nel Pliocene superiore ed al passaggio Plio-Pleistocene (Bernini et al., 1990; Boccaletti et al., 1991, 1994, 1995, 1996; Bonini & Sani, 2002). L'attività dei *thrusts* principali si contestualizza in un regime di tettonica compressiva dove le faglie normali, osservabili in affioramento e riconosciute attraverso indagini, sono interpretabili come l'effetto di movimenti secondari di accomodamento locale. Infatti, rispetto al modello distensivo "classico", che fa chiaro riferimento alla genesi del bacino valdarnese per effetto della tettonica distensiva configurandolo come un graben asimmetrico nel contesto dei Bacini Neogenici Periferici dell'Appennino settentrionale, nel seguito si riporta il quadro di riferimento e le principali fasi descritte da Boccaletti et al. (1995, 1996) e Bonini (1999), secondo un modello evolutivo che inquadra il bacino valdarnese in un contesto di tettonica compressiva. Questo modello, che inquadra il contesto geologico locale in una sequenza di *thrust-sheet* con riattivazione successiva fuori sequenza, presenta una forte strutturazione compressiva con sviluppo locale di pieghe sub-verticali anticlinaliche e sinclinaliche che coinvolgono sia il Macigno che i *mélanges*. In seguito a movimenti differenziali che tendono a sollevare i Monti del Chianti, si forma il bacino fluvio-lacustre dove si depositano i sedimenti del successivo Sintema di Castelnuovo. Coerentemente con l'attivazione della Faglia di San Donato, a geometria normale, ma sviluppatasi in un contesto di forte contenimento laterale, l'area di bordo occidentale del bacino di Castelnuovo si solleva di alcune decine di metri, in parte in regime sinsedimentario, costituendo quindi la Faglia di San Donato, e arrivando all'assetto attuale.

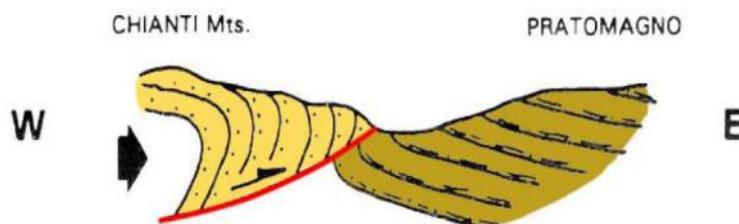
La figura seguente evidenzia le osservazioni degli Autori in merito alle deformazioni mesoscopiche (cioè, a scala di affioramento) a carattere compressivo (pieghe e faglie inverse) ed alle ampie pieghe con vergenza N-NE e direzione parallela al margine del bacino.



**Figura 10** – Quadro di riferimento del modello compressivo per la formazione del bacino del Valdarno Superiore (da Bonini, 1999).

Le fasi deformative individuate dagli Autori sulla base delle evidenze geologiche sono tre e corrispondono nei tempi e nelle rispettive successioni sedimentarie a quelle precedentemente descritte.

La prima fase vede l'impostazione del bacino nella depressione morfologico-strutturale impostata lungo l'accavallamento di due unità tettoniche corrispondenti alla Falda Toscana ad Ovest ed all'Unità Falterona-Cervarola ad Est (vedi figura seguente).



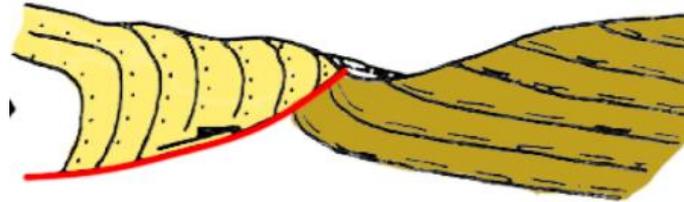
**Figura 11** – Prima fase deformativa compressiva del Pliocene medio (da Boccaletti et al., 1996).

In particolare, al margine occidentale del bacino una struttura sinclinale, associata a strutture plicative minori, che interessa soprattutto le Argille di Meleto, determina un assetto della stratificazione molto inclinato e talvolta raggiunge la verticalità ed il rovesciamento.

L'interpretazione tettonico-evolutiva delle strutture a carattere compressivo, associate ai depositi presenti all'interno della depressione, implica un importante sollevamento del margine occidentale del bacino durante il Pliocene Superiore. In questo scenario la fossa tettonica del Valdarno Superiore si sarebbe formata durante il Pliocene a partire da due depressioni a carattere sinforme aventi direzione NNO (il Bacino di Palazzolo e il Bacino di Castelnuovo) controllate dal sistema di *thrust* dei Monti del Chianti.

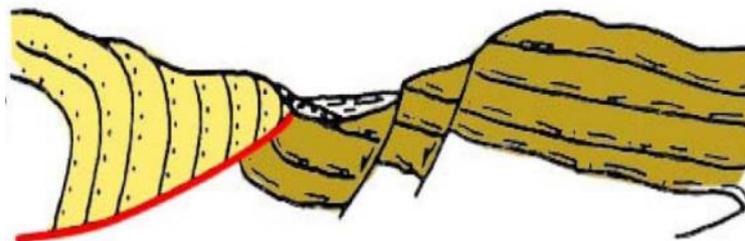
Tale evento deformativo sarebbe in accordo con quello compressivo riconosciuto a scala regionale che, nel Pliocene Superiore, ha interessato l'intero Appennino Settentrionale (Bernini et al., 1990; Boccaletti et al., 1991, 1994, 1995, 1996; Bonini & Sani, 2002).

Nella seconda fase tettonica, avvenuta nel Pliocene Superiore, il margine occidentale del bacino è deformato dalla riattivazione del *thrust* della Falda Toscana sull'Unità Cervarola-Falterona che deforma anche il Subsistema di Castelnuovo e ne causa la superficie erosiva al tetto; secondo questo modello le faglie normali del Pratomagno divengono attive solo durante la deposizione del Subsistema di Montevarchi, determinando pertanto una geometria asimmetrica dei corpi sedimentari (vedi figura seguente).



**Figura 12** – Seconda fase deformativa compressiva del Pliocene superiore (da Boccaletti et al., 1996).

Il terzo episodio compressivo (terza fase tettonica), collocato al limite Pleistocene inferiore-Pleistocene medio e riconosciuto a scala regionale, determina un ampliamento del bacino e la deposizione dei sedimenti del terzo ciclo (Sintema di Monticello-Ciuffenna) in lieve discordanza sui precedenti. In questa fase la sedimentazione è fortemente influenzata dalla presenza e attività delle faglie normali del Pratomagno (vedi figura seguente).



**Figura 13** – Terza fase deformativa del Pleistocene inferiore-medio (da Boccaletti et al., 1996).

#### 4.1.3.2 Assetto locale (Bacino minerario di Santa Barbara)

Il bacino lignitifero di Santa Barbara è ubicato alla base del versante orientale dei Monti del Chianti nei pressi dell'abitato di Castelnuovo dei Sabbioni.

Nell'area del comprensorio minerario, il fondo e la sponda occidentale del bacino lacustre sono costituiti in gran parte dalla formazione del Macigno del Chianti (Oligocene – Miocene inferiore), composta da

alternanze di arenarie, siltiti ed argilloscisti, che ne rappresenta il substrato. In tale formazione, è inglobato un potente ammasso di terreni più antichi (olistostroma) messo in posto per colate sottomarine durante la sedimentazione del Macigno. I terreni più antichi, indicati come *Complesso argilloso-calcareo* o *Argille Scagliose*, hanno assetto caotico e sono costituiti da argilliti e da blocchi e brandelli di strati in prevalenza calcarei. Essi affiorano lungo la sponda occidentale del bacino lacustre in zona Allori - S. Donato. I livelli del *Complesso argilloso-calcareo* inglobati nella serie del Macigno sono di età compresa tra il Cretacico e l'Eocene e proverrebbero dalle unità alloctone Liguridi.

Al di sopra delle formazioni pre-lacustri (Macigno e Oistostroma), si rivengono i terreni di riempimento del bacino stesso. Tali sedimenti, di origine prevalentemente fluvio-lacustre, si sono depositati nel corso di tre distinte fasi (denominate, Sintemi), tra loro separati da periodi di erosione connessi al sollevamento dell'area indotto da movimenti tettonici.

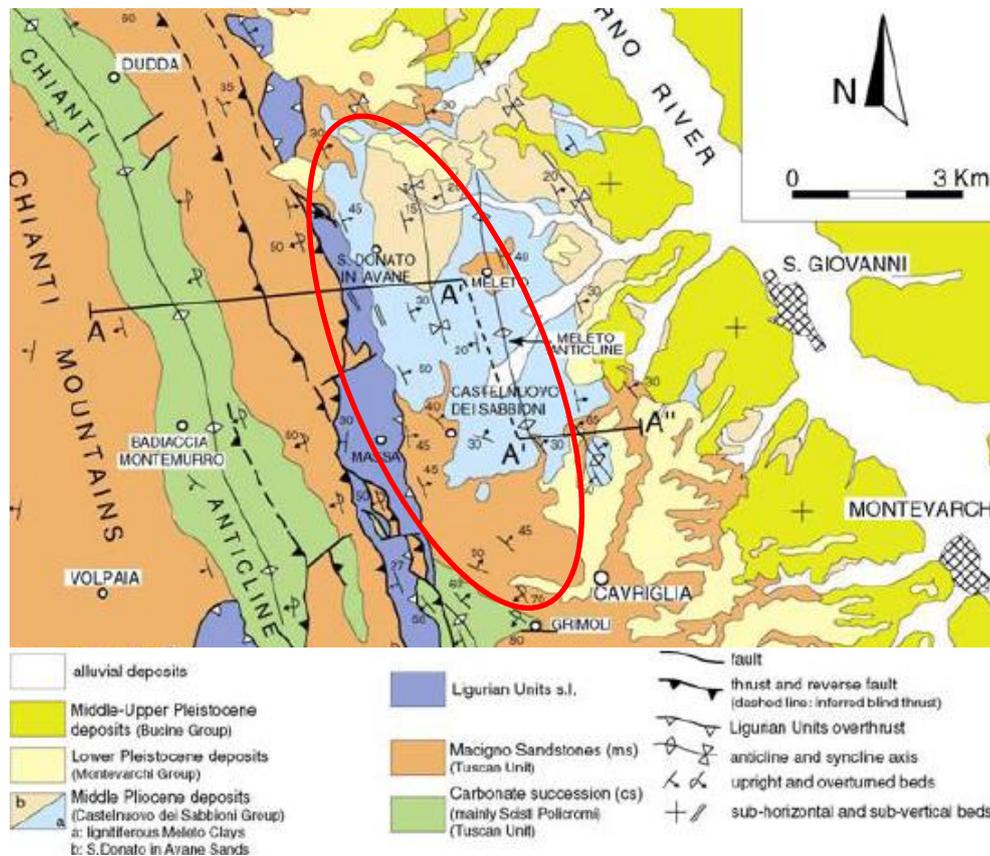
I tre Sintemi sono rappresentati da:

- Sintema di Castelnuovo (Pliocene medio);
- Sintema di Montevarchi (Pliocene superiore – Pleistocene inferiore);
- Sintema di Monticello-Ciuffenna (Pleistocene medio).

In particolare, nel Pliocene medio, nel bacino lacustre si depositò la formazione delle Argille di Meleto, costituita da un complesso inferiore prevalentemente sabbioso (*Complesso Inferiore*) e da un complesso superiore prevalentemente argilloso (*Complesso Superiore* o *Argille di S. Barbara*) che comprende alla base il banco principale di lignite oggetto della coltivazione mineraria. Lo spessore complessivo della formazione è dell'ordine di 200 m. Alla formazione delle *Argille di Meleto* è sovrapposta la formazione delle *Sabbie di San Donato in Avane*, con la quale si chiude il primo ciclo di sedimentazione del Pliocene medio. A questo ciclo segue quello di sedimentazione dei depositi fluvio-lacustri di età compresa tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore (Sintema di Montevarchi), cui seguono i depositi fluviali e di conoidi alluvionale del Pleistocene medio riferibili al terzo ciclo di sedimentazione (Sintema Monticello-Ciuffenna). Ai depositi alluvionali olocenici appartengono i seguenti termini:

- alluvioni recenti: costituite da limi, sabbie e ciottolame;
- alluvioni terrazzate: costituite in prevalenza da sabbie e ciottolami;
- detriti di Macigno: costituiti da coltri di alterazione superficiale del Macigno che si formano lungo i versanti e sono caratterizzati da depositi di sabbia grossolana di colore giallo-arancione.

Nella figura seguente si riporta lo schema geologico dell'area dell'ex area mineraria di Santa Barbara.



**Figura 14** – Schema geologico dell'area dell'ex area mineraria di Santa Barbara (da Bonini, 1999 – modificato); il cerchio rosso individua l'area di studio.

Facendo riferimento alla Carta Geologica di dettaglio dell'ex area mineraria redatta nell'ambito del progetto "Studio e approfondimento dell'assetto geologico e geomorfologico dell'ex area mineraria di S. Barbara" (CGT Spin-off, 2013), nel seguito si riportano, dal basso verso l'alto, le Unità lito-stratigrafiche presenti in affioramento presso le aree d'intervento e coinvolte nelle movimentazioni previste in progetto:

- **Macigno** (in legenda MAC-MAC1);
- **Ciottolami e sabbie di Spedalino (CSS)**;
- **Argille di Meleto (AME-AMEs)**;
- **Sabbie di San Donato in Avane (SSD)**;
- **Depositi alluvionali attuali (b<sub>1</sub>)**;
- **Depositi antropici (h)**.

**Macigno** (MAC – MAC1): Oligocene sup. – Miocene inf.

Il Macigno del Chianti rappresenta il principale riempimento torbiditico dell'avanfossa Nord appenninica al passaggio Oligocene-Miocene. Esso poggia in concordanza stratigrafica su alternanze argillitico calcaree della Scaglia toscana. Lo spessore di tale Formazione, indicato in letteratura è circa 2000 metri, comprendente anche potenti intercalazioni di Liguridi.

Trattasi di un'arenaria grigia silicoclastica, di origine torbiditica, (da fine a medio grossolana) alternata a siltiti, argilliti, e livelli conglomeratici (rari) e marnosi, nonché a sporadici strati calcareniti e arenarie ibride. Le arenarie mostrano stratificazione con livelli (da molto spessi a sottili). La stratificazione è sempre netta, ed i grossi banchi arenacei raggiungono i 10-15 metri di spessore. Le arenarie si presentano di colore grigio acciaio al taglio fresco e giallo o giallo ocra all'alterazione.

Gli strati arenacei sono più o meno regolarmente alternati a strati argilloso-siltosi, meno abbondanti e meno spessi dei primi. Le intercalazioni di siltiti ed argilliti possono costituire anche placche di spessore plurimetrico (da 5 cm a 1 m). Le argilliti sono spesso scagliose. Le argilliti nerastre si ritrovano nella parte alta del Macigno assieme a marne siltose.

Occasionalmente sono presenti anche strati torbiditici a composizione calcareo-marnosa (di spessore variabile tra 10 cm e 2 m).

Vi sono anche livelli conglomeratici immersi in matrice sabbioso-pelitica. I clasti sono prevalentemente di origine metamorfica (micascisti, gneiss, quarziti) e magmatica (graniti) o da rocce sedimentarie. I conglomerati hanno spesso geometria lenticolare.

Le calcareniti e le arenarie ibride (granulometria medio-grossolana) si presentano saltuariamente in strati che non superano i 40 cm.

A livello dell'area del versante è possibile riconoscere due settori con differenti caratteristiche granulometriche del Macigno:

- nella porzione di Macigno più a monte, posta stratigraficamente al di sopra dell'Olistostroma, si evidenziano livelli torbiditici di ridotto spessore costituiti da sequenze di strati a granulometria fine di colore grigio chiaro-avana intensamente fratturati e degradati, con giaciture circa parallele al contatto Macigno-Olistostroma (MAC1);
- a valle, subito a ridosso della facies pelitica, tende a prevalere il Macigno arenaceo a grana più grossolana e con una colorazione grigio verdastra (MAC).

### Olistostroma (ol)

All'interno della Formazione del Macigno sono riconoscibili tre spessi livelli caotici di argilliti calcaree liguri interpretate come olistostromi (ossia scivolamenti orogenici sottomarini all'interno dell'avanfossa). Si tratta di argilliti intensamente fratturate in scagliette appiattite, con frequenti spalmature di ossidi di manganese, note come Argille Scagliose in giacitura di olistostroma (ol), inglobante pezzame litoide calcareo, arenaceo, selcifero, di dimensione estremamente varia, intercalate entro le suddette arenarie.

In particolare, all'interno della formazione si riconoscono sia porzioni completamente caotiche (A), con intercalate porzioni relitte di sequenze sedimentarie (B).

Le prime (A) risultano costituite da una matrice argillitica di colore grigio-avana inglobante clasti più o meno competenti di: calcari marnosi, calcareniti fini, arenarie micacee, calcilutiti grigio verdi. Tali clasti con dimensioni che variano da pochi millimetri al metro, presentano in genere superfici lucide con spalmature di manganese.

Le seconde (B) sono formate da alternanze di:

- calcareniti fini grigio-verde chiaro che passano a calcilutiti grigio chiaro con spessori che vanno da qualche centimetro al metro;
- interstrati argillitici di colore avana con intervalli color rosso vino, fittamente fogliettati, con spessore compreso tra 5 e 50 cm;
- intervalli più o meno potenti, probabilmente in serie, di arenaria micacea torbiditica con grana da media a fine in strati che vanno da qualche centimetro al metro.

L'estrema eterogeneità e caoticità conferiscono all'ammasso caratteristiche di permeabilità alquanto variabili. I vari studi effettuati hanno permesso di evidenziare la presenza di due complessi associati a questa formazione e suddivisi, sulla base delle loro caratteristiche intrinseche ed i loro caratteri idrogeologici, in due diverse classi di permeabilità.

### Ciottolami e sabbie di Spedalino (CSS): Pliocene medio.

Si tratta dei primi depositi di conoide alluvionale sviluppatasi nel bacino fluvio-lacustre del Valdarno Superiore. Sono costituiti da ciottolami ad elementi arenacei del Macigno con abbondante matrice sabbiosa passanti verso l'alto a sabbie giallastre e grigie a stratificazione lentiforme con intercalazioni lignitifere. I ciottolami mostrano alla base strutture riconducibili a fenomeni di deposizione in massa;

talvolta invece sono embriciati a testimoniare la presenza di correnti trattive. L'ambiente di sedimentazione è riconducibile ad una conoide alluvionale sviluppatasi in clima umido. Lo spessore misurato è di circa 50 metri nella sezione di Spedalino. La giacitura è inclinata di 10-15° verso NE; sono però presenti porzioni fortemente inclinate presso il margine occidentale del bacino. L'età è Pliocene medio.

**Argille di Meleto** (AME-AMEs): Pleistocene medio.

Si tratta di argille sovraconsolidate di origine lacustre provenienti dalla disgregazione degli argilloscisti di origine ligure presenti sui Monti del Chianti. La formazione è costituita da un complesso inferiore prevalentemente sabbioso (AMEs) e da un complesso superiore prevalentemente argilloso (AME) che comprende alla base il banco principale di lignite oggetto della coltivazione mineraria. La porzione medio-superiore delle Argille di Meleto (AME) è costituita da limi argillosi massicci o stratificati in banchi di 2-6 m con intercalati strati di sabbie medio-fini gradate, con laminazione piano parallela o convoluta, dello spessore di 10-200 cm. Queste sabbie, ricche in resti fossili vegetali, sono il risultato di sospensioni torbide immesse durante episodi di piena nelle acque del lago, dai torrenti che scendevano dai Monti del Chianti.

Lo spessore complessivo della formazione è dell'ordine di 200 m. La formazione delle Argille di Meleto (AME) passa gradualmente alla formazione delle Sabbie di San Donato in Avane (SSD), attraverso un contatto sfumato e concordante.

**Sabbie di San Donato in Avane** (SSD): Pliocene medio.

Si tratta di sabbie quarzose feldspatiche grigie chiare in strati tabulari di 50-150 cm con laminazioni incrociate o piano parallele. Sono frequenti i resti vegetali, talora concentrati in livelli contenenti radici, e gli orizzonti ad ossidi di Ferro e Manganese che indicano processi pedogenetici in atto durante la deposizione. L'ambiente deposizionale è quello di un sistema deltizio progradante e fluviale di piana d'esondazione, con paleo-correnti a direzione assiale (NW-SE) in un contesto climatico subtropicale arido con episodi di precipitazioni intense e concentrate che mobilizzavano grandi quantità di materiale clastico. Lo spessore complessivo dell'unità è stimato in 50-270 m.

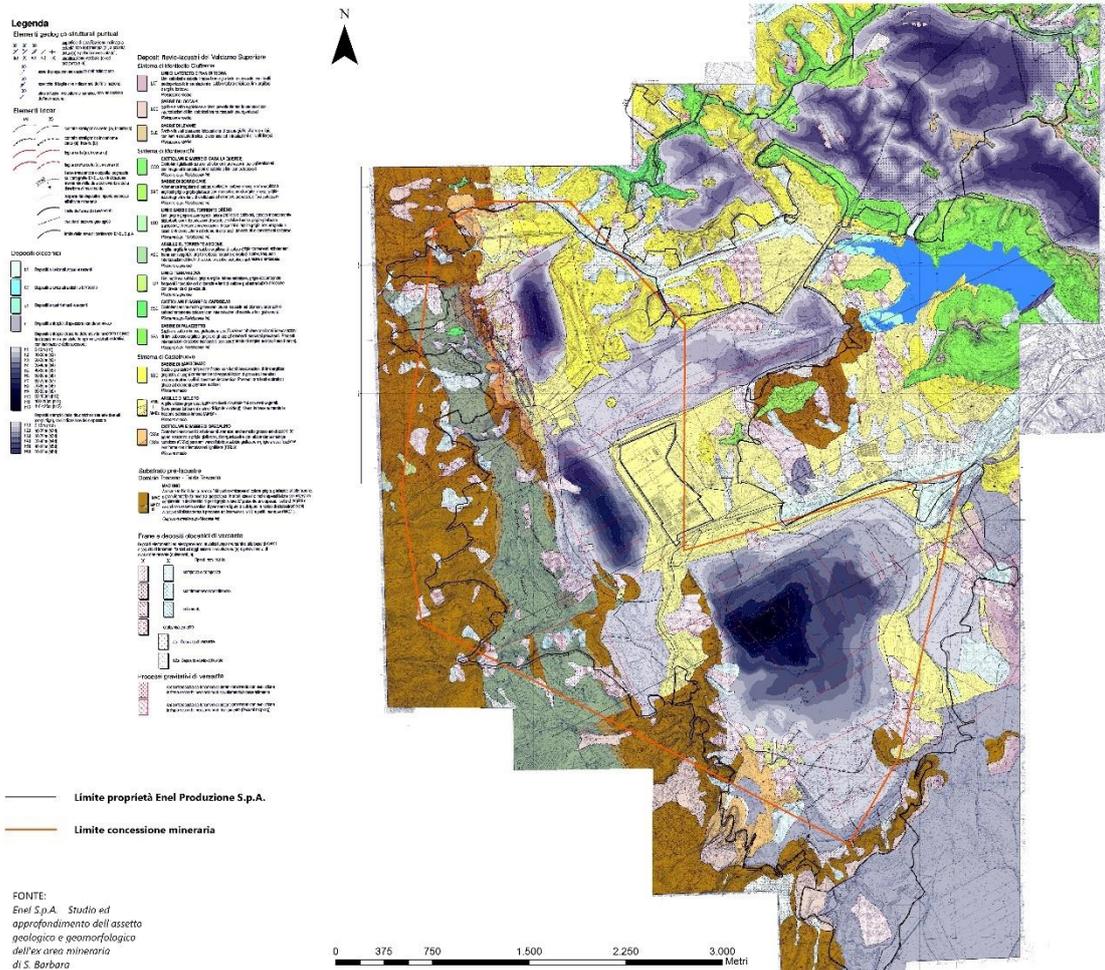
**Depositi alluvionali attuali** (b<sub>1</sub>): Olocene.

I sedimenti alluvionali sono costituiti da depositi prevalentemente di tipo sabbioso-limoso ma anche da litologie ghiaiose inglobate in una matrice limo-argillosa con frequenti eteropie laterali; il colore varia da giallastro a bruno a grigio, lo spessore è generalmente di qualche metro.

**Depositi antropici** (h): Olocene.

I terreni di copertura dei banchi di lignite provenienti dalle attività escavazione, posti a dimora nelle aree di colmata o negli stessi bacini di coltivazione, sono costituiti principalmente da argille e sabbie del Gruppo di Castelnuovo dei Sabbioni e litotipi provenienti dalla formazione in facies di flysh (Macigno e Olistostroma). In particolare, tali materiali derivano principalmente dalla formazione delle Argille di Meleto, che costituiva il materiale sterile di copertura dei banchi di lignite da rimuovere ai fini della coltivazione della miniera. La formazione delle Argille di Meleto era il principale deposito di origine di questi riempimenti, ma anche altre formazioni, maggiormente sabbiose, hanno fornito nel tempo materiale per le colmate. In generale, si può comunque considerare materiale argilloso per composizione e comportamento. I Depositi antropici (h) sono caratterizzati da sedimenti a prevalente componente argillosa, depositati nell'area come riempimento di avvallamenti o colmata mineraria. Tali depositi presentano nell'area spessori variabili da qualche metro fino a circa 70 metri.

Di seguito si riporta la Carta Geologica di dettaglio dell'ex area mineraria di Santa Barbara (scala 1:5.000 – CGT Spin-off, 2013).



**Figura 15** – Carta Geologica di dettaglio dell'ex area mineraria di Santa Barbara – Scala 1:5.000 (CGT Spin-off, 2013 – modificato).

## 4.2 Attività pregresse svolte in sito

L'attività estrattiva del bacino lignitifero di Santa Barbara ebbe di fatto inizio nella seconda metà dell'800, quando si avviò l'utilizzazione della lignite estratta da piccole miniere a cielo aperto, in corrispondenza e nelle immediate vicinanze degli affioramenti ai margini del banco lignitifero.

Lo sfruttamento della lignite per la produzione termoelettrica ebbe inizio nei primi anni del 1900 con l'entrata in esercizio della Centrale di Castelnuovo dei Sabbioni.

Nel 1955 fu deciso di mutare radicalmente il sistema di coltivazione, assicurando continuità nell'utilizzazione della lignite coltivata, introducendo un elevato grado di meccanizzazione negli impianti ed abbattendo i costi di trasporto. Allo scopo fu adottato un nuovo metodo di coltivazione a cielo aperto e fu costruita una nuova centrale termoelettrica (Centrale termoelettrica di Santa Barbara), entrata in funzione nel 1958, in grado di assorbire tutta la produzione di lignite.

Nelle immediate adiacenze dell'area di escavazione venne insediata un'area industriale, denominata Due Borri, in cui vennero realizzate le officine meccaniche di manutenzione dei macchinari di miniera, le fosse di lavaggio degli automezzi, i depositi carburante e tutte le attività ausiliare.

La coltivazione a cielo aperto, che ha interessato una superficie complessiva di quasi 20 Km<sup>2</sup>, iniziò nel giacimento di Castelnuovo, dove il banco lignitifero si presentava a forma di lente con modeste pendenze in corrispondenza degli appoggi sulle rocce arenacee prelacustri. La copertura argillosa del banco di

lignite raggiungeva il suo massimo spessore nel centro del bacino, con valori di 130-150 m. La coltivazione della lignite in questo giacimento è stata ultimata nel 1984, per esaurimento del minerale economicamente estraibile, con una produzione totale di 30 milioni di tonnellate di lignite e quantitativi di materiale sterile asportato e collocato a colmatazione di cavità, pari a 216 milioni di m<sup>3</sup>.

A partire dal 1974 i lavori di estrazione sono stati avviati anche nelle miniere di Allori e San Donato, facenti parte entrambe di un unico giacimento, separato da quello di Castelnuovo, che si estendeva in direzione circa Nord-Sud per una lunghezza complessiva di 3,5 km.

La coltivazione della lignite in queste miniere è proseguita fino al 1994, con una produzione totale di lignite di 13,6 milioni di tonnellate ed un volume di materiale improduttivo asportato pari a 133 milioni di m<sup>3</sup>.

Le figure di seguito mostrano vedute storiche di alcune aree di estrazione, con individuazione dei banchi di lignite (livelli scuri) e dei macchinari utilizzati per la coltivazione ed il trasporto del materiale escavato.

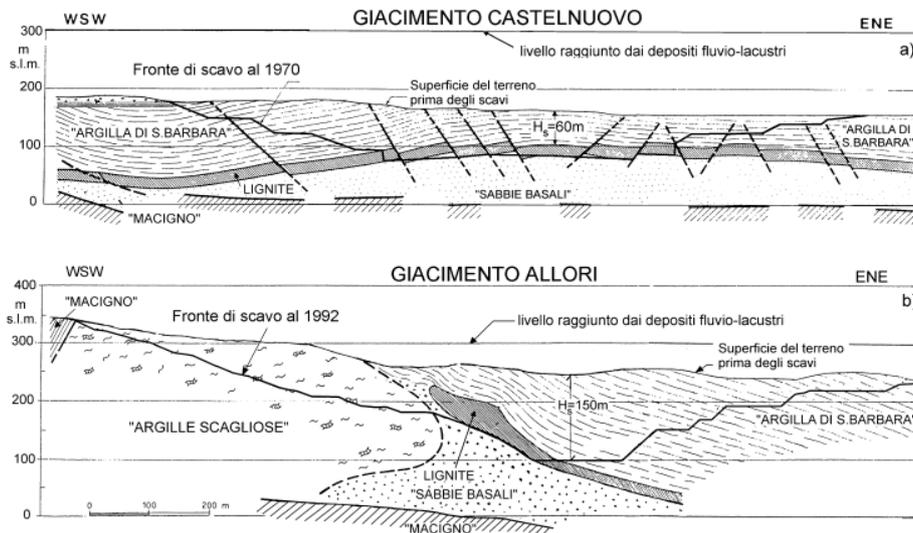


**Figura 16** – Giacimento di Castelnuovo: veduta degli scavi minerari (zona Bomba).



**Figura 17** – Giacimento Allori: veduta fronte di scavo est.

Nella figura seguente si riportano le sezioni schematiche dei giacimenti di Castelnuovo e Allori con indicazione dei fronti di scavo e delle massime profondità raggiunte in fase di coltivazione, che in entrambi i casi hanno raggiunto quote fino a oltre 150 metri dal piano campagna (precedente alle attività di scavo).



**Figura 18** – Sezione verticale dei giacimenti di Castelnuovo (a) ed Allori (b) con fronti di scavo.

Parallelamente all'attività estrattiva si è sviluppata quindi l'attività relativa alla collocazione a dimora del materiale sterile (terreno naturale in posto) in vuoti naturali (valli) o vuoti di estrazione per la colmatazione della cavità, siti denominati "aree di colmata". L'attività di realizzazione delle colmate minerarie è stata resa possibile dall'emanazione ministeriale di decreti di pubblica utilità cui sono succedute da parte di ENEL, le acquisizioni patrimoniali delle superfici interessate.

La ricollocazione del materiale sterile (terreno naturale in posto) ha interessato vaste aree vallive del territorio circostante le miniere, che in tal modo venivano colmate. Procedendo da Sud verso Nord si possono citare tra le principali aree di colmata:

- verso Sud: Grillo, Bellosguardo, Valle al Pero, Bicchieraie, Tegolaia, Carpinete,
- verso Sud Est: Vacchereccia,
- verso Sud Ovest: Cave Vecchie,
- verso Nord: Le Borra, Morbuio, Vincesimo, Forestello.

Nella depressione in cui correva il borro di Meleto è stata realizzata la colmata mineraria di Podere Capanna.

Le aree di colmata nel tempo giunte a saturazione con il ripristino di un piano campagna omogeneo alla situazione circostante sono state in generale impiegate per fini agricoli o di riforestazione.

Dopo la cessazione della coltivazione dei giacimenti di Castelnuovo, di Allori e San Donato anche le depressioni ivi formatesi sono state in parte utilizzate a scopo di colmata.

Con la coltivazione a cielo aperto effettuata nel periodo dal 1958 al 1994 sono stati estratti complessivamente 43,6 milioni di tonnellate di lignite ed è stato necessario asportare e collocare in colmata circa 360 milioni di  $m^3$  di terreni di copertura.

Di questo volume circa 250 milioni di  $m^3$  sono stati collocati in aree esterne ai giacimenti di lignite:

- 111  $Mm^3$  nelle colmate poste a Sud dei giacimenti di lignite (Grillo, Bellosguardo, Valle al Pero, Bicchieraie, Tegolaia, Carpinete);
- 5  $Mm^3$  nella colmata Vacchereccia;
- 108  $Mm^3$  nelle colmate poste a Nord (Le Borra, Morbuio, Vincesimo, Forestello);

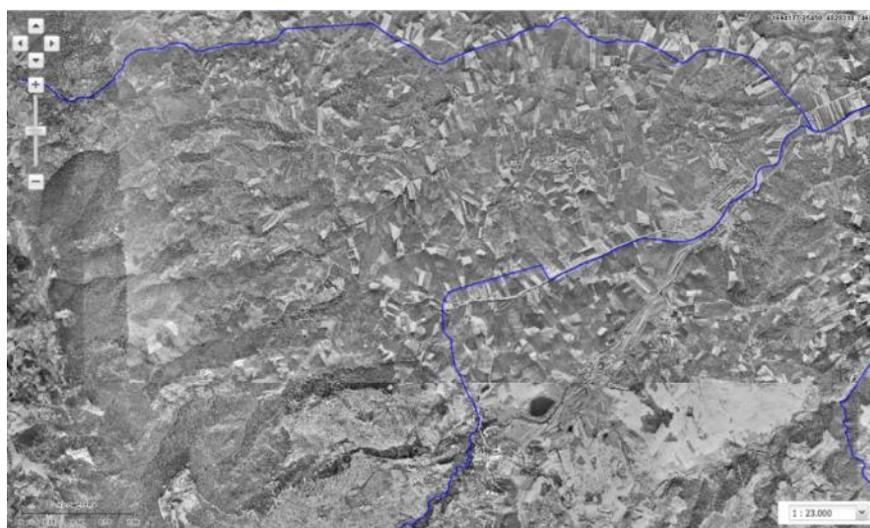
- 26 Mm<sup>3</sup> nella colmata di Podere Capanna.

I restanti 110 milioni di m<sup>3</sup> furono collocati all'interno dei giacimenti di Castelnuovo, Allori e San Donato.

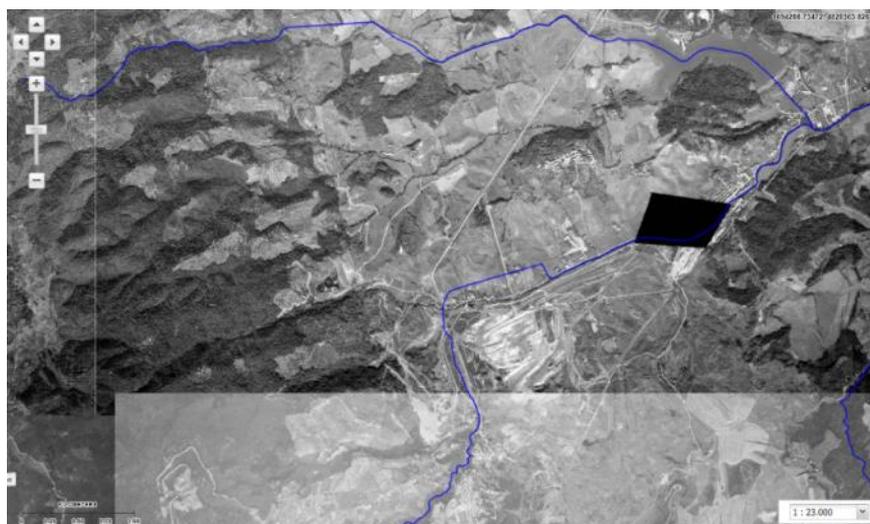
Gli interventi su gran parte delle aree occupate dalle colmate minerarie sud, sulla colmata di Vacchereccia e su quella di Forestello, furono ultimati prima dell'inizio dell'iter autorizzativo sul riassetto dell'area mineraria, sono quindi esclusi dall'ambito d'intervento e già ceduti a terzi.

Alla fine della coltivazione della lignite (marzo 1994) rimanevano da movimentare circa 38 milioni di m<sup>3</sup> per completare il riassetto delle aree di Castelnuovo, Allori, San Donato e Casa Le Borra. Il materiale argilloso necessario è stato reperito in parte in terreni scavati in posto in zona Poggi Vecchi e in parte utilizzando materiali già collocati a colmata nelle aree di Podere Capanna, Morbuio e Vinesimo.

Nel seguito si riportano alcune ortofoto storiche che individuano la configurazione del sito in relazione allo sviluppo storico dell'attività mineraria (fonte: <http://www506.regione.toscana.it/geobasi/index.html>).



**Figura 19** – Bacino minerario di Santa Barbara (1954).



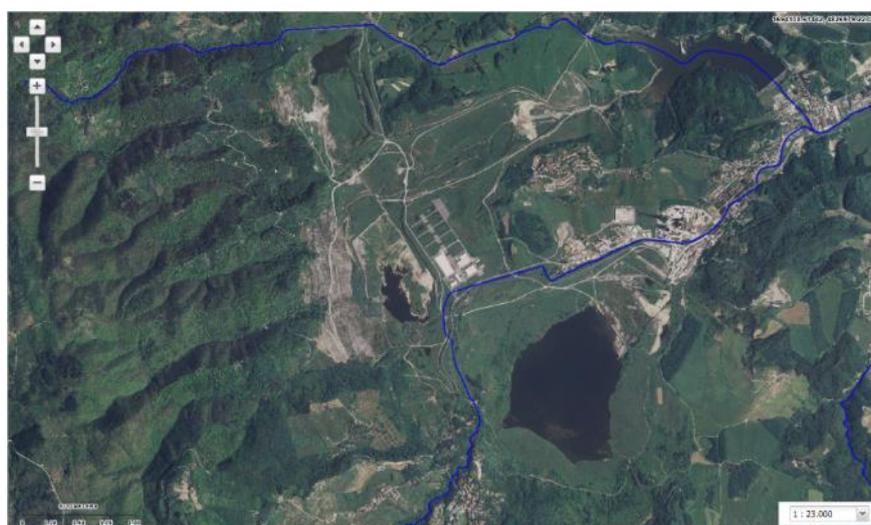
**Figura 20** – Bacino minerario di Santa Barbara (1978).



**Figura 21** – Bacino minerario di Santa Barbara (1988).



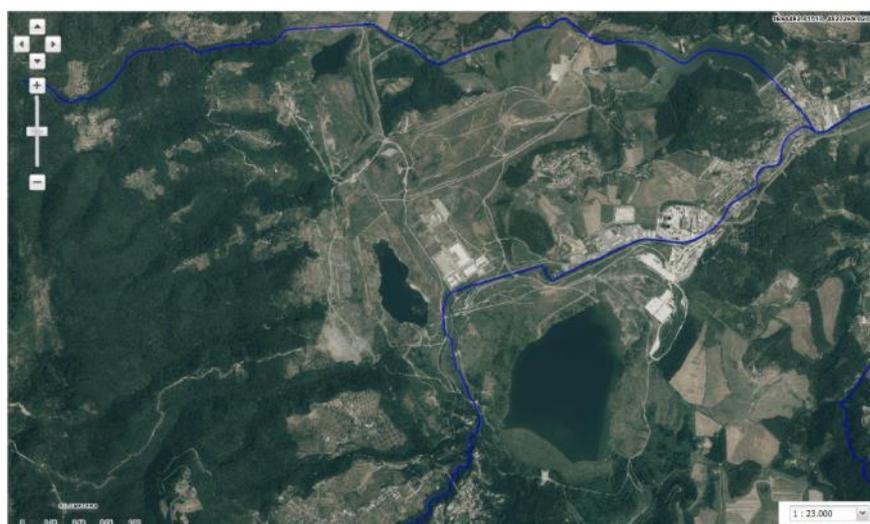
**Figura 22** – Bacino minerario di Santa Barbara (1996).



**Figura 23** – Bacino minerario di Santa Barbara (2007).



**Figura 24** – Bacino minerario di Santa Barbara (2010).



**Figura 25** – Bacino minerario di Santa Barbara (2013).

Attualmente, per il completamento del riassetto morfologico, rimangono da movimentare circa 4 Mm<sup>3</sup> di materiale proveniente in parte da materiali già collocati a colmata nelle aree di Podere Capanna e Castelnuovo, in parte da interventi di stabilizzazione dei fronti di frana o dalla realizzazione delle opere previste per il riassetto complessivo dell'area mineraria.

A questi quantitativi vanno aggiunti i materiali provenienti dal passante ferroviario dell'Alta Velocità di Firenze che, compatibilmente con la qualità materiali degli stessi, saranno collocati nell' area di Castelnuovo situata in adiacenza con la zona industriale Due Borri.

Contestualmente con il riassetto dell'area mineraria all'interno delle ex miniere di Castelnuovo e Allori sono stati realizzati due bacini idrici. Nella figura seguente viene riportata la collocazione geografica e la configurazione attuale dei due bacini. Viene inoltre presentato il bacino di San Donato presente nella configurazione attuale ma destinato ad essere totalmente colmato in quella futura.

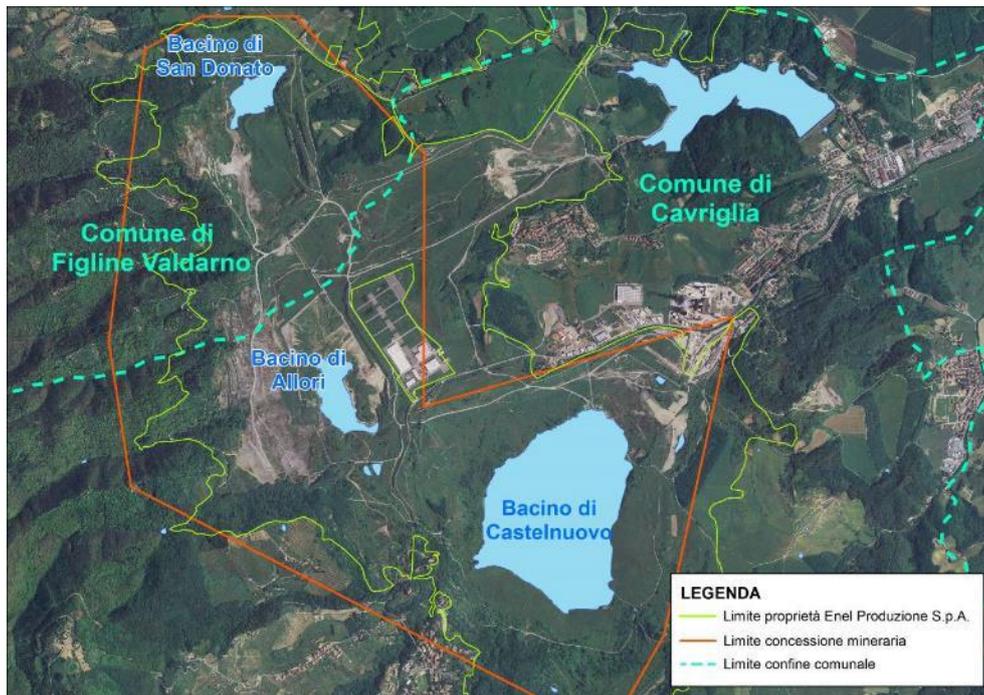


Figura 26 – Ubicazione dei bacini di Castelnuovo, Allori e San Donato.

### 4.3 Inquadramento urbanistico ed uso pregresso del sito

Lo strumento urbanistico in vigore nell'area in esame è costituito dalla *Variante di aggiornamento della disciplina delle trasformazioni degli assetti insediativi, infrastrutturali ed edilizi del territorio del Regolamento Urbanistico e variante di minima entità al Piano Strutturale ai sensi della L.R. n. 1/2005* del Comune di Cavriglia, approvato in maniera definitiva con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 9 del 03/04/2014.

In particolare, il Marcolotto A oggetto del presente elaborato si colloca all'interno di una zona definita dal Regolamento Urbanistico:

- sottozona E1 – di fondovalle e dell'ex zona mineraria (articolo n. 26 delle Norme Tecniche di Attuazione),

ad eccezione della sub-area Poggi Vecchi Industriale (MA-11Ind) che si colloca all'interno di una zona definita dal Regolamento Urbanistico come:

- sottozona D0 - zone a prevalente destinazione produttiva (articolo n.16 delle Norme Tecniche di Attuazione).

#### 4.3.1 Limiti normativi in funzione della destinazione d'uso dell'aree d'intervento

La normativa nazionale di riferimento in materia di gestione di terre e rocce da scavo è rappresentata dal D.P.R. 120/2017. In particolare, l'utilizzo delle TRS nel sito di produzione è disciplinato dall'art. 24 del medesimo decreto. Tale articolo stabilisce che, ai fini dell'esclusione dall'ambito di applicazione della normativa sui rifiuti, le terre e rocce da scavo per poter essere riutilizzate nel sito di produzione devono rispettare i requisiti di cui l'art. 185 (c. 1, lettera c) del D.Lgs. 152/06, che esclude dalla disciplina dei rifiuti: "[...] il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato...".

In particolare, lo stato di contaminazione del suolo viene stabilito ai sensi dell'Allegato 4 al D.P.R. 120/17, il quale prevede che i risultati delle determinazioni analitiche sui campioni di suolo siano confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A e B della Tabella 1 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte IV del D.Lgs. 15/06 n. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica.

I valori di CSC per le sostanze presenti nel suolo e sottosuolo, di cui alla Tabella 1 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte IV del D.Lgs. 152/06, si differenziano, in base alla destinazione d'uso del sito prevista dagli strumenti di pianificazione territoriale, in:

- CSC per siti a destinazione d'uso *verde pubblico, verde privato e residenziale* (di cui alla Colonna A, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006),
- CSC per siti a destinazione d'uso *industriale e commerciale* (di cui alla Colonna B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006).

Considerati gli strumenti urbanistici vigenti, nel caso della **sottozona E1**, i limiti normativi di riferimento per la matrice suolo sono quelli relativi alla destinazione d'uso "**verde pubblico, verde privato e residenziale**", elencati nella colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte IV del D.Lgs. 152/06.

Nel caso della sub-area Poggi Vecchi Industriale (MA-11ind), ricadente nella **sottozona D0**, i limiti normativi di riferimento per la matrice suolo sono quelli relativi alla destinazione d'uso "**industriale e commerciale**", elencati nella colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte IV del D.Lgs. 152/06.

## 5 IMPOSTAZIONE METODOLOGICA

Nel periodo compreso tra 2014 ed il 2021 sono state condotte campagne di indagine ambientale finalizzate alla caratterizzazione preliminare delle TRS, che saranno prodotte nell'ambito del progetto di recupero ambientale ai fini del loro riutilizzo in sito (ai sensi dell'art. 24 del D.P.R. 120/2017), e delle relative aree di destino.

Le suddette indagini sono state effettuate in ottemperanza alle prescrizioni contenute nei punti 11, 22, 23, 33 e 34 del parere della Delibera n. 558/2007 della Regione Toscana, riprese integralmente dal Decreto VIA e raggruppate al punto 3 del capitolo *PRIMA FASE ATTUATIVA: STUDI DI CARATTERE GENERALE* del Decreto n. 416 del 09.02.2010 della Regione Toscana, inerenti una serie di prescrizioni e raccomandazioni circa la caratterizzazione e gestione delle terre e rocce da scavo di provenienza interna all'area mineraria.

### 5.1 Criteri di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo

La prescrizione di cui al punto C23 del Decreto VIA cita testualmente: *“deve essere effettuata una caratterizzazione chimico-fisica dei terreni di provenienza interna all'area di miniera e che saranno utilizzati in fase di ripristino morfologico allo scopo di verificarne l'idoneità al loro utilizzo in funzione della specifica destinazione urbanistica finale del sito di conferimento”*.

Le successive prescrizioni/osservazioni formulate da ARPAT – Settore VIA-VAS (prot. DV.01/266.1 del 22/04/2014), Provincia di Arezzo – Servizio Programmazione Territoriale, Urbanistica (prot. n. 77999/41.19.01.01 del 29/04/2014) e Regione Toscana – Settore Rifiuti e Bonifiche dei Siti Contaminati (prot. AOOGR/116159/P.070.120 del 07/05/2014), circostanziano e dettagliano la prescrizione di cui al punto 23.

Infine, il Contributo Istruttorio di ARPAT del 22 maggio 2017 [12], precisa la necessità di procedere ad una caratterizzazione in tutte le aree dove avviene un ripristino morfologico, ancorché coinvolgano uno spessore minimo di terreno e volume di movimentazione non rilevante.

Per quanto riguarda le attività di caratterizzazione ambientale, le diverse sub-aree sono state **suddivise in tre diverse tipologie**:

- A. **AREE DI SCAVO**: aree dove sono previsti scavi e movimentazioni di terre, con loro destino interno oppure esterno all'area di scavo; le terre da scavo che verranno prodotte sono state caratterizzate secondo il criterio espresso nel D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120; in particolare, per quanto riguarda il numero dei punti di indagine da eseguire in funzione della superficie dell'area da indagare, si è fatto riferimento ai criteri di cui all'Allegato 2 al D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120, come di seguito specificato.

Dimensione dell'area	Punti di prelievo
Inferiore a 2.500 metri	minimo 3
Tra 2.500 e 10.000 metri	3 + 1 ogni 2.500 metri quadri
Oltre i 10.000 metri quadri	7 + 1 ogni 5.000 metri quadri eccedenti

**Tabella 10** – indicazioni contenute nel D.P.R. 120/2017.

Inoltre, le profondità dei punti di indagine sono state poste pari alla massima profondità di scavo prevista dal progetto di recupero ambientale nelle diverse aree d'indagine.

- B. **AREE DI DESTINO**: aree in cui verranno riutilizzate unicamente terre provenienti dalle aree di scavo interne alla miniera. In ottemperanza alle prescrizioni di ARPAT (Dipartimento di Arezzo)

contenute nel contributo istruttorio al Tavolo Tecnico del 24/09/2015 (prot. DV.01/266.2 AR.01.03.01/5.11 del 28/09/2015) svoltosi presso il Comune di Cavriglia e secondo quanto stabilito nell'ambito dello stesso incontro tecnico, tali aree sono state caratterizzate applicando una maglia di indagine pari a circa 150x150 metri (equivalente ad 1 punto di indagine ogni 22.500 m<sup>2</sup>). La profondità di indagine è stata posta pari a 1 metro da p.c. come richiesto dagli Enti.

- C. **OPERE A SVILUPPO LINEARE:** costituite da inalveazioni e tombamenti, sono state caratterizzate, in analogia a quanto riportato per le opere lineari nell'Allegato 2 al D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120, mediante n. 1 punto di indagine ogni 500 metri lineari di opera.

Le indagini sono state eseguite per mezzo di trivellazioni meccaniche a rotazione con carotaggio continuo a secco.

L'ubicazione di tutti i punti è stata verificata in fase di esecuzione delle perforazioni e ha tenuto conto delle difficoltà di accesso in sicurezza ai luoghi e degli impedimenti logistici (aree con morfologia fortemente irregolare, versanti con frane in movimento, versanti acclivi, aree impaludate, terreni privi delle adeguate caratteristiche di portanza, presenza di fitta vegetazione boschiva, ecc.).

### 5.1.1 *Frequenza dei prelievi in senso verticale*

Per tutti i punti di indagine, la frequenza di prelievo, in senso verticale, dei campioni di terreno da inviare alle analisi è stata in linea di massima determinata come segue:

- nel caso dei punti di indagine di profondità pari a 1 metro da p.c.:
  1. un campione di terreno rappresentativo del primo metro di profondità.
- nel caso di profondità massima pari a 2 metri da p.c.:
  1. un campione rappresentativo del primo metro;
  2. un campione rappresentativo del secondo metro.
- nel caso di profondità massima pari a 3 metri da p.c. o superiore:
  1. un campione di terreno rappresentativo del primo metro di profondità;
  2. un campione di terreno rappresentativo di un metro a fondo foro;
  3. un campione di terreno rappresentativo di un metro prelevato in posizione intermedia fra i due.

Prima di definire le precise profondità di prelievo, si è provveduto ad esaminare preventivamente il rilievo stratigrafico di massima, allo scopo di evidenziare le variazioni fra gli strati della sezione da campionare. Si è posta cura a che ogni campione fosse rappresentativo di una e una sola unità litologica, evitando di mescolare nello stesso campione materiale proveniente da strati di natura diversa o terreno di riporto con terreno in posto.

### 5.1.2 *Caratterizzazione delle terre da scavo presso le aree di scavo*

Presso le aree di scavo, nei campioni che sono stati raccolti in fase d'indagine sono stati determinati i seguenti parametri analitici:

- Metalli: Sb, As, Be, Cd, Co, Cr tot, Cr VI, Hg, Ni, Pb, Cu, Se, Composti organo-stannici, Tl, V, Zn (parametri da 1 a 16 della Tab. 1, Allegato 5 al Titolo V della Parte IV, D.Lgs. 152/2006);
- Aromatici (parametri da 19 a 24 della Tab. 1, Allegato 5 al Titolo V della Parte IV, D.Lgs. 152/2006);
- Aromatici Policiclici (parametri da 25 a 38);
- Idrocarburi (parametri da 94 a 95);
- Amianto totale (parametro 96);
- Contenuto di acqua;

- Scheletro (frazione >2 mm).

Si specifica che, a seguito delle modifiche al D.Lgs. 152/2006 introdotte dalla Legge 116 del 11/08/2014 e del successivo Parere ISS (prot. n. 35213AMPP.IA.12.00 del 20/10/2014), il parametro Stagno è da riferirsi ai composti organo-stannici e in particolare alla somma dei seguenti parametri: Tributilstagno (TBT), Dibutilstagno (DBT), Trifenilstagno (TPT) e Diottilstagno (DOT), riferendo poi la sommatoria al TBT.

Per ciascuna sub-area, sul 50% del numero di sondaggi eseguiti in ciascuna sub-area (con un minimo di 1 campione per sub-area), scelti casualmente e non riferiti esclusivamente al primo metro di suolo, sono stati determinati anche i parametri:

- PCB (parametro 93); la lista completa dei congeneri della famiglia dei PCB che sono stati ricercati è contenuta nel parere ISS prot. n. 0011796 AMPP/IA.12 del 22/02/2007;
- Diossine e Furani – Sommatoria PCDD-PCDF conversione T.E. (parametro 96).

Inoltre, ARPAT nella Lettera di trasmissione del Verbale di Riunione del 23/04/2014 *Validazione studi concessione mineraria "Santa Barbara"* ha prescritto l'esecuzione di test di cessione da eseguirsi, secondo le modalità previste dal D.M. 5 febbraio 1998 s.m.i., sui campioni di suolo rappresentativi delle terre per le quali è previsto un riutilizzo in aree eventualmente a contatto con le acque superficiali, prendendo in considerazione gli stessi parametri chimici previsti per i suoli, di cui al precedente elenco, e facendo riferimento alle CSC definite per le acque sotterranee da D.Lgs. 152/2006 (Tabella 2, Allegato 5, Titolo V, Parte IV).

Nelle indagini eseguite nel 2017, in particolare per le sub-aree Cave Vecchie, Ronco e Le Piagge, il numero di campioni da sottoporre a test di cessione e da destinare alla ricerca di PCB e PCDD/PCDF ha rispettato la percentuale minima del 10%, come concordato con ARPAT (tavolo tecnico del 30/10/17, protocollo n. 0081571 [13]).

Nelle successive indagini ARPAT nel contributo istruttorio del 14/03/2019 [14] ha prescritto l'esecuzione del test di cessione/PCB-PCDD/PCDF sul 50% del numero di sondaggi eseguiti in ciascuna sub-area (con un minimo di 1 campione per sub-area), scelti casualmente e non riferiti esclusivamente al primo metro.

### 5.1.3 Caratterizzazione dello stato di qualità dei suoli presso le aree di destino

Presso le aree di destino, nei campioni che si sono raccolti in fase d'indagine sono stati determinati i seguenti parametri analitici:

- Metalli: Sb, As, Be, Cd, Co, Cr tot, Cr VI, Hg, Ni, Pb, Cu, Se, Composti organo-stannici, Tl, V, Zn (parametri da 1 a 16 della Tab. 1, Allegato 5 al Titolo V della Parte IV, D.Lgs. 152/2006);
- Aromatici (parametri da 19 a 24);
- Aromatici Policiclici (parametri da 25 a 38);
- Idrocarburi (parametri da 94 a 95);
- Amianto totale (parametro 96);
- Contenuto di acqua;
- Scheletro (frazione >2 mm).

Si precisa che, a seguito delle modifiche al D.Lgs. 152/2006 introdotte dalla Legge 116 del 11/08/2014 e del successivo Parere ISS (prot. n. 35213AMPP.IA.12.00 del 20/10/2014), il parametro Stagno è da riferirsi ai composti organo-stannici e in particolare alla somma dei seguenti parametri: Tributilstagno (TBT), Dibutilstagno (DBT), Trifenilstagno (TPT) e Diottilstagno (DOT), riferendo poi la sommatoria al TBT.

Come prescritto da ARPAT nel contributo istruttorio al Tavolo Tecnico del 24/09/2015 (prot. DV.01/266.2 AR.01.03.01/5.11 del 28/09/2015):

1. il parametro PCB è stato ricercato in tutti i campioni prelevati (la lista completa dei congeneri della famiglia dei PCB che devono essere ricercati è contenuta nel parere ISS prot. n. 0011796 AMPP/IA.12 del 22/02/2007);
2. il parametro PCDD+PCDF è stato determinato sul 10% dei campioni prelevati da ciascuna sub-area (con un minimo di 1 campione per sub-area), scelti casualmente e non riferiti esclusivamente al primo metro.

## 5.2 Studio per la determinazione del Valore di Fondo Naturale (VFN)

Nell'ambito delle indagini complessivamente eseguite in sito sono stati osservati diffusi superamenti delle CSC (Tabella 1, Colonna A, Allegato 5, Titolo V della Parte IV del D.Lgs. 152/06), sia a carico del suolo insaturo superficiale che profondo, relativamente ad alcuni parametri analitici ricercati (Berillio, Cobalto, Cromo totale, Nichel, Selenio, Vanadio e Idrocarburi Pesanti).

Alcuni di questi superamenti sono stati interpretati come di origine naturale, correlandoli con la genesi e con le caratteristiche delle formazioni geologiche o dei depositi oggetto di campionamento. A partire dal 2014, sono stati condotti, parallelamente alle indagini, studi di approfondimento a supporto dell'ipotesi circa la naturalità dei superamenti riscontrati (Rapporti CESI B6004983 [15], B6008165 [16] e B7009097[17]). ARPAT (Direzione Tecnica - Settore VIA/VAS), con nota del 18/08/2016 [18], ha preso atto degli studi effettuati, ritenendo condivisibili i risultati esposti.

La normativa vigente in materia di terre e rocce da scavo, rappresentata dal D.P.R. 120/2017, all'art. 11 (C.1) prevede che, nei casi in cui nelle TRS si osservassero superamenti delle CSC riconducibili a cause di origine naturale, è fatta salva la possibilità di ricondurre tali superamenti al Valore di Fondo Naturale (VFN) dell'area.

Pertanto, nell'ambito dell'Osservatorio Ambientale "*Recupero ambientale della miniera di Santa Barbara*", è stato concordato di elaborare uno studio per la determinazione del Valore di Fondo Naturale (VFN) dei suoli dell'area dell'ex-miniera di Santa Barbara (AR), sviluppato in riferimento alle Linee Guida SNPA (174/2018) "*Linee Guida per la Definizione dei Valori di Fondo per i Suoli e per le Acque Sotterranee*".

Nel Rapporto CESI C1016674 [19] è descritto nel dettaglio lo studio condotto per individuare i parametri analitici e definire i VFN per Berillio, Cobalto, Cromo totale, Nichel, Selenio, Vanadio e Idrocarburi Pesanti nell'ex area mineraria di Santa Barbara.

Nel presente paragrafo verrà riassunto il percorso seguito e riportati i VFN calcolati.

Lo studio dei Valori di Fondo Naturali ha previsto inizialmente la sistemazione dei dati analitici ottenuti nell'ambito delle indagini di caratterizzazione ambientale eseguite, che sono stati raccolti in un *Database* in formato SQL. Tale *Database* era stato richiesto da ARPAT nell'ambito del Tavolo Tecnico del 17/12/2018 [20].

Successivamente è stato formulato il Modello Concettuale del sito, come elemento chiave per l'organizzazione, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati che costituiscono il *Database* di riferimento, con lo scopo di schematizzare e descrivere le caratteristiche del sito (principalmente in termini geologico-stratigrafici) e relazionare queste ultime alla naturale presenza di composti organici e inorganici nei sedimenti e nelle rocce di alcune unità lito-stratigrafiche presenti all'interno del bacino minerario di Santa Barbara.

Il Modello Concettuale nel suo complesso, unitamente all'analisi geologica, spaziale e statistica dei dati, oltre a considerazioni basate su dati bibliografici a supporto dell'origine geogenica di tali superamenti, ha fornito la base a supporto della quale è stata formulata l'ipotesi circa l'origine naturale dei

superamenti riscontrati per i parametri Berillio, Cobalto, Cromo totale, Nichel, Selenio, Vanadio e Idrocarburi Pesanti riconducibili alle Unità di Fondo<sup>3</sup> (UdF) presenti nell'area di studio.

Le UdF coinvolte e oggetto di studio sono:

- l'UdF del Macigno (MAC), dove sono stati evidenziati superamenti per i parametri: Co, Ni e V;
- l'UdF dell'olistostroma del Macigno (ol), dove sono stati evidenziati superamenti per i parametri: Co, Cr, V e C>12;
- l'UdF dei Ciottolami e Sabbie di Spedalino (CSS) dove sono stati evidenziati superamenti per i parametri: Be, Co, Cr, V e C>12;
- l'UdF delle Argille di Meleto (AME) dove sono stati evidenziati superamenti per i parametri: Be, Co, Cr, Ni, V e C>12;
- l'UdF dei Depositi antropici (h), risultato della mescolanza delle Unità del Fondo di cui ai punti precedenti, dove sono stati riscontrati superamenti per i parametri: Be, Co, Cr, Ni, Se, V e C>12.

Poiché l'UdF CSS (Ciottolami e Sabbie di Spedalino) presentava una numerosità campionaria statisticamente non significativa (poiché  $N < 10$ ), tale da non permettere un'analisi statistica "robusta" del dataset, i dati relativi a questa unità sono stati accorpati all'UdF AME (Argille di Meleto), poiché appartenenti al medesimo ciclo sedimentario (Subsistema di Castelnuovo)

Per la gestione e l'elaborazione dei dati è stata creata una struttura informativa di tutti i valori di concentrazione derivanti dalla caratterizzazione ambientale preliminare delle terre e rocce da scavo (campagne eseguite dal 2014 al 2020).

La struttura informativa utilizzata è rappresentata da un *Dataset*, in formato Excel, che è stato predisposto tenendo in considerazione le caratteristiche del Modello Concettuale adottato e quindi organizzando lo stesso in modo da contenere:

- tutti i punti di indagine eseguiti tra il 2014 e il 2020, con l'identificativo del sondaggio geognostico-ambientale e delle relative coordinate geografiche (UTM WGS84-F32N);
- i risultati delle determinazioni chimiche analitiche svolte sui campioni di suolo prelevati;
- la correlazione dei campioni di suolo prelevati con le Unità del Fondo di appartenenza.

I dati contenuti nel *Dataset* rappresentano il set di dati validati sottoposto ad elaborazione statistica e utilizzato per la definizione del Valore di Fondo Naturale.

La fase successiva è rappresentata dall'elaborazione statistica dei dati, che inizialmente è stata condotta su un sub-set di dati, che sono stati definiti "certi"<sup>4</sup>, per una prima analisi finalizzata allo sviluppo di un modello statistico, quindi sull'intero data set per Unità del Fondo, una volta sviluppato il modello statistico stesso.

L'analisi statistica è stata caratterizzata dai seguenti passaggi:

- studio preliminare dei dati disponibili (controllo numerosità campionaria, trattamento dei *non-detected* ed identificazione degli *outlier*);
- analisi distribuzione dati;
- analisi multivariata.

L'analisi multivariata ha previsto l'identificazione delle variabili che distinguono i quattro litotipi presenti nel sito, la definizione di un modello statistico per la classificazione dei campioni nelle diverse UdF e infine lo studio della distribuzione di frequenza dei dati di ogni litotipo per determinare i 90°, 95° e 99° percentile.

<sup>3</sup> Unità di Fondo: unità litostratigrafica/deposito oggetto di campionamento che partecipa alla definizione del valore di fondo naturale dell'area.

<sup>4</sup> Campioni "certi": campioni di suolo che ricadono con certezza all'interno di una determinata unità geologica/deposito, ai quali può essere attribuita con certezza una Unità del Fondo.

Tutte le analisi statistiche multivariate sono state eseguite con il software Unscrambler X vers. 10.5.1 (Camo Software, 2018), mentre le analisi relative alla bontà del fit alle curve di distribuzione sono state eseguite con il software SigmaXL vers 8.094 (SigmaXL, 2018).

L'analisi statistica effettuata ha permesso di stimare il 95° e 99° percentile per ciascuna Unità del Fondo e relativi cluster individuati.

Ai fini della definizione del VFN si è ritenuto maggiormente cautelativo individuare il **95° percentile** della popolazione di dati quale descrittore statistico del fondo naturale dell'area.

Nella definizione e gestione dei VFN si è tenuto conto di quanto discusso nell'ambito degli incontri tecnici effettuati tra ARPAT ed Enel-CESI in merito alla tematica in esame (incontri in video-conferenza del 18/6/2020, 23/7/2020 e 29/9/2020); gli aspetti discussi sono sintetizzati nel parere tecnico ARPAT del 08/04/2021 (prot. n. 0026231 – [21]). Successivamente si sono svolti ulteriori incontri tra ARPAT ed Enel-CESI (incontri in video conferenza del 29/04/2021, 09/07/2021 e 13/10/2021) che hanno consentito di completare le valutazioni sulla gestione dei VFN.

In particolare, per la gestione dei VFN si è tenuto conto di suddetti elementi, in linea con quanto previsto dalle "Linee guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee" (SNPA, 2018).

Nella seguente tabella sono sintetizzati, per ogni parametro oggetto di elaborazione statistica, i valori dei 95° percentili suddivisi per ciascuna Unità del Fondo e relativi cluster individuati. In rosso sono evidenziati i valori dei 95° percentili che eccedono la relativa CSC/A.

Unità del Fondo	Cluster	Berillio	Cobalto	Cromo Tot.	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
CSC/A (mg/kg s.s.)		2	20	150	90	50
ol	ol1	*	<CSC	<CSC	180	<CSC
	ol2	*	<CSC	<CSC	109	<CSC
MAC		*	<CSC	157	119	<CSC
AME	AME0	<CSC	22	<CSC	130	103
	AME1	<CSC	<CSC	185	<CSC	498
	AME2	3	<CSC	174	132	96
	AME Bomba + Emissario	**	21	<CSC	**	<CSC
h		3	21	169	120	148

\*Non è stato possibile calcolare i relativi percentili poiché in alcune campagne di caratterizzazione i parametri Be e V non erano inclusi nel set analitico da determinare.

\*\* ARPAT ha eseguito una verifica della distribuzione spaziale del parametro V. Tale verifica è stata condotta utilizzando il test di Moran, il cui risultato ha evidenziato una distribuzione casuale delle concentrazioni di V in tutta la sub-area, con una concentrazione media nell'area inferiore alla CSC/A. A valle delle considerazioni esposte precedentemente, per i parametri Be e V, le terre di tale sub-area potranno essere utilizzate in tutti i possibili ambiti di destinazione.

**Tabella 11** – Tabella riassuntiva della stima dei 95° percentili superiori alle CSC/A.

Si sottolinea che, i parametri Nichel e Selenio non sono riportati nella tabella di cui sopra poiché in tutte le Unità del Fondo è stato stimato un 95° percentile inferiore alle relative CSC/A; quindi, tali parametri non presentano alcun impedimento nello spostamento delle terre.

### 5.3 Ammissibilità delle movimentazioni di terre

Sulla base delle indicazioni fornite da ARPAT nel parere tecnico prot. n. 0026231 del 08/04/2021 [21], la gestione dei Valori di Fondo Naturale individuati ha previsto il rispetto ai seguenti criteri generali:

1. lo spostamento di terre tra aree di scavo e destino che appartengono alle medesime Unità del Fondo è sempre consentito;
2. lo spostamento di terre tra aree di scavo e destino che non appartengono alle medesime Unità del Fondo è subordinato al confronto dei valori del 95° percentile delle diverse Unità di Fondo coinvolte nello spostamento. Nei casi di incompatibilità dei VFN individuati per le diverse Unità del Fondo ed in particolare nei casi in cui, dal confronto dei valori del 95° percentile, si evince che le aree di destino presentino un valore di 95° percentile inferiore rispetto a quello individuato per le aree di scavo, si è proceduto con approfondimenti statistici finalizzati a verificare la compatibilità degli spostamenti previsti.

Nella seguente tabella sono riportati gli spostamenti di terre tra aree di scavo e destino e le Unità di Fondo/cluster coinvolte negli spostamenti in progetto. In riferimento ai criteri generali di cui ai punti precedenti, in verde si evidenziano gli spostamenti consentiti mentre in rosso si riportano i parametri per i quali sono stati effettuati gli approfondimenti statistici sopra menzionati.

Si specifica che nella seguente tabella il cluster "AME Bomba + Emissario" è stato suddiviso in due distinti cluster a seguito delle nuove determinazioni di Be e V, eseguite nel 2020, che hanno riguardato esclusivamente la sub-area Emissario Lago Castelnuovo.

		Unità di Fondo/cluster – Aree di destino								
		ol1	ol2	MAC	AME0	AME1	AME2	AME Bomba	AME Emissario	h
Unità di Fondo/cluster – Aree di scavo	ol1		Be*, Se*, V	Be*, Se*, V	Be*, Se*, V	Be*, Se*, V	Be*, Se*, V	Be*, Se*, V	Be*, Se*, V	Be*, Se*, V
	ol2	Be*, Se*		Be*, Se*	Be*, Se*, V	Be*, Se*, V	Be*, Se*	Be*, Se*, V	Be*, Se*, V	Be*, Se*
	MAC	Cr, Se*	Cr, Se*, V		Cr, Se*, V	Se*, V		Se*, V, Cr	Se*, V, Cr	
	AME0	Co, HC	Co, V, HC	Co, V, HC		Co, V	Co, HC	Co, V, HC	Co, V, HC	Co, V
	AME1	Cr, HC	Cr, HC	Cr, HC	Cr, HC		Cr, HC	Cr, HC	Cr, HC	Cr, HC
	AME2	Be, Cr, HC	Be, Cr, V, HC	Be, Cr, V, HC	Be, Cr, V	Be, V		Be, Cr, V, HC	Be, Cr, V, HC	Cr, V
	AME Bomba	Be*, Co, Se*, V*	Be*, Co, Se*, V*	Be*, Co, Se*, V*	Be*, Se*, V*	Be*, Co, Se*, V*	Be*, Co, Se*, V*	Be*, Se*, V*	Be*, Se*, V*	Be*, Se*, V*
	AME Emissario **	Co	Co	Co		Co	Co			
	h	Be, Co, Cr, HC	Be, Co, Cr, V, HC	Be, Co, Cr, V, HC	Be, Cr, V, HC	Be, Co, V	Co, HC	Be, Cr, V, HC	Be, Cr, V, HC	Be, Cr, V, HC

\*Parametro non determinato durante le indagini di caratterizzazione nel 2014, non disponibili dati per effettuare il confronto tra i cluster.

**Tabella 12** – Matrice degli spostamenti in relazione alle UdF oggetto di valutazione del VFN.

Da quanto sopra esposto si evince che:

- ol1, ol2, MAC, AME0, AME1, AME2, AME Bomba + Emissario e h possono essere movimentati all'interno delle stesse UdF;
- ol2 può essere movimentato su ol1, MAC, AME2 e h;
- MAC può essere movimentato su AME2 e su h;
- AME Bomba + Emissario può essere movimentato su AME0 e h;
- i restanti spostamenti sono stati oggetto di approfondimenti statistici per la verifica della movimentazione.

Secondo quanto proposto da ARPAT, gli approfondimenti statistici finalizzati alla verifica sulla compatibilità/incompatibilità effettiva delle movimentazioni (spostamenti evidenziati in rosso nella Tabella 12) sono stati eseguiti mediante il ricorso al metodo Sinclair (1974)<sup>5</sup> e successiva applicazione del test di Moran (1950).

Nel parere tecnico ARPAT prot. n. 0026231 del 08/04/2021 [21], sono riportati i suddetti approfondimenti statistici che hanno permesso di verificare la compatibilità effettiva e quindi l'ammissibilità delle movimentazioni proposte da Enel nel progetto di riqualifica dell'ex miniera di Santa Barbara.

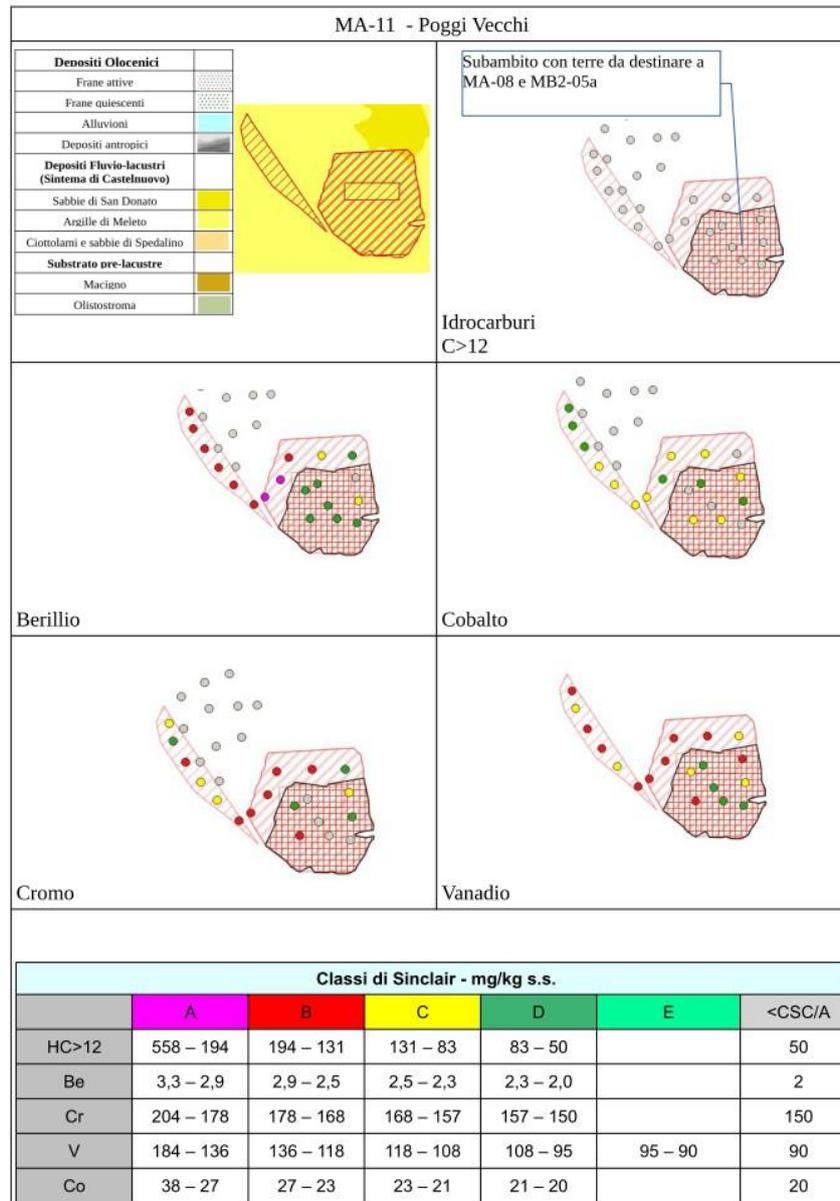
Di seguito si riporta, a titolo di esempio, un approfondimento statistico effettuato da ARPAT nel parere tecnico sopracitato:

*Nella sub-area Poggi Vecchi-Nord-Ovest del Macrolotto A sono previsti interventi finalizzati alla stabilizzazione di una frana, complessivamente sono da scavare 159.300 m<sup>3</sup> di terre, tutte da ricollocare esternamente alla sub-area ad eccezione di un quantitativo di 3.000 m<sup>3</sup> da riutilizzare in sito nell'intervento per l'ampliamento della zona industriale di Bomba.*

*Il quantitativo maggiore (pari a 92.400 m<sup>3</sup>) è destinato all'intervento per la risistemazione del versante di San Martino. Un ulteriore quantitativo pari a 22.700 m<sup>3</sup> è destinato alla sub-area Cave Vecchie e la quota residua verrà utilizzata fuori sito nell'ambito di un intervento di sistemazione (capping) della ex discarica di Tegolaia nel comune di Cavriglia.*

*Nella figura di seguito si riporta l'unità di fondo presente nell'area di scavo (MA11) e i superamenti riscontrati e la classificazione dei dati in base alle classi di Sinclair.*

<sup>5</sup>“Metodo grafico che permette di analizzare nel complesso la distribuzione della variabile sull' area di studio. Si applica ad un grafico di frequenza cumulata in scala di probabilità normale e provvede alla scomposizione dell'insieme composito dei valori ottenuti di una data sostanza in più classi separate di distribuzioni “normali”. Ciascuna di queste “classi” si ritiene, in ipotesi, rappresentativa e caratteristica di una popolazione prodotta da un determinato contesto o processo” Parere ARPAT (Prot.0026231 del 08/04/2021).



**Figura 27** –Poggi Vecchi MA11 – Dettagli superamenti riscontrati e suddivisione dei dati in Classi Sinclair.

L'intervento di allargamento della zona industriale interessa un sub-ambito localizzato di estensione pari a 8.500 m<sup>2</sup> posto a Nord-Ovest della sub-area d'intervento. Sono previsti scavi e contestuale ricollocamento dei materiali scavati nel medesimo sub-ambito per una volumetria complessiva di 3.000 m<sup>3</sup>. Nell'area è presente unicamente l'Unita di Fondo Argille di Meleto (AME) e pertanto non ricorre la necessità di verificare la compatibilità fra fondo presente in area di scavo e in area di destino. L'intervento pertanto risulta fattibile senza condizionamenti.

I livelli dei metalli nella sub- area Poggi Vecchi sono risultati mediamente più elevati rispetto ad altre sub-aree. È stato tuttavia possibile individuare un sub-ambito con concentrazioni mediane di ciascun metallo compatibili con quelle presenti nelle aree di destino (sub-area versante Ovest San Martino, MB2-05a) e in un sub-ambito della sub-area Cave Vecchie (MA-08).

Il sub-ambito di scavo individuato a Poggi Vecchi è definito da 8 sondaggi collocati nella parte centrale e di Sud-Ovest della sub-area. Le concentrazioni mediane di Berillio e Idrocarburi C>12 risultano inferiori alle CSC/A in ciascuno degli 8 sondaggi considerati. Per il Cobalto al test di Moran il sub-ambito risulta

*non clusterizzato ( $p$ -value = 0,38) con concentrazione pari a 20,4 mg/kg/s.s.26. Per Cromo e Vanadio il medesimo sub-ambito risulta anch'esso non clusterizzato con  $p$ -value pari rispettivamente a 0,94 e 0,93. Le concentrazioni mediane risultano pari a 148 mg/kg.s.s. per Cromo (quindi inferiore a CSC/A) e 108 mg/kg.s.s. per Vanadio, che corrisponde alla classe D del valore di fondo per questo metallo. Le terre scavate nel sub-ambito si caratterizzano pertanto per tenori compresi entro i valori limite di CSC/A per Cromo, Berillio, Cobalto e Idrocarburi C>12 e con VFN in classe D per Vanadio. Le terre, quindi possono essere collocate in ambiti con VFN pari o superiori rispetto agli stessi parametri.*

Inoltre, un altro fattore considerato nell'ammissibilità delle movimentazioni delle terre sono i risultati dei test di cessione ottenuti durante l'attività di caratterizzazione.

Infatti, nel contributo istruttorio del 22/04/2014 (prot. DV.01/266.1) [22], ARPAT ha formulato la prescrizione riportata al punto 2), osservazione d) che prevedeva di eseguire il test di cessione sulle terre oggetto di scavo che sarebbero andate a contatto con le acque superficiali.

In ottemperanza a tale prescrizione, Enel ha provveduto ad eseguire il test di cessione su un sub-set di campioni (dal 2014 al 2017, sul 10% dei campioni prelevati scelti casualmente e non riferiti esclusivamente al primo metro; dal 2018, sul 50% dei campioni prelevati scelti casualmente e non riferiti esclusivamente al primo metro) prelevati dalle aree che saranno oggetto di scavo e movimentazione, al fine di verificare la possibilità di riutilizzo delle terre a contatto con acque superficiali (per esempio, rilevati spondali).

Successivamente, CESI ha predisposto una nota [19] finalizzata alla rimodulazione della prescrizione sopra citata, da condividere con gli Enti preposti, che tenesse conto del quadro normativo vigente in materia di test di cessione sui materiali granulari e del contesto sito-specifico in cui si inserisce l'opera, anche in relazione alla sostenibilità degli interventi progettuali in fase esecutiva.

In particolare, sono state adottate le seguenti motivazioni [19]:

- la legislazione vigente prevede, quale principio di esclusione dall'ambito di applicazione della disciplina dei rifiuti, l'esecuzione del test di cessione esclusivamente sulle matrici "materiali di riporto" ed a protezione della risorsa idrica sotterranea;
- i test di cessione finora eseguiti hanno interessato campioni di suolo "naturale" prelevati in aree non oggetto di attività antropiche e privi di componenti di origine antropica (quindi, non classificabili come "materiali di riporto");
- i superamenti dei limiti normativi (CSC acque sotterranee) osservati negli eluati del test di cessione sono riconducibili a cause di origine naturale;
- i materiali su cui sono stati eseguiti i test di cessione si caratterizzano per la loro bassa permeabilità idraulica ed alta potere adsorbente, per cui la potenziale mobilità degli elementi è relativamente bassa;
- il fenomeno, qualora presente, potrebbe già essere attualmente in atto. Per cui ci si aspetta che nello scenario post-operam non si determini un aggravio dello stato di qualità delle acque superficiali dei bacini di Castelnuovo e Allori rispetto allo scenario ante-operam;
- il fenomeno, se presente, potrebbe essere valutato attraverso un monitoraggio della qualità delle acque superficiali dei bacini di Castelnuovo e Allori, per una verifica diretta della sussistenza del fenomeno;
- i dati di qualità derivanti da campagne di monitoraggio condotte da ARPAT sulle acque del Bacino di Castelnuovo (agosto 2016 – aprile 2021) e da Enel sui Bacini di Castelnuovo e Allori (luglio 2021), indicano la conformità delle acque superficiali sia agli standard di qualità ambientale previsti dal D.Lgs. 172/2015 (per le acque superficiali interne) che ai valori di CSC previsti dal D.Lgs. 152/06 (per le acque sotterranee), in tutte le campagne di monitoraggio eseguite.

La sopracitata nota di approfondimento sul test di cessione è stata allegata al rapporto CESI C1016674 [19].

Nel parere tecnico prot. n. 0029541 del 19/04/2022 [8], ARPAT si è espressa in merito alla nota CESI sopra citata, ritenendo condivisibili le argomentazioni a supporto dell'ipotesi della naturalità dei superamenti riscontrati per il test di cessione, ma sottolineando che: *“Nella predisposizione dei progetti esecutivi che prevedono riporti di terre nelle aree spondali dei bacini di Castelnuovo ed Allora a quote inferiori a quelle di massima ritenuta delle acque, compatibilmente con i vincoli alle movimentazioni imposti dalla presenza di valori di fondo maggiori delle CSC/A, si dovrà considerare che lo strato di terreno superficiale, per uno spessore non inferiore ai 50 cm, sia costituito da terreni che non presentano parametri non conformi al test di cessione. Nell'impossibilità accertata di poter dare in tutti i casi riscontro operativo a quanto richiesto si dovranno comunque considerare i valori assoluti dei superamenti riscontrati nei campioni analizzati, evitando in ogni caso l'utilizzo di terre con valori maggiormente elevati per uno o più parametri. Ciò con particolare riferimento al Nichel, parametro per il quale con maggior frequenza risulta critico il rispetto dello standard di qualità ambientale previsto dalla normativa”*.

Di tale aspetto se né tenuto conto in fase di progettazione delle movimentazioni di terre e rocce da scavo, come di seguito riportato:

- dal Lotto Emissario (IE-01) alla sub-area Lago di Castelnuovo sponda Nord-Est (MA-01), saranno escluse da questo spostamento le terre provenienti dai poligoni S11, S15, S17 e S24, nei quali è stato riscontrato almeno un superamento nei test di cessione eseguiti (vedi Cap.7, Tabella55). Saranno invece utilizzate le terre comprese entro la profondità massima di 5 m da p.c., afferenti ai restanti poligoni;
- dalla sub-area Lago di Castelnuovo sponda Nord-Ovest (MA-02) alla sub-area Lago di Castelnuovo sponda Sud-Ovest (MA-03), non saranno utilizzate le terre nelle vicinanze dei sondaggi A02/01, A02/03, A02/07 e A02/09 che hanno presentato superamenti del parametro Nichel nei test di cessione (vedi par.6.1.2, Tabella 18);
- dalla sub-area Lago di Castelnuovo sponda Est (MA-04) alla sub-area Lago di Castelnuovo sponda Sud-Ovest (MA-03), non saranno utilizzate le terre afferenti ai sondaggi A04/05, A04/07 e A04/11 fino alla profondità di 2 m da p.c., in relazione ai superamenti di Antimonio e Nichel riscontrati nei test di cessione (vedi par. 6.1.4, Tabella 23);
- dalla sub-area Ronco (MA-10) alla sub-area Lago di Castelnuovo sponda Sud-Ovest (MA-03), verranno movimentare le sole terre conformi al test di cessione, in riferimento al parametro Nichel, ovvero quelle che si trovano oltre la profondità di 2,0 metri da p.c. ed entro la profondità massima raggiunta dai sondaggi.

## 6 ESITI DELLA CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE DI SCAVO E DESTINO DEL “MACROLOTTO A”

La caratterizzazione ambientale delle sub-aree d'intervento, condotta nel periodo 2014-2021, ha permesso di verificare l'esistenza di superamenti delle CSC<sup>6</sup> a carico della matrice suolo.

Nel presente capitolo viene fornita una sintesi dei superamenti dei limiti normativi previsti per i suoli dal D.Lgs. 152/06 presso le diverse sub-aree oggetto d'indagine.

Con i pareri ARPAT:

- Protocollo n. 87757 del 17/12/2020 [23];
- Protocollo n. 0017123 del 08/03/2021 [24];
- Protocollo n. 0052002 del 31/07/2020 [25];

sono state completate le validazioni dei dati riportati nei paragrafi seguenti.

Inoltre, per i campioni di suolo rappresentativi delle terre per le quali è previsto un riutilizzo in aree eventualmente a contatto con le acque superficiali, si riportano i risultati dei test di cessione, eseguito secondo le modalità previste dal D.M. 5 febbraio 1998 s.m.i., prendendo in considerazione gli stessi parametri chimici previsti per i campioni di suolo e facendo riferimento alle CSC delle acque sotterranee previste dalla Tabella 2, Allegato V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

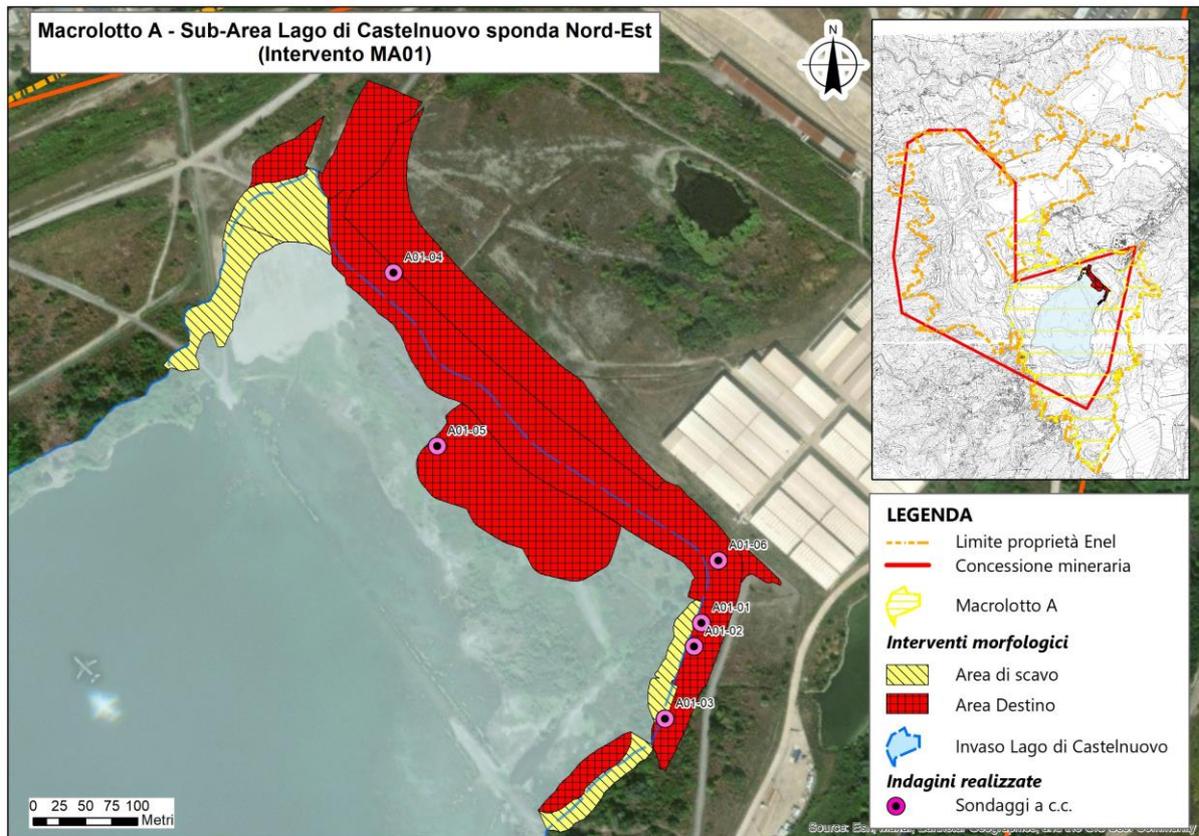
### 6.1.1 Lago di Castelnuovo sponda Nord-Est (MA01)

L'area in esame è stata oggetto di indagini ambientali di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo che sono state eseguite nel 2019, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017.

In particolare, sulla base delle possibili profondità d'intervento previste, è stata definita e concordata con le Autorità di Controllo l'esecuzione di n. 6 sondaggi, spinti fino a profondità massima di 3,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.

---

<sup>6</sup> In accordo con il parere ARPAT protocollo n. 0087757 del 17/12/2020: “Si precisa che costituisce superamento di CSC il caso in cui la differenza tra risultato della misura e valore limite, arrotondata con lo stesso numero di cifre decimali indicate nel D.Lgs. 152/2006 per l'espressione del valore limite, è maggiore di zero. In relazione a ciò, la necessità di interventi di bonifica, analisi di rischio o determinazione dei valori di fondo, saranno da considerarsi al verificarsi di tale condizione.” Inoltre, la conformità ai valori limite di riferimento è stata effettuata secondo quanto previsto dalla Linea Guida SNPA 34/2021 dell'ottobre 2021; pertanto, le valutazioni sulla qualità delle terre sono state eseguite sulla base dei risultati analitici approssimati al numero di decimali con cui è definito il limite di legge.



**Figura 28** – Sub-area Lago di Castelnuovo sponda Nord-Est (MA01): ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Nel Rapporto CESI C0003987 [26] sono descritte e dettagliate le indagini eseguite nell’area Lago di Castelnuovo sponda Nord-Est (MA01); nel presente paragrafo verranno sintetizzati i risultati ottenuti.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell’area di scavo, sono stati prelevati n. 12 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
A01/01	A01/01-1	0,0 – 1,0
	A01/01-2	1,0 – 2,0
	A01/01-3	2,0 – 3,0
A01/02	A01/02-1	0,0 – 1,0
	A01/02-2	1,0 – 2,0
	A01/02-3	2,0 – 3,0
A01/03	A01/03-1	0,0 – 1,0
	A01/03-2	1,0 – 2,0
	A01/03-3	2,0 – 3,0
A01/04	A01/04-1	0,0 – 1,0
A01/05	A01/05-1	0,0 – 1,0

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
A01/06	A01/06-1	0,0 – 1,0

**Tabella 13** – Sub-area Lago di Castelnuovo sponda Nord-Est (MA01): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell’area di scavo e destino.

Per i soli punti d’indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per i parametri:

- Cobalto, in n° 1 campione;
- Cromo Totale, in n° 3 campioni;
- Vanadio, in n° 8 campioni;
- Idrocarburi pesanti C>12, in n° 2 campioni.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d’uso verde pubblico, privato e residenziale.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d’uso verde pubblico, privato e residenziale.

		Berillio	Cobalto	Cromo Totale	Vanadio	Idrocarburi pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]					
A01/01-1	0,0 – 1,0	2,2*	---	166	111	---
A01/01-2	1,0 – 2,0	2,4*	20,2*	155	100	---
A01/02-1	0,0 – 1,0	2,2*	---	---	99	---
A01/02-2	1,0 – 2,0	2,3*	23	154	102	---
A01/03-1	0,0 – 1,0	---	---	---	94	53
A01/03-2	1,0 – 2,0	---	---	---	---	283
A01/03-3	2,0 – 3,0	---	---	---	101	---
A01/04-1	0,0 – 1,0	---	---	---	94	---
A01/06-1	0,0 – 1,0	---	---	---	105	---

\* valore superiore al limite di riferimento ma che se approssimato al numero di decimali con cui è definito il limite di legge assume un valore pari al limite stesso, configurandosi conseguentemente come un “non superamento”.  
In verde, campioni per la caratterizzazione dello stato di qualità dei suoli delle aree di destino.

**Tabella 14** – Sub-area Lago di Castelnuovo sponda Nord-Est (MA01): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell’area di scavo e destino.

Tutti i campioni prelevati sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d’uso commerciale e industriale.

Inoltre, nella sub-area MA-01 è stato effettuato il test di cessione su n° 2 campioni di terreno e nella seguente tabella sono riportati i superamenti riscontrati.

		Nichel
		µg/l
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>20</b>
<b>Campione</b>	<b>Profondità</b> [m da p.c.]	
<b>A01/03-1</b>	0,0 – 1,0	<b>28</b>

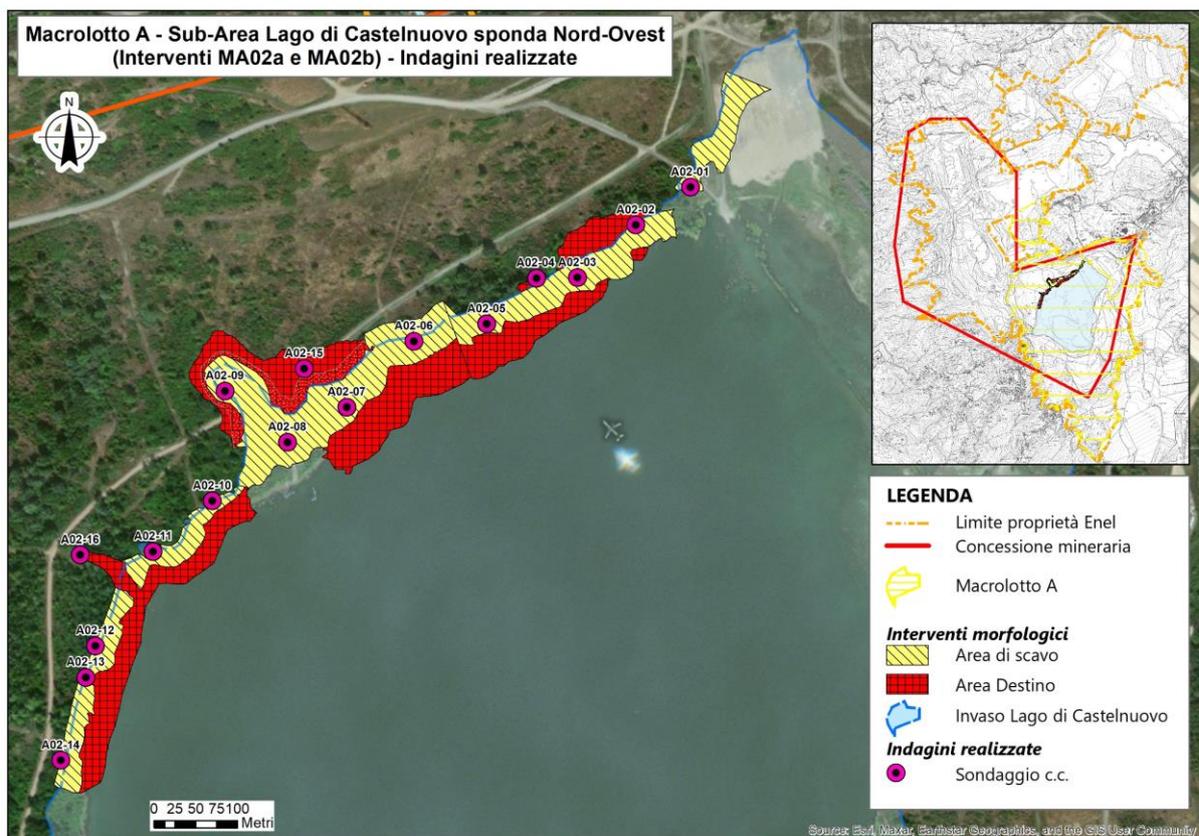
**Tabella 15** – Sub-area Lago di Castelnuovo sponda Nord-Est (MA01): sintesi dei superamenti delle CSC negli eluati del test di cessione.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC delle acque sotterranee previste dalla Tabella 2, Allegato V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

### 6.1.2 Lago di Castelnuovo sponda Nord-Ovest (MA02)

L'area in esame è stata oggetto di indagini ambientali di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo che sono state eseguite nel 2019, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017.

In particolare, sulla base delle possibili profondità d'intervento previste, è stata definita e concordata con le Autorità di Controllo l'esecuzione di n. 16 sondaggi, spinti fino a profondità massima di 3,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.



**Figura 29** – Sub-area Lago di Castelnuovo sponda Nord-Ovest (MA02): ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Nel Rapporto CESI C0003987 [26] sono descritte e dettagliate le indagini eseguite nell'area Lago di Castelnuovo sponda Nord-Ovest (MA02); nel presente paragrafo verranno sintetizzati i risultati ottenuti.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell'area di scavo, sono stati prelevati n. 44 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]	Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
<b>A02/01</b>	A02/01-1	0,0 – 1,0	<b>A02/09</b>	A02/09-1	0,0 – 1,0
	A02/01-2	1,0 – 2,0		A02/09-2	1,0 – 2,0
	A02/01-3	2,0 – 3,0		A02/09-3	2,0 – 3,0
<b>A02/02</b>	A02/02-1	0,0 – 1,0	<b>A02/10</b>	A02/10-1	0,0 – 1,0
	A02/02-2	1,0 – 2,0		A02/10-2	1,0 – 2,0
	A02/02-3	2,0 – 3,0		A02/10-3	2,0 – 3,0
<b>A02/03</b>	A02/03-1	0,0 – 1,0	<b>A02/11</b>	A02/11-1	0,0 – 1,0
	A02/03-2	1,0 – 2,0		A02/11-2	1,0 – 2,0
	A02/03-3	2,0 – 3,0		A02/11-3	2,0 – 3,0
<b>A02/04</b>	A02/04-1	0,0 – 1,0	<b>A02/12</b>	A02/12-1	0,0 – 1,0
	A02/04-2	1,0 – 2,0		A02/12-2	1,0 – 2,0
	A02/04-3	2,0 – 3,0		A02/12-3	2,0 – 3,0
<b>A02/05</b>	A02/05-1	0,0 – 1,0	<b>A02/13</b>	A02/13-1	0,0 – 1,0
	A02/05-2	1,0 – 2,0		A02/13-2	1,0 – 2,0
	A02/05-3	2,0 – 3,0		A02/13-3	2,0 – 3,0
<b>A02/06</b>	A02/06-1	0,0 – 1,0	<b>A02/14</b>	A02/14-1	0,0 – 1,0
	A02/06-2	1,0 – 2,0		A02/14-2	1,0 – 2,0
	A02/06-3	2,0 – 3,0		A02/14-3	2,0 – 3,0
<b>A02/07</b>	A02/07-1	0,0 – 1,0	<b>A02/15</b>	A01/05-1	0,0 – 1,0
	A02/07-2	1,0 – 2,0	<b>A02/16</b>	A01/06-1	0,0 – 1,0
	A02/07-3	2,0 – 3,0			
<b>A02/08</b>	A02/08-1	0,0 – 1,0			
	A02/08-2	1,0 – 2,0			
	A02/08-3	2,0 – 3,0			

**Tabella 16** – Sub-area Lago di Castelnuovo sponda Nord-Ovest (MA02): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo e destino.

Per i soli punti d'indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per i parametri:

- Berillio, in n° 18 campioni;
- Cobalto, in n° 12 campioni;
- Cromo Totale, in n° 21 campioni;
- Nichel, in n° 6 campioni;
- Vanadio, in n° 31 campioni;
- Idrocarburi Pesanti C>12, in n° 14 campioni.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

		Berillio	Cobalto	Cromo Totale	Nichel	Vanadio	Idrocarburi pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]						
A02/01-1	0,0 -1,0	2,1*	20,4*	---	---	103	---
A02/01-2	1,0 - 2,0	3	23	164	---	117	---
A02/01-3	2,0 -3,0	3	22	160	---	112	---
A02/02-1	0,0 -1,0	3	21	165	---	124	---
A02/02-2	1,0 -2,0	2,4*	22	---	---	112	---
A02/02-3	2,0 - 3,0	2,4*	21	---	---	110	---
A02/03-1	0,0 -1,0	---	---	---	---	---	65
A02/03-3	2,0 -3,0	3	---	166	---	95	131
A02/04-1	0,0 -1,0	3	---	187	121	116	---
A02/04-2	1,0 - 2,0	3	23	189	121	115	---
A02/04-3	2,0 -3,0	3	---	189	---	116	---
A02/05-1	0,0 -1,0	2,2*	---	178	---	118	---
A02/05-2	1,0 - 2,0	3	---	185	---	120	---
A02/05-3	2,0 -3,0	3	20,1*	171	---	117	---
A02/06-1	0,0 -1,0	2,4*	---	---	---	101	75
A02/06-2	1,0 - 2,0	3	22	178	---	110	94
A02/06-3	2,0 -3,0	3	---	199	121	121	52
A02/07-1	0,0 -1,0	3	---	193	---	116	---
A02/07-2	1,0 - 2,0	3	21	197	---	118	83
A02/07-3	2,0 -3,0	3	22	199	124	130	54
A02/08-1	0,0 -1,0	---	---	164	---	---	---
A02/08-2	1,0 - 2,0	2,3*	21	182	126	100	71
A02/08-3	2,0 -3,0	3	21	199	138	110	56
A02/09-1	0,0 -1,0	---	---	---	---	95	123
A02/09-2	1,0 - 2,0	2,1*	---	---	---	91	133
A02/09-3	2,0 -3,0	3	---	183	---	114	77
A02/10-3	2,0 -3,0	2,4*	---	---	---	---	---
A02/11-1	0,0 -1,0	3	---	---	---	106	---
A02/11-2	1,0 - 2,0	2,1*	---	---	---	92	---

		Berillio	Cobalto	Cromo Totale	Nichel	Vanadio	Idrocarburi pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]						
A02/11-3	2,0 -3,0	2,3*	21	---	---	---	---
A02/13-1	0,0 -1,0	2,3*	20,3*	---	---	113	125
A02/13-2	1,0 - 2,0	2,1*	---	---	---	93	---
A02/13-3	2,0 -3,0	2,1*	---	---	---	93	---
A02/14-1	0,0 -1,0	3	---	153	---	111	---
A02/14-2	1,0 - 2,0	---	---	---	---	91	---
A02/14-3	2,0 -3,0	2,3*	20,1*	153	---	100	72

\* valore superiore al limite di riferimento ma che se approssimato al numero di decimali con cui è definito il limite di legge assume un valore pari al limite stesso, configurandosi conseguentemente come un "non superamento".

**Tabella 17** – Sub-area Lago di Castelnuovo sponda Nord-Ovest (MA02): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo e destino.

Tutti i campioni prelevati sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

Inoltre, nella sub-area MA02 è stato effettuato il test di cessione in n° 7 campioni di terreno e nella seguente tabella sono riportati i superamenti riscontrati.

		Antimonio	Nichel
		µg/l	µg/l
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>5</b>	<b>20</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]		
A02/01-1	0,0 - 1,0	9	--
A02/03-2	1,0 - 2,0	--	52
A02/07-1	0,0 - 1,0	8	28
A02/09-2	1,0 - 2,0	8	--

**Tabella 18** – Sub-area Lago di Castelnuovo sponda Nord-Ovest (MA02): sintesi dei superamenti delle CSC negli eluati del test di cessione.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC delle acque sotterranee previste dalla Tabella 2, Allegato V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

### 6.1.3 Lago di Castelnuovo sponda Sud-Ovest (MA03)

L'area in esame è stata oggetto di indagini ambientali di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo che sono state eseguite nel 2019, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017.

In particolare, sulla base delle possibili profondità d'intervento previste, è stata definita e concordata con le Autorità di Controllo l'esecuzione di n. 2 sondaggi, spinti fino a profondità massima di 1,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.

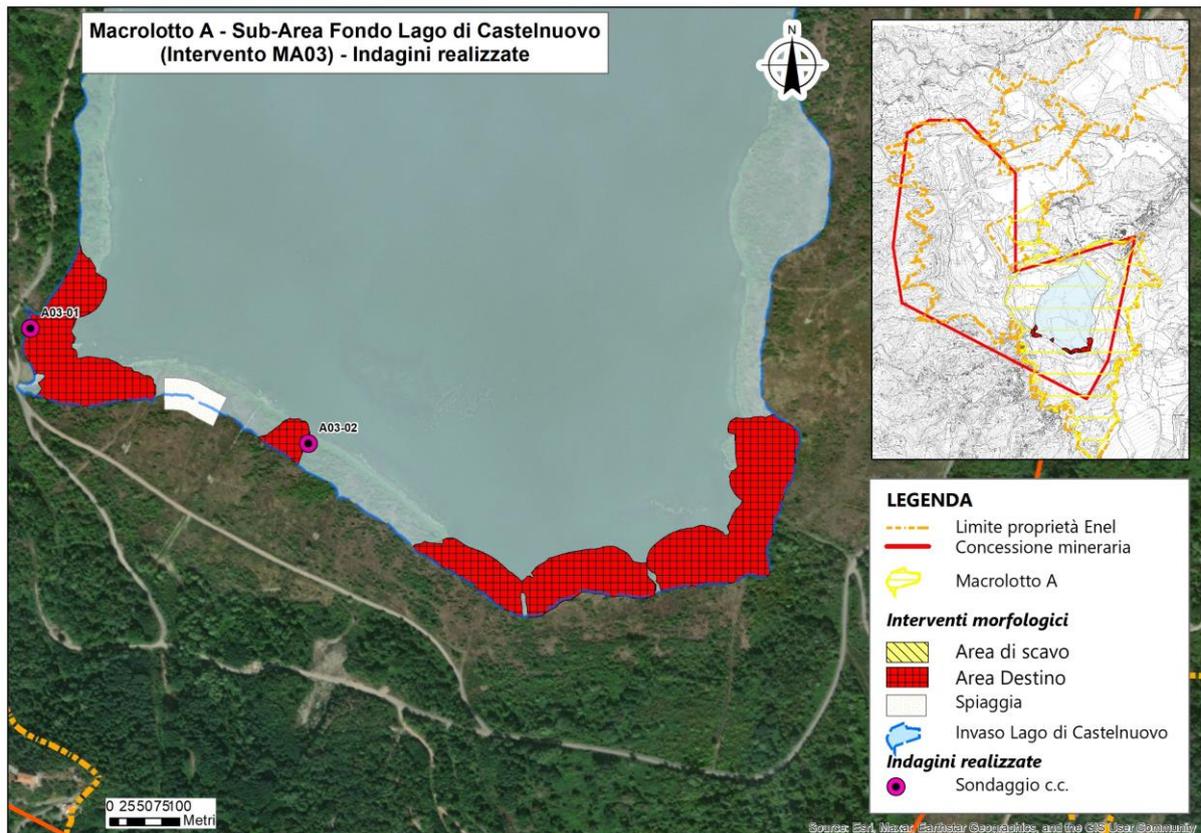


Figura 30 – Sub-area MA03 Lago di Castelnuovo sponda Sud-Ovest: ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Nel Rapporto CESI C0003987 [26] sono descritte e dettagliate le indagini eseguite nell'area Lago di Castelnuovo sponda Sud-Ovest (MA03); nel presente paragrafo verranno sintetizzati i risultati ottenuti.

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell'area di scavo, sono stati prelevati n. 2 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
A03/01	A03/01-1	0,0 – 1,0
A03/02	A03/02-1	0,0 – 1,0

Tabella 19 – Sub-area Lago di Castelnuovo sponda Sud-Ovest (MA03): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo e destino.

Per i soli punti d'indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per il parametro:

– Vanadio, in n° 1 campione.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

		Berillio	Vanadio
		mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>90</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]		
<b>A03/02-1</b>	0,0 -1,0	2,2*	<b>107</b>

\* valore superiore al limite di riferimento ma che se approssimato al numero di decimali con cui è definito il limite di legge assume un valore pari al limite stesso, configurandosi conseguentemente come un "non superamento".

In verde, campioni destinati alla caratterizzazione dello stato di qualità dei suoli delle aree di destino.

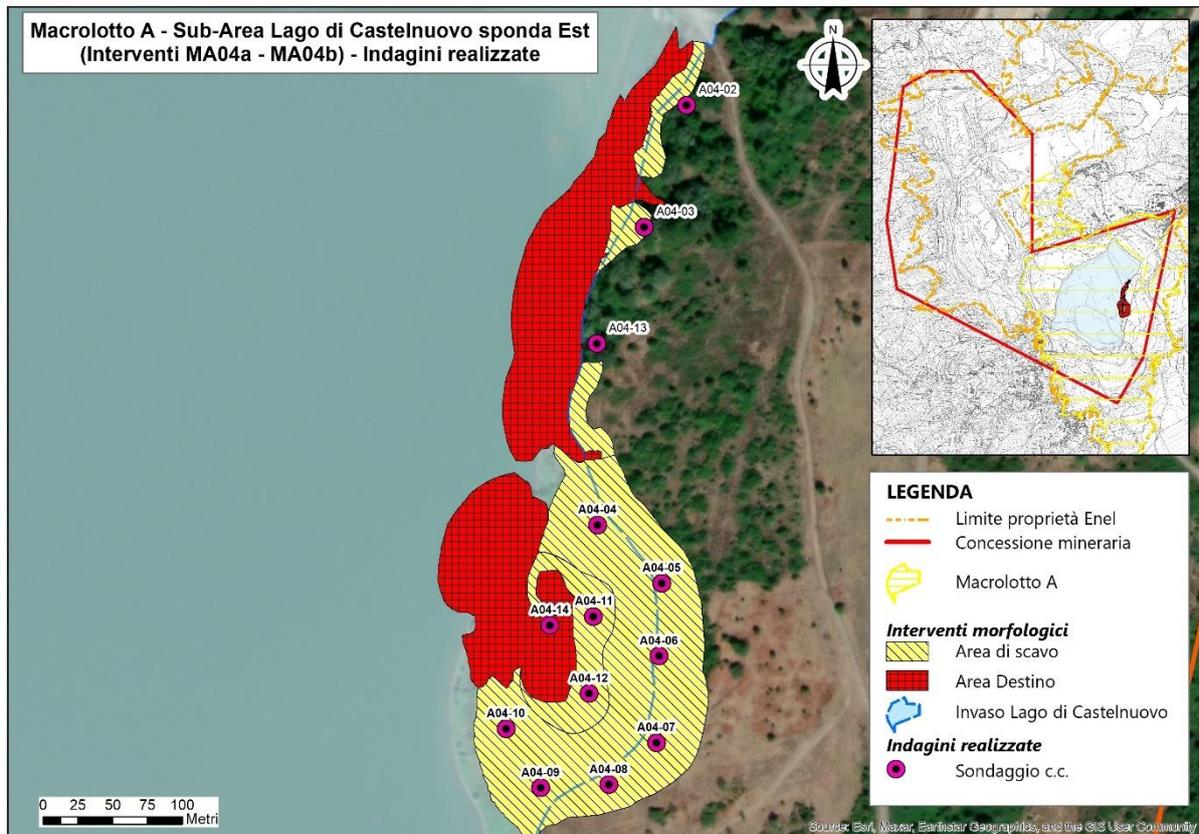
**Tabella 20** – Sub-area Lago di Castelnuovo sponda Sud-Ovest (MA03): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo e destino.

Tutti i campioni prelevati sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

### 6.1.4 Lago di Castelnuovo sponda Est (MA04)

L'area in esame è stata oggetto di indagini ambientali di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo che sono state eseguite nel 2019, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017.

In particolare, sulla base delle possibili profondità d'intervento previste, è stata definita e concordata con le Autorità di Controllo l'esecuzione di n. 14 sondaggi, spinti fino a profondità massima di 10,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.



**Figura 31** – Sub-area MA04 Lago di Castelnuovo sponda Est: ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Nel Rapporto CESI C0003987 [26] sono descritte e dettagliate le indagini eseguite nell’area Lago di Castelnuovo sponda Est (MA04); nel presente paragrafo verranno sintetizzati i risultati ottenuti.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell’area di scavo, sono stati prelevati n. 35 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
A04/01	A04/01-1	0,0 – 1,0
	A04/01-2	1,0 – 1,5
A04/02	A04/02-1	0,0 – 1,0
	A04/03-1	0,0 – 1,0
A04/03	A04/03-2	1,0 – 2,0
	A04/03-3	2,0 – 3,0
	A04/04-1	0,0 – 1,0
A04/04	A04/04-2	4,0 – 5,0
	A04/04-3	9,0 – 10,0
	A04/05	A04/05-1
A04/05-2		4,0 – 5,0

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
A04/06	A04/05-3	9,0 – 10,0
	A04/06-1	0,0 – 1,0
A04/07	A04/06-2	4,0 – 5,0
	A04/06-3	9,0 – 10,0
A04/08	A04/07-1	0,0 – 1,0
	A04/07-2	4,0 – 5,0
	A04/07-3	9,0 – 10,0
A04/09	A04/08-1	0,0 – 1,0
	A04/08-2	4,0 – 5,0
	A04/08-3	9,0 – 10,0
A04/09	A04/09-1	0,0 – 1,0

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
	A04/09-2	4,0 – 5,0
	A04/09-3	9,0 – 10,0
	A04/10-1	0,0 – 1,0
<b>A04/10</b>	A04/10-2	4,0 – 5,0
	A04/10-3	9,0 – 10,0
	A04/11-1	0,0 – 1
<b>A04/11</b>	A04/11-2	2,0 – 3,0

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
	A04/11-3	5,0 – 6,0
	A04/12-1	0,0 – 1,0
	A04/12-2	2,0 – 3,0
<b>A04/12</b>	A04/12-3	5,0 – 6,0
	A04/13-1	0,0 – 1,0
<b>A04/13</b>	A04/14-1	0,0 – 1,0
<b>A04/14</b>		

**Tabella 21** – Sub-area Lago di Castelnuovo sponda Est (MA04): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell’area di scavo e destino.

Per i soli punti d’indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per i parametri:

- Berillio, in n° 3 campioni;
- Cobalto, in n° 2 campioni;
- Cromo Totale, in n° 18 campioni;
- Vanadio, in n° 22 campioni;
- Idrocarburi Pesanti C>12, in n° 19 campioni.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d’uso verde pubblico, privato e residenziale.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d’uso verde pubblico, privato e residenziale.

		Berillio	Cobalto	Cromo Totale	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]					
A04/02-1	0,0 - 1,0	2,1*	---	---	92	---
A04/03-1	0,0 - 1,0	2,3*	20,4*	---	102	77
A04/03-2	1,0 - 2,0	---	20,4*	---	104	---
A04/03-3	2,0 - 3,0	2,1*	---	---	102	58
A04/04-1	0,0 - 1,0	2,1*	---	168	97	52
A04/04-2	4,0 – 5,0	2,3*	---	157	97	---
A04/04-3	9,0 – 10,0	2,4*	21	154	115	---
A04/05-1	0,0 - 1,0	2,2*	20,4*	153	111	---
A04/05-2	4,0 – 5,0	3	---	157	106	---
A04/05-3	9,0 – 10,0	2,3*	---	---	100	---

		Berillio	Cobalto	Cromo Totale	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]					
A04/06-1	0,0 - 1,0	2,2*	---	---	---	---
A04/06-2	4,0 - 5,0	2,4*	20,2*	153	106	64
A04/06-3	9,0 - 10,0	3	---	---	105	---
A04/07-1	0,0 - 1,0	---	---	158	95	60
A04/07-2	4,0 - 5,0	2,4*	---	173	100	190
A04/07-3	9,0 - 10,0	---	---	---	---	59
A04/08-1	0,0 - 1,0	---	---	---	---	88
A04/08-2	4,0 - 5,0	2,1*	---	160	97	162
A04/08-3	9,0 - 10,0	---	---	---	---	63
A04/09-1	0,0 - 1,0	2,3*	---	164	---	---
A04/09-2	4,0 - 5,0	2,3*	---	163	91	494
A04/09-3	9,0 - 10,0	---	---	---	---	592
A04/10-1	0,0 - 1,0	2,2*	---	---	---	95
A04/10-2	4,0 - 5,0	---	---	168	---	66
A04/10-3	9,0 - 10,0	2,1*	---	174	92	54
A04/11-1	0,0 - 1,0	2,2*	---	166	104	---
A04/11-2	2,0 - 3,0	2,3*	21	172	117	54
A04/11-3	5,0 - 6,0	3	---	176	114	67
A04/12-1	0,0 - 1,0	2,4*	---	161	---	---
A04/12-2	2,0 - 3,0	2,2*	---	173	95	---
A04/12-3	5,0 - 6,0	---	---	---	---	265
A04/13-1	0,0 - 1,0	---	---	---	100	93
A04/14-1	0,0 - 1,0	---	---	159	---	---

\* valore superiore al limite di riferimento ma che se approssimato al numero di decimali con cui è definito il limite di legge assume un valore pari al limite stesso, configurandosi conseguentemente come un "non superamento".

In verde, campioni destinati alla caratterizzazione dello stato di qualità dei suoli delle aree di destino.

**Tabella 22** – Sub-area Lago di Castelnuovo sponda Est (MA04): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo e destino.

Tutti i campioni prelevati sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

Inoltre, nella sub-area MA04 è stato effettuato il test di cessione in n° 6 campioni di terreno e nella seguente tabella sono riportati i superamenti riscontrati.

		Antimonio	Nichel
		µg/l	µg/l
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>5</b>	<b>20</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]		
<b>A04/05-1</b>	0,0 - 1,0	--	<b>24</b>
<b>A04/07-2</b>	1,0 - 2,0	<b>7</b>	--
<b>A04/11-1</b>	0,0 - 1,0	--	<b>22</b>

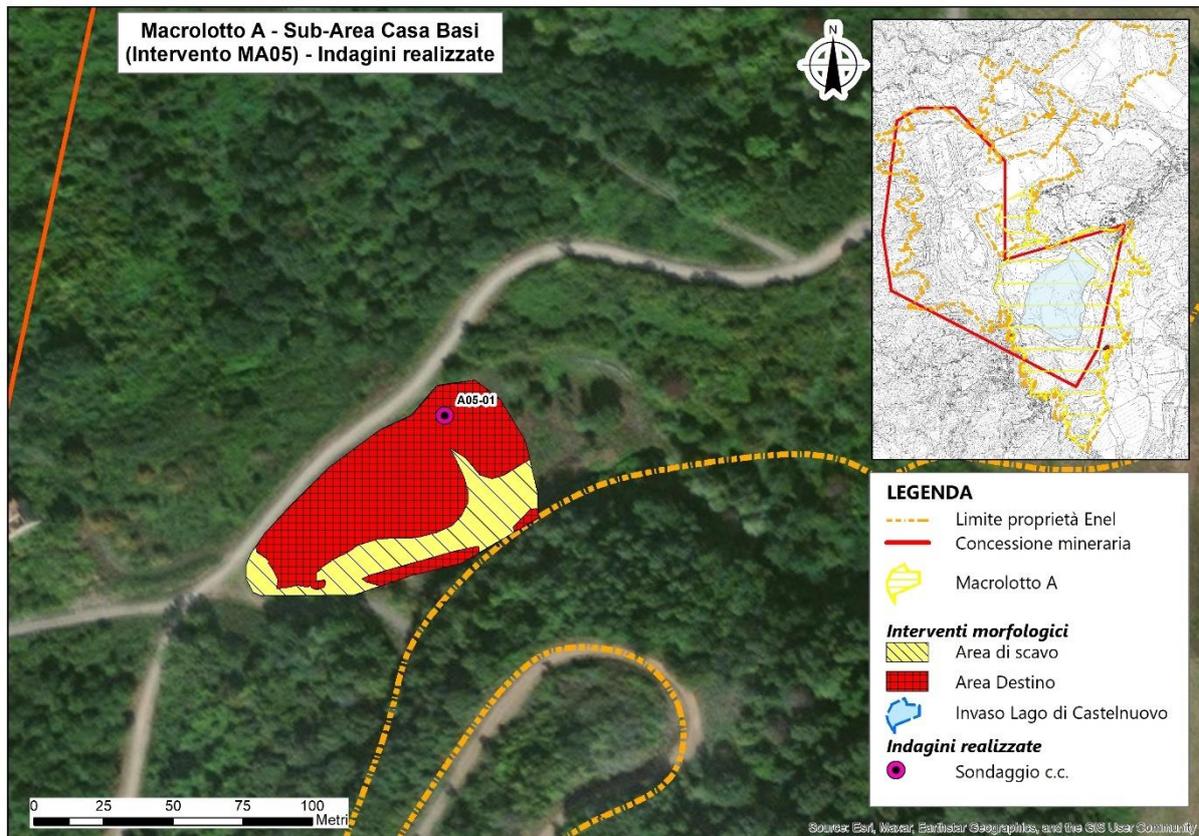
**Tabella 23** – Sub-area Lago di Castelnuovo sponda Est (MA04): sintesi dei superamenti delle CSC negli eluati del test di cessione.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC delle acque sotterranee previste dalla Tabella 2, Allegato V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

### 6.1.5 Casa Basi (MA05)

L'area in esame è stata oggetto di indagini ambientali di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo che sono state eseguite nel 2019, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017.

In particolare, sulla base delle possibili profondità d'intervento previste, è stata definita e concordata con le Autorità di Controllo l'esecuzione di n. 1 sondaggio, spinti fino a profondità massima di 1,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.



**Figura 32** – Sub-area MA05 Casa Bassi: ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Nel Rapporto CESI C2018265 [24] sono descritte e dettagliate le indagini eseguite nell’area Casa Bassi (MA05); nel presente paragrafo verranno sintetizzati i risultati ottenuti.

Sulla verticale del sondaggio è stato effettuato il prelievo di 1 campione:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna.

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell’area di scavo, è stato prelevato n. 1 campione di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
A05/01	A05/01-1	0,0 – 1,0

**Tabella 24** – Sub-area Casa Bassi (MA05): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell’area di scavo e destino.

Per i solo punti d’indagine coinvolto nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nel campione di suolo prelevato è stato misurato il superamento della CSC per il parametro:

- Vanadio, in n° 1 campione.

La tabella seguente sintetizza il superamento dei limiti normativi previsti dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d’uso verde pubblico, privato e residenziale.

		Berillio	Vanadio
		mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>90</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]		
<b>A05/01-1</b>	0,0 -1,0	2,4*	<b>104</b>

\* valore superiore al limite di riferimento ma che se approssimato al numero di decimali con cui è definito il limite di legge assume un valore pari al limite stesso, configurandosi conseguentemente come un "non superamento".

In verde, campioni destinati alla caratterizzazione dello stato di qualità dei suoli delle aree di destino.

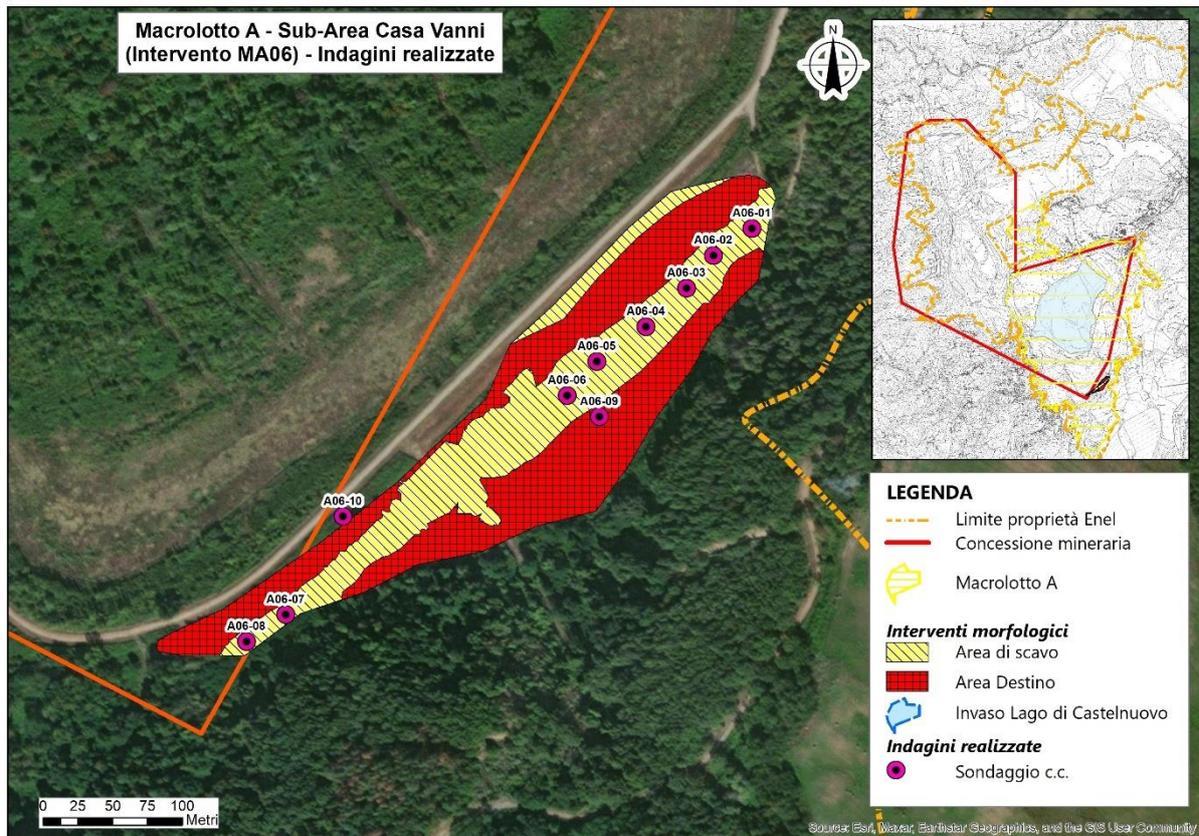
**Tabella 25** – Sub-area Casa Basi (MA05): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo e di destino.

Tutti i campioni prelevati sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

### 6.1.6 Casa Vanni (MA06)

L'area in esame è stata oggetto di indagini ambientali di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo che sono state eseguite nel 2019, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017.

In particolare, sulla base delle possibili profondità d'intervento previste, è stata definita e concordata con le Autorità di Controllo l'esecuzione di n. 10 sondaggi, spinti fino a profondità massima di 4,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.



**Figura 33** – Sub-area MA06 Casa Vanni: ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Nel Rapporto CESI C0003987 [26] sono descritte e dettagliate le indagini eseguite nell’area Casa Vanni (MA06); nel presente paragrafo verranno sintetizzati i risultati ottenuti.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell’area di scavo, sono stati prelevati n. 26 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
A06/01	A06/01-1	0,0 – 1,0
	A06/01-2	2,0 – 3,0
	A06/01-3	3,0 – 4,0
A06/02	A06/02-1	0,0 – 1,0
	A06/02-2	2,0 – 3,0
	A06/02-3	3,0 – 4,0
A06/03	A06/03-1	0,0 – 1,0
	A06/03-2	2,0 – 3,0
	A06/03-3	3,0 – 4,0
A06/04	A06/04-1	0,0 – 1,0
	A06/04-2	2,0 – 3,0

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
A06/05	A06/04-3	3,0 – 4,0
	A06/05-1	0,0 – 1,0
	A06/05-2	2,0 – 3,0
A06/06	A06/05-3	3,0 – 4,0
	A06/06-1	0,0 – 1,0
A06/07	A06/06-2	2,0 – 3,0
	A06/06-3	3,0 – 4,0
A06/08	A06/07-1	0,0 – 1,0
	A06/07-2	2,0 – 3,0
	A06/07-3	3,0 – 4,0
A06/08	A06/08-1	0,0 – 1,0

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
	A06/08-2	2,0 – 3,0
	A06/08-3	3,0 – 4,0

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
<b>A06/09</b>	A04/09-1	0,0 – 1,0
<b>A06/10</b>	A04/10-1	0,0 – 1,0

**Tabella 26** – Sub-area Casa Vanni (MA06): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell’area di scavo e destino.

Per i soli punti d’indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per i parametri:

- Berillio, in n° 8 campioni;
- Cobalto, in n° 9 campioni;
- Cromo Totale, in n° 22 campioni;
- Vanadio, in n° 26 campioni;
- Idrocarburi Pesanti C>12, in n° 7 campioni.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d’uso verde pubblico, privato e residenziale.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d’uso *verde* pubblico, privato e residenziale.

		Berillio	Cobalto	Cromo Totale	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]					
A06/01-1	0,0 – 1,0	2,3*	---	---	97	---
A06/01-2	2,0 – 3,0	3	---	156	102	---
A06/01-3	3,0 – 4,0	2,3*	---	---	96	---
A06/02-1	0,0 – 1,0	2,4*	---	157	102	---
A06/02-2	2,0 – 3,0	2,4*	---	155	99	---
A06/02-3	3,0 – 4,0	2,4*	20,4*	155	103	---
A06/03-1	0,0 – 1,0	3	---	169	110	---
A06/03-2	2,0 – 3,0	2,3*	---	155	100	76
A06/03-3	3,0 – 4,0	2,4*	21	153	101	52
A06/04-1	0,0 – 1,0	3	21	157	104	---
A06/04-2	2,0 – 3,0	2,3*	22	157	102	59
A06/04-3	3,0 – 4,0	2,4*	---	167	113	---
A06/05-1	0,0 – 1,0	2,2*	---	161	109	---
A06/05-2	2,0 – 3,0	3	23	165	111	71

		Berillio	Cobalto	Cromo Totale	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]					
A06/05-3	3,0 – 4,0	3	22	---	102	94
A06/06-1	0,0 – 1,0	2,3*	21	155	108	---
A06/06-2	2,0 – 3,0	3	---	161	104	56
A06/06-3	3,0 – 4,0	2,4*	---	---	98	86
A06/07-1	0,0 – 1,0	2,1*	23	163	112	---
A06/07-2	2,0 – 3,0	2,4*	---	157	111	---
A06/07-3	3,0 – 4,0	2,3*	21	152	107	---
A06/08-1	0,0 – 1,0	2,3*	---	152	106	---
A06/08-2	2,0 – 3,0	2,3*	---	154	108	---
A06/08-3	3,0 – 4,0	3	---	162	112	---
A06/09-1	0,0 – 1,0	3	---	169	112	---
A06/10-1	0,0 – 1,0	---	22	166	116	---

\* valore superiore al limite di riferimento ma che se approssimato al numero di decimali con cui è definito il limite di legge assume un valore pari al limite stesso, configurandosi conseguentemente come un "non superamento".

In verde, campioni destinati alla caratterizzazione dello stato di qualità dei suoli delle aree di destino.

**Tabella 27** – Sub-area Casa Vanni (MA06): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo e destino.

Tutti i campioni prelevati sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

Inoltre, nella sub-area MA06 è stato effettuato il test di cessione in n° 4 campioni di terreno e nella seguente tabella sono riportati i superamenti riscontrati.

		Antimonio	Nichel
		µg/l	µg/l
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>5</b>	<b>20</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]		
A06/01-1	0,0 - 1,0	--	57
A06/03-2	2,0 - 3,0	--	56
A06/07-1	0,0 - 1,0	23	34

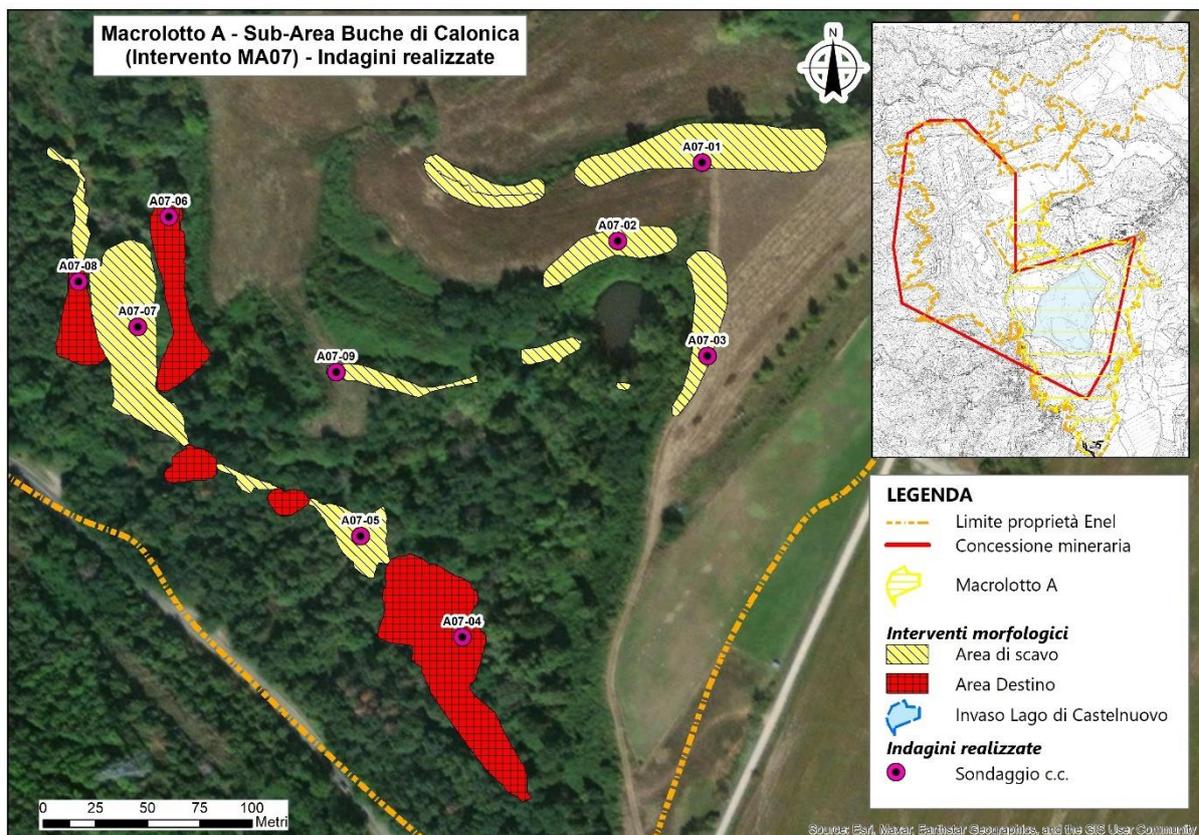
**Tabella 28** – Sub-area Casa Vanni: sintesi dei superamenti delle CSC negli eluati del test di cessione.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC delle acque sotterranee previste dalla Tabella 2, Allegato V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

### 6.1.7 Buche di Calonica (MA07)

L'area in esame è stata oggetto di indagini ambientali di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo che sono state eseguite nel 2020, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017.

In particolare, sulla base delle possibili profondità d'intervento previste, è stata definita e concordata con le Autorità di Controllo l'esecuzione di n. 9 sondaggi, spinti fino a profondità massima di 4,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.



**Figura 34** – Sub-area MA07 Buca di Calonica: ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Nel Rapporto CESI C0003987 [26] sono descritte e dettagliate le indagini eseguite nell'area Buche di Calonica (MA07); nel presente paragrafo verranno sintetizzati i risultati ottenuti.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell'area di scavo, sono stati prelevati n. 16 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
A07/01	A07/01-1	0,0 – 1,0
	A07/01-2	1,0 – 2,0
A07/02	A07/02-1	0,0 – 1,0
	A07/02-2	1,0 – 2,0
A07/03	A07/03-1	0,0 – 1,0
	A07/03-2	1,0 – 2,0
A07/04	A07/04-1	0,0 – 1,0
A07/05	A07/05-1	0,0 – 1,0
	A07/05-2	1,0 – 2,0

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
A07/06	A07/06-1	0,0 – 1,0
	A07/07-1	0,0 – 1,0
A07/07	A07/07-2	1,0 – 2,0
	A07/07-3	2,0 – 3,0
A07/08	A07/08-1	0,0 – 1,0
A07/09	A07/09-1	0,0 – 1,0
	A07/10-1	0,0 – 1,0

**Tabella 29** – Sub-area Buche di Calonica (MA07): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo e destino.

Per i soli punti d'indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per i parametri:

- Cobalto, in n° 3 campioni;
- Cromo Totale, in n° 6 campioni;
- Nichel, in n° 1 campione;
- Vanadio, in n° 6 campioni;
- Idrocarburi Pesanti C>12, in n° 2 campioni.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

		Berillio	Cobalto	Cromo Totale	Nichel	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
CSC (All. 5 tab.1 col. A)		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>120</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]						
A7/01-1	0,0 – 1,0	2,1*	---	---	---	94	---
A7/01-2	1,0 – 2,0	2,1*	---	---	---	92	---
A7/02-1	0,0 – 1,0	2,1*	---	155	---	100	---
A7/02-2	1,0 – 2,0	2,2*	---	154	---	98	---
A7/04-1	0,0 – 1,0	2,1*	---	170	---	---	65
A7/05-1	0,0 – 1,0	---	35	---	---	---	---
A7/05-2	1,0 – 2,0	---	---	---	---	---	---
A7/06-1	0,0 – 1,0	2,2*	---	156	---	96	---
A7/07-1	0,0 – 1,0	---	---	156	---	---	---

		Berillio	Cobalto	Cromo Totale	Nichel	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>120</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]						
A7/07-2	1,0 – 2,0	---	<b>37</b>	---	---	---	---
A7/08-1	0,0 – 1,0	---	<b>21</b>	<b>160</b>	<b>129</b>	---	---
A7/09-1	0,0 – 1,0	2,3*	---	---	---	<b>95</b>	---
A7/09-2	1,0 - 1,5	---	---	---	---	---	<b>51</b>

\* valore superiore al limite di riferimento ma che se approssimato al numero di decimali con cui è definito il limite di legge assume un valore pari al limite stesso, configurandosi conseguentemente come un "non superamento".

In verde, campioni destinati alla caratterizzazione dello stato di qualità dei suoli delle aree di destino.

**Tabella 30** – Sub-area Buche di Calonica (MA07): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo e destino.

Tutti i campioni prelevati sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

Inoltre, nella sub-area MA07 è stato effettuato il test di cessione in n° 4 campioni di terreno e nella seguente tabella sono riportati i superamenti riscontrati.

		Nichel
		µg/l
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>20</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]	
A7/01-1	0,0 - 1,0	<b>54</b>
A7/03-2	1,0 - 2,0	<b>153</b>

**Tabella 31** – Sub-area Buche di Calonica: sintesi dei superamenti delle CSC negli eluati del test di cessione.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC delle acque sotterranee previste dalla Tabella 2, Allegato V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

### 6.1.8 Cave Vecchie (MA08)

L'area in esame è stata oggetto di indagini ambientali di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo che sono state eseguite in più fasi dal 2017 al 2020, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017.

In particolare, sulla base delle possibili profondità d'intervento previste, è stata definita e concordata con le Autorità di Controllo l'esecuzione di n. 23 sondaggi, spinti fino a profondità massima di 8,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.

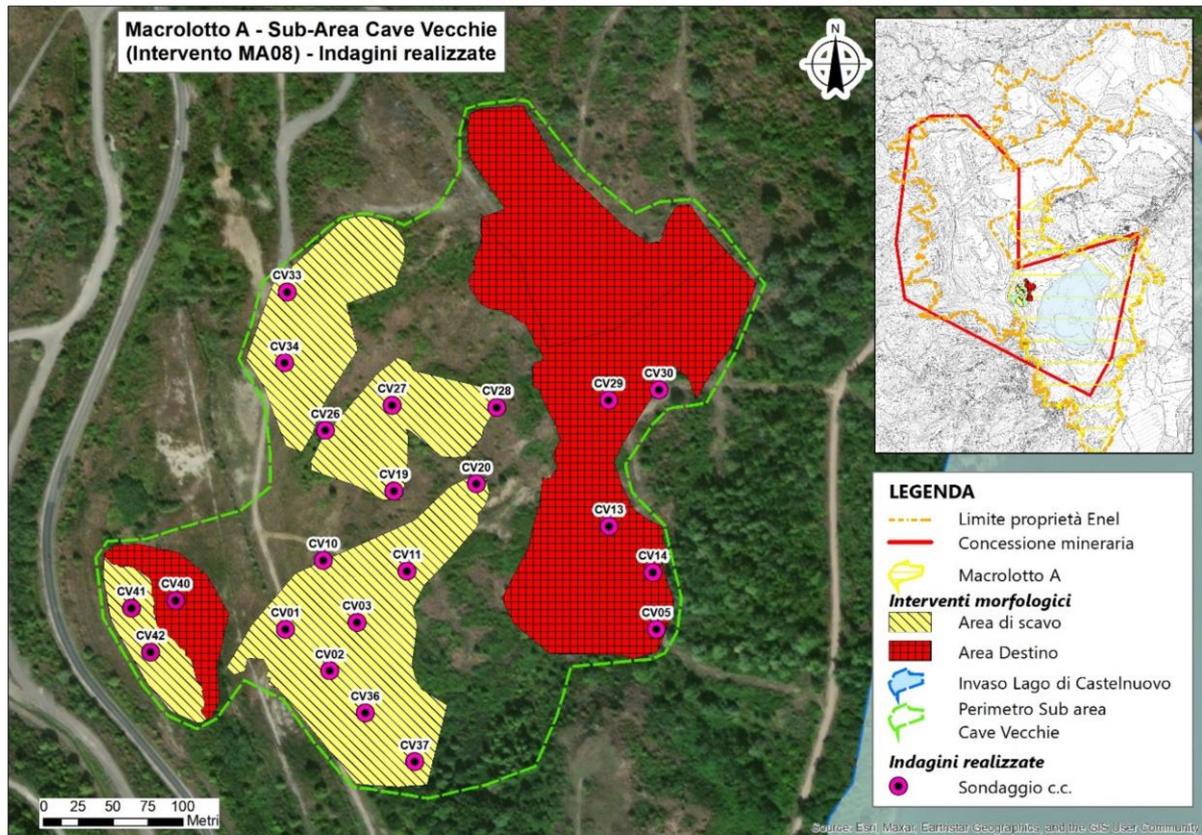


Figura 35 – Sub-area MA08 Cave Vecchie: ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Nei Rapporti CESI C0003987 [26] e CESI C0014878 [28] sono descritte e dettagliate le indagini eseguite nell'area Cave Vecchie (MA08); nel presente paragrafo verranno sintetizzati i risultati ottenuti.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell'area di scavo, sono stati prelevati n. 65 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
CV01	CV01-1	0,0 – 1,0
	CV01-2	4,0 – 5,0
	CV01-3	7,0 – 8,0
CV02	CV02-1	0,0 – 1,0
	CV02-2	4,0 – 5,0
	CV02-3	7,0 – 8,0

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
CV26	CV26-1	0,0 – 1,0
	CV26-2	4,0 – 5,0
	CV26-3	7,0 – 8,0
CV27	CV27-1	0,0 – 1,0
	CV27-2	4,0 – 5,0
	CV27-3	7,0 – 8,0

<b>CV03</b>	CV03-1	0,0 – 1,0
	CV03-2	4,0 – 5,0
	CV03-3	7,0 – 8,0
<b>CV05</b>	CV05-1	0,0 – 1,0
	CV05-2	2,0 – 3,0
	CV05-3	3,0 – 4,0
<b>CV10</b>	CV10-1	0,0 – 1,0
	CV10-2	4,0 – 5,0
	CV10-3	7,0 – 8,0
<b>CV11</b>	CV11-1	0,0 – 1,0
	CV11-2	4,0 – 5,0
	CV11-3	7,0 – 8,0
<b>CV13</b>	CV13-1	0,0 – 1,0
	CV13-2	2,0 – 3,0
	CV13-3	3,0 – 4,0
<b>CV14</b>	CV14-1	0,0 – 1,0
	CV14-2	2,0 – 3,0
	CV14-3	3,0 – 4,0
<b>CV19</b>	CV19-1	0,0 – 1,0
	CV19-2	4,0 – 5,0
	CV19-3	7,0 – 8,0
<b>CV20</b>	CV20-1	0,0 – 1,0
	CV20-2	4,0 – 5,0
	CV20-3	7,0 – 8,0

<b>CV28</b>	CV28-1	0,0 – 1,0
	CV28-2	4,0 – 5,0
	CV28-3	7,0 – 8,0
<b>CV29</b>	CV29-1	0,0 – 1,0
	CV29-2	2,0 – 3,0
	CV29-3	3,0 – 4,0
<b>CV30</b>	CV30-1	0,0 – 1,0
	CV30-2	2,0 – 3,0
	CV30-3	3,0 – 4,0
<b>CV33</b>	CV33-1	0,0 – 1,0
	CV33-2	2,0 – 3,0
	CV33-3	3,0 – 4,0
<b>CV34</b>	CV34-1	0,0 – 1,0
	CV34-2	2,0 – 3,0
	CV34-3	3,0 – 4,0
<b>CV36</b>	CV36-1	0,0 – 1,0
	CV36-2	3,0 – 4,0
	CV36-3	6,0 – 7,0
<b>CV37</b>	CV37-1	0,0 – 1,0
	CV37-2	3,0 – 4,0
	CV37-3	6,0 – 7,0
<b>CV38</b>	CV38-1	0,0 – 1,0
<b>CV40</b>	CV40-1	0,0 – 1,0
<b>CV41</b>	CV41-1	0,0 – 1,0
	CV41-2	1,0 – 2,0
<b>CV42</b>	CV42-1	0,0 – 1,0
	CV42-2	1,0 – 2,0

**Tabella 32** – Sub-area Cave Vecchie (MA08): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell’area di scavo e destino.

Per i soli punti d’indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per i parametri:

- Berillio, in n° 1 campione;
- Cobalto, in n° 3 campioni;
- Vanadio, in n° 7 campioni;
- Idrocarburi Pesanti C>12, in n° 16 campioni.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d’uso verde pubblico, privato e residenziale.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d’uso verde pubblico, privato e residenziale.

		Berillio	Cobalto	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]				
CV05-3	0,0 – 1,0	---	---	---	142
CV13-1	1,0 – 2,0	---	---	---	56
CV13-2	0,0 – 1,0	---	---	---	260
CV13-3	1,0 – 2,0	---	---	---	101
CV14-1	0,0 – 1,0	---	---	---	65
CV14-2	2,0 – 3,0	---	---	---	445
CV14-3	3,0 – 4,0	---	---	---	588
CV20-1	0,0 – 1,0	---	22	---	---
CV23-1	0,0 – 1,0	---	---	---	217
CV23-2	2,0 – 3,0	---	---	---	233
CV29-1	0,0 – 1,0	---	---	---	365
CV29-2	2,0 – 3,0	---	---	---	208
CV29-3	3,0 – 4,0	---	---	---	167
CV30-1	0,0 – 1,0	---	---	---	135
CV30-2	2,0 – 3,0	---	---	---	82
CV30-3	3,0 – 4,0	---	---	---	86
CV34-3	3,0 – 4,0	---	---	96	---
CV36-2	3,0 – 4,0	---	---	90	---
CV36-3	6,0 – 7,0	---	---	96	---
CV37-1	0,0 – 1,0	---	21	100	---
CV37-2	3,0 – 4,0	---	---	111	---
CV37-3	6,0 – 7,0	---	20,2*	103	---
CV38-1	0,0 – 1,0	3	---	105	86
CV41-1	0,0 – 1,0	2,1*	21	---	---

\* valore superiore al limite di riferimento ma che se approssimato al numero di decimali con cui è definito il limite di legge assume un valore pari al limite stesso, configurandosi conseguentemente come un "non superamento".

In verde. campioni destinati alla caratterizzazione dello stato di qualità dei suoli delle aree di destino.

**Tabella 33** – Sub-area Cave Vecchie (MA08): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo e destino.

Tutti i campioni prelevati sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

Inoltre, nella sub-area MA08 è stato effettuato il test di cessione in n° 8 campioni di terreno e nella seguente tabella sono riportati i superamenti riscontrati.

		Antimonio	Nichel	Selenio	Arsenico
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>5</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]				
CV02-2	4,0 - 5,0	--	32	--	--
CV21-3	7,0 - 8,0	--	22	12	19
CV33-1	0,0 - 1,0	5	--	--	--

**Tabella 34** – Sub-area Cave Vecchie: sintesi dei superamenti delle CSC negli eluati del test di cessione.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC delle acque sotterranee previste dalla Tabella 2, Allegato V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

### 6.1.9 Le Piagge (MA09)

L'area in esame è stata oggetto di indagini ambientali di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo che sono state eseguite in più fasi dal 2017 al 2020, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017.

In particolare, sulla base delle possibili profondità d'intervento previste, è stata definita e concordata con le Autorità di Controllo l'esecuzione di n. 23 sondaggi, spinti fino a profondità massima di 8,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.

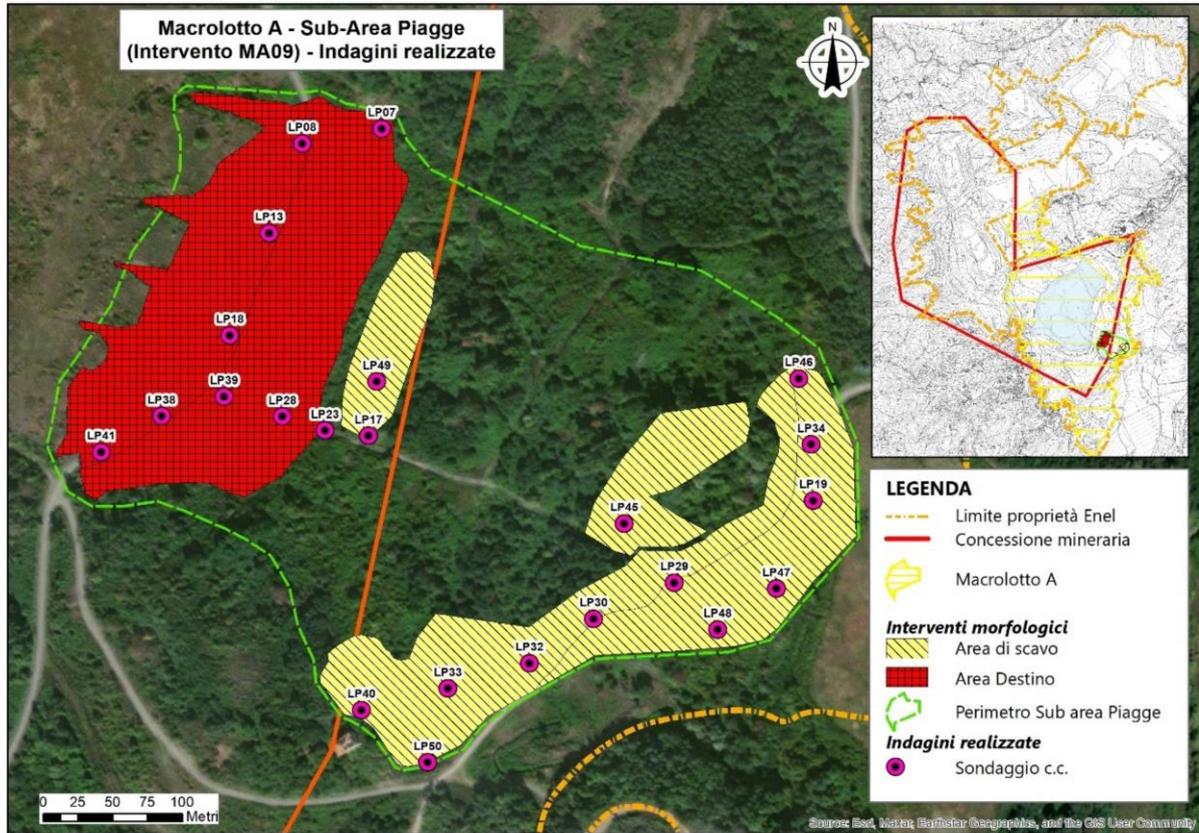


Figura 36 – Sub-area MA09 Le Piagge: ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Nel Rapporto CESI C0003987 [26] sono descritte e dettagliate le indagini eseguite nella sub-area Le Piagge (MA09); nel presente paragrafo verranno sintetizzati i risultati ottenuti.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell'area di scavo, sono stati prelevati n. 67 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
LP07	LP07-1	0,0 – 1,0
	LP07-2	2,0 – 3,0
	LP07-3	3,0 – 4,0
LP08	LP08-1	0,0 – 1,0
	LP08-2	2,0 – 3,0
	LP08-3	3,0 – 4,0
LP13	LP13-1	0,0 – 1,0
	LP13-2	1,5 – 2,5
LP15	LP15-1	0,0 – 1,0
	LP15-2	4,0 – 5,0
	LP15-3	7,0 – 8,0

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
LP32	LP32-1	0,0 – 1,0
	LP32-2	4,0 – 5,0
	LP32-3	7,0 – 8,0
LP33	LP33-1	0,0 – 1,0
	LP33-2	4,0 – 5,0
	LP33-3	7,0 – 8,0
LP34	LP34-1	0,0 – 1,0
	LP34-2	4,0 – 5,0
	LP34-3	7,0 – 8,0
LP38	LP38-1	0,0 – 1,0

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
LP17	LP17-1	0,0 – 1,0
	LP17-2	2,0 – 3,0
	LP17-3	3,0 – 4,0
LP18	LP18-1	0,0 – 1,0
	LP18-2	2,0 – 3,0
	LP18-3	3,0 – 4,0
LP19	LP19-1	0,0 – 1,0
	LP19-2	4,0 – 5,0
	LP19-3	7,0 – 8,0
LP23	LP23-1	0,0 – 1,0
	LP23-2	2,0 – 3,0
	LP23-3	3,0 – 4,0
LP24	LP24-1	0,0 – 1,0
	LP24-2	2,0 – 3,0
	LP24-3	3,0 – 4,0
LP28	LP28-1	0,0 – 1,0
	LP28-2	2,0 – 3,0
	LP28-3	3,0 – 4,0
LP29	LP29-1	0,0 – 1,0
	LP29-2	4,0 – 5,0
	LP29-3	7,0 – 8,0
LP30	LP30-1	0,0 – 1,0
	LP30-2	4,0 – 5,0
	LP30-3	6,4 – 7,4

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
	LP38-2	1,5 – 2,5
	LP38-3	3,0 – 4,0
LP39	LP39-1	0,0 – 1,0
	LP39-2	1,5 – 2,5
	LP39-3	3,0 – 4,0
LP40	LP40-1	0,0 – 1,0
	LP40-2	4,0 – 5,0
	LP40-3	7,0 – 8,0
LP41	LP41-1	0,0 – 1,0
	LP41-2	1,5 – 2,5
	LP41-3	2,5 – 3,5
LP45	LP45-1	0,0 – 1,0
	LP45-2	2,0 – 3,0
	LP45-3	3,0 – 4,0
LP46	LP46-1	0,0 – 1,0
	LP46-2	4,0 – 5,0
	LP46-3	9,0 – 10,0
LP47	LP47-1	0,0 – 1,0
	LP47-2	4,0 – 5,0
	LP47-3	9,0 – 10,0
LP48	LP48-1	0,0 – 1,0
	LP48-2	4,0 – 5,0
	LP48-3	9,0 – 10,0
LP49	LP49-1	0,0 – 1,0
	LP49-2	1,0 – 2,0
LP50	LP50-1	0,0 – 1,0
	LP50-2	4,0 – 5,0
	LP50-3	9,0 – 10,0

**Tabella 35** – Sub-area Le Piagge (MA09): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo e destino.

Per i soli punti d'indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per i parametri:

- Berillio, in n° 4 campioni;
- Cobalto, in n°1 campione;
- Cromo Totale, in n° 6 campioni;
- Nichel, in n° 2 campioni;
- Vanadio, in n° 5 campioni;
- Idrocarburi Pesanti C>12, in n° 30 campioni.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

		Berillio	Cobalto	Cromo Totale	Nichel	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>120</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]						
LP17-2	2,0 – 3,0	---	---	---	---	---	53
LP19-2	4,0 – 5,0	---	---	---	---	---	466
LP19-3	7,0 – 8,0	---	---	---	---	---	111
LP24-1	0,0 – 1,0	---	---	---	---	---	83
LP29-1	0,0 – 1,0	---	---	---	---	---	81
LP29-2	4,0 – 5,0	---	---	---	---	---	176
LP29-3	7,0 – 8,0	---	---	---	---	---	194
LP30-3	6,4 – 7,4	---	---	---	---	---	64
LP33-1	0,0 – 1,0	---	---	---	---	---	58
LP33-2	4,0 – 5,0	---	---	---	---	---	138
LP33-3	7,0 – 8,0	---	---	---	---	---	336
LP34-1	0,0 – 1,0	---	---	---	---	---	171
LP34-2	4,0 – 5,0	---	---	---	---	---	85
LP34-3	7,0 – 8,0	3	---	---	---	---	---
LP38-2	4,0 – 5,0	---	---	---	---	---	96
LP38-3	7,0 – 8,0	---	---	---	---	---	86
LP39-2	2,0 – 3,0	---	---	---	---	---	65
LP39-3	3,0 – 4,0	---	---	---	---	---	54
LP40-2	4,0 – 5,0	---	---	---	---	---	161
LP40-3	7,0 – 8,0	---	---	---	---	---	266
LP45-2	1,0 – 2,0	---	---	163	---	---	110
LP45-3	3,0 – 4,0	---	---	165	---	93	400
LP46-1	0,0 – 1,0	---	---	---	---	---	110
LP46-2	4,0 – 5,0	3	21	195	131	109	57
LP46-3	9,0 – 10,0	---	---	---	---	93	---
LP47-2	4,0 – 5,0	---	---	---	---	---	175
LP47-3	9,0 – 10,0	3	---	169	---	128	72
LP48-1	0,0 – 1,0	---	---	---	---	---	206
LP48-2	4,0 – 5,0	---	---	---	---	---	131
LP48-3	9,0 – 10,0	3	---	168	---	113	183
LP49-1	0,0 – 1,0	---	---	---	---	---	88
LP49-2	1,0 – 2,0	---	---	---	---	---	73

		Berillio	Cobalto	Cromo Totale	Nichel	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>120</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]						
LP50-2	4,0 – 5,0	---	---	<b>211</b>	<b>156</b>	---	---

In verde, campioni destinati alla caratterizzazione dello stato di qualità dei suoli delle aree di destino.

**Tabella 36** –Sub-area Le Piagge (MA09): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell’area di scavo e destino.

Tutti i campioni prelevati sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d’uso commerciale e industriale.

La progettazione del recupero ambientale dell’ex miniera di Santa Barbara ha richiesto modifiche di progetto durante gli anni per nuove esigenze emerse. Queste modifiche hanno portato alla modifica delle aree oggetto di scavo e destino delle terre e quindi alcuni sondaggi realizzati in alcune sub-aree (in particolare sub-aree Cave Vecchie, Le Piagge e Ronco) non ricadendo più all’interno della nuova perimetrazione degli interventi sono stati definiti “esodati”.

Nella sub-area Le Piagge sono presenti 34 sondaggi esodati e in uno di questi (LP36) è stato riscontrato un superamento di PCCD/PCDF (11,5 ng I-TEQ/kg s.s.) nel campione superficiale (LP36-1).

In merito a tale non conformità, nel parere tecnico del 08/03/2021 (prot. n. 0017123 [24]), ARPAT ha richiesto di effettuare una verifica per la conferma del dato mediante analisi della terza aliquota in contraddittorio con l’ente di controllo. Il contraddittorio ha confermato il superamento per il campione LP36-1 e ARPAT nel parere del 19/04/2022 (prot. 0029541 [8]) ha richiesto di dettagliare gli approfondimenti e le azioni da condurre in relazione al superamento di CSC/A per PPCDD/F osservati per tale campione. Si specifica che, tali approfondimenti saranno oggetto di una proposta d’indagine integrativa che sarà contenuta in un documento dedicato e che verrà sottoposto alla valutazione degli Enti di controllo preposti.

Inoltre, nella sub-area MA09 è stato effettuato il test di cessione in n° 13 campioni di terreno e nella seguente tabella sono riportati i superamenti riscontrati.

		Nichel	Arsenico
		µg/l	µg/l
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>20</b>	<b>10</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]		
LP40-3	7,0 - 8,0	--	<b>24</b>

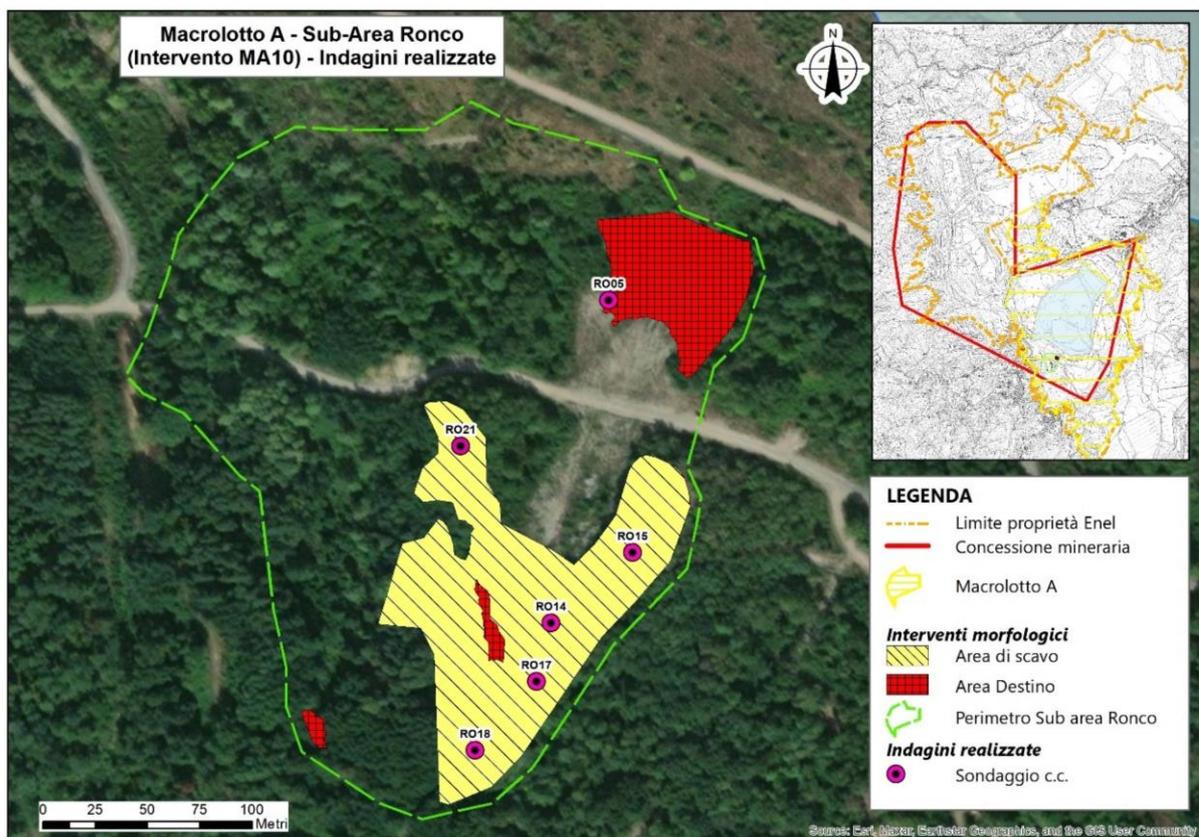
**Tabella 37** – Sub-area Cave Vecchie: sintesi dei superamenti delle CSC negli eluati del test di cessione.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC delle acque sotterranee previste dalla Tabella 2, Allegato V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

### 6.1.10 Ronco (MA10)

L'area in esame è stata oggetto di indagini ambientali di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017, che sono state realizzate in 3 distinte fasi: a dicembre 2017, giugno 2019 e luglio 2020.

In particolare, presso tale sub-area, sulla base delle possibili profondità d'intervento previste, è stata definita e concordata con le Autorità di Controllo l'esecuzione di n. 6 sondaggi, spinti fino a profondità massime comprese tra 1,0 e 8,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.



**Figura 37** – Sub-area Ronco (MA10): ubicazione dei sondaggi eseguiti.

Nei Rapporti CESI C0003987 [26] e CESI C0014878 [28] sono descritte e dettagliate le indagini di caratterizzazione eseguite presso la sub-area Ronco, nel presente paragrafo vengono riassunte le principali informazioni.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell'area di scavo, sono stati prelevati n. 18 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
RO05	RO05-1	0,0 – 1,0
	RO05-2	2,0 – 3,0
	RO05-3	3,0 – 4,0
RO14	RO14-1	0,0 – 1,0
	RO14-2	3,0 – 4,0
	RO14-3	5,0 – 6,0
RO15	RO15-1	0,0 – 1,0
	RO15-2	3,0 – 4,0
	RO15-3	5,0 – 6,0
RO17	RO17-1	0,0 – 1,0
	RO17-2	4,0 – 5,0
	RO17-3	7,0 – 8,0
RO18	RO18-1	0,0 – 1,0
	RO18-2	4,0 – 5,0
	RO18-3	7,0 – 8,0
RO21	RO21-1	0,0 – 1,0
	RO21-2	3,0 – 4,0
	RO21-3	5,0 – 6,0

**Tabella 38** – Sub-area Ronco (MA10): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo e destino.

Per i soli punti d'indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per i parametri:

- Cobalto, in n° 1 campione;
- Cromo Totale, in n° 10 campioni;
- Nichel, in n° 4 campioni;
- Vanadio, in n° 3 campioni;
- Idrocarburi Pesanti C>12, in n° 12 campioni.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D. Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

		Berillio	Cobalto	Cromo tot.	Nichel	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>120</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]						
RO05-1	0,0 – 1,0	---	---	---	---	---	<b>139</b>
RO05-2	2,0 – 3,0	---	---	---	---	---	<b>133</b>
RO05-3	3,0 – 4,0	---	---	---	---	---	<b>352</b>
RO14-3	5,0 – 6,0	---	---	---	<b>122</b>	---	---
RO15-1	0,0 – 1,0	---	---	<b>170</b>	---	---	<b>217</b>
RO15-2	3,0 – 4,0	---	---	---	---	---	<b>82</b>
RO15-3	5,0 – 6,0	---	---	---	---	---	<b>1374</b>
RO17-1	0,0 – 1,0	2,4*	20,8*	<b>152</b>	---	<b>108</b>	---
RO17-2	4,0 – 5,0	2,3*	---	<b>205</b>	<b>122</b>	<b>102</b>	---
RO18-1	0,0 – 1,0	---	---	---	---	---	<b>93</b>
RO18-2	4,0 – 5,0	---	---	---	---	---	<b>59</b>

		Berillio	Cobalto	Cromo tot.	Nichel	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>120</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]						
RO21-1	0,0 – 1,0	2,3*	---	---	---	93	---
RO21-2	3,0 – 4,0	2,2*	---	183	123	---	---

\* valore superiore al limite di riferimento ma che se approssimato al numero di decimali con cui è definito il limite di legge assume un valore pari al limite stesso, configurandosi conseguentemente come un "non superamento".

In verde, campioni destinati alla caratterizzazione dello stato di qualità dei suoli delle aree di destino.

**Tabella 39** – Sub-area Ronco (MA-10): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo e destino.

In merito alla concentrazione massima di Idrocarburi C>12 riscontrata nel campione RO15-3 (pari a 1.374 mg/Kg), si sottolinea che, nel Rapporto CESI C0003987 [26] sono riportati i risultati di un approfondimento d'indagine effettuato per confermare la naturalità delle elevate concentrazioni riscontrate nel campione prelevato. In particolare, i risultati analitici ottenuti hanno evidenziato come l'elevata concentrazione di Idrocarburi Pesanti C>12 registrata nel campione RO15-3 sia da attribuire alla presenza della lignite.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

Tutti i campioni prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

Il campione di suolo prelevato ai fini dell'esecuzione del test di cessione (campione con sigla RO18-2) è risultato conforme alle CSC delle acque sotterranee previste dalla Tabella 2, Allegato V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006. Si specifica che, nelle diverse fasi di indagine complessivamente eseguite in sito, sono stati prelevati ulteriori n. 7 campioni di suolo da sottoporre a test di cessione che a seguito di modifiche del progetto sono stati definiti "esodati" (poiché rappresentativi di porzioni di suolo non più coinvolte nelle movimentazioni). Tali campioni hanno evidenziato alcuni superamenti dei limiti del test di cessione, in particolare, per i parametri: Nichel (nei campioni RO07-2 [1-2 m]; RO3-1 [0-1 m]; RO11-1 [0-1 m]), Selenio (nel campione RO09-3 [3-4 m]) e Piombo (nel campione RO13-2 [1-2 m]).

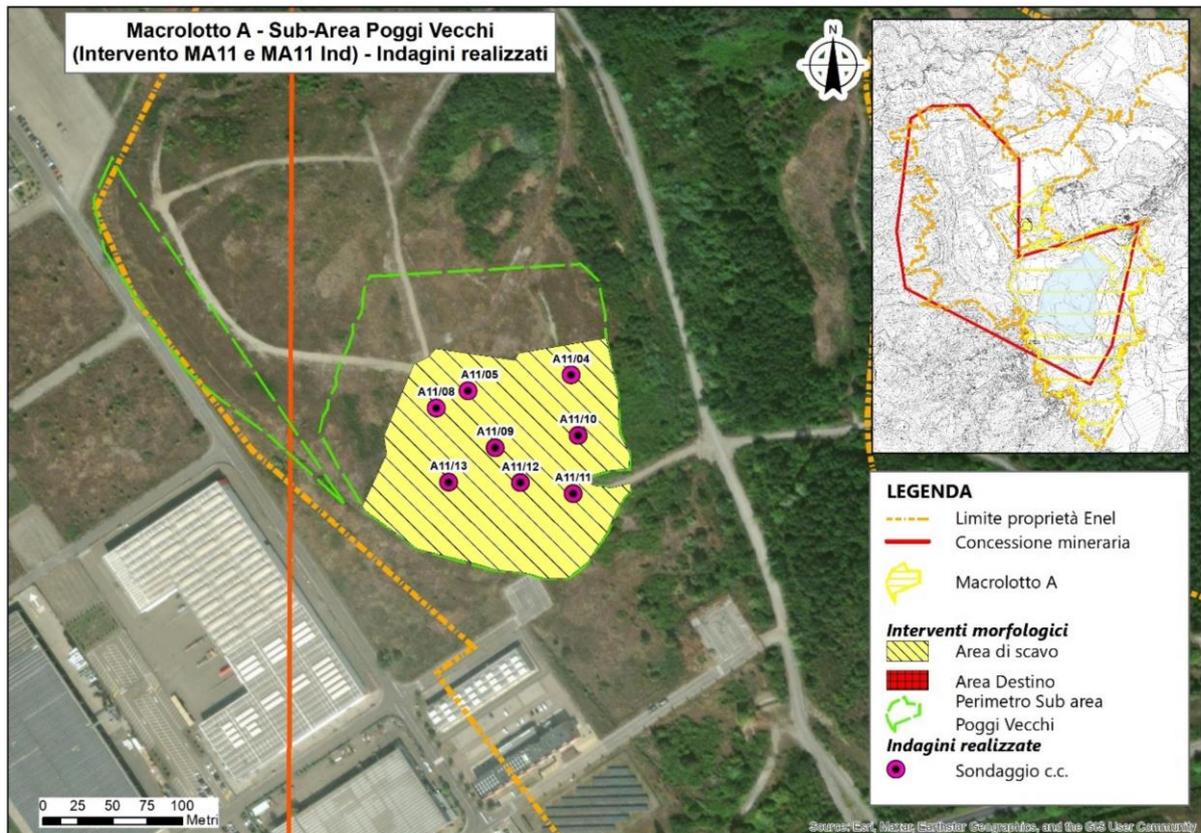
Ai fini della definizione delle movimentazioni di terre da porre a contatto con acque superficiali, per tale sub-area si è cautelativamente tenuto conto anche dei risultati analitici relativi ai campioni "esodati", in particolare in riferimento al parametro Nichel.

Le terre afferenti ad alcune porzioni della sub-area Ronco (aree in cui sono stati eseguiti i sondaggi R016, R019 e R020) saranno riutilizzate esternamente al sito per creare il capping della discarica di Tegolaia; nel Rapporto CESI C2015340 [10] è descritto il Piano di Utilizzo, elaborato ai sensi dell'art. 9 del D.P.R. 120/2017, in cui sono dettagliati i risultati delle caratterizzazioni delle terre coinvolte in tale progetto.

### 6.1.11 Poggi Vecchi (MA11) e Poggi Vecchi Industriale (MA-11Ind)

L'area in esame è stata oggetto di indagini ambientali di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017, che sono state realizzate nel 2019.

In particolare, presso tale sub-area, sulla base delle possibili profondità d'intervento previste, è stata definita e concordata con le Autorità di Controllo l'esecuzione di n. 19 sondaggi, spinti fino a profondità massime di 8,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.



**Figura 38** – Sub-area Poggi Vecchi (MA11 e MA11Ind): ubicazione sondaggi eseguiti.

Nel Rapporto CESI C0003987 [26] sono descritte e dettagliate le indagini di caratterizzazione eseguite presso la sub-area Poggi Vecchi (MA-11) e Poggi Vecchi Industriale (MA-11ind), nel presente paragrafo vengono riassunte le principali informazioni.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell'area di scavo, sono stati prelevati n. 57 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell'area di scavo, sono stati prelevati n. 33 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
A11/04	A11/04-1	0,0 – 1,0
	A11/04-2	2,0 – 3,0
	A11/04-3	3,0 – 4,0
A11/05	A11/05-1	0,0 – 1,0
	A11/05-2	2,0 – 3,0

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
A11/10	A11/10-1	0,0 – 1,0
	A11/10-2	2,0 – 3,0
	A11/10-3	3,0 – 4,0
A11/11	A11/11-1	0,0 – 1,0
	A11/11-2	4,0 – 5,0

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
<b>A11/08</b>	A11/05-3	3,0 – 4,0
	A11/08-1	0,0 – 1,0
	A11/08-2	4,0 – 5,0
	A11/08-3	7,0 – 8,0
<b>A11/09</b>	A11/09-1	0,0 – 1,0
	A11/09-2	1,5 – 2,5
	A11/09-3	3,0 – 4,0

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
<b>A11/12</b>	A11/11-3	7,0 – 8,0
	A11/12-1	0,0 – 1,0
	A11/12-2	4,0 – 5,0
	A11/12-3	6,4 – 7,4
<b>A11/13</b>	A11/13-1	0,0 – 1,0
	A11/13-2	4,0 – 5,0
	A11/13-3	7,0 – 8,0

**Tabella 40** – Sub-area Poggi Vecchi (MA11): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo.

Per i soli punti d'indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per i parametri:

- Berillio, in n° 1 campione;
- Cobalto, in n° 13 campioni;
- Cromo Totale, in n° 11 campioni;
- Vanadio, in n° 22 campioni;
- Idrocarburi Pesanti C>12, in n° 2 campioni.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D. Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

		Berillio	Cobalto	Cromo tot.	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]					
<b>A11/04-1</b>	0,0 – 1,0-1	2,2*	24	171	136	---
<b>A11/04-2</b>	4,0 – 5,0	---	22	167	130	---
<b>A11/04-3</b>	7,0 – 8,0	---	22	164	128	---
<b>A11/05-1</b>	0,0 – 1,0	---	22	---	---	---
<b>A11/05-2</b>	4,0 – 5,0	2,2*	21	---	105	---
<b>A11/05-3</b>	7,0 – 8,0	2,2*	21	163	117	---
<b>A11/08-1</b>	0,0 – 1,0	2,2*	22	151	111	---
<b>A11/08-2</b>	4,0 – 5,0	2,2*	---	152	116	---
<b>A11/08-3</b>	7,0 – 8,0	2,1*	---	---	107	---
<b>A11/09-2</b>	4,0 – 5,0	2,1*	---	---	101	67
<b>A11/09-3</b>	7,0 – 8,0	2,3*	---	---	110	---
<b>A11/10-1</b>	0,0 – 1,0	2,2*	24	152	116	---
<b>A11/10-2</b>	4,0 – 5,0	3	20,2*	164	126	---
<b>A11/10-3</b>	7,0 – 8,0	2,4*	20,1*	---	113	---
<b>A11/11-1</b>	0,0 – 1,0	---	---	---	102	---
<b>A11/11-2</b>	4,0 – 5,0	2,3*	---	---	97	---
<b>A11/11-3</b>	7,0 – 8,0	2,1*	---	---	95	---
<b>A11/12-1</b>	0,0 – 1,0	2,1*	---	---	103	---
<b>A11/12-2</b>	4,0 – 5,0	2,1*	22	---	105	---
<b>A11/12-3</b>	7,0 – 8,0	2,1*	22	---	104	53
<b>A11/13-1</b>	0,0 – 1,0	2,3*	21	163	128	---

		Berillio	Cobalto	Cromo tot.	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]					
A11/13-2	4,0 – 5,0	2,4*	23	174	133	---
A11/13-3	7,0 – 8,0	2,3*	23	177	132	---

\* valore superiore al limite di riferimento ma che se approssimato al numero di decimali con cui è definito il limite di legge assume un valore pari al limite stesso, configurandosi conseguentemente come un "non superamento".

**Tabella 41** – Sub-area Poggi Vecchi (MA-11): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

Tutti i campioni prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

Inoltre, nella sub-area MA11 è stato effettuato il test di cessione in n° 7 campioni di terreno e nella seguente tabella sono riportati i superamenti riscontrati.

		Nichel
		µg/l
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>20</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]	
A11/05-3	7,0 - 8,0	25

**Tabella 42** – Sub-area Cave Vecchie: sintesi dei superamenti delle CSC negli eluati del test di cessione.

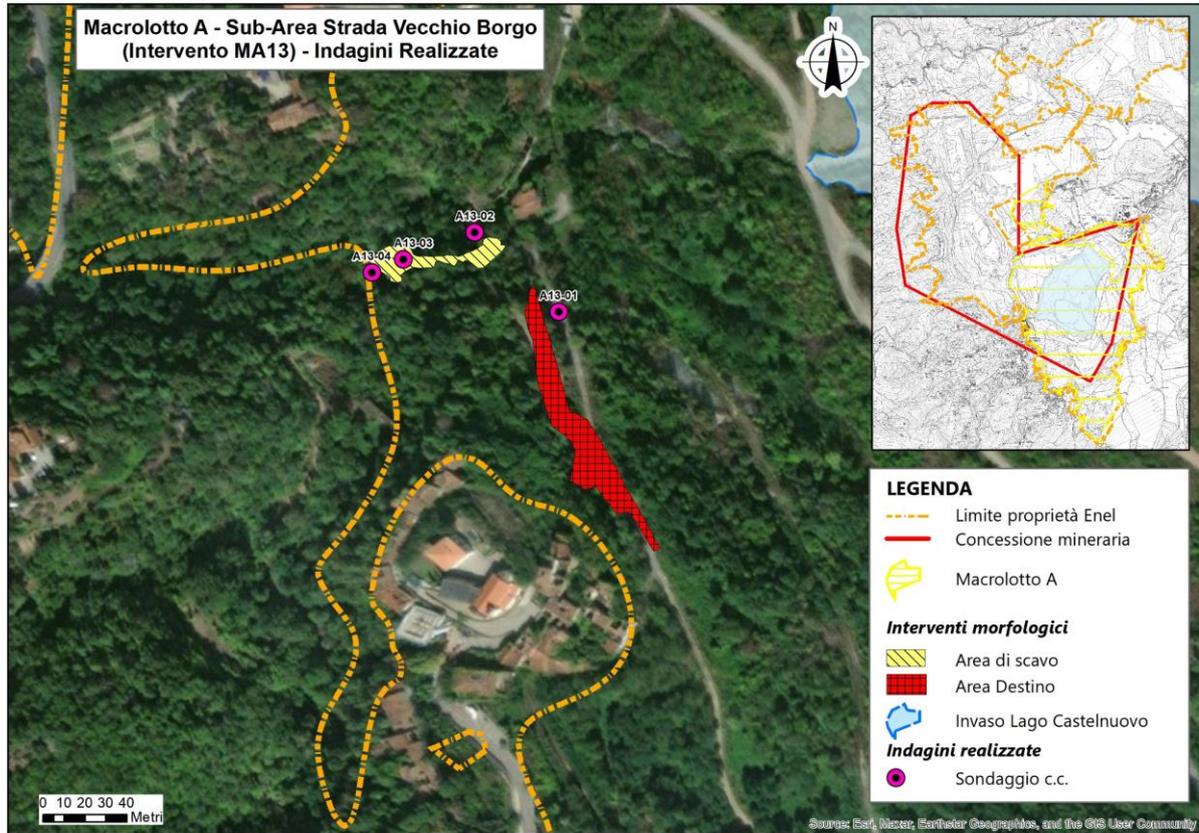
Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC delle acque sotterranee previste dalla Tabella 2, Allegato V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

Le terre afferenti ad alcune porzioni della sub-area di Poggi Vecchi (aree in cui sono stati eseguiti i sondaggi A11/01, A11/02, A11/03, A11/06, A11/07) e l'intera sub-area di Poggi Vecchi Industriale saranno riutilizzate esternamente al sito per creare il capping della discarica di Tegolaia; nel Rapporto CESI C2015340 [8] è descritto il Piano di Utilizzo, elaborato ai sensi dell'art. 9 del D.P.R 120/2017, in cui sono dettagliati i risultati delle caratterizzazioni delle terre coinvolte in tale progetto.

### 6.1.12 Strada Vecchio Borgo (MA13)

L'area in esame è stata oggetto di indagini ambientali di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo che sono state eseguite nel 2019, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017.

In particolare, presso tale sub-area, sulla base delle possibili profondità d'intervento previste, è stata definita e concordata con le Autorità di Controllo l'esecuzione di n. 4 sondaggi, spinti fino a profondità massima di 5 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.



**Figura 39** – Sub-area Strada Vecchio Borgo (MA13): ubicazione dei sondaggi eseguiti.

Nel Rapporto CESI C0003987 [26] e sono descritte e dettagliate le indagini di caratterizzazione eseguite presso la sub-area Strada Vecchio Borgo, nel presente paragrafo vengono riassunte le principali informazioni.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
<b>A13/01</b>	A13/01-1	0,0 – 1,0
	A13/01-2	1,0 – 2,0
	A13/01-3	3,0 – 4,0
<b>A13/02</b>	A13/02-1	0,0 – 1,0
	A13/02-2	2,0 – 3,0
	A13/02-3	3,5 – 4,5
<b>A13/03</b>	A13/03-1	0,0 – 1,0
	A13/03-2	2,0 – 3,0
	A13/03-3	4,0 – 5,0
<b>A13/04</b>	A13/04-1	0,0 – 1,0
	A13/04-2	2,0 – 3,0
	A13/04-3	4,0 – 5,0

**Tabella 43** – Sub-area Strada Vecchio Borgo (MA13): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell’area di scavo.

Per i soli punti d’indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per i parametri:

- Cromo Totale, in n° 3 campioni;
- Nichel, in n° 2 campioni;
- Vanadio, in n° 1 campione.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D. Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d’uso verde pubblico, privato e residenziale.

		Cromo totale	Nichel	Vanadio
		mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>150</b>	<b>120</b>	<b>90</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]			
<b>A13/01-2</b>	0,0 - 1,0	<b>161</b>	<b>135</b>	---
<b>A13/02-2</b>	1,0 - 2,0	<b>154</b>	---	---
<b>A13/03-3</b>	0,0 - 1,0	<b>177</b>	<b>125</b>	<b>92</b>

**Tabella 44** – Sub-area Strada Vecchio Borgo (MA-13): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell’area di scavo.

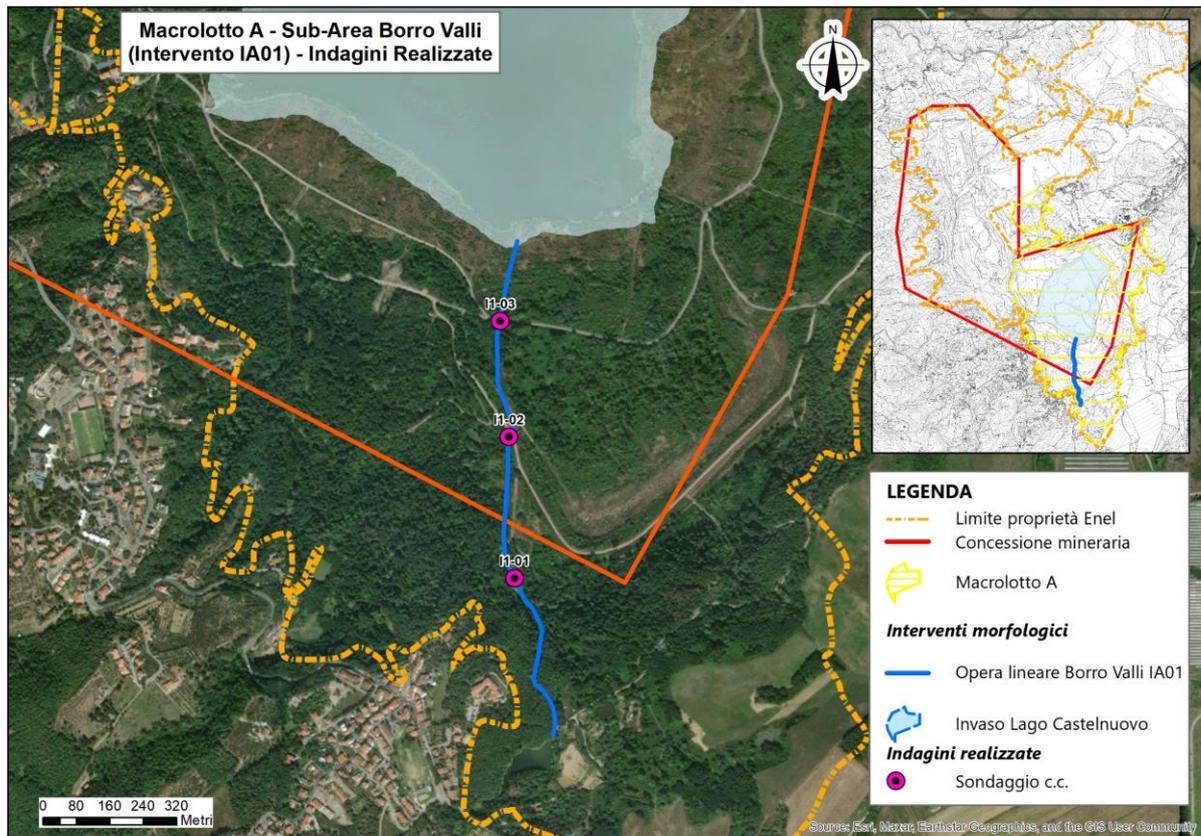
Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d’uso verde pubblico, privato e residenziale.

Tutti i campioni prelevati dai sondaggi che rientrano nell’area di scavo sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d’uso commerciale e industriale.

Inoltre, nella sub-area MA13 è stato effettuato il test di cessione in n° 3 campioni di terreno e tutti i campioni sono risultati conformi alle CSC delle acque sotterranee previste dalla Tabella 2, Allegato V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

### 6.1.13 Borro Valli (IA01)

L’intervento in oggetto rappresenta un’opera lineare (inalveazione) e il tratto di interesse è stato caratterizzato in linea con quanto espresso per le opere lineari nell’Allegato 2 al D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120, con un punto di indagine ogni 500 metri lineari; sono stati pertanto realizzati n. 3 sondaggi, spinti fino a profondità massima di 7,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.



**Figura 40** – Sub-area Borro Valli (IA01): ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Nel Rapporto CESI C0003987 [26] sono descritte e dettagliate le indagini eseguite nella sub-area Borro Valli (IA01); nel presente paragrafo verranno sintetizzati i risultati ottenuti.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell'area di scavo, sono stati prelevati n. 9 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
I1/01	I1/01-1	0,0 – 1,0
	I1/01-2	1,0 – 2,0
	I1/01-3	3,0 – 4,0
I1/02	I1/02-1	0,0 – 1,0
	I1/02-2	3,0 – 4,0
	I1/02-3	6,0 – 7,0
I1/03	I1/03-1	0,0 – 1,0
	I1/03-2	3,0 – 4,0
	I1/03-3	5,0 – 6,0

**Tabella 45** – Sub-area Borro Valli (IA01): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo.

Per i soli punti d'indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per i parametri:

- Berillio, in n° 2 campioni;
- Cobalto, in n° 1 campione;
- Cromo Totale, in n° 5 campioni;
- Vanadio, in n° 7 campioni;
- Idrocarburi pesanti C>12, in n° 5 campioni.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D. Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

		Berillio	Cobalto	Cromo tot.	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]					
I1/01-1	0,0 - 1,0	---	---	---	---	57
I1/01-2	2,0 - 3,0	---	---	162	98	---
I1/02-1	0,0 - 1,0	3	21	151	119	---
I1/02-2	3,0 - 4,0	2,4*	---	151	112	74
I1/02-3	6,0 - 7,0	3	---	163	111	135
I1/03-1	0,0 - 1,0	---	---	---	94	---
I1/03-2	3,0 - 4,0	---	---	---	90	69
I1/03-3	5,0 - 6,0	2,2*	---	153	106	101

\* valore superiore al limite di riferimento ma che se approssimato al numero di decimali con cui è definito il limite di legge assume un valore pari al limite stesso, configurandosi conseguentemente come un "non superamento".

**Tabella 46** – Sub-area Borro Valli (IA01): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo.

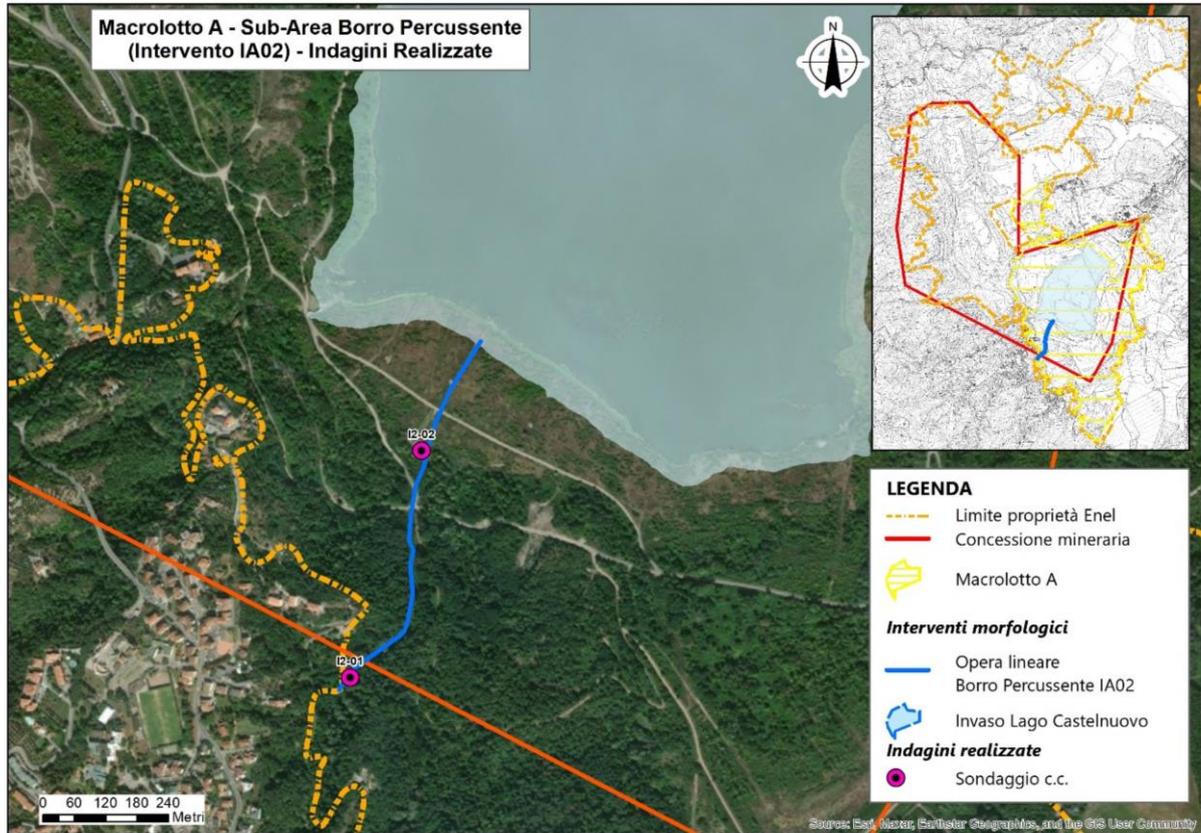
Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

Tutti i campioni prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

Inoltre, nella sub-area IA01 è stato effettuato il test di cessione in n° 2 campioni di terreno ed entrambi i campioni sono risultati conformi alle CSC delle acque sotterranee previste dalla Tabella 2, Allegato V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

### 6.1.14 Borro Percussente (IA02)

L'intervento in oggetto rappresenta un'opera lineare (inalveazione) e il tratto di interesse è stato caratterizzato in linea con quanto espresso per le opere lineari nell'Allegato 2 al D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120, con un punto di indagine ogni 500 metri lineari; sono stati pertanto realizzati n. 2 sondaggi, spinti fino a profondità massima di 5,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.



**Figura 41** – Sub-area Borro Percussente (IA02): ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Nel Rapporto CESI C0003987 [26] sono descritte e dettagliate le indagini eseguite nella sub-area Borro Percussente (IA02); nel presente paragrafo verranno sintetizzati i risultati ottenuti.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell'area di scavo, sono stati prelevati n. 9 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
I2/01	I2/01-1	0,0 – 1,0
	I2/01-2	2,0 – 3,0
	I2/01-3	3,0 – 4,0
I2/02	I2/02-1	0,0 – 1,0
	I2/02-2	2,0 – 3,0
	I2/02-3	4,0 – 5,0

**Tabella 47** – Sub-area Borro Percussente (IA02): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo.

Per i soli punti d'indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per i parametri:

- Cromo Totale, in n° 2 campioni;
- Idrocarburi Pesanti C>12, in n° 1 campione.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D. Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

		<b>Cromo tot.</b>	<b>Idrocarburi Pesanti C&gt;12</b>
		mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>150</b>	<b>50</b>
<b>Campione</b>	<b>Profondità [m da p.c.]</b>		
<b>I2/01-1</b>	0,0 - 1,0	---	<b>69</b>
<b>I2/01-2</b>	2,0 - 3,0	<b>159</b>	---
<b>I2/02-1</b>	0,0 - 1,0	<b>166</b>	---

**Tabella 48** – Sub-area Borro Percussente (IA02): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo.

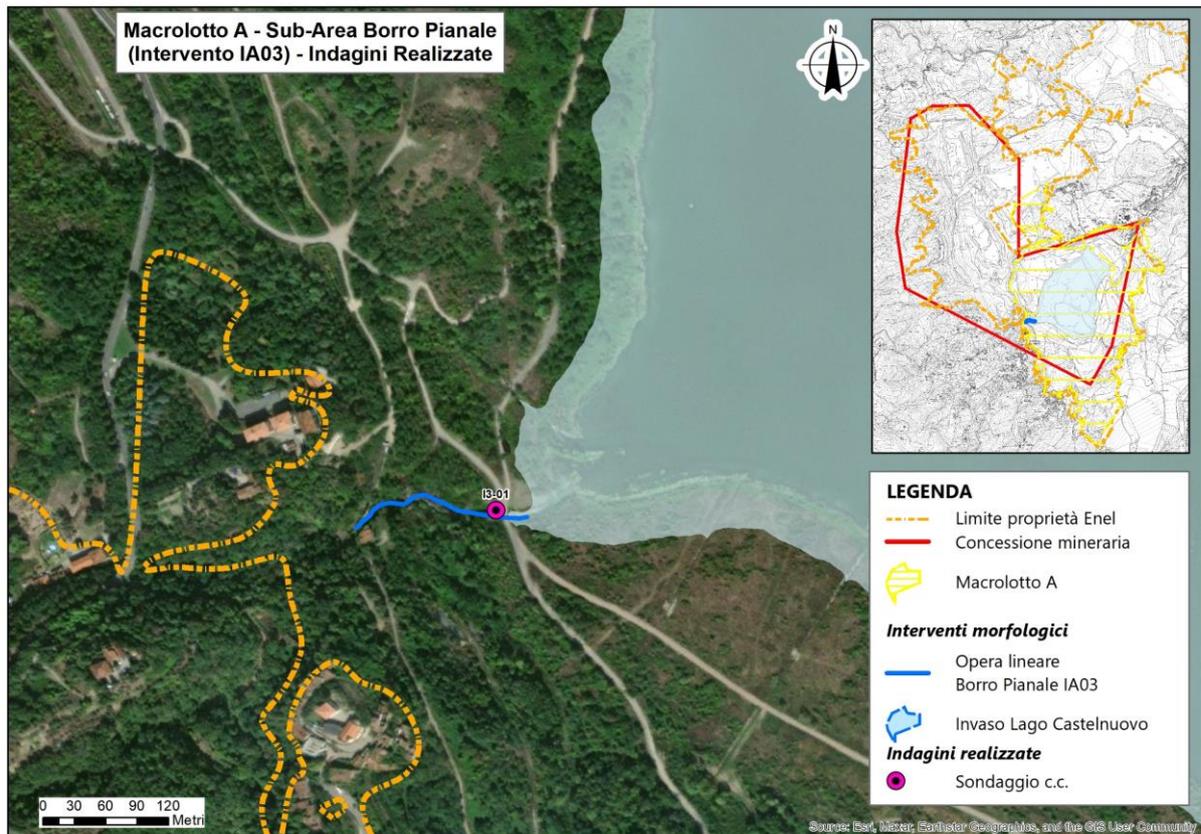
Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

Tutti i campioni prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

Inoltre, nella sub-area IA02 è stato effettuato il test di cessione in n° 1 campione di terreno e il campione è risultato conforme alle CSC delle acque sotterranee previste dalla Tabella 2, Allegato V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

### 6.1.15 Borro Pianale (IA03)

L'intervento in oggetto rappresenta un'opera lineare (inalveazione) e il tratto di interesse è stato caratterizzato in linea con quanto espresso per le opere lineari nell'Allegato 2 al D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120, con un punto di indagine ogni 500 metri lineari; sono stati pertanto realizzati n. 1 sondaggio, spinto fino a profondità massima di 5,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.



**Figura 42** – Sub-area Borro Pianale (IA03): ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Nel Rapporto CESI C0003987 [26] sono descritte e dettagliate le indagini eseguite nella sub-area Borro Pianale (IA03); nel presente paragrafo verranno sintetizzati i risultati ottenuti.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell'area di scavo, sono stati prelevati n. 9 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
I3/01	I3/01-1	0,0 – 1,0
	I3/01-2	2,0 – 3,0
	I3/01-3	4,0 – 5,0

**Tabella 49** – Sub-area Borro Pianale (IA03): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo.

Per i soli punti d'indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per il parametro:

- Vanadio, in n° 1 campione.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D. Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

		<b>Vanadio</b>
		mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>90</b>
<b>Campione</b>	<b>Profondità [m da p.c.]</b>	
<b>I3/01-3</b>	<b>4,0 - 5,0</b>	<b>108</b>

**Tabella 50** – Sub-area Borro Pianale (IA03): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo.

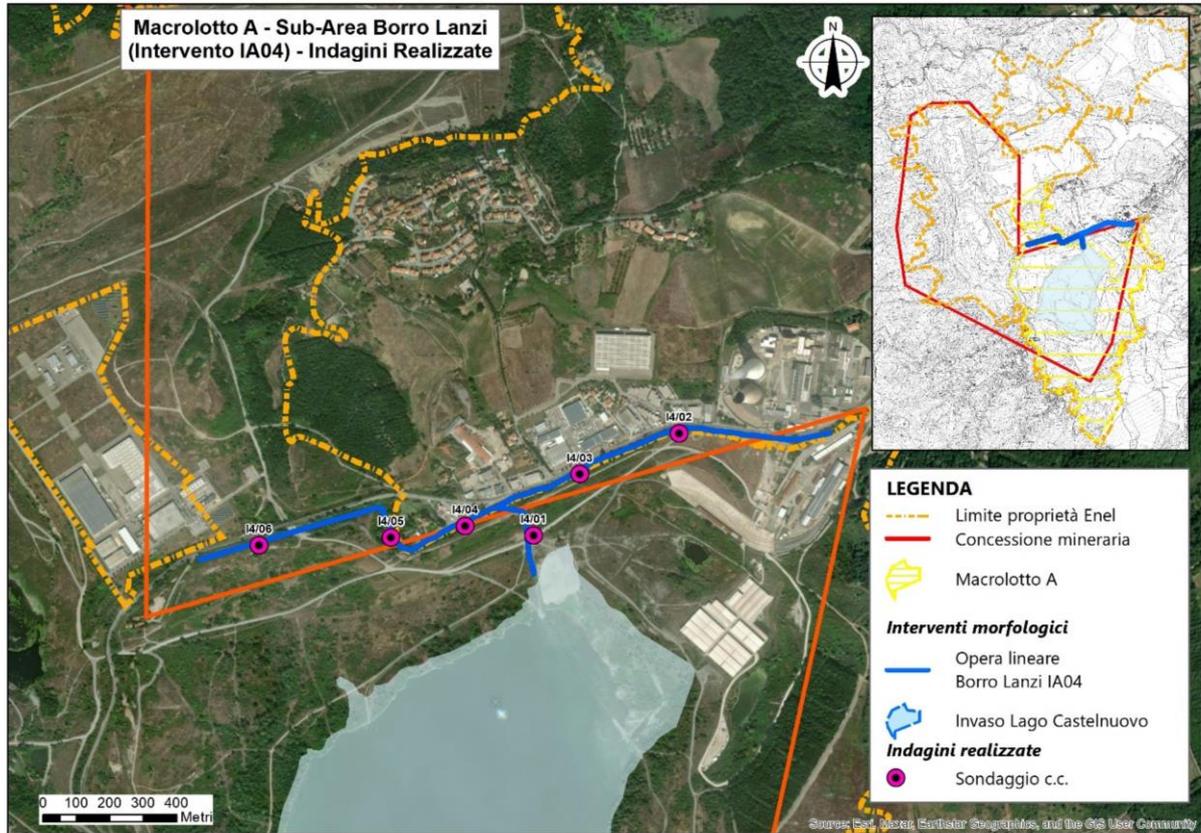
Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

Tutti i campioni prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

Inoltre, nella sub-area IA03 è stato effettuato il test di cessione in n° 1 campione di terreno e il campione è risultato conforme alle CSC delle acque sotterranee previste dalla Tabella 2, Allegato V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

### **6.1.16 Borro Lanzi (IA04)**

L'intervento in oggetto rappresenta un'opera lineare (inalveazione) e il tratto di interesse è stato caratterizzato in linea con quanto espresso per le opere lineari nell'Allegato 2 al D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120, con un punto di indagine ogni 500 metri lineari; sono stati pertanto realizzati n. 6 sondaggi, spinti fino a profondità massima di 4,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.



**Figura 43** – Sub-area Borro Lanzi (IA04): ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Nel Rapporto CESI C0003987 [26] sono descritte e dettagliate le indagini eseguite nella sub-area Borro Lanzi (IA04); nel presente paragrafo verranno sintetizzati i risultati ottenuti.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell'area di scavo, sono stati prelevati n. 8 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
I4/01	I4/01-1	0,0 – 1,0
	I4/01-2	2,0 – 3,0
	I4/01-3	4,0 – 5,0
I4/02	I4/02-1	0,0 – 1,0
I4/03	I4/03-1	0,0 – 1,0
I4/04	I4/04-1	0,0 – 1,0
I4/05	I4/05-1	0,0 – 1,0
I4/06	I4/06-1	0,0 – 1,0

**Tabella 51** – Sub-area Borro Lanzi (IA04): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo.

Per i soli punti d'indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per il parametro:

- Cobalto, in n° 1 campione;
- Cromo Totale, in n° 1 campione;
- Vanadio, in n° 2 campioni.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D. Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

		Berillio	Cobalto	Cromo tot.	Vanadio
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>90</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]				
<b>I04/01-3</b>	3,0 - 4,0	2,2*	---	<b>157</b>	<b>104</b>
<b>I04/04-1</b>	0,0 - 1,0	---	<b>21</b>	---	<b>91</b>

**Tabella 52** – Sub-area Borro Lanzi (IA04): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

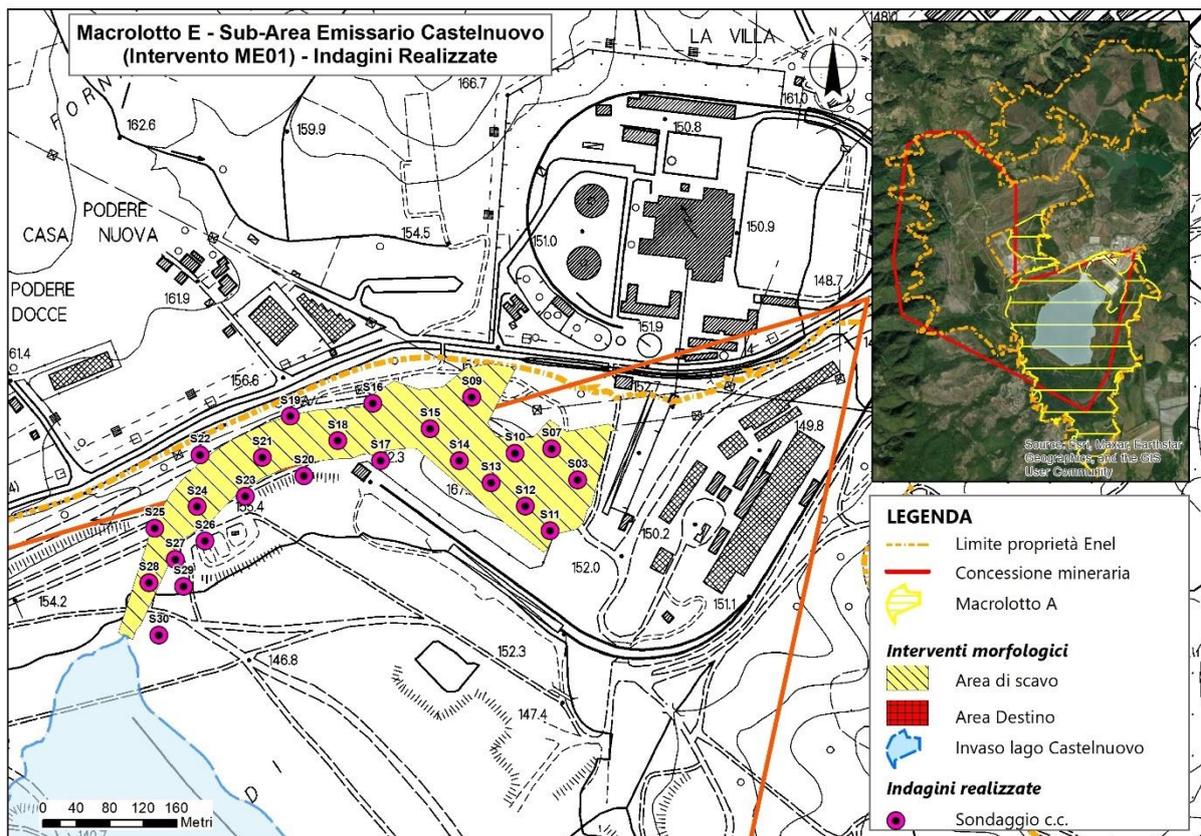
Tutti i campioni prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

Inoltre, nella sub-area IA04 è stato effettuato il test di cessione in n° 1 campione di terreno e il campione è risultato conforme alle CSC delle acque sotterranee previste dalla Tabella 2, Allegato V, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

## 7 ESITI DELLA CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE DI SCAVO DEL “LOTTO EMISSARIO”

Il macrolotto in esame è stato oggetto di indagini ambientali di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017.

Pertanto, nel 2014, sulla base delle possibili profondità d'intervento previste, è stata definita e concordata con le Autorità di Controllo l'esecuzione di n. 30 sondaggi, spinti fino a profondità massime comprese tra 2,0 e 15,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.



**Figura 44** – Sub-area Emissario Lago Castelnuovo (IE-01): ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Nel Rapporto CESI B4023914 [29] sono descritte e dettagliate le indagini eseguite nell'area Emissario Lago Castelnuovo; nel presente paragrafo verranno sintetizzati i risultati ottenuti.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell'area di scavo, sono stati prelevati n. 61 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
CN/S03	CN/S03-1	0,0 – 1,0
	CN/S03-2	1,5 – 2,5
	CN/S03-3	3,0 – 4,0
CN/S05	CN/S05-1	0,0 – 1,0
	CN/S05-2	2,0 – 3,0
	CN/S05-3	3,0 – 4,0
CN/S07	CN/S07-1	0,0 – 1,0
	CN/S07-2	2,0 – 3,0
	CN/S07-3	4,0 – 5,0
CN/S09	CN/S09-1	0,0 – 1,0
	CN/S09-2	1,0 – 2,0
CN/S10	CN/S10-1	0,0 – 1,0
	CN/S10-2	4,0 – 5,0
	CN/S10-3	9,0 – 10,0
CN/S11	CN/S11-1	0,0 – 1,0
	CN/S11-2	2,0 – 3,0
	CN/S11-3	4,0 – 5,0
CN/S12	CN/S12-1	0,0 – 1,0
	CN/S12-2	5,0 – 6,0
	CN/S12-3	10,0 – 11,0
CN/S13	CN/S13-1	0,0 – 1,0
	CN/S13-2	7,0 – 8,0
	CN/S13-3	14,0 – 15,0
CN/S14	CN/S14-1	0,0 – 1,0
	CN/S14-2	6,0 – 7,0
	CN/S14-3	12,0 – 13,0
CN/S15	CN/S15-1	0,0 – 1,0
	CN/S15-2	5,0 – 6,0
	CN/S15-3	11,0 – 12,0
CN/S16	CN/S16-1	0,0 – 1,0
	CN/S16-2	1,0 – 2,0
CN/S17	CN/S17-1	0,0 – 1,0
	CN/S17-2	1,0 – 2,0
	CN/S17-3	2,0 – 3,0

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
CN/S18	CN/S18-1	0,0 – 1,0
	CN/S18-2	4,0 – 5,0
	CN/S18-3	9,0 – 10,0
CN/S19	CN/S19-1	0,0 – 1,0
	CN/S19-2	1,0 – 2,0
CN/S20	CN/S20-1	0,0 – 1,0
	CN/S20-2	1,0 – 2,0
CN/S21	CN/S21-1	0,0 – 1,0
	CN/S21-2	4,0 – 5,0
	CN/S21-3	8,0 – 9,0
CN/S22	CN/S22-1	0,0 – 1,0
	CN/S22-2	1,0 – 2,0
CN/S23	CN/S23-1	0,0 – 1,0
	CN/S23-2	1,0 – 2,0
	CN/S23-3	7,0 – 8,0
CN/S24	CN/S24-1	0,0 – 1,0
	CN/S24-2	3,5 – 4,5
	CN/S24-3	7,0 – 8,0
CN/S25	CN/S25-1	0,0 – 1,0
	CN/S25-2	1,0 – 2,0
CN/S26	CN/S26-1	0,0 – 1,0
	CN/S26-2	1,0 – 2,0
CN/S27	CN/S27-1	0,0 – 1,0
	CN/S27-2	2,0 – 3,0
	CN/S27-3	4,0 – 5,0
CN/S28	CN/S28-1	0,0 – 1,0
	CN/S28-2	1,0 – 2,0
CN/S29	CN/S29-1	0,0 – 1,0
	CN/S29-2	1,0 – 2,0
CN/S30	CN/S30-1	0,0 – 1,0
	CN/S30-2	1,0 – 2,0

**Tabella 53** – Sub-area Emissario Lago Castelnuovo (IE-01): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell’area di scavo.

Nell’ambito delle indagini eseguite nel 2014 i parametri Berillio e Vanadio non sono stati oggetto di determinazione analitica poiché non inseriti nel set di parametri da indagare nella sub-area in esame. Nel 2021, su richiesta di ARPAT<sup>7</sup>, al fine di completare la caratterizzazione analitica dei campioni di suolo prelevati, tali parametri sono stati determinati mediante l’analisi delle terze aliquote. Le analisi di Berillio e Vanadio sono state eseguite su n. 20 campioni (circa il 30% del totale) ricadenti nell’unità geologica Argille di Meleto.

Per i soli punti d’indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per il parametro:

- Cobalto, in n° 1 campione.

<sup>7</sup> Richiesta ARPAT formulata nell’ambito della videoconferenza del 9 luglio 2021.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

		Cobalto
		mg/kg
CSC (All. 5 tab.1 col. A)		20
Campione	Profondità [m da p.c.]	
CN/S011-2	2,0 – 3,0	21

**Tabella 54** – Sub-area Emissario Lago Castelnuovo (IE-01): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

Tutti i campioni prelevati sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

Nel 2014, nella sub-area Emissario Lago Castelnuovo sono stati eseguiti test di cessione su n° 9 campioni di terreno (sul 10% dei campioni totali); successivamente nel Rapporto CESI B9024033 [30] è stato proposto di eseguire ulteriori test di cessione per avere maggiori informazioni sulle terre della sub-area e, nel caso i risultati fossero conformi alle CSC previste dalla Tabella 2, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006, per incrementare le volumetrie di terre idonee da poter usare a contatto con le acque del lago Castelnuovo.

Nell'ambito delle indagini del 2014 i risultati dei test di cessione hanno evidenziato che:

- tutti i test di cessione eseguiti sui campioni costituiti dal litotipo "Argilla sabbiosa limosa grigio-azzurra" non erano conformi alle CSC;
- tutti i test di cessione eseguiti sui campioni appartenenti agli altri litotipi erano risultati conformi alle CSC.

Sulla base dei risultati dei dati analitici ottenuti nel 2014, è stato proposto di effettuare il test di cessione su tutti i litotipi ad eccezione del "Argilla sabbiosa limosa grigio-azzurra", quindi eseguire i test di cessione dei campioni prelevati lungo le verticali dei seguenti sondaggi: S03, S05, S07, S10, S11, S12, S13, S14, S17, S18, S19, S20 ed S21.

I test di cessione sono stati eseguiti utilizzando le terze aliquote dei campioni prelevati nelle indagini del settembre-ottobre 2014 e che erano conservati presso il "magazzino campioni" ubicato presso il sito di Santa Barbara.

I campioni sui quali eseguire i test di cessione sono stati selezionati da CESI e condivisi con le autorità competenti. ARPAT con il parere del 30/06/2020 [31] si è espressa favorevolmente alla proposta presentata da CESI e nel 2020 sono stati eseguiti i test di cessione sui 27 campioni selezionati, in contraddittorio con ARPAT.

Negli eluati dei test di cessione sono stati misurati superamenti delle CSC per i parametri:

- Arsenico, in n° 3 campioni;
- Nichel, in n° 2 campioni;
- Piombo, in n° 1 campione;

- Selenio, in n° 2 campioni.

Nella Tabella seguente sono riportati i superamenti riscontrati, nelle analisi eseguite nel 2014 e nel 2020.

		Arsenico	Nichel	Piombo	Selenio
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]				
CN/S11-1	0,0 – 1,0	---	---	<b>11</b>	--
CN/S11-2	2,0 – 3,0	---	---	---	<b>12</b>
CN/S11-3	4,0 – 5,0	---	---	---	<b>14</b>
CN/S15-3	11,0 – 12,0	<b>46</b>	---	---	---
CN/S24-3	7,0 – 8,0	<b>51</b>	<b>40</b>	---	---
CN/S27-3	4,0 – 5,0	<b>93</b>	<b>83</b>	<b>21</b>	---

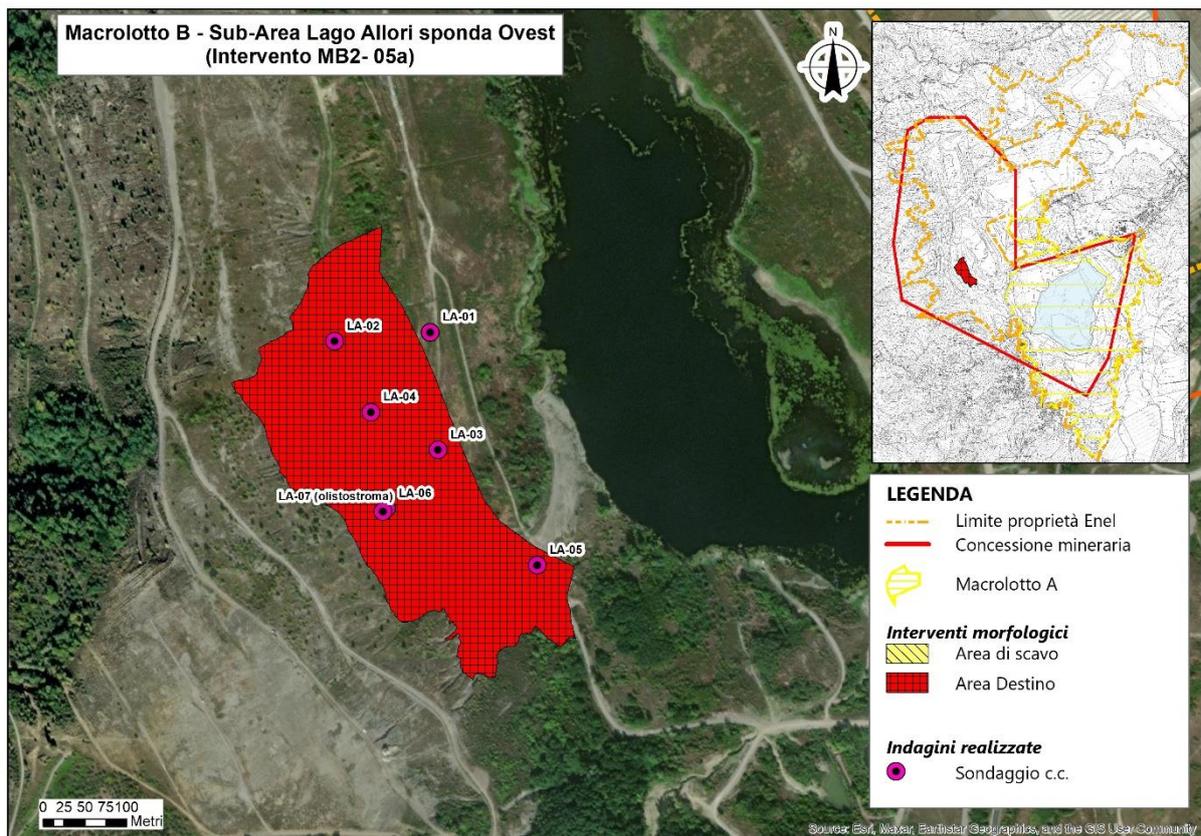
**Tabella 55** – Sub-area Emissario lago Castelnuovo: sintesi dei superamenti delle CSC negli eluati del test di cessione.

Le terre afferenti ad alcune porzioni della sub-area di Emissario Lago Castelnuovo (aree in cui sono stati eseguiti i sondaggi CN/S01, CN/S02, CN/S04, CN/S06 e CN/S08) saranno riutilizzate esternamente al sito per realizzare il capping della discarica di Tegolaia; nel Rapporto CESI C2015340 [10] è descritto il Piano di Utilizzo, elaborato ai sensi dell'art. 9 del D.P.R. 120/2017, in cui sono dettagliati i risultati delle caratterizzazioni delle terre coinvolte in tale progetto.

## 8 ESITI DELLA CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE DESTINO DEL “MACROLOTTO B2”

Il macrolotto in esame è stato oggetto di indagini ambientali di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo che sono state eseguite nel 2019, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017.

In particolare, sulla base delle possibili profondità d'intervento previste, è stata definita e concordata con le Autorità di Controllo l'esecuzione di n. 10 sondaggi, spinti fino a profondità massima di 1,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.



**Figura 45** – Sub-area Sponda Ovest Allori (MB2 – 05a): ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Nell'area da indagare sono stati eseguiti n° 6 sondaggi, corrispondenti ad una maglia d'indagine circa 150x150 m<sup>3</sup>, così come prescritto da ARPAT nel parere del 21/03/2019 con prot. n. 22255<sup>8</sup>.

Su ciascuna delle verticali di sondaggio è stato effettuato il prelievo di 1 campione; in particolare

1. un campione di terreno rappresentativo del primo metro di profondità.

Durante l'esecuzione del sondaggio LA06 non si è riscontrata la presenza dell'olistostroma e quindi in accordo con ARPAT, è stato eseguito uno scavo esplorativo (LA07), adiacente al sondaggio, per poter prelevare un campione idoneo per la caratterizzazione della litofacies olistostroma.

<sup>8</sup> **Prescrizione ARPAT:** “..... ARPAT, considerata la presenza di 3 litofacies (depositi antropici, olistostromi in posto, accumuli di frana) si ritiene opportuna la caratterizzazione di ciascuna di esse.....Dovranno quindi essere realizzati 6 sondaggi in modo da soddisfare il seguente criterio:  
2 sondaggi ubicati nell'area interessata da cumuli di frana;  
3 sondaggi ubicati nell'area interessata dai depositi antropici;  
1 sondaggio ubicato nell'area di affioramento dell'olistostroma.

Dai punti di indagine realizzati che rientrano nell'area di scavo, sono stati prelevati n. 7 campioni di terreno, come specificato nella tabella seguente.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
LA01	LA01-1	0,0 – 1,0
LA02	LA02-1	0,0 – 1,0
LA03	LA03-1	0,0 – 1,0
LA04	LA04-1	0,0 – 1,0
LA05	LA05-1	0,0 – 1,0
LA06	LA06-1	0,0 – 1,0
LA07	LA07-1	0,0 – 1,0

**Tabella 56** – Sub-area Sponda Ovest Lago Allori (MB2 – 05a): profondità di prelievo dei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo.

Per i soli punti d'indagine coinvolti nelle attività di scavo relative al progetto in esame, nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per i parametri:

- Cobalto, in n° 1 campione;
- Vanadio, in n° 5 campioni;
- Idrocarburi Pesanti C>12, in n° 1 campione.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

La tabella seguente sintetizza i superamenti dei limiti normativi previsti dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

		Berillio	Cobalto	Vanadio	Idrocarburi Pesanti C>12
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>2</b>	<b>2</b>	<b>90</b>	<b>50</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]				
LA01-1	0,0 – 1,0	---	---	<b>108</b>	---
LA02-1	0,0 – 1,0	2,1*	---	<b>106</b>	<b>141</b>
LA04-1	0,0 – 1,0	---	---	<b>91</b>	---
LA05-1	0,0 – 1,0	---	---	<b>102</b>	---
LA07-1	0,0 – 1,0	---	<b>27</b>	<b>121</b>	---

**Tabella 57** – Sub-area Sponda Ovest Lago Allori (MB2 – 05a): sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati dai sondaggi che rientrano nell'area di scavo.

Tutti i campioni prelevati sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs. 152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

## 9 ESITI DELLA CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE SCAVO DEGLI SBARRAMENTI “DST01 E DST02”

Le aree in esame sono state oggetto di indagini ambientali di caratterizzazione preliminare delle terre e rocce da scavo, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017, che sono state realizzate nel 2019.

In particolare, presso tali aree, sulla base delle possibili profondità d'intervento previste, è stata definita e concordata con le Autorità di Controllo l'esecuzione di n. 5 sondaggi, spinti fino a profondità massime di 7,0 m da piano campagna, la cui ubicazione è illustrata nella figura seguente.



Figura 46 – Sub-area DST01 e DST02: ubicazione sondaggi eseguiti.

Nel Rapporto CESI C0003987 [26] sono descritte e dettagliate le indagini di caratterizzazione eseguite presso gli sbarramenti DST01 e DST02, nel presente paragrafo vengono riassunte le principali informazioni.

Sulle verticali di ogni sondaggio è stato effettuato il prelievo di 3 campioni:

- campione 1: rappresentativo del primo metro da piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due (solo per i sondaggi con profondità massima superiore a 2 metri da p.c.).

In totale sono stati prelevati n. 15 i campioni di terreno, come specificato nelle tabelle seguenti.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
<b>T01/01</b>	T01/01-1	0,0 – 1,0
	T01/01-2	3,0 – 4,0
	T01/01-3	6,0 – 7,0
<b>T01/02</b>	T01/02-1	0,0 – 1,0
	T01/02-2	3,0 – 4,0
	T01/02-3	6,0 – 7,0
<b>T01/03</b>	T01/03-1	0,0 – 1,0
	T01/03-2	3,0 – 4,0
	T01/03-3	7,0 – 8,0

**Tabella 58** – Sub-area DST01: profondità di prelievo dei campioni di suolo.

Sondaggio	Campione	intervallo [m da p.c.]
<b>T02/01</b>	T02/01-1	0,0 – 1,0
	T02/01-2	3,0 – 4,0
	T02/01-3	6,0 – 7,0
<b>T02/02</b>	T02/02-1	0,0 – 1,0
	T02/02-2	3,0 – 4,0
	T02/02-3	6,0 – 7,0

**Tabella 59** – Sub-area DST02: profondità di prelievo dei campioni di suolo.

Nei campioni di suolo prelevati sono stati misurati superamenti delle CSC per i parametri:

- DST01:
  - Cobalto, in n° 1 campione (T01/03-2);
  - Cromo Totale, in n° 4 campioni provenienti da 3 sondaggi diversi (T01/01, T01/02 e T01/03);
  - Vanadio, in n° 5 campioni provenienti da 3 sondaggi diversi (T01/01, T01/02 e T01/03);
- DST02:
  - Cobalto, in n° 2 campioni provenienti da un unico sondaggio (T02/01);
  - Cromo Totale, in n° 5 campioni provenienti da 2 sondaggi diversi (T02/01 e T02/02);
  - Vanadio, in n° 4 campioni provenienti da 2 sondaggi diversi (T02/01 e T02/02).

Nelle seguenti tabelle sono sintetizzati i superamenti dei limiti normativi (CSC/A) osservati nei campioni di suolo prelevati.

		Cobalto	Cromo tot.	Vanadio
		mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>20</b>	<b>150</b>	<b>90</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]			
<b>T01/01-1</b>	0,0 - 1,0	---	<b>153</b>	---
<b>T01/01-2</b>	3,0 - 4,0	---	---	<b>115</b>
<b>T01/02-2</b>	3,0 - 4,0	---	<b>153</b>	<b>109</b>
<b>T01/02-3</b>	6,0 - 7,0	---	---	<b>105</b>
<b>T01/03-2</b>	3,0 - 4,0	<b>21</b>	<b>172</b>	<b>123</b>
<b>T01/03-3</b>	6,0 - 7,0	---	<b>163</b>	<b>117</b>

**Tabella 60** – Sub-area DST01: sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati.

		Cobalto	Cromo tot.	Vanadio
		mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>CSC (All. 5 tab.1 col. A)</b>		<b>20</b>	<b>150</b>	<b>90</b>
Campione	Profondità [m da p.c.]			
T02/01-1	0,0 - 1,0	---	159	---
T02/01-2	3,0 - 4,0	22	172	130
T02/01-3	6,0 - 7,0	22	165	118
T02/02-2	3,0 - 4,0	---	164	106
T02/02-3	6,0 - 7,0	---	165	119

**Tabella 61** – Sub-area DST02: sintesi dei superamenti delle CSC (colonna A) nei campioni di suolo prelevati.

Tutti i restanti campioni sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale.

Tutti i campioni prelevati sono risultati conformi alle CSC previste dal D.Lgs.152/06 per i suoli a destinazione d'uso commerciale e industriale.

Si evidenzia che Enel ha condotto una classificazione geotecnica delle terre poste al nucleo dei due manufatti (terre classificate A6 e A7 secondo la norma UNI1006 - argille) e nei 2 contronuclei disposti a monte e a valle (terre classificate A2 - Ghiaie e sabbie limoso argillose). Pertanto, ai fini del riutilizzo di tali materiali sarà necessario completare la caratterizzazione geochimica ai sensi del D.P.R. 120/2017 in corso d'opera. Considerata infatti la differente natura delle terre costituenti il nucleo rispetto quelle presenti nei contronuclei degli sbarramenti si ritiene che la caratterizzazione sopra citata possa essere condotta in corso d'opera, separando le due tipologie di terre ed eseguendo una caratterizzazione in cumulo, così come suggerito da ARPAT e in linea con quanto previsto dall'Allegato 9 al D.P.R. 120/2017.

Qualora, all'esito delle caratterizzazioni da eseguirsi in corso d'opera, si rilevassero nei suoli concentrazioni conformi alle CSC/A non sarà necessario caratterizzare l'area di destino al fine di stabilire la fattibilità della movimentazione.

Si prevede di utilizzare le terre provenienti dalla demolizione degli sbarramenti DST01 e DST02 nelle seguenti aree:

- **2.500 m<sup>3</sup>** per la discarica di Tegolaia per la realizzazione del capping;
- **2.200 m<sup>3</sup>** per l'intervento (DGS01) di riempimento della colmata e riprofilatura di un canale esistente.

Nel paragrafo 9.1.13 del presente rapporto sono dettagliate le movimentazioni di terre che interessano le terre degli sbarramenti DST01 e DST02.

## 10 PROGETTO DI RIUTILIZZO IN SITO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Le informazioni di seguito riportate circa le movimentazioni di terre e le volumetrie di scavo previste sono integralmente tratte dal documento Enel PBSMA20724 [1].

Nell'ambito degli interventi in progetto è prevista una produzione di un volume complessivo pari a circa **1.053.300 m<sup>3</sup>** di terre che si prevede siano riutilizzate in parte all'interno del sito minerario di Santa Barbara (considerato come unico cantiere) e in parte esternamente al sito di produzione (presso la discarica di Tegolaia), allo scopo di ottenere i requisiti morfologici e di sicurezza previsti dal *Progetto di Recupero Ambientale* dell'ex area mineraria di Santa Barbara.

In particolare, del volume totale prodotto (circa 1.053.300 m<sup>3</sup>), si prevede che:

- circa **947.600 m<sup>3</sup>** di TRS siano riutilizzati in sito, all'interno della medesima sub-area di scavo o in altra area di destino ma comunque sempre internamente all'ex area mineraria di Santa Barbara;
- circa **105.700 m<sup>3</sup>** di TRS qualificate come sottoprodotti siano riutilizzati al di fuori del sito di produzione per la realizzazione del capping della discarica di Tegolaia; per la gestione di questi volumi di terre è stato predisposto uno specifico Piano di Utilizzo, ai sensi dell'art. 9 del DPR. 120/17, i cui contenuti sono riportati nel Rapporto CESI C2015340 [10].

Come già accennato, il presente progetto di riutilizzo farà riferimento esclusivamente alla quota parte di TRS che verrà riutilizzata in sito come esclusione dalla disciplina dei rifiuti (art. 185, comma 1, lettera c) del D.Lgs. 152/2006), ai sensi dell'art. 24 del D.P.R. 120/2017.

### 10.1 Volumetrie e collocazioni definitive di terre e rocce da scavo

Nell'ambito degli interventi previsti per il Macrolotto A si prevede la produzione di un volume di terre e rocce da scavo pari a circa **689.400 m<sup>3</sup>** che saranno riutilizzate all'interno del medesimo lotto, con le seguenti eccezioni:

- **92.400 m<sup>3</sup>** di terre provenienti dalla stabilizzazione della frana di Poggi Vecchi che saranno utilizzate per realizzare la prima fase del rilevato di stabilizzazione del versante San Martino (Macrolotto B);
- **59.300 m<sup>3</sup>** di terre che saranno utilizzate esternamente al perimetro dell'area mineraria per realizzare un primo strato del capping della discarica RSU di Tegolaia limitrofa all'area mineraria, poiché ritenute non compatibili con le aree di destino interne al Lotto A (per queste terre è stato redatto uno specifico Piano di Utilizzo secondo l'art. 9 del DPR. 120/17 [10]);
- **46.500 m<sup>3</sup>** di terre eccedenti provenienti dallo scavo dei borri da conferire ad un deposito intermedio n.1 (interno al sito) in attesa di definizione di futuri utilizzi.

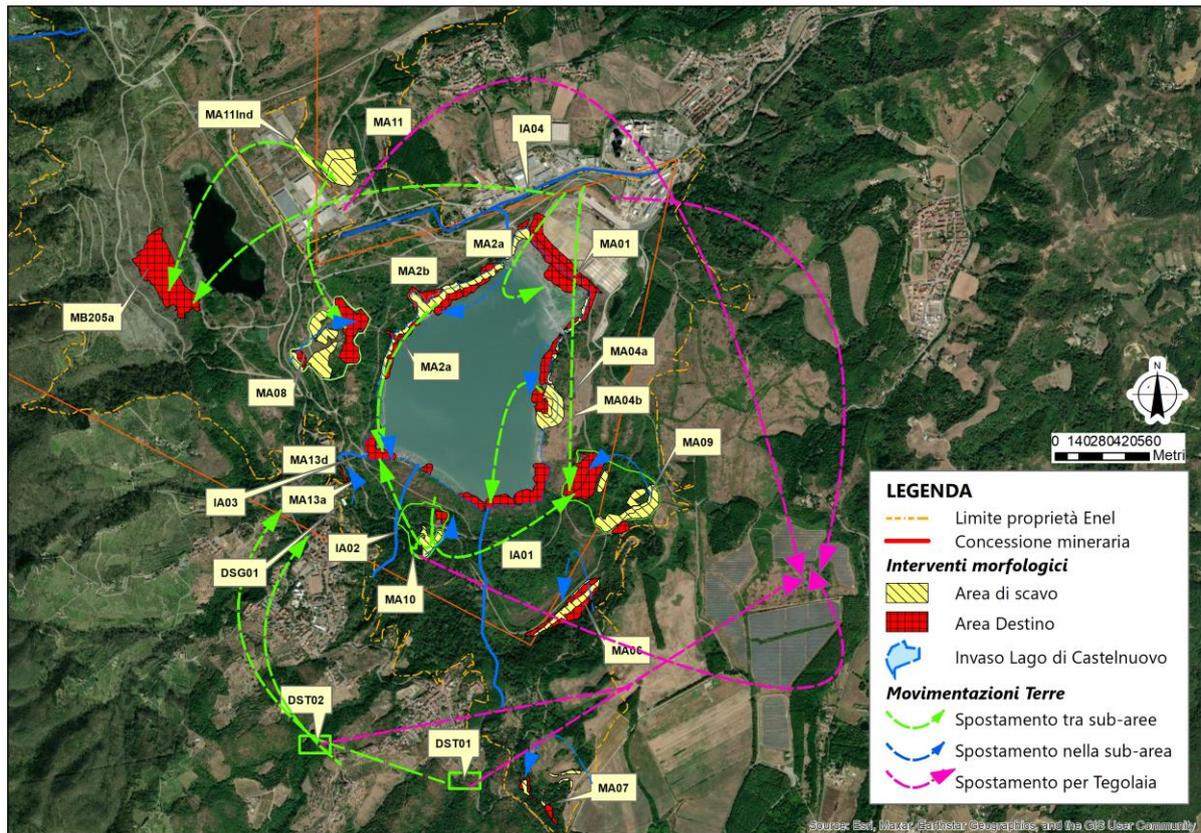
Inoltre, nella sub-area Strada Borgo Vecchio (MA13) un quantitativo di terre di circa **6.000 m<sup>3</sup>** saranno allocati nel deposito intermedio n. 3 (interno al sito) per poi essere riutilizzati all'interno della stessa sub-area.

Nell'ambito degli interventi previsti per il Lotto Emissario si prevede la produzione di un volume di terre e rocce da scavo pari a circa **359.200 m<sup>3</sup>** che saranno riutilizzate in parte internamente e in parte esternamente al perimetro dell'area mineraria e precisamente:

- **181.000 m<sup>3</sup>** di terre saranno riutilizzate in sito per la formazione del rilevato spondale MA-01 (Macrolotto A);
- **46.400 m<sup>3</sup>** di terre qualificate come sottoprodotti che saranno utilizzate esternamente al perimetro dell'area mineraria per realizzare un primo strato del capping della discarica RSU di Tegolaia di cui sopra, incluse le terre il cui test di cessione ha restituito superamenti delle CSC per il parametro Cr VI;

- circa **22.700 m<sup>3</sup>** di terre da conferire ad un deposito intermedio n. 2 (interno al sito) in attesa di essere reimpiegate localmente per raccordare il rilevato MA-01 con la collina schermo fino a quota +149.00 m slm.

Nella seguente figura sono riportate le movimentazioni complessive delle terre previste per il Macrolotto A e Lotto Emissario che coinvolgono anche parte del Macrolotto B2 solo come area di destino (Sub-area: Sponda Ovest Allori - MB2 – 05a).



**Figura 47** – Movimentazioni delle TRS previste per il Macrolotto A, e Lotto Emissario e parte del Macrolotto B2.

In particolare, nella seguente tabella sono portate le volumetrie di terre e le sub-aree coinvolte nelle movimentazioni di terre previste.

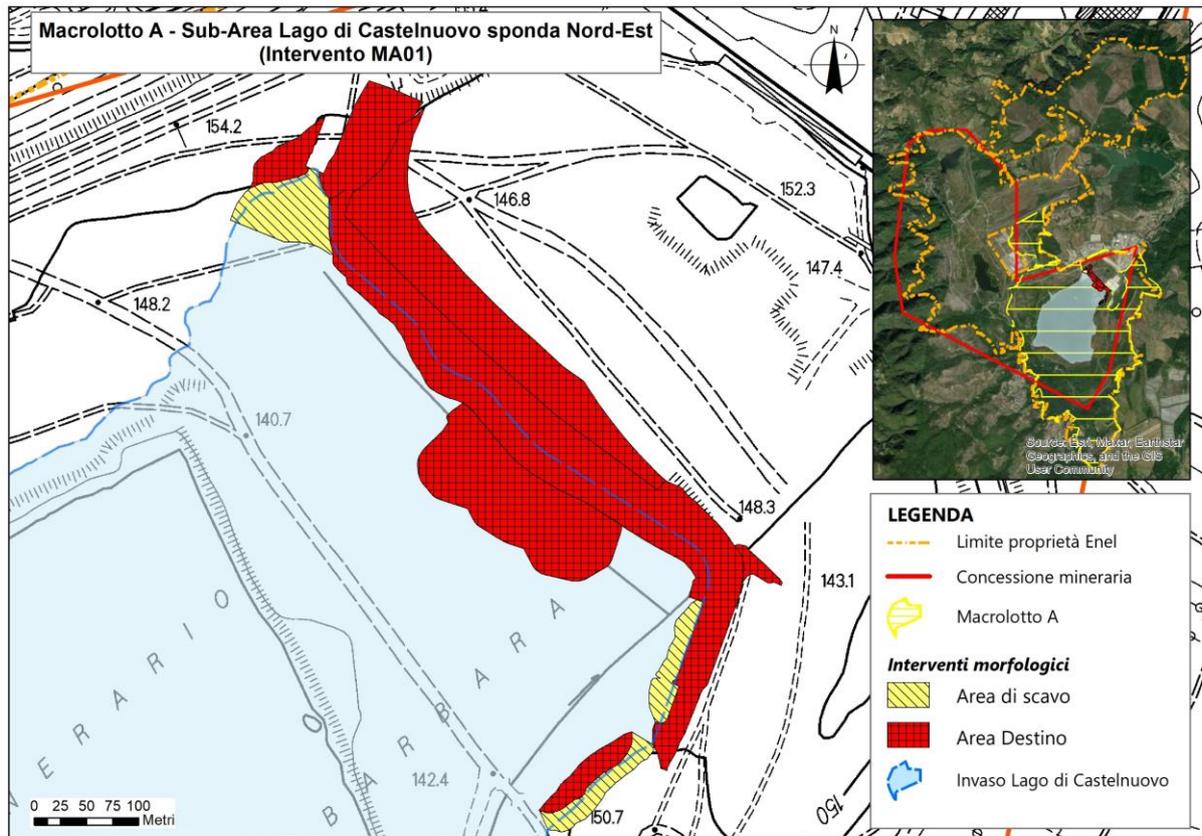
Macrolotto	Area di intervento	Volume di TRS scavate (m <sup>3</sup> )	Riutilizzo/Aree di destino		
			In sito		Fuori sito
			Da riutilizzare in altra sub-area	Da riutilizzare internamente alla sub-area	Per realizzazione capping Tegolaia
Macrolotto A	Sponda Ovest Castelnuovo (MA02)	51.200	6.700 m <sup>3</sup> in MA03	44.500 m <sup>3</sup>	--
	Sponda Sud Castelnuovo (MA03)	9.000	--	9.000 m <sup>3</sup>	--
	Sponda Est Castelnuovo (MA04)	103.500	56.500 m <sup>3</sup> in MA03	47.000 m <sup>3</sup>	--
	Casa Vanni (MA06)	33.100	--	33.100 m <sup>3</sup>	--

Macrolotto	Area di intervento	Volume di TRS scavate (m <sup>3</sup> )	Riutilizzo/Aree di destino		
			In sito		Fuori sito
			Da riutilizzare in altra sub-area	Da riutilizzare internamente alla sub-area	Per realizzazione capping Tegolaia
	Buche di Calonica (MA07)	9.500	--	9.500 m <sup>3</sup>	--
	Cave Vecchie (MA08)	65.200	--	65.200 m <sup>3</sup>	--
	Le Piagge (MA09)	112.900	--	112.900 m <sup>3</sup>	--
	Ronco (MA10)	51.100	17.600 m <sup>3</sup> in MA03	6.300 m <sup>3</sup>	12.600 m <sup>3</sup>
			14.600 m <sup>3</sup> in MA09		
	Poggi Vecchi (MA11)	162.300	3.000 m <sup>3</sup> in MA11-Ind	--	44.200 m <sup>3</sup>
			22.700 m <sup>3</sup> in MA08		
			92.400 m <sup>3</sup> in Sponda Ovest Allori (MB2 – 05a)		
Strada Vecchio Borgo (MA13)	6.000	--	6.000 m <sup>3</sup>	--	
Terre Residue Sistemazioni idrauliche	85.600	4.900 m <sup>3</sup> in MA05	13.200	--	
		21.000 m <sup>3</sup> in IA04a			
		46.500 m <sup>3</sup> che saranno riutilizzate per ricarica cautelativa dei riporti delle frane in attesa di essere impiegata localmente su aree in fase di individuazione			
Demolizioni Sbarramento (DST01-DST02)	4.700	2.200 m <sup>3</sup> in DSG01	--	2.500 m <sup>3</sup>	
Lotto Emissario	Emissario lago Castelnuovo (IE-01)	359.200	181.000 m <sup>3</sup> in MA01	--	46.400 m <sup>3</sup>
			1.000 m <sup>3</sup> in MA09		
			22.700 m <sup>3</sup> in deposito intermedio 2 per poi essere riutilizzato per raccordare il rilevato in MA01		
			108.100 m <sup>3</sup> San Martino (Macrolotto B2)		
<b>TOTALE</b>	<b>1.053.300</b>	<b>600.900</b>	<b>346.700</b>	<b>105.700</b>	

Tabella 62 – Sintesi delle movimentazioni di terre previste nel progetto (Macrolotto A e Lotto Emissario).

### 10.1.1 Lago di Castelnuovo sponda Nord-Est (MA01)

La sub-area MA01 si colloca lungo la sponda Nord Est del lago di Castelnuovo; a Nord si trova la futura collina TAV.



**Figura 48** – MA-01 - Lago Castelnuovo sponda Nord-Est: ubicazione dell'area d'intervento.

Nella sub-area Lago Castelnuovo sponda Nord – Est sono previsti interventi lungo le sponde del lago per permettere la stabilizzazione delle terre nel lungo periodo, realizzare condizioni di fruibilità o naturalizzazione dei diversi tratti spondali interessati; tutti i dettagli sono esposti nel documento del piano di recupero ambientale PBSMA20750 [32] elaborato da Enel Engineering and Construction.

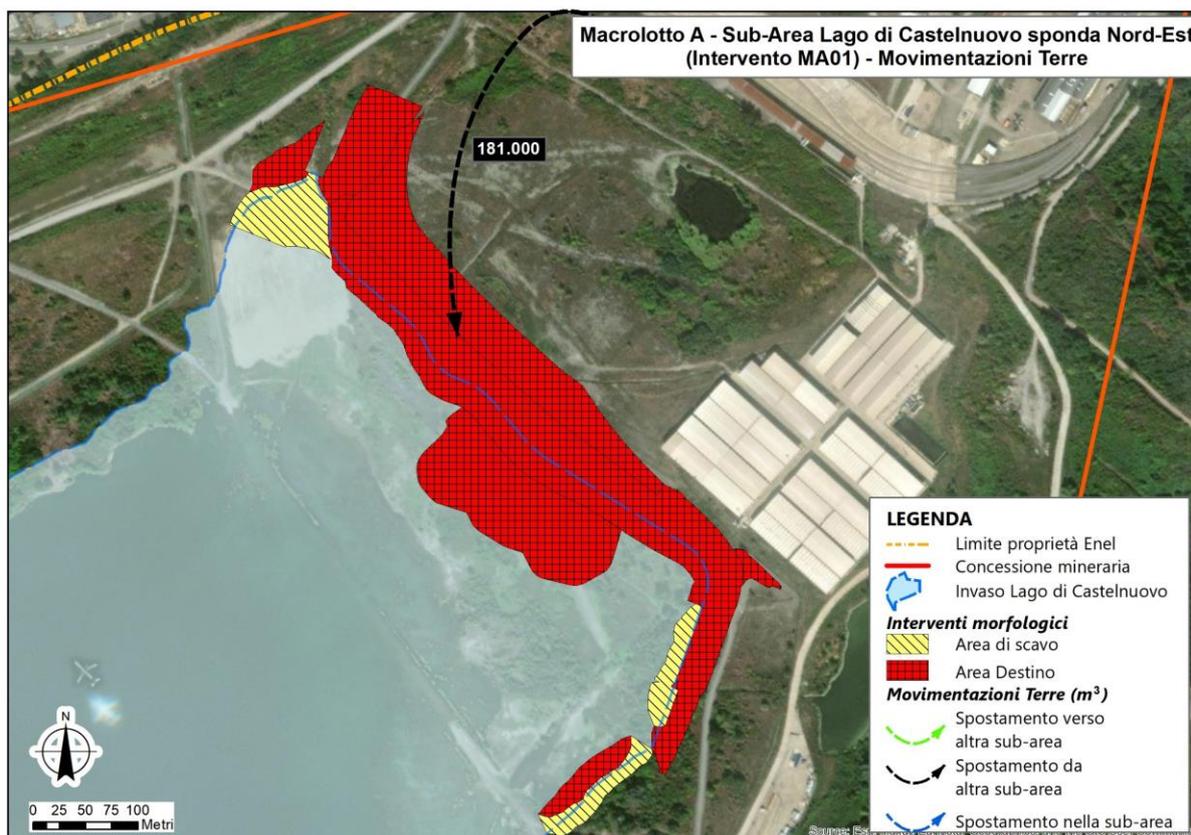
L'intervento coinvolge un tratto di circa 740 m della sponda nord-est e consiste nella creazione di un rilevato, la cui sommità si collocherà a quota 149,2 m s.l.m.. Il rilevato avrà pendenza verso il lago di 1:5 e verso il fronte opposto di 1:3 e sarà realizzato a partire dalle attuali quote del terreno, che si collocano tra 141,2 m e 148 m s.l.m.. La sommità del rilevato avrà larghezza di 6 m e sarà sede lungo la sua estensione della pista ciclabile in progetto che formerà un anello lungo l'intero perimetro del lago. Il rilevato sarà attraversato trasversalmente, ogni circa 30 m, da tubazioni di diametro 1,0 m, in modo da consentire, al momento dell'innalzamento del lago, il temporaneo allagamento dei terreni a nord di esso. Lungo un tratto intermedio, il rilevato viene affiancato dal lato del lago con una estesa banca con sommità a quota 145,0 m s.l.m. e sagomata ancora con pendenza 1:5, destinata all'attecchimento di vegetazione lacustre (rilevato vegetazionale).

Inoltre, nella sub-area MA01 sono previsti, nell'estremità nord, anche movimenti terra che sagomano la zona di imbocco del canale emissario, da entrambi i lati di questo, immediatamente prima della briglia di ingresso in c.a.; in tale tratto, parte delle sponde è rivestita con una scogliera di massi di I categoria di spessore 50 cm protetta alla base da geotessuto.

L'esecuzione di questi interventi avverrà tramite l'utilizzo di **181.000 m<sup>3</sup>** di terre e rocce da scavo provenienti dall'Emissario Lago Castelnuovo (IE-01), come schematizzato nella tabella seguente e illustrato nella Figura 49.

Sito di produzione	Sito di destino	Volumetrie da riutilizzare (m <sup>3</sup> )
Emissario Lago Castelnuevo (IE-01)	Sub-area Lago Castelnuevo Nord Est (MA01)	<b>181.000</b>

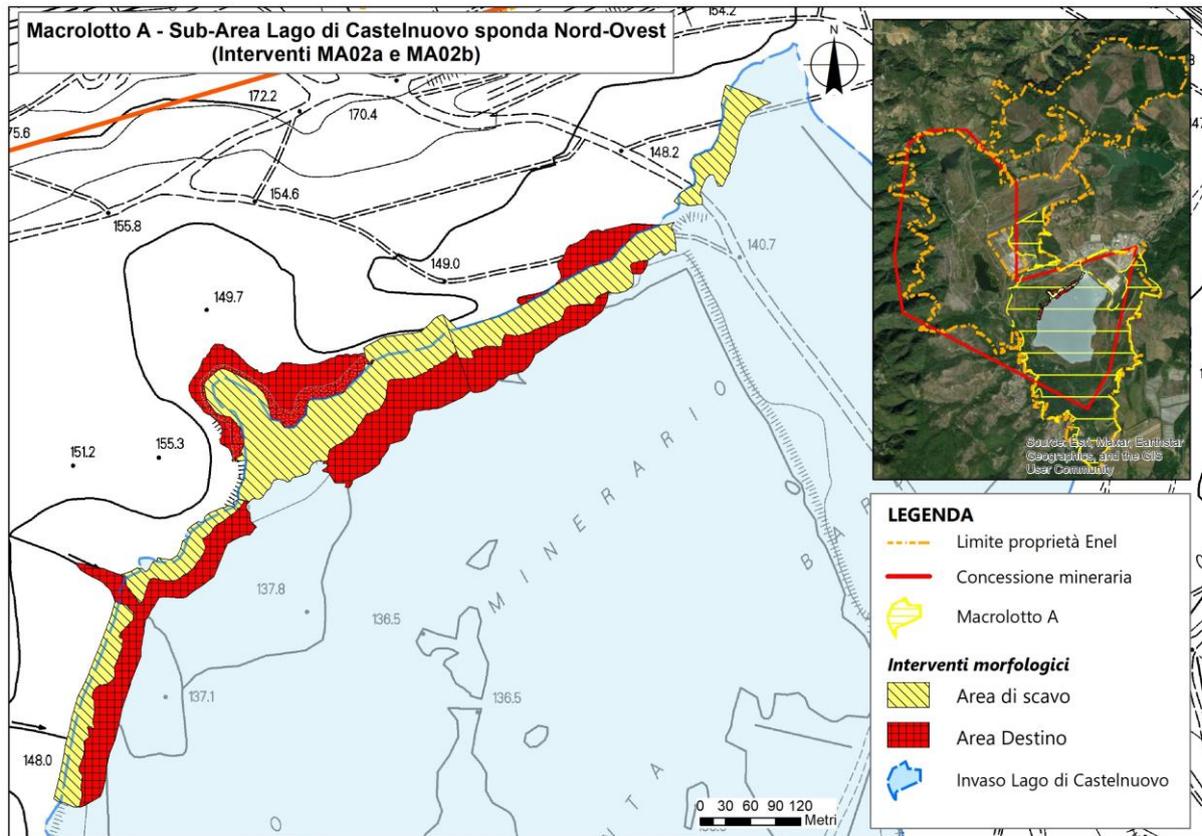
**Tabella 63** – Sintesi delle movimentazioni di terre previste nella sub-area MA01.



**Figura 49** – MA01 - Lago Castelnuevo sponda Nord-Est: Movimentazioni terre previste.

### 10.1.2 Lago di Castelnuevo sponda Nord-Ovest (MA02)

La sub-area MA02 si colloca lungo la sponda Nord Ovest del lago di Castelnuevo, a Nord Ovest confina con la sub-area Cave Vecchie (MA08) e a Est con la sub- area MA01.



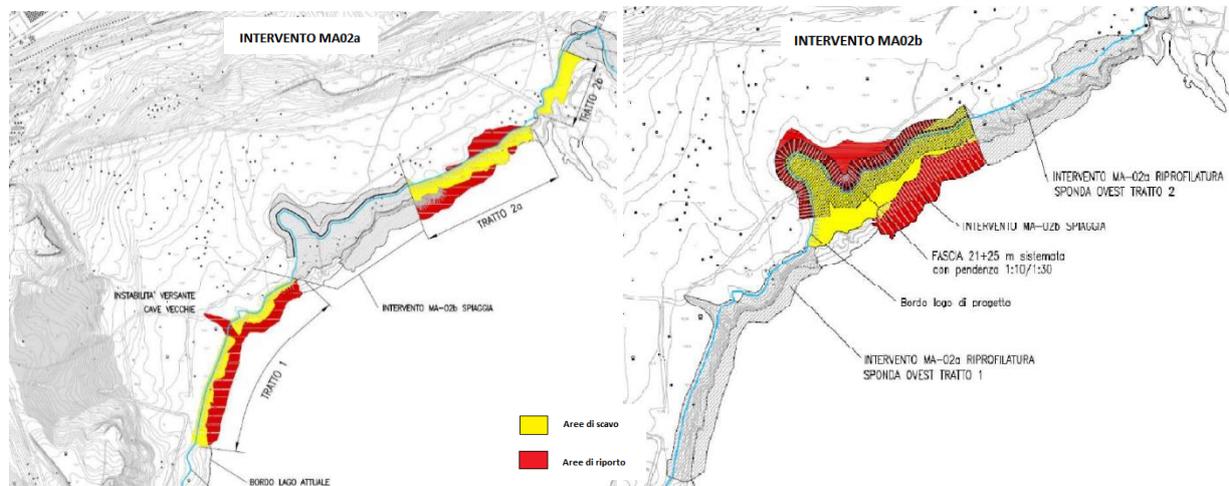
**Figura 50** – MA02 - Lago Castelnuovo sponda Nord-Ovest: ubicazione dell'area d'intervento.

Nella sub-area Lago Castelnuovo sponda Nord –Ovest (MA02) sono previsti interventi lungo le sponde del lago per permettere la stabilizzazione delle terre nel lungo periodo, realizzare condizioni di fruibilità o naturalizzazione dei diversi tratti spondali interessati; tutti i dettagli sono esposti nel documento del piano di recupero ambientale PBSMA20750 [32] elaborato da Enel Engineering and Construction.

Gli interventi coinvolgono un tratto spondale di estensione di circa 1.150 m della sponda ovest del lago Castelnuovo, su quale verrà realizzato un tratto di spiaggia opportunamente profilato e sistemato, per una estensione longitudinale di circa 320 m.

La sub-area è stata suddivisa in due sub-ambiti distinti (MA02a e MA02b) in base alla tipologia di intervento che sarà eseguito: il sub-ambito MA02a coinvolge le porzioni che saranno soggette a riprofilatura della sponda del lago mentre il sub-ambito MA02b identifica le aree che saranno interessate dalla realizzazione del tratto di spiaggia.

Nella seguente figura sono riportate le aree coinvolte nelle due diversi interventi.



**Figura 51** – MA02 - Lago Castelnuovo sponda Nord-Ovest: suddivisione in MA02a e MA02b.

L'intervento MA02a prevede uno spianamento e una regolarizzazione del terreno in posto per poter realizzare la pendenza della sponda prevista a progetto. La superficie dell'area da riprofilare è di circa 43.900 m<sup>2</sup> suddivisi in due settori (tratto 1 e tratto 2a). Un terzo settore (tratto 2b), collocato nel settore ovest della sub-area, è prevista solo attività di scavo con profondità massima di 2 m, per fornire la pendenza 1:5 in un tratto immerso di estensione 15 m, collocato nella stessa sub-area.

L'intervento MA02b prevede la sagomatura del tratto di spiaggia che risponde a determinate specifiche legate alla sua fruizione quali: creazione di una fascia di estensione 25 m all'interno dell'acqua e di 15 m all'esterno con pendenza di 1:10; preparazione del fondo in tale area che è operata con la stessa di uno strato uniforme di materiale selezionato (sabbia e ghiaia); realizzazione di un dente in pietrame immediatamente a monte della linea di bagnasciuga. In tali operazioni è previsto uno spianamento e una regolazione del terreno in posto.

L'esecuzione di questi interventi avverrà tramite lo scavo di **51.200 m<sup>3</sup>** di terre presso la sub-area MA02 di cui **44.500 m<sup>3</sup>** di terre verranno riutilizzate nella stessa sub-area e **6.700 m<sup>3</sup>** di terre saranno destinate alla sub-area MA03, come schematizzato nella tabella seguente e illustrato nella Figura 52.

In particolare, per le terre destinate alla sub-area MA03 non saranno utilizzate le terre nelle vicinanze dei sondaggi A02/01, A02/03, A02/07 e A02/09 che hanno presentato superamenti dei parametri Nichel nei test di cessione.

Sito di produzione	Sito di destino	Volumetrie da riutilizzare (m <sup>3</sup> )
Sponda Ovest Castelnuovo (MA02)	Sponda Ovest Castelnuovo (MA02)	<b>44.500</b>
Sponda Ovest Castelnuovo (MA02)	Sponda Sud Castelnuovo (MA03)	<b>6.700</b>

**Tabella 64** – Sintesi delle movimentazioni di terre previste nella sub-area MA02.

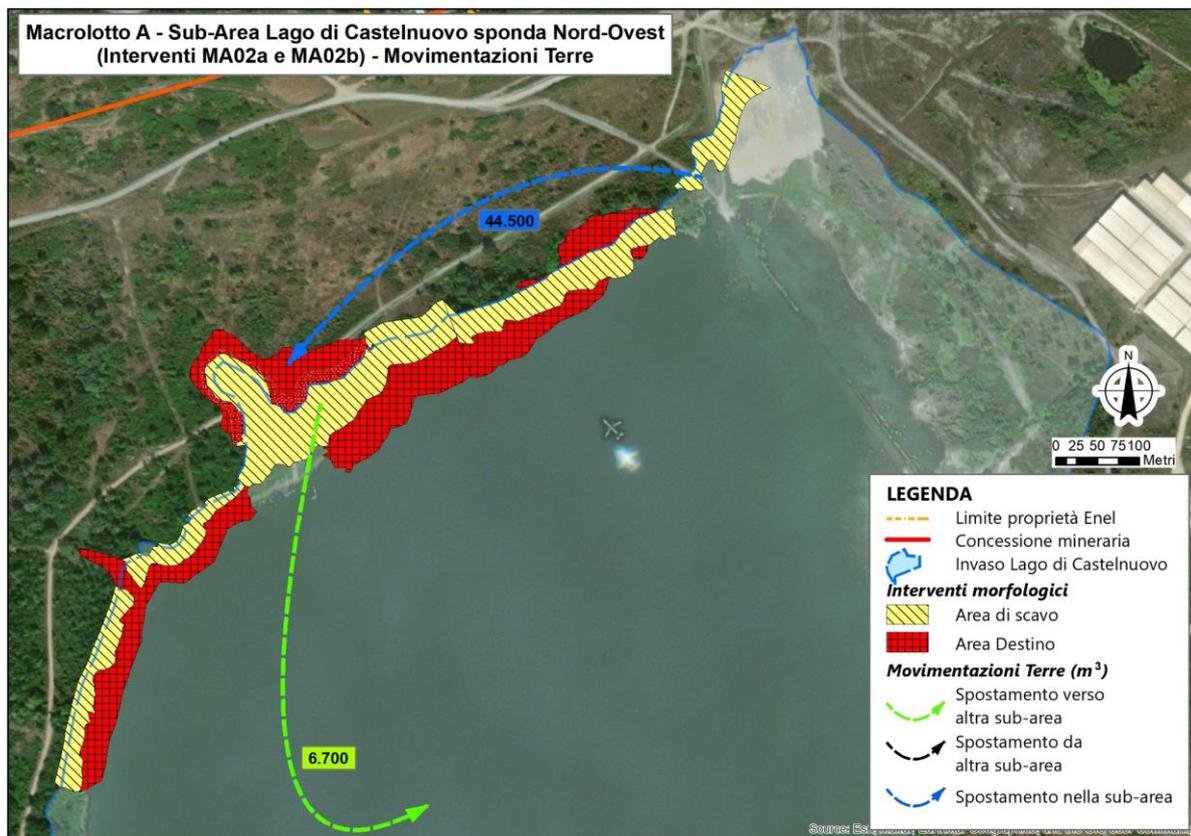
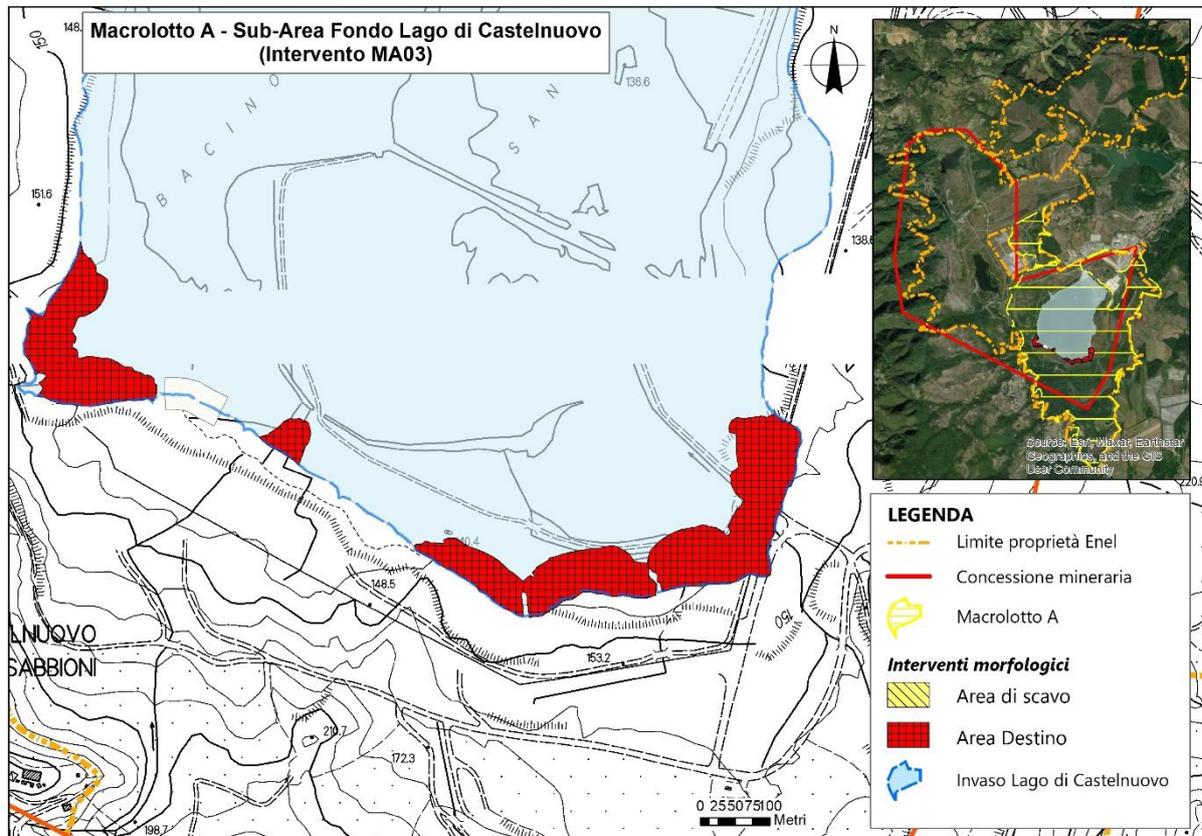


Figura 52 – MA02 - Lago Castelnuovo sponda Nord-Ovest: Movimentazioni terre previste.

### 10.1.3 Lago di Castelnuovo sponda Sud (MA03)

Nella sub-area Lago Castelnuovo sponda Sud (MA03) sono previsti interventi lungo le sponde del lago per permettere la stabilizzazione delle terre nel lungo periodo, realizzare condizioni di fruibilità o naturalizzazione dei diversi tratti spondali interessati, tutti i dettagli sono esposti nel documento del piano di recupero ambientale PBSMA20750 [32] elaborato da Enel Engineering and Construction.



**Figura 53** – MA03 - Lago Castelnuovo sponda Sud: ubicazione dell'area d'intervento.

Gli interventi coinvolgono un tratto di sponda del lago di circa 1.350 m con lo scopo di creare aree sub pianeggianti a quote comprese tra 144,5 e 146 m s.l.m. destinate, dopo l'innalzamento della quota del lago, all'attecchimento di vegetazione lacustre (rilevati vegetazionali). Inoltre, si prevede la realizzazione di un tratto di spiaggia di estensione circa 100 m e la riprofilatura sarà effettuata mediante la deposizione di terreno di riporto, con pendenza della scarpata verso il lago sempre pari a 1:5.

L'esecuzione di questi interventi avverrà tramite l'utilizzo di:

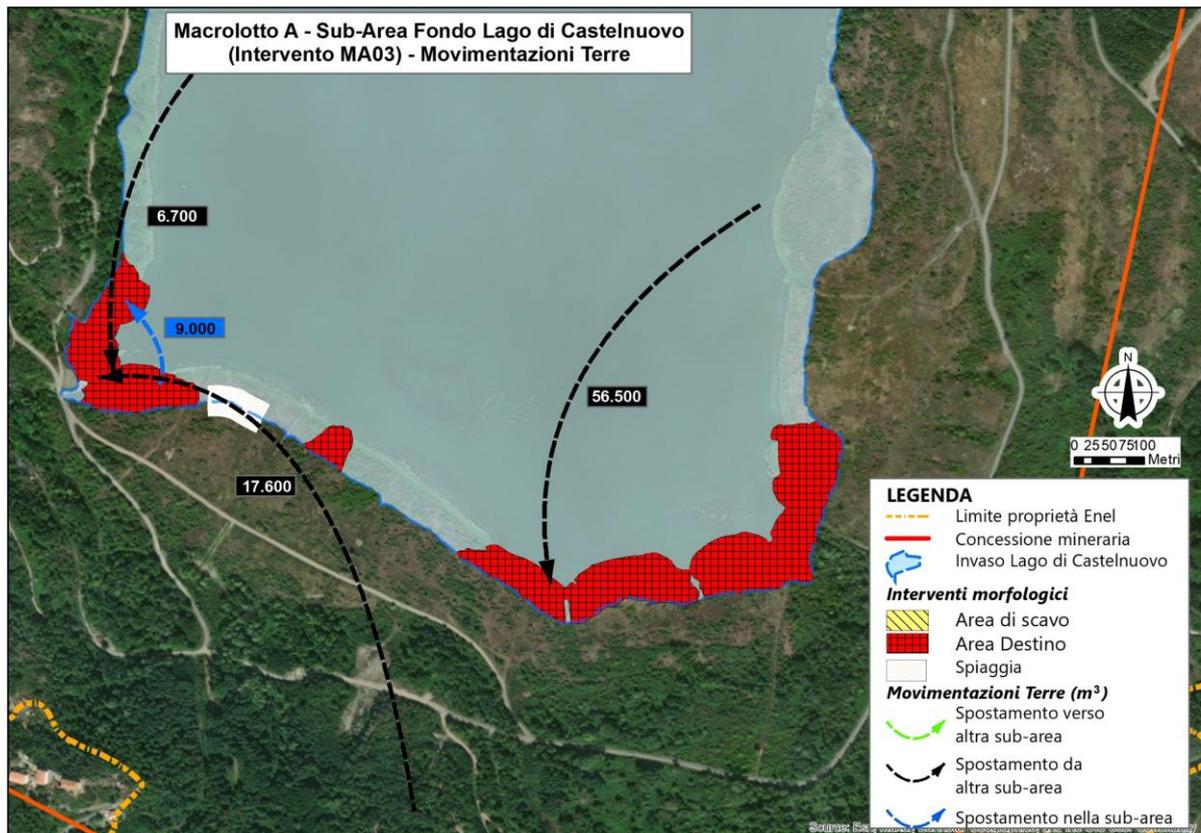
- **56.500 m<sup>3</sup>** di terre e rocce da scavo provenienti dalla sub-area Lago Castelnuovo sponda Est (MA04);
- **17.600 m<sup>3</sup>** di terre e rocce da scavo provenienti dalla sub-area Ronco (MA10);
- **6.700 m<sup>3</sup>** di terre e rocce da scavo provenienti dalla sub-area Lago Castelnuovo sponda Nord-Ovest (MA02);
- **9.000 m<sup>3</sup>** di terre e rocce da scavo provenienti dalla sub-area Lago Castelnuovo sponda Sud (MA03).

Nella tabella seguente e nella figura 54 si riportano le terre che saranno utilizzate nella sub-area MA03.

Sito di produzione	Sito di destino	Volumetrie da riutilizzare (m <sup>3</sup> )
Sponda Ovest Castelnuovo (MA02)	Sponda Sud Castelnuovo (MA03)	<b>6.700</b>
Sponda Sud Castelnuovo (MA03)	Sponda Sud Castelnuovo (MA03)	<b>9.000</b>
Lago Castelnuovo sponda Est (MA04)	Sponda Sud Castelnuovo (MA03)	<b>56.500</b>

Sito di produzione	Sito di destino	Volumetrie da riutilizzare (m <sup>3</sup> )
Ronco (MA10)	Sponda Sud Castelnuovo (MA03)	17.600

**Tabella 65** – Sintesi delle movimentazioni di terre previste nella sub-area MA03.



**Figura 54** – MA03 - Lago Castelnuovo sponda Sud: Movimentazioni terre previste.

### 10.1.4 Lago di Castelnuovo sponda Est (MA04)

Nella sub-area Lago Castelnuovo sponda Est (MA04) sono previsti interventi lungo le sponde del lago per permettere la stabilizzazione delle terre nel lungo periodo, realizzare condizioni di fruibilità o naturalizzazione dei diversi tratti spondali interessati, tutti i dettagli sono esposti nel documento del piano di recupero ambientale PBSMA20750 [32] elaborato da Enel Engineering and Construction.

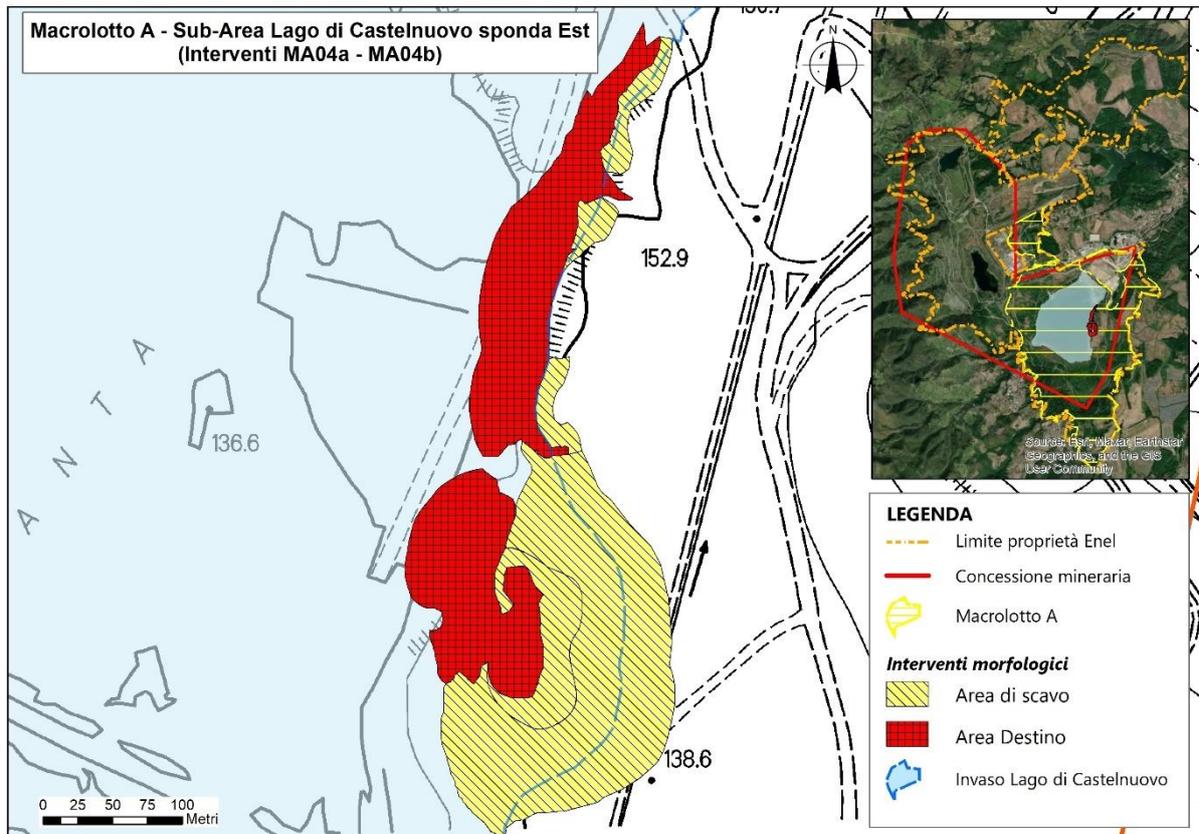


Figura 55 – MA04 - Lago di Castelnuovo sponda Est: ubicazione dell'area d'intervento.

Gli interventi coinvolgono un tratto di sponda del lago di lunghezza circa 750 m e prevedono la creazione di una piccola isola e la sagomatura del fondale antistante a questa, per una estensione di circa 30 m all'interno del lago, con una pendenza dolce di 1:10, idonea alle finalità naturalistiche. L'isola sarà ottenuta in parte per scavo ed in parte con riporti, dando alle sponde una pendenza di 1:5 nella parte emersa e realizzando la sommità ad una quota di 150 m s.l.m.

L'esecuzione di questi interventi avverrà tramite lo scavo di **103.500 m<sup>3</sup>** di terre presso la sub-area MA04 di cui **47.000 m<sup>3</sup>** di terre verranno riutilizzate nella stessa sub-area e **56.500 m<sup>3</sup>** di terre saranno destinate alla sub area MA03, come schematizzato nella tabella seguente e illustrato nella Figura 56.

In particolare, per la sub-area MA03 non saranno utilizzate le terre afferenti ai sondaggi A04/05, A04/07 e A04/11 fino alla profondità di 2 m da p.c., perché sono stati riscontrati superamenti di Antimonio e Nichel per i test di cessione.

Sito di produzione	Sito di destino	Volumetrie da riutilizzare (m <sup>3</sup> )
Lago Castelnuovo sponda Est (MA04)	Lago Castelnuovo sponda Est (MA04)	47.000
Lago Castelnuovo sponda Est (MA04)	Sponda Sud Castelnuovo (MA03)	56.500

Tabella 66 – Sintesi delle movimentazioni di terre previste nella sub-area MA04.

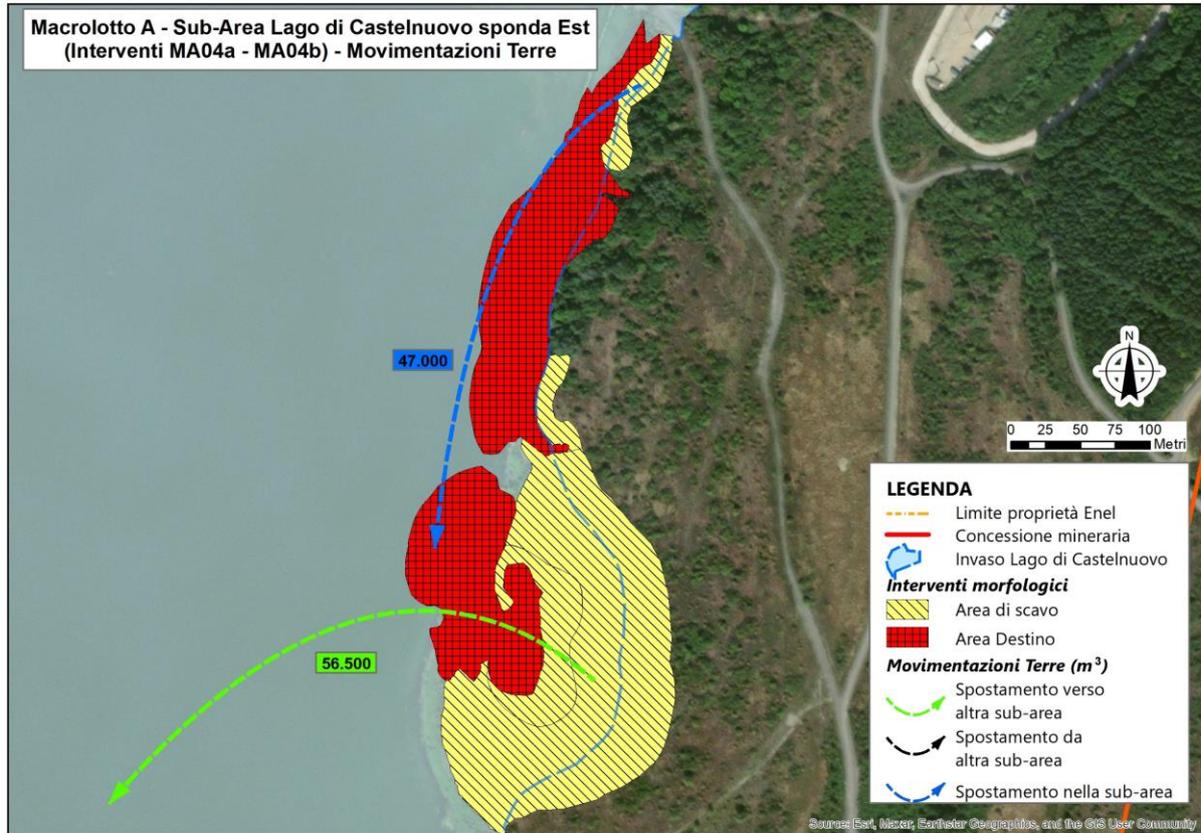


Figura 56 – MA04 - Lago Castelnuovo sponda Est: Movimentazioni terre previste.

### 10.1.5 Casa Basi (MA05)

La sub-area Casa Basi (MA05) si trova a Sud della sub-area Le Piagge e si colloca in una depressione che costituisce una sorta di inghiottitoio, immettendo le acque superficiali nel cunicolo interrato che le recapita in direzione nord-est.

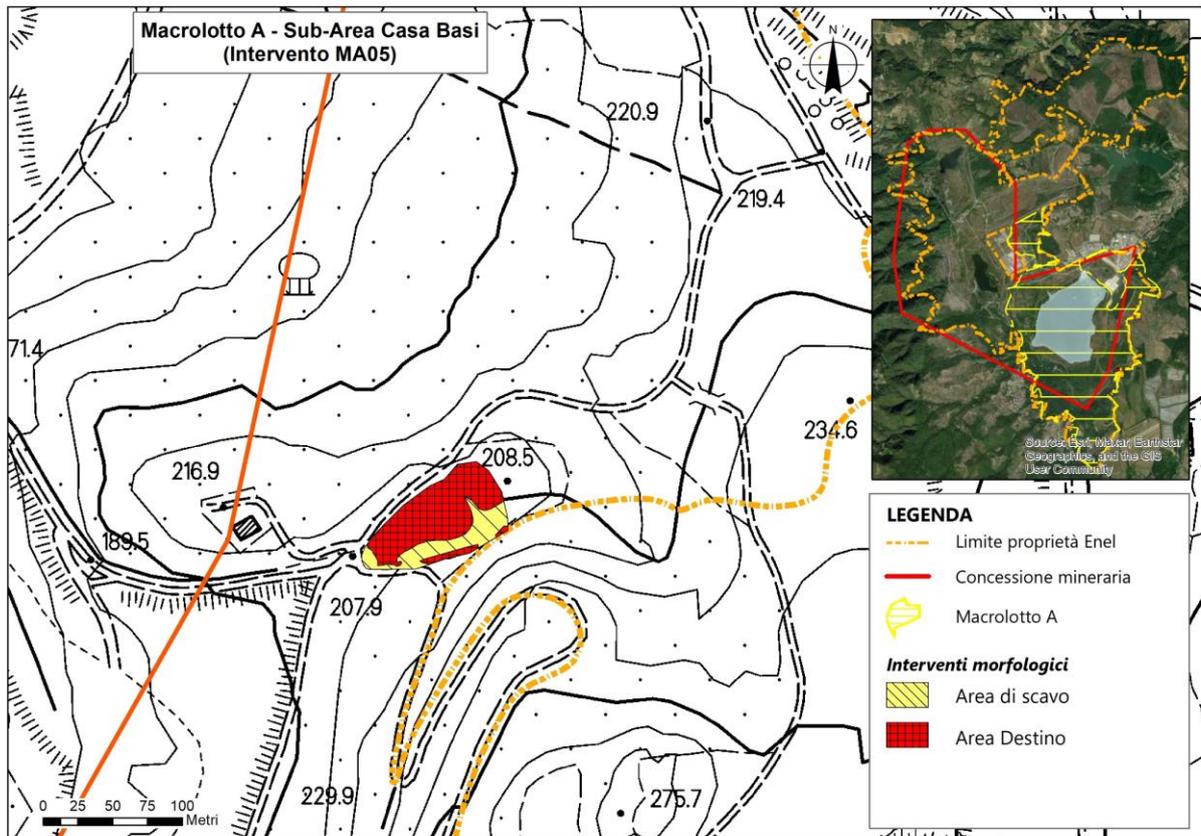


Figura 57 – MA05 - Casa Basi: ubicazione dell'area d'intervento.

L'intervento previsto per la sub-area Casa Basi ha lo scopo di rinnovare l'assetto dell'area, rimuovendo il cunicolo e colmare la depressione presente, riconducendo le acque superficiali in un nuovo sistema scolante secondario, progetto integrato con quello della viabilità definitiva dell'area. I dettagli di progetto sono esposti nel documento del piano di recupero ambientale PBSMA20717 [33] elaborato da Enel Engineering and Construction.

A causa della radicale modifica della regimazione delle acque superficiali, che si originano principalmente da un impluvio di versante proveniente da sud-est, l'intervento prevede una realizzazione in più fasi, in modo da trovare fin da subito (FASE I) un recapito alternativo all'inghiottitoio; al termine dell'intervento di colmata (FASE II) viene poi realizzato il sistema di raccolta e recapito definitivo (FASE III), realizzato nel contesto del progetto di canali e tombini facenti parte della Rete Scolante Secondaria.

I movimenti terra previsti dal progetto consistono quasi esclusivamente nel riempimento del cavo, con effetto sostanzialmente stabilizzante nei confronti dei terreni circostanti. Quindi, per la FASE II, è previsto il tombamento del cunicolo e realizzazione progressiva del riempimento per strati, mediante **4.900 m<sup>3</sup>** di materiale proveniente dagli scavi delle nuove inalveazioni dei Borri Valli, Percussente, Pianale e Lanzi, ovvero dal deposito temporaneo n.1.

Nella seguente figura sono riportati gli spostamenti di terre che coinvolgono la sub-area Casa Basi (MA05).

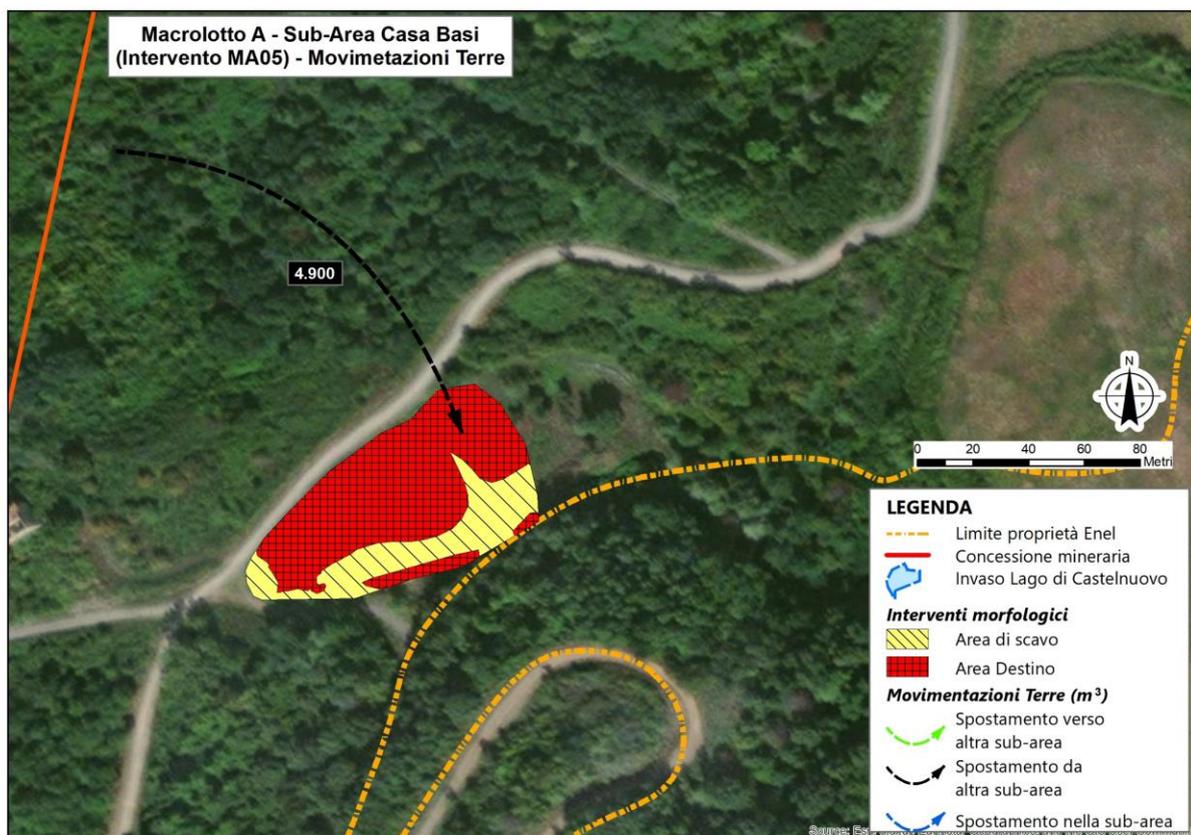


Figura 58 – MA05 - Casa Basi: Movimentazioni terre previste.

### 10.1.6 Casa Vanni (MA06)

Nella sub-area Casa Vanni (MA06) è prevista la riprofilatura del versante presente nell'area con lo scopo di migliorare la capacità scolante dei terreni nel pianoro posto a quote comprese tra 192 e 205 m s.l.m., in cui la conformazione attuale, ed in particolare la presenza di una sorta di argine lungo quasi tutto lo sviluppo longitudinale dell'area, ha l'effetto di creare aree di ristagno al piede del versante a monte. I dettagli del progetto sono presentati nel documento del piano di recupero ambientale PBSMA2072301 [34] elaborato da Enel Engineering and Construction.

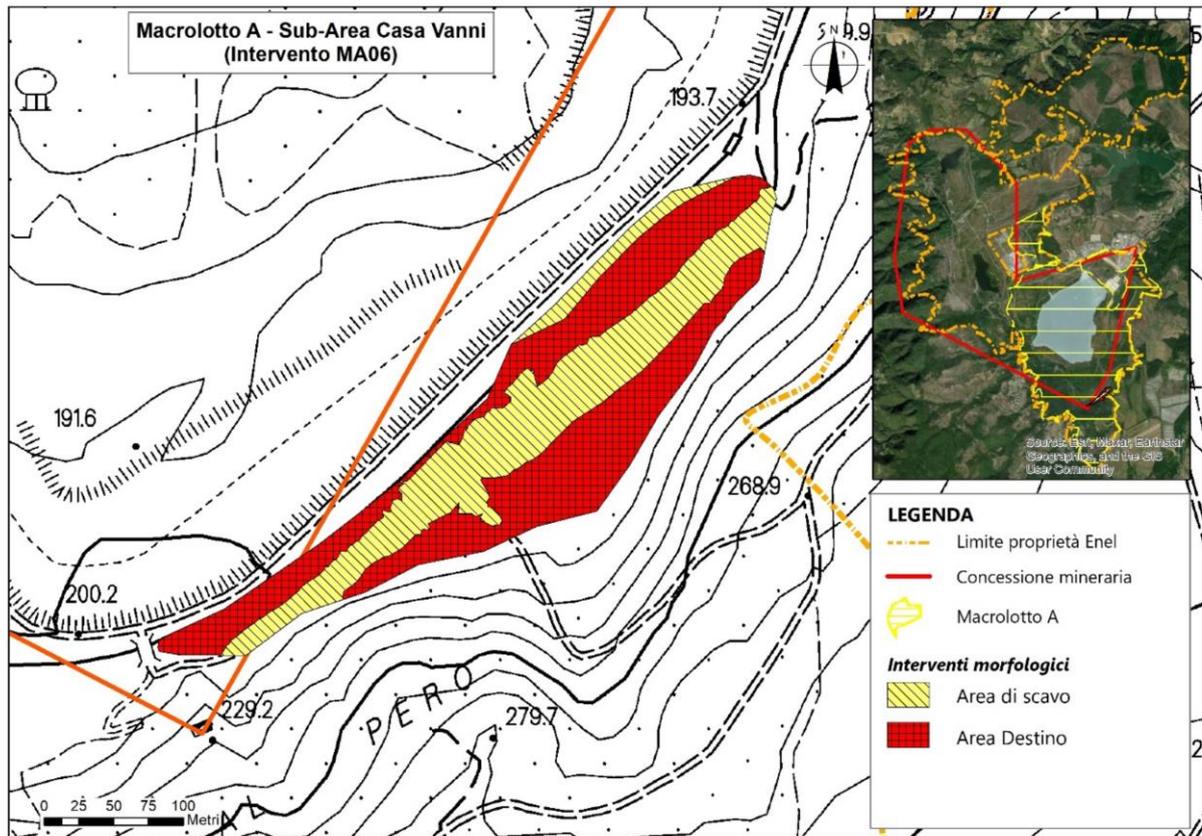


Figura 59 – MA06 - Casa Vanni: ubicazione dell'area d'intervento.

La zona di intervento riguarda una striscia di estensione longitudinale 560 m e larghezza variabile tra 30 e 120 m. La sistemazione del versante viene condotta a partire dalle attuali conformazioni locali del terreno, più o meno acclivi, secondo il criterio di creare una pendenza che agevoli lo scolo delle acque superficiali senza intaccare ed anzi migliorando ovunque possibile la stabilità locale dei terreni.

L'esecuzione della riprofilatura avverrà tramite l'utilizzo di **33.100 m<sup>3</sup>** di terre e rocce da scavo provenienti dalla stessa sub area; nella Figura 60 si riporta la sezione tipologica che rappresenta l'intervento che verrà eseguito. Nella Tabella 67 e nella Figura 61 invece si riporta la movimentazione di terre che coinvolge la sub- area Casa Vanni (MA06).

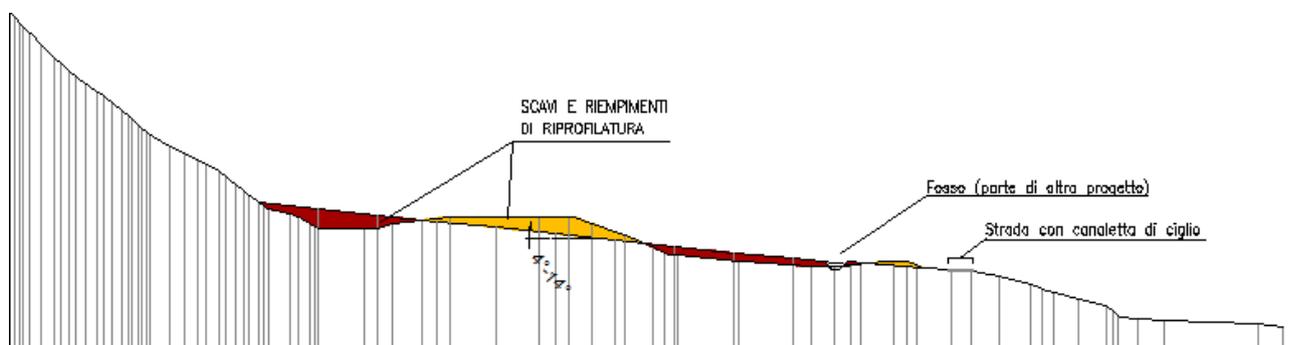


Figura 60 – MA06-Casa Vanni: Sezione tipologica rappresentativa dell'intervento.

Sito di produzione	Sito di destino	Volumetrie da riutilizzare (m <sup>3</sup> )
Casa Vanni (MA06)	Casa Vanni (MA06)	33.100

Tabella 67 – Sintesi delle movimentazioni di terre previste nella sub-area MA06.

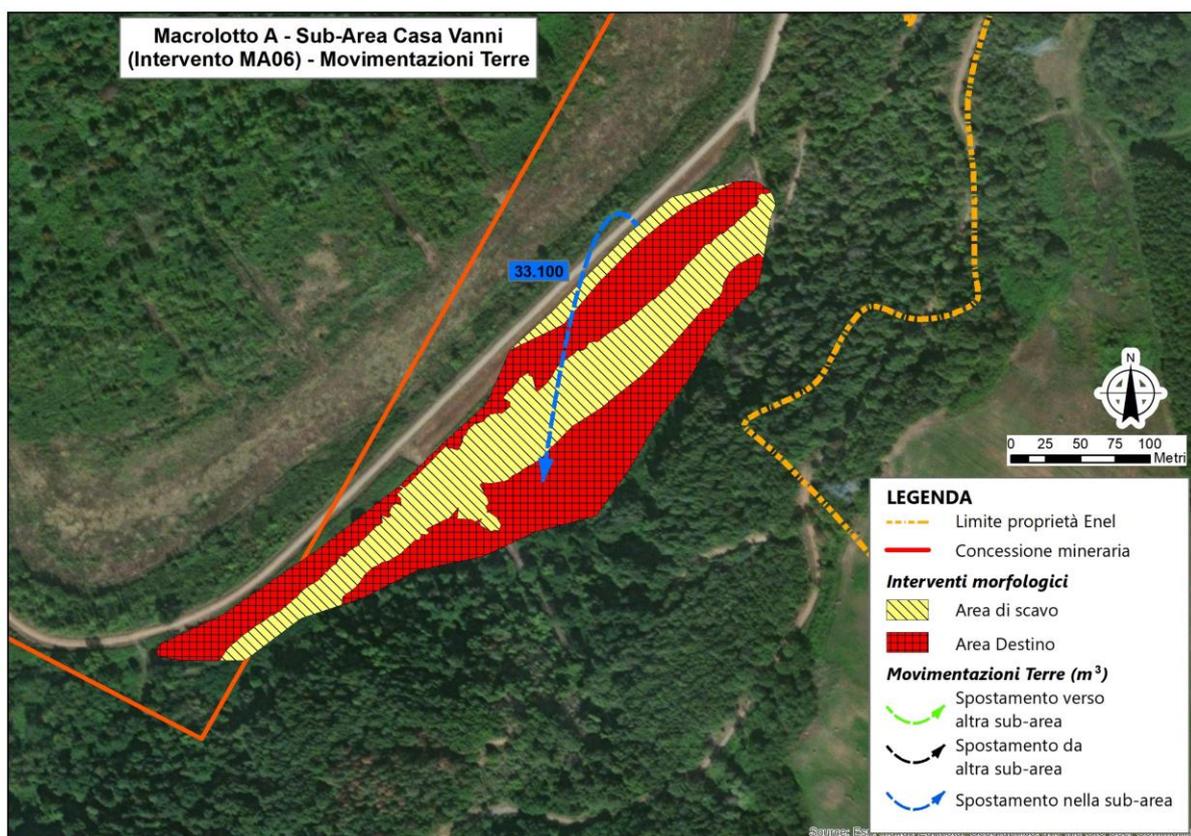


Figura 61 – MA06-Casa Vanni: Movimentazioni terre previste.

### 10.1.7 Buche di Calonica (MA07)

Gli interventi previsti nella sub-area MA07 sono la profilazione delle sponde con maggiore acclività del laghetto già presente e creare una nuova via di recapito delle acque in tracimazione verso valle, più a ovest dell'attuale, meglio integrata con le restanti riprofilature operate nell'area.

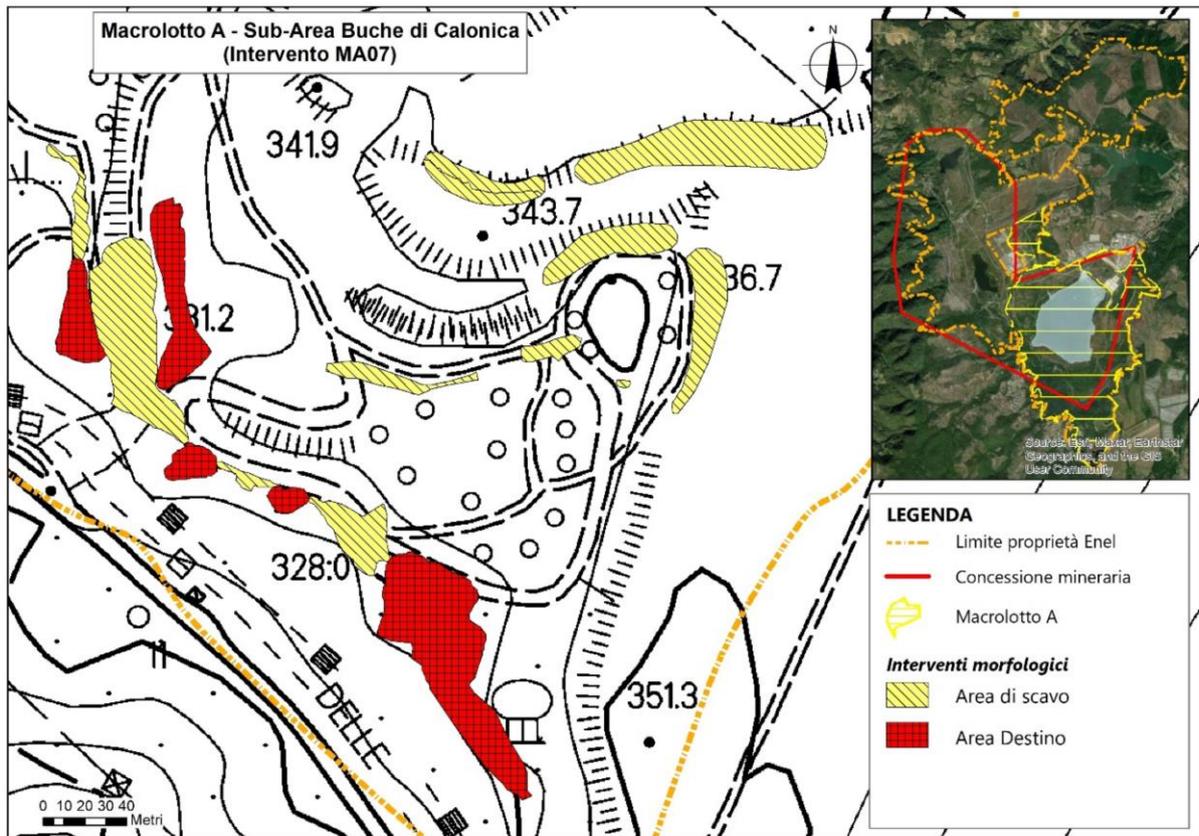


Figura 62 – MA-07 Buche di Calonica: ubicazione dell’area d’intervento.

Tali interventi hanno come scopo quello di migliorare le capacità scolanti dei terreni dell’area, che presentano nella configurazione attuale una serie di depressioni e una conformazione che non rende possibile lo scorrimento delle acque superficiali verso valle, in direzione del recettore finale costituito dal lago di Castelnuovo. Nella relazione tecnica PBSMA2072301 [35] elaborata da Enel Engineering and Construction sono dettagliati gli interventi previsti.

L’esecuzione della riprofilatura avverrà tramite l’utilizzo di **9.500 m<sup>3</sup>** di terre e rocce da scavo provenienti dalla stessa sub area; nella Figura 63 si riporta la sezione tipologica che rappresenta gli scavi che verranno eseguiti. Nella Tabella 68 e nella Figura 64 , invece si riporta la movimentazione di terre che coinvolge la sub-area Buche di Calonica (MA07).

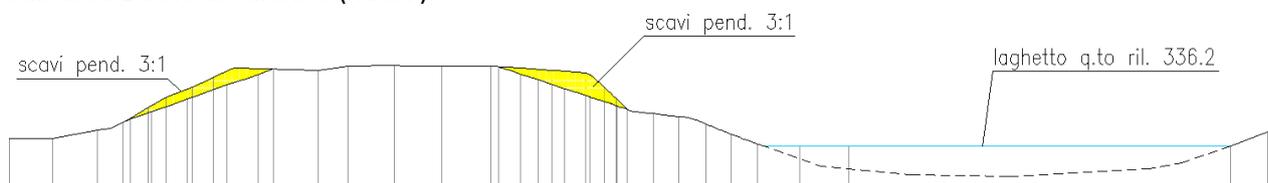


Figura 63 – MA07 – Buche di Calonica: Riprofilature previste nell’intorno del laghetto.

Sito di produzione	Sito di destino	Volumetrie da riutilizzare (m <sup>3</sup> )
Buche di Calonica (MA07)	Buche di Calonica (MA07)	9.500

Tabella 68 – Sintesi delle movimentazioni di terre previste nella sub-area MA07.

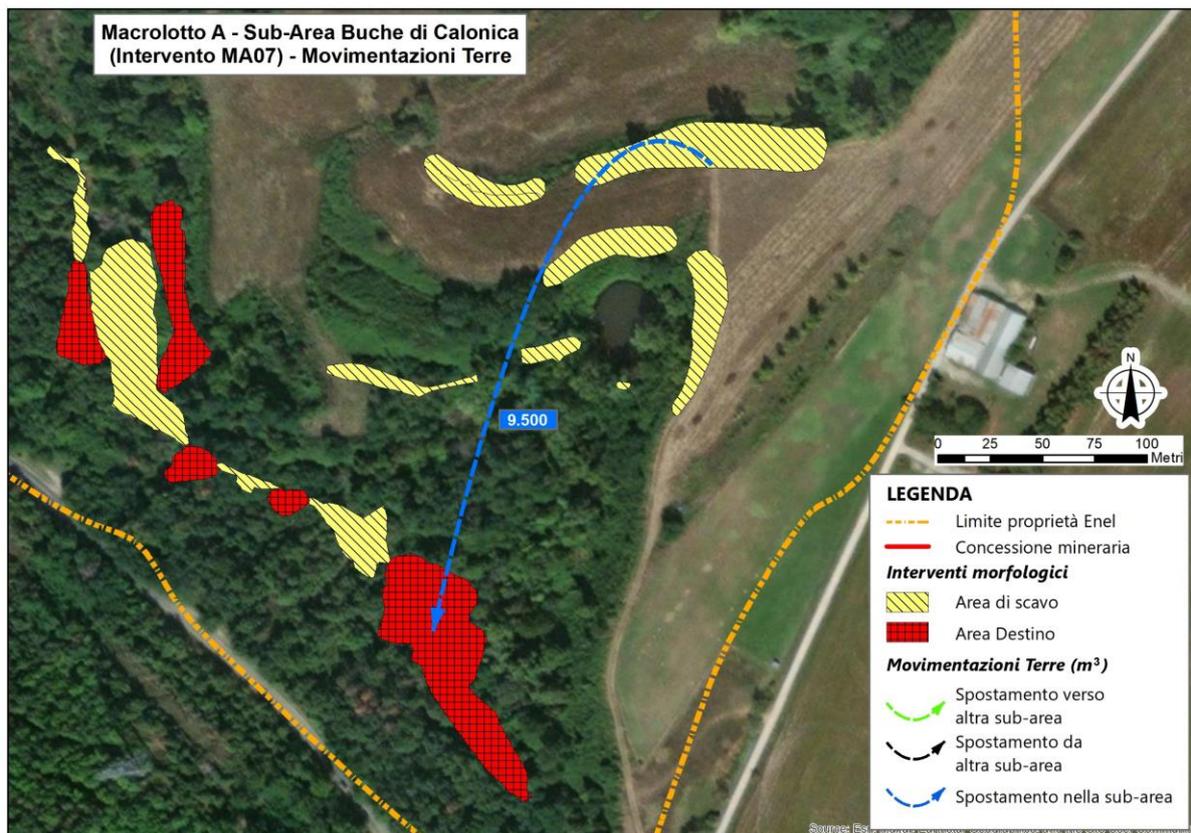


Figura 64 – MA07 – Buche di Calonica: Movimentazioni terre previste.

### 10.1.8 Cave Vecchie (MA08)

Nella sub-area Cave Vecchie (MA08) insiste un'area di frana situata nel versante occidentale orientata verso il bacino di Castelnuovo. Tale area si estende dalla strada provinciale 14 (non interessata da fenomeni di instabilità), fino all'incontro con in materiale di riempimento del cavo minerario del lago Castelnuovo, nella figura seguente si illustra l'ubicazione dell'area.

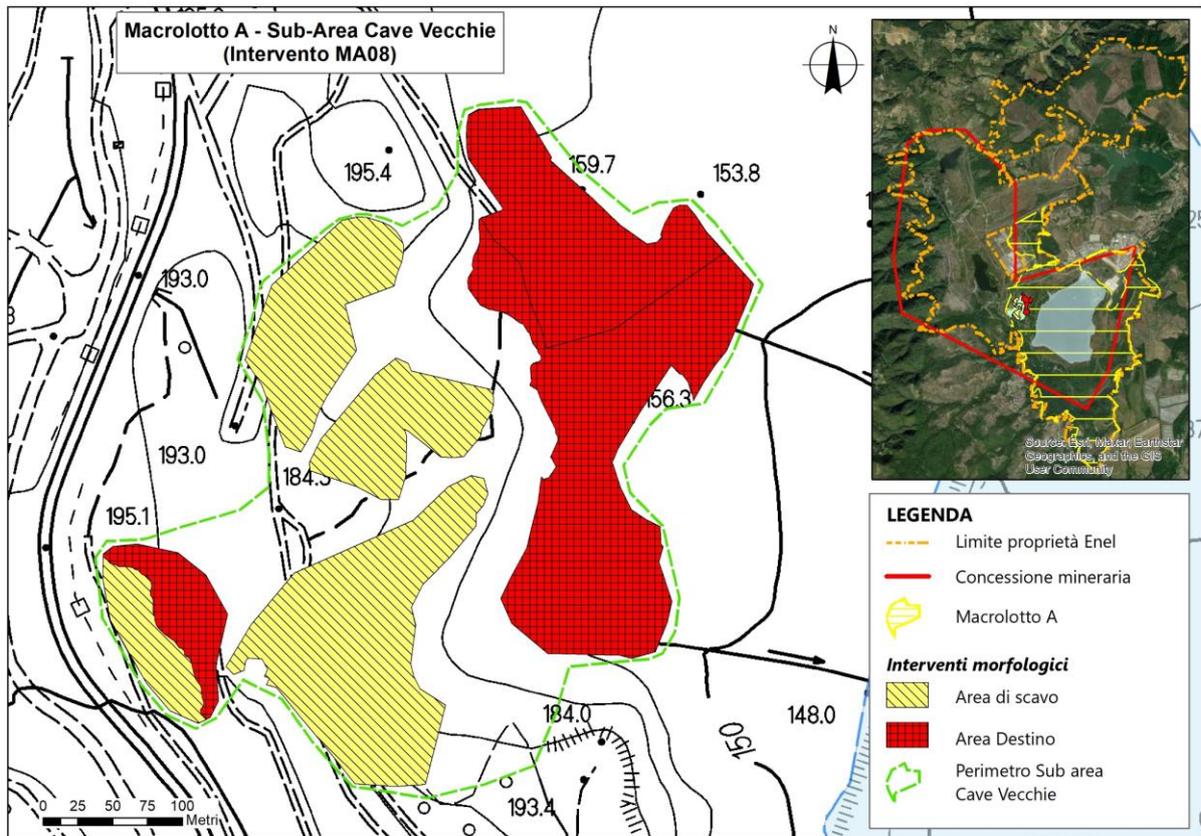


Figura 65 – MA-08 - Cave Vecchie: ubicazione dell’area d’intervento.

Il complesso franoso presente in questo versante è attivo dal 1979 e ha presentato molteplici arresti e riprese nel corso degli anni, con incrementi di velocità in concomitanza con precipitazioni intense. L’instabilità è inizialmente sorta a causa dei profondi scavi realizzati nell’area per l’approvvigionamento della lignite, ed è stata, inoltre, sicuramente accentuata dall’attività mineraria svolta a monte dell’area, e dalla presenza a monte di un bacino, ora non più esistente, che alimentava la falda sottostante. La frana di Cave Vecchie è riconosciuta oggi come uno scoscendimento relativamente superficiale (profondità circa 15 m) che si sviluppa lungo un piano a debole curvatura e che presenta corpi coalescenti che si muovono a velocità diverse.

Gli interventi previsti comprendono la riduzione dell’acclività tramite l’esecuzione di scavi di riprofilatura in corrispondenza delle nicchie di distacco nella parte alta del versante e la realizzazione di un riporto per la stabilizzazione del piede, utilizzando i materiali di scavo; comprendono inoltre opere di drenaggio per il contenimento delle pressioni interstiziali in corrispondenza dei piani di scorrimento dei movimenti franosi più attivi, con le relative opere di regimazione delle acque di risulta. Nel rapporto Enel PBSMA20776 [36] sono descritte le opere previste per la sub-area Cave Vecchie.

Nella seguente figura sono schematizzate le opere che verranno eseguite: le trincee drenanti (riportate in verde, fucsia e bordeaux), e le riprofilature (evidenziate in giallo le aree di scavo e in rosso le aree di riporto).



**Figura 66** – MA-08 - Cave Vecchie: Interventi previsti sovrapposti alla carta geologica.

L'esecuzione di questi interventi avverrà tramite l'utilizzo di:

- **65.200 m<sup>3</sup>** di terre e rocce da scavo provenienti dalla stessa sub-area, Cave vecchie (MA08);
- **22.700 m<sup>3</sup>** di terre e rocce da scavo provenienti dalla sub-area Poggi Vecchi (MA11).

Nella Tabella 69 e nella Figura 67 si riportano le movimentazioni di terre che coinvolgono la sub- area Cave Vecchie (MA08).

Sito di produzione	Sito di destino	Volumetrie da riutilizzare (m <sup>3</sup> )
Cave Vecchie (MA08)	Cave Vecchie (MA08)	<b>65.200</b>
Poggi Vecchi (MA11-MA11Ind)	Cave Vecchie (MA08)	<b>22.700</b>

**Tabella 69** – Sintesi delle movimentazioni di terre previste nella sub-area MA08.

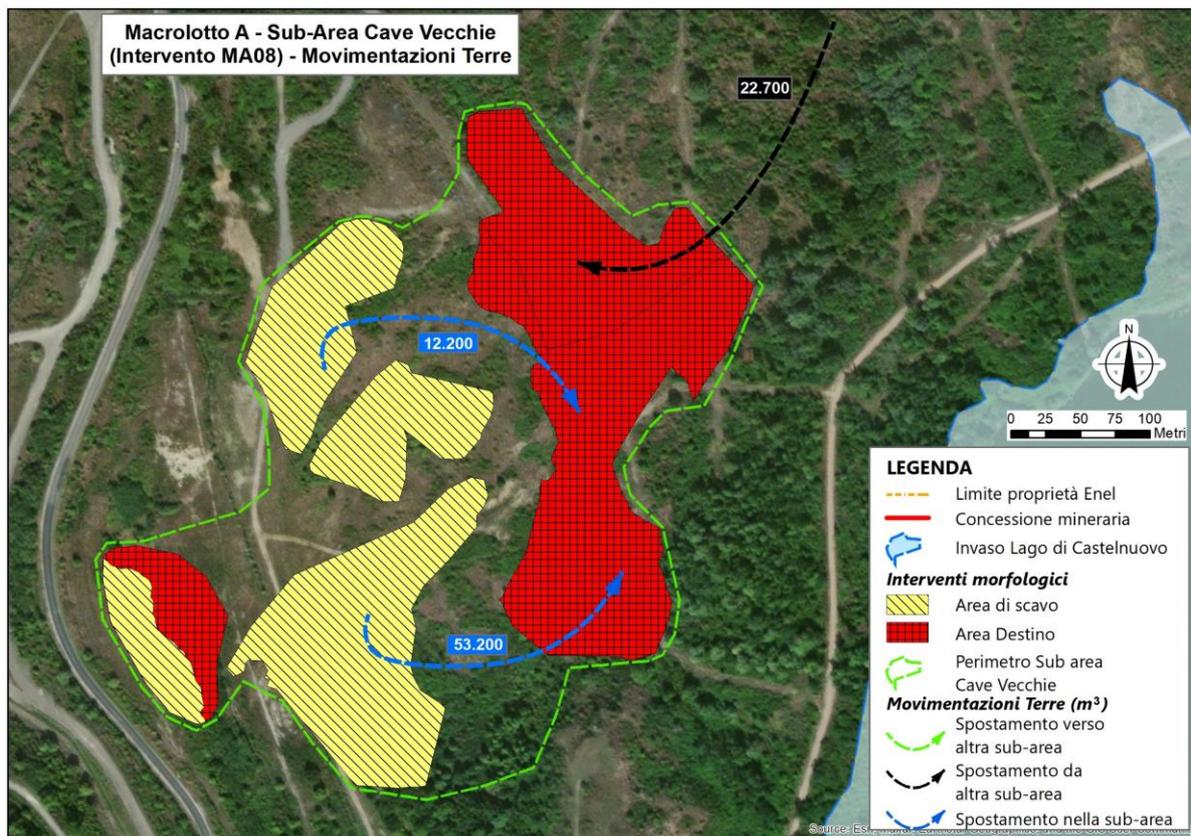


Figura 67 – MA08 –Cave Vecchie: Movimentazioni terre previste.

### 10.1.9 Le Piagge (MA09)

Nella sub-area Le Piagge (MA09) si sono sviluppati in diverse fasi a partire dal 1967, fenomeni cinematici di instabilità. Le porzioni di area più a nord sono state in più fasi rimodellate e le ultime imponenti attività di risagomatura hanno portato negli anni ad una sostanziale stabilizzazione. La porzione più meridionale invece, denominata in origine come frana "A", ha mantenuto nella sua parte più alta la conformazione originaria, pur rimodellata dagli stessi cinematici di instabilità. Nella seguente figura è riportata l'ubicazione della sub-area le Piagge.

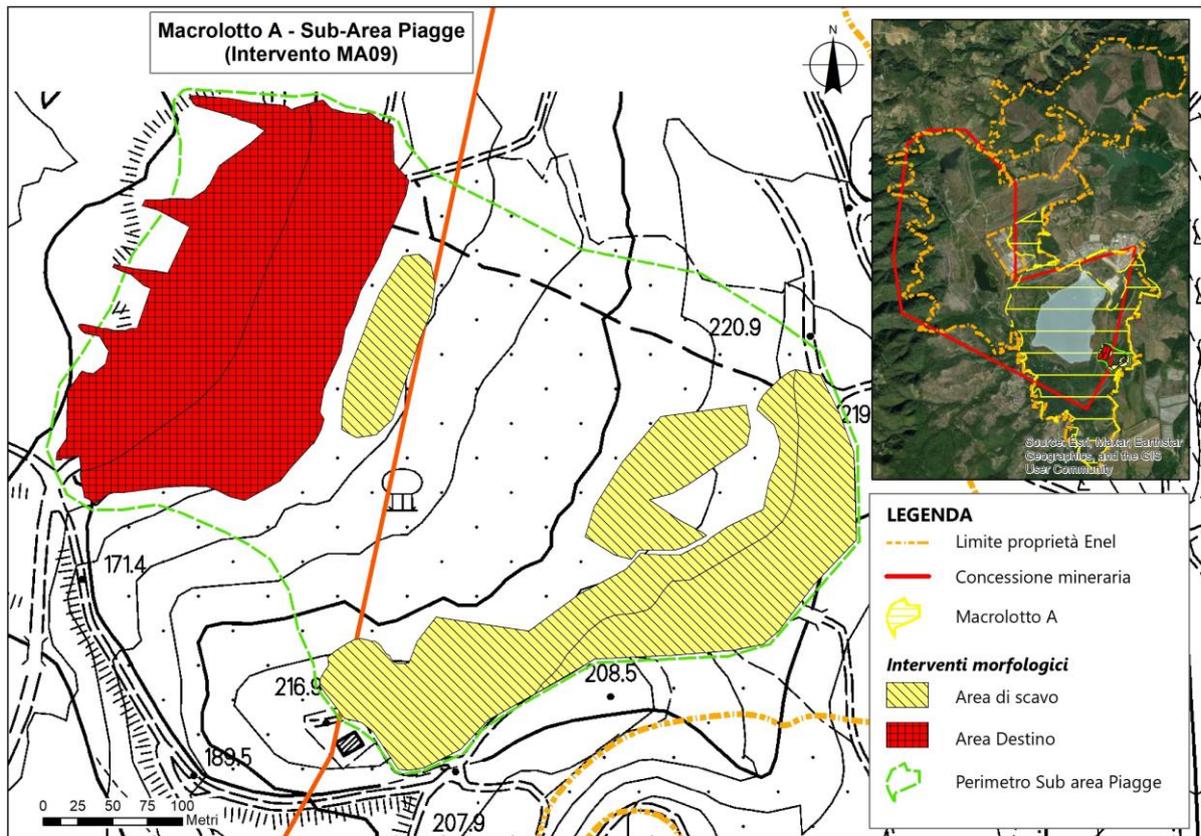


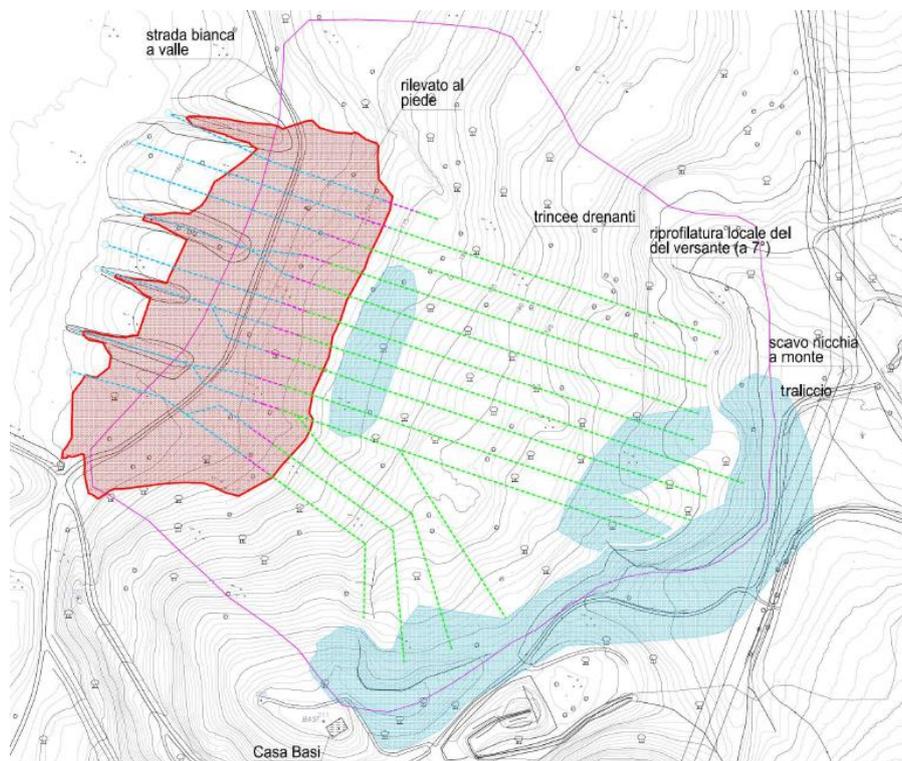
Figura 68 – MA-09 Le Piagge: ubicazione dell'area d'intervento.

Negli ultimi anni hanno dato segno di maggiore attività i cinematismi nella porzione più meridionale dell'area in esame, con movimenti di colamento o di scorrimento e con la retrocessione delle nicchie che individuano il margine di monte della zona instabile. A valle, sempre nella porzione meridionale dell'area, si è invece osservato con evidenza il sollevamento locale di un tratto della strada campestre che corre lungo il margine orientale dell'area.

Gli interventi previsti hanno come scopo la stabilizzazione del versante e consistiranno:

- interventi di riprofilatura del versante nella parte alta mediante riduzione dell'acclività tramite asportazione della parte alta dei terreni in frana, in corrispondenza delle nicchie di distacco dei diversi cinematismi;
- interventi di riprofilatura del versante al piede, mediante la realizzazione di riporto con incremento del carico al fine d'incrementare la stabilità generale dello stesso;
- interventi di riprofilatura minori lungo il versante aventi lo scopo di ridurre eventuali pendenze che siano marcatamente superiori a quella media del versante (circa 7° - 9°);
- realizzazione di trincee drenanti profondità massima indicativa degli scavi 5 m), con andamento indicativamente parallelo al versante e con il conferimento;
- realizzazione di canalette che corrono in corrispondenza del tracciato delle trincee drenanti;
- implementazione di un sistema di monitoraggio consistente in piezometri.

Nella Figura 69 sono riportati gli interventi sopradescritti: trincee drenanti (in verde, fucsia e blu), riporto al piede (retinato in rosso) e scavo di riprofilatura delle nicchie (retinato in azzurro). Nel rapporto Enel PBSMA20784 [36] sono dettagliati gli interventi previsti sopra elencati.



**Figura 69** – MA-09 Le Piagge: Planimetria degli interventi e tracciato delle trincee drenanti.

L'esecuzione di questi interventi avverrà tramite l'utilizzo di:

- **112.900 m<sup>3</sup>** di terre e rocce da scavo provenienti dalla stessa sub-area, Le Piagge (MA09), di cui **40.900 m<sup>3</sup>** prelevati nella porzione dove è presente l'UdF Depositi antropici e riutilizzate nella stessa sub-area ove è presente solo tale UdF;
- **14.600 m<sup>3</sup>** di terre e rocce da scavo provenienti dalla sub-area Ronco (MA10);
- **1.000 m<sup>3</sup>** di terre e rocce da scavo provenienti dalla sub-area Emissario Lago Castelnuovo (IE-01).

Nella Tabella 70 e nella Figura 70 si riportano le movimentazioni di terre che coinvolgono la sub- area Le Piagge (MA09).

Sito di produzione	Sito di destino	Volumetrie da riutilizzare (m <sup>3</sup> )
Le Piagge (MA09)	Le Piagge (MA09)	<b>112.900</b>
Ronco (MA10)	Le Piagge (MA09)	<b>14.600</b>
Emissario Lago Castelnuovo (IE-01)	Le Piagge (MA09)	<b>1.000</b>

**Tabella 70** – Sintesi delle movimentazioni di terre previste nella sub-area MA09.

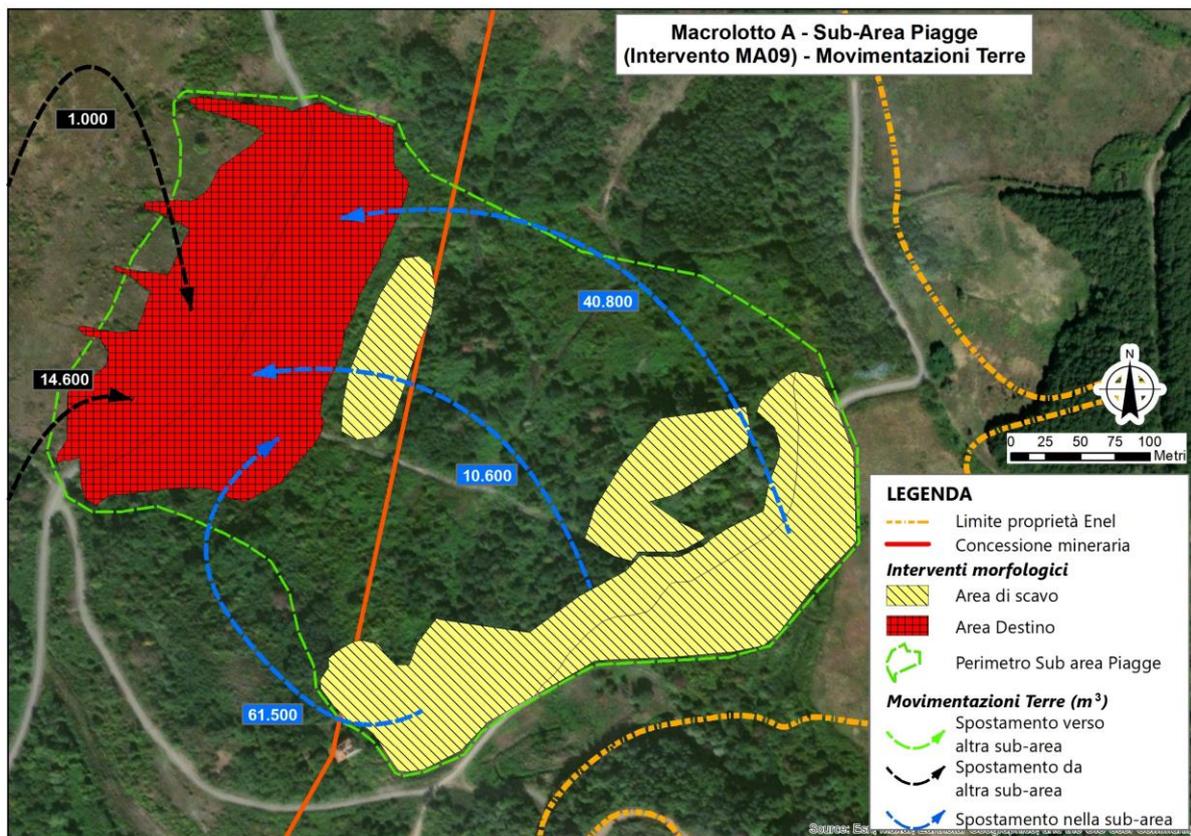
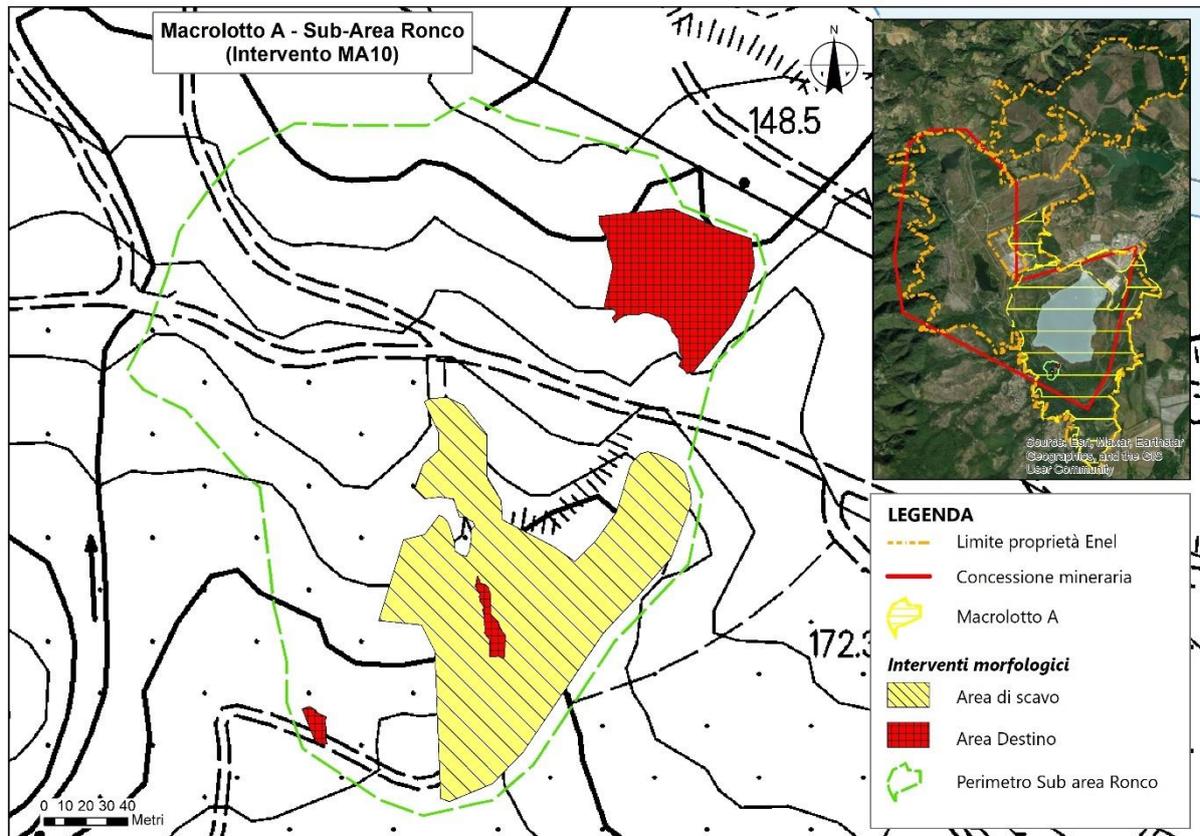


Figura 70 – MA09 –Le Piagge: Movimentazioni terre previste.

### 10.1.10 Ronco (MA10)

La sub-area Ronco (MA-10) è collocata nel settore sud-orientale dell'ex area mineraria, lungo il versante di Ronco posto alla base del villaggio di Castelnuovo dei Sabbioni, in una zona che si presenta a forte pendenza in direzione del bacino del Lago di Castelnuovo.



**Figura 71** – Sub-area Ronco (MA10): ubicazione dell’area d’intervento.

Nella sub-area Ronco è presente una frana storica che ha avuto i suoi primi significativi movimenti negli anni '60 a seguito degli effetti dell'attività di scavo della miniera, che hanno avuto inizio a nord di tale area e si sono estesi via via, sempre in direzione nord; la frana si è poi evoluta in numerose fasi di attività/quiescenza. Più in dettaglio, il dissesto in questione si configura nell'ambito di una frana di grandi dimensioni che interessò l'intero versante di Castelnuovo a partire dal 1978 e che ha avuto evoluzione negli anni '80 e fino ai primi anni '90. L'area in esame si colloca in corrispondenza della zona marginale orientale di tale dissesto, di cui si distinguono ancora in modo chiaro le nicchie di distacco, che danno margine sui lati sud e sudest all'area di interesse. I dissesti in esame riguardano le porzioni superficiali dei materiali movimentatisi nel corso dei più ampi dissesti sopra citati, i quali sono stati via via stabilizzati dapprima dal riempimento del cavo minerario con materiali di discarica fino alla quota 136 m s.l.m., operato tra il 1983 e il 1989, e successivamente dall'apporto di ulteriori materiali a stabilizzazione del piede, fino a quota 153-155 m s.l.m., completato attorno al 1997.

Gli interventi previsti hanno lo scopo di stabilizzare e sistemare tale frana eseguendo le seguenti attività:

- realizzazione di trincee drenanti (altezza massima indicativa degli scavi 5 m), con il relativo sistema per il conferimento delle acque captate nella nuova rete scolante progettata nell'ambito dell'area mineraria;
- riprofilature del versante, che interesseranno le porzioni più acclivi delle nicchie di distacco e gli accumuli di materiale detritico presenti a valle della strada campestre, alimentati da precedenti movimenti franosi. In particolare, nella porzione orientale dell'area, l'asportazione di materiale in corrispondenza delle nicchie di distacco ha lo scopo di anticipare il retrocedere delle stesse nicchie per erosione, su un fronte che risulta subverticale con un'altezza di diversi metri;
- realizzazione di un sistema di raccolta e recapito delle acque superficiali provenienti da monte dell'area di intervento o dalle precipitazioni all'interno dell'area stessa.

Nella Figura 72 è mostrata la sovrapposizione tra delle aree instabili censite e degli interventi di stabilizzazione previsti: trincee drenanti (in verde) e canalette (in azzurro). Nel rapporto Enel PBSMA20784 [37] sono dettagliati gli interventi previsti sopra elencati.

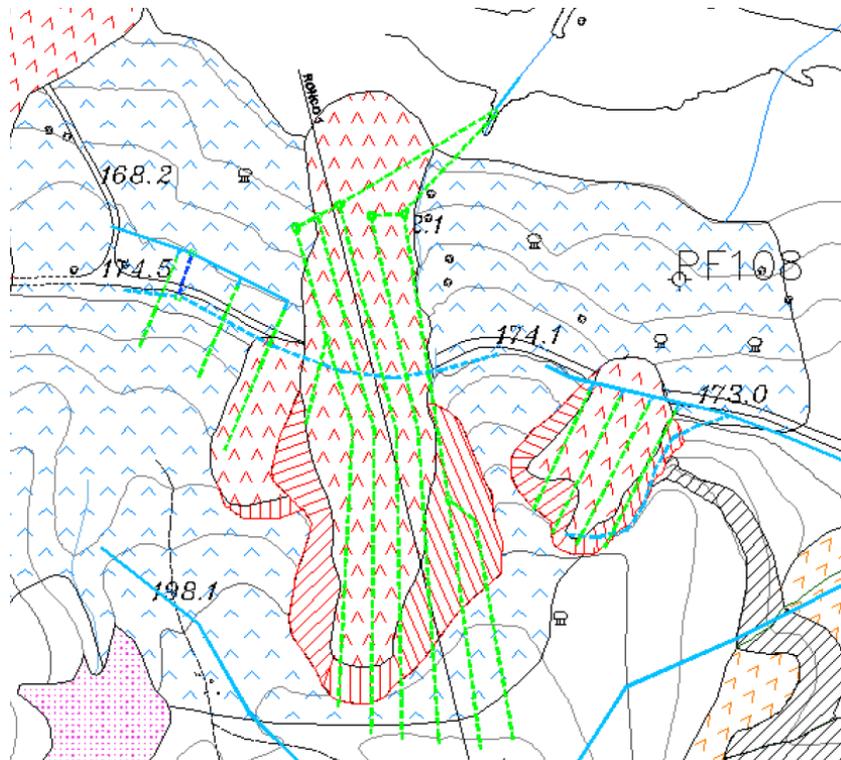


Figura 72 – MA-10 - Ronco: Planimetria degli interventi e tracciato delle trincee drenanti.

L'esecuzione di questi interventi avverrà tramite lo scavo di **51.100 m<sup>3</sup>** di terre presso la sub-area MA10 di cui **6.300 m<sup>3</sup>** di terre verranno riutilizzate nella stessa sub-area; **12.600 m<sup>3</sup>** di terre saranno destinate alla realizzazione del capping della discarica di Tegolaia; **17.200 m<sup>3</sup>** di terre saranno utilizzate nella sub-area MA03 e **14.600 m<sup>3</sup>** di terre saranno riutilizzate nella sub-area MA09, come schematizzato nella tabella seguente e illustrato nella Figura 73.

Sito di produzione	Sito di destino	Volumetrie da riutilizzare (m <sup>3</sup> )
Ronco (MA10)	Ronco (MA10)	<b>6.300</b>
Ronco (MA10)	Capping discarica di Tegolaia	<b>12.600</b>
Ronco (MA10)	Sponda Sud Castelnuovo (MA03)	<b>17.200</b>
Ronco (MA10)	Le Piagge (MA09)	<b>14.600</b>

Tabella 71 – Sintesi delle movimentazioni di terre previste nella sub-area MA10.

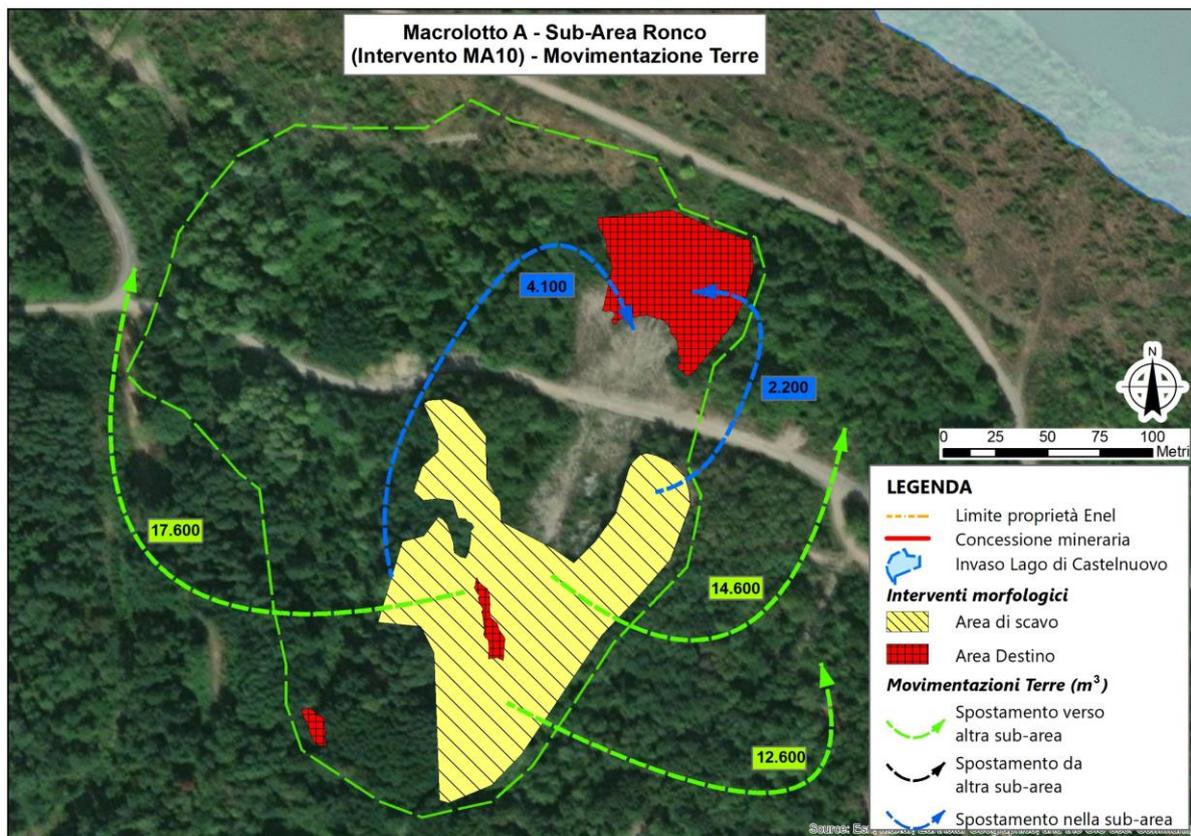
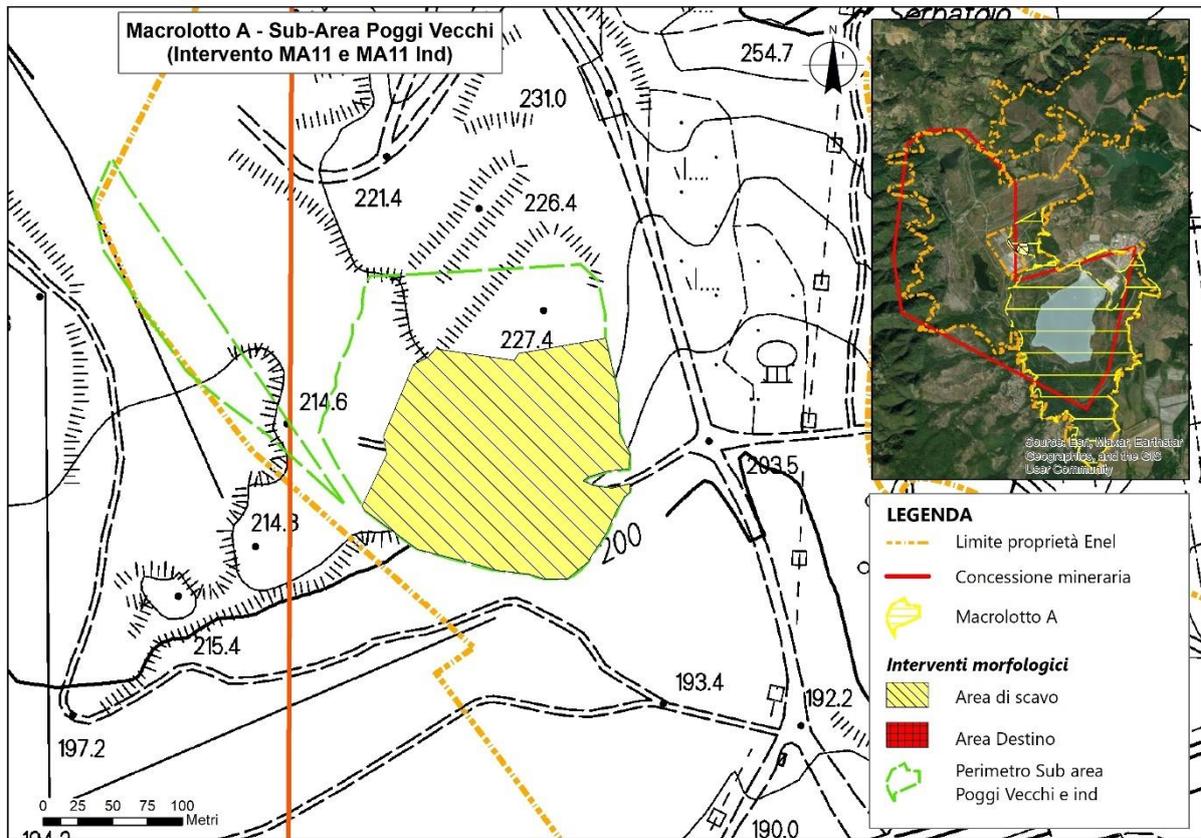


Figura 73 – MA09 –Le Piagge: Movimentazioni terre previste.

### 10.1.11 Poggi Vecchi (MA11) e Poggi Vecchi Industriale (MA11Ind)

La sub-area Poggi Vecchi è collocata nel settore centro orientale dell'ex area mineraria, in località Poggi Vecchi, in un'area caratterizzata dalla presenza di un versante con pendenza verso il Bacino di Castelnuovo. L'area risulta suddivisa in due sub-aree denominate: Poggi Vecchi (MA- 11) e Poggi Vecchi Industriale (MA11Ind) e come mostrato nella seguente figura.



**Figura 74** – Sub-area Poggi Vecchi (MA11 e MA11Ind): ubicazione dell’area d’intervento.

L’intervento riguarda la mitigazione dei rischi geomorfologici insistenti sul versante che dalla zona industriale di Bomba, prospiciente la sponda orientale del lago di Allori, sale in direzione Nord Est, verso l’abitato di Meleto. Tale pendio mostra un’inclinazione media di circa 7-8°, ma un’inclinazione media maggiore, pari a circa 15°, alla base del pendio nella zona sud, con piccoli cambi di pendenza dove si superano i 25°. Le maggiori pendenze si incontrano come detto nella porzione a sud, che è sede delle instabilità più recenti e su cui si concentrano gli interventi in progetto. L’area si presenta scarsamente vegetata, per lo più ad arbusti e canneti nelle zone più umide, con piccole macchie boscate verso la zona sommitale, che l’intervento ha cercato di preservare. Contestualmente ai movimenti terra previsti nell’ambito dei movimenti franosi, è prevista la creazione di un piazzale di dimensioni in pianta 100x50 m, che si colloca nella zona di valle dell’intervento.

L’intervento di stabilizzazione e sistemazione oggetto della presente relazione consiste:

- nello scavo di riprofilatura dei terreni in frana, con il raggiungimento di un’inclinazione finale del pendio di circa 7-8 gradi; nella porzione a sud, per consentire la realizzazione di un piazzale al piede, la direzione di massimo scavo viene modificata e la pendenza locale del versante diventa pari a circa 13°;
- nella realizzazione di una piccola gabbionata (altezza massima 2 m) e delle relative opere di drenaggio in corrispondenza di uno degli spigoli del futuro piazzale al piede;
- nella predisposizione di una canaletta di raccolta delle acque provenienti da monte della strada carrozzabile.

Nella relazione tecnica PBSMA20792 [38] elaborata da Enel Engineering and Construction sono dettagliati gli interventi previsti.

Nella Figura 75 si riporta la sezione tipologica che rappresenta gli scavi che verranno eseguiti.

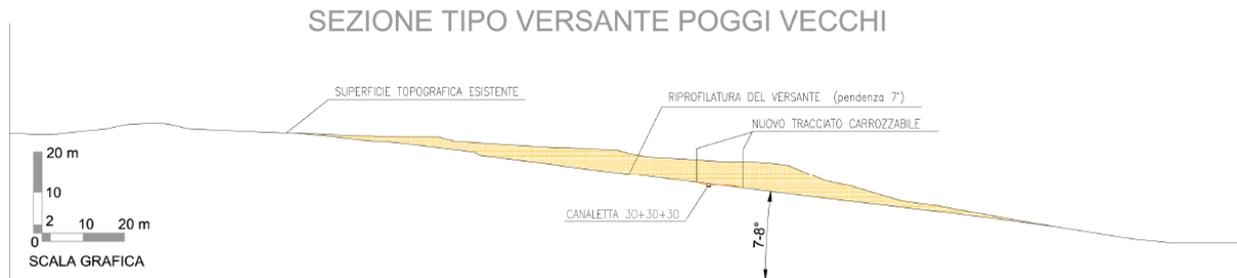


Figura 75 – MA11 –Poggi Vecchi: Sezione tipo del versante oggetto di intervento.

Nella sub-area Poggi Vecchi Industriale (MA11Ind) sono previsti movimenti terra per la realizzazione di un'area pianeggiante destinata a lottizzazione industriale; l'area consiste in una striscia di larghezza 40 m e lunghezza 367 m circa, disposta in adiacenza e parallelamente alla strada che costeggia l'area industriale esistente, come mostrato nella figura seguente.

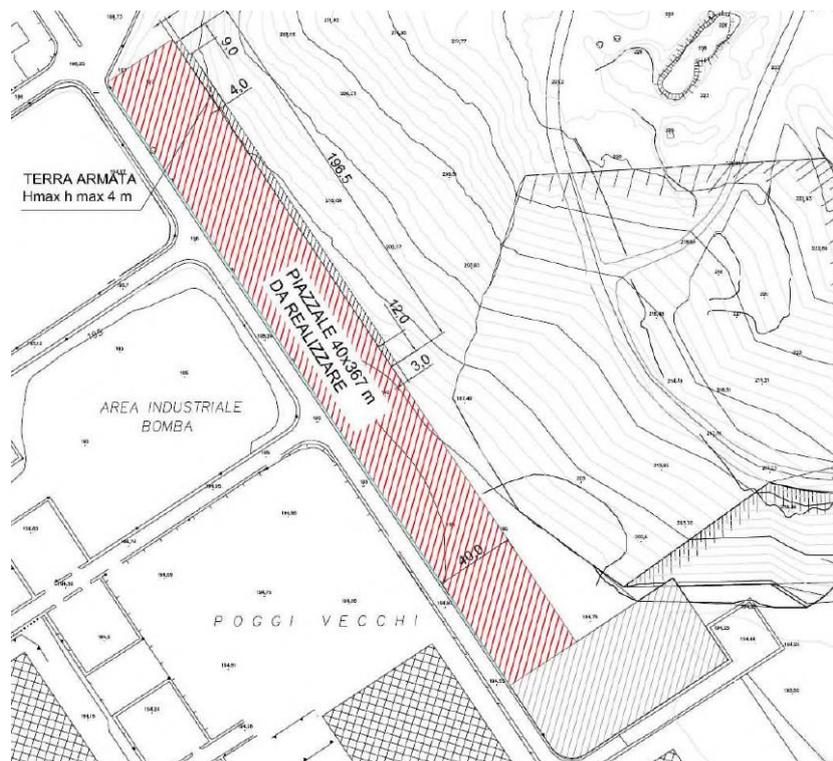


Figura 76 – MA11Ind –Poggi Vecchi Industriale: Planimetria del nuovo piazzale e del muro in terra armata.

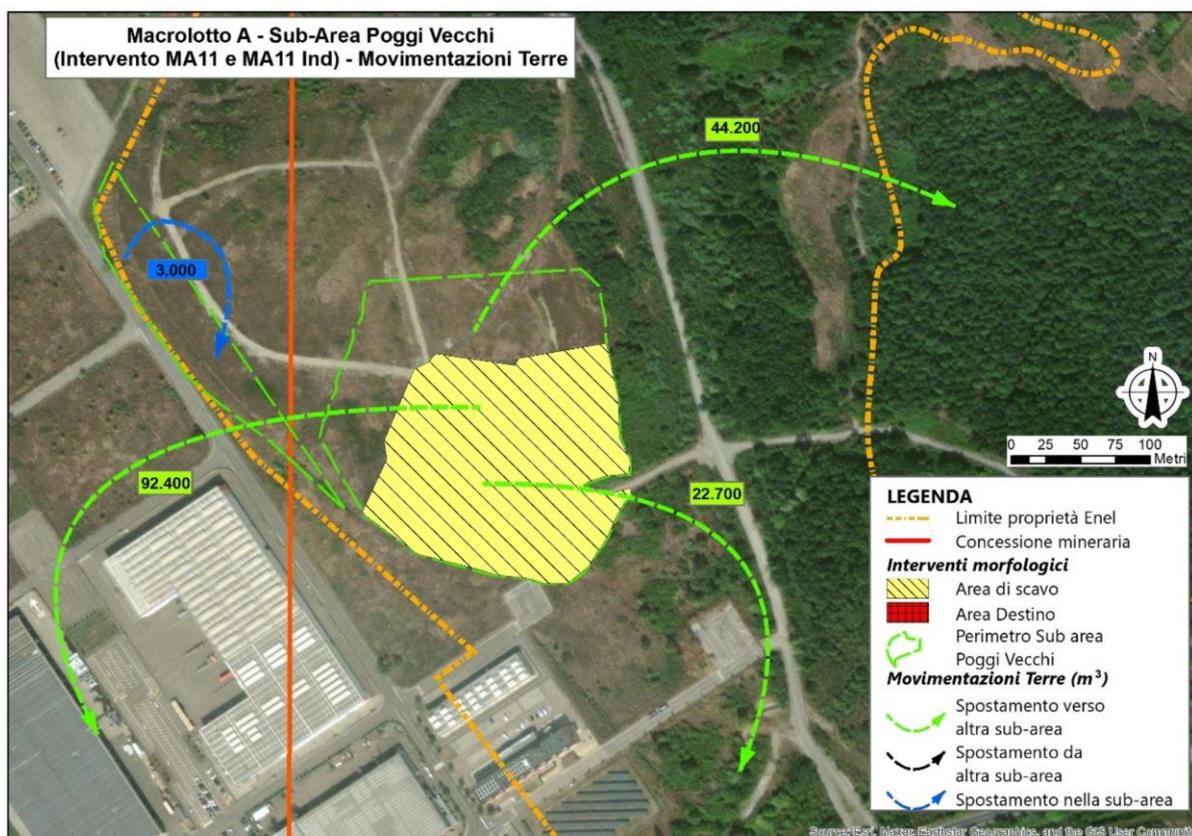
Nella relazione tecnica PBSMA20960 [38] elaborata da Enel Engineering and Construction sono dettagliati gli interventi previsti.

La realizzazione degli interventi sopradescritti comporta lo scavo di **162.300 m<sup>3</sup>** di terre dalle sub-aree MA11 e MA11Ind, di cui: **3.000 m<sup>3</sup>** di terre da riutilizzare nelle stesse sub-aree; **44.200 m<sup>3</sup>** di terre da conferire alla discarica di Tegolaia per realizzare il capping; **22.700 m<sup>3</sup>** di terre da conferire nella sub-area MA08 e **92.400 m<sup>3</sup>** di terre da conferire al piede della Frana di San Martino (Macrolotto B).

Nella Tabella 74 e nella Figura 77 si riportano le movimentazioni di terre che coinvolgono la sub- aree Poggi Vecchi (MA11) e Poggi Vecchi Industriale (MA11Ind).

Sito di produzione	Sito di destino	Volumetrie da riutilizzare (m <sup>3</sup> )
Poggi Vecchi (MA11-MA11Ind)	Poggi Vecchi (MA11-MA11Ind)	3.000
Poggi Vecchi (MA11-MA11Ind)	Cave vecchie (MA08)	22.700
Poggi Vecchi (MA11-MA11Ind)	Frana San Martino	92.400
Poggi Vecchi (MA11-MA11Ind)	Capping discarica di Tegolaia	44.200

**Tabella 74** – Sintesi delle movimentazioni di terre previste nella sub-area MA11.

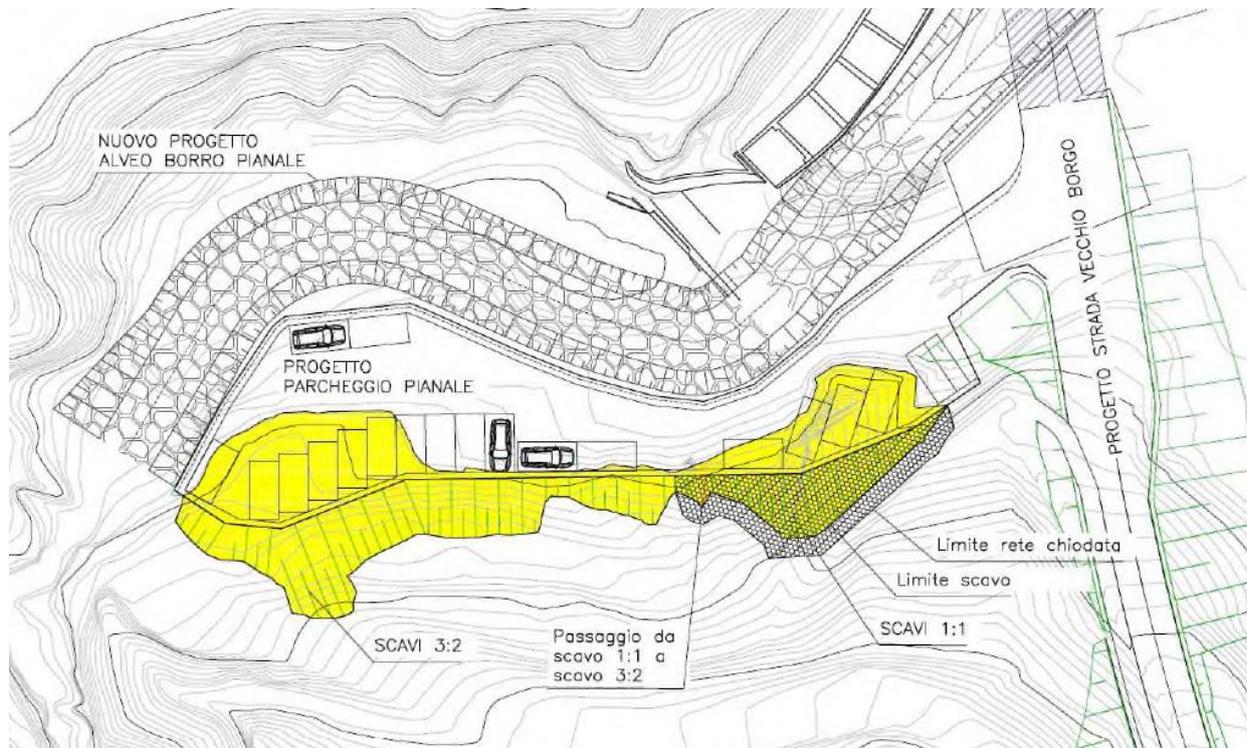


**Figura 77** – MA11 –Poggi Vecchi: Movimentazioni terre previste.

### 10.1.12 Strada Vecchio Borgo (MA13)

La sub-area Strada Vecchio Borgo (MA13) è collocata nel settore ovest dell'ex area mineraria, in prossimità del Borro Pianale di prossima realizzazione, come mostrato nella seguente figura.





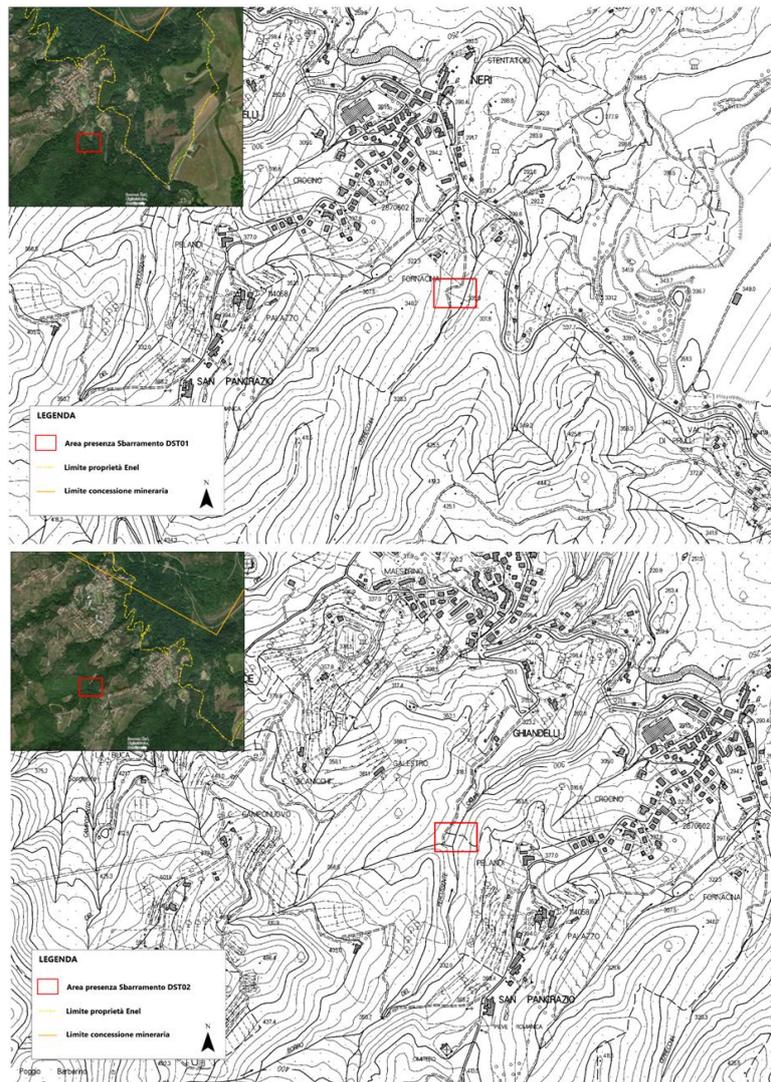
**Figura 79** – MA13 –Strada Borgo Vecchio: Planimetria Progetto.

La realizzazione degli interventi richiede uno scavo di terre di **6000 m<sup>3</sup>** che saranno necessari per realizzazione di rilevati e sottofondo stradale. Le terre saranno scavate nella sub-area MA13 e riutilizzate nella stessa, in caso di necessità sarà predisposto il deposito intermedio n° 3, descritto nel Capitolo 10 del presente rapporto.

### **10.1.13 Demolizione sbarramenti DST01 e DST02**

L'area di intervento riguarda n. 2 sbarramenti in terra, collocati a Sud dell'area mineraria ma esternamente al sito di proprietà Enel, dei quali ne è prevista la demolizione.

Le ubicazioni dei due sbarramenti rispetto al limite della proprietà Enel sono riportate nelle figure seguenti.



**Figura 80** – Sub-area DST01 e DST02: ubicazione delle aree d’intervento.

Nell’ambito delle attività di scavo previste presso gli sbarramenti in terra (DST01 e DST02) si prevede la produzione di un volume complessivo di terre e rocce da scavo pari a circa **4.700 m<sup>3</sup>**. Una porzione di queste terre (**2.500 m<sup>3</sup>**) saranno conferite nella discarica di Tegolaia per la realizzazione del capping; tale soluzione prevede la predisposizione di un Piano di Utilizzo (ai sensi dell’art. 9 del DPR 120/17), i cui dettagli sono riportati nel Rapporto CESI C2015340 [10]. La restante volumetria (**2.200 m<sup>3</sup>**) sarà utilizzata per l’intervento (DGS01) di riempimento della colmata e riprofilatura di un canale esistente.

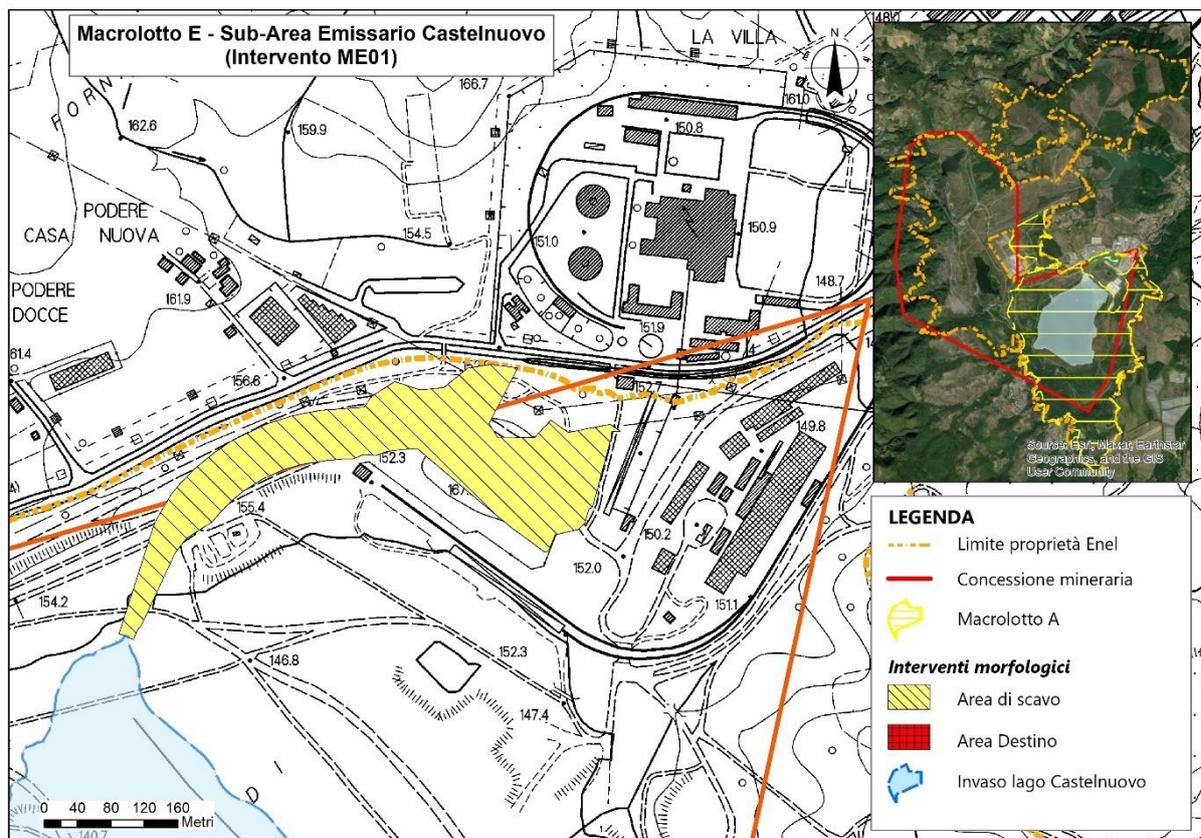
Si evidenzia che Enel ha condotto una classificazione geotecnica delle terre poste al nucleo dei due manufatti (terre classificate A6 e A7 secondo la norma UNI1006 - argille) e nei 2 contronuclei disposti a monte e a valle (terre classificate A2 - Ghiaie e sabbie limoso argillose). Pertanto, ai fini del riutilizzo di tali materiali sarà necessario completare la caratterizzazione geochimica ai sensi del D.P.R. 120/2017 e considerando le condizioni di giacitura si ritiene che questa possa essere condotta in corso d’opera separando le due tipologie di terre ed eseguendo una caratterizzazione in cumulo, così come suggerito da ARPAT e in linea con quanto previsto dall’Allegato 9 al D.P.R. 120/2017.

Qualora, all’esito delle caratterizzazioni da eseguirsi in corso d’opera, si rilevassero nei suoli concentrazioni conformi alle CSC/A non sarà necessario caratterizzare l’area di destino ai fini di stabilire la fattibilità della movimentazione.

### 10.1.14 Emissario Lago Castelnuovo (IE-01)

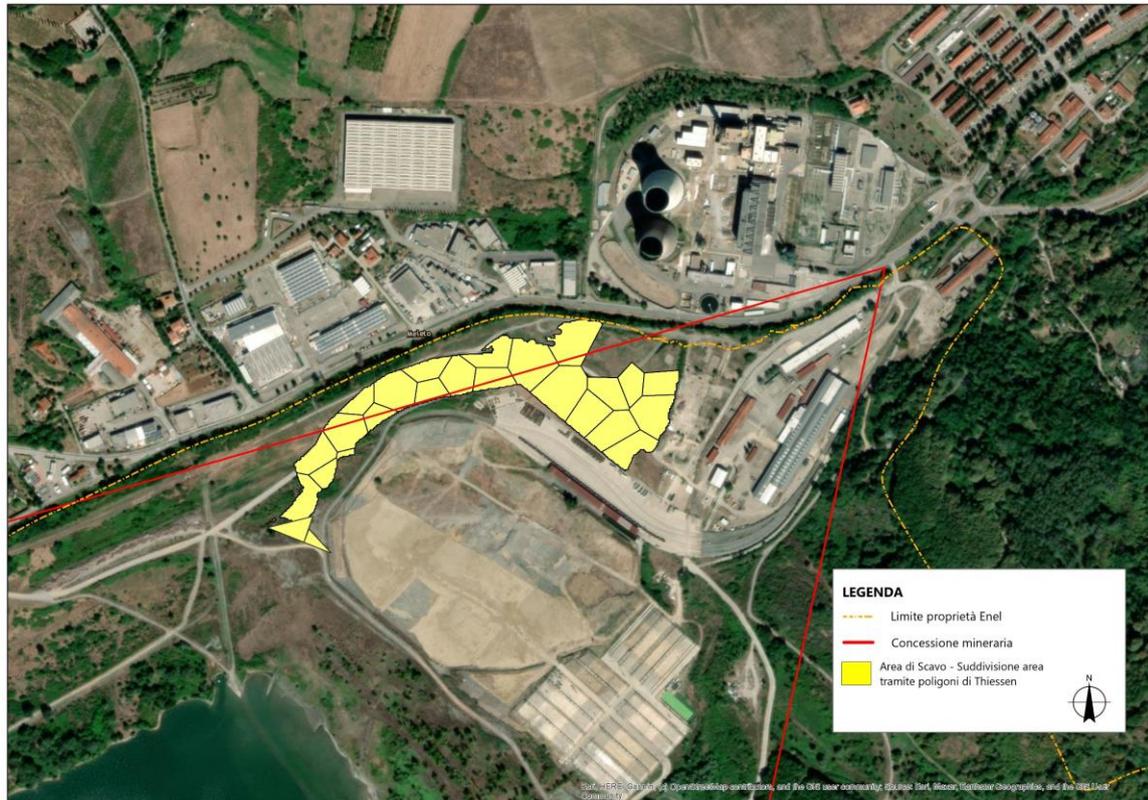
L'area interessata dalla realizzazione del nuovo emissario del Lago di Castelnuovo è collocata fra la sponda destra del Borro Lanzi verso Nord, il ponte che collega la S.P. delle Miniere con l'area denominata "Due Borri" (per la confluenza del Borro Pianale, oggi interrato, nel Borro Lanzi) verso Est, la futura "collina TAV" verso Sud e la sponda del Lago di Castelnuovo verso Ovest.

L'area d'intervento, avente un'estensione di circa 80.000 m<sup>2</sup>, è caratterizzata da: una superficie artificiale che degrada verso il cavo Castelnuovo, un rilievo costituito dal testimone di una collina smantellata con gli scavi condotti per la coltivazione del giacimento lignitifero (Colle d'Avane o collina naturale) e da una zona pianeggiante dove sorgevano alcuni manufatti.



**Figura 81** – Emissario Lago Castelnuovo (IE-01): ubicazione dell'area d'intervento.

Nell'ambito delle attività di scavo previste presso la sub-area Emissario Lago Castelnuovo (IE-01) si prevede la produzione di un volume complessivo di terre e rocce da scavo pari a circa **359.200 m<sup>3</sup>**, che saranno escavati dalle aree afferenti ai poligoni indicati con colore giallo nella figura seguente.



**Figura 82** – Emissario Lago Castelnovo (IE-01): Ubicazione area di scavo.

Al fine di individuare i settori di scavo delle terre idonee da destinare al riutilizzo nel Macrolotto A, l'area d'intervento è stata parzializzata mediante la suddivisione in *poligoni di Thiessen*, e tramite una modellazione 3D, è stato possibile discriminare le volumetrie delle terre da riutilizzare in sito, in particolare all'interno del Macrolotto A, da quelle per le quali è previsto un riutilizzo fuori sito come capping della discarica di Tegolaia (vedi Piano di Utilizzo - Rapporto CESI C2002301[10]).

Si evidenzia che la profondità degli scavi rispetterà la massima profondità di campionamento eseguita durante la fase di caratterizzazione e quindi le quote di scavo rimarranno comunque comprese entro le porzioni di suolo caratterizzate.

Inoltre, per la movimentazione che prevede spostamento di terre nella sub-area MA01 saranno escluse le terre provenienti dai poligoni S11, S15, S17 e S24, nei quali è stato riscontrato almeno un superamento nei test di cessione eseguiti (vedi Cap.7, Tabella55). Inoltre, saranno utilizzate le terre afferenti ad altri poligoni comprese entro la profondità massima di 5 m da p.c.;

Nella tabella seguente si riporta il volume di terre che complessivamente si prevede di escavare presso la sub-area Emissario Lago Castelnovo (IE-01) da riutilizzare all'interno del Macrolotto A e nell'area dell'ex discarica di Tegolaia.

Sito di produzione	Sito di destino	Volumetrie da riutilizzare (m <sup>3</sup> )
Emissario Lago Castelnovo (IE-01)	Ex discarica Tegolaia	<b>46.400</b>
Emissario Lago Castelnovo (IE-01)	Sub-area Lago Castelnovo Nord Est (MA01)	<b>181.000</b>

Sito di produzione	Sito di destino	Volumetrie da riutilizzare (m <sup>3</sup> )
Emissario Lago Castelnuovo (IE-01)	Rilevato al piede della frana delle Piagge	<b>1000</b>
Emissario Lago Castelnuovo (IE-01)	Rilevato al piede della frana di San Martino	<b>108.100</b>
Emissario Lago Castelnuovo (IE-01)	Terre da impiegare localmente per raccordare il rilevato MA01 quindi collocate nel deposito intermedio n°2	<b>22.700</b>

**Tabella 73** – Sub-area Emissario Lago Castelnuovo (IE-01): volumetrie di scavo previste in progetto.

## 11 COLLOCAZIONE E DURATA DEI DEPOSITI INTERMEDI DI TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il progetto di recupero dell'ex area mineraria di Santa Barbara prevede l'utilizzo di n. 3 depositi intermedi, appositamente individuati all'interno dell'area di cantiere per depositare temporaneamente le terre in attesa di essere riutilizzate all'interno del sito.

I depositi intermedi delle terre e rocce da scavo saranno realizzati in accordo con l'art. 5 del D.P.R. 120/2017 e rispetteranno i seguenti requisiti:

- rientreranno nella medesima classe di destinazione d'uso urbanistica del sito di produzione;
- saranno fisicamente separati e gestiti in modo indipendente tra loro e le altre terre da impiegare nel sito;
- dovranno essere suddivisi in cumuli contenenti terre provenienti dalla stessa UdF;
- i singoli cumuli saranno ricoperti con teli di copertura per evitare il risollevarsi delle polveri e il dilavamento;
- i singoli cumuli saranno posizionati su teli per evitare l'interferenza con i terreni in sito;
- saranno identificati tramite segnaletica posizionata in modo visibile e conterrà informazioni relative al sito di produzione, quantità di materiale depositato e identificativo del cumulo;
- le terre dovranno essere riutilizzate secondo i criteri esplicitati nel paragrafo 4.3 del presente rapporto;
- ogni cumulo dovrà essere costituito da un quantitativo di terre non superiore a 5.000 m<sup>3</sup>;
- la durata di ogni deposito non sarà superiore al termine di validità del presente progetto.

Nella seguente tabella saranno riportate le caratteristiche dei tre depositi intermedi.

Deposito intermedio	Volumi (m <sup>3</sup> )	Area di produzione	Aree di destino
Deposito intermedio n°1	Max <b>72.400</b> – Min. <b>46.500</b>	<b>Borro Valli, Percussente, Pianale e Lanzi</b> (solo tratto IA-04b)	<b>46.500 – 20.600 m<sup>3</sup></b> che saranno riutilizzate per ricarica cautelativa dei riporti delle frane
			<b>4.900 m<sup>3</sup></b> per MA05
			<b>21.000 m<sup>3</sup></b> per IA04a
Deposito intermedio n°2	<b>22.700</b>	<b>Emissario Lago Castelnuovo</b>	Riutilizzo per rilevato in MA01 con la collina-schermo fino a quota +149 m s.l.m.
Deposito intermedio n°3	<b>6.000</b>	<b>Vecchio Borro</b>	Vecchio Borro per rilevati e manto stradale

**Tabella 74** – Caratteristiche dei depositi intermedi previsti.

La collocazione dei depositi intermedi delle terre e rocce da scavo è riportata nella figura seguente.

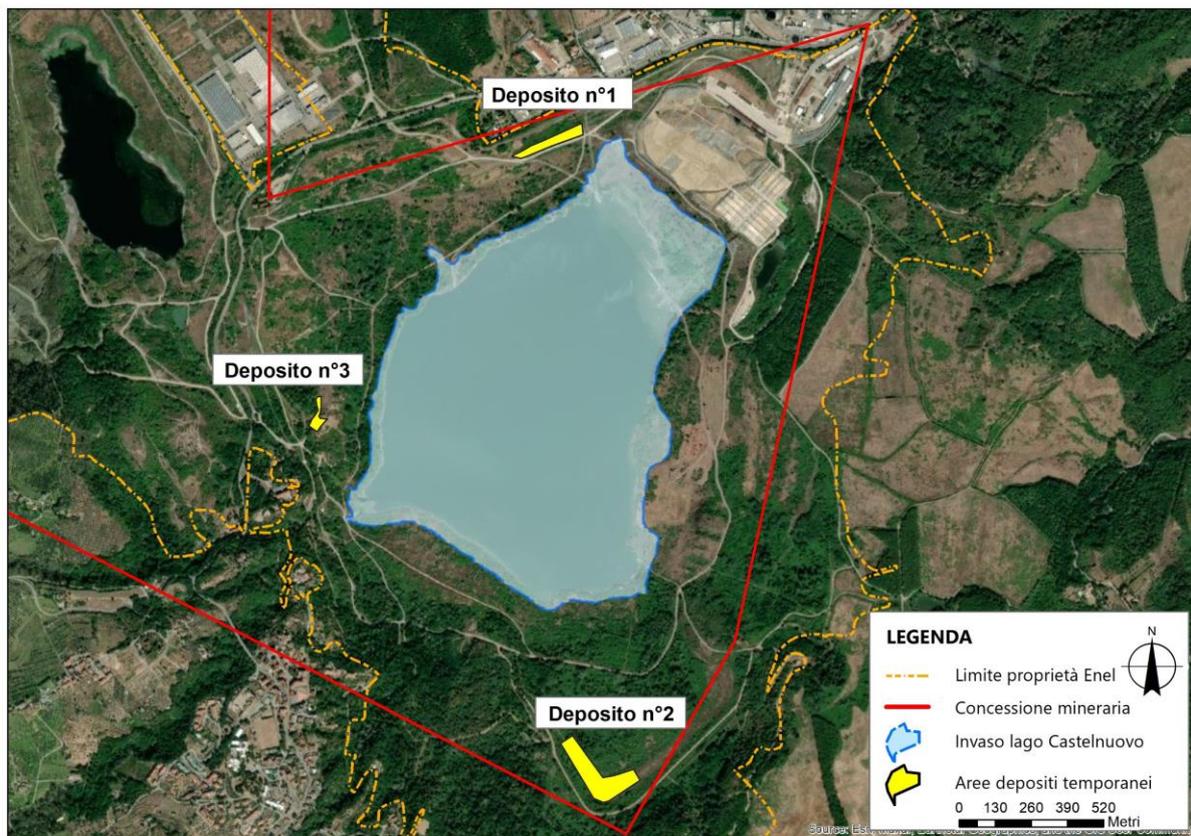


Figura 83 –Ubicazione depositi temporanei.

## 12 MODALITÀ DI MOVIMENTAZIONE, TRASPORTO E TECNOLOGIE DI SCAVO

Nelle diverse le fasi di lavoro, il trasporto di terre ai fini del riutilizzo avverrà esclusivamente durante le attività di movimentazione delle terre dalle aree di scavo alle aree di destino (ad eccezione dei casi in cui si prevede il ricorso al deposito intermedio).

A tale scopo verrà utilizzata la viabilità esistente consistente in piste di cantiere già utilizzate in passato per la coltivazione della miniera e per gli spostamenti dei materiali sterili dalle aree di scavo alle aree di colmata.

Le modalità di trasporto prevedono l'utilizzo di autocarri con cassone ribaltabile, dotati di adeguato tendalino di copertura per inibire il sollevamento di polveri durante il trasporto.

Le attività saranno realizzate mediante escavatore meccanico con benna rovescia, per quanto riguarda gli interventi di scavo e riutilizzo, e con pale meccaniche per le operazioni di scotico superficiale e livellamento dell'area di riutilizzo delle terre.

Nel corso dei lavori saranno adottati tutti gli accorgimenti necessari per non aumentare i livelli di inquinamento dei suoli.

## 13 CONCLUSIONI

Il presente documento costituisce il **Progetto esecutivo di riutilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti** (redatto ai sensi dell'art. 24, comma 4, lettera b del D.P.R. 120/2017) che saranno prodotte nell'ambito della realizzazione del primo lotto di interventi previsti dal *Progetto di Recupero Ambientale del sito minerario di Santa Barbara* (doc. Enel PBSMA20724 del 24/06/2022. [1]), ubicato al confine tra i comuni di Cavriglia (AR) e Figline Incisa Valdarno (FI).

Il primo gruppo di interventi riguardano i cosiddetti Macrolotto A e Lotto Emissario (e parte del Lotto B2 utilizzato solo come area di destino), in cui sono previste attività di scavo per:

- la sistemazione delle sponde del lago di Castelnuovo;
- la riprofilatura di alcuni versanti e la colmata di aree depresse per migliorare il naturale deflusso delle acque meteoriche verso il lago ed evitare la formazione di ristagni d'acqua non voluti;
- la messa in sicurezza delle aree in frana;
- lo scavo delle nuove inalveazioni di corsi d'acqua superficiali.

Nell'ambito di tali interventi, che consistono in sistemazioni idrauliche, sistemazioni morfologiche e sistemazioni infrastrutturali, è prevista una produzione di un volume complessivo pari a circa **1.053.300 m<sup>3</sup>** di terre che si prevede siano riutilizzate in parte all'interno del sito minerario di Santa Barbara (considerato come unico cantiere) e in parte esternamente al sito di produzione (presso la discarica di Tegolaia), allo scopo di ottenere i requisiti morfologici e di sicurezza previsti dal *Progetto di Recupero Ambientale* dell'ex area mineraria di Santa Barbara.

Come già accennato, si evidenzia che il presente documento fa riferimento esclusivamente alla quota parte di TRS che verrà riutilizzata in sito come esclusione dalla disciplina dei rifiuti (art. 185, comma 1, lettera c) del D.Lgs. 152/2006) mentre la quota parte che verrà riutilizzata fuori sito come sottoprodotto (art. 184-bis del D.Lgs. 152/2006) non è oggetto del presente rapporto ma di uno specifico Piano di Utilizzo (ex art. 9 del D.P.R. 120/17).

Il presente documento definisce, in particolare, i criteri di gestione delle terre ai fini del loro riutilizzo in sito in relazione alle ipotesi progettuali ed alle risultanze delle caratterizzazioni preliminari eseguite, nel periodo 2014-2021, in accordo con quanto previsto dagli Allegati 1, 2 e 4 del D.P.R. 120/2017 e con le osservazioni/prescrizioni formulate dagli Enti preposti. In considerazione del fatto che sono stati rispettati tutti i requisiti richiesti da ARPAT (nell'ambito dell'Osservatorio Ambientale per il "Recupero ambientale della miniera di Santa Barbara") per le movimentazioni (vedi paragrafo 4.3), che hanno attestato l'ammissibilità degli spostamenti di terre e quindi la sussistenza delle condizioni al riutilizzo in sito, **si ritiene che le TRS prodotte nell'ambito degli interventi previsti presso le sub-aree di scavo afferenti al Macrolotto A ed Lotto Emissario possano essere riutilizzate nel sito minerario di Santa Barbara**, in conformità alle previsioni normative dettate dall'art. 24 del D.P.R. 120/17.

La realizzazione del *Progetto di Recupero Ambientale dell'ex area mineraria di Santa Barbara* verrà effettuato mediante il riutilizzo di un **volume complessivo di TRS pari a 1.053.300 m<sup>3</sup>**, come dettagliato nella tabella seguente.

Macrolotto	Area di intervento	Volume di TRS scavate (m <sup>3</sup> )	Riutilizzo/Aree di destino		
			In sito		Fuori sito
			Da riutilizzare in altra sub-area	Da riutilizzare internamente alla sub-area	Per realizzazione capping Tegolaia
MA02	Sponda Ovest Castelnuovo (MA02)	51.200	6.700 m <sup>3</sup> in MA03	44.500 m <sup>3</sup>	--

Macrolotto	Area di intervento	Volume di TRS scavate (m <sup>3</sup> )	Riutilizzo/Aree di destino		
			In sito		Fuori sito
			Da riutilizzare in altra sub-area	Da riutilizzare internamente alla sub-area	Per realizzazione capping Tegolaia
	Sponda Sud Castelnuovo (MA03)	9.000	--	9.000 m <sup>3</sup>	--
	Sponda Est Castelnuovo (MA04)	103.500	56.500 m <sup>3</sup> in MA03	47.000 m <sup>3</sup>	--
	Casa Vanni (MA06)	33.100	--	33.100 m <sup>3</sup>	--
	Buche di Calonica (MA07)	9.500	--	9.500 m <sup>3</sup>	--
	Cave Vecchie (MA08)	65.200	--	65.200 m <sup>3</sup>	--
	Le Piagge (MA09)	112.900	--	112.900 m <sup>3</sup>	--
	Ronco (MA10)	51.100	17.600 m <sup>3</sup> in MA03 14.600 m <sup>3</sup> in MA09	6.300 m <sup>3</sup>	12.600 m <sup>3</sup>
	Poggi Vecchi (MA11)	162.300	3.000 m <sup>3</sup> in MA11-Ind 22.700 m <sup>3</sup> in MA08 92.400 m <sup>3</sup> in Sponda Ovest Allori (MB2 – 05a)	--	44.200 m <sup>3</sup>
	Strada Vecchio Borgo (MA13)	6.000	--	6.000 m <sup>3</sup>	--
	Terre Residue Sistemazioni idrauliche	85.600	4.900 m <sup>3</sup> in MA05 21.000 m <sup>3</sup> in IA04a 46.500 m <sup>3</sup> che saranno riutilizzate per ricarica cautelativa dei riporti delle frane	13.200 m <sup>3</sup>	
	Demolizioni Sbarramento (DST01-DST02)	4.700	2.200 m <sup>3</sup> in DSG01	--	2.500 m <sup>3</sup>
Lotto Emisario	Emisario lago Castelnuovo (IE-01)	359.200	181.000 m <sup>3</sup> in MA01	--	46.400 m <sup>3</sup>
			1.000 m <sup>3</sup> in MA09		
			22.700 m <sup>3</sup> in deposito intermedio 2 per poi essere riutilizzato per raccordare il rilevato in MA01		
			108.100 m <sup>3</sup> San Martino (Macrolotto B)		
<b>TOTALE</b>		<b>1.053.300</b>	<b>600.900</b>	<b>346.700</b>	<b>105.700</b>

Del volume totale prodotto (circa 1.053.300 m<sup>3</sup>), si prevede che:

- circa **947.600 m<sup>3</sup>** di TRS siano riutilizzati in sito, all'interno della medesima sub-area di scavo o in altra area di destino ma comunque sempre internamente all'ex area mineraria di Santa Barbara;
- circa **105.700 m<sup>3</sup>** di TRS qualificate come sottoprodotti siano riutilizzati al di fuori del sito di produzione per la realizzazione del capping della discarica di Tegolaia; per la gestione di questi volumi di terre è stato predisposto uno specifico Piano di Utilizzo, ai sensi dell'art. 9 del DPR. 120/17, i cui contenuti sono riportati nel Rapporto CESI C2015340 [10].

**ALLEGATO 1**

**Enel Engineering and Construction**

Disegno PBSMA2015701

*Planimetria aree di intervento suddivisione in Macrolotti e relative zone*

**Tot. Pagg. 2**

**ALLEGATO 2**

**Enel Engineering and Construction**

Disegno PBSMA20283-01

Planimetria generale degli interventi

**Tot. Pagg. 2**

**ALLEGATO 3**

**Enel Engineering and Construction**

PBSMA21104-01

Matrice generale degli spostamenti di terre

**Tot. Pagg. 2**