



Edison S.p.A. Milano, Italia

“Taccu sa Pruna” – Progetto di Impianto di Accumulo Idroelettrico mediante Pompaggio ad Alta Flessibilità

Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo
escluse dalla disciplina dei rifiuti

Doc. No. P0030780-1-H3 Rev. 1 – Luglio 2023

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
1	Prima Emissione	V. Caia F. Montani	C. Valentini	M. Compagnino	Luglio 2023
0	Prima Emissione	R. Piana M. Mancuso	C. Valentini	M. Compagnino	Giugno 2022

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

INDICE

	Pag.
LISTA DELLE TABELLE	3
LISTA DELLE FIGURE	3
LISTA DELLE FIGURE ALLEGATE	3
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	4
1 INTRODUZIONE	5
2 QUADRO NORMATIVO	7
2.1 NORME DI RIFERIMENTO	7
2.2 CONDIZIONI PER L'UTILIZZO DI TERRE E ROCCE DA SCAVO	8
2.2.1 Riutilizzo in Sito (Terre escluse dalla Disciplina dei Rifiuti)	8
2.2.2 Riutilizzo Terre come Sottoprodotti (Extra-Sito)	9
2.3 GESTIONE DEI MATERIALI NON RIUTILIZZABILI	10
3 DESCRIZIONE DEL PROGETTO	11
3.1 DESCRIZIONE GENERALE	11
3.2 CONFIGURAZIONE GENERALE DEI PRINCIPALI SISTEMI DELL'IMPIANTO	12
3.3 OPERE COSTITUENTI IL NUOVO IMPIANTO	13
3.3.1 Opera di Presa di Valle	13
3.3.2 Pozzo Paratoie	13
3.3.3 Centrale in Caverna	13
3.3.4 Sottostazione Elettrica	14
3.3.5 Vie d'Acqua	15
3.3.6 Pozzo Piezometrico	15
3.3.7 Gallerie di Accesso	15
3.3.8 Bacino di Monte	18
3.4 CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ	21
4 METODOLOGIE ESECUTIVE E TIPOLOGIA DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	22
4.1 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ DI CANTIERE	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
4.1.1 Cantiere e Fasi di Lavoro	Error! Bookmark not defined.
4.1.2 Viabilità di Accesso	Error! Bookmark not defined.
5 INQUADRAMENTO AMBIENTALE DEL SITO	22
5.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	22
5.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	22
5.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	24
5.4 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	24
5.5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	25
5.6 USO E QUALITÀ DEL SUOLO	28
5.7 DESTINAZIONE URBANISTICA DELLE AREE DI INTERESSE	28
5.8 SITI CONTAMINATI	29
5.9 STATO ATTUALE	30
5.10 INDAGINI PRELIMINARI IN SITO	32
5.10.1 Analisi Ambientali	32
5.10.2 Sondaggi Geognostici	33
5.10.3 Prove Permeabilità Lugeon	34
5.10.4 Indagini Geofisiche	34

5.10.5	Indagini Geofisiche Profonde	35
6	PIANO DI CAMPIONAMENTO E ANALISI AI SENSI DEL DPR 120/2017	37
6.1	PIANO INDAGINI SU AREE DI CANTIERE IN SUPERFICIE	46
6.1.1	Numero e Caratteristiche dei Punti di Indagine	47
6.1.2	Modalità dei Campionamenti da Effettuare	48
6.2	INDAGINI LUNGO GALLERIE E OPERE IN SOTTERRANEO	49
6.2.1	Numero e Caratteristiche dei Punti di Indagine	50
6.2.2	Modalità dei Campionamenti da Effettuare	52
6.3	PARAMETRI DA DETERMINARE	52
7	QUANTIFICAZIONE VOLUMETRICA DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	54
8	UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	56
8.1	UTILIZZO DI TERRE E ROCCE IN SITO NELLE ATTIVITÀ DI COSTRUZIONE	56
	REFERENZE	57

APPENDICE A: Analisi Ambientali 2022

Si noti che nel presente documento i valori numerici sono stati riportati utilizzando la seguente convenzione:

separatore delle migliaia = virgola (,)

separatore decimale = punto (.)

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3.1:	Dati Caratteristici dell’Impianto	11
Tabella 3.2:	Caratteristiche Principali del singolo gruppo ternario	14
Tabella 3.3:	Caratteristiche Principali del Bacino di Monte	18
Tabella 4.1:	Cantiere e Fasi di Lavoro	Error! Bookmark not defined.
Tabella 5.1:	U.I.O Flumendosa, Laghi Significativi (Regione Sardegna (e), Non datato)	25
Tabella 5.2:	Caratteristiche principali dell’invaso	30
Tabella 6.1:	Aree di Lavoro soggette a Movimentazione Terre	47
Tabella 6.2:	Punti di Indagine prescritti dall’Allegato 2 del DPR120/2017 (Procedure di campionamento in fase di progettazione)	47
Tabella 6.3:	Punti di Prelievo – Aree di Lavoro in Superficie	48
Tabella 6.5:	Caratteristiche Opere in Sotterraneo	50
Tabella 6.6:	Punti di Prelievo – Opere Sotterranee	51
Tabella 6.7:	Set Analitico Proposto	52
Tabella 7.1:	Terre e Rocce da Scavo: Volumi di scavo e Volumi di riporto/ripristino per le aree di Lavoro	54
Tabella 7.2:	Terre e Rocce da Scavo: Volumi totali	55

LISTA DELLE FIGURE

Figura 4.6:	Sezione tipo della discenderia	16
Figura 4.7:	Sezione tipo della galleria ventilazione e cavi	17
Figura 4.9:	Sezione tipo della galleria d’accesso al pozzo piezometrico	18
Figura 3.1:	Sezione dell’opera di presa	20
Figura 4.1:	Area di monte	Error! Bookmark not defined.
Figura 4.2:	Area di Lavoro di Valle	Error! Bookmark not defined.
Figura 5.1:	Elementi geomorfologici e Strutturali	23
Figura 5.2:	Distribuzione delle sorgenti (indicati in blu) nell’area di interesse (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)	27
Figura 5.3:	Diga di Nuraghe Arrubiu vista da Monte (Fonte: http://www.enas.sardegna.it/il-sistema-idrico-multisetoriale/laghi-artificiali/nuraghe-arrubiu.html)	31
Figura 5.4:	Area di futura ubicazione del Bacino di Monte	32
Figura 5.5:	Posizione Sondaggi (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)	33
Figura 5.6:	Ubicazione dei profili ERT-1 e ERT-2 (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)	35
Figura 6.1:	Profilo longitudinale della discenderia (Profilo longitudinale 1351-A-FN-D-06-1)	49
Figura 6.2:	Profilo longitudinale dell (Profilo longitudinale 1351-A-FN-D-06-1)	49
Figura 6.3:	Ubicazione Punti di Campionamento Opere Sotterranee	52

LISTA DELLE FIGURE ALLEGATE

Figura 1.1:	Inquadramento Territoriale
Figura 1.2:	Corografia delle Opere
Figura 3.1:	Cronoprogramma
Figura 4.1:	Aree di Cantiere e viabilità
Figura 5.1:	Carta dell’Uso del Suolo
Figura 6.1:	Punti di Caratterizzazione Aree di Cantiere

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

CER	Catalogo Europeo dei Rifiuti
CSC	Concentrazioni Soglia di Contaminazione
DGR	Delibera di Giunta Regionale
DPR	Decreto del presidente della Repubblica
VIA	Valutazione Impatto Ambientale
VTR	Vetroresina

1 INTRODUZIONE

Edison S.p.A. intende realizzare un impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio ad alta flessibilità in località Taccu sa Pruna, Comune di Esterzili in Sardegna. Il progetto prevede la realizzazione di un bacino di monte da collegare, tramite una condotta forzata sotterranea, al bacino di valle esistente, costituito dal Lago Flumendosa creato dallo sbarramento sul Torrente Flumendosa della Diga Nuraghe Arrubiu. L'impianto sarà localizzato nel Comune di Esterzili (in provincia Città Metropolitana di Cagliari, ex provincia di Sud Sardegna), mentre la Diga Nuraghe Arrubiu è ubicata nel Comune di Orroli.

La condotta, di lunghezza pari a circa 2.3 km, convoglierà le acque dal bacino di valle a quello di monte in fase di pompaggio (accumulo di energia) e dal bacino di monte a quello di valle in fase di generazione. In profondità (~500 m), sulla verticale dell'opera di presa di monte sarà realizzata una centrale in caverna, gli assi delle macchine idrauliche saranno posti a una quota di 165 m s.l.m., ad una profondità di 490 m circa dal piano campagna. Qui saranno alloggiati i due gruppi ternari ad asse orizzontale, ciascuno costituito dalla disposizione su un unico asse orizzontale di tre componenti: una turbina (di tipo Francis), una macchina elettrica che funge sia da generatore che motore, ed una pompa. È previsto un layout di impianto tale per cui sia possibile il funzionamento in corto-circuito idraulico, che consente quindi la regolazione della potenza assorbita dalla rete su tutto l'intervallo di funzionamento in pompaggio e minimi intervalli di tempo necessario per la transizione tra la fase di generazione e quella di pompaggio. La suddetta centrale sarà collegata alla Rete elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN) attraverso una sottostazione elettrica utente MT/AAT prevista anch'essa in caverna in prossimità della Centrale.

Il presente “Piano preliminare di utilizzo in sito delle Terre e Rocce da Scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti” è stato aggiornato a seguito dei miglioramenti progettuali che prevedono una nuova discenderia in sostituzione della lunga viabilità precedentemente prevista dal progetto.

Tale revisione è stata realizzata in linea anche con le osservazioni pervenute dagli Enti nell'ottica di una ottimizzazione progettuale che consentirà di minimizzare la realizzazione delle gallerie e rendere non necessaria una nuova viabilità di servizio, apportando contestualmente un miglioramento ambientale sia legato alla riduzione degli impatti in fase di costruzione sia legato in fase di esercizio ad un minor impatto paesaggistico legato all'eliminazione della nuova strada.

Il progetto prevede il riutilizzo in sito delle terre scavate ai sensi dell'art. 24, comma 3 del DPR No. 120/2017. Il riutilizzo delle terre avverrà previo esito positivo delle analisi di caratterizzazione descritte nel presente documento.

In particolare, per quanto riguarda le terre e rocce da scavo, le modifiche legate all'introduzione di una discenderia consentiranno di operare quasi interamente dall'area di monte, senza la necessità di intervenire sulla viabilità di collegamento tra i due bacini. Tale modifica, inoltre, permetterà di collegare all'area di monte a quella di valle, tramite gallerie e garantendo, pertanto, la movimentazione e il riutilizzo delle terre e rocce da scavo all'interno della medesima area in cui si effettuano le attività a progetto, caratterizzata da contiguità territoriale e in cui la gestione operativa dei materiali non interessa la pubblica viabilità.

Nel presente Piano si riporta la descrizione della campagna di indagine sulla qualità dei suoli che sarà effettuata ai sensi di quanto prescritto dal DPR No. 120/2017 (Capitolo 6). **Considerando la logistica delle aree difficilmente raggiungibili, in quanto aree naturali non urbanizzate, e la complessità del progetto per ampiezza delle superfici in gioco oltre che delle grandi profondità, si prevede che la campagna di caratterizzazione sarà eseguita nelle successive fasi di progettazione, una volta acquisita la disponibilità delle aree di accesso, successivamente all'ottenimento delle necessarie autorizzazioni.**

Come previsto dall'Allegato 9 del DPR No.120/2017, la caratterizzazione dei materiali di scavo per le opere in sotterraneo sarà pertanto realizzata durante la progettazione esecutiva.

È importante evidenziare che, in questa fase, il Piano di campionamento è stato strutturato per allinearsi precisamente ai requisiti richiesti dal DPR No. 120/2017 in termini di maglia di campionamento e analiti. Considerando però la geologia dei luoghi, caratterizzati da presenza massiva di rocce sia affioranti sia profonde, quali dolomie e arenarie, nelle fasi successive dovrà essere discussa e concordata l'effettiva necessità di molti dei punti di campionamento sulla roccia posizionati preliminarmente con una maglia regolare. La verifica degli standard di qualità dei suoli è infatti finalizzata a determinare tracce di contaminazione pregressa nel suolo, definito peraltro nel DPR No. 120/2017 all'art. 2 come “*lo strato più superficiale della crosta terrestre situato tra il substrato roccioso e la superficie*”. Un campionamento di roccia, seppur fattibile da un punto di vista tecnico e previsto attraverso “porfirizzazione” del campione, avrebbe il risultato solo di restituire una caratterizzazione della composizione chimica primaria della roccia campionata e non di verificarne l'assenza di contaminazione.

In base alla ricognizione preliminare effettuata sul territorio e in base alla progettazione delle opere, la quantità delle terre e rocce da scavo che saranno prodotte dalle attività di scavo sarà nell'ordine di 1,258,000 m³ in banco (e circa 1,590,200 m³ in cumulo). Di seguito si riporta un'immagine di inquadramento delle aree di progetto.

Gli inquadramenti a larga scala del progetto e la corografia delle opere a scala più di dettaglio sono riportati rispettivamente nelle Figure 1.1 e 1.2 allegate.

Il presente documento ai fini di fornire preliminarmente le informazioni richieste dal DPR No. 120/2017, e tenendo conto del livello di progettazione attuale, è strutturato come segue:

- ✓ Capitolo 2: Quadro Normativo;
- ✓ Capitolo 3: definizione e descrizione delle opere da realizzare, comprese le relative modalità di scavo;
- ✓ Capitolo 4: inquadramento ambientale del sito (geografico, geomorfologico, geologico, idrogeologico, destinazione d'uso delle aree attraversate, ricognizione dei siti a rischio potenziale di inquinamento);
- ✓ Capitolo 5: volumetrie dei materiali di scavo prodotti durante le attività di realizzazione dell'impianto;
- ✓ Capitolo 6: proposta del piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo da eseguirsi nelle fasi successive di progettazione, contenente:
 - numero e caratteristiche dei punti di indagine,
 - numero e modalità dei campionamenti da effettuare,
 - parametri da determinare;
- ✓ Capitolo 7: quantificazione volumetrica delle terre e rocce da scavo;
- ✓ Capitolo 8: modalità di riutilizzo delle terre e rocce da scavo.

Occorre infine precisare che il Programma Lavori relativo alle opere in progetto potrà essere comunque dettagliato solo in fase di sviluppo della Progettazione Esecutiva ed in relazione alle specifiche esigenze operative di cantiere.

2 QUADRO NORMATIVO

2.1 NORME DI RIFERIMENTO

La disciplina delle terre e rocce da scavo è normata principalmente dai seguenti Decreti:

- ✓ Decreto Legislativo No.152 del 2006 “*Norme in materia ambientale*” e s.m.i.;
- ✓ Decreto del Presidente della Repubblica del 13 giugno 2017, No. 120 - “*Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, No. 164*”.

Il DPR del 13 giugno 2017, No. 120 è stato pubblicato in Gazzetta Ufficiale il 7 agosto 2017 e ha abrogato la precedente normativa afferente al DM 161/2012, all’articolo 184 - bis, comma 2 -bis, del D. Lgs 152/06 e agli articoli 41, comma 2 e 41-bis del DecretoLegge 21 giugno 2013, No. 69, convertito, con modificazioni, dalla Legge 9 agosto 2013, No. 98.

La gestione delle terre e rocce da scavo rientra nel campo di applicazione della Parte Quarta del Testo Unico in Materia Ambientale (D. Lgs No. 152/2006). A seconda delle condizioni che si verificano le terre e rocce possono assumere qualifiche diverse e conseguentemente essere sottoposte ad un diverso regime giuridico.

Il Testo Unico in Materia Ambientale, e in particolare dagli articoli da 183 a 185 del vigente D. Lgs 152/06, stabiliscono quanto segue:

- ✓ l’art. 183 definisce le nozioni di “rifiuto” (comma 1, lettera a) e “sottoprodotto” (comma 1, lettera qq);
- ✓ l’art. 184, comma 3, lettera b) include i materiali prodotti da attività di costruzione, di demolizione e di scavo tra le tipologie di rifiuti speciali fermo restando quanto disposto dal successivo art. 184-bis;
- ✓ l’art. 184-bis, comma 1 individua le condizioni perché un materiale sia considerato “sottoprodotto”; il comma 2 prevede che i criteri per considerare sottoprodotto e non rifiuto specifiche tipologie di sostanze o oggetti potranno essere definiti con successivi Decreti del Ministero dell’Ambiente in conformità a quanto previsto dalla disciplina comunitaria;
- ✓ l’art. 184-ter individua le condizioni per la cessazione della qualifica di rifiuto. I criteri da rispettare sono adottati in conformità alla normativa comunitaria o, in mancanza di disciplina, caso per caso con appositi Decreti da emanare a cura del Ministro dell’Ambiente (comma 2). Nelle more di tali Decreti continua ad applicarsi in particolare il DM 5 febbraio 1998 e s.m.i. in materia di recupero di rifiuti con procedure semplificate (comma 3). Dai commi 3-bis al 3-septies sono riportate le norme relative alle autorizzazioni per lo svolgimento di operazioni di recupero, alle tempistiche di informativa e ai controlli a cui sono soggetti. La disciplina in materia di gestione dei rifiuti si applica fino alla cessazione della qualifica di rifiuto (comma 4);
- ✓ l’art. 184-quater tratta le norme che regolano l’utilizzo di materiali di dragaggio;
- ✓ l’art. 185, comma 1, lettera c esclude dalla disciplina in materia di 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*”; il comma 4 stabilisce che “*Il suolo escavato non contaminato e altro materiale allo stato naturale, utilizzati in siti diversi da quelli in cui sono stati escavati, devono essere valutati ai sensi, nell’ordine, degli articoli 183, comma 1, lettera a), 184-bis e 184-ter*”.

Il DPR No. 120/2017 è stato predisposto sulla base dell’autorizzazione all’esercizio della potestà regolamentare del Governo contenuta nell’articolo 8, del DecretoLegge 12 settembre 2014, No. 133, convertito, con modificazioni, con la Legge 11 novembre 2014, No. 164, rubricato: “*Disciplina semplificata del deposito temporaneo e della cessazione della qualifica di rifiuto delle terre e rocce da scavo che non soddisfano i requisiti per la qualifica di sottoprodotto. Disciplina della gestione delle terre e rocce da scavo con presenza di materiali di riporto e delle procedure di bonifica di aree con presenza di materiali di riporto*”.

Il DPR No. 120/2017, superando i riferimenti normativi nazionali precedenti, definisce le modalità di classificazione e utilizzazione delle terre e rocce da scavo. Esso ricomprende, in un unico corpo normativo tutte le disposizioni relative alla gestione delle terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotti, **abrogando**, a decorrere dalla data di entrata in vigore del regolamento stesso, le seguenti norme:

- ✓ a) Decreto del Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 10 agosto 2012, No. 161, recante “*Regolamento sulla disciplina dell’utilizzazione delle terre e rocce da scavo*”;

- ✓ b) articolo 41, comma 2, del Decreto-Legge 21 giugno 2013, No. 69 convertito con modificazioni dalla legge 9 agosto 2013, No. 98, rubricato “*Disposizioni in materia ambientale*”;
- ✓ c) articolo 41-bis, del Decreto-Legge 21 giugno 2013, No. 69, convertito con modificazioni dalla Legge 9 agosto 2013, No. 98, rubricato “*Ulteriori disposizioni in materia di terre e rocce da scavo*”;
- ✓ d) l’articolo 184-bis, comma 2-bis, del Decreto 3 aprile 2006, No. 152, rubricato “*Sottoprodotti*”.

Nel particolare il DPR disciplina:

- ✓ la gestione delle terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti, ai sensi dell’articolo 184-bis, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, No. 152, provenienti da cantieri di piccole dimensioni, di grandi dimensioni e di grandi dimensioni non assoggettati a VIA o a AIA, compresi quelli finalizzati alla costruzione o alla manutenzione di reti e infrastrutture;
- ✓ il riutilizzo nello stesso sito di terre e rocce da scavo, che, come tali, sono escluse sia dalla disciplina dei rifiuti che da quella dei sottoprodotti ai sensi dell’articolo 185 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, No. 152, che recepisce l’articolo 2, paragrafo 1, lettera c), della Direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti;
- ✓ il deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo qualificate rifiuti;
- ✓ la gestione delle terre e rocce da scavo prodotte nei siti oggetto di bonifica.

Lo stesso decreto stabilisce, inoltre, le procedure e le modalità affinché la gestione e l’utilizzo dei materiali da scavo avvenga senza pericolo per la salute dell’uomo e senza recare pregiudizio all’ambiente.

2.2 CONDIZIONI PER L’UTILIZZO DI TERRE E ROCCE DA SCAVO

Le terre e rocce possono essere escluse dalla disciplina dei rifiuti se ricorrono le condizioni previste dall’art. 185 del D. Lgs. No.152/2006 relativo alle esclusioni dall’ambito di applicazione della suddetta disciplina. In particolare, sono esclusi dalla disciplina dei rifiuti:

- ✓ *“b) il terreno (in situ), inclusi il suolo contaminato non scavato e gli edifici collegati permanentemente al terreno, fermo restando quanto previsto dagli articoli 239 e seguenti relativamente alla bonifica di siti contaminati;*
- ✓ *c) 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”.*

Inoltre, il suolo escavato non contaminato e altro materiale allo stato naturale, utilizzati in siti diversi da quelli in cui sono stati escavati, deve essere valutato ai sensi, nell’ordine, degli articoli 183, comma 1, lettera a), 184-bis e 184-ter. Infatti, quando ricorrono le condizioni, le terre e rocce da scavo possono essere qualificate come sottoprodotti e cessare di essere rifiuti. In quest’ultimo caso dovranno essere soddisfatte le condizioni di cui alle lettere da a) a d) dell’art 184 ter del D.Lgs. No. 152/2006 e successive modificazioni, nonché gli specifici criteri tecnici adottati in conformità a quanto stabilito dal comma 2 del medesimo art. 184 ter.

2.2.1 Riutilizzo in Sito (Terre escluse dalla Disciplina dei Rifiuti)

L’articolo 24 del DPR No.120/2017 si applica alle terre e rocce escluse dalla Parte Quarta del D. Lgs No. 152/2006 ai sensi dell’art.185, comma 1, lettera c): *“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”.*

I requisiti per l’utilizzo in situ delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti sono di seguito riportati:

- ✓ non contaminazione: in base al comma 1 dell’art. 24 del DPR No. 120/2017 la non contaminazione è verificata ai sensi dell’Allegato 4 del DPR. Per la numerosità dei campioni e per le modalità di campionamento, si procede applicando le indicazioni fornite in Allegato 2 “*Procedure di campionamento in fase di progettazione*”;
- ✓ riutilizzo allo stato naturale: il riutilizzo delle terre e rocce deve avvenire allo stato e nella condizione originaria di pre-scavo come al momento della rimozione. Si ritiene che nessuna manipolazione e/o lavorazione e/o operazione/trattamento possa essere effettuata ai fini dell’esclusione del materiale dalla disciplina dei rifiuti ai sensi dell’art.185, comma 1, lettera c). Diversamente, e cioè qualora sia necessaria una qualsiasi lavorazione, le terre e rocce dovranno essere gestite come rifiuti oppure se ricorrono le condizioni potranno essere qualificate come “sottoprodotti” ex art.184-bis. A tal fine occorrerà anche valutare se il trattamento effettuato sia conforme alla definizione di “normale pratica industriale” di cui all’art. 2, comma 1, lettera o) e all’Allegato 3 del DPR No. 120/2017, con l’obbligo di trasmissione del Piano di utilizzo di cui all’art.9 o della dichiarazione di cui all’art.21;

- ✓ riutilizzo nello stesso sito: il comma 1 dell'art. 24 del DPR No. 120 ribadisce che il riutilizzo deve avvenire nel sito di produzione. Per la definizione di sito di produzione si rimanda DPR No. 120/2017 (art. 2 -Definizioni):
 - l) “*sito di produzione*”: il sito in cui sono generate le terre e rocce da scavo;
 - m) “*sito di destinazione*”: il sito, come indicato dal piano di utilizzo o nella dichiarazione di cui all'articolo 21, in cui le terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotto sono utilizzate;
 - n) “*sito di deposito intermedio*”: il sito in cui le terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotto sono temporaneamente depositate in attesa del loro utilizzo finale e che soddisfa i requisiti di cui all'articolo 5.

A riguardo di questo ultimo punto le “*Linee Guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo*” redatte dal Gruppo di Lavoro n. 8 “Terre e rocce da scavo” del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) e approvate con Delibera No. 54/2019, chiariscono che la definizione di “sito” prevista dal DPR No. 120/17 risulta sostanzialmente conforme a quella contenuta nel comma 1, art. 240 del D. Lgs No. 152/2006. In generale per meglio identificare le caratteristiche del sito di produzione rispetto alla definizione normativa è utile considerare il “sito” come l'area cantierata dove si effettuano le attività a progetto, su terreni di proprietà / con servitù / con diritti di superficie.

Nel caso in cui la produzione di terre e rocce da scavo avvenga nell'ambito della realizzazione di opere o attività sottoposte a valutazione di impatto ambientale, la sussistenza delle condizioni e dei requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c), del Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, No. 152, è effettuata in via preliminare, in funzione del livello di progettazione e in fase di stesura dello studio di impatto ambientale (SIA), attraverso la presentazione di un “**Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti**”.

2.2.2 Riutilizzo Terre come Sottoprodotti (Extra-Sito)

Il comma 2 dell'art. 4 del DPR No. 120/2017 definisce, come ai fini del comma 1 del medesimo articolo e ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera qq), del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, No. 152, le terre e rocce da scavo per essere qualificate come **sottoprodotti** devono soddisfare i seguenti requisiti:

- ✓ “a) sono generate durante la realizzazione di un'opera, di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
- ✓ b) il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del Piano di Utilizzo di cui all'Articolo 9 o della dichiarazione di cui all'Articolo 21, e si realizza:
 - 1) nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;
 - 2) in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;
- ✓ c) sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- ✓ d) soddisfano i requisiti di qualità ambientale espressamente previsti dal Capo II o dal Capo III o dal Capo IV del presente regolamento, per le modalità di utilizzo specifico di cui alla lettera b)”.

Nei casi in cui le terre e rocce da scavo contengano materiali di riporto, la componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale non può superare la quantità massima del 20% in peso, da quantificarsi secondo la metodologia di cui all'Allegato 10. Oltre al rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui al comma 2, lettera d) dell'art.4 del DPR No. 120/2017, le matrici materiali di riporto sono sottoposte al test di cessione, effettuato secondo le metodiche di cui al decreto del Ministro dell'ambiente del 5 febbraio 1998, recante “*Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero*”, pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta ufficiale n. 88 del 16 aprile 1998, per i parametri pertinenti, ad esclusione del parametro amianto, al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo V, della Parte Quarta, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, No. 152, o, comunque, dei valori di fondo naturale stabiliti per il sito e approvati dagli enti di controllo.

La sussistenza delle condizioni di cui al DPR No. 120/2017 è attestata tramite la predisposizione e la trasmissione del **Piano di Utilizzo** o della dichiarazione di cui all'articolo 21, nonché della dichiarazione di avvenuto utilizzo in conformità alle previsioni del presente regolamento.

2.3 GESTIONE DEI MATERIALI NON RIUTILIZZABILI

Il mancato rispetto delle condizioni descritte nel precedente Paragrafo 2.2 farà ricadere automaticamente le terre e rocce da scavo prodotte nell’ambito della gestione dei rifiuti, la cui normativa di riferimento, oltre al citato D. Lgs 152/06 e s.m.i. è costituita dai:

- ✓ DM 5 febbraio 1998, “Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del D. Lgs No.22 del 5 febbraio 1997” e s.m.i, in particolare il DM del 5 aprile 2006, No. 186;
- ✓ DM 27 settembre 2010, “Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell’ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005”;
- ✓ D. Lgs 3 settembre 2020, No. 121 “Attuazione direttiva 2018/850/UE (“Pacchetto economia circolare”) – Norme in materia di discariche di rifiuti – Modifiche al D. Lgs 36/2003.

Il D. Lgs 121/2020 ha abrogato, con decorrenza 29 settembre 2020, il DM 27 Settembre 2010, stabilendo tuttavia che continuano ad applicarsi fino al 1° gennaio 2024 i limiti previsti dalla tabella 5, nota lettera a) dell’articolo 6 dello stesso Decreto Ministeriale.

3 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

3.1 DESCRIZIONE GENERALE

L'impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio di *Taccu Sa Pruna* prevede la realizzazione di un invaso di accumulo della risorsa idrica derivata “una tantum” dall'invaso del Lago Flumendosa per un volume utile di circa 3,000,000 m³, in corrispondenza dell'invaso stesso, nel territorio di Esterzili (Città Metropolitana di Cagliari).

Nel presente progetto è stata adottata la configurazione di macchine idrauliche che garantisce, ad oggi, la massima flessibilità: il gruppo ternario con possibilità di funzionamento in corto-circuito idraulico. Questa tipologia di gruppo è composta essenzialmente da una pompa, una macchina elettrica funzionante sia come generatore che come motore ed una turbina sullo stesso asse. Ogni macchinario di questo gruppo ruota sempre nello stesso senso, sia in fase di generazione che di pompaggio, e pertanto i tempi di transizione tra le due fasi sono sensibilmente inferiori al più comune sistema alternativo, ossia i gruppi binari (in cui vi è un'unica macchina che idraulica che funge da turbina se ruota in un senso e da pompa se ruota nel senso opposto).

Il sistema dell'impianto in corto-circuito idraulico, come sopra evidenziato, consente il funzionamento simultaneo di pompa e turbina, ed una rapida regolazione della ripartizione delle portate tra queste due macchine: in questo modo è possibile sfruttare un più ampio ventaglio di potenze, sia in fase di generazione che di pompaggio, al cui interno è possibile muoversi nei minimi tempi possibili per gli impianti di pompaggio.

Il pompaggio fornirà anche servizi che saranno essenziali per garantire la corretta integrazione delle rinnovabili, assorbendo parte dell'*overgeneration* nelle ore centrali della giornata e producendo energia in corrispondenza della rampa di carico serale in cui il sistema si trova in assenza di risorse (coprendo quindi il fabbisogno nelle ore di alto carico e scarso apporto di risorse solare/eolico. Il pompaggio potrà così contribuire alla riduzione del *curtailment* e delle congestioni di rete.

Il funzionamento dell'impianto di pompaggio prevede il prelievo di volumi di acqua in poche ore; in particolare, il prelievo dall'invaso Flumendosa (bacino di valle) dell'intero volume utile dell'impianto (circa 3,000,000 m³) avviene in un tempo minimo di circa 8.5 h); analogamente, in fase di generazione, è possibile restituire il volume accumulato nel bacino di monte (circa 3,000,000 m³) con la stessa tempistica (circa 8.5 h). Questi cicli di prelievo e restituzione, la cui occorrenza dipenderà dalle esigenze di stabilizzazione della rete elettrica nazionale e dalla effettiva disponibilità di acqua presso l'invaso di Nuraghe Arrubiu, dovrebbe avere una cadenza giornaliera.

Si riportano nella tabella seguente i principali dati dell'impianto.

Le vie d'acqua sono previste in sotterraneo, così come la Centrale in caverna, presso la quale sono alloggiate le macchine idraulica e per cui il piano principale di lavoro è a quota 164.00 m s.l.m., ad una profondità di circa 490 m dal piano di campagna; il corpo della caverna ha un'altezza di circa 30 m ed ha una pianta di 145x22.5 m. L'accesso alla centrale è consentito tramite la discenderia e la galleria ventilazione e cavi.

Tabella 3.1: Dati Caratteristici dell'Impianto

Grandezza	Valore	Unità di misura
Volume utile	~ 3,000,000	m ³
Quota di massimo invaso del bacino di monte	663.10	m s.l.m.
Quota di massima regolazione del bacino di monte	662.70	m s.l.m.
Quota di minima regolazione del bacino di monte	652.00	m s.l.m.
Quota di massimo invaso dell'invaso di valle	269.00	m s.l.m.
Quota di massima regolazione dell'invaso di valle	267.00	m s.l.m.
Quota di minima regolazione dell'invaso di valle (per il funzionamento dell'impianto di pompaggio)	242.00	m s.l.m.
Dislivello medio tra i due bacini	~ 400	m
Ore di generazione consecutive a massima potenza	8.5	h

Grandezza	Valore	Unità di misura
Ore di pompaggio consecutive a massima potenza	8.5	h
Portata istantanea massima in fase di generazione	96.5	m ³ /s
Portata istantanea massima in fase di pompaggio	96.5	m ³ /s
Potenza massima in fase di generazione	~ 340	MW
Potenza massima in fase di pompaggio	~ 390	MW
Potenza nominale dei motori-generatori	460	MVA
Potenza dei trasformatori	480	MVA
Lunghezza totale vie d'acqua	~ 2,300	m
Diametro vie d'acqua	5,500	mm
Altezza pozzo piezometrico	77	m
Diametro pozzo piezometrico	12	m

3.2 CONFIGURAZIONE GENERALE DEI PRINCIPALI SISTEMI DELL'IMPIANTO

La configurazione generale dell'impianto può essere riepilogata nelle seguenti principali componenti (per i dettagli si rimanda alla documentazione di progetto):

- ✓ Impianti Elettrici di Centrale: l'impianto elettrico dell'intera Centrale verrà realizzato utilizzando i seguenti livelli di tensione (ove non altrimenti specificato, l'alimentazione è da intendersi in c.a.):
 - Collegamento AAT verso TERNA 380 kV;
 - Montante di macchina MT 13,8 kV (Sarà valutata in fase di progettazione esecutiva la possibilità di uniformare ai valori di commercio (per esempio 15 kV);
 - Sistema di sbarre MT e gruppo elettrogeno di emergenza 6 kV;
 - Alimentazione ausiliari, luce, FM etc. 0.4/0.23 kV;
 - Alimentazioni ausiliari quadri, sicurezze, DCS etc. 0.4/0.23 kV;
 - Alimentazioni ausiliari di sicurezza Generazione 220 V c.c.
- ✓ Secondo quanto rappresentato sui documenti di progetto, i sistemi elettrici della Centrale sono suddivisi in:
 - Sistema di generazione e pompaggio;
 - Sistemi ausiliari di Centrale;
- ✓ L'illuminazione sarà differenziata per tipologia di ambienti, individuabili in aree esterne (viabilità, piazzali, bacino di monte), e aree sotterranee (gallerie, caverne, ecc.);
- ✓ Impianto di Rivelazione Incendi: la realizzazione del sistema di rivelazione ed allarme incendi sarà conforme alla norma UNI 9795, "Sistemi fissi automatici di rivelazione, di segnalazione manuale e di allarme d'incendio", e a tutte le altre normative in materia in vigore. L'impianto sarà distribuito in tutti gli ambienti e sarà essenzialmente suddiviso in sistemi fissi automatici di rivelazione e di allarme d'incendio;
- ✓ Impianti Elettrici Ausiliari: all'interno della centrale verranno installati i seguenti impianti ausiliari:
 - Impianto TVcc, antintrusione, controllo accessi, etc.;
 - Impianto di Regolazione, Controllo e Supervisione: Il sistema di automazione disporrà di una Sala Controllo all'interno della Centrale; le varie postazioni saranno collegate in fibra ottica con dorsali opportunamente ridondate. Sarà possibile monitorare il funzionamento della centrale anche da postazioni remote rispetto all'impianto, mediante collegamenti telematici. Il sistema garantirà il monitoraggio e la sicurezza dell'impianto,
- ✓ Impianto HVAC e Raffreddamento

- la parte più consistente del raffreddamento da effettuare è costituita dai diversi elementi di ciascuna unità che devono essere raffreddati ad acqua, tramite scambiatori di calore dedicati per ciascuno di essi; tutti questi raffreddamenti sono effettuati in circuito chiuso, con acqua trattata;
- la parte più consistente del calore da asportare è costituita dalle dispersioni rilasciate in ambiente da quegli elementi ai quali non è possibile applicare degli scambiatori di calore ad acqua.

3.3 OPERE COSTITUENTI IL NUOVO IMPIANTO

Di seguito si riportano le descrizioni delle principali opere dell'impianto di accumulo idroelettrico in progetto.

3.3.1 Opera di Presa di Valle

Presso l'invaso esistente di Flumendosa (Diga di Nuraghe Arrubiu) sarà realizzata un'opera di presa costituita da un canale di calcestruzzo armato che si raccorda con la galleria di aspirazione/scarico. L'imbocco è realizzato tramite una sezione rettangolare larga 13 m ed alta 8 m, dotata di una griglia metallica capace di intercettare materiale solido grossolano. Tali dimensioni permettono, nel caso in cui transitino la portata massima di progetto di 96.5 m³/s, di produrre velocità inferiori a 1 m/s (valore che permette di evitare perdite di carico eccessive, trasporto e accumulo di detriti e la possibilità che insorgano vibrazioni che potrebbero danneggiare le griglie). Dal canale di calcestruzzo armato, inizialmente rettangolare, si prevede un raccordo ad una sezione policentrica di diametro interno di 5.5 m.

Si prevede la realizzazione di opere di stabilizzazione del terreno di fondazione in prossimità dell'imbocco per evitare scalzamenti e limitare fenomeni di erosione che potrebbero convogliare materiale solido all'interno della presa (già limitati dalle velocità contenute previste attraverso le griglie).

3.3.2 Pozzo Paratoie

A circa 150 m a monte dell'opera di presa di valle è previsto un pozzo paratoie (con diametro di 8 m e profondo circa 40 m), che è suddiviso in due sezioni: una inferiore, in cui scorre l'acqua, ed una superiore, che consente l'alloggiamento delle paratoie quando sono aperte. Tramite una caverna prevista alla sommità del pozzo si può accedere a questa opera sotterranea. In particolare, sono previsti due piani di lavoro per facilitare gli interventi di ispezione e manutenzione alle paratoie.

Nella parte inferiore del pozzo saranno alloggiati di due paratoie piane in serie con tenuta sui 4 lati, alte 4 m e larghe 5.5 m, e la relativa quadristica elettrica; una paratoia è per il normale esercizio dell'impianto, mentre l'altra è ausiliaria. Le paratoie hanno il compito di disconnettere idraulicamente la condotta forzata dall'invaso di valle.

All'interno del pozzo sono contenuti scale di accesso destinate agli operatori (per ispezioni e manutenzioni) e un aeroforo avente diametro di circa 0.8 m. La caverna alla sommità ha dimensioni in pianta di 13 x 22 m ed una copertura a volta avente altezza massima di circa 16 m; essa è accessibile tramite un'apposita galleria di accesso.

3.3.3 Centrale in Caverna

Per poter garantire la sufficiente sommersa alle pompe, e dunque il funzionamento in piena sicurezza dell'impianto di pompaggio, è stata prevista la realizzazione di una centrale in caverna in cui alloggiare le macchine idrauliche (i cui assi sono posti a quota 165 m s.l.m.).

Il piano principale di lavoro è a quota 164.00 m s.l.m., ad una profondità di circa 490 m dal piano di campagna; il corpo della caverna ha un'altezza di circa 30 m ed ha una pianta di 145x22.5 m. L'accesso alla centrale è consentito tramite la discenderia e la galleria ventilazione e cavi.

All'interno della centrale sono alloggiati due gruppi ternari ad asse orizzontale (turbina di tipo Francis). Un gruppo ternario è sostanzialmente costituito dalla disposizione su un unico asse orizzontale di tre componenti: una turbina, una macchina elettrica che funge sia da generatore che da motore, ed una pompa. È prevista l'installazione di un sistema di organi tale per cui sia possibile il funzionamento in corto-circuito idraulico, che consente la regolazione della potenza assorbita dalla rete su tutto l'intervallo di funzionamento in pompaggio dell'impianto e consente altresì minimi intervalli di tempo necessario per la transizione tra la fase di generazione e quella di pompaggio. In particolare, sono previsti sistemi di intercettazione di monte e di valle delle macchine idrauliche, in modo da consentirne la manutenzione senza la necessità di svuotare il bacino di monte e le vie d'acqua. Tale funzione di intercettazione sarà svolta da No.4 valvole rotative, a monte delle macchine, e No. 4 paratoie piene, a valle delle macchine tutte azionate oleodinamicamente.

La seguente tabella indica le caratteristiche principali del singolo gruppo ternario, senza considerare le perdite del motore-generatore e del trasformatore.

Tabella 3.2: Caratteristiche Principali del singolo gruppo ternario

Grandezza	Valore	Unità di misura
Quota asse macchine	165	m s.l.m.
Velocità nominale	500	giri/minuto
Tensione	13.8	kV
Frequenza	50	Hz
Portata massima in fase di generazione	48.25	m ³ /s
Portata massima in fase di pompaggio	48.25	m ³ /s
cos(ϕ)	0.85	-
Potenza massima in fase di generazione	176	MW
Potenza massima in fase di pompaggio	190	MW
Potenza apparente dei generatori-motori	230	MVA

Si prevede di realizzare all'ingresso della caverna della Centrale un'area di lavoro sufficientemente ampia da consentire l'assemblaggio (*erection bay* di 21 x 22.5m) in sito di tali elementi. All'interno della caverna, si prevede l'installazione di due carriponte, aventi luci di 22.5 m e portata di 200 t, capaci di scorrere lungo tutto il corpo della centrale, in modo da consentire il montaggio delle macchine idrauliche ed elettriche nonché per la movimentazione dei macchinari in occasione di interventi di manutenzione.

All'interno della Centrale saranno inoltre presenti la quadristica elettrica di controllo, di potenza e l'impiantistica ausiliaria (impianti di raffreddamento, aerazione, condizionamento, aggottamento delle acque di drenaggio, etc.). In particolare, per quanto riguarda le acque di drenaggio afferenti alla centrale e per lo svuotamento dei volumi d'acqua contenuti nelle vie d'acqua al di sotto della quota dell'opera di presa di valle (che non possono essere svuotate per gravità), è prevista l'installazione di un sistema che consente di pompare i volumi d'acqua al di fuori della galleria d'accesso alla centrale, restituendo le acque presso l'invaso del Flumendosa (bacino di valle).

È inoltre stato progettato, in via cautelativa, un sistema di bypass (regolato da una valvola dissipatrice che funziona sia elettricamente che manualmente) che consente di svuotare, in caso d'emergenza, i volumi d'acqua presenti nel bacino di monte anche in caso di mancanza di elettricità.

Per l'approvvigionamento idropotabile, si prevede l'allacciamento alla rete acquedottistica comunale, mentre per lo smaltimento delle acque nere verranno utilizzate fosse settiche.

Il collegamento tra i motori-generatori e la caverna della sottostazione elettrica, in cui saranno installati i trasformatori, sarà realizzato mediante sbarre che passeranno in un apposito cunicolo. La centrale sarà organizzata in modo che il suo funzionamento possa essere controllato in piena sicurezza da remoto, senza dunque necessitare di un presidio permanente.

Dalla centrale in caverna è possibile accedere (tramite due gallerie che ospitano i tratti di condotta aventi diametro DN 3.700 mm), ad una camera che ospita la biforcazione della condotta forzata.

3.3.4 Sottostazione Elettrica

Adiacente alla centrale in caverna (a Nord-Ovest) è prevista la realizzazione di una sottostazione elettrica d'utenza (SSE) di tipo GIS anch'essa in caverna, in cui sono installati due trasformatori trifase da 240 MVA, nonché tutte le apparecchiature elettriche ausiliarie (e.g. quadri elettrici, locale comandi e servizi ausiliari, etc.).

Il corpo di tale caverna ha un'altezza di circa 17 m (con soffitto a volta) ed ha una pianta rettangolare di 90 x 22.5 m. Sopra i piedritti, alla base della volta, è prevista l'installazione di un carroponete. L'accesso a questa caverna è consentito tramite la galleria orizzontale, lunga circa 30 m, che la collega all'area Nord della centrale in caverna.

Le sbarre MT che collegano i trasformatori ai motori-generatori presente nella centrale in caverna sono alloggiato all'interno di un'apposita galleria (cunicolo) sbarre. Dalla SSE partirà una linea a 380 kV in cavo che si collegherà alla sottostazione elettrica RTN di Nurri in progetto, percorrendo la galleria cavi e ventilazione fino in prossimità dell'opera di presa di valle per poi proseguire fino alla sottostazione in parte in sub lacuale ed in parte interrata.

3.3.5 Vie d'Acqua

Dall'opera di presa presso il bacino di monte, passando per la centrale in caverna, fino all'opera di presa di valle, è prevista la realizzazione di una via d'acqua sotterranea avente sezione circolare e diametro interno di 5.5 m (ad eccezione delle biforcazioni presenti in prossimità della centrale). Tale condotta ha una lunghezza pari a circa 2,300 m, e può essere suddivisa essenzialmente nei seguenti tratti:

- ✓ Tratto verticale lungo circa 485 m, rivestito con virole metalliche di spessore variabile (da 57 mm a 20 mm) intasate con calcestruzzo;
- ✓ Tratto orizzontale lungo circa 160 m in cui la condotta principale subisce due serie di biforcazioni (necessarie per la connessione con le quattro macchine idrauliche previste in centrale: No. 2 turbine e No. 2 pompe), e due serie di raccordi. In particolare, da monte verso valle la condotta si biforca in due condotte metalliche poggiate su selle DN 3,700 mm e spessore di 39 mm, che a loro volta si biforcano in condotte metalliche poggiate su selle DN 1,900 e spessore 20 mm per le turbine e DN 1,800 e spessore 20 mm per le pompe. A valle delle macchine idrauliche sono state previste gallerie rivestite di calcestruzzo armato con DN 4,700 mm, che dopo due serie di raccordi si ricongiungono in un'unica galleria;
- ✓ Tratto orizzontale lungo circa 80 m (che contiene il collegamento con la strozzatura del pozzo piezometrico), a sezione policentrica (avente diametro interno di 5.5 m) rivestita in calcestruzzo armato;
- ✓ tratto obliquo lungo circa 730 m con pendenza pari all'8% circa, a sezione policentrica (avente diametro interno di 5.5 m) rivestita in calcestruzzo armato;
- ✓ tratto obliquo lungo circa 660 m con pendenza pari all'1,5% circa, a sezione policentrica (avente diametro interno di 5,5 m) rivestita in calcestruzzo armato;
- ✓ tratto orizzontale lungo circa 120 m, a sezione policentrica (avente diametro interno di 5.5 m) rivestita in calcestruzzo armato, che collega il pozzo paratoie all'opera di presa di valle.

Per le virole metalliche, si prevede l'impiego di acciaio EN10025-4 S460ML, e la presenza di anelli di irrigidimento. La condotta forzata è stata dimensionata affinché le virole metalliche siano auto resistenti, capaci di resistere alle sovrappressioni previste in fase di esercizio senza necessitare della collaborazione del calcestruzzo circostante nei tratti in cui è essa è inghisata.

3.3.6 Pozzo Piezometrico

Il pozzo piezometrico è previsto al fine di:

- i. migliorare il comportamento dell'impianto nel caso di moto vario (che si verifica continuamente in impianti di pompaggio, specialmente ad alta flessibilità);
- ii. limitare le sovrappressioni causata dal colpo d'ariete in tutta la galleria idraulica di aspirazione/scarico;
- iii. contenere le oscillazioni del pelo libero;
- iv. permettere infine una migliore regolazione generale dell'impianto.

La realizzazione del pozzo piezometrico è prevista a circa 120 metri a valle dalla centrale in caverna; il pozzo è suddiviso in due sezioni: un tratto lungo 77 m ed avente un diametro di 12 m, ed un tratto di circa 48 m avente un diametro interno di 2.4 m.

Il pozzo sarà completamente realizzato in sotterraneo, ad una profondità di circa 360 m (sommità del pozzo), e rivestito di calcestruzzo armato. Presso la parte superiore del pozzo è prevista una camera d'accesso, avente dimensioni in pianta di 17.6 x 23.6 m ed una volta avente altezza massima di 13 m. L'accesso a tale camera, necessario agli operatori in caso di ispezione e manutenzione, sarà garantito tramite una apposita galleria.

3.3.7 Gallerie di Accesso

3.3.7.1 Discenderia

L'accesso alla centrale in caverna è consentito tramite la realizzazione di un'apposta discenderia inclinata, lunga circa 1,800 m e con inclinazione pari a circa il 26 %.

Tale discenderia fungerà da accesso principale alla centrale ed alla sottostazione.

All'imbocco della discenderia è prevista una trincea in cui sarà installato un argano; questa trincea presenta sulla sommità una copertura orizzontale con una porzione scorrevole in modo tale da consentire l'accesso alla discenderia (e dunque alla centrale).

All'interno di questa discenderia verrà installato un sistema di trasporto su binari con trazione a fune azionata dall'argano posto nella trincea a monte, oltre all'alloggiamento di condotte e cavidotti, adibiti a vari scopi (i.e., illuminazione, approvvigionamento idrico, drenaggio, svuotamento delle vie d'acqua a monte dell'impianto).

La seguente Figura mostra la sezione tipo della discenderia.

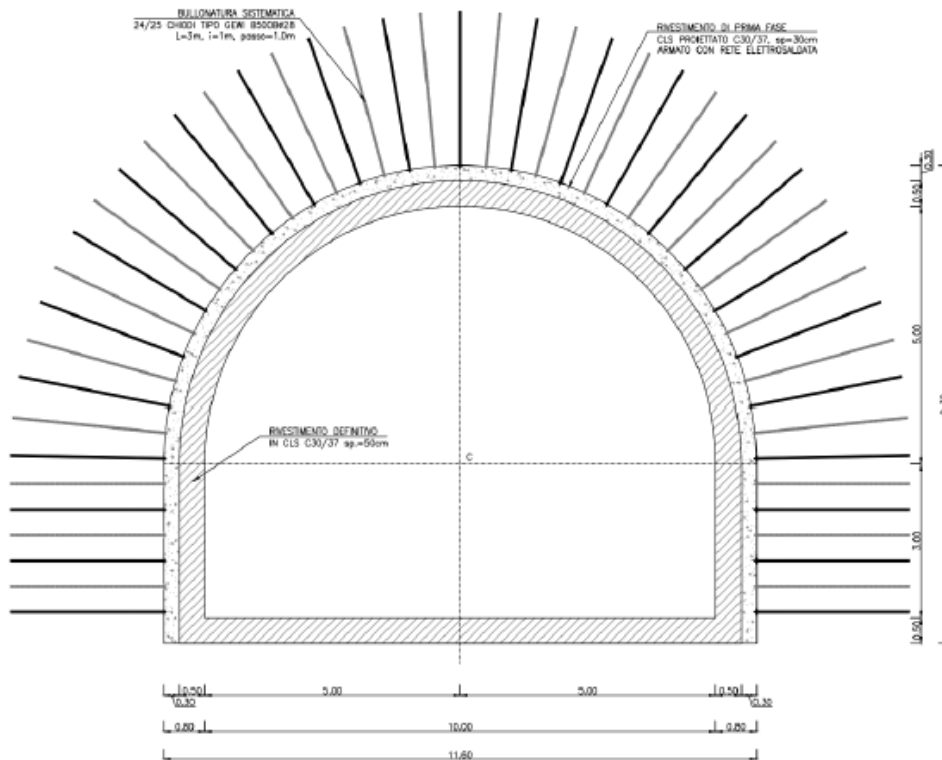


Figura 3.1: Sezione tipo della discenderia

3.3.7.2 Galleria Cavi e ventilazione

Lungo la galleria d'accesso al pozzo paratoie è prevista una biforcazione da cui ha inizio una galleria che raggiungerà la sottostazione elettrica e la centrale in caverna.

Tale galleria sarà lunga circa 1,500 m con una pendenza massima dell'8 % circa. Nella seguente Figura si mostra una sezione tipo della galleria in questione.

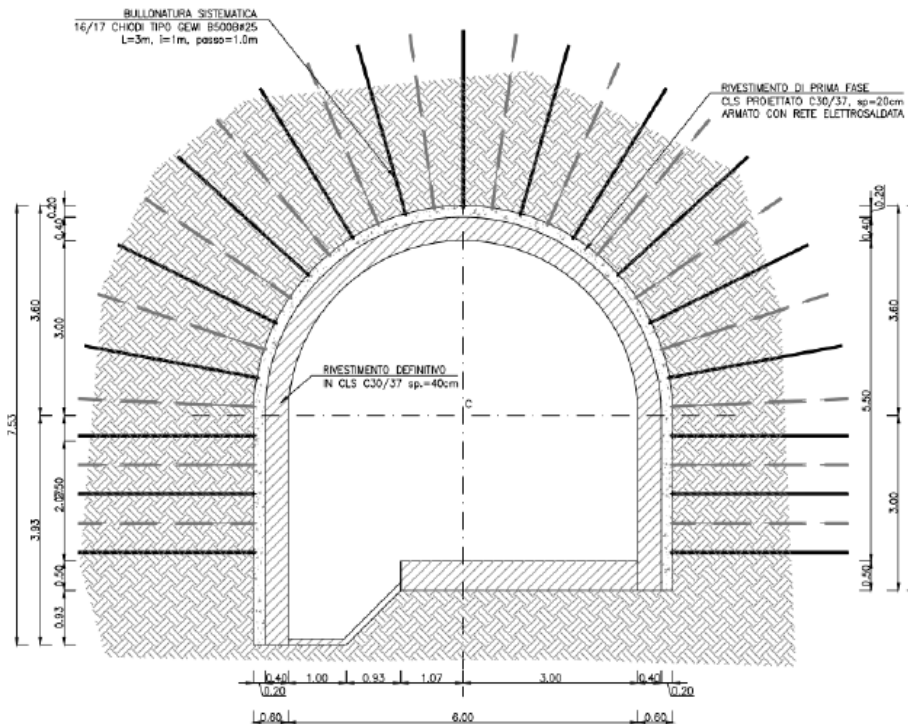


Figura 3.2: Sezione tipo della galleria ventilazione e cavi

La galleria ha la doppia funzione di permettere l'alloggiamento di cavi ad alta tensione volti a collegare la SSE alla sottostazione elettrica di Nurri (entrambe incluse nel presente progetto) e di convogliare l'ingresso della ventilazione, essenziale per il ricambio d'aria e per il raffrescamento, che raggiunge sia la centrale in caverna che la sottostazione elettrica.

I cavi ad alta tensione sono alloggiati in un apposito vano ricavato sul fondo.

All'interno della galleria è inoltre previsto l'alloggiamento di più condotte e cavidotti, adibiti a vari scopi (i.e., illuminazione, drenaggio, svuotamento delle vie d'acqua a monte dell'impianto).

3.3.7.3 [Galleria d'accesso al pozzo paratoie](#)

Un portale d'accesso posto in prossimità dell'invaso di Nuraghe Arrubiu definisce l'ingresso alla galleria che consente di raggiungere la caverna posta alla sommità del pozzo paratoie. Tale galleria sarà lunga circa 50 m, con pendenza massima pari al 6%.

3.3.7.4 [Galleria d'accesso al pozzo piezometrico](#)

Lungo la discenderia sarà prevista una biforcazione da cui avrà inizio una galleria che raggiungerà la caverna posta alla sommità del pozzo piezometrico.

Per la realizzazione di questa galleria orizzontale lunga circa 700 m, sarà adottata la sezione riportata nella seguente Figura.

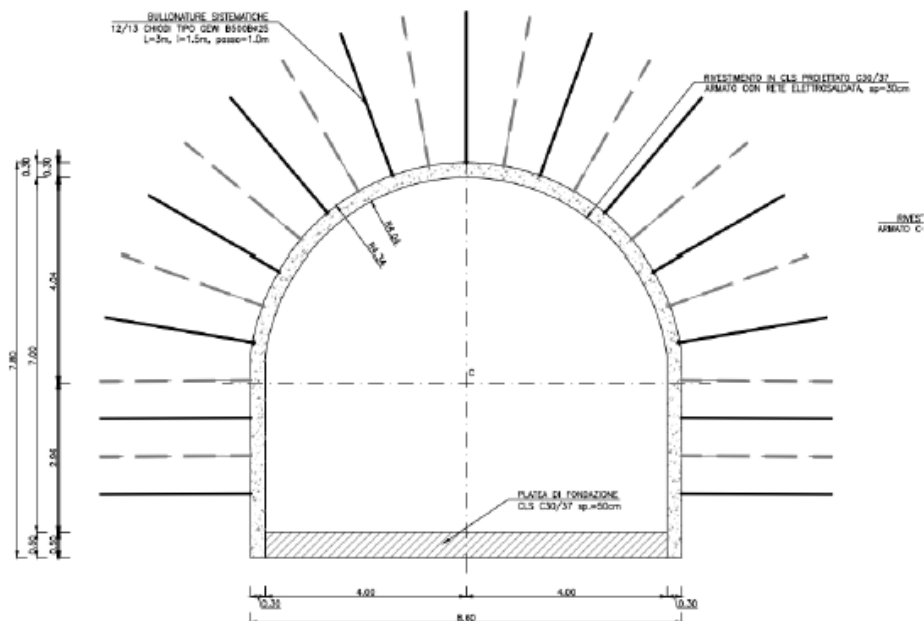


Figura 3.3: Sezione tipo della galleria d'accesso al pozzo piezometrico

3.3.7.5 Galleria d'accesso alla sottostazione elettrica in caverna

Dall'area Nord della centrale in caverna è prevista una galleria che permetterà di raggiungere la SSE in caverna.

Tale galleria sarà orizzontale, lunga circa 30 m ha una sezione tipo uguale a quella della utilizzata per la galleria d'accesso alla centrale in caverna.

3.3.8 Bacino di Monte

Un nuovo bacino artificiale (bacino di monte) verrà realizzato presso l'altopiano situato circa 2 km ad Est rispetto al ramo dell'invaso Flumendosa in cui è prevista l'opera di presa, descritta precedentemente, in località “Taccu Sa Pruna”, nel comune di Esterzili.

L'invaso è di forma pseudo-quadrata, avente lato di circa 650 m e altezza massima della diga di circa 17 m (lato Sud).

Il coronamento è posto a quota 664.80 m s.l.m., ha uno sviluppo di 2,225 m, e larghezza di 6 m. Tale coronamento sarà accessibile tramite un raccordo con la viabilità esistente, posto sul lato Nord del bacino.

La diga è costituita da un rilevato di sezione trapezoidale in materiali sciolti derivanti dagli scavi delle opere in sotterraneo dell'impianto; questi saranno opportunamente selezionati e miscelati con materiale dolomitico proveniente dallo scavo di fondazione del rilevato e di regolarizzazione del fondo del bacino di monte. Le pendenze delle scarpate (sia interne che esterne) sono pari a 1.6/1.

Il bacino sarà impermeabilizzato mediante un geo composito conforme al bollettino ICOLD 135 (maggio 2010), posato su di un sottofondo drenante compattato (25 cm di spessore in corrispondenza del rilevato; 1 m di spessore sul fondo del bacino). Al di sopra del geo composito posto alla base del bacino è prevista la stesa di uno strato di 25 cm di pietrisco.

Il volume utile del bacino è di circa 3,000,000 m³, compreso tra le quote di massima regolazione (662.70 m s.l.m.) e di minima regolazione (652.00 m s.l.m.). La quota di massimo invaso è pari a 663.10 m s.l.m. Il franco è di 1.70m (inoltre, sul coronamento è previsto un muro paraonde di 0.5 m di altezza), calcolato secondo normativa vigente (D.M. del 26/06/2014). Nella seguente tabella vengono sintetizzate le principali caratteristiche del bacino di monte.

Tabella 3.3: Caratteristiche Principali del Bacino di Monte

Grandezza	Valore	Unità di misura
Volume utile di regolazione	~ 3,000,000	m ³
Volume di invaso1 (ai sensi del L. 584/1994)	~ 3,050,000	m ³
Volume totale d'invaso2 (ai sensi del D.M. 24/03/82)	~ 3,200,000	m ³
Perimetro coronamento	2,225	m
Larghezza coronamento	6	m
Superficie liquida alla quota di min. regolazione	~ 197,000	m ²
Superficie liquida alla quota di max. regolazione	~ 363,000	m ²
Superficie liquida alla quota di massimo invaso	~ 364,000	m ²
Altezza massima diga (lato esterno)	17	m
Quota di fondo dell'invaso	648.75	m s.l.m.
Quota di minima regolazione	652.00	m s.l.m.
Quota di massima regolazione	662.70	m s.l.m.
Quota di massimo invaso	663.10	m s.l.m.
Escursione tra massima e minima regolazione	10.7	m
Franco	1.70	m
Altezza muri paraonde	0.50	m

Sul paramento esterno della diga si prevede di allocare lo smarino in esubero derivante dagli scavi dalla realizzazione delle opere in sotterraneo. Si prevede di distribuire materiale in modo tale da avere una scarpata a pendenza costante pari a 5/1, raccordando il coronamento alla topografia esistente. Questo abbancamento di materiale attorno al paramento esterno della diga ha molteplici vantaggi:

- ✓ dal punto di vista strutturale, contribuisce a favorire la stabilità del rilevato (che lavora a gravità);
- ✓ dal punto di vista paesaggistico, la debole pendenza del raccordo tra il coronamento del bacino ed il terreno circostante consente di avere un mascheramento morfologico ottimale del bacino nel territorio circostante (impatto visivo trascurabile);
- ✓ dal punto di vista ambientale, consente di annullare la movimentazione dei volumi di terre e rocce da scavo al di fuori dell'area interessata dalla realizzazione dell'impianto di pompaggio.

Le eventuali perdite saranno raccolte da un sistema di drenaggio composto da:

- ✓ tubi di drenaggio (fessurati solamente nella parte superiore) avvolti in geotessuto sul fondo del bacino;
- ✓ una tubazione di drenaggio posizionata sia al piede interno che esterno della diga, sui lati Ovest, Nord ed Est del rilevato;
- ✓ cunicoli di drenaggi sul lato Sud del rilevato sia al piede interno che esterno della diga;
- ✓ tubi di drenaggio (rivestiti con geo tessuto) sull'intero perimetro esterno del rilevato.

Sono previsti tre accessi ai cunicoli di ispezione e drenaggio. Il recapito finale dei drenaggi avviene a Sud del bacino, all'ingresso dell'accesso principale ai cunicoli di ispezione e drenaggio.

3.3.8.1 Opera di Presa di Monte

Presso il bacino di monte si prevede la realizzazione di un'opera di presa e restituzione a calice, si veda la seguente Figura. Tale manufatto è costituito da una soglia di calcestruzzo di forma circolare, con diametro in sommità di 10 m, che convoglia le acque all'interno di una struttura verticale di diametro interno variabile, fino al raggiungimento del diametro di 5.5 m della condotta forzata.

Affinché sia garantita una corretta sommergenza alla presa, è stata imposta una differenza di 3.5 m tra la quota di minima regolazione del bacino e la quota del ciglio del calice. Si rimanda alla Relazione Idraulica (Elaborato 1351-M-FN-R-05-1) per il dimensionamento di tale manufatto.

L'opera di presa è situata presso la zona Ovest del bacino di monte, ossia più vicino all'invaso di Nuraghe Arrubiu. Questa zona presenta il fondo del bacino a quota 647.25 m s.l.m., 1.25 m sotto al ciglio del calice: tale differenza di quota consente da un lato di poter intercettare eventuale materiale solido che inavvertitamente potrebbe ritrovarsi all'interno del bacino, e dall'altro l'accesso in sicurezza all'opera di presa e restituzione da parte degli addetti. Tale area è raccordata con il resto del fondo (a quota 651.75 m s.l.m.) tramite una rampa avente una pendenza del 10%.

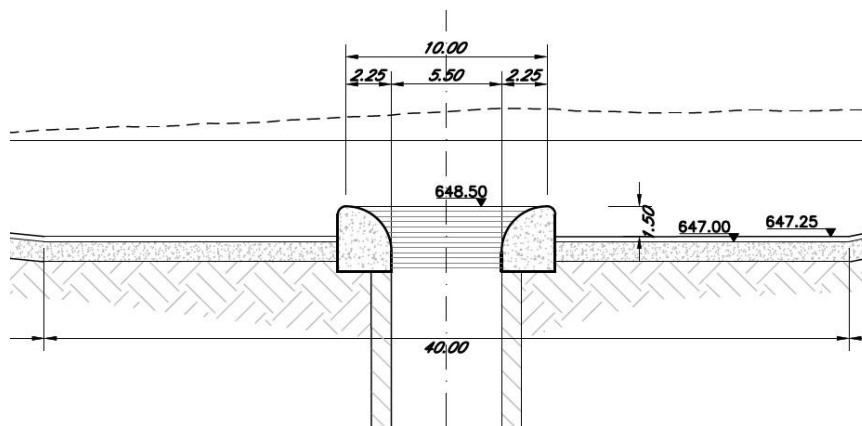


Figura 3.4: Sezione dell'opera di presa

3.3.8.2 Sbocco Cunicolo di Drenaggio

Al termine dell'accesso al cunicolo di ispezione e drenaggio previsto nel lato Sud del bacino di monte, è posto un pozzetto di raccolta da cui parte una tubazione interrata, volta ad evacuare per gravità i drenaggi del bacino di monte. Tale tubazione termina a cielo aperto verso Sud, in modo tale da consentire un deflusso in direzione del canale di scolo attualmente esistente.

3.3.8.3 Sfioratore di Superficie

Sul lato Nord del bacino di valle è prevista la presenza di uno sfioratore di superficie con luce di sfioro complessiva pari a 4 m, che consente di evacuare, in caso estremo, le modeste portate associate ad eventi di precipitazione intensa sulla superficie interna del bacino stesso.

3.3.8.3.1 Drenaggio dello sfioratore di superficie

Lo scarico dello sfioratore, così come lo sfioratore stesso sono stati previsti solamente in funzione delle possibili richieste della Direzione Generale per le Dighe e le Infrastrutture Idriche (DG Dighe); l'installazione di una valvola dissipatrice che può funzionare sia elettricamente che manualmente, consente di svuotare i volumi d'acqua presenti nel bacino di monte, anche in mancanza di elettricità.

Tuttavia, per le ragioni sopra esposte, a valle dello sfioratore di superficie è prevista una vasca da cui parte una tubazione interrata avente diametro di 50 cm e lunga circa 500 m, che ha il compito di recapitare, in caso estremo, le portate in uscita dallo sfioratore di superficie presso un impluvio naturale (il cui recapito finale è l'invaso Flumendosa).

Ipotizzando che lo sfioratore debba funzionare (cosa al momento non prevista), si è posta la soglia dello stesso 30 cm al di sopra della quota di massima regolazione, ci si attende che lo sfioratore non funzioni se non in condizioni di precipitazioni eccezionali associate ad un evento di piena con tempo di ritorno di almeno 3.000 anni.

Comunque, in base a questa geometria, lo sfioratore risulterebbe in funzione (presenza di acqua nel canale) nel caso in cui si verificassero contemporaneamente (bassissima probabilità, praticamente nulla) le seguenti condizioni:

- ✓ Il bacino di monte è riempito fino alla quota di massima regolazione;
- ✓ Precipitazioni associate ad una piena con tempo di ritorno di 3.000 anni;
- ✓ L'impianto non è in grado di poter restituire al bacino di valle parte del volume accumulato nel bacino di monte (né tramite i gruppi ternari né tramite l'apposito sistema di bypass citato precedentemente).

3.4 CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ

Il cronoprogramma complessivo delle attività è riportato in Figura 3.1 allegata. La durata totale prevista pari la realizzazione di tutte le opere è pari a circa 82 mesi (circa 7 anni). A valle dei collaudi previsti (e.g., idraulici, prove elettromeccaniche, funzionali dell'impianto, etc.), la messa in servizio del sistema di pompaggio è prevista al mese 82.

4 INQUADRAMENTO AMBIENTALE DEL SITO

Nel presente paragrafo sono riportati gli esiti dell'analisi ambientale di inquadramento condotta per rappresentare preliminarmente le caratteristiche delle terre e delle rocce da scavo oggetto del presente documento, con particolare riferimento alla realizzazione dell'impianto di *Taccu Sa Pruna* e delle sue opere in sotterraneo.

4.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il progetto in esame è interamente ubicato nel Comune di Esterzili, nella Città Metropolitana di Cagliari (Regione Sardegna), al confine con i Comuni di Nurri, Sandali, Seui, Ussassai, Ulassai, Perdasdefogu, Escalaplano e Orroli.

L'area è rappresentata da un paesaggio rurale fortemente omogeneo e caratterizzato da declivi ricoperti da aree a pascolo naturale caratterizzate dalla presenza di macchia mediterranea, gariga e boschi di latifoglie, solcate da un fitto sistema idrografico che possiede una grande uniformità spaziale. È un paesaggio fortemente omogeneo caratterizzato dalla presenza di dolomie che costituiscono la successione sedimentaria mesozoica della Sardegna centro-orientale.

Le ampie distese sono intensamente caratterizzate da aree a pascolo naturale e macchia mediterranea.

I collegamenti stradali sono assicurati dalla SP 53, dalla SP 13, dalla SS 128, che circumnavigano l'invaso del Flumendosa e procedono lungo tutte le direzioni sul territorio regionale.

Il progetto in esame, in particolare, interesserà l'invaso esistente Flumendosa, creato artificialmente dallo sbarramento della diga Diga Nuraghe Arrubiu, il quale, con un volume totale d'invaso pari a 317,000,000 m³ e una quota di invaso pari a 268 m s.l.m., costituirà il bacino di valle. Il bacino di monte sarà realizzato circa 2.5 km più a Est, in una zona caratterizzata da "area a pascolo naturale" e porzioni di "macchia mediterranea", ad una quota di circa 400 m superiore rispetto al bacino di valle (Lago Flumendosa).

L'area di intervento, in particolare, è stata selezionata in seguito ad una attenta analisi del territorio sardo che ha considerato le volumetrie degli invasi esistenti, la presenza di dislivelli di almeno 200 m entro un raggio ragionevole dall'invaso esistente, nonché la vincolistica presente.

4.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

I tratti geomorfologici dell'area del Medio Flumendosa sono sostanzialmente controllati da tre principali fattori:

- ✓ litologia;
- ✓ strutture fragili cenozoiche;
- ✓ tasso di uplift plio-pleistocenico.

Il basamento metamorfico al netto delle differenze tra metavulcaniti e metasedimenti può essere considerato come un'unica unità omogenea in cui la strutturazione interna dell'orogenesi varisca non si esprime con tratti morfostrutturali di rilievo. Sono i basalti pliocenici e i depositi trasgressivi del giurassico che determinano, seppur con una certa asimmetria tra la sinistra e la destra orografica del Flumendosa, il tratto morfologico dominante, cioè l'altopiano interrotto dall'incisione fluviale che si spinge da quote intorno ai 650 m s.l.m. fino a quote di fondovalle di 150 m s.l.m. Questa stretta valle, nel tratto dell'invaso, è scavata quasi interamente nel basamento; solo la porzione superiore dei suoi versanti è costituita basalti in destra e da formazioni carbonatiche giurassiche in sinistra orogenica.

Sia nei basalti che nelle dolomie giurassiche l'erosione per arretramento parallelo genera corone con pareti prossime alla verticale, che si raccordano con i sottostanti versanti incisi nel basamento.

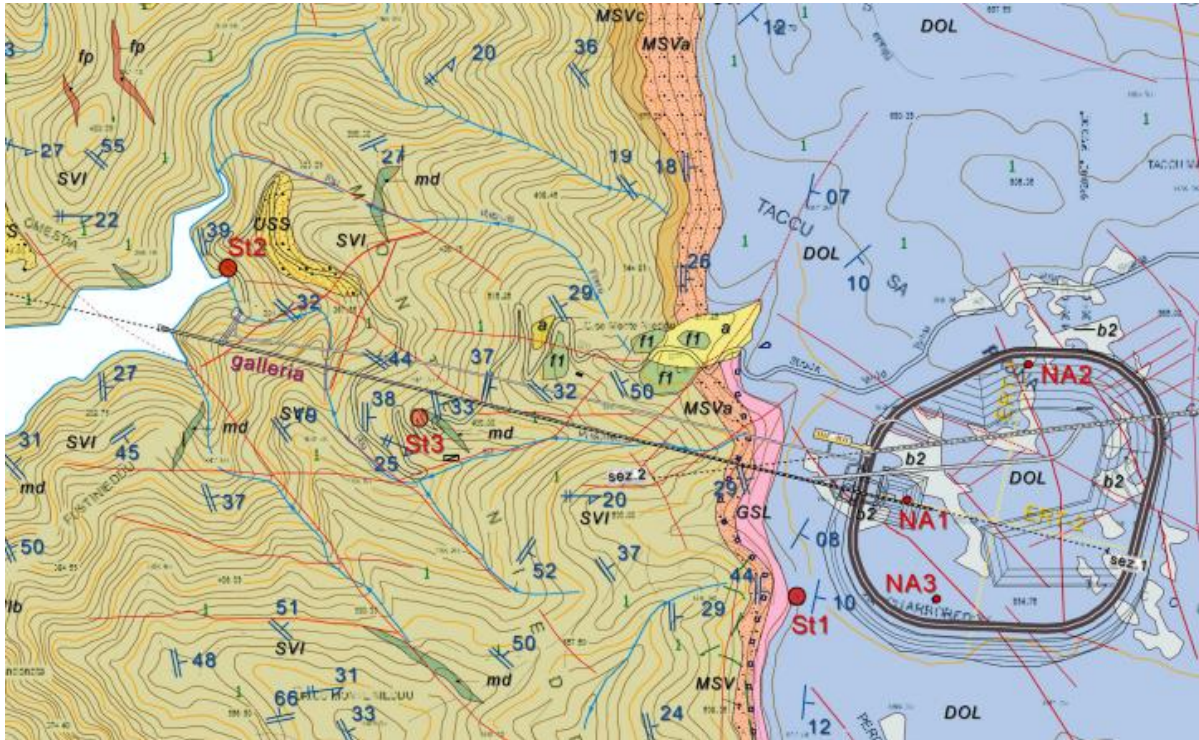


Figura 4.1: Elementi geomorfologici e Strutturali

Questi pendii lasciano supporre una non trascurabile velocità di sollevamento dal Plio-Pleistocene ad oggi.

L'assenza dei basalti (a parte un piccolo lembo che affiora a sud dell'area di interesse) fa presumere che la colata proveniente da ovest, originata da un apparato monogenico a scudo nei pressi di Orroli, si sia interrotta contro un gradino strutturale in corrispondenza di una faglia o una gradinata di faglie con andamento NNW. A partire dal momento di consolidamento del flusso basaltico, che dovette livellare la morfologia preesistente a ovest di tale gradino, l'incisione fluviale si concentrò alla base di tale gradino secondo la direzione attuale che ricalca la strutturazione NW.

L'evidenza morfologica delle faglie ad andamento NW è parzialmente obliterata dagli affluenti in sinistra orografica (e.g. l'incisione dell'area di progetto), tuttavia le tracce morfologiche di queste faglie sono visibili qualche chilometro a sud dell'area in esame dove ribassano di almeno 80 m le dolomie giurassiche in cui si trova la miniera di argille.

4.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di intervento in progetto è caratterizzata da rocce paleozoiche metamorfiche e da depositi carbonatici mesozoici con esigue coperture sedimentarie di età cenozoica. Le rocce paleozoiche sono riconducibili a successioni depositate durante il Cambriano e l'Ordoviciano, metamorfosate e deformate durante le fasi collisionali ed estensionali dell'orogenesi ercinica. L'assetto geologico di buona parte dell'area di studio deriva quindi dalla complessa evoluzione ercinica. L'area di intervento ricade all'interno dell'Unità tettonica di Meana Sardo (in una posizione strutturale immediatamente al di sopra dell'Unità Tettonica del Gerrei) che ha un metamorfismo di basso grado e che appartiene alla cosiddetta "Zona a falde" della catena ercinica. I depositi mesozoici discordanti sulle rocce metamorfiche sono essenzialmente conglomerati e siltiti argillose e soprattutto dolomie di età Giurassica in giacitura sub-orizzontale che formano altopiani tabulari, noti con "Tacchi".

La stratigrafia dell'area comprende, come indicato in precedenza, formazioni di età paleozoica (principalmente rocce metamorfiche e subordinatamente rocce magmatiche) e depositi prevalentemente carbonatici giurassici. Sono poi presenti sottili coperture cenozoiche. Da termine più basso, la successione stratigrafica, di cui si riporta la seguente figura, è bene studiata, come del resto l'assetto strutturale dell'edificio a falde, ben conosciuto da tempo e studiato anche di recente con i nuovi rilievi CARG del F. Mandas.

Procedendo dal bacino di monte verso quello di valle è possibile evidenziare come le opere a progetto interessino prevalentemente nelle seguenti formazioni geologiche (Studio Resis,2020), (Comune di Esterzili, 1998):

- ✓ Formazione di Dorgali (DOR);
- ✓ Arenarie di San Vito (Cambriano medio – Ordoviciano Inferiore);
- ✓ Formazione di Monte Santa Vittoria (Ordoviciano Medio).

La formazione mesozoica di Dorgali è caratterizzata da una permeabilità medio-alta, mentre le formazioni paleozoiche metamorfiche ascrivibili alle Arenarie di San Vito e alla Formazione di Monte Santa Vittoria risultano avere una bassa permeabilità (Comune di Esterzili,1998).

I sondaggi geognostici eseguiti nell'area del bacino di monte hanno permesso di confermare la stratigrafia desunta dai rilievi sul terreno e dai dati bibliografici, gli spessori delle varie formazioni attraversate, le caratteristiche preliminari della loro permeabilità, lo stato generale dell'ammasso roccioso sia in termini di discontinuità che di alterazione e hanno permesso di ipotizzare con maggiore certezza che le strutture carsiche nelle rocce dolomitiche sono talmente esigue da ritenersi trascurabili, come peraltro noto in molte altre parti della Sardegna.

Per ciò che riguarda lo stato delle discontinuità degli ammassi rocciosi, i sondaggi e l'esame delle carote hanno messo in evidenza che le discontinuità principali sono riconducibili alla superficie di stratificazione (nelle rocce sedimentarie giurassiche) ed a quella della scistosità (nelle rocce metamorfiche cambro-ordoviciane); solo localmente sono presenti sistemi di fratturazione che hanno sempre inclinazioni elevate. In corrispondenza di questi locali sistemi di discontinuità la compagine rocciosa è meno compatta e di conseguenza l'indice RQD assume valore inferiori.

4.4 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'area di intervento all'interno dell'U.I.O. No.15 "Flumendosa" avente un'estensione di circa 1,868 km², costituita di No. 5 bacini dei quali quello principale è quello dell'omonimo Fiume Flumendosa, avente un'estensione di 1,841.77 km² (Regione Sardegna (e), Non datato).

Il corso d'acqua principale è il Fiume Flumendosa, che trae origine ad OVEST dell'abitato di Lanusei e scorre verso NORD-OVEST verso le Gole di Bau Maugeris nelle pendici meridionali del Massiccio del Gennargentu, dove l'omonimo sbarramento genera il Lago dell'Alto Flumendosa; prosegue il suo tortuoso percorso verso occidente sino a Gadoni, per poi procedere a SUD-EST per sfociare a Porto Corallo (tra Villaputzu e Piana del Muravera). Si presenta come un corso d'acqua regionale per i valori di portata media alla foce. Il bacino si estende dal mare costa EST, alle zone interne dell'isola con quote che variano tra 0 e 1,777 m s.l.m. e quota media di 635 m, e risulta caratterizzato da un regime pluviometrico marittimo con un minimo tra luglio e agosto e un massimo tra dicembre e gennaio.

Oltre ai 5 corsi d'acqua del I ordine che drenano i 5 bacini costituenti l'U.I.O., si contano anche 103 corsi d'acqua del II ordine, alcuni dei quali aventi una notevole importanza; tra questi si possono citare il Riu Mulargia, il Riu Stanali (detto comunemente Flumineddu) e il Riu Perdadera (affluente nell'area di progetto in prossimità delle opere di presa del bacino di Valle).

Nella U.I.O del Flumendosa sono presenti molti invasi artificiali e traverse, realizzate sia sul fiume stesso che sugli affluenti (Riu Mulargia, Flumineddu, Riu Piricanas, Riu Bau Mandara); con riferimento all'area di progetto che ricade nell'area indicata nel PTA “Flumendosa a Nuraghe Arrubiu – Medio Flumendosa”, si menzionano:

- ✓ Lago Flumendosa a Nuraghe Arrubiu (Medio Flumendosa), area sensibile No. 99;
- ✓ Lago Flumineddu a Capanna Silicheri, area sensibile No. 76;
- ✓ Lago di Mulargia a Monte Su Rei, area sensibile No. 75.

L'invaso di interesse Flumendosa è stato originato dalla costruzione della diga di Nuraghe Arrubiu, che sbarrò il Fiume Flumendosa (poco sotto al Nuraghe Arrubiu), nel Comune di Orroli ed è attualmente gestita dall'Ente Acque della Sardegna (ENAS), ed inserita all'interno del sistema idrico multisettoriale regionale, all'interno del sistema 7A (Schema idraulico Medio e Basso Flumendosa). Le risorse del Medio Flumendosa sono regolate dall'invaso sul Flumendosa a Nuraghe Arrubiu e dall'invaso sul Rio Mulargia a Monte Su Rei, collegati tra loro tramite galleria. Tale sistema riceve, inoltre, la risorsa derivata mediante la galleria idraulica del rio Flumineddu, affluente del Flumendosa, il cui corso è sbarrato dalla diga a Capanna Silicheri tra il Comune di Seui e Ulassai (Rif. Relazione di Prefattibilità).

Le acque di transizione presenti nella U.I.O del Flumendosa sono rappresentate da stagni costieri alcuni dei quali rivestono una significativa importanza produttiva (Peschiera San Giovanni a Muravera); inoltre, la U.I.O del Flumendosa si estende prevalentemente nell'entroterra e ha pertanto uno sviluppo costiero estremamente limitato, pari a circa 17,1 km, di cui vengono monitorati circa 4,2 km, nel tratto antistante la foce del Fiume Flumendosa (Piana del Muravera a SUD-EST dell'area di interesse).

Le caratteristiche degli invasi artificiali significativi sopra indicati, oltre a quello di interesse del Lago Flumendosa a Nuraghe Arrubiu, sono riportate nella seguente tabella estratta dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Sardegna.

Tabella 4.1: U.I.O Flumendosa, Laghi Significativi (Regione Sardegna (e), Non datato)

Cod. Bacino	Cod. corpo idrico	Lago	Sup. Lago [km ²]	Profondità [m]	Volume [Mm ³]
0039	LA4007	Mulargia a Monte su Rej	12.4	94	323
0039	LA4008	Flumendosa a Nuraghe Arrubiu (Medio Flumendosa)	9	150	263
0039	LA4009	Flumendosa a Bau Muggeris (Alto Flumendosa)	3.24	54.5	58.37
0039	LA4042	Flumineddu a Capanna Silicheri	nd	nd	1.42

4.5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

La distribuzione degli afflussi meteorici annuali, come descritto nella Relazione Geologica del progetto (Doc. No.1351-A-OP-R-01-1), segue l'andamento tipico del clima mediterraneo e la stagione piovosa è irregolare e variabile.

Le caratteristiche climatiche e morfologiche dell'area di intervento, oltre alla natura poco permeabile del terreno e lo stato di degrado del suolo, non favoriscono l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo. Infatti, a causa dell'acclività dei pendii e della distribuzione sistematica della vegetazione arborea operata dai periodici incendi e dal pascolo, il terreno vegetale manca quasi del tutto su molti rilievi.

Le principali cause del degrado del suolo dell'area sono dovute ad un regime pluviometrico caratterizzato da elevata intensità e da una concentrazione stagionale delle piogge, da un substrato molto poco permeabile e versanti ripidi che determinano la rarefazione della copertura vegetale esponendo il suolo all'erosione. La mancanza della vegetazione e l'asportazione del suolo contribuisce a limitare il processo di infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo e ad aumentare il regime dei deflussi superficiali.

In base alla stratigrafia dell'area possono essere distinti, sostanzialmente tre unità idrogeologiche, contraddistinte da differente comportamento idraulico e differenti caratteri idrodinamici, descritte di seguito dalla più superficiale alla più profonda:

- ✓ dolomie giurassiche della formazione di Dorgali (permeabili per fratturazione);
- ✓ siltiti e argille della Formazione di Genna Selole (sostanzialmente con bassissima permeabilità);
- ✓ rocce metamorfiche scistose sia terrigene che subordinatamente di origine vulcanico-epiclastica (tutte poco permeabili per fratturazione).

In generale, queste tre diverse unità idrogeologiche sono caratterizzate da voli di permeabilità da medi a molto bassi.

L'acquifero più superficiale è rappresentato dalle dolomie giurassiche con giacitura sub-orizzontale, che hanno uno spessore di circa 40 metri e sono limitate alla base dalle siltiti della Formazione di Genna Selole. Si tratta di un acquifero di modesta importanza a causa del suo moderato spessore e della permeabilità sostanzialmente bassa per fratturazione e carsismo molto scarso, come evidenziato anche durante i sondaggi dove le uniche tracce di dissoluzione chimica dalle rocce carbonatiche sono veramente esigue e molto discontinue.

Le porzioni dolomitiche mostrano un carsismo poco sviluppato ed indici di fratturazione relativamente bassi; le fratture spesso hanno modeste aperture e talvolta sono ricristallizzate. In ogni caso, i valori di permeabilità misurati su queste rocce carbonatiche con No.3 prove Lugeon (Doc. No. 1351-A-OP-A-01-1) durante i sondaggi hanno messo in evidenza valori di:

- ✓ 8.51×10^{-7} m/s (Sond. NA-1 tra 3 e 8 m dal p.c.);
- ✓ 1.56×10^{-6} m/s (Sond. NA-2 tra 5 e 9 m dal p.c.);
- ✓ 3.68×10^{-6} m/s (Sond. NA-35 tra 5 e 40 m dal p.c.).

Le sorgenti sono disseminate lungo vari punti dell'altopiano, ma soprattutto lungo i bordi degli affioramenti dolomitici presso il contatto di base con le argille.

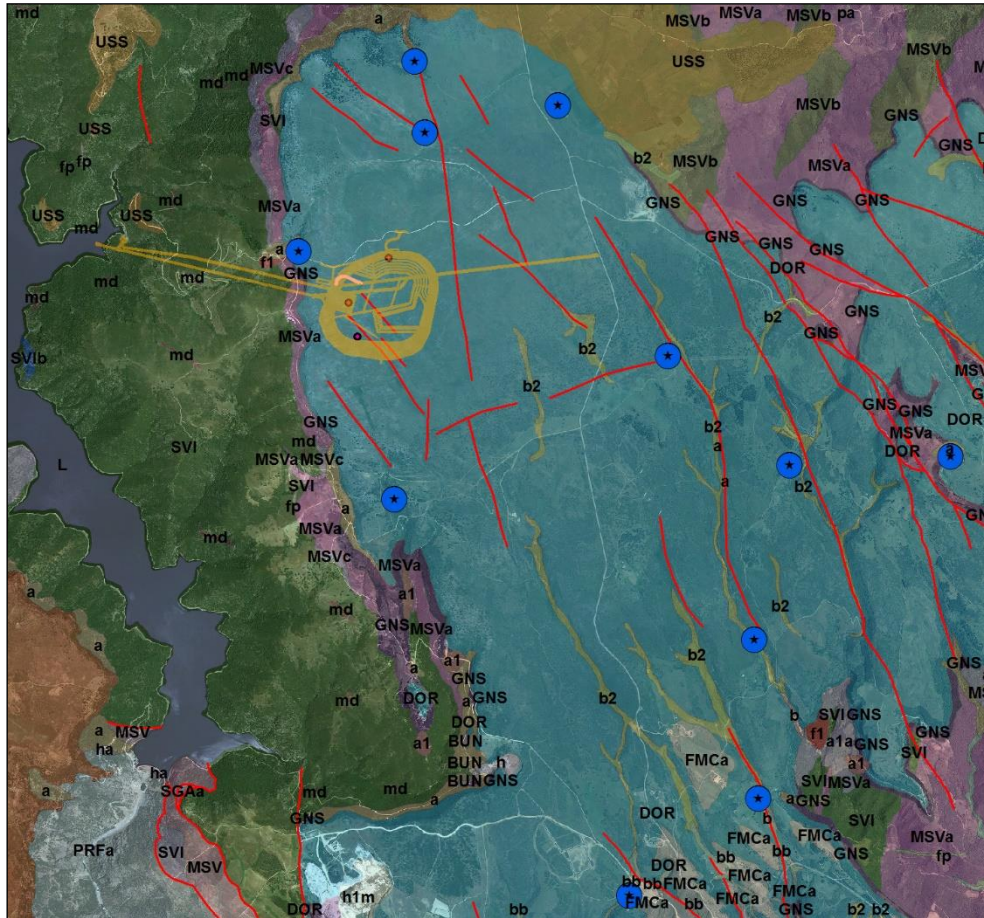


Figura 4.2: Distribuzione delle sorgenti (indicati in blu) nell'area di interesse (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)

Poiché la giacitura media delle dolomie pende verso i quadranti meridionali e orientali, i deflussi sotterranei entro queste rocce carbonatiche seguono queste direzioni e, pertanto, anche le sorgenti sono maggiormente diffuse in questi settori. Si tratta di sorgenti con portata modesta, ma con una certa durata stagionale che nell'altopiano assicurano i quantitativi necessari all'abbeveraggio del bestiame.

Il livello piezometrico misurato nella campagna di indagine del dicembre 2021, come descritto nella relazione geologica, nel foro di sondaggio NA-3 indica la quota di -1 metri. Per il foro NA-1 non è stato possibile eseguire la misurazione per via della cementazione finalizzata alla prova down-hole. Al di sotto delle dolomie sono presenti argille e siltiti carboniose (con uno spessore medio di circa una decina di metri) presenti al di sopra di uno strato di circa 2-3 metri di conglomerati e arenarie ben cementati appartenenti alla Formazione di Genna Selole. Si tratta di una formazione tendenzialmente con bassissima permeabilità a causa dello spessore della natura delle litologie siltoso-argillose. Questa unità rappresenta quindi l'impermeabile relativo delle rocce dolomitiche sovrastanti.

In ogni caso, la permeabilità misurata con No.1 Lugeon durante l'esecuzione del sondaggio NA-3 ha mostrato valori di 1.27×10^{-7} m/s.

Al di sotto di queste litologie è presente il basamento metamorfico scistoso, rappresentato prevalentemente da metarenarie e metasiltiti (Formazione di San Vito e dalle metavulcaniti o dai loro prodotti di rimaneggiamento (Formazione di Monte Santa Vittoria). Le caratteristiche di permeabilità possono essere molto discontinue anche all'interno di questo gruppo di rocce.

In generale, il complesso idrogeologico dei metamorfici è permeabile per fessurazione dunque caratterizzato da un forte controllo strutturale, ed è relativamente eterogeneo ed anisotropo.

L'area di studio è contraddistinta da strutture riconducibili a una tettonica trascorrente che si caratterizza per fasce di deformazione discrete. Ciò implica che lo sviluppo delle discontinuità non è omogeneo. Inoltre, la circolazione idrica sotterranea all'interno delle fessure è favorita nella parte più superficiale dove le discontinuità sono più aperte per fenomeni di decompressione, fino a profondità di un centinaio di metri. Al di sotto di questa profondità, il carico litostatico tende ad anastomizzare le fessure, chiudendole e limitando la circolazione sotterranea delle acque. Ciò avviene soprattutto se le discontinuità sono poco o mediamente inclinate.

Il complesso metamorfico ha uno spessore considerevole (superiore a 400 m) ed è interessato da una circolazione sotterranea molto scarsa, che solo in corrispondenza di discontinuità importanti può divenire significativa.

I dati sulla permeabilità di questo ammasso roccioso, calcolati sulla base di dati rilevati in apposte stazioni di misura, indicano valori generalmente compresi tra 10^{-3} e 10^{-4} m/s. Queste caratteristiche di bassa permeabilità sono tipiche delle rocce metamorfiche con questa composizione e con questo grado di fratturazione, come comunemente riportato nella letteratura geologica.

In ogni caso, i valori di permeabilità misurati con No.2 prove Lugeon durante i sondaggi hanno messo in evidenza valori di:

- ✓ 1.63×10^{-7} m/s per le metaepiclastiti (sondaggio NA-1 tra 53 e 58 m dal p.c.);
- ✓ 3.04×10^{-7} m/s per le metarenarie (Sondaggio NA-2 tra 51 e 56 m dal p.c.).

4.6 USO E QUALITÀ DEL SUOLO

Con riferimento all'uso suolo delle aree direttamente interessate dalle opere a progetto è stata analizzata la cartografia regionale disponibile in forma di dati vettoriali sul geoportale della Regione Sardegna (Regione Sardegna, 2008) relativa all'uso del suolo e riferita all'aggiornamento al 2008 dell'Uso del Suolo 2003.

L'aggiornamento della carta relativa all'uso reale del suolo, si veda la Figura 5.1 in allegato, suddivisa in classi di legenda (Corine Land Cover), per i poligoni delle aree rappresentate, contiene anche strati tematici lineari della viabilità e idrografia. La legenda, organizzata gerarchicamente secondo la classificazione di dettaglio delle cinque categorie CORINE Land Cover fino a 5 livelli, rispetto alla versione precedente del 2003 ha subito alcune variazioni. Per la realizzazione dell'aggiornamento dell'uso del suolo della Regione Autonoma Sardegna, attraverso la fotointerpretazione, sono state utilizzate: ortofoto AGEA 2003, Ortofoto 2004, immagini Ikonos 2005-06, immagini Landsat 2003, immagini Aster 2004, oltre a materiali ausiliari CTRN10k, DBPrior 10k e altri, con sopralluoghi su 4000 punti distribuiti sul territorio. La scala di riferimento 1:25.000, l'unità minima cartografata 0.5 ettari all'interno dell'area urbana e 0.75 ettari nell'area extra urbana.

Le diverse destinazioni d'uso sono distinte in cinque classi:

- ✓ Superfici artificiali (infrastrutture, reti di comunicazione, insediamenti antropici, aree verdi urbane);
- ✓ Superfici agricole utilizzate (seminativi, vigneti, oliveti, frutteti, etc);
- ✓ Territori boscati e ambienti semi-naturali (presenza di boschi, aree a pascolo naturale, vari tipi di vegetazione, spiagge, dune e sabbie);
- ✓ Zone umide;
- ✓ Corpi idrici.

La Figura 5.1 in allegato, riporta le tipologie di uso suolo caratterizzanti il territorio in un raggio di circa 500 m dalle opere di progetto (e relative aree di cantiere) per l'impianto di accumulo idroelettrico (incluse le opere sotterranee).

Dall'analisi della carta (Figura 5.1) risulta, nel complesso, un terreno naturale non sfruttato a livello agricolo ma solo a pascolo.

Nel particolare nell'area dell'altopiano si trovano aree classificate come "aree a pascolo naturale" (codifica corine 321) e "gariga" (codifica corine 3232). Nel versante che degrada verso il Lago Flumendosa si trova "macchia mediterranea" (codifica corine 3231), "gariga" (codifica corine 3232). Nelle aree più prossime al Lago sono presenti anche aree classificate come "boschi di latifoglie" (codifica corine 3111).

4.7 DESTINAZIONE URBANISTICA DELLE AREE DI INTERESSE

Il Comune di Esterzili risulta dotato di un Piano Urbanistico Comunale (PUC) aggiornato al giugno 1999 ed attualmente in vigore, adottato con deliberazione del C.C. No. 23 in data 16/09/1999 (a seguito di approvazione del

Comitato Regionale di Controllo nella seduta del 18/05/1999) e pubblicato sul BURAS n. 44 in data 07/12/1999; si evidenzia che è in fase di elaborazione un aggiornamento del vigente PUC.

Inoltre, il solo centro storico del comune (zona A residenziale appartenente all'organismo storico del PUC) risulta dotato di un Piano Particolareggiato (PP) aggiornato al dicembre 2002, approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale No. 13 del 29/03/2007.

Con riferimento al PUC vigente, le Norme Tecniche di Attuazione (NTA) che costituiscono l'Allegato C al PUC, all'art. 8 prevedono la seguente zonizzazione del territorio comunale:

- ✓ Zona A - Centro storico (con sottozona A1);
- ✓ Zona B - Completamento residenziale (suddivisa nelle sottozone B1, B2);
- ✓ Zona C - Espansione residenziale (suddivisa nelle sottozone C1 e C2);
- ✓ Zona D - Artigianale e commerciale (suddivisa nelle sottozone D1 e D2);
- ✓ Zona E - Agricola (suddivisa nelle sottozone E2, E3, E5);
- ✓ Zona F - Turistico ricettive (suddivisa nelle sottozone F1 e F2);
- ✓ Zona G - Servizi generali (suddivisa nelle sottozone G1, G2 e G3);
- ✓ Zona H - Salvaguardia (la fascia di rispetto cimiteriale e la fascia di rispetto intorno ai manufatti archeologici suddivisa nelle sottozone, H1, H2, H3);
- ✓ Zona S - Spazi Pubblici (suddivisa nelle sottozone S1, S2, S3, S4 destinate all'istruzione, alle attività collettive, al verde pubblico e attrezzato, a parcheggi).

In generale, si evidenzia che il progetto in esame non prevede la realizzazione di opere di superficie significative, a meno del Bacino di Monte. Infatti, l'imbocco alla galleria di accesso al pozzo paratoie e alla discenderia occupano aree molto limitate in prossimità dell'Invaso Flumendosa.

Tutte le altre aree interessate in fase di cantiere saranno, al termine dei lavori, ripristinate e riportate allo stato ante operam.

4.8 SITI CONTAMINATI

L'art. 252, comma 1 del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii definisce: *“I siti d'interesse nazionale, ai fini della bonifica, sono individuabili in relazione alle caratteristiche del sito, alle quantità e pericolosità degli inquinanti presenti, al rilievo dell'impatto sull'ambiente circostante in termini di rischio sanitario ed ecologico, nonché di pregiudizio per i beni culturali ed ambientali”*.

I siti d'interesse nazionale sono stati individuati con norme di varia natura e di regola perimetrati mediante decreto del MiTE, d'intesa con le regioni interessate. La procedura di bonifica dei SIN è attribuita alla competenza del MiTE, che può avvalersi anche di ISPRA, delle ARPA/APPA, dell'Istituto Superiore di Sanità ed altri soggetti qualificati pubblici o privati.

L'art. 36-bis della Legge 07 agosto 2012 n. 134 ha apportato delle modifiche ai criteri di individuazione dei SIN (art. 252 del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.). Sulla base di tali criteri è stata effettuata una ricognizione dei 57 siti classificati di interesse nazionale e, con il D.M. 11 gennaio 2013, il numero dei SIN è stato ridotto a 39. La competenza amministrativa sui 18 siti che non soddisfano i nuovi criteri è passata alle rispettive Regioni.

Ad oggi, in Sardegna, sono presenti No.3 Siti di Interesse Nazionale (SIN):

- ✓ Sulcis approvato con D.M. 304/2016
- ✓ Porto Torres approvato con D.M. 27 Luglio 2016
- ✓ La Maddalena – sito di interesse Nazionale diventato di competenza Regionale

Tali aree, ad ogni modo, sono sulla costa e risultano distanti oltre i 30 km dall'area di intervento.

Con riferimento all'Anagrafe dei siti da bonificare a livello regionale (SIRA), in base alle informazioni disponibili e aggiornate a fine Giugno 2023, in un raggio di circa 10 km sono segnalati nel geo portale della Sardegna solo i seguenti siti:

- ✓ ex discarica di Taccu De Nurri nel Comune di Nurri (a una distanza minima di circa 7.5 km a Nord - Ovest dall'opera a progetto);

- ✓ discarica di Perda de Miniera (Genna Xeas) nel Comune di Orroli (a una distanza minima di circa 5.5. km a Sud – Ovest dall’opera a progetto);
- ✓ ex discarica di Meson Sarra (Coe Putzu) nel Comune di Orroli (a una distanza minima di circa 5.5. km ad Ovest dall’opera a progetto);
- ✓ punto vendita carburanti in comune di Orroli (a una distanza minima di circa 5 km ad Ovest dall’opera a progetto);
- ✓ discarica dismessa di RSU S'utturu e Su Forru nel Comune di Perdasdefogu (a una distanza minima di circa 9 km ad Est dall’opera a progetto);
- ✓ punto vendita carburanti in Via Colombo nel Comune di Perdasdefogu (a una distanza minima di circa 8.5 km ad Est dall’opera a progetto);
- ✓ sito contaminato Is Pibiris nel Comune di Perdasdefogu (a una distanza minima di circa 9 km ad Est dall’opera a progetto).

Nel versante interessato dal progetto è presente un sito a circa 10 km nel comune di Esterzili rappresentato da una discarica comunale dismessa di RSU di San Sebastiano.

Considerando la distanza con tale sito di circa 10 km dalle aree di intervento, presso le quali non risultano evidenze di problematiche ambientali dovute a precedenti contaminazioni del suolo o della falda, non si rilevano interferenze.

4.9 STATO ATTUALE

Il progetto in esame interesserà l’invaso esistente Flumendosa, e prevede la realizzazione di un bacino di monte da collegare, tramite una condotta forzata sotterranea, al bacino di valle esistente (invaso del Flumendosa).

L’invaso Flumendosa è stato originato dalla costruzione della diga di Nuraghe Arrubiu, che sbarra il Fiume Flumendosa (poco sotto al Nuraghe Arrubiu), nel Comune di Orroli (SU) ed è attualmente gestita dall’Ente Acque della Sardegna (ENAS), ed inserita all’interno del sistema idrico multisettoriale regionale, all’interno del sistema 7A (Schema idraulico Medio e Basso Flumendosa).

I lavori per la sua costruzione furono affidati nel 1953 alla Società Italiana per Condotte d’Acqua di Roma e terminarono nel 1959. La diga venne collaudata nel marzo 2006.

Nella seguente tabella si riportano le principali caratteristiche dell’invaso.

Tabella 4.2: Caratteristiche principali dell’invaso

Grandezza	Valore	Unità di misura
Quota di massimo invaso	269.00	m s.l.m.
Quota di massima regolazione	267.00	m s.l.m.
Quota di minima regolazione	213.10	m s.l.m.
Superficie specchio liquido alla quota di massimo invaso	8.74	km ²
Superficie specchio liquido alla quota di massima regolazione	8.32	km ²
Superficie specchio liquido alla quota di minima regolazione	1.82	km ²
Volume totale d’invaso (ai sensi del D.M. 24/03/82)	316.42·10 ⁶	m ³
Volume di invaso (ai sensi del L. 584/1994)	299.27·10 ⁶	m ³
Volume utile di regolazione	262.66·10 ⁶	m ³
Volume di laminazione	17.15·10 ⁶	m ³
Superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso	501.00	km ²
Superficie del bacino imbrifero allacciato	252.00	km ²
Portata di massima piena di progetto	4,320.00	m ³ /s
Tempo di ritorno	n.d.	anni

Grandezza	Valore	Unità di misura
Altezza della diga (ai sensi del D.M. 24/03/82)	119.00	m
Altezza della diga (ai sensi del L. 584/1994)	112.00	m
Altezza di massima ritenuta	109.00	m
Quota coronamento	270.00	m s.l.m.
Franco (ai sensi del D.M. n° 44 del 24/03/82)	1.00	m
Franco netto (ai sensi del D.M. n° 44 del 24/03/82)	1.00	m
Sviluppo del coronamento	316.00	m
Volume della diga	322.000	m ³
Grado di sismicità assunto nel progetto	S = nullo	-
Classifica ai sensi del D.M. 24/03/82	Diga in cls ad arco gravità – Ab2	



Figura 4.3: Diga di Nuraghe Arrubiu vista da Monte (Fonte: <http://www.enas.sardegna.it/il-sistema-idrico-multisetoriale/laghi-artificiali/nuraghe-arrubiu.html>)

Il bacino di monte sarà realizzato circa 2.5 km più a Est, in una zona caratterizzata da “area a pascolo naturale” e porzioni di “macchia mediterranea”, ad una quota di circa 400 m superiore rispetto al bacino di valle (Lago Flumendosa).



Figura 4.4: Area di futura ubicazione del Bacino di Monte

4.10 INDAGINI PRELIMINARI IN SITO

La campagna d’indagine progettuale è consistita nella realizzazione di indagini geognostiche ed alcune campagne geofisiche descritte al successivo paragrafo, a cui sono state aggiunte anche indagini ambientali finalizzate a verificare la qualità dei suoli.

Nello specifico, le analisi sono effettuate su No. 12 campioni prelevati in profondità presso No. 3 punti nei quali sono stati eseguiti i sondaggi geognostici. La descrizione delle analisi ambientali è riportata al Paragrafo 5.9.1, mentre in Appendice A si riporta copia dei rapporti di prova del laboratorio di analisi.

4.10.1 Analisi Ambientali

Nell’ambito dei sondaggi geognostici in corrispondenza dell’area del bacino di monte sono state effettuate nel mese di gennaio 2022 anche analisi ambientali finalizzate a verificare la qualità dei suoli.

I risultati delle analisi effettuate sui No. 12 campioni prelevati in profondità presso i No. 3 punti nei quali sono stati eseguiti i sondaggi geognostici hanno confermato l’assenza di contaminazione. In Appendice A si riportano i Certificati dei Rapporti di Prova delle analisi effettuate e la mappa di localizzazione dei punti di prelievo (sondaggi geognostici NA-1, NA-2 e NA-3).

I campioni si riferiscono a profondità variabili tra 1 e 60 m circa presso l’area del bacino di valle. Gli analiti indagati coprono il set analitico di cui alla Tabella 4.1 dell’Allegato 4 del DPR No. 120/2017.

In particolare, i campioni analizzati hanno sempre mostrato valori bassi e conformi alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle Colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte Quarta, del D. Lgs 3 aprile 2006, No. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica.

Ai fini del presente “Piano preliminare di riutilizzo in Sito delle Terre e Rocce da Scavo escluse dalla Disciplina dei Rifiuti”, come indicato dettagliatamente nel Capitolo 6 in tutte le aree interessate dalla realizzazione delle opere in progetto si prevede nelle successive fasi di progettazione lo svolgimento di una campagna di indagini ambientali consistente nel prelievo di campioni di suolo e nell'esecuzione di determinazioni analitiche di laboratorio, finalizzate a confermare l'idoneità dei materiali al riutilizzo in sito, ai sensi della vigente normativa.

Il Piano della Campagna di Indagine è descritto al Capitolo 6 ed è stato definito in linea con quanto indicato nel DPR No.120 del 13 giugno 2017 (regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo).

4.10.2 Sondaggi Geognostici

La progettazione dell'impianto idroelettrico di Taccu Sa Pruna è stata effettuata avvalendosi di specifiche indagini in sito ed in laboratorio condotte tra novembre e dicembre 2021. La campagna di indagine geotecnica è stata effettuata mediante:

- ✓ Sondaggi geognostici: No.3 sul pianoro che ospiterà l'invaso superiore di accumulo, ubicati come indicato nella seguente figura.

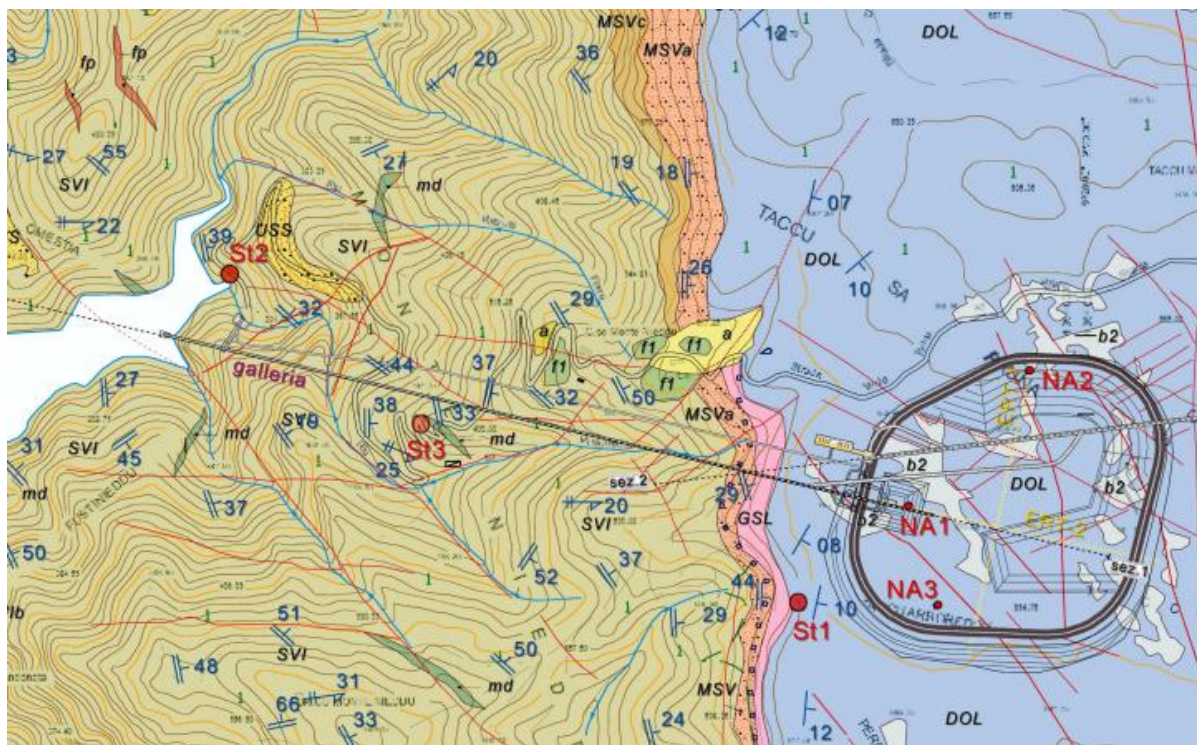


Figura 4.5: Posizione Sondaggi (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)

Sondaggio NA1

Il punto di campionamento nel sondaggio NA1 è stato ubicato nella posizione definita dalle coordinate (39°41'30.2" – 9°19'38.8").

Il sondaggio, compiuto in 8 giorni totali di attività, durante i quali sono stati perforati circa 60 metri, ha permesso di ricostruire la stratigrafia presente in corrispondenza del punto di ubicazione.

I primi 40 metri al di sotto del piano di campagna sono caratterizzati dalla presenza di rocce dolomitiche giurassiche appartenenti alla Formazione di Dorgali. A tale complesso roccioso segue, fino a circa 51 metri sotto il piano di campagna, la formazione di Genna Selole del Giurassico Medio caratterizzate dalla presenza di Siltiti Carboniose.

A seguire è stata riscontrata la presenza di Metaconglomerati appartenenti alla Formazione di Monte Santa Vittoria, appartenenti all'Ordoviciano Medio, fino a 60 metri circa sotto il piano di campagna.

Il Rock Quality Designation (RQD) è una classificazione geotecnica delle rocce basata sulla percentuale dei frammenti di lunghezza maggiore di 10 cm recuperati nelle attività di carotaggio. Questa classificazione è usata come indice di qualità delle rocce in quanto permette di identificare le zone di bassa, media e buona qualità. Nel caso di studio in esame, il RQD ottenuto ha riscontrato una buona condizione dell'ammasso roccioso.

In particolare, nelle rocce dolomitiche questo valore medio supera il 75%, per le siltiti è circa il 58% e per i metaconglomerati è poco più del 61%.

Sondaggio NA2

Il punto di campionamento nel sondaggio NA2 è stato ubicato nella posizione definita dalle coordinate (39°41'37" – 9°19'53"). Il sondaggio, compiuto in 8 giorni totali di attività durante i quali sono stati perforati circa 60 metri, ha permesso di ricostruire la stratigrafia presente in corrispondenza del punto di ubicazione.

I primi 48 metri (escludendo 2.5 metri di detrito colluviale) al di sotto del piano di campagna sono caratterizzati dalla presenza di rocce dolomitiche giurassiche appartenenti alla Formazione di Dorgali. A tale complesso roccioso segue, fino a 58 metri sotto il piano di campagna, la formazione di Genna Selole del Giurassico Medio caratterizzate dalla presenza di Siltiti Carboniose ed infine si è riscontrata la presenza, per circa 2 metri, della Formazione di San Vito (Cambriano-Ordoviciano Inferiore).

L'RQD indica anche in questo caso, una buona condizione dell'ammasso roccioso. Nelle rocce dolomitiche questo valore medio supera il 73%, per le siltiti è circa il 56% e per le metarenarie è il 46%.

Sondaggio NA3

Il punto di campionamento nel sondaggio NA-3 è stato ubicato nella posizione definita dalle coordinate (39°41'21" – 9°19'51"). Il sondaggio, compiuto in 8 giorni totali di attività durante i quali sono stati perforati circa 60 metri, ha permesso di ricostruire la stratigrafia presente in corrispondenza del punto di ubicazione.

I primi 50 metri (escludendo 2.5 metri di detrito colluviale) al di sotto del piano di campagna sono caratterizzati dalla presenza di rocce dolomitiche giurassiche appartenenti alla Formazione di Dorgali. A tale complesso roccioso segue, fino a 60 metri sotto il piano di campagna, la formazione di Genna Selole del Giurassico Medio caratterizzate dalla presenza di Siltiti Carboniose.

L'RQD indica anche in questo caso buone condizioni generali dell'ammasso roccioso. Nelle dolomie questo valore medio supera il 62%, per la successione delle siltiti carboniose, delle arenarie siltose e microconglomerati è circa il 61%.

4.10.3 Prove Permeabilità Lugeon

Tali prove sono state eseguite durante l'esecuzione dei tre sondaggi indicati in precedenza ed in particolare durante l'avanzamento del foro otturatore (packer) singolo. Per tutti i tre sondaggi sono state realizzate prove su dolomie; per il sondaggio NA-1 la prova di fine foro è stata realizzata nei meta conglomerati della formazione di Monte Santa Vittoria; per il sondaggio NA-3 quella di fine foro è stata eseguita nelle dolomie, ne è stata realizzata un'altra tra la Formazione di Genna Selole e quella di San Vito.

I valori di assorbimento misurati e quelli di Unità Lugeon e di permeabilità calcolati sulla base di queste prove hanno fornito coefficienti relativamente bassi, come riportato nella Relazione Geologica del progetto (Doc. No. 1351-A-OP-R-01-1).

4.10.4 Indagini Geofisiche

La progettazione dell'impianto idroelettrico di "Taccu Sa Pruna" è stata effettuata avvalendosi di specifiche indagini in sito. La campagna di indagine geotecnica è stata effettuata mediante diverse attività di indagine di seguito descritte (per i dettagli si rimanda alla Relazione Geologica - Doc. No. 1351-A-OP-R-01-1).

Per le Indagini geofisiche sono state realizzate No. 2 indagini geoelettriche di resistività con tecnica tomografica (ERT) nella zona del Tacco Sa Pruna all'interno del bacino di monte in progetto.

Le indagini geoelettriche sono state condotte con lo scopo di registrare le variazioni di resistività lungo sezioni bidimensionali del sottosuolo, al fine di ricavare informazioni lito-stratigrafiche e strutturali utili per la progettazione e realizzazione del bacino di monte.

Sono state così realizzate due tomografie elettriche di lunghezza unitaria pari a 630 metri per raggiungere una profondità massima d'investigazione di 120 metri (si veda la Figura seguente).

Nelle tomografie ERT realizzate sono stati distinti tre elettro strati:

- ✓ uno superficiale resistivo, caratterizzato da valori superiori a 600 Ωm ;
- ✓ uno intermedio, con resistività compresa tra 300 e 600 Ωm ;
- ✓ uno profondo più conduttivo, con un range tra 100 e 300 Ωm .

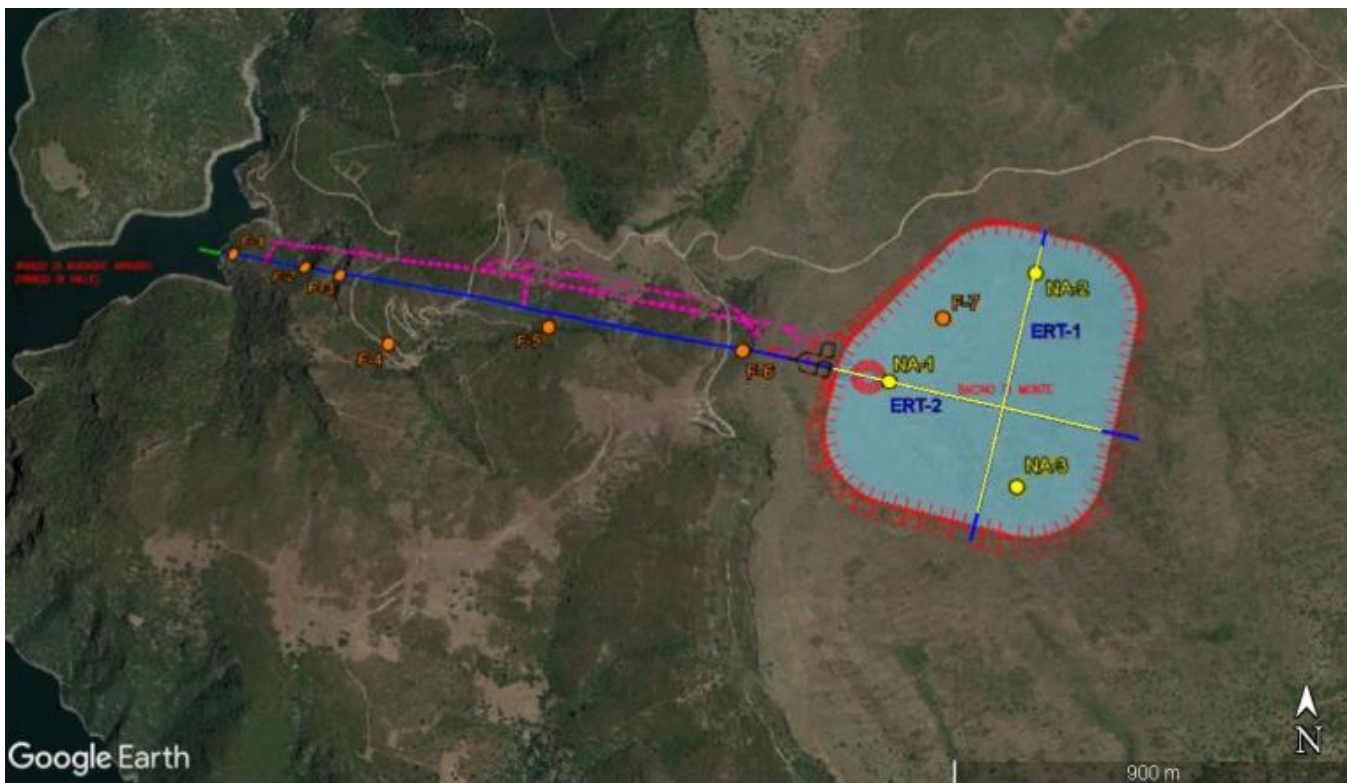


Figura 4.6: Ubicazione dei profili ERT-1 e ERT-2 (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)

La descrizione dei risultati dell'analisi tomografica ERT è descritta nella “Relazione Geologica dell'area del Taccu Sa Pruna” (Doc. No. 1351-A-OP-R-01-1) alla quale si rimanda per le specifiche tecniche.

4.10.5 Indagini Geofisiche Profonde

Altre prospezioni geofisiche sono state condotte nell'area del bacino di monte e lungo il versante in asse con le vie d'acqua ed in prossimità dello sbocco dell'opera di presa di valle. La campagna di indagine è stata concentrata nelle seguenti tre aree:

1. Bacino di Monte: indagato mediante l'esecuzione di profili sismici ad onde P e profili geoelettrici polo-dipolo lungo l'asse del futuro rilevato, per una lunghezza complessiva di circa 2,275 m e profondità di penetrazione di 40-60 m da p.c. La stessa area è stata indagata mediante l'esecuzione di misure sismiche in foro con la tecnica Down-Hole in corrispondenza del foro di sondaggio NA-1 (56 m di profondità);
2. Vie d'acqua, Pozzo paratoie, Galleria di accesso: indagate mediante l'esecuzione di un profilo geoelettrico polo-dipolo della lunghezza di 2,225 m, in questo caso le profondità d'indagine sono decisamente maggiori e arrivano a ~400 m dal p.c. ;
3. Opera di presa di valle (presso il Lago di Flumendosa): sono state eseguite indagini mediante tre profili sismici e tre profili geoelettrici polo-dipolo, ubicati nella stessa posizione, per un totale di 825 m di acquisizione per ciascuna metodologia.

Le indagini geofisiche eseguite, calibrate anche sulla base delle conoscenze geologiche acquisite e sui sondaggi geognostici realizzati, hanno portato a caratterizzare i terreni interessati delle opere in progetto. In particolare, attraverso l'analisi integrata di tutti i dati disponibili, si sono potute evidenziare le principali condizioni geofisiche di possibile interesse per lo sviluppo della progettazione.

Di seguito sono brevemente descritti i risultati delle indagini eseguite, si rimanda alla relazione geologica (Doc. No. 1351-A-OP-R-01-1) per maggiori dettagli su quanto di seguito sintetizzato.

1. **Bacino di Monte:** dal punto di vista stratigrafico è stata evidenziata una copertura di terreni costituiti da prodotti di alterazione e dalla roccia più o meno fratturata o decompressa che mediamente oscilla tra 2 e 3 metri, raramente sfiora i 5 m di spessore e presenta resistività inferiori a 200 Ω m e velocità sismiche inferiori a 1.000-1.500 m/sec.

Al di sotto di questo strato superficiale le indagini tomografiche di resistività hanno evidenziato uno strato mediamente molto resistivo (da oltre 500 fino a 1,500-2,000 Ω m) che presenta spessori variabili da poco più di 30 m fino a circa 50 m. Questo è da interpretare come la Formazione di Dorgali. L'elevata compattezza di questa roccia è evidenziata dalle elevate velocità sismiche che sono risultate, talora anche superiori a 5,000-6,000 m/sec. Questi valori sono stati confermati anche dalle misure in foro con la tecnica Dow-hole eseguite sul foro NA-1 fino a 56 m dal p.c.

Al di sotto di questo strato calcareo-dolomitico le tomografie di resistività hanno evidenziato un deciso e continuo calo dei valori con minimi dell'ordine di 150-200 Ω m riferibili alla formazione conglomeratico-siltosa di Genna Selole, all'interno della quale si trovano anche orizzonti ricchi di carbone. Il passaggio alla sottostante formazione metamorfica Paleozoica si può intuire dai trend di risalita della resistività che compaiono in alcuni tratti. Tuttavia, i segnali non sono così chiari da poterne tracciare una ipotesi di andamento.

Le tomografie di resistività così come quelle sismiche hanno, inoltre, evidenziato anche alcune situazioni anomale nel contesto dello strato calcareo-dolomitico che possono essere associate alla presenza di strutture ad andamento sub-verticale (fratture o faglie). Lungo queste strutture i fenomeni di fratturazione possono risultare evidenti sia come diminuzioni di resistività, sia come diminuzioni di velocità oppure come diminuzione di entrambe queste proprietà fisiche.

2. **Gallerie di accesso e di carico/scarico:** le tomografie di resistività sono state ottenute dall'analisi ed elaborazione dei dati acquisiti sempre con lo schema del Profilo Polo-Dipolo, ma con dipoli di 25 m (cadenza elettrodica), si veda Relazione Geologica (Doc. No. 1351-A-OP-R-01-1). Le analisi sono state effettuate nella duplice versione di tomografia ottenuta dall'elaborazione con algoritmo "standard" e con l'algoritmo "robust".

Per il passaggio tra le formazioni calcareo dolomitiche e quelle conglomeratico argillose giurassiche si è riscontrato che la tomografia "robust" è quella meglio definisce l'andamento delle discontinuità. Infatti, le anomalie tendono a suggerire discontinuità prevalentemente orizzontali e verticali ed il passaggio tra il contesto resistivo e quello conduttivo sottostante è estremamente rapido. Per le anomalie che rappresentano l'andamento del substrato e delle strutture presenti al suo interno, invece, l'approccio standard sembra più affidabile. Infatti, si hanno anomalie con direzione anche obliqua e variazioni generalmente più progressive.

Tra le strutture riscontrate spicca la zona di anomalia di resistività attribuita ad una probabile intensa fratturazione che si colloca in corrispondenza della fine del plateau carbonatico, alla progressiva chilometrica di circa 1+420 km dall'imbocco della galleria di scarico. Questa struttura sembra avere uno sviluppo in profondità molto marcato e potrebbe raggiungere tutte le opere in sotterraneo in progetto, come descritto nella Relazione Geologica (1351-A-OP-R-01-1) alla quale si rimanda.

3. **Lago Flumendosa (opera di presa):** la zona di imbocco delle gallerie di accesso e di carico/scarico e la zona del pozzo paratoie sono state studiate con maggior dettaglio anche con l'integrazione di tomografie sismiche (geofoni a cadenza di 5 m). Le tomografie di resistività hanno cadenza degli elettrodi pari a 5 m e, per un breve tratto, sono sovrapposte a quella con elettrodi a 25 m (tomografia in asse con le vie d'acqua). I risultati di queste indagini indicano evidenze di decompressioni dell'ammasso roccioso (zona a bassa velocità sismica, anche inferiori a 2,500 m/sec) e di potenziale alterazione (variazioni di resistività con valori inferiori a 300-400 Ω m). Questa situazione è in buon accordo con il fatto ci si trova in un contesto con coperture inferiori al centinaio di metri, quindi in zone con rocce potenzialmente soggette ad una maggiore alterazione da infiltrazioni di acqua.

5 METODOLOGIE ESECUTIVE E TIPOLOGIA DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

5.1 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ DI CANTIERE

5.1.1 Cantiere e Fasi di Lavoro

5.1.1.1 Fasi di Lavoro

Le principali caratteristiche delle diverse aree di lavoro sono riportate schematicamente nella seguente Tabella, nella quale sono riportate le diverse fasi, accorpate per tipologia affine di intervento. Nel presente paragrafo vengono inoltre descritte in dettaglio tali aree di lavoro ed è riportata la descrizione delle relative lavorazioni effettuate.

A seconda del tipo di realizzazione le ore lavorative previste possono variare:

- ✓ lo scavo delle gallerie/caverne è previsto, sia per ragioni tecniche che di sicurezza, effettuato ininterrottamente;
- ✓ i lavori per i rimanenti (lavori di movimentazione terra, opere di ingegneria civile, montaggi elettromeccanici, etc.) saranno effettuati normalmente, in ritmi settimanali.

Tabella 5.1: Cantiere e Fasi di Lavoro

Cantiere	Area (m ²)	Fase	Id.	Fase di Lavoro Descrizione	Durata [mesi]	Durata Attività Solare [mesi]
AREA DI MONTE	1,671,000	Realizzazioni	1a	Installazioni locali per servizi tecnici di cantiere (uffici, spogliatoi, mense, etc.)	2	58
			1b	Preparazione aree di deposito temporaneo materiale sciolto	1	
			1c	Fabbrica virole	3	
			1d	Realizzazione impianto di betonaggio	3	
		Bacino di Monte	1e	Scavi rilevato, Realizzazione cunicolo e accesso cunicolo, Scavi fondo	28	68
			1f	Erezione del rilevato e del mascheramento morfologico, Sistemazione drenaggio del fondo del bacino, Realizzazione sfioratori di superficie	38	
			1g	Stesa geo composito e pietrisco, Coronamento	24	
			1h	Finiture e piazzali, Posa virole metalliche ed intasamento con calcestruzzo, Realizzazione del calice	6	
			1i	Scavo e consolidamento pozzo verticale per condotta forzata	10	
		Canale di drenaggio	1l	Allestimento cantiere ed adeguamento viabilità/impiantistica	1	4

Cantiere	Area (m ²)	Fase	Id.	Fase di Lavoro Descrizione	Durata [mesi]	Durata Attività Solare [mesi]
			1m	Esecuzione canale di drenaggio dello sfioratore di superficie del bacino di monte	3	
		Ripiegamento cantiere	1n	Ripiegamento cantiere	2	2
		Discenderia	1o	Scavo e consolidamento discenderia	22	22
		Centrale	1p	Progettazione, fornitura, fabbricazione elettromeccaniche	24	71
				scavo e consolidamento caverna della centrale	37	
				Scavo e consolidamento biforcazioni a monte e a valle della centrale	4	
				Scavo e consolidamento caverna biforcazione di monte	3	
				Trasporto montaggio e inghisaggio opere elettromeccaniche	16	
		Vie d'acqua	1q	Scavo e consolidamento galleria idraulica da pozzo paratoie verso centrale	17	17
		Sottostazione elettrica	1r	Scavo e consolidamento galleria d'accesso alla sottostazione elettrica	1	17
				Scavo e consolidamento caverna elettro stazione elettrica	8	
				Trasporto montaggio e inghisaggio opere elettromeccaniche	10	
		Pozzo Piezometrico	1s	Scavo e consolidamento galleria d'accesso al pozzo piezometrico	8	18
				Scavo e consolidamento caverna sommità del pozzo piezometrico	3	
				Scavo e consolidamento pozzo piezometrico	3	
AREA DI VALLE	41,000	Adeguamento Viabilità	2a	Adeguamento Viabilità	3	3
		Galleria d'accesso al	2b	Realizzazione portale d'accesso	2	4

Cantiere	Area (m ²)	Fase	Id.	Fase di Lavoro Descrizione	Durata [mesi]	Durata Attività Solare [mesi]
		pozzo paratoie		Scavo e consolidamento galleria d'accesso al pozzo paratoie	2	47
		Pozzo paratoie	2c	Scavo e consolidamento caverna sommità pozzo paratoie	2	
				Scavo e consolidamento pozzo paratoie	1	
				Montaggio paratoie, ausiliari e chiusura paratoie	2	
				Chiusura paratoie	-	
		Opera di presa di valle	2d	Allestimento viabilità per raggiungere opera di presa di valle	1	9.5
				Esecuzione opere temporanee di dewatering	3	
				Scavo e consolidamento opera di presa	3	
				Montaggio griglia di presa	0.5	
				Rimozione opere temporanee di dewatering	2	
		Galleria di ventilazione e cavi	2e	Scavo e consolidamento galleria di ventilazione e cavi	17	17
		Vie d'acqua	2f	Scavo e consolidamento galleria idraulica da pozzo paratoie a opera presa valle	2	2
		Ripiegamento cantiere	2g	Ripiegamento cantiere	1	1
COLLAUDI	-	Collaudi	-	Collaudi idraulici e funzionali gallerie;	2	3
				Collaudi e prove elettromeccaniche in centrale	2	
				Collaudi funzionali impianto	2	
				Messa in servizio	1	

I miglioramenti progettuali apportati al progetto prevedono una nuova discenderia in sostituzione della lunga viabilità inizialmente prevista. Tale revisione è stata realizzata in linea anche con le osservazioni pervenute dagli Enti nell'ottica di una ottimizzazione progettuale che consentirà di minimizzare la realizzazione delle gallerie e rendere non necessaria una nuova viabilità di servizio, apportando contestualmente un miglioramento ambientale sia legato alla riduzione degli impatti in fase di costruzione sia legato in fase di esercizio ad un minor impatto paesaggistico legato all'eliminazione della nuova strada.

5.1.1.2 Descrizione dell'Area di Cantiere

L'organizzazione ed il dimensionamento di ogni zona in cui vengono realizzate le lavorazioni si basa sulla tipologia d'opera o di opere che ognuno di esso dovrà servire, sui caratteri geometrici delle stesse opere, sulle scelte progettuali e di costruzione.

Nell'individuare l'area da adibire a cantiere, si è tenuto conto dei seguenti requisiti:

- ✓ dimensioni areali sufficientemente ampie;
- ✓ prossimità a vie di comunicazioni importanti o strade adeguate al transito dei mezzi pesanti;
- ✓ lontananza da zone residenziali e da recettori sensibili (scuole, ospedali, etc.);
- ✓ adiacenza alle opere da realizzare;
- ✓ vincoli e prescrizioni limitative dell'uso del territorio (da PUC, Piano Paesistico, vincoli archeologici, naturalistici, idrogeologici, etc.);
- ✓ morfologia (evitando, per quanto possibile, pendii o luoghi eccessivamente acclivi in cui si rendano necessari consistenti lavori di sbancamento o riporto);
- ✓ esclusione di aree di rilevante interesse ambientale;
- ✓ possibilità di deposito e riutilizzo dei materiali di scavo.

L'area di cantiere prevista è rappresentata nella Figura 4.1 in allegato.

Per maggiori dettagli sulla trattazione di seguito riportata, si rimanda alla Relazione di Cantiere Generale (Elaborato 1351-A-FN-R-02-1).

5.1.1.2.1 Area di Lavoro di Monte

L'area di monte è ubicata ad Ovest della SP53, nella porzione più meridionale del comune di Esterzili, presso la località “Taccu Sa Pruna”. Vi si potrà accedere tramite la suddetta strada provinciale (si veda la Figura successiva). L'estensione complessiva è pari a circa 1,671,000 m². Quest'area di cantiere conterrà al suo interno il campo base, un impianto di frantumazione e vagliatura, un impianto di betonaggio, la fabbrica virole e il bacino di monte.

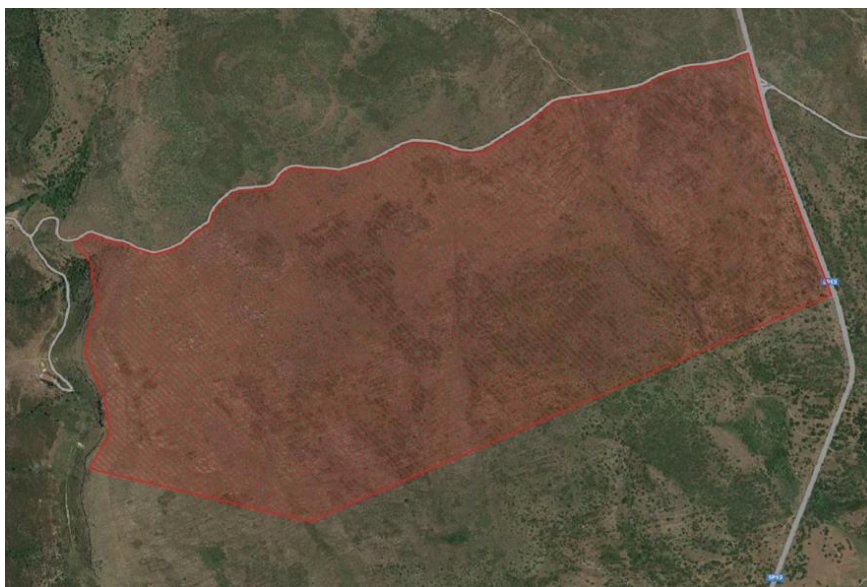


Figura 5.1: Area di monte

Come indicato in precedenza, in corrispondenza dell'area di lavoro di monte è ubicato l'unico campo base previsto.

Tale area sarà utilizzata come **deposito intermedio** per:

- ✓ lo scotico di terreno vegetale scavato nella medesima area (134,000 m³ corrispondenti a 112,000 m³ in banco) che sarà riutilizzato nella stessa al termine dei lavori (117,000 m³ dopo compattazione);

- ✓ rocce del basamento derivanti dallo scavo delle opere in sotterraneo (555,000 m³ corrispondenti a 437,000 m³ in banco) che sarà riutilizzato al termine dei lavori (551,000 m³ dopo compattazione);
- ✓ dolomie scavate nell'area del bacino di monte e nell'imbocco della discenderia (821,000 m³ corrispondenti a 646,000 m³ in banco) che saranno riutilizzate al termine dei lavori (714,000 m³ dopo compattazione);
- ✓ terreno vegetale derivante dalle attività di preparazione del piazzale e dell'imbocco della galleria di accesso al pozzo piezometrico e galleria cavi/ventilazione (1,200 m³ corrispondenti a 1,000 m³ in banco). Si tratta di materiale di scavo che sarà trasportato e depositato nell'area di monte, per essere successivamente riutilizzato;
- ✓ rocce del basamento derivante dagli scavi delle opere sotterranee che verranno estratte come smarino presso l'imbocco di valle (79,000 m³ corrispondenti a 62,000 m³ in banco). Si tratta di materiale di scavo che sarà trasportato e depositato nell'area di monte, per essere successivamente riutilizzato.

Le opere da realizzare presso l'area di monte, oltre al campo base sopra descritto, sono:

Bacino di Monte: Il bacino sarà ubicato in località “Taccu Sa Pruna” ed è delimitato da un rilevato arginale da classificare come grande diga per via della sua altezza e del volume da essa invasato. Il bacino è impermeabilizzato internamente mediante un rivestimento in geocomposito. Esso è dotato di un piccolo sfioratore di emergenza, di un sistema di raccolta e controllo dei drenaggi e da una strada di accesso all'interno del bacino. In Figura allegata 4.11 si riportano i dettagli delle aree di lavoro e l'ubicazione del bacino di monte.

I volumi principali dei movimenti terra, che costituiscono la lavorazione dominante, sono indicativamente:

- ✓ Scavi complessivi: 741,000 m³ (volume in situ, prima del rigonfiamento), di cui:
 - 100,000 m³ di terreno vegetale;
 - 626,000 m³ di dolomie;
 - 15,000 m³ di rocce del basamento.
- ✓ Riporti complessivi: 1,350,000 m³ (volume in situ, considerando la compattazione), di cui:
 - Terreno vegetale per rinverdimento sponde (derivante dallo scotico iniziale e dallo scotico per la creazione del nuovo tratto di viabilità come indicato nella Relazione di Cantiere Generale – Elaborato 1351-A-FN-R-02-1): 25,000 m³;
 - Nucleo diga (materiali sciolti provenienti dagli scavi delle opere in sotterraneo dell'impianto; selezionati, pretrattati e mischiati con materiale dolomitico proveniente dallo scavo di fondazione della diga e di regolarizzazione del bacino di monte): 789,000 m³;
 - Riporto per la risagomatura del fondo del bacino (materiali prevenienti dagli scavi delle opere in superficie ed in sotterraneo): 305,000 m³;
 - Riporto sul paramento esterno della diga (materiali prevenienti dagli scavi delle opere in superficie ed in sotterraneo): 231,000 m³.

Inizialmente, si prevede di eseguire lo scotico dell'area interessata dalla realizzazione del bacino, procedendo da Sud verso Nord. Il terreno vegetale sarà opportunamente conservato in un'area di deposito contenuta all'interno del cantiere, per poi essere riutilizzata per ricoprire i paramenti esterni del rilevato.

Contemporaneamente, si può procedere con lo scavo delle fondazioni del rilevato, con le relative regolarizzazioni del fondo, da Sud verso Nord (occupandosi prima dei lati Ovest e Sud, poi dei lati Est e Nord). Si prevede di stoccare temporaneamente i volumi di dolomie e di rocce del basamento (non ascrivibili a terreno vegetale) presso un'area di deposito interna all'area di cantiere e prossima alle aree di scavo.

Una parte di questo volume sarà mischiato con materiale selezionato e pretrattato proveniente dagli scavi delle opere in sotterraneo (i.e. gallerie d'accesso, centrale in caverna, pozzo piezometrico, etc.); la parte restante di tale volume sarà invece riutilizzata come riporto per sagomare il fondo del bacino nelle aree in cui il terreno attuale si trova ad una quota inferiore a quella del nuovo fondo del bacino, e come riporto sul paramento esterno della diga.

Contemporaneamente allo scavo delle fondazioni dovrà essere realizzato il sistema drenante, che consiste in un cunicolo di ispezione e drenaggio in calcestruzzo armato collocato sul lato Sud e parzialmente sui lati Est ed Ovest del bacino, mentre sui lati rimanenti consiste in tubazioni avvolte in geo tessuto. Il cunicolo dovrà essere progressivamente completato procedendo con gli scavi in direzione Nord. Sarà anche realizzato il cunicolo di scarico e il canale di scarico dei drenaggi per consentire l'evacuazione delle portate che inevitabilmente defluiranno con l'approfondimento degli scavi.

A seguito del completamento degli scavi di fondazione per ciascuna tratta, si procederà all'erezione della diga, eseguita tramite riporto e compattazione di strati di 30 cm di materiali sciolti provenienti dagli scavi delle opere in

sotterraneo dell’impianto opportunamente selezionati, pretrattati e mischiati con materiale dolomitico proveniente dallo scavo di fondazione della diga e di regolarizzazione del bacino di monte. La stesa si può effettuare rapidamente anche con condizioni meteo avverse (comunque non estreme).

Contestualmente all’erezione della diga, e compatibilmente con la disponibilità dei volumi di scavo derivanti dall’area di valle e dalla creazione della viabilità, sul paramento esterno della diga saranno riportati e compattati strati 20 cm consistenti in materiali provenienti dagli scavi delle opere in superficie ed in sotterraneo. Questi materiali (aventi minori qualità geomeccaniche rispetto ai materiali che costituiscono il corpo della diga) dovranno essere separati dalla diga tramite uno strato di sottofondo drenante da 25 cm.

Procedendo, dovranno essere realizzati i calcestruzzi dello sfioratore e degli accessi al cunicolo di ispezione e drenaggio, avvalendosi dell’impianto di betonaggio presente nell’area di cantiere.

Sulle aree del fondo del bacino in cui gli scavi sono conclusi, sarà possibile eseguire la stesa del geo composito (conforme al bollettino ICOLD 135) e di uno strato di pietrisco privo di fini di 25 cm.

Dopo aver terminato i movimenti terra, saranno ultimati i completamenti della stesa di geo composito sulle sponde interne della diga, del conglomerato bituminoso sul coronamento, del terreno vegetale sul paramento esterno del rilevato e saranno realizzate le finiture finali (tra cui le rampe di accesso ubicate sul lato Nord del bacino).

Opera di presa di monte: Terminato lo scavo localizzato per l’opera di presa di monte presso l’area ad Ovest del bacino, si prevede lo scavo di un pozzo verticale avente diametro interno di 5.5 m e profondità di circa 490 m. Questo pozzo ha lo scopo di raccordare l’opera di presa (realizzata tramite un calice in calcestruzzo armato) alla galleria idraulica orizzontale, descritta in seguito.

Si prevede di realizzare l’opera con metodo tradizionale (centine, spritz beton e chiodature), scavando dunque il pozzo a fondo cieco. Il diametro di scavo sarà variabile, tra i 6.1 ed i 6.6 m; si prevede un rivestimento iniziale del pozzo con spessore variabile tra i 5 ed i 30 cm.

Il materiale di risulta degli scavi sarà evacuato tramite carroponete, depositato in tramogge e caricato su autocarri che lo condurranno ad un’apposita area di deposito all’interno dell’area di monte.

Sbocco cunicolo di drenaggio: Dal lato Sud del bacino di monte, si prevede di realizzare un cunicolo d’accesso per poter raggiungere i cunicoli di ispezione e drenaggio del bacino di monte. Al termine di tale accesso, è posto un pozzetto di raccolta da cui parte una tubazione interrata, volta ad evacuare per gravità i drenaggi del bacino di monte. Tale tubazione termina in un tratto a cielo aperto, in modo tale da consentire un deflusso in direzione del canale di scolo attualmente esistente.

Canale di drenaggio dello sfioratore di superficie: Dal lato Nord del bacino di monte, presso cui si trova lo sfioratore di superficie, è prevista la realizzazione di un canale volto a convogliare gli eventi meteorici straordinari **associati alla piena** con tempo di ritorno di 3,000 anni (in caso estremo), verso l’impluvio posto ad Ovest del bacino di monte.

Dalla vasca di calma posta sul lato Nord del bacino di monte, si prevede lo scavo di una trincea lunga circa 500 m in cui sarà posata e rinterrata una tubazione in PEAD avente un diametro di 50 cm, fino all’incisione esistente del terreno. Per questo tratto, dovrà essere previsto uno scavo fino alla quota d’imposta del canale (pochi metri di profondità), e dopo la posa della tubazione, si procederà al riporto dello stesso materiale sciolto derivante dagli scavi, facendo in modo che in sommità rimanga terreno vegetale. Il materiale in esubero sarà utilizzato nel riporto sul paramento di valle della diga.

Discenderia: Per lo scavo ed il consolidamento della discenderia, data la prevista serie geologica, si prevede di avanzare in tradizionale garantendo quindi un controllo della geometria e degli eventuali extra-scavi e con fronte irrorato da ugelli per abbattimento polveri o con escavatore idraulico attrezzato con martellone idraulico/benna dentata. Lo smarino derivante dallo scavo di questa opera sarà evacuato tramite carri scarrabili scorrevoli su binari installati all’interno della galleria stessa e successivamente trasportato in un’apposita area di deposito all’interno dell’area di monte.

Galleria d’accesso al pozzo piezometrico: Le modalità di scavo e consolidamento sono analoghe a quella della discenderia e lo scavo di questa opera può procedere parallelamente alla continuazione dello scavo della discenderia (dalla sopra citata biforcazione alla centrale in caverna). Lo smarino sarà evacuato tramite la discenderia stessa, e successivamente trasportato in un’apposita area di deposito all’interno dell’area di monte.

Centrale in Caverna: Raggiunta la volta della centrale tramite la discenderia, si procederà allo scavo completo della volta (tramite scavo di No.2 cunicoli laterali e successivo scavo del nucleo centrale). Terminata la volta, si procederà allo scavo in ribasso del corpo della centrale, in fasi consecutive di scavo e consolidamenti mediante bulloni e spritz beton. I ribassi proseguiranno fino a giungere a quota della base della centrale. Il materiale di risulta degli scavi

sarà evacuato tramite la discenderia. Sul piano della sala macchine si imposteranno quindi le compartimentazioni per l'alloggiamento dei gruppi idroelettrici e dei componenti ausiliari.

Sottostazione Elettrica in Caverna: Il materiale di risulta degli scavi sarà evacuato anch'esso tramite la discenderia. Sul piano della caverna si imposteranno quindi le compartimentazioni per l'alloggiamento dei trasformatori e delle apparecchiature elettriche ausiliarie (quadri elettrici, locale comandi e servizi ausiliari, etc.).

Pozzo piezometrico: Terminata la galleria d'accesso alla sommità del pozzo piezometrico, si procede con lo scavo di una caverna avente una dimensioni in pianta pari a 17.6 x 26.3 m ed un'altezza di circa 13 m. Per lo scavo della camera si prevede l'utilizzo di un metodo drill & blasting. Per la realizzazione del pozzo piezometrico è previsto uno scavo di un pozzo verticale suddiviso in due sezioni e si prevede di realizzare l'opera in due fasi distinte:

- ✓ in prima fase, è previsto l'utilizzo della tecnica del raise boring raggiungendo il diametro di perforazione previsto per il tratto inferiore del pozzo piezometrico;
- ✓ successivamente, si procederà con l'allargamento del foro nel tratto superiore fino a raggiungere il diametro finale di scavo previsto dal progetto.

Vie d'Acqua: si illustrano di seguito le modalità di scavo previste per le vie d'acqua dell'impianto, da monte verso valle:

- ✓ pozzo verticale che contiene la condotta forzata: scavato dall'area di monte, dall'alto verso il basso;
- ✓ tratto orizzontale contenente le biforcazioni poste a monte della centrale: dalla centrale in caverna, saranno scavate 4 gallerie, in cui saranno trasportate e saldate virole metalliche provenienti dalla fabbrica virole presso l'area di monte; in corrispondenza del raccordo con il pozzo verticale, sarà realizzata un'apposita caverna per consentire il trasporto e la saldatura degli spicchi metallici che compongono il raccordo;
- ✓ tratto orizzontale contenente le biforcazioni poste a valle della centrale: saranno scavate gallerie a partire dalla centrale in caverna;
- ✓ tratto di galleria idraulica (rivestita in calcestruzzo armato) compreso tra il termine delle biforcazioni di valle e l'opera di presa di valle: sarà scavato partendo dalle biforcazioni poste a valle della centrale.

5.1.1.2.2 Area di Lavoro di Valle

L'area di valle è ubicata in prossimità del lago Flumendosa. L'estensione complessiva è pari a circa 41.000 m². Il materiale di scavo derivante dalle opere sotterranee sarà trasportato depositato nell'area di monte. Il trasporto, che si svolgerà sempre all'interno dell'area di progetto, sarà effettuato tramite autocarri.



Figura 5.2: Area di Lavoro di Valle

Come indicato precedentemente da tale cantiere sarà asportato:

- ✓ lo scotico di terreno vegetale derivante dagli scavi previsti nella medesima area (1,200 m³ corrispondenti a 1,000 m³ in banco). Si tratta di materiale di scavo che sarà trasportato e depositato nell'area di monte, per essere successivamente riutilizzato;
- ✓ lo scotico di rocce del basamento derivante dagli scavi previsti nella medesima area (79,000 m³ corrispondenti a 62,000 m³ in banco). Si tratta di materiale di scavo proveniente dalle opere sotterranee e sarà trasportato e depositato temporaneamente nell'area di monte. Successivamente sarà riutilizzato.

Nell'area saranno realizzati i seguenti principali interventi:

Imbocco della galleria d'accesso al pozzo paratoie: Presso l'imbocco della galleria d'accesso al pozzo paratoie, l'area sarà pavimentata ed attrezzata con:

- ✓ Ventilatori silenziati (con emissioni entro i parametri di legge) sulla finestra di imbocco;
- ✓ Cabina elettrica di trasformazione da utenza in loco in MT o BT;
- ✓ Gruppo di elettrocompressori silenziati per fornitura d'aria compressa ai fronti di scavo e getto;
- ✓ Impianto di trattamento acque reflue provenienti dagli scavi con recapito in corpo idrico recettore nelle vicinanze (previa autorizzazione rilasciata dagli enti);
- ✓ Tramogge per deposito provvisorio materiale di scavo;
- ✓ Servizi igienici per il personale di cantiere.

Gallerie di accesso al pozzo paratoie: Dall'imbocco si procederà con lo scavo ed il consolidamento della galleria d'accesso al pozzo paratoie. Le modalità di scavo e consolidamento sono analoghe a quella della discenderia. Lo smarino derivante dagli scavi di questa galleria sarà evacuato tramite la galleria stessa e sarà successivamente trasportato in un'apposita area di deposito temporanea all'interno dell'area di monte.

Galleria cavi: Lungo la galleria d'accesso al pozzo paratoie è prevista una biforcazione da cui ha inizio una galleria che raggiunge la sottostazione elettrica e la centrale in caverna. Le modalità di scavo e consolidamento sono analoghe a quella della discenderia. Lo smarino derivante dagli scavi di questa galleria sarà evacuato tramite la

galleria stessa e sarà successivamente trasportato in un'apposita area di deposito temporanea all'interno dell'area di monte.

Opera di presa di valle: Per poter realizzare in sicurezza tale opera si prevedono le seguenti fasi realizzative:

- ✓ limitazione della quota dell'invaso di Nuraghe Arrubiu fino a 242 m s.l.m.;
- ✓ realizzazione di una paratia di pali accostati lungo tutto il perimetro dell'opera di presa.
- ✓ Scavo in subacqueo della porzione di ammasso roccioso compreso entro il perimetro definito dalla paratia fino alla quota di fondo scavo;
- ✓ Realizzazione di un solettone di fondo in c.a.;
- ✓ getto della soletta di copertura dell'opera di scarico/aspirazione e inizia la fase di svuotamento del bacino interno alle pareti, posizionando via via i puntoni metallici e le relative travi di contrasto sulle pareti provvisorie;
- ✓ Una volta estratta l'acqua contenuta nel bacino interno alle pareti viene realizzato il collegamento con la galleria idraulica (la cui realizzazione si era arrestata ad una distanza di sicurezza) e vengono posizionate le griglie e le ultime opere accessorie dell'opera di presa;
- ✓ Vengono chiuse le paratoie del pozzo paratoie e viene demolita la parete frontale dell'opera di presa. Dopodiché, l'invaso può tornare in condizioni di normale esercizio.

Il materiale di scavo, che verrà evacuato tramite il pontone, verrà scaricato nell'area di valle e sarà trasportato verso l'area di monte tramite autocarri.

Pozzo Paratoie: Si prevede di eseguire lo scavo con metodo tradizionale, realizzando dunque il pozzo a fondo cieco partendo dalla caverna soprastante. Il materiale di risulta degli scavi sarà evacuato tramite la galleria d'accesso che raggiunge la caverna alla sommità del pozzo. Si prevede di consolidare inizialmente lo scavo mediante spritz beton ed eventualmente bulloni, dopodiché si provvederà a realizzare un rivestimento definitivo in calcestruzzo.

5.1.2 Viabilità di Accesso

Al fine di raggiungere le diverse aree di lavoro necessarie per la costruzione dell'impianto, si prevede di individuare una idonea viabilità che consenta sia il transito dei mezzi di cantiere che, una volta terminati i lavori, il raggiungimento delle diverse parti dell'impianto per gli interventi di ispezione e manutenzione.

Per contenere gli impatti sul territorio si è cercato di avvalersi, per quanto possibile, della viabilità esistente (con eventuali adeguamenti ove necessario), prevedendo la creazione di nuovi tratti di viabilità, sempre all'interno dell'area di cantiere, solo dove strettamente necessario (accesso al piazzale in prossimità della botola della discenderia e strada di accesso al coronamento del bacino di monte).

In particolare, si prevede:

- ✓ l'adeguamento di un tratto di viabilità esistente, per una lunghezza di circa 5.5 km che collega la SP53 all'invaso di Nuraghe Arrubiu (in prossimità dell'area interessata dai lavori di realizzazione dell'opera di presa di valle);
- ✓ all'interno delle aree di cantiere saranno anche previste viabilità provvisorie, successivamente riportate allo stato ante-operam in fase di dismissione del cantiere.

6 PIANO DI CAMPIONAMENTO E ANALISI AI SENSI DEL DPR 120/2017

Nelle aree interessate dalla realizzazione delle opere in progetto si prevede, nelle successive fasi di progettazione, lo svolgimento di una campagna di indagini ambientali consistente nel prelievo di campioni di suolo e nell'esecuzione di determinazioni analitiche di laboratorio, finalizzate a confermare l'idoneità dei materiali al riutilizzo in sito, ai sensi della vigente normativa.

Nel presente capitolo è presentata la proposta di piano delle indagini volte a verificare l'idoneità dei materiali di scavo per il loro reimpiego relativamente alla realizzazione del bacino di monte e alla sistemazione delle aree superficiali. Come richiesto dalla normativa il piano di indagini presentato nel presente capitolo è stato definito in linea con quanto indicato nel DPR No.120 del 13 giugno 2017 (regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo). **Tuttavia, si evidenzia che considerando la geologia dei luoghi, caratterizzati da presenza massiva di rocce sia affioranti sia profonde quali dolomie e arenarie, dovrà nelle fasi successive essere discussa e concordata con gli Enti competenti l'effettiva necessità di molti dei punti individuati preliminarmente con una maglia regolare e molto probabilmente ricadenti su roccia.**

Si ritiene infatti che la verifica degli standard di qualità dei suoli sia infatti finalizzata a determinare tracce di contaminazione pregressa nel suolo, definito peraltro nel DPR 120/2017 all'Art. 2 come “*lo strato più superficiale della crosta terrestre situato tra il substrato roccioso e la superficie*”. Un campionamento di roccia, seppur fattibile da un punto di vista tecnico, previsto attraverso “porfirizzazione” del campione, avrebbe il risultato solo di restituire una caratterizzazione della composizione chimica primaria della roccia campionata e non di verificarne l'assenza di contaminazione.

Per gli scavi previsti in fase di realizzazione di tutte le opere sotterranee, considerando le profondità in gioco e l'assenza di pressione antropica nelle aree di progetto (si veda il Capitolo 5 che inquadra a livello ambientale le aree di progetto), **si prevede la sostanziale assenza di contaminazione.**

A livello preliminare, per allinearsi a quanto precisamente richiesto dal DPR No. 120/2017 in termini di numero di campioni ed analisi da analizzare, sono stati individuati tutti i punti di campionamento secondo una maglia regolare come descritto nei successivi paragrafi e sono state ipotizzate delle indagini ambientali finalizzate alla verifica della qualità dei suoli lungo le porzioni di scavo.

Di seguito, relativamente alle aree di cantiere di superficie e in via preliminare, sono individuati (Paragrafo 6.1):

- ✓ numero e caratteristiche dei punti di indagine (Paragrafo 6.1.1);
- ✓ numero e modalità dei campionamenti da effettuare (Paragrafo 6.1.2);

Per le analisi preliminarmente ipotizzate lungo la galleria delle vie d'acqua (condotta forzata) e lungo le gallerie di accesso alle opere sotterranee la caratterizzazione ambientale prevista è descritta al Paragrafo 6.2.

Al Paragrafo 6.3 di riporta la lista dei parametri analitici da determinare ai sensi di quanto richiesto dal DPR No. 120/2017.

6.1 PIANO INDAGINI SU AREE DI CANTIERE IN SUPERFICIE

In questo paragrafo sono descritte le analisi che si prevede di realizzare nelle aree di cantiere di superficie.

L'area di monte conterrà al suo interno il campo base, un impianto di frantumazione e vagliatura, un impianto di betonaggio, la fabbrica virole e il bacino di monte.

Parte dell'area di monte sarà quindi dedicato allo stoccaggio e movimentazione materiali e parte all'installazione anche di un'officina temporanea in cui saranno realizzate le virole, un impianto di betonaggio e un impianto di frantumazione/vagliatura. Tali parti del cantiere saranno oggetto del solo scotico superficiale.

Altre aree saranno invece soggette a scavi più significativi, come ad esempio l'area di realizzazione del bacino di monte e lo scarico del bacino.

L'area di valle sarà interessata dagli sbancamenti per creare l'accesso alla galleria del pozzo paratoie, e scavi per realizzare la galleria cavi/ventilazione, il pozzo paratoie e l'opera di presa di valle. Il suddetto materiale sarà trasportato e depositato nell'area di monte, . Il trasporto sarà effettuato tramite autocarri.

6.1.1 Numero e Caratteristiche dei Punti di Indagine

Le aree di lavoro del progetto sono sinterizzate nella seguente tabella in funzione della loro superficie e la profondità dello scavo.

Tabella 6.1: Aree di Lavoro soggette a Movimentazione Terre

Cantiere	Superficie [m ²]	Profondità Scavo
Bacino di monte	1,671,000	<ul style="list-style-type: none">• Scotico Superficiale• Scavi per realizzazione bacino di monte (profondità variabile fino a 2 m)• Scavo opera di presa/galleria idraulica verticale (circa 500 m)
Bacino di valle	41,000	<ul style="list-style-type: none">• Scotico Superficiale• Sbancamenti Accesso Galleria pozzo paratoie• (profondità fra i 1 e i 15 m)

Come indica il DPR No. 120/2017 in Allegato 2 (Procedure di campionamento in fase di progettazione) il numero di punti d'indagine non può essere inferiore a tre e, in base alle dimensioni dell'area d'intervento, è aumentato secondo i criteri minimi riportati nella tabella seguente.

Tabella 6.2: Punti di Indagine prescritti dall'Allegato 2 del DPR120/2017 (Procedure di campionamento in fase di progettazione)

Dimensioni dell'area	Punti di Prelievo
Inferiore a 2,500 metri quadri	3
Tra 2,500 e 10,000 metri quadri	3 + 1 ogni 2,500 metri quadri
Oltre i 10,000 metri quadri	7 + 1 ogni 5,000 metri quadri

Inoltre, l'Allegato 2 del DPR No. 120/2017, articolo 8, prevede le seguenti tipologie di campioni:

- ✓ campione 1: da 0 a 1 m dal piano campagna;
- ✓ campione 2: nella zona di fondo scavo;
- ✓ campione 3: nella zona intermedia tra i precedenti.

In base alle caratteristiche delle aree di lavoro sopra esposte, la caratterizzazione ambientale potrà essere eseguita:

- ✓ mediante trincee dove la profondità dello scavo è superficiale (inferiore a 2 m);
- ✓ mediante sondaggi a carotaggio per i punti a profondità superiore a 2 m, in accordo alle possibilità previste nell'Allegato 2 del DPR No. 120/2017 (articolo 8).

In base alle superfici delle aree di lavoro e in base a quanto previsto dal DPR No. 120/2017 (Tabella 6.2) di seguito si riassumono i punti di prelievo teorici per ciascuna area di lavoro, il numero di campioni (funzione delle profondità) e la profondità preliminare dei campioni (indicando un intervallo generale di circa 1 m entro cui prevedere il prelievo).

Come anticipato, considerando la presenza di quasi tutti gli scavi in roccia (dolomie e arenarie), nelle fasi successive dovrà essere discussa e concordata con gli Enti competenti l'effettiva necessità di molti dei punti di campionamento individuati in questa fase e con ogni probabilità interessanti solo roccia, in quanto lo scopo della campagna è di verificare l'assenza di contaminazione nei suoli e non la composizione primaria della roccia.

Nelle Figure 6.1a e 6.1b allegate si riporta il dettaglio dell'ubicazione dei punti di prelievo per le aree di lavoro, posizionati secondo il sistema statistico a griglia.

Si precisa inoltre che, ai fini del presente documento, in via preliminare è stato considerato cautelativamente lo scotico dell'intera superficie di cantiere ai fini dell'identificazione del numero di campionamenti superficiali relativi allo scotico ai sensi del DPR No.120/17. Le effettive aree oggetto di scotico nel cantiere, saranno definite in una successiva fase di progettazione e saranno distinte dalle aree che saranno utilizzate unicamente per il deposito intermedio dei terreni di scavo per i quali è previsto il riutilizzo in sito. Le aree di deposito intermedio delle terre e rocce da scavo saranno preventivamente coperte con geotessuto per distinguere, al momento del prelievo per il riutilizzo, il terreno di scavo dal terreno vegetale sottostante, evitando così di effettuare operazioni di scotico su dette aree.

Conseguentemente a quanto esposto sopra, nelle successive fasi di progettazione, saranno aggiornati e definiti con maggior dettaglio, numero, posizione e profondità dei punti di campionamento preliminarmente individuati (si veda la seguente Tabella). Il presente Piano, difatti, come già evidenziato al Capitolo 1, costituisce un Piano Preliminare che necessariamente dovrà essere oggetto di aggiornamenti e integrazioni e che potrà essere svolto solo una volta acquisiti i diritti di accesso delle aree, ovvero successivamente all'ottenimento delle necessarie autorizzazioni.

Tabella 6.3: Punti di Prelievo – Aree di Lavoro in Superficie

Cantiere	Superficie [m ²]	Punti di Prelievo	No. Punti/Campioni e Profondità Prelievo
Bacino di monte	1,671,000	340 Punti	<ul style="list-style-type: none">• 271 campioni superficiali (0÷1 m)• 68 punti (2 campioni): 0÷1; 1÷2• 1 punto – A1-277 su galleria idraulica verticale (3 campioni): 0÷1; 249÷250; 499÷500
Bacino di valle	41,000 ¹⁾	10 Punti ¹⁾	<ul style="list-style-type: none">• 9 campioni superficiali (0÷1 m)• 1 punto (3 campioni): 0÷1; 7÷8; 14÷15 m

Note: 1) Il numero di punti è calcolato considerando la superficie a terra dell'area di valle (pari a 22,225 m²).

Per quanto riguarda l'area di bacino di monte a livello conservativo è stato previsto il numero di campioni massimo considerando tutta la superficie. Considerando la presenza di roccia affiorante caratteristica di quest'area, nelle successive fasi di progettazione nel momento in cui saranno effettivamente definite nel dettaglio le aree soggette ad attività di scotico si procederà a definire meglio numero ed ubicazioni dei campioni per la caratterizzazione dei suoli movimentati.

Per le aree di lavoro in base alle dimensioni delle aree e alle profondità di scavo si ipotizzano preliminarmente in totale 350 punti di indagine distribuiti con una maglia regolare come indicato nelle Figure 6.1a e 6.1b in allegato, per un totale di 422 Campioni, di cui 410 campioni solo sull'area di monte che ha una superficie maggiore.

6.1.2 Modalità dei Campionamenti da Effettuare

La profondità d'indagine ed il numero di campioni per punto di indagine sono stati determinati in base alla profondità prevista per gli scavi descritti sinteticamente nella precedente Tabella. In sintesi, sono stati previsti:

- ✓ 350 campioni per profondità di scavo tra la superficie e 1 m di profondità (scotico superficiale);
- ✓ 68 campioni per profondità di scavo tra 1 e 2 m;
- ✓ 4 campioni per profondità di scavo superiori ai 2 m.

Per scavi superficiali di scotico (< 1 m) è previsto un solo campione.

Qualora fosse riscontrata la presenza di materiali di riporto di origine antropica saranno inoltre prelevati campioni in corrispondenza di ciascuna porzione di suolo interessata. Ulteriori campioni dovranno essere prelevati in corrispondenza di evidenze organolettiche di potenziale contaminazione.

6.2 INDAGINI LUNGO GALLERIE E OPERE IN SOTTERRANEO

In questo paragrafo sono descritte le analisi ambientali realizzabili lungo il tracciato delle gallerie sotterranee (discenderia, galleria idraulica, galleria cavi e ventilazione, galleria di accesso al pozzo piezometrico, galleria di accesso al pozzo paratoie).

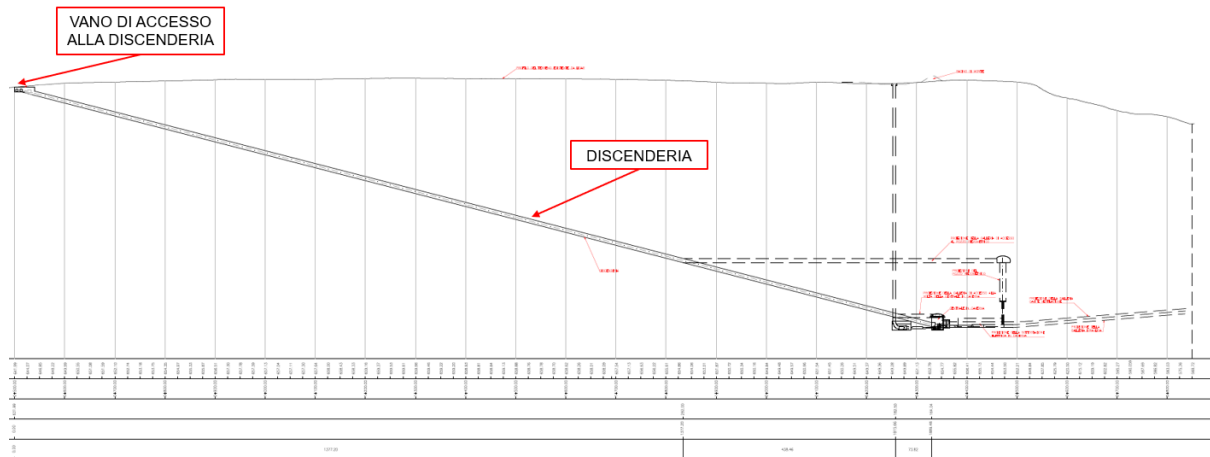


Figura 6.1: Profilo longitudinale della discenderia (Profilo longitudinale 1351-A-FN-D-06-1)

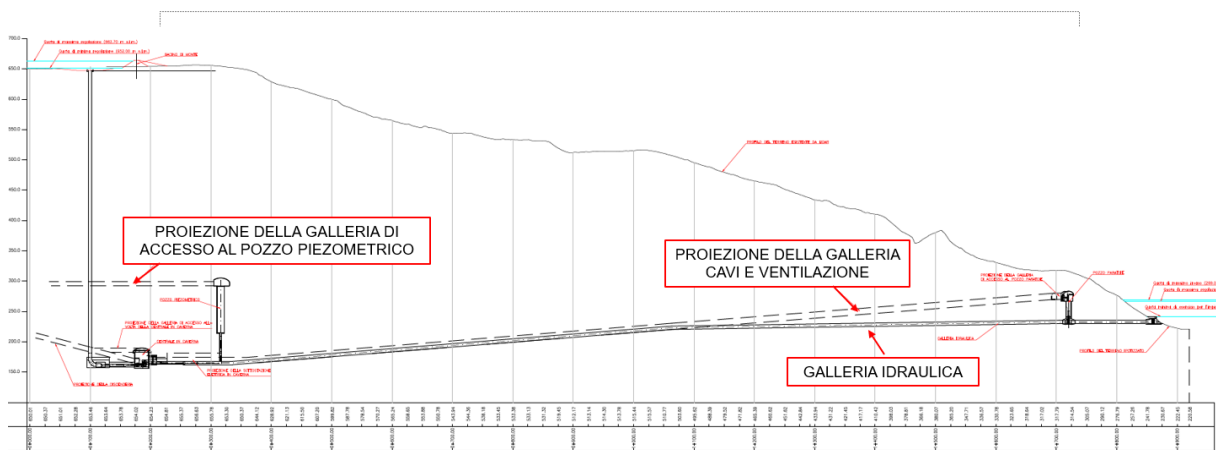


Figura 6.2: Profilo longitudinale dell (Profilo longitudinale 1351-A-FN-D-06-1)

Come previsto dall'Allegato 2 del DPR No.120/2017 (Procedure di campionamento in fase di progettazione), nel caso di scavi in galleria la caratterizzazione è effettuata prevedendo **almeno un sondaggio e, comunque, indicativamente un sondaggio ogni 1,000 metri lineari di tracciato**, ovvero ogni 5,000 metri lineari in caso di studio di fattibilità o di progetto di fattibilità tecnica ed economica, con prelievo, alla quota di scavo, di tre incrementi per sondaggio, a formare il campione rappresentativo; in ogni caso è effettuato un campionamento ad ogni variazione significativa di litologia.

In generale, si premette che relativamente ai materiali di smarino che sono generati nella realizzazione di tutte le opere in galleria, considerando le profondità in gioco e l'assenza di pressione antropica nelle aree di progetto (si veda il Capitolo 5 che inquadra a livello ambientale le aree di progetto), **si prevede la sostanziale assenza di contaminazione**.

Al fine di strutturare un Piano di campionamento allineato ai requisiti richiesti dal DPR No.120/2017 come frequenza di campionamento e analisi, si ipotizzano comunque delle indagini ambientali finalizzate alla verifica della qualità delle terre e rocce da scavo anche lungo le gallerie. Nel seguito si riporta il piano delle indagini previsto per le opere in sotterraneo del progetto.

Come già evidenziato nel Paragrafo precedente relativo alle aree di lavoro, **considerando la geologia dei luoghi, caratterizzati da presenza massiva di rocce sia affioranti sia profonde, quali dolomie e arenarie, l'effettiva necessità di questi campionamenti in roccia profonda dovrà essere discussa e concordata nelle fasi successive.** . La verifica degli standard di qualità dei suoli è infatti finalizzata a determinare tracce di contaminazione pregressa nel suolo, definito peraltro nel DPR No.120/2017 all'art. 2 come *“lo strato più superficiale della crosta terrestre situato tra il substrato roccioso e la superficie”*. Un campionamento di roccia, seppur fattibile da un punto di vista tecnico e previsto attraverso “porfirizzazione” del campione, avrebbe il risultato solo di restituire una caratterizzazione della composizione chimica primaria della roccia campionata e non di verificarne l'assenza di contaminazione.

Per quanto riguarda il punto di campionamento in corrispondenza del primo tratto verticale (485 m) delle vie d'acqua (ricadente nell'area di monte – punto di prelievo A1-278) si evidenzia che questo è già stato individuato e conteggiato tra i campionamenti da effettuarsi nelle aree di lavoro (si veda il precedente paragrafo).

6.2.1 Numero e Caratteristiche dei Punti di Indagine

Le caratteristiche delle gallerie principali e delle opere sotterranee sono sintetizzate nella seguente tabella.

Tabella 6.4: Caratteristiche Opere in Sotterraneo

Opera	Lunghezza [m]	Dimensioni	Profondità Opere rispetto al p.c.
Galleria Idraulica	2,300 ¹⁾	Sezione circa 24 m ²	Variabile 0 e 490 m
Galleria Accesso Pozzo Piezometrico	690	8 x 7 m	300 m
Galleria Cavi e ventilazione	1,500	6x 7.5 m	Variabile 15 e 490 m
Discenderia	1,800	Dimensioni 10 x 8 m	Variabile 0 e 490 m
Galleria di accesso al pozzo paratoie	50	Dimensioni 9.5 x 9.45 m	Variabile 0 e 85
Pozzo Paratoie	-	Sezione circa 50 m ² Altezza circa 40 m	Variabile 35 e 85 m
Pozzo Piezometrico	-	Sezione in parte 113 m ² in parte 18 m ² e camera di dimensioni 17.6 x 23.6 m Altezza circa 125 m + 13 m	Circa 360 m
Centrale	-	Dimensioni 145 x22.5 m Altezza circa 30 m	Circa 490 m
Sottostazione Elettrica	-	Dimensioni 90 x22.5 m Altezza circa 17 m	Circa 490 m

Note: 1) Il tratto verticale della via d'acqua di lunghezza 485 m è già stato considerato e valutato nei campionamenti dell'area di cantiere (Punto A1-278).

In considerazione del fatto che gli scavi saranno in profondità elevate la caratterizzazione ambientale per queste aree di progetto interessate da opere in sotterraneo sarà eseguita mediante sondaggi a carotaggio, in accordo alle possibilità previste nell'Allegato 2 del DPR No.120/2017 (articolo 8). Come anticipato sarà poi nelle successive fasi di progetto valutato con gli Enti competenti la necessità effettiva di effettuare tutti questi campionamenti in roccia profonda.

In linea con quanto previsto dal DPR No.120/2017, di seguito si riassumono i punti di Prelievo lungo il tracciato delle gallerie principali (discenderia, galleria idraulica, galleria cavi e ventilazione, galleria di accesso al pozzo piezometrico, galleria di accesso al pozzo paratoie) e delle opere sotterranee, oltre al relativo numero di campioni (che saranno prelevati alle profondità di scavo) e la profondità preliminare dei campioni (indicando un intervallo generale di circa 1 m entro cui prevedere il prelievo).

Tabella 6.5: Punti di Prelievo – Opere Sotterranee

Opera	Dimensioni principali	Punti di Prelievo ¹⁾	No. Campioni e Profondità Prelievo
Galleria idraulica	Lunghezza 2,300 ¹⁾ Sezione 24 m ²	Punto C1-5 ²⁾	3 Campioni (240÷241 m, 242÷243 m, 245÷246 m)
Galleria Accesso Pozzo Piezometrico	Lunghezza 690 m Sezione circa 8 x 7 m	Punto C1-7	3 campioni (296÷297 m, 298÷299 m, 300÷301 m)
Galleria Cavi e ventilazione	Lunghezza 1,500 m 6x 7.5 m	Punto C1-6 ³⁾	3 campioni (320÷321 m, 322÷323 m, 324÷325 m)
Discenderia	Lunghezza 1,800 m Dimensioni 10 x 8 m	Punto C1-8	3 campioni (118÷119 m, 120÷121 m, 122÷123 m)
		Punto C1-10	3 campioni (310÷311 m, 312÷313 m, 314÷315 m)
Galleria di accesso al pozzo paratoie	Lunghezza 50 m Dimensioni 9.5 x 9.45 m	Punto C1-9	3 campioni (83÷84 m, 85÷86 m, 87÷88 m)
Pozzo Paratoie	Sezione circa 50 m ² Altezza circa 40 m	Punto C1-4	3 campioni (5÷6 m, 22÷23 m, 34÷35 m)
Pozzo Piezometrico	Sezione in parte 113 m ² in parte 18 m ² e camera di dimensioni 17.6 x 23.6 m Altezza circa 125 m + 13 m	Punto C1-2	3 campioni (222÷223 m, 290÷291 m, 359÷360 m)
Centrale	Dimensioni 145 x22.5 m Altezza circa 30 m	Punto C1-1	3 campioni (460÷461 m, 475÷476 m, 489÷490 m)
Sottostazione Elettrica	Dimensioni 90 x22.5 m Altezza circa 17 m	Punto C1-3	3 Campioni (473÷474 m, 482÷483 m, 489÷490 m)

Note: 1) Il tratto verticale della galleria idraulica di lunghezza 485 m è già stato considerato e valutato nei campionamenti dell'area di cantiere (Punto A1-278);

2) Lungo le vie d'acqua sono anche presi i punti di campionamento C1-2 e C1-4.

3) Lungo le vie d'acqua sono anche presi i punti di campionamento C1-3 e C1-9.

Nella Figura seguente si riportano i punti di prelievo ipotizzati lungo il tracciato delle diverse gallerie e in corrispondenza delle opere sotterranee, in accordo a quanto previsto dal D.P.R. 120/2017 che prevede un punto di indagine ogni 1,000 m per le gallerie.

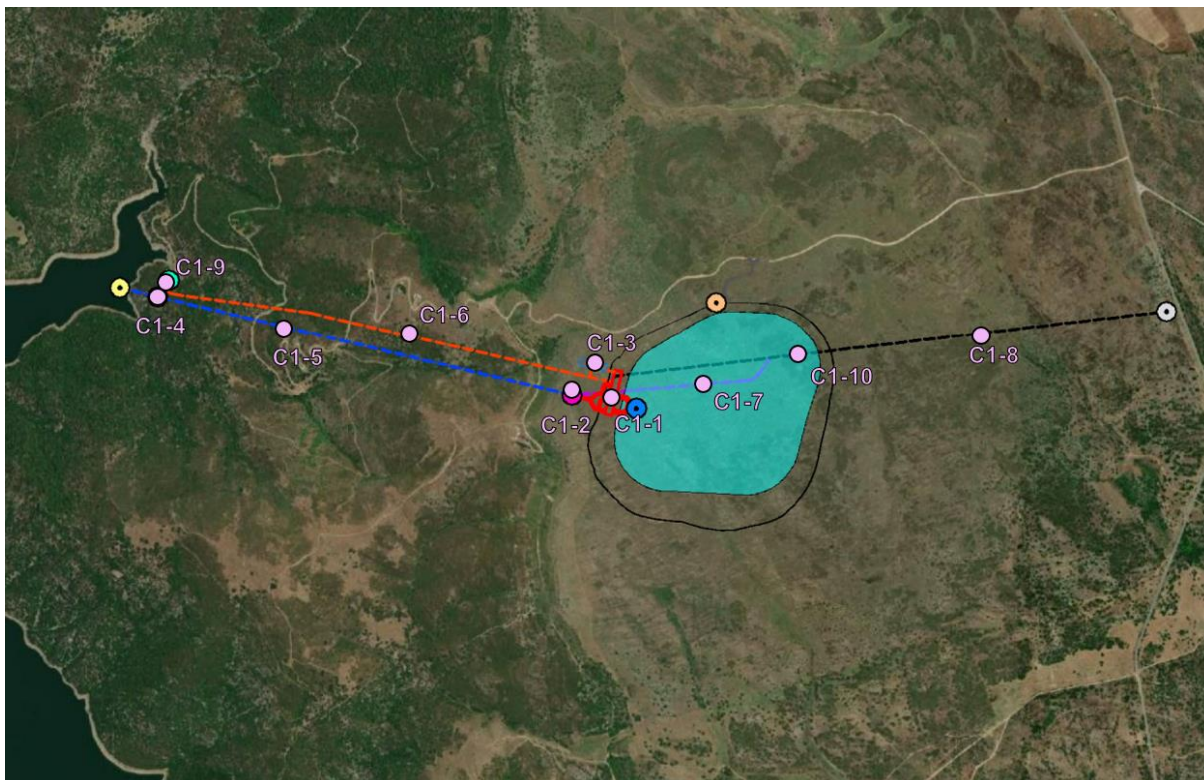


Figura 6.3: Ubicazione Punti di Campionamento Opere Sotterranee

6.2.2 Modalità dei Campionamenti da Effettuare

La profondità d'indagine ed il numero di campioni per punto di indagine saranno determinati in base alla profondità prevista in cui saranno localizzate le opere, riassunte sinteticamente in Tabella 6.5. Il numero è stato previsto escludendo i punti già ricompresi per la caratterizzazione delle aree di lavoro (Punto A1-278) e le analisi previste in profondità per le opere sotterranee agli estremi delle gallerie.

La caratterizzazione ambientale sarà eseguita prelevando i campioni dai sondaggi in accordo alle previsioni dell'Allegato 2 del DPR No.120/2017 (articolo 8).

Si precisa, inoltre, che durante le operazioni di scavo in galleria non si esclude la possibilità di consolidamento del fronte di scavo mediante elementi in VTR iniettati con miscela cementizia. In tale ipotesi lo smarino potrebbe contenere residui di tali elementi “inerti”, rientranti ad ogni modo nella definizione di “terre e rocce da scavo” di cui all'art.2 (comma 1 lettera c) del DPR No.120/2017. In tal caso si dovrà prevedere una nuova caratterizzazione in cumulo di queste terre, in corso d'opera, al fine di verificarne la compatibilità ambientale rispetto ai limiti CSC di riferimento, in accordo a quanto previsto dall'Allegato 9 del medesimo DPR No. 120/2017.

6.3 PARAMETRI DA DETERMINARE

Sui campioni prelevati si prevede di ricercare gli analiti come indicati nella Tabella 4.1 (Set Analitico Minimale) dell'Allegato 4 al DPR No.120/2017.

In base al contesto territoriale il set di analisi a cui si propone di sottoporre i campioni è riportato nella seguente Tabella.

Tabella 6.6: Set Analitico Proposto

Parametro Analitico ¹⁾
Arsenico
Cadmio

Parametro Analitico ¹⁾
Cobalto
Nichel
Piombo
Rame
Zinco
Mercurio
Idrocarburi C>12 ²⁾
Cromo totale
Cromo VI
Amianto ³⁾

Nota: 1) In linea con il DPR 120/2017 nella lista degli analiti non sono stati inseriti BTEX e IPA in quanto le aree non si collocano a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera;

2) Analita che è possibile escludere in caso di prelievi in roccia

3) Tale analista sarà ricercato solo in caso di rinvenimento di materiali di riporto con presenza di elementi antropici.

I risultati delle analisi sui campioni saranno confrontati con i valori della Tabella 1 (Colonna A) dell'Allegato 5 alla Parte Quarta -Titolo V del D. Lgs. No. 152/2006 e s.m.i..

I campioni predisposti per le analisi di laboratorio devono essere privi della frazione maggiore di 2 cm (frazioni di materiali superiori ai 2 cm devono essere scartate in campo) e le caratterizzazioni analitiche di laboratorio sono condotte sull'aliquota di granulometria inferiore ai 2 mm. Quindi la concentrazione del campione deve essere determinata alla totalità dei materiali secchi con una frazione compresa tra 2 cm e 2 mm.

Nel caso in cui si debba dare evidenza di una contaminazione antropica le determinazioni analitiche sono condotte sull'intero campione, compresa la frazione granulometrica superiore ai 2 cm.

In caso di terre e rocce provenienti da scavi di sbancamento in roccia massiva, ai fini della verifica del rispetto dei requisiti ambientali di cui all'articolo 4 del DPR No.120/2017, la caratterizzazione ambientale è eseguita previa porfirizzazione dell'intero campione.

Le analisi chimico-fisiche saranno condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale, tali da garantire l'ottenimento di valori dieci volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite. Nell'impossibilità di raggiungere tali limiti di quantificazione sono utilizzate le migliori metodologie analitiche ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale che presentino un limite di quantificazione il più prossimo ai valori di cui sopra.

Le indagini saranno effettuate nelle fasi successive della progettazione.

7 QUANTIFICAZIONE VOLUMETRICA DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Durante le fasi di realizzazione del progetto saranno prodotte notevoli quantità di terre e rocce da scavo, costituite principalmente dallo smarino delle gallerie e dalle attività di scotico presso le aree di lavoro.

Le quantità indicate nel presente Capitolo e nei seguenti sono quelle corrispondenti alle terre e rocce scavate, in cumulo, considerando un coefficiente di rigonfiamento variabile tra 1.2 e 1.27 in base alla tipologia di terreno; nella successiva tabella si riportano tra parentesi anche i valori in banco.

Si riporta, nel seguito una sintesi dei volumi delle terre e rocce da scavo che saranno prodotte, con indicazione delle aree di lavoro in cui saranno movimentate e degli interventi che le origineranno. Per i materiali rocciosi viene, inoltre, fornita l'indicazione della tipologia di materiale interessata dalle attività di scavo.

Tabella 7.1: Terre e Rocce da Scavo: Volumi di scavo e Volumi di riporto/ripristino per le aree di Lavoro

Origine (Cantiere)	Tipologia	Volume di scavo [m ³]	Area di deposito	Trasporto			Volume di riporto/ripristino [m ³]
				Partenza (Cantiere)	Destinazione finale	Modalità	
Area di Monte	Terreno vegetale	134,000 (in banco 112,000)	Deposito presso la medesima area di lavoro	Area di Monte	Riutilizzo per ricoprire i paramenti esterni del rilevato	-	135,200 pari a 117,000 per messa a dimora dopo compattazione
	Rocce del basamento	555,000 (in banco 437,000)	Deposito presso la medesima area di lavoro in prossimità alle aree di scavo	Area di Monte	Una parte di questo volume sarà mischiato con materiale selezionato e pretrattato proveniente dagli scavi delle opere in sotterraneo (i.e. gallerie d'accesso, centrale in caverna, pozzo piezometrico ecc.); la parte restante di tale volume sarà invece riutilizzata come riporto per sagomare il fondo del bacino nelle aree in cui il terreno attuale si trova ad una quota inferiore a quella del nuovo fondo del bacino, e come riporto nel mascheramento morfologico della diga	Camion, pale gommate, dozer, scavatori	634,000 (considerando le rocce metamorfiche provenienti sia dall'area di Monte che da quello di) pari a 551,000 per messa a dimora dopo compattazione
	Dolomie	821,000 (in banco 646,000)	Deposito presso la medesima area di lavoro in prossimità alle aree di scavo	Area di Monte	Una parte di questo volume sarà mischiato con materiale selezionato e pretrattato proveniente dagli scavi delle opere in sotterraneo (i.e. gallerie d'accesso, centrale in caverna, pozzo piezometrico ecc.); la parte restante di tale volume sarà invece riutilizzata come riporto nel terrapieno della diga.	Camion, pale gommate, dozer, scavatori	821,000 pari a 714,000 per messa a dimora dopo compattazione
Area di valle	Terreno vegetale	1,200 (in banco 1,000)		Area di valle	Il materiale di scavo derivante dalle opere sotterranee sarà trasportato e depositato temporaneamente nell'area di monte e diviso per tipologia di materiale. Successivamente sarà riutilizzato.	autocarri	-
	Rocce del basamento	79,000 (in banco 62,000)		Area di valle	Il materiale di scavo derivante dalle opere sotterranee sarà trasportato e depositato temporaneamente nell'area di monte e diviso per tipologia di	autocarri	-

Origine (Cantiere)	Tipologia	Volume di scavo [m ³]	Area di deposito	Trasporto			Volume di riporto/ripristino [m ³]
				Partenza (Cantiere)	Destinazione finale	Modalità	
					materiale. Successivamente sarà riutilizzato		

Con riferimento al dettaglio riportato sopra si riporta il bilancio complessivo dei quantitativi totali di terre e rocce da scavo:

- ✓ scavati in sito (in banco e con rigonfiamento);
- ✓ utilizzati per il riporto/ripristino (pre-compattati e messi a dimora dopo compattazione).

Tabella 7.2: Terre e Rocce da Scavo: Volumi totali

Volumi	Tipologia	Valore [m ³]
Volumi da scavare in situ (in banco)	Terreno vegetale	113,000
	Rocce del Basamento	499,000
	Dolomie	646,000
		1,258,000
Volumi da scavare in situ (con rigonfiamento)	Terreno vegetale (Coefficiente di rigonfiamento 1.2)	135,200
	Rocce del Basamento (Coefficiente di rigonfiamento 1.27)	634,000
	Dolomie (Coefficiente di rigonfiamento 1.27)	821,000
		1,590,200
Volumi di riporto e ripristino (pre-compattazione)	Terreno vegetale	135,200
	Rocce del Basamento	634,000
	Dolomie	821,000
		1,590,200
Volumi di riporto e ripristino (messi a dimora e compattati)	Terreno vegetale (Coefficiente di messa a dimora 1.15)	117,000
	Rocce del Basamento (Coefficiente di messa a dimora 1.15)	551,000
	Dolomie (Coefficiente di messa a dimora 1.15)	714,000
		1,382,000

Si prevede quindi che tutto il materiale scavato sarà interamente riutilizzato in sito.

8 UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Nel presente Capitolo viene presentato il quadro di riutilizzo delle terre e rocce da scavo, considerando l'attuale livello preliminare di progettazione.

Come anticipato il progetto prevede il riutilizzo integrale in sito di tutte le terre scavate ai sensi dell'art. 24, comma 3 del DPR No. 120/2017.

Si ribadisce che il riutilizzo delle terre avverrà previo esito positivo delle analisi di caratterizzazione descritte nel presente documento al Capitolo 6.

Occorre infine precisare che il Programma Lavori relativo alle opere in progetto potrà essere comunque dettagliato solo in fase di sviluppo della Progettazione Esecutiva.

8.1 UTILIZZO DI TERRE E ROCCE IN SITO NELLE ATTIVITÀ DI COSTRUZIONE

I terreni non contaminati e altri materiali allo stato naturale scavati nel corso dell'attività di costruzione, in linea con quanto previsto dall'art. 185, comma 1, lettera c del D. Lgs. No. 152/2006 e s.m.i., saranno riutilizzati allo stato naturale nello stesso sito in cui sono stati scavati, per la realizzazione del bacino di monte e per la sistemazione delle aree superficiali.

Le terre saranno reimpiegate direttamente senza alcun trattamento diverso dalla “normale pratica industriale” (definita all'art. 2, comma 1, lettera o) e all'Allegato 3 del DPR No. 120/2017).

Costituiscono un trattamento di normale pratica industriale quelle operazioni, anche condotte non singolarmente, alle quali possono essere sottoposte le terre e rocce da scavo, finalizzate al miglioramento delle loro caratteristiche merceologiche per renderne l'utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace (fermo il rispetto dei requisiti previsti per i sottoprodotti e dei requisiti di qualità ambientale). L'Allegato 3 del DPR No. 120/2017 elenca tra le operazioni più comunemente effettuate che rientrano nella normale pratica industriale, le seguenti:

- ✓ la selezione granulometrica delle terre e rocce da scavo, con l'eventuale eliminazione degli elementi/materiali antropici;
- ✓ la riduzione volumetrica mediante macinazione;
- ✓ la stesa al suolo per consentire l'asciugatura e la maturazione delle terre e rocce da scavo al fine di conferire alle stesse migliori caratteristiche di movimentazione, l'umidità ottimale e favorire l'eventuale biodegradazione naturale degli additivi utilizzati per consentire le operazioni di scavo.

Come anticipato saranno reimpiegati in sito circa **1,382,000** m³ di suolo (volume in situ, considerando la compattazione), di cui:

- ✓ 117,000 m³ di Terreno vegetale;
- ✓ 551,0000 m³ di rocce del basamento;
- ✓ 714,000 m³ di dolomie.

REFERENZE

- Frosio Next. (2023). *Tabella e nota volumi di sterri e riporti (Comunicazione via mail 19 Maggio 2023)*
- Frosio Next. (2023-a). *Cronoprogramma dei lavori (Documento n. 1351-A-FN-A-02-1)*
- Frosio Next. (2023-b). *Relazione di cantiere generale (Doc. No. 1351-A-FN-R-02-1).*
- Frosio Next. (2023-c). *Relazione tecnica particolareggiata (Doc. No. 1351-A-FN-R-01-1).*
- Frosio Next. (2023-d). *Relazione geologica (Doc. No. 1351-A-OP-R-01-1).*
- Frosio Next. (2023-e). *Relazione geotecnica generale (Doc. No. 11351-GD-R-01-1).*



RINA Consulting S.p.A. | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.
Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA | P. +39 010 31961 | rinaconsulting@rina.org | www.rina.org
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.