



Edison S.p.A.
Milano, Italia

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

Studio di Impatto Ambientale

Doc. No. P0030780-1-H1 Rev. 1 - Luglio 2023

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
1	Prima Emissione	C. Giuliani S. Conza V. Caia M. Gasperi	C. Valentini	M. Compagnino	Luglio 2023

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.

All rights, including translation, reserved. No part of this document may be disclosed to any third party, for purposes other than the original, without written consent of RINA Consulting S.p.A.

INDICE

	Pag.
LISTA DELLE TABELLE	5
LISTA DELLE FIGURE	8
LISTA DELLE FIGURE ALLEGATE	10
1 INTRODUZIONE	12
2 PRESENTAZIONE DELL'INIZIATIVA	15
2.1 PRESENTAZIONE DEL PROPONENTE	15
2.2 CRITERI LOCALIZZATIVI E INQUADRAMENTO DELL'AREA DI PROGETTO	15
2.3 MOTIVAZIONI E FINALITÀ DEL PROGETTO	15
3 TUTELE E VINCOLI PRESENTI NELL'AREA DI PROGETTO	17
3.1 TUTELA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA – PIANO REGIONALE PER LA QUALITÀ DELL'ARIA AMBIENTE (PRQA)	17
3.1.1 Sintesi delle Strategie del Piano	18
3.1.2 Relazione con il Progetto	22
3.2 PIANO DI BACINO	22
3.2.1 Piano di Gestione delle Acque – Distretto Idrografico della Sardegna	22
3.2.2 Piano di Tutela delle Acque	24
3.2.3 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)	28
3.2.4 Aree a Rischio individuate nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)	33
3.2.5 Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)	34
3.3 TUTELA DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO	36
3.4 TUTELA DEL PATRIMONIO PAESAGGISTICO/CULTURALE E NATURALE	38
3.4.1 Piano Paesaggistico Regionale (PPR) - Sardegna	38
3.4.2 Rete Ecologica Regionale - Sardegna	40
3.4.3 Piano Faunistico Venatorio Regionale (PFVR) – Sardegna	41
3.4.4 Piano Urbanistico Provinciale di Nuoro (PUP)	43
3.5 PIANIFICAZIONE E PROGRAMMAZIONE ENERGETICA	44
3.5.1 Strategia Energetica Nazionale (SEN)	44
3.5.2 Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC)	45
3.5.3 Piano Energetico Ambientale Regionale (PEAR) della Sardegna	46
3.6 PIANIFICAZIONE LOCALE	48
3.6.1 Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Esterzili	48
3.6.2 Piano Regionale dei Trasporti	50
3.7 VINCOLI AMBIENTALI E TERRITORIALI	51
3.7.1 Vincoli Culturali e Paesaggistici (D.Lgs 42/04)	51
3.7.2 Aree Naturali Soggette a Tutela	53
3.7.3 Aree Gestione Speciale Ente Foreste	55
3.7.4 Siti Contaminati	56
3.7.5 Vincolo Idrogeologico	57
3.7.6 Deliberazione Regione Sardegna No. 59/90 del 27 Novembre 2020 “Individuazione delle aree non idonee all’installazione di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili”	59
3.7.7 Aree Sismiche	60
4 DESCRIZIONE DEL PROGETTO E DELLE PRINCIPALI ALTERNATIVE PROGETTUALI	63
4.1 GLI IMPIANTI DI ACCUMULO IDROELETTRICO MEDIANTE POMPAGGIO	63
4.2 LA DIGA DI “TACCU SA PRUNA”	64

4.2.1	Descrizione	64
4.2.2	Bacino Imbrifero	65
4.3	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	66
4.3.1	Descrizione Generale	66
4.3.2	Configurazione Generale dei Principali Sistemi dell’Impianto	66
4.3.3	Opere costituenti il Nuovo Impianto	70
4.3.4	Sintesi di Dati Caratteristici dell’Impianto	80
4.4	DESCRIZIONE DELLE ALTERNATIVE DI PROGETTO CONSIDERATE	81
4.4.1	Opzione Zero	81
4.4.2	Alternative di Progetto	83
4.5	DESCRIZIONE DELLA FASE DI CANTIERE	83
4.5.1	Cronoprogramma, Aree e Fasi di Lavoro	83
4.5.2	Aree e Fasi di Lavoro	83
4.5.3	Descrizione dell’Area di Cantiere	86
4.5.4	DESCRIZIONE ATTIVITÀ PER OGNI AREA DI LAVORO	89
4.5.5	Sistema di Ventilazione	94
4.5.6	Gestione delle Acque in Fase di Cantiere	95
4.5.7	Sistema di Trasporto Smarino con Nastri e con Carri Scarrabili	96
4.5.8	Mezzi e Macchinari di Cantiere	97
4.5.9	Viabilità	106
4.6	INTERAZIONI CON L’AMBIENTE	106
4.6.1	Fase di Cantiere	106
4.6.2	Fase di Esercizio	116
4.7	DESCRIZIONE DELLE FASI DI DISMISSIONE E RIPRISTINO	119
4.7.1	Interventi di Dismissione delle Opere al Termine della Concessione di Esercizio	119
4.7.2	Dismissione e Ripristino Ambientale delle Opere	121
4.7.3	Tipologia Di Materiali – Smaltimenti e Recupero	122
5	DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE DELL’AMBIENTE (SCENARIO DI BASE)	124
5.1	DEFINIZIONE DELL’AMBITO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO (AREA VASTA)	124
5.1.1	Popolazione e Salute Umana	124
5.1.2	Biodiversità	124
5.1.3	Suolo, Uso del Suolo e Patrimonio Agroalimentare	124
5.1.4	Geologia e Acque	124
5.1.5	Atmosfera: Aria e Clima	124
5.1.6	Sistema Paesaggistico: Paesaggio, Patrimonio Culturale e Beni Materiali	124
5.1.7	Rumore	125
5.1.8	Vibrazioni	125
5.1.9	Campi Elettrici, Magnetici ed Elettromagnetici	125
5.1.10	Radiazioni Ottiche	125
5.2	POPOLAZIONE E SALUTE UMANA	125
5.2.1	Aspetti Demografici e Insediativi	125
5.2.2	Salute Pubblica	127
5.2.3	Attività Produttive e Terziario/Servizi	130
5.3	BIODIVERSITÀ	137
5.3.1	Rete Natura 2000	137
5.3.2	Aree Naturali Protette	138
5.3.3	Important Bird and Biodiversity Areas (IBA)	140

5.3.1	Analisi Vegetazionale e Faunistica	141
5.4	SUOLO, USO DEL SUOLO E PATRIMONIO AGROALIMENTARE	147
5.4.1	Qualità del Suolo	147
5.4.2	Uso del Suolo	148
5.4.3	Patrimonio Agroalimentare	148
5.5	GEOLOGIA E ACQUA	150
5.5.1	Geologia	150
5.5.2	Sondaggi geognostici e indagini geofisiche	153
5.5.3	Caratteristiche Geotecniche	161
5.5.4	Caratteristiche Geomorfologiche	162
5.5.5	Caratteristiche Idrogeologiche	164
5.5.6	Acque Superficiali e Sotterranee	166
5.6	ATMOSFERA: ARIA E CLIMA	185
5.6.1	Caratterizzazione Meteorologica	185
5.6.2	Caratterizzazione dello Stato di Qualità dell’Aria	192
5.6.3	Contributi Emissivi	197
5.7	SISTEMA PAESAGGISTICO: PAESAGGIO, PATRIMONIO CULTURALE E BENI MATERIALI	199
5.7.1	Beni Vincolati nell’Area Vasta	199
5.7.2	Caratterizzazione Storico-Paesaggistica	200
5.8	RUMORE	203
5.8.1	Aspetti Generali: Normativa di Riferimento in Materia di Inquinamento Acustico	203
5.8.2	Caratterizzazione dello Stato Attuale	208
5.8.3	Identificazione dei Ricettori Acustici	209
5.8	VIBRAZIONI	210
5.8.4	Aspetti Generali: Normativa di Riferimento in Materia di Vibrazioni	210
5.8.5	Individuazione dei Ricettori per la Componente Vibrazioni	214
5.9	CAMPI ELETTRICI, MAGNETICI ED ELETTROMAGNETICI	214
5.8.6	Normativa di Riferimento Campi Elettrici, Magnetici ed Elettromagnetici	214
5.8.7	Caratterizzazione Generale e individuazione dei Potenziali Ricettori	215
5.9	RADIAZIONI OTTICHE	215
5.9.1	Normativa di Riferimento Inquinamento Luminoso	215
5.9.2	Caratterizzazione Generale e Individuazione dei Potenziali Ricettori	216
5.10	PROBABILE EVOLUZIONE DELL’AMBIENTE IN CASO DI MANCATA ATTUAZIONE DEL PROGETTO	217
6	DESCRIZIONE E STIMA DEI POTENZIALI IMPATTI AMBIENTALI	218
6.1	METODOLOGIA APPLICATA	218
6.1.1	Matrice Causa-Condizione-Effetto	218
6.1.2	Criteri per la Stima degli Impatti	219
6.1.3	Criteri per il Contenimento degli Impatti	220
6.2	POPOLAZIONE E SALUTE UMANA	220
6.2.1	Interazioni tra il Progetto e la Componente	220
6.2.2	Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori	221
6.2.3	Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	222
6.3	BIODIVERSITÀ	228
6.3.1	Interazioni tra il Progetto e il Fattore Ambientale	228
6.3.2	Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori	229
6.3.3	Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	229

6.4	SUOLO, USO DEL SUOLO E PATRIMONIO AGROALIMENTARE	231
6.4.1	Interazioni tra il Progetto e e il Fattore Ambientale	231
6.4.2	Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori	232
6.4.3	Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	233
6.5	GEOLOGIA E ACQUE	237
6.5.1	Interazioni tra il Progetto e il Fattore Ambientale	237
6.5.2	Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori	239
6.5.3	Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	239
6.6	CLIMA	245
6.6.1	Interazioni tra il Progetto e il Fattore Ambientale	245
6.6.2	Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	245
6.7	STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	246
6.7.1	Interazioni tra il Progetto e il Fattore Ambientale	246
6.7.2	Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori	247
6.7.3	Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	248
6.8	SISTEMA PAESAGGISTICO: PAESAGGIO, PATRIMONIO CULTURALE E BENI MATERIALI	261
6.8.1	Interazioni tra il Progetto e il Fattore Ambientale	261
6.8.2	Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori	262
6.8.3	Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	263
6.9	RUMORE E VIBRAZIONI	270
6.9.1	Interazioni tra Progetto e Agenti Fisici	270
6.9.2	Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori	271
6.9.3	Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione	271
6.10	ALTRI IMPATTI	281
6.10.1	Campi Elettrici, Magnetici ed Elettromagnetici	281
6.10.2	Radiazioni Ottiche	282
6.11	EFFETTI CUMULATIVI CON ALTRE INIZIATIVE PRESENTI NELL'AREA	282
7	PROPOSTA DI PIANO DI MONITORAGGIO	284
8	VALUTAZIONE E GESTIONE DEI RISCHI ASSOCIATI A EVENTI INCIDENTALI, ATTIVITÀ DI PROGETTO E CALAMITÀ NATURALI	285
8.1	GESTIONE DEI RISCHI ASSOCIATI A EVENTI INCIDENTALI E ATTIVITÀ DI PROGETTO	285
8.1.1	Rischi Associati a Gravi Eventi Incidentali	285
8.1.2	Rischi Associati ad Attività di Progetto	285
8.2	RISCHI ASSOCIATI ALLE CALAMITÀ NATURALI	286
8.2.1	Rischio Sismico	286
8.2.2	Rischio Frana	287
	REFERENZE	288
	SITI WEB CONSULTATI	288
	APPENDICE A: Analisi delle Alternative Progettuali	
	APPENDICE B: Studio di Impatto Acustico in Fase di Cantiere	
	APPENDICE C: Proposta di Monitoraggio Ambientale	

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:	Fascia di salvaguardia	31
Tabella 3.2:	Valori limite della Zonizzazione Acustica del Comune di Esterzili	36
Tabella 3.3:	Interessamento particelle catastali a uso civico	52
Tabella 3.4:	Stato dei Luoghi	52
Tabella 4.1:	Caratteristiche principali dell'invaso	65
Tabella 4.2:	Caratteristiche principali del singolo gruppo ternario	72
Tabella 4.3:	Caratteristiche Principali del Bacino di Monte	78
Tabella 4.4:	Sintesi dei Dati Caratteristici dell'Impianto	80
Tabella 4.5:	Aree e Fasi di Lavoro	84
Tabella 4.6:	Caratteristiche Mezzi e Macchine di Cantiere	97
Tabella 4.7:	Campo Base Monte, Mezzi di Cantiere	98
Tabella 4.8:	Bacino di Monte	99
Tabella 4.9:	Canale Drenaggio, Mezzi di Cantiere	100
Tabella 4.10:	Discenderia, Mezzi di Cantiere	101
Tabella 4.11:	Centrale, Vie d'Acqua, Sottostazione elettrica e Pozzo Piezometrico, Mezzi di Cantiere	102
Tabella 4.12:	Area di Valle – Opera di Presa-Imbocco	104
Tabella 4.13:	Area di Valle – Opere in Sotterraneo	105
Tabella 4.14:	Stima Emissioni da Mezzi Terrestri, Fattori di Emissione AQMD	107
Tabella 4.15:	Caratteristiche Geometriche ed Emissive della Cabina di Verniciatura e Sabbiatura	109
Tabella 4.16:	Caratteristiche Geometriche ed Emissive del Generatore Diesel degli Impianti di Betonaggio	109
Tabella 4.17:	Prelievi idrici in Fase di Cantiere	110
Tabella 4.18:	Scarichi idrici in Fase di Cantiere	111
Tabella 4.19:	Terre e Rocce da Scavo	111
Tabella 4.20:	Rifiuti Prodotti in Fase di Cantiere	113
Tabella 4.21:	Utilizzo Materie Prime/Risorse	113
Tabella 4.22:	Ubicazione delle Aree di Cantiere	114
Tabella 4.23:	Caratteristiche di Rumorosità dei Mezzi	114
Tabella 4.24:	Principali Sorgenti Sonore durante la Fabbricazione Virole	115
Tabella 4.25:	Principali Sorgenti Sonore Impianti di Betonaggio	116
Tabella 4.26:	Prelievi Idrici in Fase di Esercizio	117
Tabella 4.27:	Scarichi Idrici in Fase di Esercizio	117
Tabella 4.28:	Produzione di Rifiuti in Fase di Esercizio	118
Tabella 4.29:	Utilizzo di Materie Prime/Risorse in Fase di Esercizio	118
Tabella 4.30:	Consumo di Suolo in Fase di Esercizio	118
Tabella 4.31:	Codici C.E.R. dei rifiuti in fase di dismissione	122
Tabella 5.1:	Comune di Esterzili, Popolazione Residente al 1° Gennaio 2023 (Demo ISTAT, Sito Web)	125
Tabella 5.2:	Comune di Esterzili, Bilancio Demografico - Anno 2022 (Demo ISTAT, Sito Web)	127
Tabella 5.3:	Mortalità in Provincia ex Sud Sardegna per Causa, Periodo 2018-2020	128
Tabella 5.4:	Tipologia Attività nelle Strutture Sanitarie Distrettuali Regione Sardegna anno 2013 (Demo ISTAT, Sito Web)	129
Tabella 5.5:	Posti Letto nelle Strutture Sanitarie Distrettuali Regione Sardegna anno 2018 (Demo ISTAT, Sito Web)	129
Tabella 5.6 :	Posti letto e attività per specializzazione clinica Regione Sardegna anno 2020 (Demo ISTAT, Sito Web)	130
Tabella 5.7:	Numero Medio di Mezzi Leggeri e Pesanti, Anno 2022 (ANAS sito web)	132

Tabella 5.8:	Imprese registrate per Settore Economico nel 2019,2020 e nel 2021 nella ex Provincia del Sud Sardegna (InfoCamere)	135
Tabella 5.9:	Confronto delle Strutture delle Aziende Agricole nel Comune di Esterzili con la Regione Sardegna Anno 2010 (Dati ISTAT)	136
Tabella 5.10:	Arrivi e Presenze Turistiche nel 2021 nella ex Provincia del Sud Sardegna	137
Tabella 5.11:	Campioni sottoposti ad Analisi Chimiche	147
Tabella 5.12:	Elenco Prodotti DOP e IGP nella Regione Sardegna (Elenco MIPAAF Maggio 2021, Sito Web)	148
Tabella 5.13:	NA1 – Perc. di recupero dei frammenti di carota integri con lunghezza superiore ai 10 cm	155
Tabella 5.14:	NA2 – Perc. di recupero dei frammenti di carota integri con lunghezza superiore ai 10 cm	157
Tabella 5.15:	NA3 – Perc. di recupero dei frammenti di carota integri con lunghezza superiore ai 10 cm	159
Tabella 5.16:	Classificazione di Qualità secondo i valori di LIMeco (D.Lgs 152/06)	167
Tabella 5.17:	Standard di Qualità nella Colonna d'Acqua e nel Biota per le Sostanze dell'Elenco di Priorità (D.Lgs. 152/2006)	168
Tabella 5.18:	Standard di Qualità per Alcune Sostanze non Appartenenti all'Elenco di Priorità, Acque Superficiali Interne (D.Lgs. 152/2006)	171
Tabella 5.19:	U.I.O Flumendosa, Laghi Significativi (Regione Sardegna (e), Non datato)	173
Tabella 5.20:	U.I.O del Flumendosa – Stato Ambientale: rete di monitoraggio e classificazione dei corsi d'acqua	175
Tabella 5.21:	Coordinate stazioni di monitoraggio	175
Tabella 5.22:	U.I.O del Flumendosa – Stato Ambientale: Rete di Monitoraggio e classificazione dei Laghi	175
Tabella 5.23:	Coordinate Stazioni di Monitoraggio	176
Tabella 5.24:	Corpi idrici della rete di monitoraggio approvato (DGR. No. 53/22 del 2009) per le diverse categorie di acque superficiali (<i>Relazione Generale PdG – Secondo Ciclo</i>)	177
Tabella 5.25:	Classificazione LTLecco	177
Tabella 5.26:	Classificazione Indice Fitoplancton	178
Tabella 5.27:	Classificazione Inquinanti Specifici	178
Tabella 5.28:	Classificazione Stato Ecologico - Monitoraggio Operativo	179
Tabella 5.29:	Stato Chimico - Monitoraggio Operativo	179
Tabella 5.30:	Standard di Qualità per le Acque Sotterranee (D. Lgs. 152/2006)	180
Tabella 5.31:	Valori Soglia ai fini del Buono Stato Chimico delle Acque Sotterranee (D. Lgs. 152/2006)	181
Tabella 5.32:	Scala di Qualità Chimica per le Acque Sotterranee secondo la Direttiva 2000/60/CE recepita dal D. Lgs 30/09	183
Tabella 5.33:	Classificazione Corpi Idrici Sotterranei 2021	184
Tabella 5.34:	Confronto tra stato chimico, stato quantitativo e stato complessivo tra il 2021 e il 2015	185
Tabella 5.35:	Classificazione Climatica	188
Tabella 5.36:	Valori Limite e Livelli Critici per i Principali Inquinanti Atmosferici, Decreto Legislativo 24 Dicembre 2012, No. 250	193
Tabella 5.37:	Ozono – Valori Obiettivo e Obiettivi a Lungo Termine	194
Tabella 5.38:	Stazioni di Monitoraggio della Qualità dell'Aria nel Comune di Seulo	195
Tabella 5.39:	Stazione di Seulo 2017-2021 – Concentrazioni di NO ₂	195
Tabella 5.40:	Stazione di Seulo 2017-2021 – Concentrazioni di Ozono	196
Tabella 5.41:	Stazione di Seulo 2017-2021 – Concentrazioni di PM ₁₀	196
Tabella 5.42:	Stazioni di Seulo 2017-2021 – Concentrazioni di PM _{2.5}	196
Tabella 5.43:	Contributi delle emissioni totali nel 2010 nella Regione Sardegna	197
Tabella 5.44:	Valori delle emissioni dei principali gas serra nella Regione Sardegna (ISPRA)	198
Tabella 5.45:	Rumore Ambientale, Criterio Assoluto [dB(A)]	203
Tabella 5.46:	Classi per Zonizzazione Acustica del Territorio Comunale	204
Tabella 5.47:	Valori di Qualità previsti dalla Legge Quadro 447/95	206
Tabella 5.48:	Principali Ricettori Antropici nel Territorio circostante le Opere a Progetto	209

Tabella 5.49: Valori e Livelli Limite delle Accelerazioni Complessive Ponderate in Frequenza (UNI 9614:2017)	212
Tabella 5.50: Valori di Riferimento per Vibrazioni di Breve Durata [mm/s]	213
Tabella 5.51: Valori di Riferimento per Vibrazioni Permanenti [mm/s]	213
Tabella 5.52: Valori Massimi di Rn in assenza di PRIC	216
Tabella 6.1: Popolazione e Salute Umana, Potenziale Incidenza delle Azioni di Progetto	221
Tabella 6.2: Popolazione e Salute Umana, Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori	222
Tabella 6.3: Composti Azoto	224
Tabella 6.4: Livelli Sonori Tipici	226
Tabella 6.5: Numero di Addetti per Cantiere	227
Tabella 6.6: Biodiversità, Potenziale Incidenza delle Azioni di Progetto	228
Tabella 6.7: Biodiversità, Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori	229
Tabella 6.8: Suolo, Uso del Suolo e Patrimonio Agroalimentare, Potenziale Incidenza delle Azioni di Progetto	232
Tabella 6.9: Occupazione/Limitazioni Temporanee e Permanenti di Suolo Fase di Cantiere	236
Tabella 6.10: Occupazione/Limitazioni Temporanee e Permanenti di Suolo Fase di Esercizio	236
Tabella 6.11: Geologia e Acque, Potenziale Incidenza delle Azioni di Progetto	238
Tabella 6.12: Geologia e Acque, Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori	239
Tabella 6.13: Prelievi Idrici Totali in Fase di Cantiere	240
Tabella 6.14: Scarichi idrici in fase di cantiere	240
Tabella 6.15: Interferenze con Pianificazione Autorità di Bacino	242
Tabella 6.16: Stima Emissioni CO ₂ da Mezzi Terrestri, Fattori di Emissione AQMD - 2022	245
Tabella 6.17: Qualità dell’Aria, Potenziale Incidenza delle Azioni di Progetto	247
Tabella 6.18: Polveri da Movimentazione del Terreno di Scavo	252
Tabella 6.19: Polveri da Movimentazione del Terreno di Scotico e Sistemazione Superficiale	253
Tabella 6.20: Emissioni Inquinanti Totali per Cantiere	253
Tabella 6.21: Modello WRF, Direzione e Velocità del Vento, Distribuzione delle Frequenze Annuali (Anno 2021)	258
Tabella 6.22: Paesaggio, Patrimonio Culturale e Beni Materiali, Potenziale Incidenza delle Azioni di Progetto	262
Tabella 6.23: Paesaggio, Patrimonio Culturale e Beni Materiali, Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori	262
Tabella 6.24: Impatto Percettivo per la Presenza della Nuove Opere/Strutture, Sensibilità Paesistica dei Siti	267
Tabella 6.25: Impatto Percettivo per la Presenza della Nuove Opere/Strutture, Grado di Incidenza Paesistica	268
Tabella 6.26: Rumore e Vibrazioni, Fase di Cantiere, Potenziale Incidenza delle Azioni di Progetto	270
Tabella 6.27 Recettore A. Classe acustica e limiti di riferimento, Distanza minima dall’impianto	271
Tabella 6.28: Elenco dei mezzi di cantiere, potenze acustiche e numero mezzi	272
Tabella 6.29: Rumorosità associata a ciascuna fase di lavorazione prevista	273
Tabella 6.30: Rumorosità delle Fasi di Lavoro	277
Tabella 6.31: Rumorosità Sorgenti Sonore	277
Tabella 6.32: Emissione sonora di cantierizzazione e confronto con i limiti di emissione	278
Tabella 6.33: Clima Acustico in Fase di Cantierizzazione e confronto con i limiti di immissione	278
Tabella 6.34: Analisi dei risultati	279
Tabella 6.35: Stima delle Emissioni Sonore da Mezzi di Cantiere	279

LISTA DELLE FIGURE

Figura 3.1:	Zonizzazione della Regione Sardegna ai sensi del D. Lgs. 155/2010	20
Figura 3.2:	Localizzazione delle Centraline distribuite sul Territorio Regionale	21
Figura 3.3:	Unità Idrografiche Omogenee del PTA	25
Figura 3.4:	Bacino Idrografico del Flumendosa	26
Figura 3.5:	Area sensibile Fiume Flumendosa a Lago del Medio Flumendosa (Regione Sardegna (a), 2016)	27
Figura 3.6:	Vulnerabilità ai Nitrati	27
Figura 3.7:	PAI – Delimitazione dei Sub-Bacini Regionali Sardi	29
Figura 3.8:	Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) – Atlante Cartografico delle aree Inondabili a Valle delle Dighe (Tavola BM018)	35
Figura 3.9:	Stralcio Zonizzazione Acustica – Centro Storico - Comune di Esterzili	37
Figura 3.10:	Proposta di Oasi di Protezione Faunistica (Regione Sardegna, sito web Opendata Sardegna)	42
Figura 3.11:	Siti Rete Natura 2000 limitrofi all’Area di Progetto (MiTE, Portale Progetto Natura, Sito Web)	54
Figura 3.12:	Aree Naturali Protette, Aree IBA Limitrofe all’Area di Progetto (MiTE, Portale Progetto Natura)	55
Figura 3.13:	Interferenza con aree percorse dal fuoco	56
Figura 3.14:	Vincolo Idrogeologico (Regione Sardegna, Geoportale aree tutelate, Sito Web)	58
Figura 3.15:	D.G.R. No. 59/90 del 27 Novembre 2020 – Allegato d tavola No. 39	60
Figura 3.16:	Classificazione Sismica del Territorio Nazionale (Dip. della Protezione Civile, 2022)	61
Figura 3.17:	Modello Pericolosità sismica (http://esse1-gis.mi.ingv.it/)	62
Figura 4.1:	Impianto di Accumulo Idroelettrico, Schema di Funzionamento (Bao et al., 2019)	63
Figura 4.2:	Diga di Nuraghe Arrubiu vista da Monte (Fonte: http://www.enas.sardegna.it/il-sistema-idrico-multisetoriale/laghi-artificiali/nuraghe-arrubiu.html)	64
Figura 4.3:	Diga di Nuraghe Arrubiu vista da Valle (Fonte: http://www.enas.sardegna.it/il-sistema-idrico-multisetoriale/laghi-artificiali/nuraghe-arrubiu.html)	64
Figura 4.4:	Sezione della centrale in corrispondenza della turbina (sx) e della pompa (dx)	72
Figura 4.5:	Pianta della centrale e biforcazioni di monte e di valle	73
Figura 4.6:	Sezione tipo della discenderia	75
Figura 4.7:	Sezione tipo della galleria ventilazione e cavi	76
Figura 4.8:	Sezione tipo della galleria d’accesso al pozzo paratoie	77
Figura 4.9:	Sezione tipo della galleria d’accesso al pozzo piezometrico	77
Figura 4.10:	Sezione dell’opera di presa	79
Figura 4.11:	Area lavoro di monte	88
Figura 4.12:	Area di Lavoro di Valle	89
Figura 4.13:	Schema Sistema di Trattamento delle Acque	96
Figura 4.14:	Calandratura	108
Figura 5.1:	Mappa della rete stradale nel Sud della Sardegna	131
Figura 5.2:	Mappa della rete ferroviaria sarda	133
Figura 5.3:	Distribuzione percentuale degli arrivi in Sardegna nel 2021 (SIREN Sardegna)	137
Figura 5.4:	Localizzazione delle IBA rispetto al progetto (nel cerchio rosso) (Fonte: Geoportale Nazionale)	141
Figura 5.5:	Carta Bioclimatica della Sardegna (ARPAS)	142
Figura 5.6:	Stralcio Carta della Serie di Vegetazione (Fonte: Piano Forestale Regionale, 2007-Scheda Amb. N. 14 - Gennargentu)	143
Figura 5.7:	Aspetto della macchia mediterranea. In primo piano esemplare di <i>Pistacia lentiscu</i>	144
Figura 5.8:	Fioritura di <i>Euphorbia dendroides</i>	145
Figura 5.9:	Fioritura di Asfodelo (<i>Ashodelus ramosus</i>)	145
Figura 5.10:	Sezioni geologiche schematiche attraverso la “Zona a falde” del basamento sardo. Il cerchio giallo indica l’ubicazione dell’area di studio	150

Figura 5.11:	Sezioni geologiche schematiche attraverso la “Zona a falde” del basamento sardo. Il cerchio giallo indica l’ubicazione dell’area di studio	151
Figura 5.12:	Schema stratigrafico dell’area di Taccu Sa Pruna	151
Figura 5.13:	Sezione Geologica Schematica (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)	152
Figura 5.14:	Posizione Sondaggi (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)	153
Figura 5.15:	Stratigrafia del sondaggio NA1	154
Figura 5.16:	Stratigrafia del sondaggio NA2	156
Figura 5.17:	Stratigrafia del sondaggio NA3	158
Figura 5.18:	Ubicazione dei profili ERT-1 e ERT-2 (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)	160
Figura 5.19:	Inquadramento geologico (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)	163
Figura 5.20:	Distribuzione delle sorgenti (indicati in blu) nell’area di interesse (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)	165
Figura 5.21:	Monitoraggio e Idrografia Superficiale (Piano di Tutela Acque, Tavola 2)	174
Figura 5.22:	Classificazione corpi idrici sotterranei – Stato Quantitativo (Fonte: PdG 3° Ciclo di Pianificazione)	184
Figura 5.23:	Classificazione corpi idrici sotterranei – Stato Chimico (Fonte: PdG 3° Ciclo di Pianificazione)	185
Figura 5.24:	Serie temporali relative alle concentrazioni medie globali di CO ₂ (a sinistra), CH ₄ (al centro) e di N ₂ O (destra) (Fonte: WMO, 2020)	186
Figura 5.25:	Andamenti delle anomalie della temperatura media globale e di quella in Italia, sito web dell’ISPRA SINANET – SCIA (sezione Prodotti climatici nazionali) (WMO, 2020)	187
Figura 5.26:	Regione Sardegna, Media delle Temperature Massime dell’annata 2019 - 2020 ed Anomalia rispetto alla Media 1995 - 2014 (ARPA Sardegna (c), 2020)	189
Figura 5.27:	Regione Sardegna, Media delle Temperature Minime dell’Annata 2019 - 2020 ed Anomalia rispetto alla Media 1995 - 2014 (ARPA Sardegna (c), 2020)	190
Figura 5.28:	Regione Sardegna, Cumulato di Precipitazione da Ottobre 2019 a Settembre 2020 e Rapporto con la Media Climatologica nel Periodo 1971 - 2000 (ARPA Sardegna (c), 2019)	191
Figura 5.29:	Regione Sardegna, Cumulato di Precipitazione da Maggio a Settembre 2020 e Rapporto con la Media Climatologica nel Periodo 1971 - 2000 (ARPA Sardegna (c), 2020)	191
Figura 5.30:	Mappa della Velocità Media Annuale del Vento a 25 m s.l.t/s.l.m (Regione Sardegna (h), 2015)	192
Figura 5.31:	Contributi percentuali alle emissioni atmosferiche (t/anno) per settore nella Regione Sardegna nel 2010	198
Figura 5.32:	Invaso Flumendosa	199
Figura 5.33:	Punto di immissione del Rio Perdarera nel Lago Flumendosa	200
Figura 5.34:	Paesaggio della “Barbagia Meridionale”	202
Figura 5.35:	Elementi antropici nel territorio	202
Figura 5.36:	Localizzazione area di intervento su mappa stradale (fonte Geoportale Regione Sardegna)	208
Figura 5.37:	Ubicazione dei Potenziali Ricettori individuati in un raggio di 1 km dall’Area di Cantiere dell’Impianto di Accumulo Idroelettrico di Taccu sa Pruna (fonte Geoportale Regione Sardegna)	209
Figura 6.1:	Modello WRF, Rosa dei Venti Anno 2021	258

LISTA DELLE FIGURE ALLEGATE

- Figura 3.1: Inquadramento Territoriale
- Figura 3.2a: Rischio e Pericolo Idraulico PAI
- Figura 3.2b: Rischio e Pericolo Geomorfologico PAI
- Figura 3.2c: Danno Potenziale PAI
- Figura 3.2d Carta PAI Ambito Territoriale Comune di Esterzili, Pericolosità Idraulica
- Figura 3.2e Carta PAI Ambito Territoriale Comune di Esterzili, Misure di Salvaguardia
- Figura 3.2f Carta PAI Ambito Territoriale Comune di Esterzili, Pericolosità da Frana
- Figura 3.3: Carta PGRA, Aree a Pericolosità e Rischio di Alluvione
- Figura 3.4: Piano Paesaggistico Regionale (PPR) della Regione Sardegna
- Figura 3.5 Piano Urbanistico Comunale (PUC) di Esterzili, Zonizzazione del Territorio Comunale
- Figura 3.6: Piano Urbanistico Comunale (PUC) di Esterzili, carta delle emergenze
- Figura 3.7 Beni Vincolati – D. Lgs 42/04 e s.m.i
- Figura 4.1: Corografia delle Nuove Opere
- Figura 4.2: Opera di Presa di Valle – Piante e Sezioni
- Figura 4.3: Pozzo Paratoie – Piante Sezioni
- Figura 4.4: Centrale – Piante e Sezioni
- Figura 4.5: Profilo Longitudinale e Sezioni Tipologiche Vie d’Acqua
- Figura 4.6: Pozzo Piezometrico – Pianta e Sezioni
- Figura 4.7: Discenderia
- Figura 4.8: Bacino di Monte – Planimetria Generale e Sezioni Tipo
- Figura 4.9: Sfiatore di Superficie e Canale di Drenaggio – Tipologico, Profili e Sezioni
- Figura 4.10: Cronoprogramma
- Figura 4.11: Aree di Cantiere e Viabilità
- Figura 5.1: Infrastrutture per la Viabilità
- Figura 5.2: Carta dell’Uso del Suolo
- Figura 5.3: Carta Geologica
- Figura 5.4: Sezioni Geologiche Interpretative
- Figura 6.1: Matrice Causa-Condizione-Effetto
- Figura 6.2: Mappa delle Concentrazioni di Inquinanti a Livello del Suolo in Fase di Cantiere –99.8° Percentile delle Ricadute Medie Orarie di NO_x (Valore limite di qualità dell’aria: 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte in un anno)
- Figura 6.3: Mappa delle Concentrazioni di Inquinanti a Livello del Suolo in Fase di Cantiere - Ricadute Medie Annue di NO_x (Valore limite di qualità dell’aria: 40 µg/m³)
- Figura 6.4: Mappa delle Concentrazioni di Inquinanti a Livello del Suolo in Fase di Cantiere – 99.7° Percentile delle Ricadute Medie Orarie di SO_x (Valore limite di qualità dell’aria: 350 µg/m³ da non superare più di 24 volte in un anno)
- Figura 6.5: Mappa delle Concentrazioni di Inquinanti a Livello del Suolo in Fase di Cantiere – 99.2° Percentile delle Ricadute Medie Giornaliere di SO_x (Valore limite di qualità dell’aria: 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte in un anno)

-
- Figura 6.6: Mappa delle Concentrazioni di Inquinanti a Livello del Suolo in Fase di Cantiere - Ricadute Medie Annue di SO_x (Valore limite di qualità dell'aria: 20 µg/m³)
- Figura 6.7: Mappa delle Concentrazioni di Inquinanti a Livello del Suolo in Fase di Cantiere - Ricadute Medie Annue di PM₁₀ (Valore limite di qualità dell'aria: 40 µg/m³)
- Figura 6.8: Mappa delle Concentrazioni di Inquinanti a Livello del Suolo in Fase di Cantiere – 90.4° Percentile delle Ricadute Medie Giornaliere di PM₁₀ (Valore limite di qualità dell'aria: 50 µg/m³, da non superare più di 35 volte in un anno)
- Figura 6.9: Mappa delle Concentrazioni di Inquinanti a Livello del Suolo in Fase di Cantiere– Ricadute Media Giornaliera Mobile su 8 Ore di CO (Valore limite di qualità dell'aria: 10 mg/m³)
- Figura 6.10: Mappa delle Concentrazioni di Inquinanti a Livello del Suolo in Fase di Cantiere– Ricadute Medie Annue di COV

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce l'aggiornamento dello Studio di Impatto Ambientale del progetto di Edison S.p.A. per la realizzazione di un Impianto di Accumulo Idroelettrico mediante Pompaggio ad Alta Flessibilità nel Comune di Esterzili (CA) in località Taccu sa Pruna, sottoposto a procedura di VIA (art. 23 del D. Lgs. 152/06) in data 28 Giugno 2022.

Lo Studio di Impatto Ambientale è stato revisionato per fornire una valutazione aggiornata esaustiva sull'impianto di Accumulo idroelettrico mediante pompaggio che, in relazione alle osservazioni pervenute durante la fase di consultazione della procedura di VIA, ha apportato alcuni miglioramenti al progetto prevedendo una nuova discenderia in sostituzione dellaviabilità precedentemente prevista dal progetto.

Tale revisione è stata elaborata 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 in fase di costruzione legato alla riduzione degli impatti e a un miglioramento paesaggistico in fase di esercizio per l'eliminazione della strada precedentemente prevista.

Considerando i benefici attesi dalle modifiche apportate al progetto che hanno investito molte componenti ambientali e sia la fase di cantiere sia la fase di esercizio, è stata intrapresa la scelta di riemettere, limitatamente alla parte di progetto che riguarda l'Impianto di Accumulo Idroelettrico mediante Pompaggio ad Alta Flessibilità, tutta la documentazione ambientale di avvio alla procedura di VIA in revisione¹.

Al fine di fornire il quadro ambientale aggiornato più completo, Infine, si evidenzia che per rispondere puntualmente a tutte le richieste pervenute dagli Enti e per fornire un quadro esaustivo degli impatti congiuntamente alla connessione elettrica, sono stati elaborati i seguenti documenti specifici:

- ✓ Risposte alle Osservazioni allo Studio di Impatto Ambientale (Doc. No. Rina Consulting P0030780-1-H8 Rev. 0 - Luglio 2023);
- ✓ Controdeduzioni al Parere del Ministro della Cultura – Soprintendenza speciale per il Piano Nazionale di ripresa e Resilienza (Prot. No. MITE-2022-0149039 del 28 Novembre 2022) (Doc. No. Rina Consulting P0030780-1-H9 Rev. 0 - Luglio 2023);
- ✓ Risposta alla Richiesta di Integrazioni del MASE (Doc. No. Rina Consulting P0030780-1-H11 Rev. 0 - Luglio 2023);
- ✓ Sintesi degli Impatti Ambientali del Progetto (Doc. No. Rina Consulting P0030780-1-H12 Rev. 0 - Luglio 2023).

Il progetto aggiornato prevede la realizzazione di un bacino di monte da collegare, tramite condotta forzata interamente sotterranea (in galleria), ad un esistente bacino di valle, costituito dall'invaso del Lago Flumendosa (afferente alla Diga Nuraghe Arrubiu) localizzato anch'esso nel territorio di Esterzili (CA) e gestito dall'Ente acque della Sardegna (ENAS). 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.

Le opere di rete partono dalla sottostazione d'utenza Edison alla tensione di 380 kV e consentono l'immissione e il prelievo di energia elettrica dalla RTN alla medesima tensione, in ossequio alla Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) che prevede un collegamento in antenna a 380 kV su una nuova stazione di smistamento a 380kV della RTN; tale stazione sarà collegata, per il tramite di due nuovi elettrodotti RTN a 380 kV, con una nuova sottostazione (SE) RTN 380 kV da inserire in entra-esce alla RTN 380 kV "Ittiri – Selargius".

Il presente Studio, predisposto in conformità a quanto indicato dalla normativa nazionale vigente (art. 22 e Allegato VII alla Parte Seconda del D. Lgs. No. 152/2006 e ss.mm.ii.) ed alle Linee Guida redatte dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA, 2020) per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale, si propone di fornire

ogni informazione utile in merito alle possibili interferenze derivanti dalle attività di cantiere e di esercizio correlate alla realizzazione del progetto con le componenti ambientali.

In particolare, lo Studio è così strutturato:

- ✓ nel Capitolo 2 viene riportata la presentazione dell’iniziativa;
- ✓ nel Capitolo 3 è inquadrata l’opera rispetto alle tutele ambientali ed ai vincoli presenti nell’area;
- ✓ nel Capitolo 4 viene descritto il progetto, con particolare riferimento alle caratteristiche fisiche sia nella fase di esercizio che durante le attività di cantiere, alle potenziali interazioni con l’ambiente, alla gestione dei rischi e alle migliori tecniche disponibili;
- ✓ nel Capitolo 5 viene fornito un quadro dello stato attuale per gli aspetti pertinenti le componenti ambientali di interesse (scenario di base);
- ✓ nel Capitolo 6 è riportata la descrizione dei potenziali impatti ambientali rilevanti del progetto proposto dovuti alla costruzione e all’esercizio dell’impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio, all’utilizzazione delle risorse naturali, all’emissione di inquinanti, ai rischi per la salute umana, il patrimonio culturale, il paesaggio o l’ambiente;
- ✓ nel Capitolo 7 viene riportata una sintesi dei monitoraggi ambientali proposti;
- ✓ nel Capitolo 8 viene riportata la valutazione e gestione dei rischi associati ad eventi incidentali, attività di progetto e calamità naturali.

Lo Studio è inoltre corredato dalla cartografia tematica e dalle seguenti Appendici:

- ✓ Appendice A: Analisi delle Alternative Progettuali;
- ✓ Appendice B: Studio di Impatto Acustico in fase di cantiere;
- ✓ Appendice C: Proposta Piano di Monitoraggio Ambientale.

Con la nuova riforma degli enti locali sardi del 2021 (Legge regionale 12 aprile 2021, n. 7 – Buras N.24 del 15 aprile 2021), la provincia del Sud Sardegna è in via di soppressione a favore delle istituende province del Medio Campidano e del Sulcis Iglesiente. La Città Metropolitana di Cagliari andrà a gestire il restante territorio del Sud Sardegna, compreso il comune di Esterzili. Si sottolinea che all’interno degli elaborati prodotti si troveranno diversi dati che, come riferimento amministrativo, avranno il rimando alla ex Provincia Sud Sardegna. Tali riferimenti sono frutto di analisi effettuate su dati istituzionali che non hanno ancora avuto modo di allinearsi con le recenti riforme amministrative.

Il presente Studio di Impatto Ambientale è il risultato di un’accurata e puntuale analisi, condotta attraverso un approccio multidisciplinare che ha visto coinvolto un gruppo di lavoro composto di diverse professionalità e specializzazioni, in grado di esaminare e valutare gli aspetti progettuali ed ambientali associati alla realizzazione delle opere in progetto.

Al gruppo di lavoro hanno partecipato i seguenti esperti di ciascuna disciplina:

Nome	Qualifica e ruolo
Marco Compagnino	Ingegnere ambientale, iscritto all’albo degli Ingegneri della Provincia di Genova al numero A8035, responsabile dello Studio di Impatto Ambientale
Chiara Valentini	Ingegnere ambientale, Project Manager dello Studio di Impatto Ambientale
Alessandra Scifo	Dottoressa in Scienze Geologiche, elaborazione Studio di Impatto Ambientale, Piano Preliminare di Utilizzo delle Terre e Rocce da Scavo
Maddalena Solari	Dottoressa in Scienze Ambientali, elaborazione Studio di Impatto Ambientale, Piano di Monitoraggio Ambientale
Simone Conza	Ingegnere Ambientale, elaborazione Studio di Impatto Ambientale
Valeria Caia	Ingegnere Chimico, elaborazione Studio di Impatto Ambientale
Mirko Gasperi	Ingegnere Ambientale, elaborazione Studio di Impatto Ambientale
Marisa Vigitello	Cartografia
Fabio Cambula	Ingegnere Civile ed Ambientale, iscritto all’Albo degli ingegneri della Provincia di Sassari al n. 719 - Relazione Paesaggistica

Nome	Qualifica e ruolo
Pietro Macchi Cassia	Architetto, iscritto all'Albo degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori della provincia di Milano al n. 9167 - elaborazione Alternative di Progetto - elaborazione Alternative di Progetto
Eliseo Marchesi	Ingegnere civile, iscritto all'Albo degli ingegneri della Provincia di Brescia al n.6890 - elaborazione Alternative di Progetto
Emanuela Atzeni	n. 158 dell'elenco MiC Archeologo I fascia abilitato redazione VIArch Verifica Preventiva dell'Interesse Archeologico
Attilio Binotti	Tecnico competente in acustica ambientale Regione Lombardia Decreto No. 2816 del 1999 e iscritto all'Elenco Nazionale dei Tecnici competenti in Acustica (ENTECA) No. 1498 del 10/12/2018, Studi Modellistici e Campagna Rumore
Maurizio Morelli	Tecnico competente in acustica ambientale Regione Lombardia Decreto No. 5874 del 2010 e iscritto all'Elenco Nazionale dei Tecnici competenti in Acustica (ENTECA) No. 1964 del 10/12/2018, Studi Modellistici e Campagna Rumore

2 PRESENTAZIONE DELL'INIZIATIVA

2.1 PRESENTAZIONE DEL PROPONENTE

Edison, con 140 anni di storia, è la società energetica più antica d'Europa ed è oggi uno dei principali operatori energetici in Italia, attivo nella produzione e vendita di energia elettrica, nell'approvvigionamento, vendita e stoccaggio di gas naturale, nella fornitura di servizi energetici, ambientali al cliente finale nonché nella progettazione, realizzazione, gestione e finanziamento di impianti e reti di teleriscaldamento a biomassa legnosa e/o gas o biogas.

Attualmente Edison è il terzo operatore italiano per capacità elettrica installata con 6.5 GW di potenza e copre circa il 7% della produzione nazionale di energia elettrica. Il parco di produzione di energia elettrica di Edison è costituito da 240 impianti, tra cui 117 centrali idroelettriche (83 mini-idro), 53 campi eolici e 56 fotovoltaici o e 14 cicli combinati a gas (CCGT) che permettono di bilanciare l'intermittenza delle fonti rinnovabili.

Oggi opera in Italia, Europa e Bacino del Mediterraneo impiegando oltre 5.000 persone.

Edison è impegnata in prima linea nella sfida della transizione energetica, attraverso lo sviluppo della generazione rinnovabile e low carbon, i servizi di efficienza energetica e la mobilità sostenibile, in piena sintonia con il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) e gli obiettivi definiti dal Green Deal europeo. Nell'ambito della propria strategia di transizione energetica, Edison punta a portare la generazione da fonti rinnovabili al 40% del proprio mix produttivo entro il 2030, attraverso investimenti mirati nel settore (con particolare riferimento all'idroelettrico, all'eolico ed al fotovoltaico).

Con riguardo al settore idroelettrico, Edison è attiva nella produzione di energia elettrica attraverso la forza dell'acqua da oltre 120 anni quando, sul finire dell'800, ha realizzato le prime centrali idroelettriche del Paese che sono tutt'ora in attività. L'energia rinnovabile dell'acqua rappresenta la storia ma anche un pilastro del futuro della Società, impegnata a consolidare e incrementare la propria posizione nell'ambito degli impianti idroelettrici e a cogliere ulteriori opportunità per contribuire al raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione.

2.2 CRITERI LOCALIZZATIVI E INQUADRAMENTO DELL'AREA DI PROGETTO

Il progetto in esame è interamente ubicato nel Comune di Esterzili, nella Provincia del ex Sud Sardegna ora Città Metropolitana di Cagliari (Regione Sardegna), al confine con i Comuni di Nurri, Sandali, Seui, Ussassai, Ulassai, Perdasdefogu, Escalaplano e Orroli (si veda la Figura 2.1 allegata)

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 Nuraghe Arrubiu, il quale, con un volume totale d'invaso pari a 316.42 Mm³ 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. Per questa analisi si rimanda al documento in Appendice A "Analisi delle Alternative Progettuali".

2.3 MOTIVAZIONI E FINALITÀ DEL PROGETTO

L'iniziativa proposta da Edison S.p.A. risulta pienamente in linea con il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), predisposto in attuazione del regolamento europeo sulla governance dell'unione dell'energia e dell'azione

per il clima, che costituisce lo strumento con il quale ogni Stato, in coerenza con le regole europee vigenti e con i provvedimenti attuativi del pacchetto europeo Energia e Clima 2030, stabilisce i propri contributi agli obiettivi europei al 2030 sull'efficienza energetica e sulle fonti rinnovabili e quali sono i propri obiettivi in tema di sicurezza energetica, mercato unico dell'energia e competitività.

Il PNIEC, per sopperire alle criticità del sistema energetico italiano, prevede la necessità di sviluppare almeno 6 GW di nuovi sistemi di accumulo al 2030 (di cui almeno 3 GW di impianti di pompaggio), soprattutto al Sud Italia e nelle Isole dove è più intenso lo sviluppo delle rinnovabili ed è minore la capacità di accumulo. I più recenti scenari delineati da Terna e Snam hanno rivisto la capacità di accumulo necessaria al 2030 in 8.9 GW di impianti c.d. utility-scale, nello specifico pompaggi idroelettrici e accumuli elettrochimici con E/P=8h.

In particolare, gli impianti di pompaggio costituiscono una risorsa strategica per il sistema elettrico, stante la capacità di fornire – in tempi rapidi – servizi pregiati di regolazione di frequenza e tensione, nonché di fornire un contributo significativo all'inerzia del sistema, potendo quindi contribuire significativamente in termini di adeguatezza, qualità e sicurezza del sistema elettrico nazionale.

L'iniziativa di Edison è inoltre coerente con le esigenze di Terna, che ritiene indispensabile la realizzazione di ulteriore capacità di accumulo idroelettrico e/o elettrochimico in grado di contribuire alla sicurezza e all'inerzia del sistema attraverso la fornitura di servizi di rete (regolazione di tensione e frequenza) e di garantire la possibilità di immagazzinare l'energia prodotta da fonti rinnovabili non programmabili quando questa è in eccesso rispetto alla domanda o alle capacità fisiche di trasporto della rete, minimizzando/eliminando le inevitabili situazioni di congestione; un maggior apporto di accumulo, segnatamente accumulo idroelettrico, è indispensabile per un funzionamento del sistema elettrico efficiente ed in sicurezza.

Infatti, le variazioni del contesto, incremento FER (Fonti Energetiche Rinnovabili) e contestuale dismissione di impianti termoelettrici poco efficienti, causano già oggi, e ancor di più in futuro, significativi impatti sulle attività di gestione della rete che sono riconducibili principalmente a caratteristiche tecniche di questi impianti, alla loro non programmabilità e alla loro localizzazione spesso lontana da centri di consumo, causando un aumento delle situazioni di congestione sulla rete di trasmissione.

Il pompaggio fornirà servizi 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 solare/eolico) e potrà così contribuire anche alla riduzione delle congestioni di rete.

3 TUTELE E VINCOLI PRESENTI NELL'AREA DI PROGETTO

In Figura 3.1 si riporta un inquadramento territoriale in scala 1:25.000 delle opere a progetto.

3.1 TUTELA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA – PIANO REGIONALE PER LA QUALITÀ DELL'ARIA AMBIENTE (PRQA)

Il Decreto Legislativo 155/2010, con le modifiche introdotte dal Decreto Legislativo 250/2012, costituisce il quadro normativo di riferimento per la valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente.

Il Decreto recepisce nell'ordinamento giuridico nazionale le disposizioni comunitarie incluse nella Direttiva 2008/50/CE “relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa” e nella direttiva 2004/107/CE “concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente”.

Il Decreto istituisce un quadro normativo unitario in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente finalizzato a:

- a. individuare obiettivi di qualità dell'aria ambiente volti a evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- b. valutare la qualità dell'aria ambiente sulla base di metodi e criteri comuni su tutto il territorio nazionale;
- c. ottenere informazioni sulla qualità dell'aria ambiente come base per individuare le misure da adottare per contrastare l'inquinamento e gli effetti nocivi dell'inquinamento sulla salute umana e sull'ambiente e per monitorare le tendenze a lungo termine, nonché i miglioramenti dovuti alle misure adottate;
- d. mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove buona, e migliorarla negli altri casi;
- e. garantire al pubblico le informazioni sulla qualità dell'aria ambiente;
- f. realizzare una migliore cooperazione tra gli Stati dell'Unione europea in materia di inquinamento atmosferico.

Ai fini della valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente il decreto stabilisce:

- ✓ i valori limite per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo e PM₁₀;
- ✓ i livelli critici per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e ossidi di azoto;
- ✓ le soglie di allarme per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e biossido di azoto;
- ✓ il valore limite, il valore obiettivo, l'obbligo di concentrazione dell'esposizione e l'obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione per le concentrazioni nell'aria ambiente di PM_{2,5};
- ✓ i valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene.

La Giunta Regionale, con Delibera No. 52/19 del 10/12/2013 ha provveduto al riesame della zonizzazione e classificazione delle zone della Sardegna, attraverso il documento “Zonizzazione e classificazione del territorio regionale”.

La Regione Sardegna, inoltre, ha approvato, con Delibera Regionale No. 1/3 del 10 Gennaio 2017, il Piano Regionale per la Qualità dell'Aria (PRQA) con lo scopo sia di ridurre le emissioni dei parametri inquinati specifici in materia di qualità dell'aria (polveri sottili, ossidi di azoto, benzene, benzo(a)pirene, IPA ecc.), sia di ridurre il consumo di risorse e di limitare anche le emissioni di climalteranti.

Il Piano Regionale di qualità dell'aria ambiente è stato predisposto dal Servizio Tutela dell'Atmosfera e del territorio dell'Assessorato della difesa dell'ambiente, a partire dal documento elaborato nell'ambito del progetto “PO FESR 2007-2013 Linea di attività 4.1.2a Aggiornamento della rete di monitoraggio della qualità dell'aria e delle emissioni in atmosfera”.

Tale Piano ottempera a uno specifico obbligo della Regione Sardegna. La vigente normativa nazionale assegna infatti alle Regioni e alle Province Autonome le competenze del monitoraggio della qualità dell'aria e della pianificazione delle azioni per il risanamento delle zone con livelli di concentrazione superiori ai valori limite. Il PRQA della Regione Sardegna si inserisce in un quadro di riferimento, nazionale e internazionale, in evoluzione e nel quale dalla stipula del Protocollo di Kyoto in poi si delineano gli elementi di una politica ambientale più consapevole, che individua nei limiti della capacità di carico del pianeta la necessità di una radicale inversione di tendenza, sia nell'approvvigionamento dalle fonti energetiche, sia nell'uso e nel risparmio dell'energia stessa.

3.1.1 Sintesi delle Strategie del Piano

Obiettivo principale del PRQA è il conseguimento del rispetto dei limiti di legge per quegli inquinanti. Il PRQA si pone l'obiettivo di innescare un meccanismo virtuoso che coinvolga i più larghi settori possibili di popolazione e categorie e che, facendo leva sugli strumenti normativi, tecnologici e finanziari già esistenti e su quelli introdotti dal Piano stesso, permetta un approccio alla problematica dell'inquinamento atmosferico inclusivo, fondato non solo sulla politica del comando e controllo ma piuttosto sul dialogo tra i diversi portatori di interesse, nella certezza che solo un maggiore livello di consapevolezza e responsabilità ambientale possa condurre a risultati positivi e duraturi.

Al fine di evitare inefficaci interventi “a pioggia”, il Piano ha concentrato le risorse economiche disponibili su un numero di misure di risanamento mirate, articolate secondo quattro linee di intervento generali:

- ✓ miglioramento della mobilità nelle aree urbane;
- ✓ riduzione delle emissioni da impianti industriali;
- ✓ sviluppo delle politiche di educazione e comunicazione ambientale;
- ✓ interventi per l'edilizia.

Sono inoltre state introdotte un ampio numero di misure che non prevedono impegno finanziario. Misure di carattere prescrittivo possono infatti avere impatti positivi in termini di riduzione delle emissioni, soprattutto nel campo della mobilità urbana e dell'educazione ambientale.

Il 15 settembre 2010 è entrato in vigore il Decreto Legislativo 13 Agosto 2010, No. 155, recante “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa” (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale No. 216/2010), che introduce importanti novità nell'ambito del complesso e stratificato quadro normativo in materia di qualità dell'aria in ambiente, a partire dalla metodologia di riferimento per la caratterizzazione delle zone (zonizzazione), quale presupposto di riferimento e passaggio decisivo per le successive attività di valutazione della qualità dell'aria e di pianificazione regionale.

Con l'entrata in vigore di tale Decreto vengono abrogati, tra gli altri, il D. Lgs. 4 Agosto 1999, No. 351, il D. Lgs. 21 Maggio 2004, No. 183, ed il D. Lgs. 3 Agosto 2007, No. 152 e le relative disposizioni attuative.

La normativa previgente prevedeva che le Regioni effettuassero una valutazione preliminare della qualità dell'aria al fine di suddividere il territorio in zone omogenee di concentrazione degli inquinanti indicati dal DM 60/02.

La Regione Sardegna, nell'ambito della “Valutazione della Qualità dell'aria ambiente ed adozione della classificazione del territorio regionale, ai sensi degli art. 6,7,8 e 9 del D.Lgs No. 351/99 e del D.M. No. 261/02” aveva definito la zonizzazione del proprio territorio con la Deliberazione di Giunta Regionale No. 55/6 del 29 Novembre 2005 con la quale erano state individuate le zone e gli agglomerati del territorio Regionale dove i livelli di uno o più inquinanti potevano comportare il rischio di superamento dei valori limite e delle soglie d'allarme e quelli dove i livelli degli inquinanti risultavano inferiori ai valori limite e tali da non comportare il rischio di superamento degli stessi.

La nuova disciplina, introdotta in attuazione della direttiva 2008/50/CE, definisce la zonizzazione del territorio quale “presupposto su cui si organizza l'attività di valutazione della qualità dell'aria in ambiente” e fornisce alle regioni ed alle province autonome precisi indirizzi, criteri e procedure per poter provvedere all'adeguamento delle zonizzazioni territoriali allo stato vigenti tramite l'elaborazione e l'adozione di un progetto di zonizzazione: ciascuna zona, o agglomerato, viene quindi classificata allo scopo di individuare le modalità di valutazione, mediante misurazioni e mediante altre tecniche, in conformità alle disposizioni dettate dal decreto stesso.

Inoltre, l'art. 1, comma 4, lettera d), del D. Lgs 155/2010 stabilisce quanto segue: “la zonizzazione del territorio richiede la previa individuazione degli agglomerati e la successiva individuazione delle altre zone. Gli agglomerati sono individuati sulla base dell'assetto urbanistico, della popolazione residente e della densità abitativa. Le altre zone sono individuate, principalmente, sulla base di aspetti come il carico emissivo, le caratteristiche orografiche, le caratteristiche meteo-climatiche e il grado di urbanizzazione del territorio, al fine di individuare le aree in cui uno o più di tali aspetti sono predominanti nel determinare i livelli degli inquinanti e di accorpate tali aree in zone contraddistinte dall'omogeneità degli aspetti predominanti”.

L'art. 2, comma 1, lett f) del D. Lgs. 155/2010 definisce agglomerato “zona costituita da un'area urbana o da un insieme di aree urbane che distano tra loro non più di qualche chilometro oppure da un'area urbana principale e dall'insieme delle aree urbane minori che dipendono da quella principale sul piano demografico, dei servizi e dei flussi di persone e merci, avente:

- ✓ una popolazione superiore a 250,000 abitanti oppure;
- ✓ una popolazione inferiore a 250,000 abitanti e una densità di popolazione per km² superiore a 3,000 abitanti.”

L' Appendice I del Decreto recita inoltre: *“esiste un agglomerato in due casi:*

- ✓ *se vi è un'area urbana oppure un insieme di aree urbane che distano tra loro non più di qualche chilometro, con la popolazione e/o la densità di popolazione previste dal presente decreto.*
- ✓ *se vi è un'area urbana principale ed un insieme di aree urbane minori che dipendono da quella principale sul piano demografico e dei servizi, con la popolazione e/o la densità di popolazione previste dal presente decreto”.*

Per il processo di individuazione delle zone si è proceduto distintamente alla valutazione degli inquinanti primari e degli inquinanti secondati. Per quanto attiene agli inquinanti primari (piombo, monossido di carbonio, ossidi di zolfo, benzene, benzo(a)pirene e metalli), la zonizzazione è stata effettuata sulla base del carico emissivo, mentre per gli inquinanti con prevalente o totale natura secondaria (ossidi di azoto, ozono, materiale particolato PM₁₀ e PM_{2,5}) è stata effettuata preliminarmente un'analisi delle caratteristiche orografiche e meteo-climatiche, del carico emissivo e del grado di urbanizzazione del territorio, al fine di individuare le aree in cui una o più di tali caratteristiche risultassero predominanti nel determinare i livelli degli inquinanti.

- ✓ Alla luce di quanto sopra esposto ed in riferimento alla citata Delibera Regionale No.52/19 del 10 Dicembre 2013, la Regione Sardegna ha deliberato:
 1. di approvare il progetto di “Zonizzazione del territorio e classificazione di zone e agglomerati” in adeguamento alle disposizioni del decreto legislativo 13 Agosto 2010, No.144 di cui agli allegati A, B e C;
 2. di attribuire, sulla base del Decreto dell'ex Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del mare del 23 Febbraio 2011, alle zone e agli agglomerati descritti negli allegati A, B e C i seguenti codici:
 - a. IT2007 – Agglomerato di Cagliari;
 - b. IT2008 – Zona Urbana;
 - c. IT 2009 – Zona Industriale;
 - d. IT2010 – Zona Rurale;
 - e. IT2011 – Zona Ozono
 3. di approvare l'elenco dei Comuni con l'attribuzione delle zone o agglomerati a cui essi appartengono di cui all'Allegato B e come rappresentato nell'Allegato C;
 4. di prendere atto della valutazione della qualità dell'aria del territorio regionale con riferimento al quinquennio 2007-2011, riportata nel paragrafo 3 dell'Allegato A.

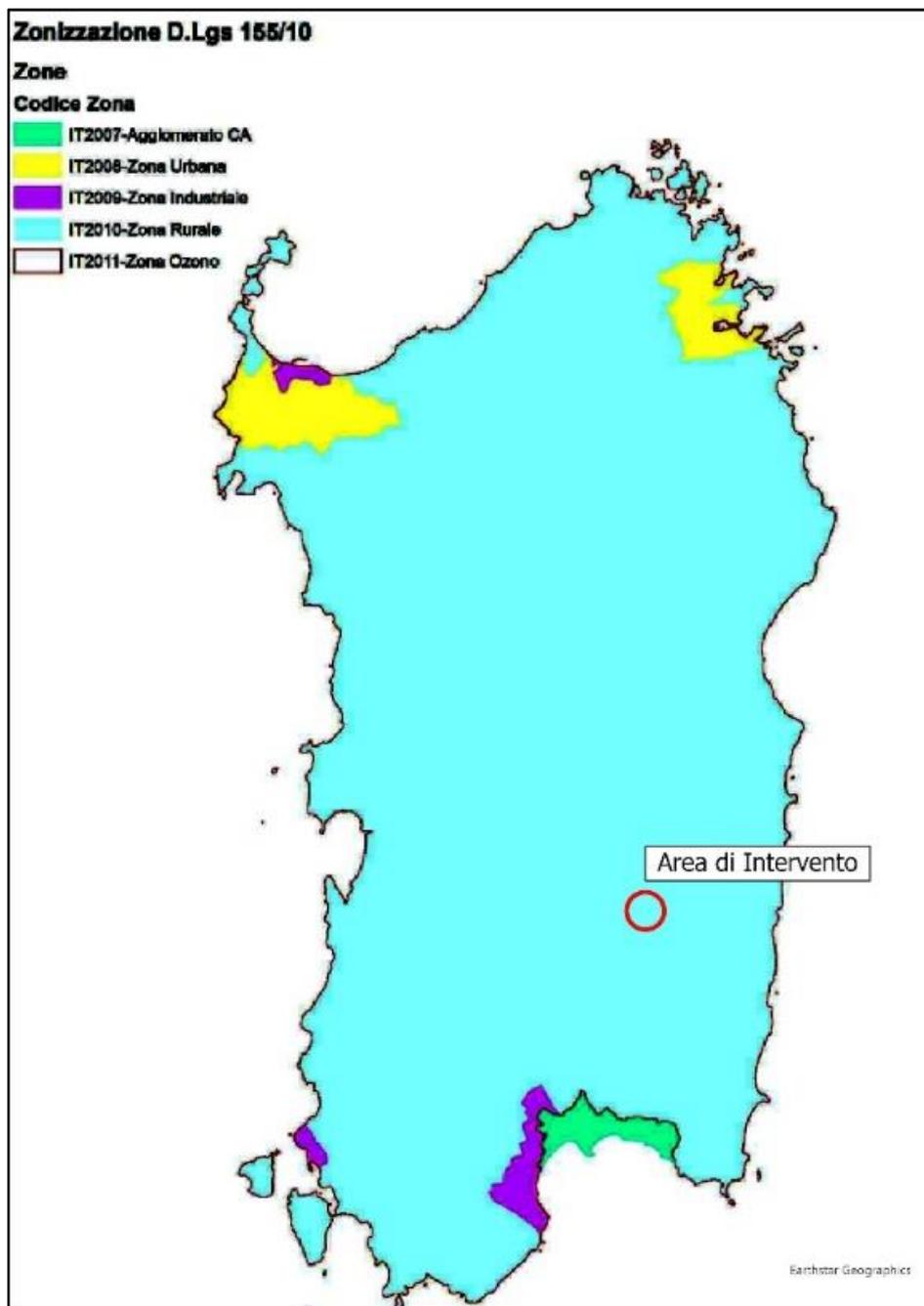


Figura 3.1: Zonizzazione della Regione Sardegna ai sensi del D. Lgs. 155/2010

L'ARPAS è il soggetto competente a gestire la rete di misura della qualità dell'aria. Il trasferimento della rete all'ARPAS è avvenuto nel corso del 2008, anno in cui sono state trasferite dalle Province all'ARPAS la gestione della rete di misura.

Con Delibera di Giunta Regionale del 7 Novembre 2017 No. 50/18, è stato approvato il “Progetto di adeguamento della rete Regionale di misura della qualità dell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs No. 155 del 13 Agosto 2010”. Il progetto prevede l'adeguamento della rete Regionale di misura sulla base dei criteri stabiliti dal D.Lgs. No. 155/2010 attraverso la razionalizzazione della rete attuale e, nel contempo, la dismissione delle stazioni che non risultano più

conformi ai criteri localizzativi dettati dal suddetto decreto e, laddove necessario, l'implementazione della strumentazione di misura al fine di adeguare le stazioni ai criteri previsti dalla norma.

Attualmente la rete di monitoraggio della qualità dell'aria (Figura seguente) è costituita da 33 centraline dislocate nel territorio regionale, in base alla zonizzazione ai sensi del DGR 52/19 del 2013. La rete delle centraline si completa con un centro operativo (C.O.T.) di acquisizione ed elaborazione dati ubicato presso la Direzione Tecnico-Scientifica dell'ARPAS. I dati vengono trasferiti in tempo reale al sistema informativo regionale ambientale (S.I.R.A.).

Gli inquinanti monitorati sono:

- ✓ PM₁₀, PM_{2.5};
- ✓ B(a)P, Benzene, Piombo;
- ✓ SO_x, NO₂, NO_x;
- ✓ CO, Ozono, Arsenico, Cadmio, Nichel
- ✓ COVNM



Figura 3.2: Localizzazione delle Centraline distribuite sul Territorio Regionale

3.1.2 Relazione con il Progetto

Come riportato nel Delibera Regionale No.52/19 del 10/12/2013, in cui si riporta la Zonizzazione Regionale, l'area di interesse ricadente nel Comune di Esterzili, rientra nella ZONA IT2010 (zona rurale) e IT2011 (zona per l'ozono). La superficie comunale è 100.5 km² e la sua popolazione di 577 abitanti con una densità abitativa di circa 5.73 ab/km².

La stazione di monitoraggio più vicina al sito di progetto risulta essere “CENSE0”, ubicata nel Complesso Forestale del Sarcidano nella zona di Seulo (circa 20 km a Nord-Ovest del sito di intervento).

In riferimento alla relazione annua sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021, la qualità dell'aria con riferimento agli inquinanti principali (NO_x e PM₁₀) è in base alle misure rilevate buona, senza superi di normativa in relazione alla protezione della salute umana.

Il Piano non presenta elementi vincolanti specifici per l'opera a progetto.

3.2 PIANO DI BACINO

3.2.1 Piano di Gestione delle Acque – Distretto Idrografico della Sardegna

Il Piano di Gestione, previsto dalla Direttiva quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE) rappresenta lo strumento operativo attraverso il quale si devono pianificare, attuare e monitorare le misure per la protezione, il risanamento e il miglioramento dei corpi idrici superficiali e sotterranei e agevolare un utilizzo sostenibile delle risorse idriche. Nello specifico la Direttiva 2000/60/CE mira a:

- ✓ impedire un ulteriore deterioramento, proteggere e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici e degli ecosistemi terrestri e delle zone umide direttamente dipendenti dagli ecosistemi acquatici sotto il profilo del fabbisogno idrico;
- ✓ agevolare un utilizzo idrico sostenibile fondato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili;
- ✓ mirare alla protezione rafforzata al miglioramento dell'ambiente acquatico, anche attraverso misure specifiche per la graduale riduzione degli scarichi, delle emissioni e delle perdite di sostanze pericolose prioritarie;
- ✓ assicurare la graduale riduzione dell'inquinamento delle acque sotterranee ed impedirne l'aumento;
- ✓ contribuire a mitigare gli effetti delle inondazioni e delle siccità.

La Direttiva 2000/60/CE è stata recepita in Italia con il D.lgs. 152/2006 che suddivide il territorio nazionale in 8 Distretti Idrografici, tra i quali il Distretto Idrografico della Sardegna che coincide con l'intero territorio regionale.

La Direttiva prevede per il Piano di Gestione, un processo di revisione continua da ripetersi ogni sei anni. La Direttiva stabilisce inoltre che gli Stati membri devono promuovere la partecipazione attiva di tutte le parti interessate all'attuazione della Direttiva stessa, in particolare all'elaborazione, al riesame e all'aggiornamento dei piani di gestione dei bacini idrografici.

Nel Distretto Idrografico della Sardegna il primo Piano di Gestione è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale con Delibera No.1 del 25 Febbraio 2010. Successivamente, con Delibera No.1 del 3 Giugno 2012, è stata adottata la prima revisione del Piano di Gestione per tener conto dei risultati delle consultazioni pubbliche e delle prescrizioni derivanti dal procedimento di Valutazione Ambientale Strategica.

Il Piano di Gestione Acque del Distretto Idrografico della Sardegna ha già visto la realizzazione di due cicli:

- ✓ il I Ciclo (2009 - 2015), adottato con Delibera No.1 del 3 Giugno 2010 ed approvato con DPCM del 17 Maggio 2013;
- ✓ il II Ciclo (2015-2021), approvato con DPCM del 27 Ottobre 2016 e pubblicato sulla G.U. No.25 del 31 Gennaio 2017.

Il 21 Dicembre 2021, con Delibera No.16, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ha adottato il secondo riesame e aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna (terzo ciclo di pianificazione 2021-2027), ai fini delle successive procedure di approvazione, previste dalla L.R. 19/2006 e dall'art. 66 del D.Lgs 152/2006.

In particolare, l'11 Febbraio 2022, a conclusione dell'iter di richiesta del parere della competente Commissione del Consiglio Regionale della Sardegna previsto dall'art. 9 della L.R. 19/2006, con Delibera No. 2 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale della Sardegna ha adottato il Riesame e aggiornamento del Piano di

Gestione del distretto Idrografico della Sardegna – Terzo Ciclo di pianificazione 2021-2027, ai fini del successivo iter di approvazione finale in sede statale ai sensi dell’art. 66 del D.Lgs 152/2006.

La Direttiva Quadro Acque, Dir. 2000/60/CE (DQA) prevede che le analisi delle caratteristiche del distretto (l’esame dell’impatto delle attività umane sulle acque, il piano di gestione ed i programmi di misure) siano periodicamente riesaminati ed aggiornati. Tale approccio dinamico alla pianificazione determina un processo in continua evoluzione che tiene conto delle modificate condizioni di contesto, dello stato di attuazione del programma di misure e della sua efficacia. Le eventuali criticità riscontrate in fase di riesame determinano la necessità di misure correttive e/o integrative dando così luogo ad una nuova versione del Piano che, a sua volta, determina un processo iterativo di aggiornamento ed ottimizzazione dello stesso per un progressivo avvicinamento agli obiettivi ambientali prefissati. In tal senso costituiscono elementi fondamentali per l’aggiornamento del PdG e del suo quadro conoscitivo di riferimento:

- ✓ l’evoluzione del contesto territoriale e socioeconomico del Distretto;
- ✓ il riesame della caratterizzazione dei corpi idrici;
- ✓ le integrazioni metodologiche all’analisi delle pressioni significative;
- ✓ le risultanze delle attività di monitoraggio che forniscono elementi sia per la classificazione dello stato qualitativo dei corpi idrici che, combinando le informazioni derivanti dall’analisi delle pressioni, per indagare sulle possibili cause di fallimento degli obiettivi;
- ✓ lo stato di attuazione delle misure e le conseguenti valutazioni in merito all’efficacia delle previgenti strategie di Piano.
- ✓ Analogamente a quanto già accaduto per il II Ciclo del Piano, il processo di aggiornamento avviato per la redazione del III Ciclo si contraddistingue per un maggiore livello di “confidenza” con quanto previsto dalla Direttiva 2000/60/CE, anche per l’attuazione di un insieme di strumenti normativi e linee guida che recepiscono in ambito nazionale la stessa Direttiva.

In questa ottica, il riesame e l’aggiornamento del piano di gestione del distretto idrografico della Sardegna, come riportato nella Relazione Generale, ha riguardato:

- ✓ descrizione generale delle caratteristiche del Distretto Idrografico della Sardegna;
- ✓ analisi delle pressioni e degli impatti significativi esercitati dalle attività umane;
- ✓ un aggiornamento dello stato di qualità ambientale dei corpi idrici e delle reti di monitoraggio all’uopo attivate;
- ✓ aggiornamento degli obiettivi di qualità ambientale, delle condizioni di rischio di non raggiungimento degli stessi e delle situazioni di deroghe agli obiettivi della Direttiva;
- ✓ un aggiornamento dell’analisi economica sull’utilizzo idrico del Distretto Idrografico della Sardegna;
- ✓ pianificazione e gestione delle Risorse Idriche;
- ✓ aggiornamento delle specificazioni delle aree protette del Distretto Idrografico della Regione Sardegna;

3.2.1.1 Inquadramento e Finalità del Piano

Il Piano di Gestione delle Acque, a valle dell’azione conoscitiva e di caratterizzazione del sistema distretto, indica le azioni (misure), strutturali e non strutturali, che consentano di conseguire lo stato ambientale “buono” che la direttiva impone.

In questo scenario, il Piano (I Ciclo), costituisce un primo strumento organico ed omogeneo con il quale è stata impostata l’azione di governance della risorsa idrica a scala distrettuale.

Tale Piano, secondo la cadenza sessennale fissata dalla Direttiva, deve essere soggetto a revisione ed aggiornamento, al fine di verificare se e come attuare ulteriori misure atte a tutelare, migliorare e salvaguardare lo stato ambientale complessivo della risorsa idrica in ambito di Distretto, oltre che a garantire la sostenibilità di lungo periodo del sistema delle pressioni antropiche agenti sul patrimonio idrico di distretto.

Ad oggi è vigente Piano di Gestione Acque II FASE (CICLO 2015-2021), redatto nel 2016 approvato con D.P.C.M. il 27 Ottobre 2016 “Approvazione del secondo Piano di Gestione delle acque del distretto idrografico della Sardegna”, pubblicato in G.U. No.25 del 31 Gennaio 2017” e, come indicato in precedenza, il 21 Dicembre 2021, con Delibera No.16, il Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino ha adottato il secondo riesame e aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna (terzo ciclo di pianificazione 2021-2027), ai fini delle successive procedure di approvazione, previste dalla L.R. 19/2006 e dall’art. 66 del D.Lgs. 152/2006.

Il Piano di Gestione Acque, ad oggi elaborato, costituisce soprattutto un percorso tecnico/metodologico-operativo dinamico, tale da poter essere costantemente aggiornabile.

Gli obiettivi generali del Piano di Gestione sono fissati dalla Direttiva 2000/60/CE all'art. 1 ed all'art. 4 (obiettivi ambientali).

In generale le misure di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei previste dal Piano di Gestione delle Acque sono volte a:

- ✓ prevenire il deterioramento nello stato dei corpi idrici;
- ✓ raggiungere il buono stato ecologico e chimico per i corpi idrici superficiali artificiali o fortemente modificati;
- ✓ ridurre progressivamente l'inquinamento causato dalle sostanze pericolose prioritarie e l'arresto o eliminazione graduale delle emissioni, degli scarichi e perdite di sostanze pericolose nei corpi idrici superficiali;
- ✓ prevenire o limitare l'immissione di inquinanti nelle acque sotterranee;
- ✓ conformarsi agli obiettivi per le aree protette.

3.2.1.2 Relazione con il progetto

Il progetto in esame, che prevede lo spostamento di volumi di acqua dal bacino inferiore a quello superiore e viceversa, non comporta attività che possano causare il deterioramento dello stato chimico dei corpi idrici interessati. Per ciò che riguarda l'area di cantiere ubicata a ridosso del bacino idrico del Flumendosa, si specifica che saranno attrezzate adeguatamente per ridurre l'eventuale torbidità generata in fase di realizzazione delle opere, al fine di minimizzare le eventuali interferenze con l'invaso esistente.

3.2.2 Piano di Tutela delle Acque

Il Piano di Tutela Acque è uno strumento conoscitivo e programmatico che si pone come obiettivo l'utilizzo sostenibile della risorsa idrica.

Il Piano di Tutela delle Acque, oltre agli interventi volti a garantire il raggiungimento o il mantenimento degli obiettivi, le misure necessarie alla tutela qualitativa e quantitativa del sistema idrico, contiene: i risultati delle attività conoscitive; l'individuazione degli obiettivi ambientali e per specifica destinazione, l'elenco dei corpi idrici a specifica destinazione e delle aree richiedenti specifiche misure di prevenzione dall'inquinamento e di risanamento; le misure di tutela qualitative e quantitative tra loro integrate e coordinate per bacino idrografico; il programma di attuazione e verifica dell'efficacia degli interventi previsti.

L'area di intervento è ubicata nel Comune di Esterzili (CA).

3.2.2.1 Inquadramento e Finalità del Piano

Il Piano di Tutela delle Acque (PTA), introdotto dal D. Lgs. 152/2006, è l'atto che disciplina il governo delle acque sul territorio. Strumento dinamico di conoscenza e pianificazione, che ha come obiettivo la tutela integrata degli aspetti qualitativi e quantitativi delle risorse idriche, al fine di perseguirne un utilizzo sano e sostenibile.

La Legge della Regione Autonoma della Sardegna No. 14/2000, nell'art. 2, ha dato incarico all'Assessorato della Difesa dell'Ambiente di redigere il Piano di Tutela delle Acque, di cui all'art. 44 del D. Lgs. 11 maggio 1999, No. 152 e s.m.i., con la partecipazione delle province e dell'Autorità d'Ambito.

Lo sviluppo del Piano è partito da un quadro conoscitivo sulle risorse idriche derivato dal PRRA, strumento che ha già consentito un notevole risanamento e ad una protezione di determinati corpi idrici.

Tra gli obiettivi del presente Piano vi è anche quello di tener conto, ove possibile, di quanto previsto dalla Direttiva 2000/60/CE riguardo al Piano di Gestione dei Bacini Idrografici (All. VII), del quale il PTA rappresenta una importante anticipazione.

Finalità fondamentale del Piano di Tutela delle Acque è quella di costituire uno strumento conoscitivo, programmatico, dinamico attraverso azioni di monitoraggio, programmazione, individuazione di interventi, misure, vincoli, finalizzati alla tutela integrata degli aspetti quantitativi e qualitativi della risorsa idrica. Questo nell'idea fondativa secondo la quale solo con interventi integrati che agiscono sugli aspetti quantitativi, non limitandosi i soli aspetti qualitativi, possa essere garantito un uso sostenibile della risorsa idrica, per il perseguimento dei seguenti obiettivi:

- ✓ raggiungimento o mantenimento degli obiettivi di qualità fissati dal D.Lgs. 152/99 e suoi collegati per i diversi corpi idrici ed il raggiungimento dei livelli di quantità e di qualità delle risorse idriche compatibili con le differenti destinazioni d'uso;
- ✓ recupero e salvaguardia delle risorse naturali e dell'ambiente per lo sviluppo delle attività produttive ed in particolare di quelle turistiche; tale obiettivo dovrà essere perseguito con strumenti adeguati particolarmente negli ambienti costieri in quanto rappresentativi di potenzialità economiche di fondamentale importanza per lo sviluppo regionale;
- ✓ raggiungimento dell'equilibrio tra fabbisogni idrici e disponibilità, per garantire un uso sostenibile della risorsa idrica, anche con accrescimento della disponibilità idriche attraverso la promozione di misure tese alla conservazione, al risparmio, al riutilizzo ed al riciclo delle risorse idriche.

La Regione Autonoma della Sardegna ha approvato, su proposta dell'Assessore della Difesa dell'Ambiente, il Piano di Tutela delle Acque (PTA), con Deliberazione della Giunta Regionale No. 14/16 del 4 Aprile 2006.

3.2.2.2 [Relazione con il Progetto](#)

L'area di interesse ricade all'interno dell'U.I.O. No.15 “Flumendosa” ed in particolare nel bacino principale omonimo “Fiume Flumendosa” di questa unità che si estende per una superficie di 1,841.77 km², in prossimità del Medio Flumendosa (Flumendosa a Nuraghe Arrubiu).

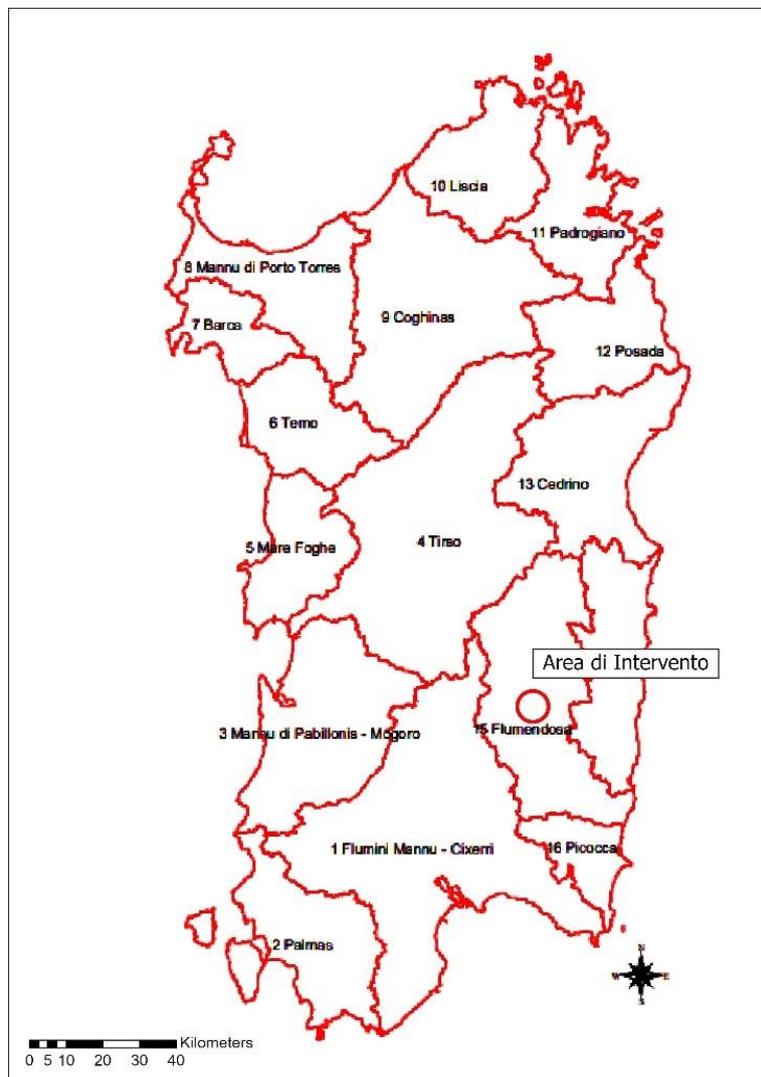


Figura 3.3: Unità Idrografiche Omogenee del PTA

L'area di interesse del progetto rientra nel Bacino idrografico del Flumendosa. Tale Bacino ricade sotto la competenza dell'Autorità di Bacino della Regione Autonoma della Sardegna.

Il Bacino di valle, in particolare, nel quale sarà ubicata l'opera di presa che fornirà la risorsa idrica necessaria all'operatività dell'impianto, è costituito dal corpo idrico artificiale Invaso “Lago del Flumendosa”.

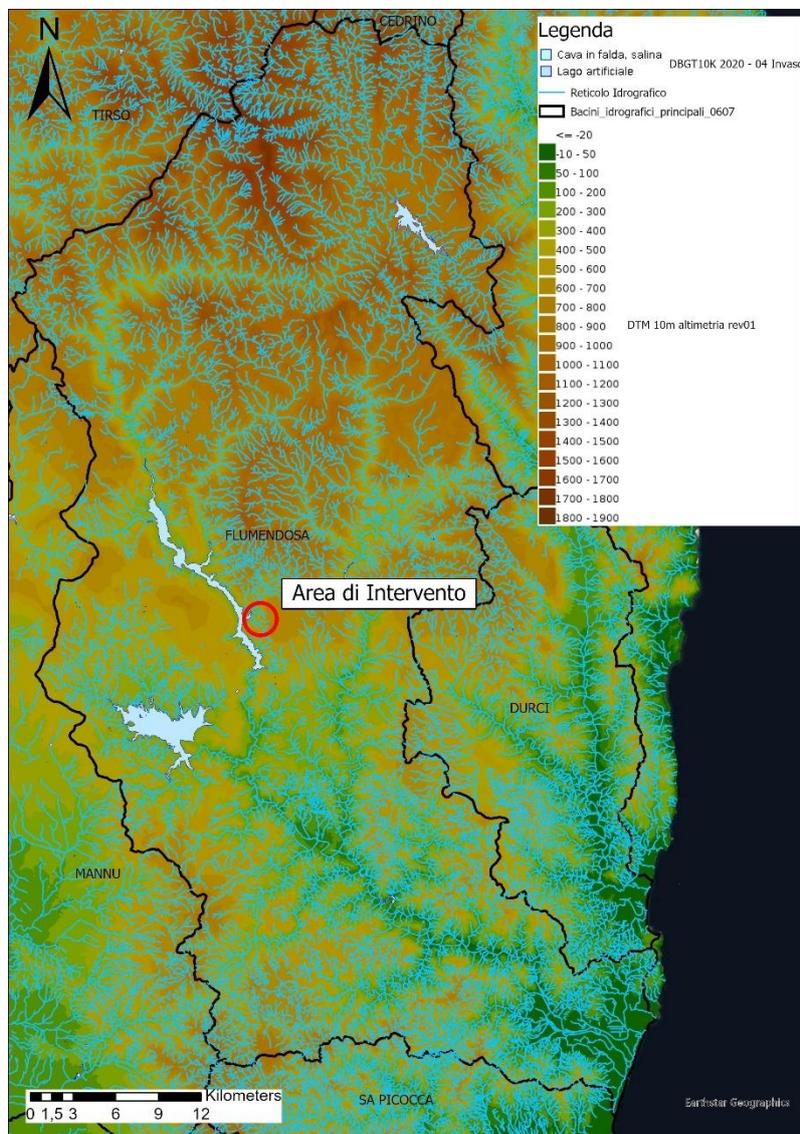


Figura 3.4: Bacino Idrografico del Flumendosa

Per quanto riguarda le aree individuate dal PTA che richiedono specifiche misure di prevenzione si evidenzia che l'area di progetto ricade nell'area sensibile No.99 “Fiume Flumendosa a Lago del Medio Flumendosa”, come mostrato nella seguente figura, da cui si evince, inoltre, che il Fiume Flumendosa è inserito dal PTA tra i “Corpi Idrici Sensibili”. La Figura costituisce uno stralcio relativo dall'area di interesse per il progetto della Tav. No.2 “Aree sensibili designate ai sensi della Direttiva No. 91/271/CEE”, così come aggiornata dal Piano di Gestione del Distretto Idrografico (PGDI) della Sardegna nell'Allegato 5 alla cartografia del PGDI – Secondo ciclo di pianificazione – 2015 (Regione Sardegna, 2016).

All'art. 26 della normativa di Piano sono riportate le “Misure per la tutela delle aree sensibili” che riguardano esclusivamente i comparti fognario-depurativo e zootecnico.



Figura 3.5: Area sensibile Fiume Flumendosa a Lago del Medio Flumendosa (Regione Sardegna (a), 2016)

Integrando gli strati informativi relativi alla mappa della vulnerabilità da Nitrati di cui alla Tav. 9 degli allegati al PTA si può notare come l'area di intervento non ricade in zone caratterizzate da vulnerabilità ai nitrati.

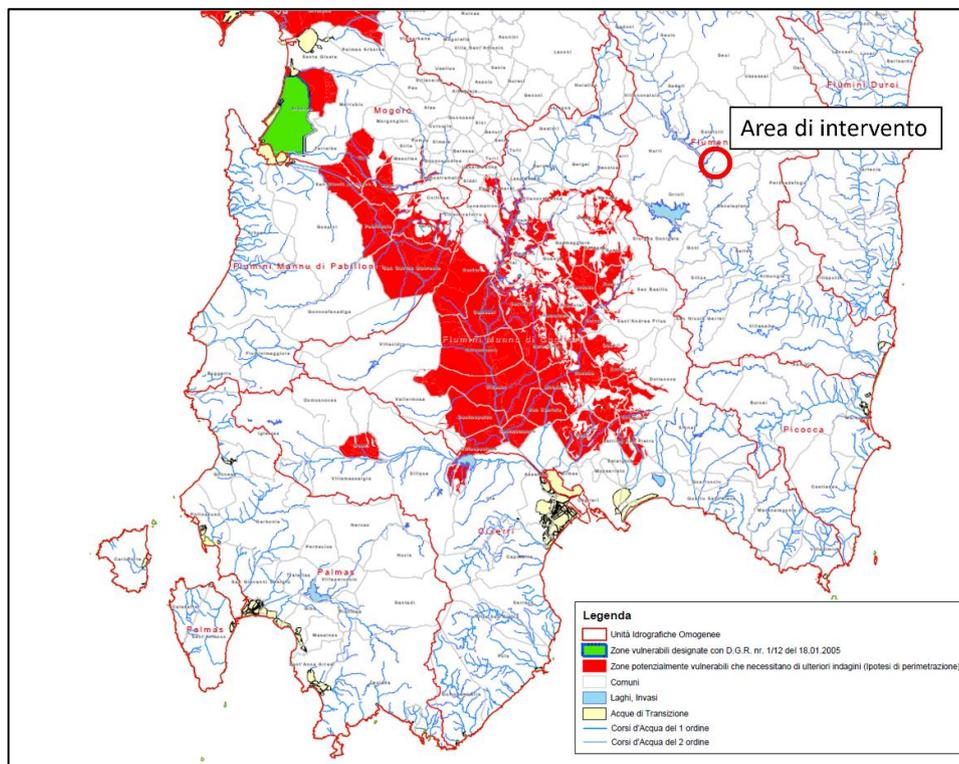


Figura 3.6: Vulnerabilità ai Nitrati

Dall'analisi della suddetta normativa non si rilevano pertanto elementi in contrasto con le opere a progetto in quanto l'acqua dell'invaso esistente sarà semplicemente movimentata fra i bacini, senza modificarne le caratteristiche di qualità. In generale, l'intervento previsto non risulta in contrasto con le previsioni e gli obiettivi del PTA.

3.2.3 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino Unico Regionale PAI, è redatto ai sensi della Legge No. 183/1989 e del Decreto-legge No. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica ed integrazione.

Il PAI è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Il PAI è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna No. 67 del 10 Luglio 2006.

Con Decreto del Presidente della regione No. 121 del 10 Novembre 2015 pubblicato sul BURAS No. 58 del 19 Dicembre 2015, in conformità alla Deliberazione di Giunta Regionale No. 43/2 del 1 Settembre 2015, sono state approvate le modifiche agli articoli 21, 22 e 30 delle Norme di Attuazione del PAI, l'introduzione dell'articolo 30-bis e l'integrazione alle stesse N.A. del PAI del Titolo V recante "Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione del Rischio di alluvioni (PGRA)".

Le Norme di Attuazione sono state successivamente aggiornate con Deliberazione del Comitato Istituzionale No.2 del 17 maggio 2016. L'aggiornamento più recente delle Norme di Attuazione è relativa alla Delibera della Giunta Regionale No. 15 del 22 Novembre 2022 allegato A "Aggiornamento Novembre 2022".

Il 31 Marzo 2022 sul B.U.R.A.S. No.14 del 31/03/2022 sono state pubblicate le determinazioni del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino, ai sensi dell'art.68, commi 4 bis e 4 ter, del D.Lgs. n. 152/2006, sulle proposte di modifiche della perimetrazione e/o classificazione delle aree a pericolosità e rischio dei piani stralcio relativi all'assetto idrogeologico presentate dal Comune di Esterzili.

Nello specifico l'art. 2 della determinazione No.53 del 24 Marzo 2022 e pubblicata sul B.U.R.A.S. il 31 Marzo 2022 al No.14 specifica che le aree di pericolosità e idraulica e da frana in territorio comunale di Esterzili sono immediatamente soggette alle Norme di Attuazione del PAI.

3.2.3.1 [Relazione con il Progetto](#)

Secondo la perimetrazione dei bacini sub-idrografici individuata dal PAI, l'area di interesse per il progetto ricade all'interno del Sub-bacino No.7 del Flumendosa-Campidano-Cixerri.



Figura 3.7: PAI – Delimitazione dei Sub-Bacini Regionali Sardi

In base alla cartografia del PAI generale aggiornata a Dicembre 2022 e disponibile sul portale della Regione Sardegna (si veda le Figure Allegate 3.2a e 3.2b) il progetto interessa direttamente:

- ✓ con l’opera di presa del bacino di valle, per un breve tratto della galleria idraulica e l’area di lavoro di valle coincidenti con l’invaso del Lago Flumendosa:
 - un’area a rischio idraulico moderato Ri1,
 - un’area a pericolo idraulico molto elevato Hi4 – P3,
- ✓ con le restanti parti dell’opera a progetto e l’area di lavoro di monte:
 - un’area a rischio geomorfologico moderato Rg1;
 - aree a pericolosità geomorfologica moderata Hg1;
 - un breve tratto di un’area a pericolosità geomorfologica media Hg2,
 - due brevi tratti a pericolosità geomorfologica elevata Hg3.

La Figura Allegata 3.2c mostra invece che l’intera opera a progetto interessa aree a danno potenziale D1.

Si ricorda che anche il Comune di Esterzili ha però effettuato recentemente uno studio di dettaglio nell’area e individuando sul territorio tutte le aree sottoposte a rischio.

In riferimento agli elaborati approvati con Determinazione No. 53 Protocollo No. 2841 del 24 Marzo 2022 e pubblicati sul B.U.R.A.S. No. 14 del 31 Marzo 2022 “Comune di Esterzili – Variante ai sensi dell’art. 37 comma 3 lett.b) delle Norme di Attuazione del PAI, a seguito dello studio di assetto idrogeologico per la perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica e da frana dell’intero territorio comunale” sono state dettagliate tutte le aree comunali soggette a pericolosità/rischio.

Nel particolare l’opera in progetto (comprendendo anche l’area di cantiere) interessa le seguenti aree:

- ✓ relativamente a pericolosità/rischio idraulico:
 - come evidenziato in Figura allegata 3.2d l’opera di presa e l’area di lavoro di valle interesseranno necessariamente Aree classificate a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4) ed elevata (Hi3) in

corrispondenza del Lago Flumendosa e del reticolo idrografico ad esso afferente (principalmente Riu Su Prisoneddo);

- come evidenziato in Figura allegata 3.2e:
 - l’opera di presa e l’area di lavoro di valle interessano aree a pericolosità idraulica elevata Hi3 e molto elevata Hi4,
 - l’area di lavoro di valle interesserà necessariamente Aree classificate come “Fasce 1^a salvaguardia – Art. 30ter delle NTA del PAI” individuate lungo i rivi afferenti al Lago, in particolare il Riu Su Prisoneddo, che è caratterizzato da una fascia leggermente superiore agli altri rivi (circa 50 m);
- ✓ relativamente a pericolosità/rischio geomorfologico:
 - come evidenziato in Figura allegata 3.2f l’opera di presa e l’area di lavoro di valle interesseranno aree classificate a pericolosità di frana “Hg2” (pericolosità media) e “Hg3” (pericolosità elevata) in conseguenza delle forti pendenze dei versanti del Lago. Come evidenziato in Figura il resto del territorio è tutto classificato come zone a rischio moderato (Hg1). Le opere in progetto e l’ area di cantiere non interesseranno invece aree a rischio Molto Elevato.

Il Capo I delle NTA del PAI aggiornate a Novembre 2022 indica al comma 6 dell’art. 23 che “*gli interventi, le opere e le attività ammissibili nelle aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media sono effettivamente realizzabili soltanto:*”

- ✓ a. *se conformi agli strumenti urbanistici vigenti e forniti di tutti i provvedimenti di assenso richiesti dalla legge;*
- ✓ b. *subordinatamente alla presentazione, alla valutazione positiva e all’approvazione dello studio di compatibilità idraulica o geologica e geotecnica di cui agli articoli 24 e 25, nei casi in cui lo studio è espressamente richiesto dai rispettivi articoli nell’ambito del procedimento di approvazione del progetto”.*

Nel comma 8 del medesimo art. 23 delle NTA si precisa che “*anche in applicazione dei paragrafi 3.1.a) e 3.1.b) del D.P.C.M. 29.9.1998, nelle aree di pericolosità idrogeologica sono consentiti esclusivamente gli interventi espressamente elencati negli articoli da 27 a 34 e nelle altre disposizioni delle presenti norme, nel rispetto delle condizioni ivi stabilite comprese quelle poste dallo studio di compatibilità idraulica o geologica e geotecnica, ove richiesto.*”

Il Capo II delle suddette Norme di Attuazione disciplina le aree di pericolosità definendo le normative tecniche vigenti su ciascuna classi di pericolosità. L’Art. 27 disciplina delle aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4) indica quanto segue:

- ✓ Comma 2: “*In materia di patrimonio edilizio pubblico e privato nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente: [...] Lett. i) la realizzazione e l’integrazione di impianti privati di depurazione, di apparecchiature tecnologiche, di impianti per l’impiego di fonti energetiche rinnovabili e per il contenimento dei consumi energetici, unitamente alla realizzazione dei connessi volumi tecnici, a condizione che, con apposita relazione asseverata del tecnico incaricato, si dimostri che si tratta di interventi a servizio di singoli edifici, conformi agli strumenti urbanistici e valutati indispensabili per la funzionalità degli edifici o vantaggiosi dall’autorità competente per la concessione o l’autorizzazione e che le opere non modificano significativamente il regolare deflusso della corrente”;*
- ✓ Comma 3: “*In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico, comprese le opere provvisorie temporanee funzionali agli interventi, nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente: [...] Lett. g) le nuove infrastrutture a rete o puntuali previste dagli strumenti di pianificazione territoriale e dichiarate essenziali e non altrimenti localizzabili; nel caso di condotte e di cavidotti, non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica di cui all’articolo 24 delle presenti norme a condizione che, con apposita relazione asseverata del tecnico incaricato venga dimostrato che gli scavi siano effettuati a profondità limitata ed a sezione ristretta, comunque compatibilmente con le situazioni locali di pericolosità idraulica e, preferibilmente, mediante uso di tecniche a basso impatto ambientale; che eventuali manufatti connessi alla gestione e al funzionamento delle condotte e dei cavidotti emergano dal piano di campagna per un’altezza massima di un metro e siano di ingombro planimetrico strettamente limitato alla loro funzione; che i componenti tecnologici, quali armadi stradali prefabbricati, siano saldamente ancorati al suolo o agli edifici, in modo da evitare scalzamento e trascinarsi, abbiano ridotto ingombro planimetrico e altezza massima strettamente limitata alla loro funzione tecnologica e, comunque, siano tali da non ostacolare, in maniera significativa il deflusso delle acque; che, nelle situazioni di parallelismo, le condotte e i cavidotti non ricadano in alveo, né in area golenale; che il soggetto attuatore provveda a sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese tali elementi qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico”;*

- ✓ Comma 4: “nelle aree a pericolosità idraulica molto elevata resta comunque sempre vietato realizzare:
 - Lett. a) strutture e manufatti mobili e immobili, ad eccezione di quelli a carattere provvisorio o precario indispensabili per la conduzione dei cantieri o specificamente ammessi dalle presenti norme [...],
 - Lett. g): nuovi impianti tecnologici fuori terra ad eccezione dei ripetitori e dei tralicci per il trasporto dell’energia elettrica e di quelli espressamente consentiti dalle presenti norme [...]”;
- ✓ Comma 5bis: “Sono inoltre consentiti le ricerche e i prelievi idrici purchè in tutte le aree pericolose le relative opere siano realizzate, attrezzate e mantenute in modo da non produrre erosione dei suoli, fenomeni di subsidenza o alterazioni permanenti della circolazione idrica naturale e comunque tali da non pregiudicare o aggravare la situazione esistente. Per tali attività, dovranno essere acquisiti tutti i nullaosta o autorizzazioni previste alla normativa di settore”;
- ✓ Comma 6: “Lo studio di compatibilità idraulica indicato all’art. 24 :
 - È richiesto per gli interventi di cui al comma 3, lett. G [...],
 - È richiesto per gli interventi di cui al comma 5bis”.

L’Art. 28 disciplina delle aree di pericolosità idraulica elevata (Hi3) riporta che:

- ✓ comma 1: “Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, nelle aree di pericolosità idraulica elevata sono consentiti tutti gli interventi, le opere e le attività ammessi nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata, alle medesime condizioni stabilite nell’articolo 27”;
- ✓ Comma 7: “in materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico è consentita la realizzazione di tutte le tipologie di sottoservizi a rete”.

L’art. 30 ter delle NTA “identificazione delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia” indica quanto di seguito riportato:

- ✓ Comma 1: “Per i singoli tratti dei corsi d’acqua appartenenti al reticolo idrografico dell’intero territorio regionale di cui all’articolo 30 quater, per i quali non siano state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica, con esclusione dei tratti le cui aree di esondazione sono state determinate con il solo criterio geomorfologico di cui all’articolo 30 bis, quale misura di prima salvaguardia finalizzata alla tutela della pubblica incolumità, è istituita una fascia su entrambi i lati a partire dall’asse, di profondità L variabile in funzione dell’ordine gerarchico del singolo tratto”:

Tabella 3.1: Fascia di salvaguardia

Ordine gerarchico (numero di Horton-Strahler)	Fascia Profondità L (metri)
1	10
2	25
3	50
4	75
5	100
6	150
7	250
8	400

Coerentemente con questa regola nel caso del Riu Su Prisoneddo l’ordine associato è 1 (Fascia 10 m).

Nell’art. 32 “disciplina delle aree di pericolosità elevata da frana (Hg3)” viene indicato quanto segue:

- ✓ comma 1: “Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, nelle aree di pericolosità elevata da frana sono consentiti tutti gli interventi, le opere e le attività ammessi nelle aree di pericolosità molto elevata da frana, alle medesime condizioni stabilite nell’articolo 31”;
 - ✓ Comma 2: “Nelle aree di pericolosità elevata da frana valgono i divieti generali di cui all’articolo 31, comma 4”.
- L’art. 31 che disciplina le aree di pericolosità molto elevata da frana (Hg4) indica a tal proposito che:
- ✓ comma 2: “In materia di patrimonio edilizio pubblico e privato nelle aree di pericolosità molto elevata da frana sono consentiti esclusivamente:
 - [...] lett. l) la realizzazione e l’integrazione di impianti privati di depurazione, di apparecchiature tecnologiche, di impianti per l’impiego di fonti energetiche rinnovabili e per il contenimento dei consumi energetici, unitamente alla realizzazione dei connessi volumi tecnici, a condizione che, con apposita relazione del tecnico incaricato, si dimostri che si tratta di interventi a servizio di singoli edifici residenziali, conformi agli strumenti urbanistici e valutati indispensabili per la funzionalità degli edifici o vantaggiosi dall’autorità competente per la concessione o l’autorizzazione e che le opere non modificano significativamente la situazione ante intervento,
 - lett. m) opere di sistemazione e manutenzione di superfici inedificate o scoperte di edifici esistenti, compresi rampe di accesso, recinzioni, muri a secco, contenimenti in pietrame, terrazzamenti, siepi, impianti a verde, a condizione che con apposita relazione asseverata del tecnico incaricato si dimostri che le opere non modificano significativamente la situazione ante intervento”;
 - ✓ comma 3: “in materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità molto elevata da frana sono consentiti esclusivamente: lett. i) gli ampliamenti, le ristrutturazioni e le nuove realizzazioni di infrastrutture riferibili a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili o non delocalizzabili, a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici [...]”;
 - ✓ Comma 4: “Nelle aree di pericolosità molto elevata da frana resta comunque sempre vietato realizzare: lett. e) e. scavi, riporti e movimenti di terra capaci di aumentare il livello del pericolo e del rischio da frana”;
 - ✓ Comma 5 bis: “Sono inoltre consentiti le ricerche e i prelievi idrici purché in tutte le aree pericolose le relative opere siano realizzate, attrezzate e mantenute in modo da non produrre erosione dei suoli, fenomeni di subsidenza o alterazioni permanenti della circolazione idrica naturale e comunque tali da non pregiudicare o aggravare la situazione esistente. Per tali attività, dovranno essere acquisiti tutti i nullaosta o autorizzazioni previste dalla normativa di settore”;
 - ✓ Comma 6: “Lo studio di compatibilità geologica e geotecnica di cui all’art. 25: [...] lett. d) è richiesto per gli interventi di cui al comma 5 bis e del comma 8”;
 - ✓ comma 6 bis: “Gli interventi di cui al comma 2, lett. l) e m) sono corredati da relazione da parte del tecnico incaricato dal soggetto proponente che assevera motivatamente per il caso specifico il rispetto delle previsioni e finalità delle presenti norme di attuazione”.

L’Art. 33 disciplina delle aree di pericolosità media da frana (Hg3) indica al comma 1 che “nelle aree di pericolosità media da frana sono consentiti tutti gli interventi, le opere e le attività ammessi nelle aree di pericolosità molto elevata ed elevata da frana, alle medesime condizioni stabilite negli articoli 31 e 32”.

L’art. 34 disciplina le aree a pericolosità moderata da frana (Hg1) indica che “fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, nelle aree di pericolosità moderata da frana compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l’uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l’impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi.”

L’art. 41 Norme per le aree di pericolosità PAI/PGRA indica che:

- ✓ comma 1: “nelle aree P3 si applicano le norme tecniche di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) relative alle aree di pericolosità idraulica Hi4, con particolare riferimento all’articolo 27”;
- ✓ comma 4: “Le aree di pericolosità da frana contenute nell’elaborato del PGRA denominato “Atlante delle aree di pericolosità da frana per singolo Comune”, derivanti dal PAI e dagli studi di compatibilità geologica e geotecnica redatti dai Comuni ai sensi del precedente articolo 8 e già approvati dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino, sono soggette alle norme di attuazione del PAI in funzione della pericolosità individuata per la singola area tra Hg1, Hg2, Hg3 e Hg4”.

A livello progettuale si specifica che l'ubicazione delle opere e l'area di cantiere sono state scelte al fine di ridurre al minimo l'interessamento di aree a rischio frana.

In sintesi alle Norme PAI esposte al paragrafo precedente si evidenzia che l'opera necessariamente, per le sue caratteristiche intrinseche, deve essere localizzata in prossimità del Lago Flumendosa, interessando le sue fasce di pericolosità/rischio idraulico. . In particolare l'opera di presa e quindi il relativo cantiere, essendo finalizzata al prelievo dell'acqua sarà costruita nell'alveo stesso del Lago. In rispetto alle Norme sarà predisposta una Relazione di Compatibilità Idraulica, ma è possibile anticipare che essendo le opere esclusivamente sotterranee e considerando il ripristino dell'area di cantiere in condizioni di piena sicurezza, si prevede la piena compatibilità idraulica del progetto. Inoltre sarà predisposta una relazione asseverata del tecnico incaricato che dimostri che si tratta di interventi a servizio di singoli edifici, conformi agli strumenti urbanistici e valutati indispensabili per la funzionalità degli edifici o vantaggiosi dall'autorità competente per la concessione o l'autorizzazione e che le opere non modificano significativamente il regolare deflusso della corrente e la situazione ante intervento, come previsto dalle NTA.

Per quanto riguarda le aree a rischio geomorfologico presenti in relazione anche alle forti pendenze del versante si evidenzia che la progettazione sia dell'opera che del cantiere terrà conto di queste aree per assicurare la piena stabilità e sicurezza. A tal proposito si segnala che il progetto è corredato da dedicata Relazione Geologica e Geotecnica che inquadrano rispettivamente le conformazioni geologiche e geomorfologiche delle aree di progetto e a livello geotecnico la progettazione necessaria. In aggiunta a quanto esposto in tali relazioni, in rispetto alle Norme sarà eventualmente predisposto successivamente uno Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica dedicato.

3.2.4 Aree a Rischio individuate nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

Il Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA) è uno strumento previsto dalla Direttiva Comunitaria 2007/60/CE, che ha introdotto la Direttiva Alluvioni, e mira a costruire un quadro omogeneo a livello distrettuale per la valutazione e la gestione dei rischi da fenomeni alluvionali, al fine di ridurre le conseguenze negative nei confronti della salute umana, dell'ambiente e del patrimonio culturale e delle attività economiche.

La Normativa Italiana ha recepito la Diretta Alluvioni con il D.lgs. 49/2010 che ha definito le Autorità di Bacino Distrettuali come enti competenti per gli adempimenti legati alla Direttiva stessa e nelle Regioni, in coordinamento tra loro e con il Dipartimento Nazionale della Protezione Civile, come enti incaricati di predisporre ed attuare il sistema di allertamento per il rischio idraulico ai fini della protezione civile.

L'elaborazione dei PGRA è organizzata in cicli di pianificazione in quanto la Direttiva Alluvioni prevede che i Piani siano riesaminati ed eventualmente aggiornati ogni sei anni.

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Sardegna per il primo ciclo di pianificazione (2015-2021) è stato approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale No. 2 del 15/03/2016 e con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27/10/2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale serie generale No. 30 del 06/02/2017. Gli elaborati del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni per il primo ciclo di pianificazione sono stati approvati con Deliberazione del Comitato Istituzionale No.2 del 1 Marzo 2016.

Con la Deliberazione del Comitato Istituzionale No. 14 del 21 Dicembre 2021 è stato approvato il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Sardegna per il secondo ciclo di pianificazione. Con tale atto, oltre agli adempimenti previsti dalla normativa sovraordinata, si completa il procedimento di approvazione degli studi di cui all'allegato B della Deliberazione del Comitato Istituzionale No. 10 del 3 Giugno 2021.

Inoltre, il 21 Dicembre del 2021 il Comitato Istituzionale ha approvato, con Deliberazione No. 16 l'aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna, giunto al terzo ciclo di pianificazione.

Con la Delibera della Giunta Regionale No. 2/8 del 20 Gennaio 2022 all'allegato 2, è stato approvato il Testo coordinato delle Norme di Attuazione del PAI aggiornato al 2022. Con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 15 del 22/11/2022, pubblicata sul B.U.R.A.S n.55 del 01/12/2022, sono state aggiornate le Norme di Attuazione del PAI al fine di risolvere alcune problematiche riscontrate nell'applicazione delle stesse, e di introdurre alcuni requisiti prestazionali delle opere di difesa longitudinale garantiti dalle evoluzioni tecnologiche.

Con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 01/12/2022, ai sensi degli articoli 65 e 66 del Dlgs 3 aprile 2006, n. 152, è approvato il primo aggiornamento del Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) del distretto idrografico della Sardegna, di cui all'art. 7 della direttiva 2007/60/CE e all'art. 7 del Dlgs 23 febbraio 2010, n. 49.

3.2.4.1 [Relazione con il Progetto](#)

In base alla classificazione delle aree da parte del PGRA reperibile presso il geoportale della Regione Sardegna è stata realizzata la Figura allegata 3.3, in base alla quale necessariamente l'opera di presa e l'area di lavoro di valle interessano rispettivamente:

- ✓ aree classificate a Probabilità bassa di alluvione (P1 – $Tr > 200$ anni);
- ✓ la stessa area classificata anche come area a Rischio Moderato/Nulla (R1 – Danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale trascurabili o nulli).

Inoltre, in base alla mappa del danno potenziale (Tavola DP-0573 del PGRA) si evidenzia che le aree su cui insiste il cantiere e le opere a progetto sono classificate come aree D1 – Danno Moderato o Nulla (Aree libere di Insediamenti urbani o produttivi dove risulta possibile il libero deflusso delle piene).

Le Norme di Attuazione del PGRA per aree così classificate indicano che all'Art. 30 “Disciplina delle aree di pericolosità idraulica moderata H1” del PAI *“nelle aree di pericolosità idraulica moderata compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi”*.

Si ricorda che la classificazione delle fasce a pericolosità e rischio idraulico e geomorfologico è stata recentemente perimetrata nel dettaglio dal Comune di Esterzili, come descritto al Paragrafo precedente 3.2.3, a cui si rimanda per la descrizione delle Norme PAI aggiornate.

3.2.5 [Piano Stralcio delle Fasce Fluviali \(P.S.F.F.\)](#)

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) è stato approvato in via definitiva con Delibera No.2 del 17 Dicembre 2015 da Comitato istituzionale dall'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, per l'intero territorio regionale, ai sensi dell'art.9 delle LR 19/2006 come modificato con LR 28/2015.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha valore di Piano Territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali, e costituisce un approfondimento ed un'integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Il PSFF identifica le seguenti fasce:

- ✓ **Fascia A2:** fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 2 anni;
- ✓ **Fascia A50:** fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 50 anni;
- ✓ **Fascia B100:** fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 100 anni;
- ✓ **Fascia B200:** fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 200 anni;
- ✓ **Fascia C:** area di inondazione per piena catastrofica in base a criteri geomorfologici ed idraulici, e rappresenta l'inviluppo esterno della fascia C geomorfologica, ovvero l'inviluppo delle forme fluviali legate alla propagazione delle piene sulla piana alluvionale con tempo di ritorno 500 anni.

Le aree delle fasce fluviali sono assoggettate alle Norme di Attuazione del PAI relative alle fasce di Pericolosità Idraulica sulla base di quanto indicato con nella Deliberazione No.2 del 17 Dicembre 2015. Come anticipato nel Paragrafo precedente le Norme Pai sono state aggiornate con Delibera della Giunta Regionale No. 15 del 22 Novembre 2022.

3.2.5.1 [Relazione con il Progetto](#)

Con riferimento agli elaborati del Piano PSFF, il progetto ricade nel Sub Bacino 7 – Flumendosa, Campidano Cixerri, in particolare nel Foglio FL021 (Atlante Fasce) e nel Foglio BM018 (Atlante Dighe), contenuti negli Atlanti cartografici in allegato alla Relazione monografica di sub bacino.

Nella cartografia di Piano a livello generale le aree dell'Invaso erano classificate in Fascia C (Atlante Fasce - Tavola FL021 del PSFF), per la quale le Norme PAI (Art. 30 bis “Disciplina delle aree di esondazione individuale con la sola analisi geomorfologica”) prevedevano che i Comuni fossero tenuti ad effettuare un apposito studio idrologico-idraulico di approfondimento al fine di determinare le aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1). Cosa che il Comune di Esterzili ha fatto come sintetizzato al Paragrafo 3.2.3 a cui si rimanda per la descrizione delle fasce interessate dal progetto e le relative Norme.

Per quanto riguarda invece la carta del PSFF “Atlante Cartografico delle aree inondabili a valle delle dighe” (Tavola BM018), di seguito si riporta uno stralcio della Tavola che evidenzia come l'invaso Flumendosa sia stato perimetrato come “Aree Inondabili per effetto dell'ipotetico collasso delle dighe”.

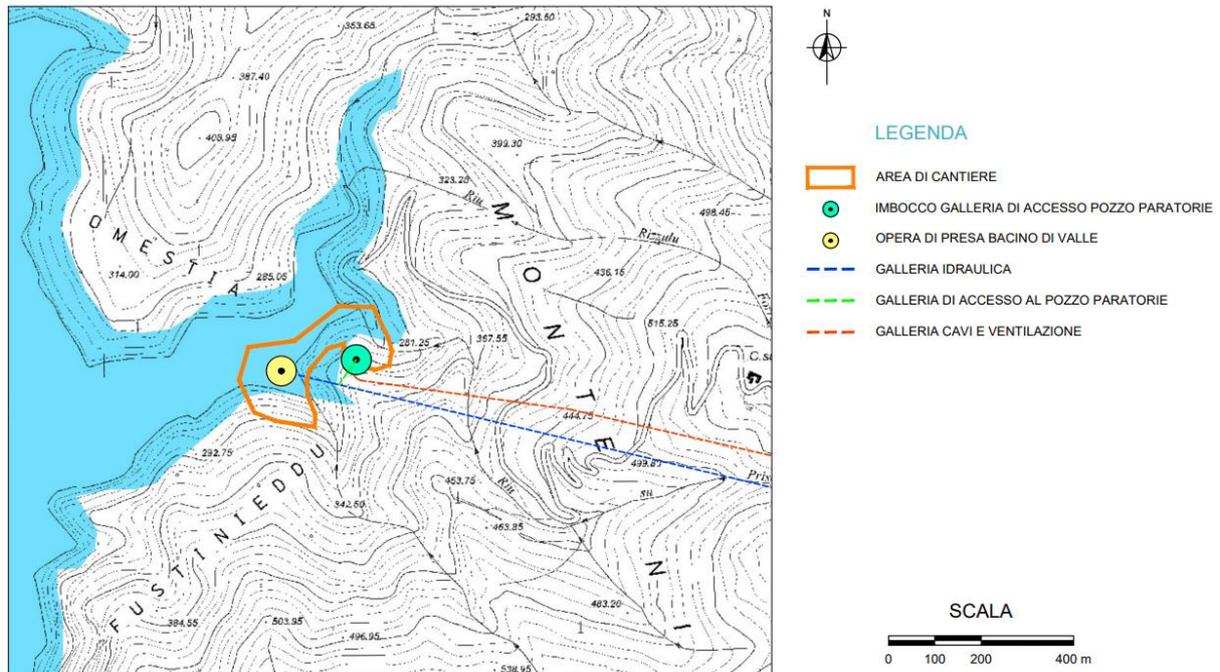


Figura 3.8: Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) – Atlante Cartografico delle aree Inondabili a Valle delle Dighe (Tavola BM018)

In accordo con l'Art. 3 comma b della Delibera No. 2 del 17 Dicembre 2015 di Approvazione del PSFF “per tutti i corsi d'acqua o per i tratti degli stessi nei quali, sono state determinate aree di esondazione con la sola analisi di tipo geomorfologico deve essere applicato l'art. 30 bis delle vigenti Norme di Attuazione del PAI”. Nell'Art. 30 quater delle NTA del PAI viene specificato come tra tali corsi d'acqua vanno considerati i tratti a valle delle grandi dighe per i quali deve essere applicata la Direttiva del Presidente del Consiglio di Ministri 8 Luglio 2014.

La suddetta Direttiva assegna indirizzi operativi inerenti l'attività di protezione civile nell'ambito dei bacini in cui siano presenti grandi dighe, definendo in particolare le modalità con cui il gestore, sulla base del Documento di protezione civile e del Piano di laminazione (ove predisposto e adottato), è chiamato a gestire le eventuali emergenze connesse alla sicurezza dello sbarramento o a eventi di piena; prevede che per ciascuna “grande diga” la Regione, predisponga e approvi un piano di emergenza (PED), per contrastare le situazioni di pericolo connesse con la propagazione di onde di piena originate da manovre degli organi di scarico ovvero dall'ipotetico collasso dello sbarramento.

Per quanto riguarda l'invaso del Flumendosa (afferente alla Diga di Nuraghe Arrubiu) si evidenzia che ad oggi la Regione ha approvato con Deliberazione No. 6/19 del 5 Febbraio 2019 il “Piano operativo di Laminazione Statica preventivo dell'invaso della diga di Nuraghe Arrubiu sul Fiume Flumendosa” in comune di Orroli.

Nell'ambito di tale delibera sono individuati gli scenari gestionali per la laminazione delle piene dell'invaso, inoltre viene dato mandato alla Direzione generale della Protezione civile regionale di notificare la proposta di Piano agli enti locali interessati sia all'adeguamento dei Piani Comunali di Protezione Civile sia all'utilizzazione delle risorse idriche invase.

Dall'analisi della documentazione del PUC di Esterzili non si rileva ad oggi un adeguamento del Piano in relazione all'ipotetico collasso della diga di Nuraghe Arrubiu.

Si evidenzia che l'opera di presa e l'area di lavoro di valle per realizzare l'opera necessariamente interessano l'invaso esistente del Flumendosa e anche la fascia inondabile in caso di crollo della Diga Bau Muggerris (Invaso Alto Flumendosa) che si trova circa 50 km a monte rispetto alle aree di progetto.

Non si rilevano interferenze fra la costruzione e l'esercizio dell'opera e il deflusso delle acque in caso di collasso della Diga, in quanto si tratta di un evento catastrofico comunque remoto. Inoltre si ricorda che la Centrale in caverna non sarà presidiata, pertanto eventuali rischi, seppur remoti, saranno associabili prevalentemente al danno di beni materiali.

3.3 TUTELA DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO

Il Piano di Zonizzazione Acustica del Comune di Esterzili è stato approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale No. 07 del 11 Marzo 2010.

Il Piano di Zonizzazione Acustica comunale costituisce uno strumento di prevenzione per una corretta pianificazione, ai fini della tutela dall'inquinamento acustico delle nuove aree di sviluppo urbanistico o per la verifica di compatibilità dei nuovi insediamenti o infrastrutture in aree già urbanizzate. Lo scopo del Piano è quello di classificare il territorio comunale in zone omogenee cui corrispondono i limiti massimi dei livelli sonori equivalenti, consentiti dalla legislazione vigente.

Nell'art. No. 6 del Regolamento di Attuazione del Piano, in applicazione del D.P.C.M. No. 14/11/97 e per ciascuna classe acustica in cui è suddiviso il territorio, sono individuati i valori limite; nella tabella seguente si riportano tali valori relativi distinti per i periodi diurno (ore 6,00-22,00) e notturno (ore 22,00-6,00).

Tabella 3.2: Valori limite della Zonizzazione Acustica del Comune di Esterzili

Classi di Destinazione d'uso	Limiti (dBA)			
	Emissione		Immissione	
	Diurno (6.00-22.00)	Notturmo (22.00-6.00)	Diurno (6.00-22.00)	Notturmo (22.00-6.00)
I – Aree particolarmente protette	45	35	50	40
II – Aree prevalentemente residenziali	50	40	55	45
III – Aree di tipo misto	55	45	60	50
IV – Aree di intensa attività umana	60	50	65	55
V – Aree prevalentemente industriali	65	55	70	60
VI – Aree esclusivamente industriali	65	65	70	70

Di seguito si riporta uno stralcio della zonizzazione acustica comunale che è concentrata solo sull'area del centro storico di Esterzili e non riguarda le aree di progetto. Tutto il territorio circostante, compresa l'area di progetto è stato classificato come Area di tipo Misto.

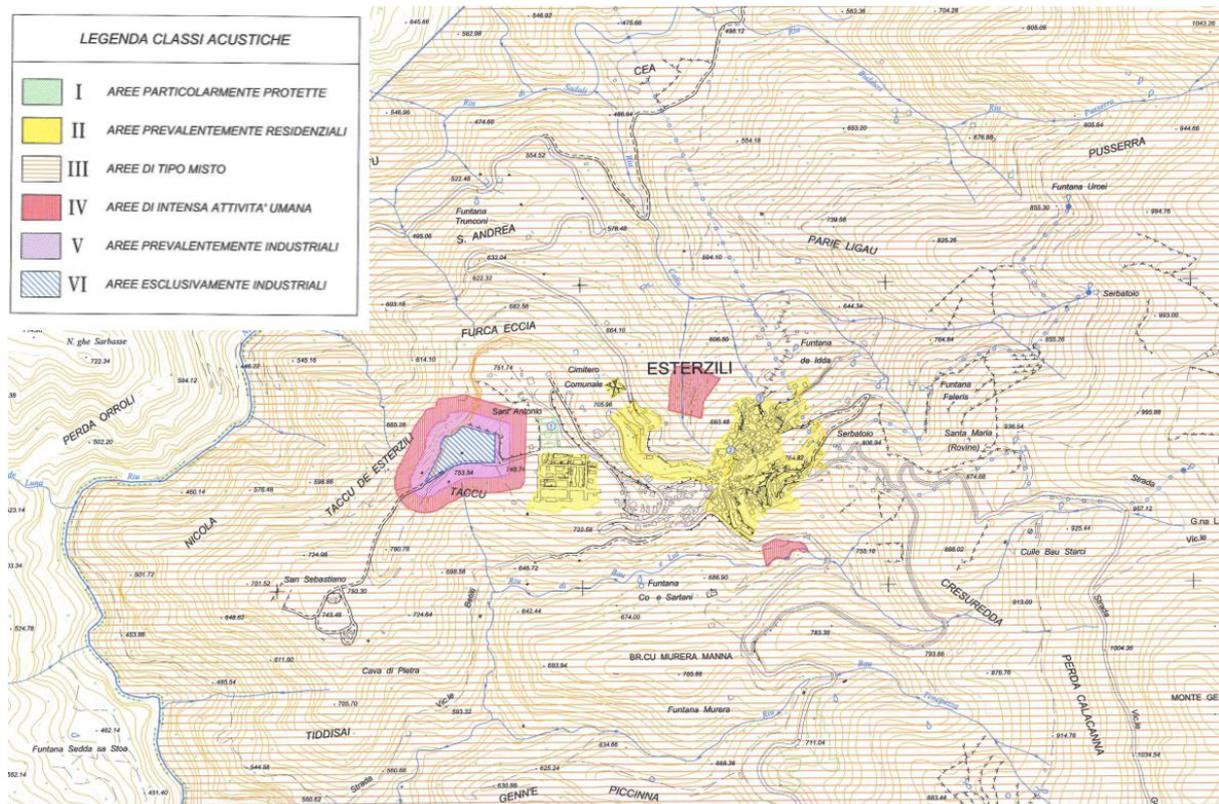


Figura 3.9: Stralcio Zonizzazione Acustica – Centro Storico - Comune di Esterzili

Per le aree di Classificazione III “Aree di tipo misto” l’Art 5 del Regolamento di Attuazione indica che *“rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impegnano macchine operatrici, aree portuali a carattere turistico”*.

Per quanto riguarda l’attività di cantiere si evidenzia che la regolamentazione delle Attività Rumorose viene indicata nell’art. No. 12 “Attività rumorose temporanee”, come segue:

- ✓ le attività rumorose temporanee (attività che, limitate nel tempo, impiegano macchinari e/o impianti rumorosi), *quali manifestazioni in luogo pubblico o aperto al pubblico, discoteche all’aperto, attività all’interno di impianti sportivi, cantieri edili etc. sono soggette a specifica autorizzazione da parte dell’Autorità comunale, fanno eccezione le feste religiose e laiche e i comizi elettorali, nonché le attività di cantieri edili a carattere di estrema urgenza che comunque dovranno essere immediatamente comunicate e motivate al Comune a cura del responsabile dei lavori;*
- ✓ la domanda di autorizzazione per lo svolgimento delle attività di cui sopra dovrà essere corredata da una planimetria in scala opportuna, nonché da apposita relazione tecnica che evidenzi:
 - la durata, in termini di numero di ore o di giorni, dell’attività di cui si chiede l’autorizzazione,
 - le fasce orarie interessate,
 - le relative caratteristiche tecniche dei macchinari e degli impianti rumorosi utilizzati, ivi compreso i livelli sonori emessi,
 - la stima dei livelli acustici immessi nell’ambiente abitativo circostante ed esterno,
 - la destinazione d’uso delle aree interessate dal superamento dei limiti di rumore consentiti;
- ✓ l’Autorità comunale, in ambito autorizzatorio, potrà prevedere, previo parere favorevole dell’Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente (A.R.P.A.S.), eventuali deroghe al rispetto dei valori dei livelli sonori previsti;
- ✓ l’autorizzazione comunale stabilirà tra l’altro:

- valori limite da rispettare,
- disposizioni per il contenimento delle emissioni sonore,
- limitazioni di orario allo svolgimento dell'attività.

Il centro abitato più vicino è rappresentato da Esterzili, che dista in linea d'aria circa 9 km dall'invaso di monte in direzione Nord, mentre l'area circostante risulta prevalentemente sfruttata a pascolo e priva di ricettori ad esclusione di un allevamento ubicato a circa 250 m dall'invaso di monte.

Le attività di cantiere saranno di natura temporanea ed in un'area caratterizzata da una scarsissima urbanizzazione; l'eventuale necessità di deroghe temporanee di limiti normativi per le attività di cantiere verrà definita in fase esecutiva e discussa con il Comune di Esterzili in conformità alla normativa della Classificazione Acustica comunale.

Il progetto in fase di esercizio, essendo per la maggior parte composto da opere sotterranee ad esclusione principalmente del bacino di monte, è caratterizzato da una rumorosità praticamente assente. Per maggiori particolari si rimanda alle valutazioni fatte nel seguito del documento ai Paragrafi 5.8 e 6.9.

3.4 TUTELA DEL PATRIMONIO PAESAGGISTICO/CULTURALE E NATURALE

3.4.1 Piano Paesaggistico Regionale (PPR) - Sardegna

Il Piano Paesaggistico Regionale (PPR) della Regione Autonoma della Sardegna è stato approvato con Deliberazione della Giunta Regionale (DGR) No. 36/7 del 5 Settembre 2006 "Approvazione del Piano Paesaggistico - Primo Ambito Omogeneo", in conformità a quanto disposto dalla Legge Regionale No. 8 del 25 Novembre 2004.

Con Decreto No. 82 del 7 Settembre 2006 il Presidente della Regione ha disposto l'entrata in vigore del "Piano Paesaggistico Regionale - Primo Ambito Omogeneo" e delle Norme Tecniche di Attuazione dello stesso.

Con DGR No. 11/17 del 20 Marzo 2007, sono stati successivamente approvati gli Indirizzi Applicativi al Piano Paesaggistico Regionale, poi integrati con DGR No. 16/3 del 24 Aprile 2007.

Nel seguito si è cercato di introdurre un nuovo Piano Paesaggistico della Sardegna (PPS) come aggiornamento e revisione del PPR. Tuttavia, la Giunta Regionale con Deliberazione No. 39/1 del 10 Ottobre 2014 ha revocato la DGR No. 45/2 del 25 Ottobre 2013, concernente l'approvazione preliminare del PPS. Il provvedimento fa seguito alla DGR No. 10/20 del 28 Marzo 2014 con cui era stata annullata la Deliberazione No. 6/18 del 14 Febbraio 2014 di approvazione definitiva dell'aggiornamento e revisione PPR.

Con la revoca del PPS, risultano pertanto vigenti le norme di attuazione del 2006 integrate dall'aggiornamento del repertorio del Mosaico.

La Regione in collaborazione con il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo provvede al costante aggiornamento del Repertorio del Mosaico dei Beni a seguito della procedura di cui all'art. 49 delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano Paesaggistico Regionale. Infatti, il Repertorio risulta approvato ed aggiornato dalle seguenti delibere:

- ✓ Deliberazione della Giunta Regionale No. 23/14 del 16.04.2008 - Approvazione del Repertorio;
- ✓ Deliberazione della Giunta Regionale No. 39/18 del 10.10.2014 - Primo aggiornamento Repertorio;
- ✓ Deliberazione della Giunta Regionale No. 70/22 del 29.12.2016 - Secondo aggiornamento Repertorio;
- ✓ Deliberazione della Giunta Regionale No. 18/14 del 11.04.2017 – Addendum (contiene i risultati delle copianificazioni completate nel periodo 1° ottobre 2016 - 31 marzo 2017 (Comuni di Baratili San Pietro, Gavoi, Mogoro, Portoscuso, Settimo San Pietro, Solarussa e Vallermosa).

Il Piano è attualmente in fase di rivisitazione allo scopo di renderlo coerente con le disposizioni del D.Lgs. 42/04, coniugando l'esigenza di sviluppo territoriale con la tutela e la valorizzazione del paesaggio.

Il PPR ripartisce il territorio regionale in 27 Ambiti di Paesaggio Costieri (AdP); l'area di intervento non rientra nei 27 ambiti costieri individuati.

Il PPR caratterizza e disciplina il territorio regionale relativamente ai differenti caratteri del paesaggio regionale. L'analisi territoriale effettuata nel PPR costituisce la base della rilevazione e della conoscenza per il riconoscimento delle caratteristiche naturali, storiche e insediative nelle loro reciproche interrelazioni e si articola in:

- ✓ Assetto Ambientale (AA);
- ✓ Assetto Storico-culturale (AS);
- ✓ Assetto Insediativo (AI).

Nel seguito sono elencati i principali riferimenti utilizzati per definire l'assetto ambientale e quello storico culturale del PPR individuati mediante consultazione del relativo geoportale e della cartografia in formato vettoriale ad esso associata, e della cartografia in allegato al PPE relativa alle tavole in scala 1:50.000 riferite alla descrizione del territorio regionale non ricompreso negli ambiti di paesaggio costieri (Tavola No.580):

- ✓ per l'Assetto Ambientale, si è fatto riferimento a:
 - Beni Paesaggistici Ambientali ex art. 143 D. Lgs 42/04,
 - Beni Paesaggistici Ambientali ex art. 142 D. Lgs 42/04,
 - Componenti di Paesaggio con Valenza Ambientale:
 - Aree Naturali e Subnaturali,
 - Aree Seminaturali,
 - Aree ad Utilizzazione Agro-Forestale;
- ✓ per l'Assetto Storico Culturale, si è fatto riferimento a:
 - Beni Paesaggistici ex art. 136 D. Lgs 42/04: Vincoli Architettonici,
 - Beni Paesaggistici ex art. 142 D. Lgs 42/04: Vincoli Archeologici,
 - Beni Paesaggistici ex art. 143 D. Lgs 42/04: Aree Caratterizzate da Edifici e Manufatti di Valenza Storico-Culturale.

Le componenti del paesaggio relative all'assetto ambientale previsto dal PPR nell'area di interesse per il progetto sono riportate attraverso gli *shape* scaricabili dal geoportale nella Figura allegata 3.4, dove è possibile rilevare come le opere a progetto interessano i seguenti elementi dell'Assetto Ambientale del Piano:

- ✓ Beni Paesaggistici Ambientali ex Art. 143 D. Lgs 42/04 e s.m.i. necessariamente con l'opera di presa e l'area di lavoro di valle:
 - Laghi naturali, invasi artificiali, stagni, lagune,
 - Fiumi, torrenti e altri corsi d'acqua;
- ✓ Elementi di paesaggio con valenza ambientale:
 - Aree Naturali e Subnaturali (Macchia, dune e aree umide) con l'area di cantiere dell'opera di presa,
 - Aree Seminaturali (Praterie) con l'area del bacino superiore;
 - Boschi (conifere e latifoglie) con l'area di lavoro di valle.

Si evidenzia come i Beni Paesaggistici Ambientali ex Artt. 142 e 143 del D. Lgs 42/04 e s.m.i del PPR risultano coerenti con i vincoli paesaggistici evidenziati poi nel PUC (si veda il successivo Paragrafo 3.6).

Con riferimento all'assetto storico-culturale non si riscontrano elementi di interesse nell'area di progetto.

Nel paragrafo che segue, sono riportate le principali Norme di Attuazione relative alle aree del PPR direttamente interessate dal progetto.

3.4.1.1 Norme di Attuazione delle Aree del PPR direttamente Interessate dal Progetto

Le norme del PPR all'Art. 17 individuano i Beni paesaggistici tutelati ai sensi degli articoli 142 e 143 del D.Lgs 42/04 e s.m.i.; le misure di tutela e valorizzazione dei beni paesaggistici con valenza ambientale sono indicate all'Art. 18 di cui si riportano i commi 1 e 2:

- ✓ *“I beni paesaggistici di cui all'articolo precedente sono oggetto di conservazione e tutela finalizzati al mantenimento delle caratteristiche degli elementi costitutivi e delle relative morfologie in modo da preservarne l'integrità ovvero lo stato di equilibrio ottimale tra habitat naturale e attività antropiche;*
- ✓ *2. Qualunque trasformazione, fatto salvo l'art. 149 del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 e succ. mod., è soggetta ad autorizzazione paesaggistica”.*

L'Art. 23 - Aree naturali e subnaturali. Prescrizioni, al comma 1 indica che *“Nelle aree naturali e subnaturali sono vietati:*

- a. qualunque nuovo intervento edilizio o di modificazione del suolo ed ogni altro intervento, uso od attività, suscettibile di pregiudicare la struttura, la stabilità o la funzionalità ecosistemica o la fruibilità paesaggistica;
- b. nei complessi dunali con formazioni erbacee e nei ginepreti le installazioni temporanee e l'accesso motorizzato, nonché i flussi veicolari e pedonali incompatibili con la conservazione delle risorse naturali;
- c. nelle zone umide temporanee tutti gli interventi che direttamente o indirettamente possono comportare rischi di interrimento ed inquinamento”.

All'Art. 26 “Aree seminaturali. Prescrizioni”, NTA riportano al Comma 1 che “nelle aree seminaturali sono vietati gli interventi edilizi o di modificazione del suolo ed ogni altro intervento, uso od attività suscettibile di pregiudicare la struttura, la stabilità o la funzionalità ecosistemica o la fruibilità paesaggistica, fatti salvi gli interventi di modificazione atti al miglioramento della struttura e del funzionamento degli ecosistemi interessati, dello status di conservazione delle risorse naturali biotiche e abiotiche, e delle condizioni in atto e alla mitigazione dei fattori di rischio e di degrado”.

3.4.1.2 [Relazione con il Progetto](#)

Dall'analisi delle Norme che sono state sintetizzate nel Paragrafo precedentemente si rileva che il progetto risulta compatibile con le Norme del Piano Paesaggistico.

Si evidenzia infatti che le opere non andranno a modificare in maniera sostanziale il paesaggio dell'area in quanto:

- ✓ la centrale e la maggior parte delle opere, tra cui il pozzo paratoie, la sottostazione elettrica d'utenza, la discenderia di accesso alla centrale e il pozzo piezometrico, sarà realizzata in caverna. L'opera di presa e restituzione sarà costantemente sommersa e non visibile una volta costruita;
- ✓ le opere fuori terra si limitano:
 - al bacino di monte ubicato nell'altopiano “Taccu Sa Pruna” che dà il nome all'omonima strada vicinale,
 - al portale di accesso alle gallerie sotterranee (pozzo paratoie e cavi/ventilazione) ubicato sulle sponde del Lago Flumendosa, visibile solo dal lago,
 - botola di accesso alla discenderia in prossimità della SP23.

Per quanto riguarda il cantiere al termine dei lavori di realizzazione del progetto verrà attuato il ripristino delle aree interessate dai cantieri, in modo da riportare le aree interessate dai lavori alle condizioni ante operam.

A seguito dell'interessamento di beni paesaggistici vincolati dal D. Lgs 42/04 alla documentazione ambientale a corredo dello Studio di Impatto Ambientale è allegata una Relazione Paesaggistica in cui sono riportati i fotoinserti delle opere fuoriterra.

Si evidenzia inoltre che, al fine di ottimizzare l'inserimento architettonico e paesaggistico del bacino e del portale di accesso, è stato predisposto un dedicato studio al quale si rimanda per ulteriori approfondimenti (“Studio Preliminare di Inserimento Paesaggistico”, predisposto da LAND e presentato in appendice alla Relazione Paesaggistica Doc. No. P0030780-1-H4).

3.4.2 [Rete Ecologica Regionale - Sardegna](#)

3.4.2.1 [Inquadramento e Finalità](#)

Il concetto di Rete ecologica indica essenzialmente una strategia di tutela della diversità biologica e del paesaggio basata sul collegamento di aree di rilevante interesse ambientale-paesistico in una rete continua di elementi naturali e seminaturali. Essa rappresenta un'integrazione al modello di tutela concentrato esclusivamente sulla creazione di Aree Protette, che ha portato a confinare la conservazione della natura “in isole” circondate da attività umane intensive senza assicurare la conservazione a lungo termine della biodiversità.

Sono elementi della rete:

- ✓ Core areas (Aree centrali) dette anche nuclei, gangli o nodi aree ad alta naturalità che, generalmente, sono già soggette a regime di protezione (come, ad esempio, i parchi e i Siti di Interesse Comunitario SIC);
- ✓ Buffer zones (Zone cuscinetto): Settori territoriali limitrofi alle core areas, collocate attorno alle aree centrali al fine di creare un filtro e quindi mitigare gli effetti negativi che le attività antropiche hanno sugli habitat e le specie più sensibili;

- ✓ Wildlife (ecological) corridors (Corridoi ecologici): Collegamenti lineari e diffusi, fragili elementi della rete, la loro funzione è mantenere e favorire le dinamiche di dispersione delle popolazioni, al fine di limitare al minimo il processo di isolamento;
- ✓ Stepping stones (“Pietre da guado”): integrano la connettività laddove i corridoi ecologici non hanno una continuità completa, si tratta generalmente di aree naturali minori poste lungo linee ideali di passaggio;
- ✓ Restoration areas (Aree di restauro ambientale): Integrano e completano la rete nei tratti dove non esistono elementi naturali, si tratta di nuove unità para-naturali in grado di completare lacune strutturali in grado di compromettere la funzionalità della rete.

Nel contesto sardo, nel Piano Paesaggistico Regionale vengono individuati in cartografia le *Componenti di paesaggio con valenza ambientale* le *Aree di interesse naturalistico istituzionalmente tutelate* e i *Beni paesaggistici ambientali ex art. 142 D.Lgs. 42/04 e ss.mm.* per ogni singolo ambito di paesaggio. Sono inoltre definiti gli indirizzi attuativi, anche riguardo alla predisposizione della rete ecologica, che i Comuni e le Province (art.4 delle Norme Tecniche di Attuazione del PPR) dovranno recepire ed attuare nei loro strumenti di governo del territorio.

3.4.2.2 [Relazione con il Progetto](#)

Dall'analisi della cartografia della rete ecologica regionale, è emerso che l'area di intervento non interessa direttamente nessuno dei principali elementi individuati al Paragrafo precedente.

3.4.3 Piano Faunistico Venatorio Regionale (PFVR) – Sardegna

La Legge No. 157 dell'11 febbraio 1992, e s.m.i. "Norme per la protezione della fauna selvatica omeoterma e per il prelievo venatorio", stabilisce che le Regioni debbano emanare norme relative alla gestione e alla tutela di tutte le specie della fauna selvatica in conformità a tale legge, alle convenzioni internazionali ed alle direttive comunitarie.

La Legge Regionale No. 23 del 29 luglio 1998 "Norme per la protezione della fauna selvatica e per l'esercizio della caccia in Sardegna", recepisce ed attua i principi sanciti dalla Legge n. 157/1992, prevedendo anche l'adozione del "Piano Faunistico Venatorio Regionale (P.F.V.R.), strumento di pianificazione regionale attraverso cui la Regione Autonoma della Sardegna regola e pianifica la protezione della fauna e l'attività venatoria nel proprio territorio, compatibilmente con obiettivi del piano generale di sviluppo e della pianificazione urbanistico, paesistico e ambientale.

Il piano faunistico-venatorio regionale, ancora in fase di approvazione, è formato mediante il coordinamento dei piani faunistico-venatori provinciali ed è finalizzato alla conservazione delle effettive capacità produttive ed al contenimento naturale delle specie carnivore e delle altre specie, nonché al conseguimento della densità ottimale ed alla sua conservazione mediante la riqualificazione delle risorse ambientali e la regolamentazione del prelievo venatorio.

Individua, tenendo conto della pianificazione territoriale e della pianificazione faunistico - venatoria in atto, gli areali delle singole specie selvatiche, lo stato faunistico e vegetazionale degli habitat, verifica la dinamica delle popolazioni faunistiche, ripartisce il territorio secondo le diverse destinazioni e individua gli interventi volti al miglioramento della fauna e degli ambienti.

Da ciò consegue la necessità che l'azione di pianificazione faunistico-venatoria della Regione sia fondata su basi di conoscenza scientifica del patrimonio faunistico. Per tale motivo la Giunta regionale ha adottato la Carta delle Vocazioni faunistiche che suddivide il territorio in aree faunistiche omogenee e per ognuna di esse indica le specie tipiche presenti e la relativa vocazione faunistica. La carta è stata periodicamente aggiornata con i seguenti sotto progetti:

- ✓ studio fauna stanziale - Pernice sarda, Lepre sarda e coniglio selvatico (2010);
- ✓ studio e censimento dei Cormorani e avifauna migratoria nelle zone umide (2011);
- ✓ studio e monitoraggio dell'avifauna migratoria di interesse venatorio (2012);
- ✓ studio ungulati selvatici - Cervo sardo, Muflone, Daino e Cinghiale (2011).

L'utilizzo dei dati contenuti nella Carta Faunistica è indispensabile per l'individuazione degli areali delle singole specie selvatiche, lo stato faunistico e vegetazionale degli habitat e la verifica della dinamica delle popolazioni faunistiche, nonché per la ripartizione del territorio secondo le diverse destinazioni e la individuazione degli interventi volti al miglioramento della fauna selvatica e degli ambienti.

3.4.3.1 Relazione con il progetto

In riferimento alle informazioni disponibili sul sito della Regione Sardegna si rileva che l'area di progetto risulta limitrofa ad un'Oasi permanente di protezione faunistica e di cattura (OPF) denominata "Oasi *nuraghe arrubiu*" (OPF_CA_1), istituita con determina del servizio di tutela della natura No. 819 del 27 luglio 2010, posta a circa 3,3 km a Sud-Ovest dall'area di progetto.

Inoltre, dall'analisi della cartografia disponibile nel geoportale della Regione Sardegna delle aree tutelate, si evince che le opere a progetto ricadono nel perimetro di una OPF che ad oggi, sulla base delle informazioni disponibili, non risulta ancora istituita ma è allo stato di "proposta", codificata come OPF_CA_17 "Esterzili" (Regione Sardegna (b), 2014). Nella seguente figura è riportato il dettaglio di quest'area, comunque al momento non istituita.

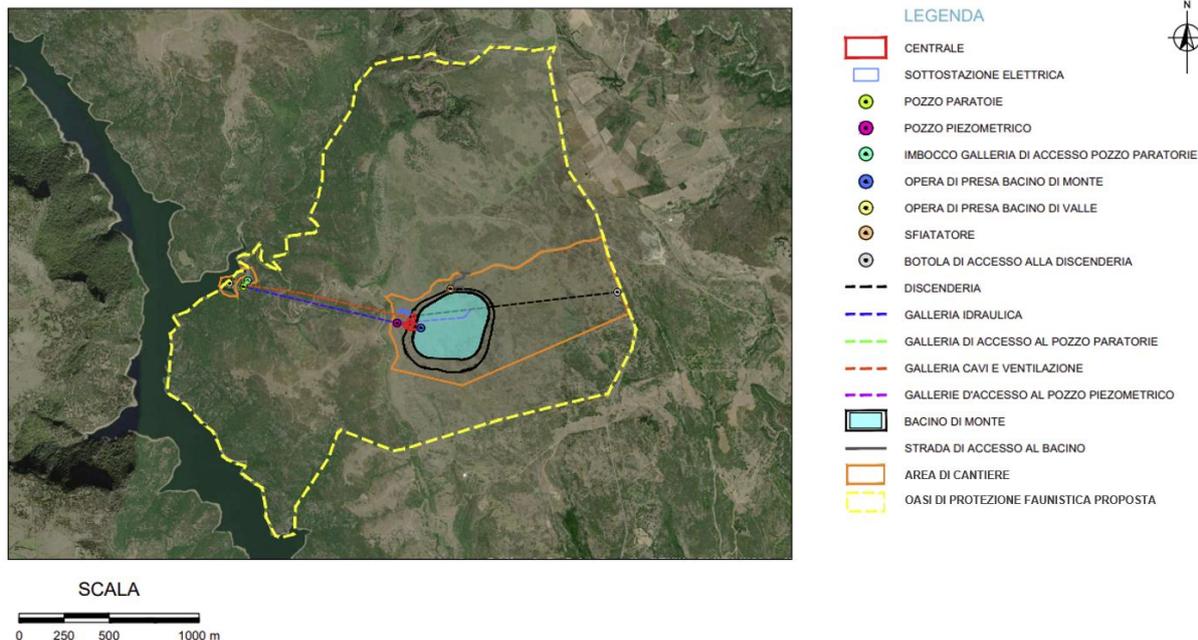


Figura 3.10: Proposta di Oasi di Protezione Faunistica (Regione Sardegna, sito web Opendata Sardegna)

Le Oasi, secondo quanto previsto dalla normativa vigente, sono ambiti territoriali destinati alla conservazione degli habitat naturali, al rifugio, alla sosta e alla riproduzione di specie selvatiche con particolare riferimento alle specie protette o minacciate di estinzione. Sono previste dalla Legge 157/92 e dalla L.R. 23/98 e destinate alla conservazione delle specie selvatiche favorendo il rifugio della fauna stanziale, la sosta della fauna migratoria ed il loro irradiazione naturale, nelle quali è vietata l'attività venatoria.

Si tratta dell'unico istituto di gestione faunistica, tra quelli previsti dalla L. 157/92, con sola finalità dichiarata di protezione delle popolazioni di fauna selvatica. Tale protezione deve realizzarsi principalmente attraverso la salvaguardia delle emergenze naturalistiche e faunistiche, il mantenimento e l'incremento della biodiversità e degli equilibri biologici e, più in generale, attraverso il mantenimento o il ripristino di condizioni il più possibile prossime a quelle naturali.

L'istituzione di O.P.F., anche se spesso avviene per la tutela di particolari specie, può avere un effetto "ombrello" sulle altre specie e favorire indirettamente tutta la componente faunistica residente nelle aree soggette a vincolo comprese le specie di interesse gestionale o venatorio, e di conseguenza possono essere utilizzate per l'incremento di specie cacciabili, le cui popolazioni si trovino in situazioni di precarietà o regresso.

Come previsto dalla Proposta di Piano Faunistico Venatorio Regionale del 2014 (Regione Sardegna (b), 2014), adottata con Deliberazione No. 6628/2015, alla luce delle finalità protezionistiche previste per la tutela della fauna, risulta importante proporre come obiettivo gestionale per questo tipo di istituto la promozione, e la realizzazione di Piani di Gestione per ciascuna delle Oasi di Protezione, una volta approvate ed istituite.

Si specifica che l’Oasi in cui ricade l’area di intervento risulta ad oggi non istituita ma solo proposta. Una volta realizzato il bacino di monte, l’esercizio dello stesso potrà essere comunque compatibile con la futura istituzione dell’Oasi non avendo l’impianto emissioni acustiche ed in atmosfera in fase di esercizio.

3.4.4 Piano Urbanistico Provinciale di Nuoro (PUP)

Il piano provinciale vigente nel comune di Esterzili è quello relativo alla provincia di Nuoro poiché fino al 2005 faceva parte della Provincia del Nuorese e non risulta ancora aggiornato con il nuovo sistema provinciale della Sardegna.

Il Piano Urbanistico Provinciale di Nuoro, ai sensi e per gli effetti dell’art. 17 della LR No. 45/1989, è stato adottato in via definitiva con Deliberazione di Consiglio Provinciale n. 131 del 7 Novembre 2003 ed è entrato in vigore il 5 Luglio 2004.

In Sardegna il Piano Urbanistico provinciale rimane definito nelle finalità e nei contenuti dalla L.R. 45/89, secondo la quale il PUP deve:

- ✓ disciplinare l’uso del territorio agricolo e costiero;
- ✓ garantire la salvaguardia dei beni ambientali e culturali;
- ✓ localizzare e disciplinare le aree destinate alle attività produttive d’interesse sovracomunale;
- ✓ predisporre la normativa relativa alla viabilità d’interesse provinciale;
- ✓ definire le procedure secondo le quali valutare la compatibilità ambientale delle trasformazioni antropiche del territorio.

La legge regionale, inoltre, sancisce la subordinazione del Piano urbanistico provinciale alla pianificazione regionale, di cui deve rispettare le indicazioni. Quest’ultima si esprime, secondo l’articolo 3 della 45/89, sia attraverso i Piani territoriali paesistici sia per mezzo delle direttive, dei vincoli e degli schemi di assetto territoriale.

Il Piano persegue inoltre i seguenti obiettivi generali:

- ✓ Indirizzare il governo provinciale verso lo sviluppo sostenibile del territorio, la riqualificazione dei centri urbani, la tutela e dei beni culturali ed ambientali nonché la valorizzazione delle identità locali;
- ✓ Tracciare le direttrici dello sviluppo socioeconomico tramite una politica d’assetto del territorio flessibile condotta con il coinvolgimento delle Amministrazioni locali;
- ✓ Individuare ed elaborare, in concorso con gli enti locali, programmi pluriennali di carattere generale e settoriale espletando un ruolo di coordinamento dell’attività programmatoria;
- ✓ Attuare politiche di valorizzazione delle risorse culturali ed ambientali compatibili con le esigenze di sviluppo economico - produttivo della collettività provinciale.

3.4.4.1 Relazione con il progetto

Il PUP individua nella definizione di “ambiti territoriali” e nella costruzione di un “sistema di relazioni tra i soggetti territoriali”, lo strumento concettuale della propria attività di pianificazione. Gli “ambiti territoriali” sono costituiti da aggregazioni aperte di territori e la descrizione di tali ambiti non deve intendersi come rigida delimitazione ed è suscettibile di variazioni dinamiche in funzione delle caratteristiche specifiche dei campi d’azione amministrativa e programmatoria.

Il comune di Esterzili fa parte dell’Ambito Territoriale “Sarcidano-Barbaglia di Seulo”, insieme ai comuni di Escalaplano, Genoni, Isili, Laconi, Nurri, Orroli, Sadali, Serri, Seulo, Villanovatulo, Escolca, Gergei, Nuragus Nurallao.

Secondo l’art. 29- Direttive generali per la tutela delle risorse naturali- delle NTA del Piano, “*Gli studi ed i progetti di utilizzo, assetto, risanamento e razionalizzazione delle risorse naturali condotti su scala comunale e sovracomunale dovranno contenere specifici elaborati tecnici in relazione alle problematiche di seguito riportate:*

1. Interventi sull’utilizzo delle risorse idriche superficiali e sotterranee:

- ✓ nella realizzazione di progetti riguardanti l’utilizzo delle risorse idriche superficiali e sotterranee sarà necessario definire preventivamente:
 - l’analisi dei parametri geologici, geomorfologici ed idrogeologici degli acquiferi e dei relativi bacini superficiali d’alimentazione;

- *l'analisi di dettaglio dei processi naturali di carica – scarica negli acquiferi e delle interazioni indotte dall'intervento previsto su tali processi, finalizzata ad evitare il depauperamento delle falde idriche;*
- *l'analisi di eventuali rapporti intercorrenti tra acquiferi aventi caratteristiche diverse, finalizzata anche ad evitare fenomeni di rimonta d'acque saline negli acquiferi costieri;*
- *l'analisi di dettaglio delle interazioni tra opere di captazione, acquifero e sistema di dreni naturali.”*

Il presente progetto è corredato da studi geologici e idrogeologici finalizzati a definire tali aspetti con riferimento al livello attuale di progettazione. In base alle norme del Piano si evidenzia la compatibilità fra il progetto e le Norme del PUP.

3.5 PIANIFICAZIONE E PROGRAMMAZIONE ENERGETICA

3.5.1 Strategia Energetica Nazionale (SEN)

La Strategia Energetica Nazionale (SEN) è il piano decennale del Governo italiano per anticipare e gestire il cambiamento del sistema energetico: un documento che guarda oltre il 2030 e che pone le basi per costruire un modello avanzato e innovativo.

3.5.1.1 Inquadramento e Finalità del Piano

La SEN è stata adottata con DM del Ministero dello Sviluppo Economico e del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, nel mese di Novembre 2017, con l'obiettivo di aumentare la competitività, la sostenibilità e la sicurezza del sistema energetico nazionale.

La SEN 2017 pone un orizzonte di azioni da conseguire al 2030. Un percorso che è coerente anche con lo scenario a lungo termine del 2050 stabilito dalla Roadmap europea che prevede la riduzione di almeno l'80% delle emissioni rispetto al 1990.

Gli obiettivi al 2030, in linea con il Piano dell'Unione dell'Energia sono:

- ✓ migliorare la competitività del Paese, continuando a ridurre il gap di prezzo e di costo dell'energia rispetto all'Europa, in un contesto di prezzi internazionali crescenti;
- ✓ raggiungere in modo sostenibile gli obiettivi ambientali e di decarbonizzazione al 2030 definiti a livello europeo, in linea con i futuri traguardi stabiliti nella COP21;
- ✓ continuare a migliorare la sicurezza di approvvigionamento e la flessibilità dei sistemi e delle infrastrutture energetiche, con lo scopo di:
 - integrare quantità crescenti di rinnovabili elettriche, anche distribuite, e nuovi player, potenziando e facendo evolvere le reti e i mercati verso configurazioni smart, flessibili e resilienti,
 - gestire la variabilità dei flussi e le punte di domanda gas e diversificare le fonti di approvvigionamento nel complesso quadro geopolitico dei Paesi da cui importiamo gas e di crescente integrazione dei mercati europei,
 - aumentare l'efficienza della spesa energetica grazie all'innovazione tecnologica.

Tra le priorità di azione definite dalla SEN si citano in particolare quelle legate a:

- ✓ le fonti rinnovabili: poiché la tutela del paesaggio è un valore irrinunciabile, la SEN favorisce i rifacimenti (repowering/revamping) degli impianti eolici, idroelettrici e geotermici, dà priorità alle aree industriali dismesse e destina maggiori risorse dalle rinnovabili agli interventi per aumentare l'efficienza energetica. In generale, l'obiettivo che la SEN intende raggiungere entro il 2030 è del 28% di rinnovabili sui consumi complessivi (di cui il 55% proveniente da rinnovabili elettriche);
- ✓ l'efficienza energetica: l'obiettivo della SEN è di favorire le iniziative per la riduzione dei consumi col miglior rapporto costi/benefici per raggiungere nel 2030 il 30% di risparmio rispetto al tendenziale fissato nel 2030, nonché di dare impulso alle filiere italiane che operano nel contesto dell'efficienza energetica come edilizia e produzione ed installazione di impianti;
- ✓ la sicurezza energetica: in un contesto di crescente complessità e richiesta di flessibilità del sistema energetico, è essenziale garantire affidabilità tramite:
 - adeguatezza nella capacità di soddisfare il fabbisogno di energia,

- sicurezza nel far fronte ai mutamenti dello stato di funzionamento senza che si verifichino violazioni dei limiti di operatività del sistema,
 - resilienza per anticipare, assorbire, adattarsi e/o rapidamente recuperare da un evento estremo.
- ✓ la SEN pone l'obiettivo di dotare il sistema di strumenti innovativi e infrastrutture per garantire l'adeguatezza e il mantenimento degli standard di sicurezza; garantire flessibilità del sistema elettrico, anche grazie allo sviluppo tecnologico, in un contesto di crescente penetrazione delle fonti rinnovabili; promuovere la resilienza del sistema verso eventi meteo estremi ed emergenze; semplificare i tempi di autorizzazione ed esecuzione degli interventi.
- ✓ tra gli interventi previsti, sono indicati quelli per incrementare la capacità degli impianti di accumulo e gli interventi sulle reti per integrare le fonti rinnovabili e aumentare la resilienza.

3.5.1.2 [Relazione con il Progetto](#)

L'impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio, che Edison intende realizzare nel Comune di Esterzili in Sardegna, risponde perfettamente alle indicazioni della SEN, in quanto:

- ✓ prevede l'utilizzo di fonti rinnovabili, attraverso un impianto in gran parte interrato (Centrale sotterranea e vie d'acqua in galleria), a meno del bacino di monte e imbocco di accesso alle gallerie (uniche strutture in superficie);
- ✓ incrementa l'efficienza energetica del sistema elettrico, sfruttando i momenti di bassa richiesta per pompare l'acqua nel bacino di monte ed avere a disposizione i volumi di acqua necessari per la generazione di nuova energia elettrica nei momenti di effettiva necessità/richiesta;
- ✓ costituisce un'importante risorsa per l'adeguatezza oltre che per la sicurezza e flessibilità del sistema, essendo in grado di fornire nelle ore in cui fotovoltaico o vento sono assenti la massima capacità disponibile, assicurata dal riempimento degli invasi a monte, a seguito della programmazione in pompaggio di tali impianti nelle ore di massima produzione fotovoltaico o vento.
- ✓ la SEN in particolare evidenzia come, ad integrazione degli sviluppi di rete, l'obiettivo di crescita delle fonti intermittenti al 55% al 2030 richiederà anche lo sviluppo di ulteriore capacità di stoccaggio e fra le tecnologie di stoccaggio, i sistemi di storage idroelettrico sono considerati come l'opzione più matura.

3.5.2 **Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC)**

3.5.2.1 [Inquadramento e Finalità del Piano](#)

Come accennato precedentemente, la Strategia Energetica Nazionale (SEN 2017) ha costituito il punto di partenza per la preparazione del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) per gli anni 2021-2030.

Il 21 Gennaio 2020, il Ministero dello Sviluppo Economico ha pubblicato il testo "Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima", predisposto con il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare e il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, che recepisce le novità contenute nel Decreto-legge sul Clima nonché quelle sugli investimenti per il *Green New Deal* previste nella Legge di Bilancio 2020.

Il PNIEC è stato inviato alla Commissione europea in attuazione del Regolamento (UE) 2018/1999, completando così il percorso avviato nel dicembre 2018, nel corso del quale il Piano è stato oggetto di un proficuo confronto tra le istituzioni coinvolte, i cittadini e tutti gli stakeholder.

Con il PNIEC vengono stabiliti gli obiettivi nazionali al 2030 sull'efficienza energetica, sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione delle emissioni di CO₂, nonché gli obiettivi in tema di sicurezza energetica, interconnessioni, mercato unico dell'energia e competitività, sviluppo e mobilità sostenibile, delineando per ciascuno di essi le misure che saranno attuate per assicurarne il raggiungimento.

L'attuazione del Piano è assicurata dai decreti legislativi di recepimento delle direttive europee in materia di efficienza energetica, di fonti rinnovabili e di mercati dell'elettricità e del gas, che sono stati emanati a partire dal 2020.

3.5.2.2 [Relazione con il Progetto](#)

Si evidenzia, a tal proposito, che il progetto in esame risulta pienamente in linea con gli obiettivi del PNIEC.

Il Piano, difatti, prevede un importante Sviluppo della capacità di accumulo, che sarà gradualmente, ma sempre più, indirizzata anche verso soluzioni “energy intensive”, per limitare il fenomeno dell’*overgeneration* e favorire il raggiungimento degli obiettivi di consumo di energia rinnovabile.

Fra le tecnologie di stoccaggio, come già evidenziato dalla SEN, i sistemi di storage idroelettrico costituiscono l’opzione più matura.

La forte penetrazione delle rinnovabili richiederà prima di tutto un incremento dell’utilizzo degli impianti di pompaggio esistenti, grazie anche ai rinforzi di rete pianificati, ad esempio, nel Nord Italia, oltre a **nuovi impianti** della stessa tipologia.

Il PNIEC stima, già nel medio periodo (2023 circa), nuovi sistemi di accumulo per quasi 1,000 MW in produzione, tra idroelettrico ed elettrochimico. Per il 2030 stime preliminari indicano un fabbisogno pari a circa 6,000 MW tra pompaggi ed elettrochimico a livello centralizzato, aggiuntivi agli accumuli distribuiti (a cui corrispondono circa 4,000 MW), funzionali anche a contenere l’*overgeneration* da rinnovabili. A questi scopi, è stato avviato uno studio per l’individuazione di siti adatti a nuovi impianti di pompaggio basati su laghi o bacini esistenti.

Tali stime, peraltro, assumono non solo la realizzazione degli interventi di ampliamento delle risorse che concorrono al mercato dei servizi, ma anche opere di potenziamento e ammodernamento della rete elettrica di trasmissione e distribuzione, comprendenti sia incrementi della magliatura, anche in ottica smart grids, sia installazione di apparati finalizzati alla gestione ottimale dei flussi energetici. In tal senso, si prevede che **gli interventi di rete e la nuova capacità di accumulo dovranno essere programmati in coordinamento con quelli di sviluppo delle rinnovabili, in modo da favorire la localizzazione degli impianti sulla base di criteri che considerino la disponibilità delle risorse**, di siti idonei, nonché i vincoli e la fattibilità economica, in ragione anche di un’accresciuta capacità del sistema di spostare temporalmente la disponibilità di energia, così come previsto da Regolamento e Direttiva del mercato elettrico, recentemente approvati.

3.5.3 Piano Energetico Ambientale Regionale (PEAR) della Sardegna

Con la Deliberazione No. 45/40 del 02 Agosto 2016 la Giunta Regionale della Sardegna ha approvato in via definitiva il Piano Energetico Ambientale Regionale della Sardegna “Verso un’Economia condivisa dell’Energia” della Sardegna (“PEARS”) a seguito dell’esito positivo della procedura di Valutazione Ambientale Strategica (VAS). Congiuntamente al Piano è stata approvata la “Strategia per l’attuazione e il monitoraggio del PEARS” (di seguito Strategia) che ne definisce la Governance e il Sistema di Monitoraggio. Questo strumento programmatico concorre a costituire il quadro di riferimento per i soggetti pubblici e privati che assumono iniziative in campo energetico nel territorio della regione Sardegna.

Il Piano Energetico Ambientale Regionale (PEARS) è strutturato in tre obiettivi strategici, a loro volta articolati in uno o più obiettivi specifici, azioni e strumenti per l’attuazione:

1. Aumentare l’autonomia energetica:

- ✓ Diversificazione delle fonti energetiche:
 - Ricorso a fonti energetiche rinnovabili locali;
 - Realizzazione di un’infrastruttura di importazione del gas metano in Sardegna, attualmente non servita dalla rete nazionale;
 - Completamento dei bacini di distribuzione interna del gas metano conformemente al programma di metanizzazione.
- ✓ Implementazione delle reti di distribuzione dell’energia elettrica:
 - Potenziamento e magliatura della Rete di Trasmissione Nazionale in Alta Tensione;
 - Potenziamento e magliatura della rete di distribuzione in Media Tensione anche con reti autonome;
 - Smart Grids;
- ✓ Promozione della generazione diffusa:
 - Incentivazione di impianti di produzione energetica di piccola/media taglia;
 - Incentivo all’autoproduzione in loco;
 - Valorizzazione delle risorse locali.

2. Aumentare l’efficienza del sistema energetico:

- ✓ Macrosettori elettrico e termico:

- risparmio energetico: Ristrutturazione di impianti ed edifici, finalizzata alla riconversione verso sistemi maggiormente efficienti;
 - Efficienza energetica nella generazione: promozione della cogenerazione, con riuso dell'energia termica per riscaldamento/raffrescamento/altri usi termici; riconversione impianti esistenti verso tecnologie più efficienti anche con variazione della fonte energetica utilizzata;
 - Efficienza energetica negli usi finali: cicli produttivi, settore residenziale, settore terziario e servizi, trasporti
- ✓ Trasporti:
- Integrazione con Piano Regionale dei Trasporti •
 - Incentivo all'uso di veicoli elettrici e implementazione rete dei punti di ricarica;
 - Incentivo all'uso di biocombustibili • intermodalità dei trasporti interni;
 - Riduzione del trasporto privato a favore di quello collettivo;
 - Sistemi di trasporto alternativi.
3. **Aumentare i benefici locali:**
- ✓ Uso sostenibile delle risorse energetiche locali:
- Filiera corta delle biomasse, al fine di garantire la tracciabilità della biomassa forestale o agricola;
 - Forestazione certificata, al fine di garantire la conservazione e l'incremento della risorsa biomassa;
 - Individuazione delle tecnologie più idonee, per tipologia e taglia, al territorio, alle utenze da servire ed alle filiere corta di riferimento;
 - Localizzazione prioritaria degli impianti impattanti in aree compromesse, in particolare quelle a destinazione industriale già infrastrutturate;
 - Promozione degli impianti integrati nelle strutture esistenti o di nuova realizzazione se funzionale all'uso, per limitare il consumo di territorio pregiato;
 - Promozione degli impianti ibridi sia nel macrosettore elettrico (co-combustione di biomasse in centrali termoelettriche) che in quello termico (integrazione delle caldaie a gpl-gasolio con sistemi a pompa di calore);
- ✓ Innovazione e ricerca applicata:
- Favorire le condizioni per lo spin off di enti di ricerca e università al fine tradurre idee nate dal contesto della ricerca tecnologica in nuove occasioni occupazionali e di business;
 - Incentivi a ricerca e sviluppo, per favorire nuove tecnologie di generazione energetica, per il risparmio e l'efficienza e per l'uso di fonti alternative e rinnovabili;
 - Promozione di modelli locali per le fonti rinnovabili, il risparmio e l'efficienza in tema di energia, basati sul contesto ambientale, aziendale e strutturale della Sardegna.

Il Piano Energetico Ambientale Regionale intende riprendere ed integrare le indicazioni di scenario contenute nel Documento di indirizzo delle fonti energetiche rinnovabile approvato dalla Giunta Regionale con Delibera n. 12/21 del 20.03.2012. Pertanto, il Piano regionale di sviluppo delle tecnologie e degli impianti per la produzione di energia da fonte rinnovabile, previsto dalla legge L.R. 3 /2009 art. 6 comma 7 diventa parte integrante del Piano Energetico Ambientale Regionale.

3.5.3.1 Relazione con il Progetto

In Sardegna, una possibilità di sfruttamento della fonte idroelettrica può derivare dall'utilizzo, per fini energetici, dei volumi d'acqua accumulati in invasi e generalmente utilizzati per scopi irrigui e industriali – acquedottistici.

In questa direzione è stato realizzato il programma di interventi triennale per la produzione di energia idroelettrica, finalizzato a realizzare nuovi impianti e a riqualificazione le opere del Sistema Idrico Multisetoriale Regionale (SIMR).

La realizzazione dell'impianto di accumulo in progetto, che si inquadra come intervento di valorizzazione energetica, risulta, in tal senso, in linea con quanto previsto dal Piano, anche in virtù del ruolo strategico che avrebbe per il sistema elettrico sardo, permettendo di modulare l'erogazione della potenza elettrica durante l'arco della giornata, migliorandone l'efficienza e sfruttando l'utilizzo sostenibile della risorsa idrica dell'esistente bacino del Lago Flumendosa.

3.6 PIANIFICAZIONE LOCALE

3.6.1 Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Esterzili

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).

3.6.1.1 [Relazione con il Progetto](#)

In Figura allegata 3.5 si riporta un estratto per l'area di interesse della Tavola 12/B del PUC “Zonizzazione del territorio comunale”, da cui si evince che gli interventi in progetto ricadono interamente nella zona Agricola “E” sottozona “E5” (Aree marginali per l'attività agricola) che comprende le aree caratterizzate da scarsa produttività considerate marginali per l'attività agricola.

Si evidenzia che in fase di progettazione il posizionamento del bacino di monte è stato studiato per evitare l'interessamento delle fasce di rispetto assoluto dei manufatti archeologici sottozona H3 (con raggio pari a 50 m).

Infatti, come evidenziato in Figura allegata 3.6, nell'area sono presenti le seguenti emergenze archeologiche tutelate nel PUC (sottozona H3), **nessuna delle quali viene comunque interferita dagli elementi del progetto**:

- ✓ sito No. 20 (Villaggio nuragico – Taccu sa Pruna);
- ✓ siti No. 8 (Domus de Janas - Su Presoneddu) e No. 59 (Tomba dei Giganti – Monte Nieddu) nelle aree soprastanti le gallerie;
- ✓ siti No. 6 (Domus de Janas - Monte Nieddu), No. 7 (Domus de Janas - Su Foreddu), e No. 22 (Villaggio nuragico – Monti Nieddu) posto a circa 500 m a sud della galleria idraulica.

Tali aree nel PUC sono Zone di Interesse Archeologico – Aree di rispetto dei manufatti archeologici, che tutelano manufatti archeologici, rappresentati da aree disperse nel territorio comunale interessate dalla presenza di resti della civiltà nuragica e romana o da edifici storici di epoca più recente. Alcuni di questi elementi sono inoltre tutelati da un'ulteriore fascia di salvaguardia archeologica (perimetrazione zone vincolate ai sensi dell'art.19 della L.R. No. 45/89) estesa per 150 m oltre la sottozona H3 di 50 m di raggio.

Considerando l'attività di progetto che prevede lo scavo in diverse aree e la presenza di diversi elementi vincolati si evidenzia che a corredo dello Studio di Impatto Ambientale è stata predistosta ed è allegata anche la Relazione Preliminare Archeologica che analizza il rischio archeologico dell'area di progetto. Come descritto nelle conclusioni della Relazione Archeologica si specifica che *“l'ubicazione puntuale della quasi totalità dei ritrovamenti, seppur editi e citati in numerosi riferimenti bibliografici, inerenti ai siti che gravitano nei pressi del progetto, è riferita esclusivamente a dati toponomastici, non esiste perciò una documentazione topografica puntuale. Dovendo quindi*

basare l'identificazione dei siti archeologici soprattutto con la toponomastica dei luoghi, le distanze tra le aree archeologiche e note e l'opera, non sono calcolabili con estrema accuratezza”.

Con riferimento alle aree interferite le NdA del PUC indicano (in accordo agli artt. 15 e 18):

- ✓ nelle Zone Territoriali Omogenee E “sono ammissibili opere quali: miglioramenti fondiari, agrari e pascoli, opere di irrigazione, trivellazioni, bacini e laghetti collinari, viabilità aziendali, opere di recinzione e fasce frangivento, elettrificazione e fabbricati rurali, macchine e impianti connessi”. Inoltre “Sono ammissibili interventi quali: nuove costruzioni o installazioni, modifiche, ampliamenti e ristrutturazioni, demolizioni e ricostruzioni, manutenzioni, recupero, restauro e risanamento, opere interne”;
- ✓ nelle Zone Territoriali Omogenee H3 “è vietata ogni edificazione e le lavorazioni agricole devono compiersi nel rispetto assoluto delle presenze archeologiche note e segnalate e delle eventuali nuove scoperte. Ogni altro intervento, comprese le recinzioni, potrà essere realizzato solo previo benestare della competente Soprintendenza Archeologica”;
- ✓ nella Fascia di salvaguardia archeologica riferita alla perimetrazione ai sensi dell'art.19 della L.R. No. 45/89 e (porzioni del territorio comunale da sottoporre a tutela e salvaguardia) “sono consentiti tutti gli interventi e le attività compatibili con la sottozona agricola in cui queste ricadono. È vietato qualunque intervento edificatorio ad eccezione di quelli inerenti il recupero, la tutela e la valorizzazione di questi siti; sono consentite le recinzioni realizzate con muretti a secco o del tipo leggero con paletti e rete. Sono ammessi interventi, urbanistici ed edili, esclusivamente di iniziativa pubblica, ed in particolare:
 - a) Interventi tesi alla manutenzione, risanamento e conservazione dell'edificio religioso esistente, con esclusione di quelli modificativi della superficie e del volume che possano offenderne l'architettura e l'estetica;
 - b) La realizzazione di spazi attrezzati (piazze e verde) che si integrino armonicamente con quelli già esistenti e con il carattere dell'ambiente circostante.
- ✓ Le modalità di intervento sono la concessione diretta o autorizzazione”.

Con riferimento agli interventi in progetto ed a quanto sopra si rimarca che:

- ✓ l'art. 6 delle NTA “Poteri di deroga” stabilisce che “L'Amministrazione Comunale può esercitare la deroga sulle norme del Piano Urbanistico Comunale e su quelle del Regolamento Edilizio limitatamente ai casi di edifici ed impianti pubblici o di interesse pubblico e sempre con l'osservanza dell'art.3 della legge n.1357 del 21/12/1955 e dell'art.16 della legge n.765 del 06/08/1967. (...omiss...) In ogni caso la deroga deve essere concessa previa stipula di apposita convenzione da approvarsi in Consiglio Comunale, con la quale venga assicurato il rispetto nel tempo della destinazione dell'immobile per uso pubblico”;
- ✓ il Regolamento Edilizio che costituisce l'Allegato D al PUC, all'articolo 4.3 “Opere soggette ad autorizzazione” al punto “f” individua tra gli interventi che sono soggetti ad autorizzazione “l'installazione di impianti, su costruzioni o aree, per la captazione di energie alternative (energia solare, eolica ecc.)”.

Il progetto essendo localizzato in aree non antropizzate interessa zone classificate a livello comunale come aree agricole dove di norma sono consentiti solo interventi ed opere finalizzati all'agricoltura. Tuttavia, l'impianto in oggetto pur essendo un impianto che produce energia elettrica è caratterizzato da un basso impatto verso l'ambiente circostante in quanto in fase di esercizio non produce emissioni e la maggior parte delle strutture sono sotterranee e non visibili dall'esterno. **Nell'ambito dell'autorizzazione alla costruzione ed esercizio si procederà a richiedere deroga all'amministrazione comunale ai sensi della normativa vigente e al cambio d'uso delle aree una volta autorizzato.**

Con riferimento alla presenza sopra alle gallerie e alla vicinanza fra il bacino superiore e gli elementi di interesse archeologico, come anticipato, a corredo dello Studio di Impatto Ambientale è allegata la Relazione Preliminare Archeologica, a cui si rimanda per l'analisi di questo aspetto.

Inoltre, in Figura allegata 3.6 si riporta lo stralcio della Tavola 10 “Carta delle Emergenze e delle Zone vulnerabili”, che evidenzia come alcuni interventi in progetto (opere di presa e l'area di lavoro di valle) risultano in parte interessare:

- ✓ necessariamente la fascia di 300 metri dalla linea di battaglia del Lago del Flumendosa (opera di presa e l'area di lavoro di valle);
- ✓ un'area a “Boschi”, definiti nel PUC come elementi di notevole importanza per il patrimonio boschivo forestale, costituiti da territori ancora coperti da boschi secolari di essenze autoctone (querce, lecci, roverelle etc.) per quanto riguarda l'area di lavoro di valle;

- ✓ il limite del vincolo idrogeologico (opere di presa e l'area di lavoro di valle). Si veda anche successivo Paragrafo 3.7.5).

Per quanto concerne la fascia di 300 metri dal lago e l'area a boschi, le NTA del PUC definiscono all'Art. 18 queste aree come "Aree di particolare pregio naturalistico" e "Territori coperti da boschi e foreste", entrambe perimetrate ai sensi della Legge Regionale No. 45/89.

Ai sensi del suddetto articolo tali aree costituiscono porzioni del territorio comunale "soggette alle norme di salvaguardia e di tutela previste della L.N.431/85" (Legge Galasso ad oggi confluita nel D.Lgs 42/04 e s.m.i.). Le suddette aree risultano ricomprese nel Piano Paesaggistico Regionale (si veda il Paragrafo 3.4.1) tra i Beni Paesaggistici Ambientali tutelati ai sensi dell'Art. 142 (Territori coperti da foreste e boschi) e Art. 143 (territori contermini compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia) soggetti ad autorizzazione paesaggistica.

A seguito dell'interessamento di beni paesaggistici vincolati dal D. Lgs 42/04 a corredo dello Studio di Impatto Ambientale è allegata una Relazione Paesaggistica che valuta la compatibilità paesaggistica del progetto e a cui si rimanda per maggiori particolari.

In base a quanto esposto nel paragrafo, il progetto risulta compatibile con la pianificazione comunale.

3.6.2 Piano Regionale dei Trasporti

Il Piano Regionale dei Trasporti PRT, la cui proposta definitiva è stata approvata con Deliberazione della Giunta Regionale No. 66/23 del 27 Novembre 2008, è lo strumento di pianificazione di medio e lungo termine della politica regionale nei settori della mobilità aerea, marittima, viaria e ferroviaria e costituisce uno dei presupposti essenziali per una programmazione ed organizzazione unitaria del sistema dei trasporti della Regione.

L'obiettivo strategico del PRT è la costruzione di un "Sistema di Trasporto Regionale", attraverso l'adozione di azioni decisive e mirate ad affermare un diverso approccio culturale alla mobilità, una pianificazione integrata di infrastrutture e servizi ed un generale innalzamento del livello complessivo degli interventi regionali nel settore.

L'attuale configurazione del PRT si compone del Piano Direttore e del Piano del Trasporto Pubblico Locale di interesse regionale (PRTL).

Gli obiettivi del PRT sono riassunti nel seguito:

- ✓ garantire elevati livelli di accessibilità per le persone e per le merci che intendono spostarsi sulle relazioni sia interregionali (Sardegna/Continente) che intraregionali (all'interno della Sardegna al fine di conseguire ricadute anche di natura economica (migliorare la competitività delle imprese), territoriale (attrattività insediativa, riequilibrio verso l'interno, integrazione aree interne e versante costiero) e sociale (coesione, superamento dell'isolamento geografico dovuto all'insularità e dello spopolamento delle aree interne);
- ✓ rendere più accessibile il sistema a tutte le categorie fisiche e sociali, ed in particolare alle fasce più deboli e marginali in qualsiasi parte del territorio siano localizzate;
- ✓ assicurare elevata affidabilità e sicurezza al sistema;
- ✓ assicurare lo sviluppo sostenibile del trasporto riducendo il consumo energetico, le emissioni inquinanti, gli impatti sul territorio specie in quei contesti di particolare pregio, paesistico ed ambientale e storico-architettonico (aree costiere e aree montane interne), in coerenza con il Piano energetico ed ambientale regionale. La caratterizzazione paesistico/ambientale della Sardegna deve riconoscersi anche nella capacità di coniugare sviluppo (nuovi interventi, cultura del progetto sostenibile) con salvaguardia e valorizzazione ambientale come previsto nel Piano Paesaggistico Regionale e nel Piano Regionale del Turistico Sostenibile;
- ✓ contribuire a governare le trasformazioni volute dai piani economico sociali e di riassetto territoriale intervenendo, in combinazione con altre iniziative, per garantire l'unitarietà funzionale tra fenomeni di migrazione insediativa (spopolamento aree interne-deurbanizzazione delle due concentrazioni urbane di Cagliari e Sassari verso aree esterne economicamente ed ambientalmente più appetibili) e modelli mediativi a bassa densità e diffusi su ampi territori.

In generale, si evidenzia che il progetto in esame non comporterà interazioni significative con il sistema dei trasporti e con le previsioni del Piano.

Unicamente in fase di cantiere si potrà riscontrare un incremento del traffico veicolare legato al trasporto di personale e materiale. Questo, tuttavia, avverrà principalmente tra le aree di cantiere e per la durata delle stesse. In fase di esercizio, il traffico sarà limitato al trasporto del personale addetto alle attività di manutenzione.

3.7 VINCOLI AMBIENTALI E TERRITORIALI

3.7.1 Vincoli Culturali e Paesaggistici (D.Lgs 42/04)

Il Decreto Legislativo No. 42 del 22 Gennaio 2004, “Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio, ai sensi dell’art. 10 della Legge 6 luglio 2002, No 137” e s.m.i., costituisce il codice unico dei beni culturali e del paesaggio e che recepisce la Convenzione Europea del Paesaggio e rappresenta il punto di confluenza delle principali leggi relative alla tutela del paesaggio, del patrimonio storico ed artistico:

- ✓ Legge 1 Giugno 1939, No. 1089;
- ✓ Legge 29 Giugno 1939, No. 1497;
- ✓ Legge 8 Agosto 1985; no. 431.

Il Decreto Legislativo 42/04 disciplina le attività concernenti la conservazione, la fruizione e la valorizzazione del patrimonio culturale e paesaggistico ed in particolare fissa le regole per la:

- ✓ tutela, fruizione e valorizzazione dei beni culturali (Parte Seconda, Titoli I, II e III, art. da 10 a 130)
- ✓ tutela e valorizzazione dei beni paesaggistici (Parte Terza, Articoli da 131 a 159).

Le disposizioni del Codice che regolamentano i vincoli paesaggistici sono gli articoli 134, 136 e 142; in particolare, in virtù del loro interesse paesaggistico sono comunemente sottoposti a tutela i Beni paesaggistici elencati dall’Articolo 142 lett. a-m (ex Legge 431/85 “Legge Galasso”).

In Figura allegata 3.7 si riportano i beni culturali e paesaggistici sottoposti a vincolo ai sensi dell’Art. 142 del D.Lgs. 42/04 e s.m.i. presenti nell’area di interesse per il progetto, verificati sulla base delle informazioni raccolte sul geoportale della Regione Sardegna (Sardegna Geoportale, sito web). Si noti che la presenza di tali aree è già stata evidenziata nella valutazione del Piano Paesaggistico Regionale (Paragrafo 3.4.1) e nel Piano Urbanistico Comunale (Paragrafo 3.6).

Dall’esame della Figura allegata 3.7 si può evincere come alcune delle opere a progetto interessano le seguenti aree tutelate a livello paesaggistico:

- ✓ area vincolata ai sensi dell’Art 142 comma 1 lett b del D. Lgs 42/04 “territori contermini ai laghi” nella fascia di 300 dall’invaso del Flumendosa;
- ✓ area vincolata ai sensi dell’Art 142 comma 1 lett c del D. Lgs 42/04 “fiumi torrenti ed i corsi d’acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge” nella fascia di rispetto di 150 metri dal Riu Perdadera affluente di secondo ordine del Fiume Flumendosa.
- ✓ Area vincolata ai sensi dell’art. 142 comma 1 lettera g: “i territori coperti da foreste e da boschi ancorchè percorsi o danneggiati dal fuoco”,
- ✓ Area vincolata ai sensi dell’art. 142 comma 1 lettera h: “zone gravate da usi civici”.

Per quanto riguarda le aree percorse dal fuoco la Legge 21/11/2000 n. 353, “Legge-quadro in materia di incendi boschivi”, che contiene divieti e prescrizioni derivanti dal verificarsi di incendi boschivi, prevede l’obbligo per i Comuni di censire le aree percorse da incendi, avvalendosi anche dei rilievi effettuati dal Corpo Forestale dello Stato, al fine di applicare i vincoli che limitano l’uso del suolo solo per quelle aree che sono individuate come boscate o destinate a pascolo, con scadenze temporali differenti, ovvero:

- ✓ Vincoli quindicennali: la destinazione delle zone boscate e dei pascoli i cui soprassuoli siano stati percorsi dal fuoco non può essere modificata rispetto a quella preesistente l’incendio per almeno quindici anni. In tali aree è consentita la realizzazione solamente di opere pubbliche che si rendano necessarie per la salvaguardia della pubblica incolumità e dell’ambiente. Ne consegue l’obbligo di inserire sulle aree predette un vincolo esplicito da trasferire in tutti gli atti di compravendita stipulati entro quindici anni dall’evento;
- ✓ Vincoli decennali: nelle zone boscate e nei pascoli i cui soprassuoli siano stati percorsi dal fuoco, è vietata per dieci anni la realizzazione di edifici nonché di strutture e infrastrutture finalizzate ad insediamenti civili ed attività produttive, fatti salvi i casi in cui per detta realizzazione siano stati già rilasciati atti autorizzativi comunali in data precedente l’incendio sulla base degli strumenti urbanistici vigenti a tale data. In tali aree è vietato il pascolo e la caccia;
- ✓ Vincoli quinquennali: sui predetti soprassuoli è vietato lo svolgimento di attività di rimboschimento e di ingegneria ambientale sostenute con risorse finanziarie pubbliche, salvo il caso di specifica autorizzazione concessa dal Ministro dell’Ambiente, per le aree naturali protette statali, o dalla Regione competente, per

documentate situazioni di dissesto idrogeologico o per particolari situazioni in cui sia urgente un intervento di tutela su valori ambientali e paesaggistici.

Le aree percorse da fuoco saranno interessate dal cantiere per la realizzazione del bacino di monte e dal portale per l'accesso alla discenderia. Essendo superati i 10 anni sussiste il vincolo su tali aree solo del cambio di destinazione d'uso, che non sarà necessario per l'esercizio del solo cantiere. In ogni caso si ricorda che le opere rivestono utilità pubblica.

Si specifica che fra le misure di compensazione ambientale è stata valutata anche la ripiantumazione di vegetazione autoctona in alcune delle aree percorse dal fuoco prossime al bacino di monte (superficie totale nell'ordine di 750,000 m²). Per alcune di queste aree anche la presenza del vincolo quinquennale al rimboscimento non genera conflitto con tali misure compensative in quanto sarebbero comunque sostenute da finanziamenti privati.

In riferimento all'art. 142 lett.h, del D.Lgs 42/04, l'area di intervento interessa zone gravate da usi civici. In particolare, l'Agenzia Regionale per il sostegno all'agricoltura (Argea) con Determina No. 1227 del 19 Marzo 2018 ha accertato la presenza delle terre gravate da uso civico nel Comune di Esterzili, ai sensi dell'art. 5 della L.R. 14 Marzo 1994 No.12.

Nello specifico l'area di intervento, dalla consultazione dei dati catastali dell'Agenzia delle Entrate, interessa le seguenti particelle catastali gravate da uso civico nell'area di interesse:

- ✓ foglio 31 alla p.lla 72;
- ✓ foglio 33 alla p.lla 9, 11 e 12, 13, 15 e 16;
- ✓ foglio 34, alla p.lla 2 e 4.

Tabella 3.3: Interessamento particelle catastali a uso civico

Foglio	Mappa Attuale	Superficie (m ²)
31	72	1,276
33	9	10,811
33	11	11,797
33	12	393
33	13	8,042
33	15	2,367
33	16	6,534
34	2	50,880
34	4	1,631,666

L'inventario delle terre civiche associato alla Determinazione di cui sopra, identifica lo stato dei luoghi delle particelle sopra indicate, come descritto dalla seguente Tabella.

Tabella 3.4: Stato dei Luoghi

Comune	Intestazione Catastale	Foglio	Mappa Attuale	Superficie (m ²)	Stato dei Luoghi	Superficie interessata dal Cantiere (m ²)	Superficie interessata da Esercizio (m ²)
Esterzili	Demanio dello Stato	31	72	1,276	Lago del Flumendosa	1,276	-
Esterzili	Demanio dello Stato/ Comune di Esterzili	33	9	10,811	Lago del Flumendosa e bosco di latifoglie	10,811	-
Esterzili	Demanio dello Stato/ Comune di Esterzili	33	11	11,797	Lago del Flumendosa e bosco di latifoglie	11,797	Ca. 340 (opera di presa e restituzione dell'Invaso Flumendosa)
Esterzili	Comune di Esterzili	33	12	393	bosco di latifoglie	393	-
Esterzili	Comune di Esterzili	33	13	8,042	bosco di latifoglie e	8,042	Ca 700 Imbocco Galleria

Comune	Intestazione Catastale	Foglio	Mappa Attuale	Superficie (m ²)	Stato dei Luoghi	Superficie interessata dal Cantiere (m ²)	Superficie interessata da Esercizio (m ²)
					macchia mediterranea		accesso al pozzo paratoie
Esterzili	Comune di Esterzili	33	15	2,367	macchia mediterranea	2,367	-
Esterzili	Demanio dello Stato/ Comune di Esterzili	33	16	6,534	Lago del Flumendosa e bosco di latifoglie	6,534	-
Esterzili	Comune di Esterzili	34	2	50,880	Pascolo	50,880	50,880 impronta del bacino di monte
Esterzili	Comune di Esterzili	34	4	1,631,666	Pascolo	1,631,666	Ca. 275,220 (impronta bacino di monte)

Su tali aree valgono le prescrizioni di seguito elencate ed inserite nella determinazione sopra indicata: ai sensi dell’art. 22 della Legge Regionale del 14 Marzo 1994 No.2, il Comune deve promuovere le azioni necessarie per il recupero dei terreni soggetti ad uso civico che risultano abusivamente occupati o detenuti senza titolo valido.

Il Comune deve adoperarsi al fine di regolarizzare presso l’Agenzia delle Entrate – Ufficio del Territorio le particelle catastalmente intestate ad altri soggetti.

Non si riscontra nell’area di progetto la presenza di beni culturali e paesaggistici vincolati ai sensi dell’Art.143 del D.Lgs 42/04, segnalati dalla Regione ed inclusi nel Repertorio dei beni 2017, rilevati a partire dai dati vettoriali presenti sul sito del geoportale della Regione Sardegna.

L’area in esame risulta comunque caratterizzata dalla presenza di alcune emergenze archeologiche indicate nel PUC: manufatti archeologici rappresentati dalla presenza di resti della civiltà nuragica e pre-nuragica (si veda Paragrafo 3.6). Non c’è comunque interazione diretta fra tali emergenze ed il progetto perché gli elementi più prossimi sono costituiti dalle gallerie che si trovano molto in profondità escludendo una interferenza.

Si evidenzia che nella progettazione si è tenuto conto di questi vincoli (elementi archeologici non segnalati direttamente dalla Regione) evitando con il bacino interferenze dirette anche con le fasce di tutela del PUC.

Per la gestione dell’aspetto archeologico, considerando che l’attività di progetto prevede lo scavo in diverse aree, si evidenzia che è stata redatta la Relazione Preliminare Archeologica, che è allegata a corredo dello Studio di Impatto Ambientale.

3.7.2 Aree Naturali Soggette a Tutela

Nel presente paragrafo sono individuate le aree naturali soggette a tutela presenti nell’area vasta di interesse per il progetto con particolare riferimento a:

- ✓ Siti della Rete Natura 2000;
- ✓ Aree Naturali Protette, IBA (Important Bird and Biodiversity Areas) e zone umide di importanza internazionale “Ramsar”.

3.7.2.1 Rete Natura 2000

La rete Natura 2000 è costituita dai Siti di Interesse Comunitario (SIC), identificati dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva Habitat, che vengono successivamente designati quali Zone Speciali di Conservazione (ZSC), e comprende anche le Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva 2009/147/CE “Uccelli” concernente la conservazione degli uccelli selvatici.

Dall’analisi della cartografia relativa alla perimetrazione dei siti Natura 2000 e riferita alla banca dati ufficiale inviata alla Commissione Europea ad Aprile 2020 (per i SIC/ZPS e ZSC), consultabile sul sito web del MiTE e dal sito web dell’Agenzia Europea per l’ambiente, si rileva che l’area di progetto **non presenta interferenza diretta** con nessun sito della Rete Natura 2000.

Nella seguente Figura si riportano i siti della Rete Natura 2000 più prossimi all'area di progetto e comunque ubicati a distanze superiori a 10 km dal sito di interesse.

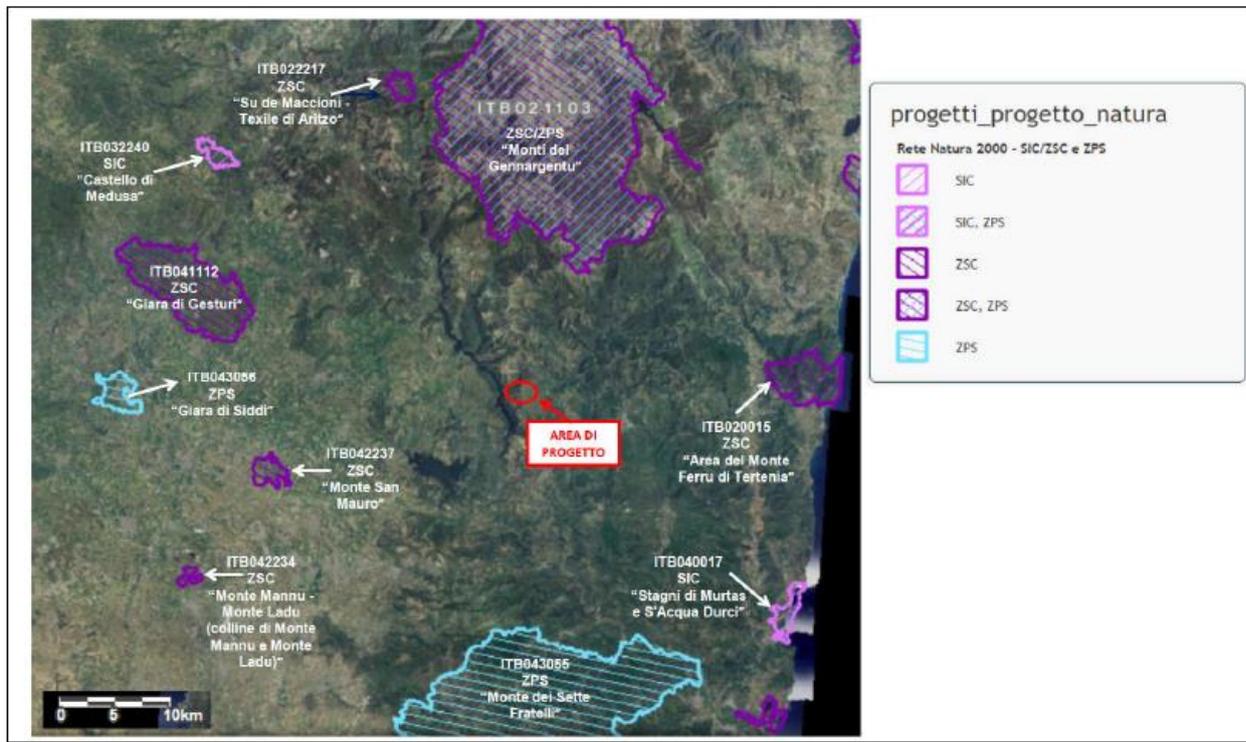


Figura 3.11: Siti Rete Natura 2000 limitrofi all'Area di Progetto (MiTE, Portale Progetto Natura, Sito Web)

Come si evince dalla figura, il sito più prossimo all'area di progetto risulta essere la ZSC-ZPS ITB021103 “Monti del Gennargentu”, ubicato a circa 13.3 Km a Nord.

3.7.2.2 Aree Naturali Protette e IBA

La Legge No. 394/91 definisce la classificazione delle aree naturali protette e istituisce l'Elenco Ufficiale delle Aree Protette (EUAP), nel quale vengono iscritte tutte le aree che rispondono ai criteri stabiliti dal Comitato Nazionale per le Aree Protette (con designazione dei parchi e aree protette ai vari livelli territoriali). Attualmente è in vigore il 6° aggiornamento dell'EUAP, approvato con D.M. 27 April e 2010 e pubblicato nel Supplemento Ordinario n. 115 alla Gazzetta Ufficiale No. 125 del 31 Maggio 2010; l'Elenco è stilato e periodicamente aggiornato dal MASE (Direzione Protezione della Natura).

Le Important Bird and Biodiversity Areas (IBA) sono state individuate come aree prioritarie per la conservazione, definite sulla base di criteri ornitologici quantitativi, da parte di associazioni non governative appartenenti a “BirdLife International”. L'inventario delle IBA di BirdLife International è stato riconosciuto dalla Corte di Giustizia Europea (Sentenza C-3/96 del 19 Maggio 1998) come strumento scientifico di riferimento per l'identificazione dei siti da tutelare come ZPS.

In Italia il progetto è curato da LIPU (rappresentante italiano di BirdLife International): il primo inventario delle IBA (Aree Importanti per l'Avifauna) è stato pubblicato nel 1989 ed è stato seguito nel 2000 da un secondo inventario più esteso. Una successiva collaborazione tra LIPU e Direzione per la Conservazione della Natura del Ministero Ambiente ha permesso la completa mappatura dei siti in scala 1:25,000, l'aggiornamento dei dati ornitologici ed il perfezionamento della coerenza dell'intera rete. Tale aggiornamento ha portato alla redazione nel 2003 della Relazione Tecnica “Sviluppo di un sistema nazionale delle ZPS sulla base della rete delle IBA”. Con il loro recepimento da parte delle Regioni, le aree IBA dovrebbero essere classificate come ZPS (Zone di Protezione Speciale) ai fini del completamento della Rete Natura 2000.

Dall'analisi della cartografia relativa alla perimetrazione Aree Naturali Protette, IBA (Important Bird and Biodiversity Areas) oltre che delle zone umide “Ramsar” disponibile sul sito web della Regione Sardegna e sul sito del MiTE, **non si rileva nessuna interferenza diretta o indiretta** delle stesse con l'area di progetto.

Nella seguente Figura si riportano le perimetrazioni delle aree EUAP, aree IBA e zone umide a livello internazionale “Ramsar” più prossime all'area di progetto e comunque ubicate a distanze superiori a 10 km dal sito di interesse.

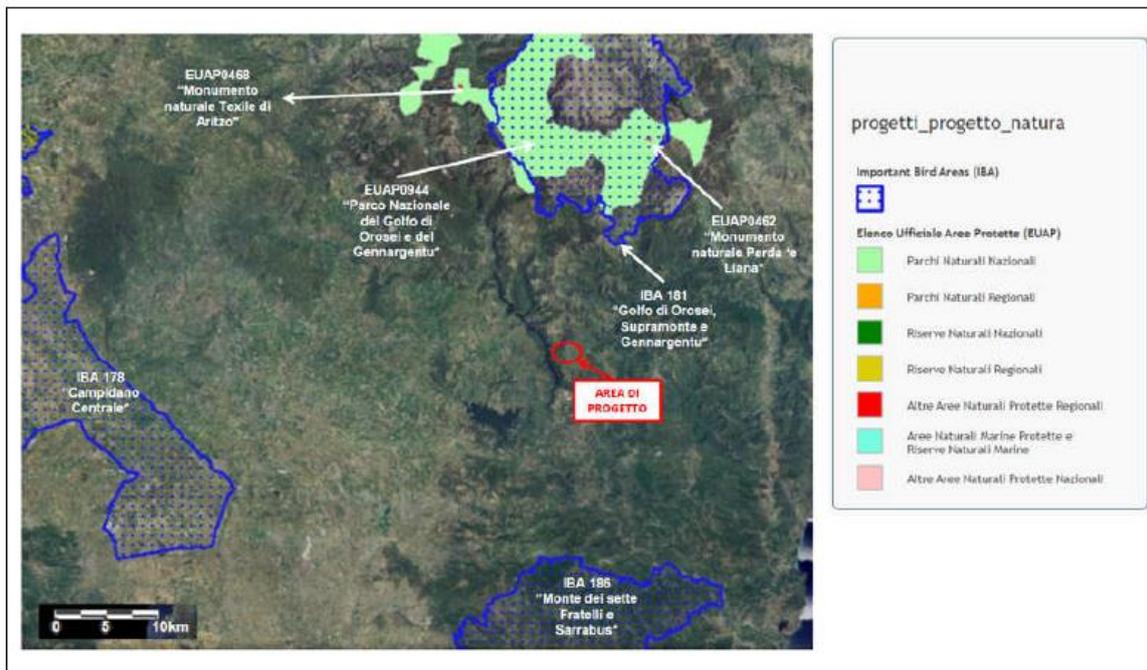


Figura 3.12: Aree Naturali Protette, Aree IBA Limitrofe all'Area di Progetto (MiTE, Portale Progetto Natura)

Come si evince dalla figura su riportata:

- ✓ l'area protetta del “Parco Nazionale del Golfo di Orosei e Gennargentu” (EUAP 0944) risulta la più prossima all'area di progetto e posta ad una distanza di circa 13.5 Km a nord. All'interno del parco nazionale sono contenute le due aree Naturali protette regionali rappresentate dal “Monumento naturale Texile di Aritzo” (EUAP0468) a NW, e il “Monumento naturale Perda 'e Liana” (EUAP0462);
- ✓ il parco nazionale risulta parzialmente sovrapposto all'area IBA181 “Golfo di Orosei, Supramonte e Gennargentu” e posto a circa 13.3 km a Nord dell'area di progetto.

3.7.3 Aree Gestione Speciale Ente Foreste

Le aree di Gestione Speciale dell'Ente Foreste costituiscono aree oggetto di gestione e destinate ad attività agrosilvo pastorali da parte di tale Ente che costituiva prima della sua soppressione nell'Aprile del 2016 un soggetto pubblico esecutivo della Regione Autonoma della Sardegna dotato di personalità giuridica di diritto pubblico e di autonomia regolamentare, amministrativa e patrimoniale. A tale Ente è subentrata nel 2016 l'Agenzia forestale regionale per lo sviluppo del territorio e dell'ambiente della Sardegna (in acronimo: Forestas). Per l'utilizzo di tali aree è necessario acquisire concessione demaniale come disciplinato dalla Legge Regionale della Sardegna No. 8 del 27 Aprile 2016.

Dall'analisi della cartografia disponibile sul geoportale della Regione Sardegna delle aree tutelate è stato possibile rilevare come **le aree di intervento non ricadono nella perimetrazione delle aree di Gestione Speciale dell'Ente Foreste**. Inoltre, dall'analisi del Piano Forestale Ambientale Regionale l'area fa parte del Distretto 14 – Gennargentu e non risulta in nessuna area speciale e vincolata.

L'opera in progetto interferisce con aree perimetrate da aree percorse dal fuoco negli anni 2008 e 2012. Le aree che caratterizzano tali perimetri sono classificate come aree a "pascolo naturale", come indicato nella seguente figura.

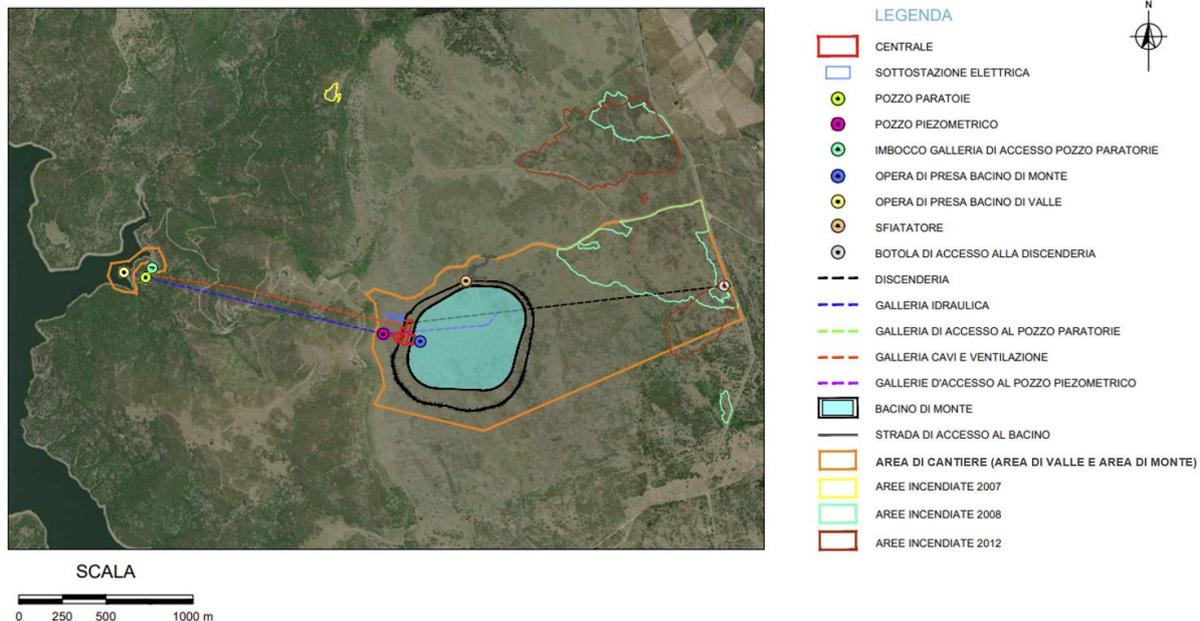


Figura 3.13: Interferenza con aree percorse dal fuoco

3.7.4 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.

3.7.5 Vincolo Idrogeologico

Il vincolo idrogeologico è istituito e normato con il Regio Decreto No. 3267/1923 e il successivo regolamento di attuazione R.D. No.1126/1926, secondo i quali sono sottoposti a Vincolo Idrogeologico i terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le norme, possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque.

Il Regio Decreto rivolge particolare attenzione alla protezione dal dissesto idrogeologico, soprattutto nei territori montani, ed istituisce il vincolo idrogeologico come strumento di prevenzione e difesa del suolo, limitando il territorio ad un uso conservativo.

In particolare, l'Art. 1 del RD No. 3267/1923 prevede che *“Sono sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le norme di cui agli articoli 7, 8 e 9, possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque”*.

La Legge Regionale No. 7 del 22 Aprile 2002, “Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale della Regione (Legge Finanziaria 2002)”, nelle more del trasferimento agli enti locali delle funzioni attualmente esercitate dalle Camere di Commercio e concernenti le determinazioni sul vincolo idrogeologico di cui al Regio Decreto No. 3267/1923, ha attribuito (Art. 14 comma 17) alla direzione generale del Corpo Forestale le funzioni di Vigilanza Ambientale (CFVA) nelle aree sottoposte a tale vincolo.

Nelle zone soggette a vincolo lo svolgimento di interventi che comportino modificazione e/o trasformazione dell'uso del suolo sono subordinati all'ottenimento di un provvedimento autorizzativo da parte del Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale; tale provvedimento è atto a verificare la compatibilità tra l'equilibrio idrogeologico del territorio e gli effetti conseguenti alla realizzazione dell'intervento in progetto. L'Art. 7 del RD No. 3267/1923 prescrive, infatti, che *“Per i terreni vincolati la trasformazione dei boschi in altre qualità di coltura e la trasformazione di terreni saldi in terreni soggetti a periodica lavorazione sono subordinate ad autorizzazione del Comitato forestale e alle modalità da esso prescritte, caso per caso, allo scopo di prevenire i danni di cui all'art. 1”*.

Inoltre, l'art. 9 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) inerente la *“Gestione delle Aree a Vincolo Idrogeologico”*, stabilisce che *“l'organo competente della Regione Sardegna estende il vincolo idrogeologico di cui al Regio Decreto No. 3267/1923, ove non esistente, alle aree delimitate dal PAI come aree di pericolosità da frana”*. In particolare, il comma 2 detta le specifiche normative vigenti nelle aree di pericolosità da frana soggette a vincolo idrogeologico:

- a. È sempre negata l'esenzione totale o parziale da vincolo;
- b. È vietato il pascolo di caprini nei boschi e nei terreni cespugliati con funzioni protettive, nelle aree di pericolosità da frana molto elevata ed elevata;
- c. Le prescrizioni di massima e di polizia forestale stabiliscono entro un anno di permettere la ricostruzione della copertura erbosa;
- d. I provvedimenti in materia di trasformazione colturale dimostrano espressamente l'assenza di riflessi negativi sulla stabilità dei suoli;

- e. Le utilizzazioni e le opere che possano distruggere o deteriorare la vegetazione o comportare modifiche nell'assetto idrogeologico dei terreni, sempre che siano consentite dal PAI, devono essere realizzate contestualmente ad opportune misure compensative;
- f. L'applicazione delle prescrizioni di massima e di polizia forestale è comunque subordinata alla conformità con le presenti norme.

Nella Figura seguente si riportano le aree soggette a Vincolo Idrogeologico ai sensi dell'Art.1 del RDL No. 3267/1923, sovrapposte agli interventi di progetto; le perimetrazioni sono state tratte dal geoportale della Regione Sardegna delle aree tutelate.

Tali perimetrazioni sono confrontabili con la documentazione prodotta dalla Direzione Generale del Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale della Regione Sardegna – Servizio Territoriale dell'Ispettorato Ripartimentale (STIR) di Cagliari disponibili sul sito web Sardegna Ambiente.

In particolare, la perimetrazione del vincolo idrogeologico riportato nella Figura seguente è stata istituita ai sensi dell'art. 18 della Legge No. 991/1952, come deducibile dagli atti disponibili (SITR di Cagliari, sito web Sardegna Ambiente), regolati dal Decreto Interministeriale DGEMF “Approvazione Piano Generale di Bonifica del comprensorio di Bonifica Montano del Nuorese” No. 17435 Div. IX del 13/03/1965 (per il comune di Esterzili), inerente al Progetto di massima delle opere pubbliche di sistemazione idraulico-forestale e delle altre opere di competenza statale, corredato da studi specifici.

Come anticipato al precedente Paragrafo 3.2.3, si specifica che le aree a vincolo idrogeologico sono interessate da aree classificate dal PAI come a pericolo geomorfologico moderato (Hg1), medio (Hg2) ed elevato (Hg3). Si anticipa quindi che, come poi sarà riportato al successivo Paragrafo 6.5, saranno adottate le opportune misure di compensative e di mitigazione come richiesto dalle NTA del PAI.

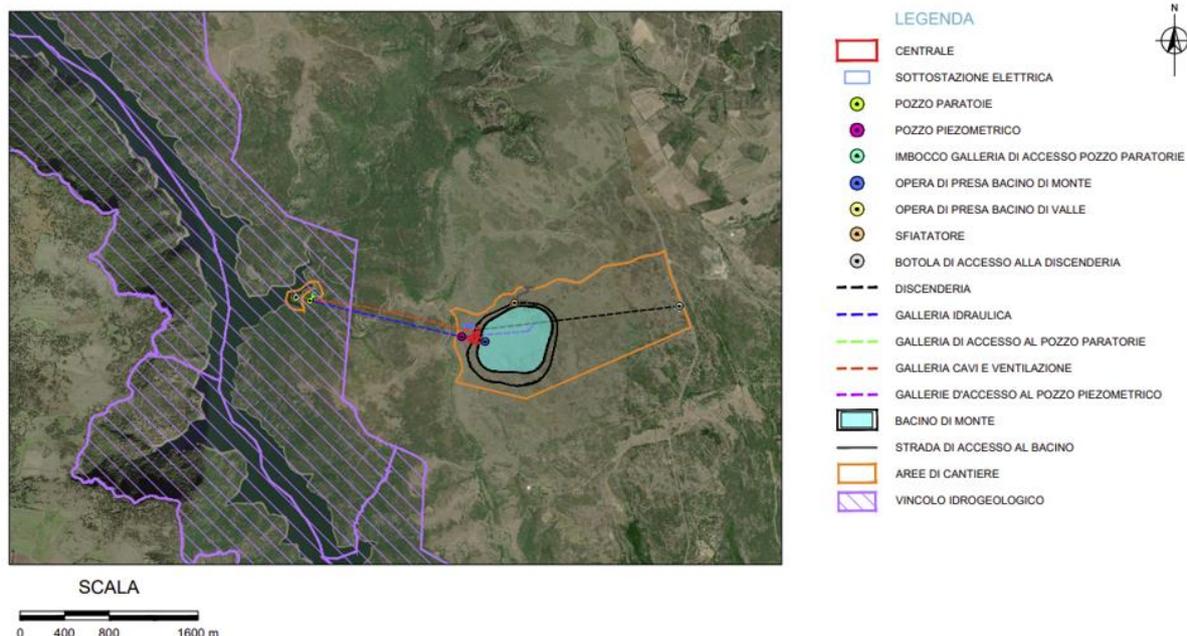


Figura 3.14: Vincolo Idrogeologico (Regione Sardegna, Geoportale aree tutelate, Sito Web)

Come si può evincere dalla figura precedente, solamente una minima parte degli interventi ricadranno nella perimetrazione del Vincolo Idrogeologico ai sensi del RD No.3267/1923, per i quali sarà necessario ottenere autorizzazione per il nulla osta al vincolo.

Le opere che ricadono all'interno delle aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico sono l'opera di presa di valle, il pozzo paratoie, la galleria di accesso al pozzo paratoie, brevi tratti della galleria cavi e ventilazione e della galleria idraulica e l'area di lavoro di valle.

La realizzazione del progetto risulta compatibile con aree soggette a Vincolo Idrogeologico a fronte dell'ottenimento del relativo Nulla Osta. Si evidenzia che l'imbocco alle suddette opere in sottterraneo sarà realizzato tenendo conto di questa peculiarità, nonché della morfologia che presenta una forte pendenza del versante in oggetto. L'area di lavoro di valle, al completamento delle lavorazioni, saranno ripristinate alle condizioni ante-operam, assicurando le originarie condizioni di stabilità del sito.

3.7.6 Deliberazione Regione Sardegna No. 59/90 del 27 Novembre 2020 “Individuazione delle aree non idonee all'installazione di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili”

La Delibera della Regione Sardegna No. 59/90 del 27.11.2020 “Individuazione delle aree non idonee all'installazione di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili” è stata emanata in applicazione delle “Linee Guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili” approvate con Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) del 10/09/2010 (pubblicato nella Gazz. Uff. 18 settembre 2010, No. 219). Il Decreto prevede infatti che, al fine di accelerare l'iter di autorizzazione alla costruzione e all'esercizio degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, le Regioni e le Province Autonome possono procedere all'indicazione di aree e siti non idonei all'installazione di specifiche tipologie di impianti.

Inoltre, a seguito dell'approvazione del Piano Energetico Ambientale Regionale della Sardegna “Verso un'Economia condivisa dell'Energia” (PEARS) con la Deliberazione No. 45/40 del 2 agosto 2016, nonché della Strategia per l'attuazione e il monitoraggio del PEARS, si è resa necessaria l'individuazione delle aree e dei siti non idonei e/o preferenziali all'installazione di specifiche tipologie di impianti per la produzione di energia da fonti energetiche rinnovabili (FER) ai sensi del DM MISE del 10/09/2010, preceduta da un'analisi territoriale degli impatti sul territorio riconducibili agli impianti già realizzati o autorizzati.

È stata pertanto elaborata una nuova proposta organica per le aree non idonee articolata nei seguenti documenti che costituiscono gli allegati alla Delibera:

- ✓ Allegato e: indicazioni per la realizzazione di impianti eolici in Sardegna;
- ✓ Allegato f: criteri di cumulo per la definizione del valore di potenza di un impianto da fonti energetiche rinnovabili ai fini procedurali in materia di VIA.

Gli Allegati b, c e d rappresentano, nel complesso, il nuovo sistema di norme che regola in Sardegna le aree non idonee all'installazione di impianti da FER per le fonti solare, eolica, da bioenergie, geotermia e idraulica. In essi vengono individuate aree e siti non idonei all'installazione d'impianti alimentati da fonti rinnovabili mediante una ricognizione vincolistica nell'ambito del territorio regionale, con l'obiettivo di tutelare l'ambiente, il paesaggio, il patrimonio storico e artistico, le tradizioni agroalimentari locali, la biodiversità e il paesaggio rurale.

Si evidenzia che, in linea con il DM MISE del 10/09/2010, non vengono a priori definite le distanze buffer dalle aree e dai siti oggetto di tutela, in quanto una definizione a priori di tali distanze potrebbe tradursi nell'identificazione di fasce di rispetto dimensioni non giustificate nonché rappresentare un freno alla realizzazione degli impianti stessi; tali elementi saranno pertanto valutati in fase di specifica procedura autorizzativa sulla base delle caratteristiche progettuali di ogni singolo caso. Pertanto, l'obiettivo della Delibera e dei relativi allegati è quella di fornire un'indicazione ai promotori d'iniziativa d'installazione d'impianti FER riguardo la non idoneità di alcune aree; tale indicazione, tuttavia, non comporta automaticamente un diniego autorizzativo e non costituisce uno strumento istruttorio, ma consente agli investitori privati di compiere delle scelte in relazione alle problematiche connesse all'iter autorizzativo che intendono affrontare. In particolare, l'allegato b alla Delibera, al paragrafo 1 chiarisce che “L'individuazione delle aree non idonee ha l'obiettivo di orientare e fornire un'indicazione a scala regionale delle aree di maggiore pregio e tutela, per le quali in sede di autorizzazione sarà necessario fornire specifici elementi e approfondimenti maggiormente di dettaglio in merito alle misure di tutela e mitigazione da adottarsi da parte del proponente e potrà essere maggiore la probabilità di esito negativo; è comunque fatta salva, qualsiasi sia l'area di interesse, la necessità di acquisire tutte le eventuali autorizzazioni e/o pareri previsti dalla normativa vigente (es. Autorizzazione Unica, Valutazione di Incidenza, Autorizzazione Paesaggistica, Valutazione di impatto ambientale, etc.).”

Con riferimento alla cartografia contenuta nell'Allegato d, alla Delibera, composto da 59 tavole in scala 1: 50,000 per l'intero territorio regionale, l'area di interesse per il progetto è riportata nelle Tavole No.39 e No.44; nella Figura seguente si riporta uno stralcio della Tavola No.39 con evidenziati i vincoli di interesse precedentemente esaminati.

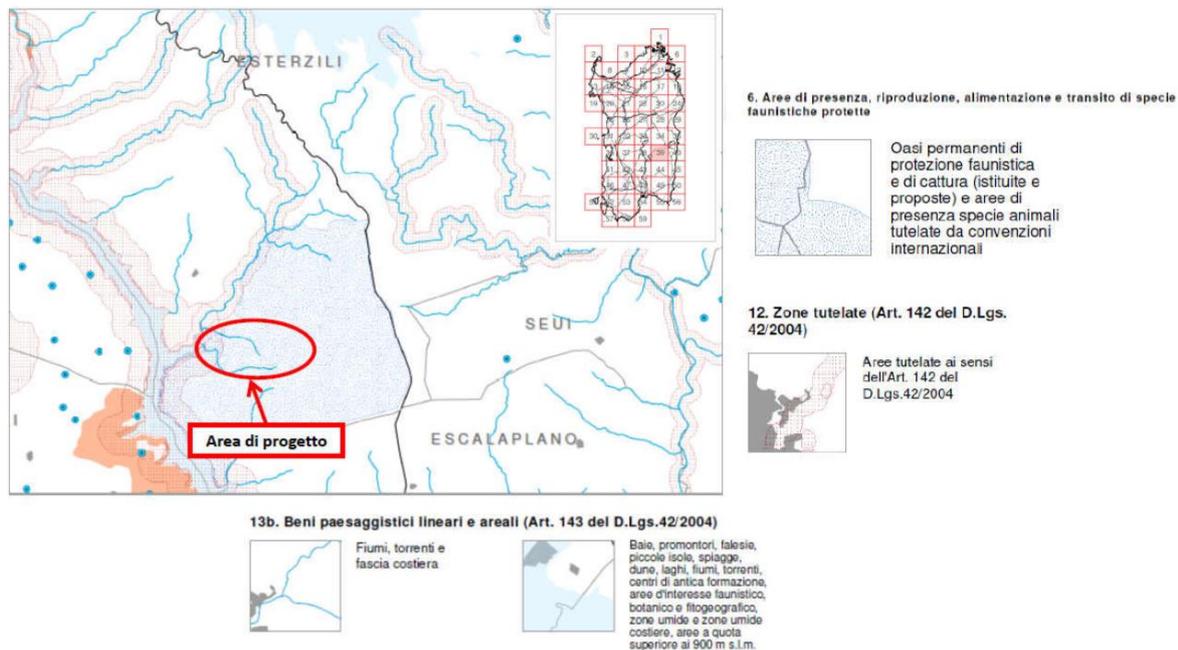


Figura 3.15: D.G.R. No. 59/90 del 27 Novembre 2020 – Allegato d tavola No. 39

Come evidenziato in Figura e come confermato dall’analisi programmatica effettuata nel presente Capitolo 3, l’area su cui andrà ad insistere il progetto è caratterizzata dalla presenza di aree tutelate/soggette a restrizioni, in particolare:

- ✓ Aree soggette a tutela ai sensi del D.Lgs No. 42/2004;
- ✓ Oasi Permanenti di protezione faunistica (nel caso specifico di tratta di un’Oasi proposta e non ancora istituita);
- ✓ Aree a pericolosità ed idraulica e di frana perimetrate nel PAI.

Come indicato dalla Delibera stessa la presenza di tali vincoli non pregiudica comunque la fattibilità tecnico ambientale dell’opera. Si evidenzia inoltre che come riportato nell’Allegato C “Tabella aree non idonee” alla Delibera stessa per le tre tipologie di aree tutelate sopra descritte, la realizzazione di impianti idroelettrici risulta essere non idonea *“ad esclusione degli impianti realizzati su sbarramenti/traverse esistenti o all’interno di condotte”*, come previsto dal progetto oggetto del presente studio.

Si evidenzia che la compatibilità paesaggistica dell’opera è analizzata nella Relazione Paesaggistica presentata a corredo dello SIA e che, al fine di ottimizzare l’inserimento architettonico e paesaggistico del bacino e del portale di accesso, è stato predisposto un dedicato studio al quale si rimanda per ulteriori approfondimenti (“Studio Preliminare di Inserimento Paesaggistico”, predisposto da LAND e presentato in appendice alla Relazione Paesaggistica Doc. No. P0030780-1-H4).

Per quanto riguarda l’Oasi in cui ricade l’area di intervento, essa risulta ad oggi non istituita ma solo proposta. Si noti che una volta realizzato il bacino l’esercizio dello stesso potrà essere comunque compatibile con la futura istituzione dell’Oasi non avendo l’impianto emissioni acustiche ed in atmosfera in fase di esercizio.

3.7.7 Aree Sismiche

La classificazione sismica regionale è attualmente regolata dalla Deliberazione No. 15/31 del 30 Marzo 2004, con la quale la Giunta della Regione Sardegna recepisce “in via transitoria, fino a nuova determinazione conseguente l’aggiornamento della mappa di rischio sismico nazionale, in corso di redazione da parte degli Organi tecnici competenti, la classificazione sismica dei Comuni della Sardegna, così come riportato nell’Allegato A dell’Ordinanza No. 3274/2003 (primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica)”.

Nell’ambito di tale Deliberazione tutti i comuni dell’isola sono classificati in Zona 4 (rischio sismico molto basso), e non viene introdotto per detti Comuni l’obbligo della progettazione antisismica.

Si riporta nella figura seguente la classificazione sismica del territorio nazionale per comune aggiornata al 31 Marzo 2022 (dipartimento della Protezione Civile, 2020). Secondo tale classificazione ed in riferimento all’attuale elenco che riporta la classificazione dei comuni italiani, il comune di Esterzili rientra nella classe a minor rischio sismico (Zona 4).

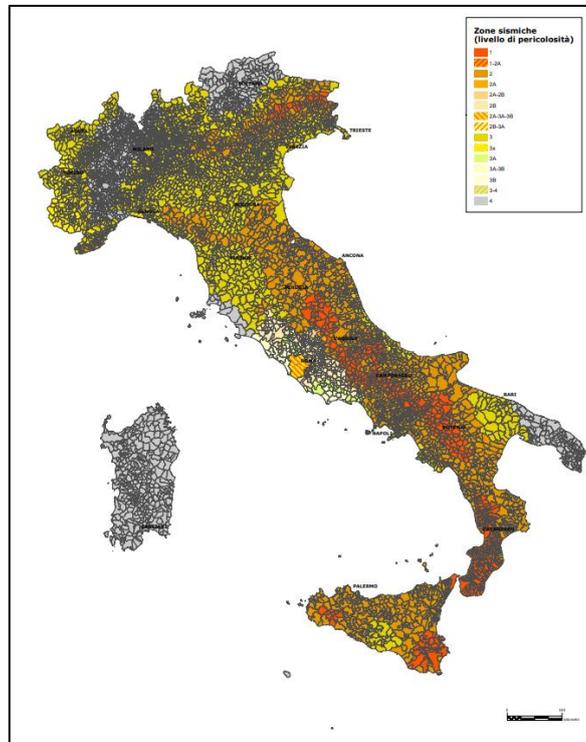


Figura 3.16: Classificazione Sismica del Territorio Nazionale (Dip. della Protezione Civile, 2022)

Il dettaglio sull’area di interesse riportato nella Figura seguente è stato estratto dal sistema on-line “Mappe Interattive di Pericolosità Sismica” disponibile sul sito web dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia “INGV” alla sezione “Terremoti”. Nell’area di progetto è possibile osservare la presenza di valori di accelerazione della classe 0.025-0.050 g (si veda la seguente Figura).

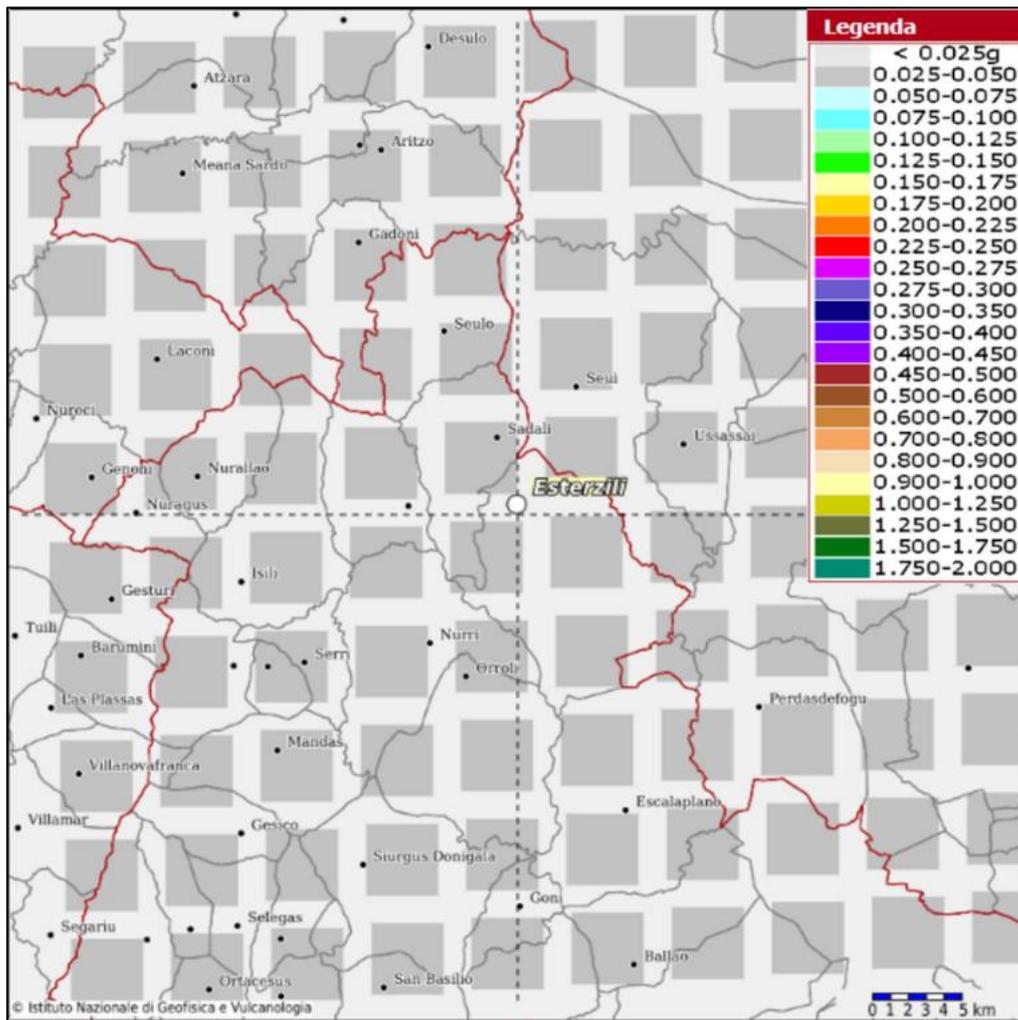


Figura 3.17: Modello Pericolosità sismica (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

4 DESCRIZIONE DEL PROGETTO E DELLE PRINCIPALI ALTERNATIVE PROGETTUALI

Nel presente Capitolo verranno descritte le caratteristiche di un impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio e dettagliate le caratteristiche delle opere a progetto, aggiornate rispetto a quanto descritto nella prima versione dello SIA con l'aggiunta della discenderia e l'eliminazione delle opere relative alla nuova viabilità. Nella Figura allegata 4.1 si riporta la Corografia delle opere a progetto.

4.1 GLI IMPIANTI DI ACCUMULO IDROELETTRICO MEDIANTE POMPAGGIO

Il progressivo incremento della capacità installata di generazione rinnovabile, in particolare non programmabile, registrato negli ultimi anni e atteso con trend ancora più sostenuti in prospettiva (+40 GW al 2030 di nuovi impianti eolici e fotovoltaici), in combinazione con il progressivo decommissioning degli impianti termoelettrici che sono risorse programmabili, implicherà impatti significativi sulle attività di gestione della rete di Terna, soprattutto in termini di bilanciamento istante per istante di produzione e domanda di energia elettrica, con l'insorgenza di problematiche strutturali di *overgeneration*.

In tale contesto, lo sviluppo di nuovi sistemi di accumulo potrebbe fornire un contributo significativo alla mitigazione degli impatti attesi, rappresentando di fatto uno degli strumenti chiave per abilitare la transizione energetica proprio in virtù delle caratteristiche intrinseche di tali impianti. In particolare, nell'ambito degli accumuli, gli impianti di pompaggio idroelettrico rappresentano ad oggi una tecnologia più matura rispetto allo storage elettrochimico, soprattutto per immagazzinare significativi quantitativi di energia.

I pompaggi idroelettrici consentono di effettuare una traslazione temporale tra produzione e consumo (*load shifting*), ovvero assorbire l'energia elettrica in eccesso rispetto alla domanda nelle ore a maggior generazione rinnovabile (tipicamente le ore centrali della giornata) e rilasciarla nei momenti caratterizzati da carico residuo più elevato.

Tali impianti sono costituiti da due serbatoi posti a quote diverse e collegati da un sistema di opere e condotte idrauliche simili a quelle di un normale impianto idroelettrico. Dopo il primo riempimento del bacino di valle o di monte (dipende da quale bacino è quello esistente), il sistema funziona in ciclo chiuso senza ulteriori apporti di acqua, assorbendo energia elettrica in fase pompaggio e generando energia elettrica in fase produzione (turbinaggio), secondo le necessità del sistema nelle diverse ore della giornata.

Si veda la figura seguente dove è riportato lo schema di funzionamento di un possibile impianto di accumulo idroelettrico.

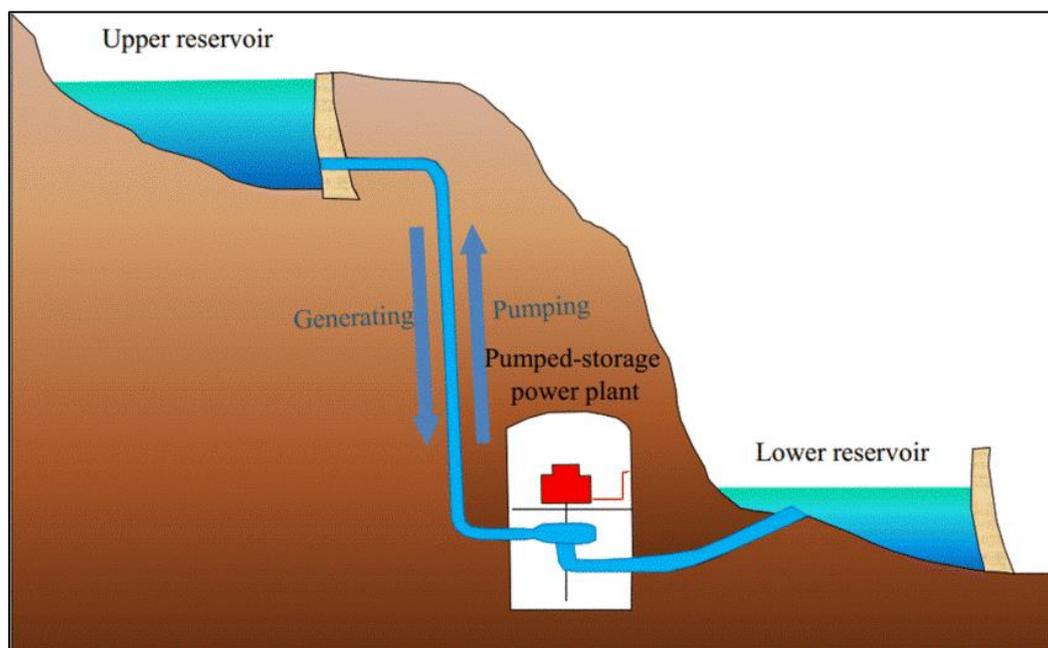


Figura 4.1: Impianto di Accumulo Idroelettrico, Schema di Funzionamento (Bao et al., 2019)

Per poter svolgere un ciclo intero di generazione di potenza e di ripristino del livello iniziale del bacino superiore, è pertanto necessario prelevare energia elettrica dalla rete.

4.2 LA DIGA DI “TACCU SA PRUNA”

4.2.1 Descrizione

La diga di Nuraghe Arrubiu (si vedano le seguenti Figure) sbarra il fiume Flumendosa a Nuraghe Arrubiu (nel comune di Orroli) , nella ex provincia del Sud Sardegna, ora Città Metropolitana di Cagliari (CA). La diga è attualmente gestita dall’Ente Acque della Sardegna (ENAS), ed è inserita all’interno del sistema idrico multisettoriale regionale, all’interno del Sistema 7 (Flumendosa - Campidano - Cixerri), e più specificatamente nel sistema 7A (Schema idraulico Medio e Basso Flumendosa).



Figura 4.2: Diga di Nuraghe Arrubiu vista da Monte (Fonte: <http://www.enas.sardegna.it/il-sistema-idrico-multisettoriale/laghi-artificiali/nuraghe-arrubiu.html>)



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

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 4.1: 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	242.00	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
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	

4.2.2 Bacino Imbrifero

La superficie del bacino imbrifero afferente all’invaso ha una superficie alla sezione di sbarramento di 752 km² ed una altitudine media di 876 m.s.l.m.; l’asta principale ha una lunghezza di 87.90 km e la pendenza media dell’11%.

La conformazione orografica della vallata interessata dall’invaso del Flumendosa è caratterizzata da uno sviluppo notevole in lunghezza (circa 16 km) e da una larghezza variabile tra i 300-400 m.

Per notevoli tratti le sponde del lago sono costituite da pareti a strapiombo sul lago, scarsamente cespugliate in cui le rocce sono affioranti/sub-affioranti.

4.3 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

4.3.1 Descrizione Generale

L'impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio in progetto prevede la realizzazione di un invaso di accumulo della risorsa idrica derivata dall'invaso Flumendosa per un volume utile di circa 3,000,000 m³, in corrispondenza dell'invaso stesso, nel territorio di Esterzili (CA).

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.

4.3.2 Configurazione Generale dei Principali Sistemi dell'Impianto

4.3.2.1 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.

4.3.2.1.1 Sistema di Generazione e Pompaggio

Il sistema di generazione e pompaggio sarà costituito da due unità. Ciascuna sarà rappresentata da una macchina elettrica sincrona costituita da un generatore a poli salienti; in funzione degli studi meccanici ed idraulici per le esigenze di pompaggio e generazione, il numero di giri e di conseguenza la velocità di rotazione potranno essere variati.

Il sistema di eccitazione dell'alternatore sincrono sarà composto da un trasformatore dell'eccitazione TE, di potenza circa pari a 2,500 kVA, da una eccitatrice di tipo statico, con i relativi apparecchi di regolazione e controllo (*Automatic Voltage Regulator – AVR*) in grado di controllare l'iniezione della corrente di eccitazione nell'avvolgimento di rotore della macchina sincrona e contestualmente anche che la macchina funzioni sempre all'interno della propria curva di *capability*. Il centro stella dello statore della macchina sincrona sarà collegato a terra mediante resistenza posta in apposito quadro, con l'obiettivo di limitare le correnti di guasto a terra.

L'uscita dei generatori sincroni sarà collegata ad un interruttore di macchina (*Generator Circuit Breaker – GCB*) dotato di TA (Trasformatori Amperometrici) e TV (Trasformatori Voltmetrici) necessari per realizzare le protezioni e le misure di ogni singola macchina, nonché dei sezionatori e sezionatori di terra necessari. Le protezioni di macchina ridondate saranno di tipo digitale, multifunzione, in grado di mantenere controllati i parametri che possono essere indice di insorgenza di guasti, anche quelli di tipo evolutivo.

A valle del GCB e della derivazione per il Trasformatore di Unità, sarà realizzato il condotto sbarre che raggiungeranno i trasformatori elevatori alloggiati in un'apposita caverna SSE.

Questi eleveranno la tensione lato generatore (13.8 kV) al valore di 380 kV della rete di trasmissione nazionale. Ciascun trasformatore elevatore disporrà di un variatore sotto carico a gradini per compensare la variabilità delle tensioni sulla rete di altissima tensione.

4.3.2.1.2 Sistemi Ausiliari di Centrale

Le alimentazioni ausiliarie dell'intera centrale verranno derivate dai montanti di macchina, da cui saranno derivati due Trasformatori di Unità (16 MVA, 13.8/6.2 kV), che a loro volta alimenteranno un quadro 6 kV (QMT) e, tramite due trasformatori TSA 6/0,42 kV da 1,600 kVA, tutti i servizi, di gruppo e generali di Centrale, tramite le sbarre poste nel Quadro PMCC Centrale. Nel quadro QMT sarà anche presente una semisbarra *essential loads* utile nel caso l'alimentazione dei servizi ausiliari provenga dal Gruppo Elettrogeno di Emergenza (in caso di emergenza o di *black start*) tramite cavo 6 kV. Dalla medesima sbarra sarà derivata una partenza che alimenterà un trasformatore TSA3 da 1,600 kVA che nelle situazioni sopra citate andrà ad alimentare la sbarra *Essential loads* del quadro PMCC Centrale.

Il Quadro PMCC Centrale sarà di tipo *Power Center*. Esso sarà realizzato con sbarre trifasi con adeguata capacità di tenuta al corto circuito, e sarà dimensionato per le massime correnti in BT. Sarà suddiviso in tre semi-sbarre, di cui una (*Essential loads*) a servizio delle utenze essenziali, che potrà essere alimentata anche in condizioni di emergenza dal Gruppo Elettrogeno di Emergenza.

Lo schema adottato sarà per lo più uno schema doppio radiale che consentirà di aumentare l'affidabilità delle alimentazioni più importanti per la sicurezza delle persone e delle cose e la produzione della centrale. Esso garantirà a tutte le utenze più di una possibile alimentazione, e ciò consentirà la massima disponibilità delle alimentazioni.

Dal quadro PMCC Centrale saranno derivate tutte le utenze a servizio dei singoli gruppi e i Servizi Generali di Centrale (luci, prese FM, pompe dei vari circuiti ausiliari, ventilazioni) e, tramite una semisbarra *Essential loads*, alimentabile anche dal gruppo elettrogeno di emergenza, i servizi necessari ad arrestare e mettere e mantenere in sicurezza la Centrale. Nell'esercizio normale, tale semisbarra sarà alimentata dai TSA, mentre in caso di emergenza rimarrà automaticamente scollegata dalle altre due semisbarre del quadro e sarà alimentata dal gruppo elettrogeno di emergenza tramite la analoga sbarra nel quadro QMT.

Nell'esercizio normale, le semisbarre in QMT e in PMCC Centrale saranno alimentate rispettivamente dai TU e dai TSA. In tali condizioni, il parallelo dei due TU e dei due TSA dovrà essere evitato. Grazie alla ridondanza sia dei TU che dei TSA, in condizioni di indisponibilità di uno dei due TU, sarà possibile congiungere le sbarre in QMT e garantire la disponibilità dell'alimentazione dei SA; analogamente, in caso di indisponibilità di uno dei TSA, sarà possibile congiungere le sbarre in PMCC Centrale ed alimentarle dal secondario di un unico TSA.

Dal quadro PMCC Centrale saranno alimentati:

- ✓ utenze come luci, prese FM e utenze minori;
- ✓ quadri tipo Motor Control Center, per l'alimentazione di tutti i motori, pompe, ventilatori; essi seguiranno, ove possibile, la logica dello schema doppio radiale completo e saranno opportunamente dimensionati in termini di correnti nominali e tenuta al corto circuito;
- ✓ il quadro PMCC Sottostazione elettrica ad alimentare tutti i servizi ausiliari della sottostazione elettrica, con una linea dedicata al servizio in condizioni normali e con ridondanza costituita da una seconda linea che connette le due semisbarre *Essential loads* dei due quadri;

- ✓ due UPS per l'alimentazione dei DCS (*Distributed Control Systems*) di gruppo e di impianto e dei servizi di sicurezza generali, luci di sicurezza, sistemi antincendio, ancora secondo la logica dello schema doppio radiale;
- ✓ due trasformatori da 200 kVA (indicativamente) – 0.4 kV/220 Vc.a. per l'alimentazione dei raddrizzatori caricabatteria e delle utenze 220 Vcc di sicurezza delle turbine.

In caso di assenza di tensione sulle sbarre di QMT, come scritto sopra, si avrà la possibilità di alimentazione da parte del Gruppo Elettrogeno di Emergenza, che in prima battuta alimenterà unicamente le sbarre *Essential loads* (sia del quadro PMCC Centrale che PMCC Sottostazione elettrica, ma sarà dimensionato per alimentare i servizi ausiliari di un gruppo. Sarà necessario comunque avere cura di evitare il parallelo tra le possibili sorgenti di alimentazione disponibili.

In caso di *black start*, il Gruppo Elettrogeno di Emergenza sarà in grado di avviare un gruppo per la riaccensione del servizio, alimentando, direttamente tramite le sbarre di QMT, il sistema di eccitazione di un gruppo e i suoi servizi ausiliari.

Sistema in Corrente Continua

Per alimentare tutti i circuiti in c.c. 220 V, sarà realizzato un sistema alimentato da batterie al piombo della capacità di circa 3,300 Ah (da modificare eventualmente in caso di servizio di *black start* da batteria), alimentate da apposito raddrizzatore carica batteria necessario per garantire la carica delle batterie in condizioni normali. Il sistema in c.c. sarà dimensionato per i carichi in c.c., circuiti di regolazione, allarmi, protezioni, servizi di sicurezza di gruppo, e per supportare l'alimentazione dei carichi in c.a. che necessitino di alimentazione da batteria in caso di mancanza di alimentazione sulle sbarre c.a. dei servizi ausiliari.

Alimentazione di Emergenza da Gruppo Elettrogeno

Nell'imbocco della galleria cavi sarà installato un gruppo elettrogeno di emergenza (EDG) diesel da 2,500 kVA (PRP), a 6 kV, che sarà collegato al quadro QMT, semisbarra *Essential loads*.

Il GE sarà da utilizzare in caso di *blackout* dell'alimentazione dei servizi ausiliari e sarà alloggiato in apposito locale insonorizzato; gli scarichi saranno di tipo residenziale per limitare l'inquinamento acustico. L'avviamento sarà automatico, al venir meno della tensione sui servizi ausiliari, ma saranno previste opportune logiche con interblocchi per evitare il rischio di ri-alimentare guasti e di funzionamento parallelo con ogni altra alimentazione. Sarà previsto un serbatoio interrato, a doppia parete, da 25,000 litri, in grado di garantire una autonomia di almeno 24 ore

Alimentazione Carichi Decentrati

Per carichi decentrati si intendono:

- ✓ carichi presso il bacino di monte;
- ✓ carichi presso la caverna posta alla sommità del pozzo paratoie;
- ✓ carichi presso la caverna posta alla sommità del pozzo piezometrico.

Allo stato attuale del progetto, si prevede di alimentare i carichi presso il bacino di monte mediante una linea del distributore locale in MT.

I carichi presso la caverna alla sommità del pozzo piezometrico saranno alimentati a partire dalla sottostazione elettrica in caverna in BT.

I carichi presso la caverna alla sommità del pozzo paratoie saranno alimentati a partire dalla sottostazione elettrica in caverna in BT.

4.3.2.2 Impianto Luce

L'illuminazione sarà differenziata per tipologia di ambienti, individuabili in aree esterne (viabilità, piazzali e bacino di monte), e aree sotterranee (gallerie, caverne, ecc.). L'illuminazione sarà realizzata seguendo le normative in vigore, tra le quali si elencano (a carattere indicativo e non esaustivo):

- ✓ norma UNI EN 12464-1, “Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 1: Posti di lavoro in interni”;
- ✓ norma UNI EN 12464-2, “Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 2: Posti di lavoro in esterno”.

Si terrà conto anche delle normative in materia di sicurezza sul lavoro, garantendo l'adeguato livello di illuminamento al fine di permettere lo svolgimento corretto delle operazioni di lavoro/manutenzione (D.Lgs 81/08, Testo Unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro).

Gli apparecchi illuminanti installati all'interno (nelle gallerie, nelle caverne, nella centrale e nei suoi ambienti a supporto e di servizio) avranno caratteristiche tecniche ed Indici di Protezione adeguati all'ambiente di impiego: ambiente umido, ambienti con utilizzo di videoterminali, ecc. .

Le lampade utilizzate per le aree esterne (viabilità esterna, piazzali ecc.) saranno montate su pali stradali e dotati di ottica cut-off anti-inquinamento luminoso.

Le sorgenti utilizzate saranno a LED (in particolare nella zona delle turbine e nelle aree esterne). Le ottiche dei corpi illuminanti saranno tali da garantire la massima resa del flusso luminoso, evitando fenomeni di abbagliamento e/o riflessione.

L'impianto di illuminazione dell'intera centrale prevede che alcuni corpi illuminanti siano alimentati da circuito di emergenza al fine di garantire, in caso di *blackout*, l'eventuale evacuazione dell'impianto, in assoluta sicurezza.

Le uscite di emergenza saranno segnalate da corpi illuminanti dedicati (dotati di pittogrammi) installati sopra le porte e lungo i percorsi di evacuazione a segnalazione della direzione da seguire.

4.3.2.3 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 (costituiti da rivelatori puntiformi di fumo e di calore, rivelatori ottici lineari di fumo e cavi termosensibili, targhe ottico-acustiche e sirene, collegati ad impianti di estinzione o ad altro sistema di protezione, con la funzione di rivelare e segnalare un incendio nel minore tempo possibile) e sistemi fissi di segnalazione manuale e di allarme d'incendio (pulsanti a rottura di vetro con la funzione di attivazione manuale dell'allarme incendio nel caso l'incendio stesso sia rivelato dall'uomo).

4.3.2.4 Impianti Elettrici Ausiliari

All'interno della Centrale verranno installati i seguenti impianti ausiliari:

- ✓ impianto TVcc, antintrusione, controllo accessi: l'impianto integrato (facente capo alla centrale installata in Sala Controllo) in oggetto prevede l'installazione di telecamere digitali collegate a sistemi di gestione/registrazione delle immagini che consentiranno il monitoraggio automatico di tentativi di effrazione e di atteggiamenti sospetti; il sistema di videosorveglianza si interfaccerà con la piattaforma di Controllo Accessi che garantirà l'idoneità dei transiti e le modalità in base alle quali essi avvengono fornendo su di un'unica piattaforma le funzioni di controllo accessi e antintrusione;
- ✓ 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, in particolare:
 - rappresentazione (su PC) dei dati (stati, misure, allarmi),
 - acquisizione di misure valide ai fini della contabilizzazione fiscale (UTF),
 - supervisione alle operazioni di parallelo dei generatori con la rete (gestite dal sistema di parallelo dei generatori), con possibilità di dare inizio alla sequenza di messa in parallelo,
 - gestione di logiche di sicurezza e di blocco in caso di operazioni errate da parte del personale di sala controllo,
 - dialogo con i vari PLC presenti in centrale, che gestiscono le logiche dei vari sottosistemi,
 - monitoraggio delle misure che riguardano l'intero sistema idraulico quali livelli, pressioni, portate, stato delle valvole, con possibilità di registrazione dei transitori,
 - monitoraggio del sistema elettrico (stato degli interruttori, misure dei parametri elettrici, allarmi di intervento delle protezioni, con possibilità di effettuare alcune manovre di commutazione direttamente da sala controllo),
 - monitoraggio dei sistemi ausiliari di centrale quali: sistemi di lubrificazione, sistema di raffreddamento, ventilazione etc., mediante acquisizione di temperature, portate, pressioni etc. con la possibilità di comandare questi sistemi dalle postazioni di controllo mediante l'utilizzo di password.

4.3.2.5 [Impianto HVAC e Raffreddamento](#)

Nel presente Paragrafo sono descritti i sistemi di raffreddamento (ad aria e ad acqua).

4.3.2.5.1 [Sistemi di Raffreddamento ad Acqua](#)

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. Il calore asportato in questi circuiti viene smaltito all'esterno tramite scambiatori di calore che lo cedono ad acqua prelevata dalla galleria di restituzione al bacino di valle delle macchine idrauliche:

- ✓ quando queste funzionano in generazione, si tratta di acqua in uscita dalle turbine, che poi viene inviata al bacino di valle;
- ✓ quando queste funzionano in pompaggio, si tratta di acqua proveniente dal bacino di valle, che poi viene inviata in aspirazione alle pompe.

Il circuito con acqua prelevata dal processo delle macchine idrauliche è detto circuito primario, il circuito chiuso è detto secondario. Si è ritenuto opportuno prevedere dei sistemi primario/secondario distinti per ciascuna delle due macchine, in modo che, in caso di fermata di un'unità, possano esserne fermati contestualmente anche tutti i sistemi di raffreddamento ad essa legati, e l'altra unità continua a funzionare con i propri elementi di raffreddamento, senza necessità di sistemi di regolazione.

4.3.2.5.2 [Sistemi di Raffreddamento ad Aria](#)

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.

L'organizzazione del sistema ad aria prevede:

- ✓ prelievo di aria esterna all'esterno della galleria di accesso alla Centrale e invio tramite appositi ventilatori alla parte superiore della galleria di accesso, divisa dalla parte inferiore tramite soletta; la parte superiore dovrà essere chiusa verso l'esterno e funge da condotta in pressione;
- ✓ all'arrivo presso il cunicolo di collegamento alla sottostazione sarà collocata una tamponatura con portone di transito e serrande motorizzate per la regolazione dell'aria da immettere nelle sottostazione stessa; i raffreddamenti della sottostazione sono previsti ad acqua, ma andrà comunque garantito un ricambio d'aria per evitare condense e garantire la salubrità dell'ambiente; nella sala macchine della centrale l'immissione potrà avvenire a piena sezione, superata la parzializzazione per la sottostazione, ma visto il layout sembra essere più conveniente ed efficace prevedere un sistema di canali in lamiera metallica con distribuzione nelle diverse parti. In questo secondo caso delle serrande motorizzate, poste in punti opportuni dei canali di distribuzione, permetteranno sia di bilanciare le portate fra le varie zone, sia di sezionare le aree, in caso di funzionamento di una sola delle due unità;
- ✓ la restituzione dell'aria dalla sottostazione avviene verso la sala macchine tramite il cunicolo di collegamento delle stesse senza apporti significativi di calore, mentre la restituzione dell'aria calda dalla sala macchine verso l'esterno avviene attraverso la galleria di accesso a sezione piena; in tale galleria dovrà quindi essere garantito il libero transito dell'aria, ed eventuali chiusure potranno essere costituite solamente da cancelli a sbarre che non penalizzino sensibilmente la sezione di passaggio. Per favorire lo scorrimento dell'aria, sono previsti ventilatori booster da galleria, distribuiti lungo il percorso (al momento, ne sono previsti tre più uno di riserva).

I sistemi di trasporto dell'aria sono unificati per le unità di ventilazione, si è operato prevedendo quattro ventilatori di mandata, uno dei quali di riserva, in modo da garantire una buona flessibilità di esercizio e mettendo in funzione il numero di ventilatori necessario ad adeguare la portata d'aria all'effettivo carico da smaltire.

L'azionamento dei motori dei ventilatori, peraltro, è previsto tramite inverter, in modo da far funzionare un solo ventilatore, a portata ridotta, quando entrambe le unità di produzione sono ferme.

4.3.3 [Opere costituenti il Nuovo Impianto](#)

4.3.3.1 [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 transiti 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.

Il fondo del manufatto di imbocco si trova a quota 230 m s.l.m.; esso è calcolato in base alla forma dell'opera di presa ed alla sommergezza minima da rispettare (per il cui calcolo si rimanda alla Relazione Idraulica - Elaborato 1351-M-FN-R-05-1), l'impianto può funzionare in pompaggio se il livello idrico dell'invaso Flumendosa è superiore a 242.00 m s.l.m.

Non essendo disponibili informazioni di dettaglio sulla batimetria attuale dell'invaso, la posizione dell'opera di presa di valle è stata selezionata sulla base di un'ipotesi relativa alla conformazione del fondale del lago, pertanto, la posizione sarà verificata ed eventualmente ottimizzata una volta disponibili chiare informazioni batimetriche.

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).

Il funzionamento dell'impianto di pompaggio prevede il prelievo di volumi d'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 l'intero 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 Flumendosa, dovrebbe avere una cadenza giornaliera.

In Figura allegata 4.2 viene riportata la planimetria e le sezioni dell'opera di presa.

4.3.3.2 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 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.

In Figura allegata 4.3 viene riportata la planimetria e le sezioni del Pozzo Paratoie.

4.3.3.3 Centrale in Caverna

Per poter garantire la sufficiente sommergezza 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. Nella seguente figura sono riportate due sezioni trasversali della Centrale, in corrispondenza della turbina (sx) e della pompa (dx).

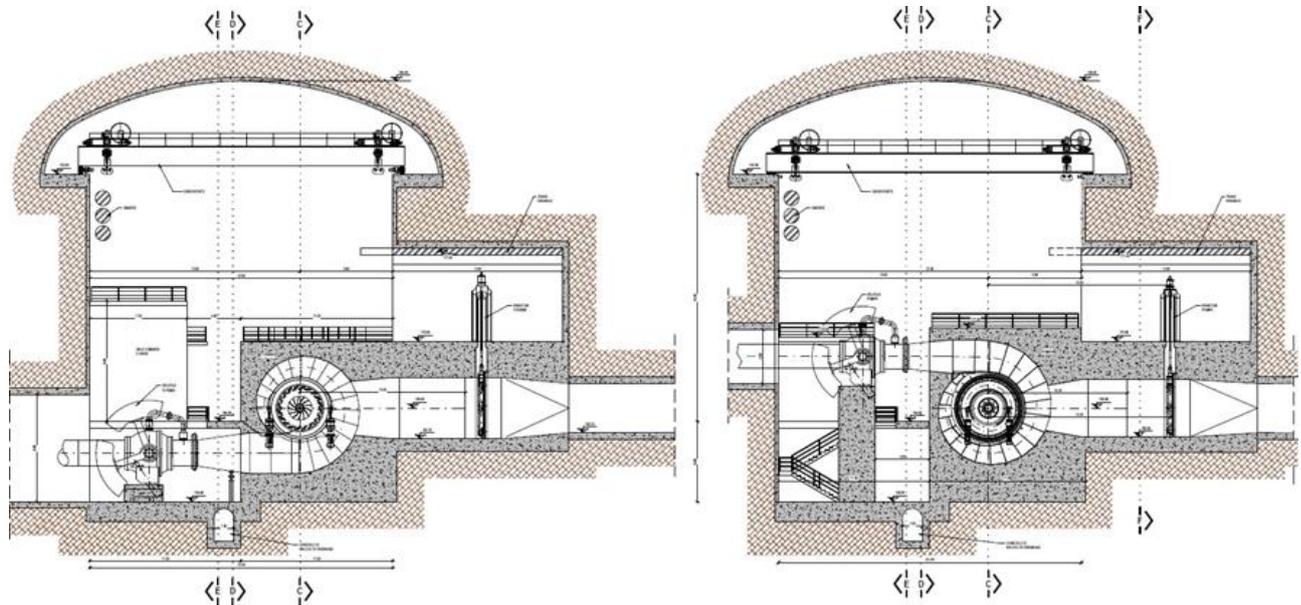


Figura 4.4: Sezione della centrale in corrispondenza della turbina (sx) e della pompa (dx)

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

Tabella 4.2: 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, aggotamento 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 in cui saranno installati i trasformatori e la sottostazione elettrica sarà realizzato mediante una apposita galleria. 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.

In Figura allegata 4.4 viene riportata la planimetria e la sezione trasversale della Centrale.

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 (si veda la Figura seguente).

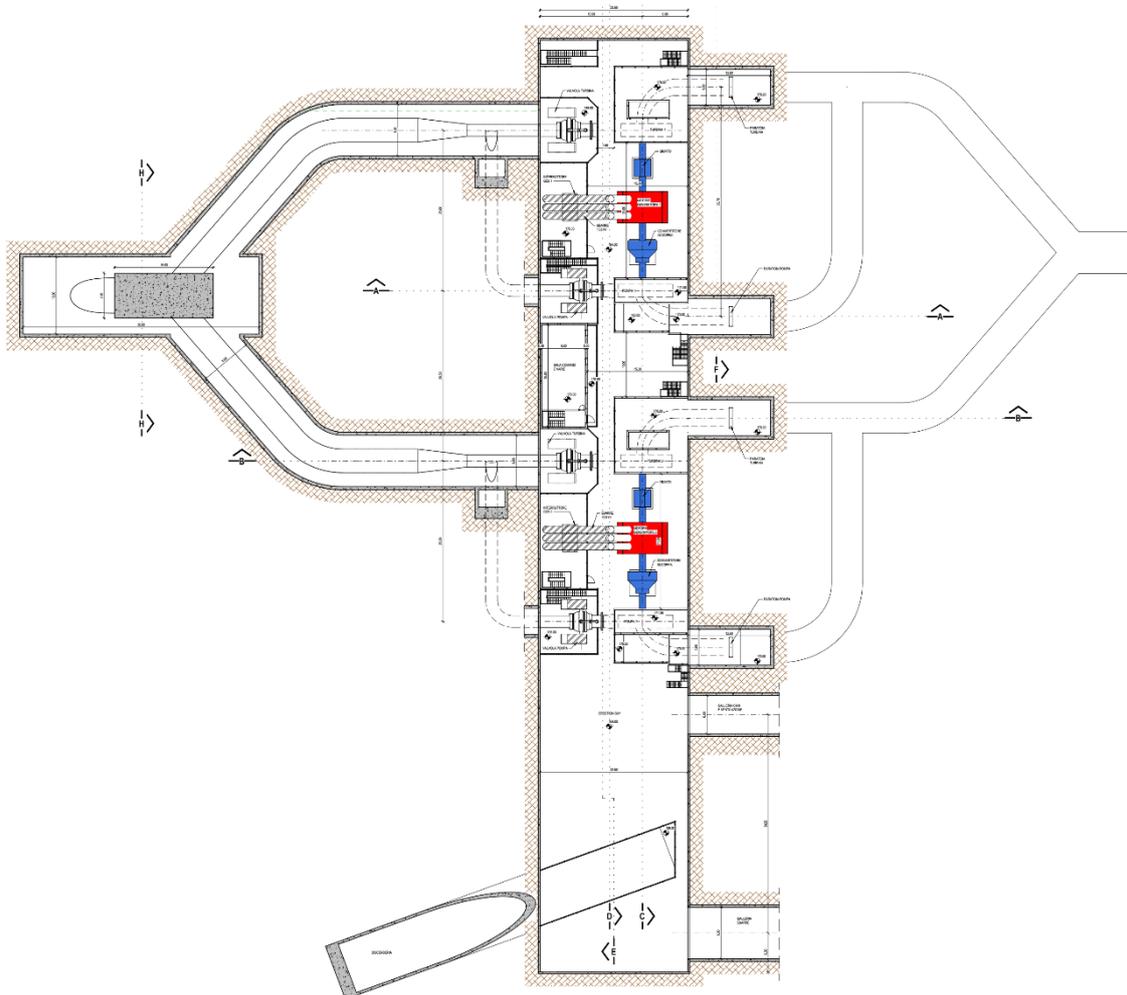


Figura 4.5: Pianta della centrale e biforcazioni di monte e di valle

4.3.3.4 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.

4.3.3.5 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.

In Figura allegata 4.5 si riporta il profilo longitudinale e le sezioni tipologiche della via d'acqua.

4.3.3.6 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.

In Figura allegata 4.6 viene riportata la planimetria e le sezioni del Pozzo Piezometrico.

4.3.3.7 Gallerie di Accesso

4.3.3.7.1 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.

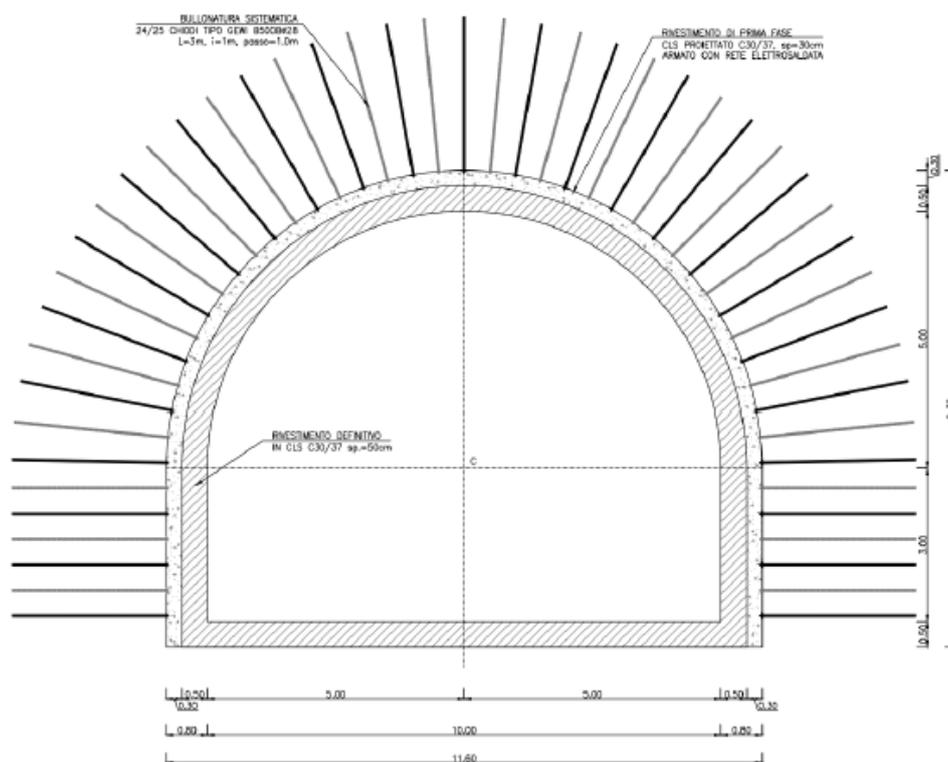


Figura 4.6: Sezione tipo della discenderia

4.3.3.7.2 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.

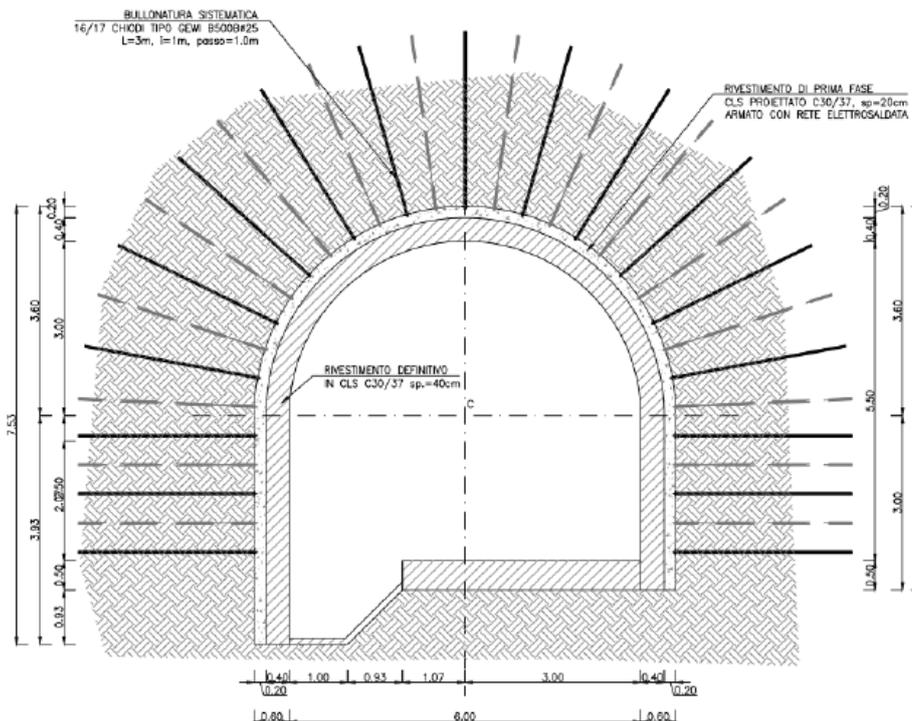


Figura 4.7: Sezione tipo della galleria ventilazione e cavi

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).

4.3.3.7.3 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%, e presenta la sezione tipo riportata nella seguente Figura.

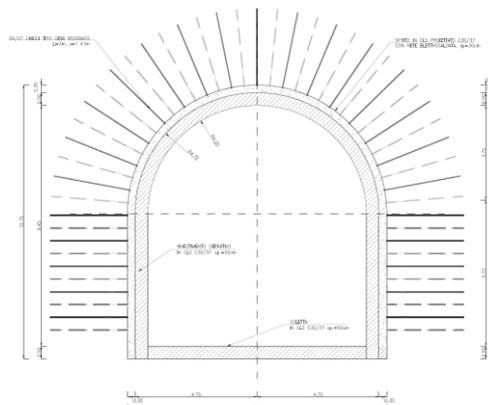


Figura 4.8: Sezione tipo della galleria d’accesso al pozzo paratoio

4.3.3.7.4 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.

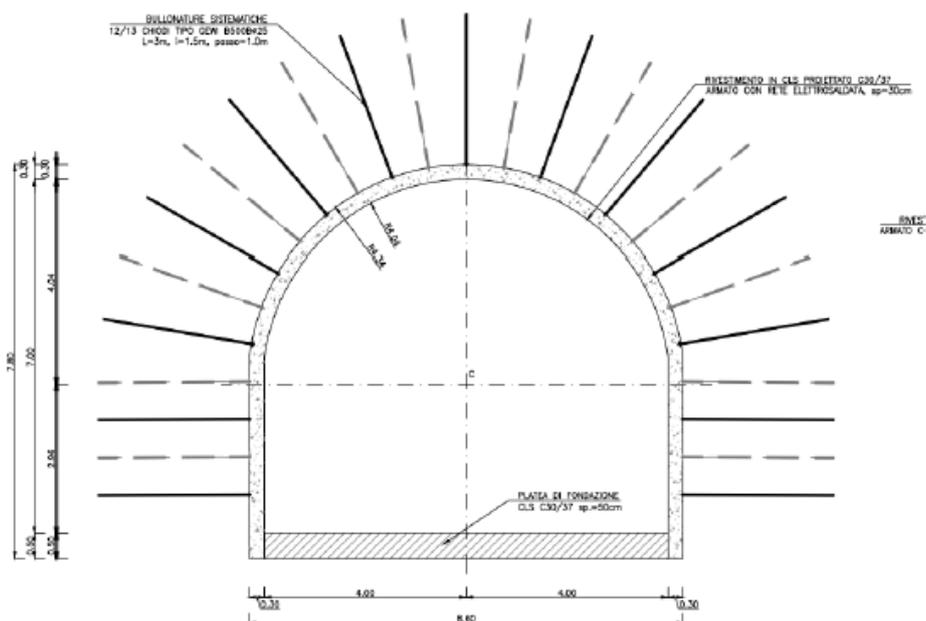


Figura 4.9: Sezione tipo della galleria d’accesso al pozzo piezometrico

4.3.3.7.5 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.

4.3.3.8 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 di Nuraghe Arrubiu in cui è prevista l'opera di presa, descritta precedentemente, in località “Taccu Sa Pruna”, nel comune di Esterzili (CA).

L'invaso è di forma pseudo-quadrata, avente lato di circa 650 m e altezza massima della diga di circa 17 m (lato Sud). Si veda la Figura allegata 4.8.

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 vaso è pari a 663.10 m s.l.m. Il franco è di 1.70 m (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 4.3: Caratteristiche Principali del Bacino di Monte

Grandezza	Valore	Unità di misura
Volume utile di regolazione	~ 3,000,000	m ³
Volume di vaso1 (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 vaso	~ 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 vaso	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, ricordando 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 lavti 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.

4.3.3.8.1 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 sommersenza 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%..

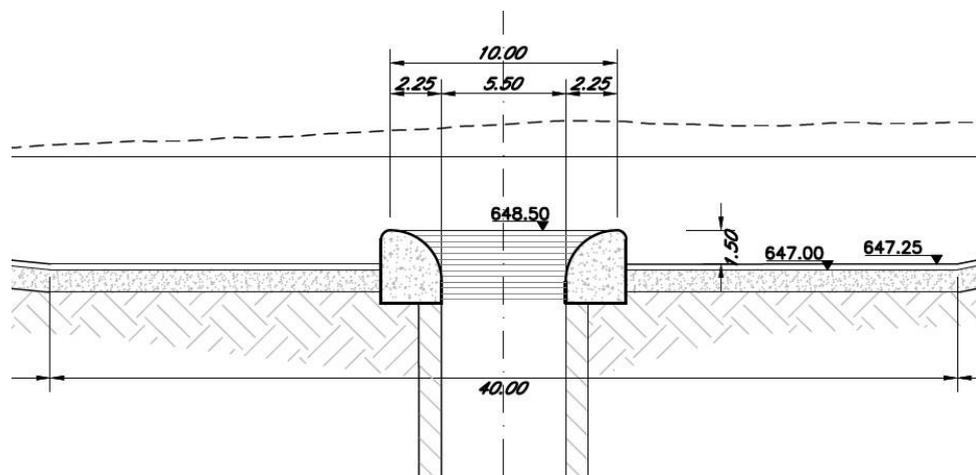


Figura 4.10: Sezione dell'opera di presa

4.3.3.8.2 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.

4.3.3.8.3 Sfiatore 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.

4.3.3.8.4 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). S veda la Figura allegata 4.9.

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).

4.3.3.8.5 Strade di servizio e recinzioni

Tutto il bacino sarà circondato da una recinzione, affinché il transito sia consentito solo al personale autorizzato.

Sul lato Nord del bacino è prevista la realizzazione di un breve tratto di viabilità volto a collegare la strada esistente ad un piazzale posto in prossimità del bacino, da cui parte una rampa larga 6 m che consente di raggiungere il coronamento del bacino. L'accesso a tale rampa sarà dotato di un apposito cancello.

Dal termine della rampa di accesso, sul coronamento, è prevista la realizzazione di una rampa interna, larga 6 m, che consente di raggiungere il fondo del bacino

4.3.4 Sintesi di Dati Caratteristici dell'Impianto

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

Tabella 4.4: Sintesi dei 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.

Grandezza	Valore	Unità di misura
Dislivello medio tra i due bacini	~ 400	m
Ore di generazione consecutive a massima potenza	~8.5	h
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

4.4 DESCRIZIONE DELLE ALTERNATIVE DI PROGETTO CONSIDERATE

4.4.1 Opzione Zero

L'analisi dell'opzione zero consente di confrontare i benefici e gli svantaggi associati alla mancata realizzazione di un progetto.

Come riportato in precedenza, l'impianto in progetto, in linea con quanto previsto del PNIEC, costituisce una risorsa strategica per il sistema elettrico nazionale, grazie alla capacità di fornire in tempi brevi servizi di regolazione di frequenza e di tensione, nonché un contributo significativo in termini di adeguatezza, qualità e sicurezza al sistema elettrico nazionale.

L'iniziativa di Edison in un contesto come quello in cui si inserisce l'impianto in esame, fornirà inoltre servizi essenziali per garantire la corretta integrazione delle rinnovabili, assorbendo parte della sovra produzione relativa alle ore centrali della giornata, e producendo energia in corrispondenza della rampa di carico serale, quando il sistema si trova in assenza di risorse (solare/eolico), contribuendo inoltre alla riduzione della congestione di rete.

La non realizzazione del progetto in esame, porterebbe delle ricadute negative in termini di poca stabilità del sistema elettrico, anche in relazione agli scenari futuri di continuo incremento della produzione da fonti rinnovabili.

Pertanto, la mancata realizzazione del progetto non comporterebbe ragionevolmente benefici ambientali e sociali significativi o comunque tali da renderla una soluzione preferibile rispetto a quella che prevede lo sviluppo dell'iniziativa come descritto nel presente rapporto.

Con riferimento ai fattori ambientali/agenti fisici potenzialmente interessati dal progetto, si riportano nel seguito le principali considerazioni emerse dall'analisi dell'opzione zero.

4.4.1.1 Popolazione e Salute Umana

Con riferimento agli aspetti generali, associati alla realizzazione di un impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio in Sardegna, si può evidenziare che la realizzazione del progetto fornirà:

- ✓ maggiore stabilità del sistema elettrico in generale per la Regione Sardegna caratterizzato da una significativa presenza di impianti eolici che comportano, in fase di esercizio, una volatilità della produzione causata dalle imprevedibili condizioni meteorologiche;

- ✓ un importante risultato economico per il territorio grazie alle significative ricadute occupazionali, con creazione di indotto diretto e indiretto soprattutto in fase di cantiere, ma anche in fase di esercizio e manutenzione dell'impianto.

La mancata realizzazione del progetto comporterebbe pertanto, verosimilmente, una graduale perdita di stabilità nella fornitura elettrica, ed una crescente necessità di dotarsi di sistemi di accumulo flessibili. La realizzazione di sistemi alternativi ai fini di sopperire a tali necessità non potrebbe garantire allo stesso tempo l'efficientamento del sistema ed il limitato impatto ambientale in fase di esercizio, che garantisce l'impianto in esame.

In fase di esercizio l'impianto di accumulo idroelettrico non comporterebbe significative emissioni in atmosfera, emissioni sonore o in generale impatti sulla salute pubblica.

4.4.1.2 Biodiversità

Il progetto prevede la realizzazione di opere in sotterraneo (pozzo paratoie, gallerie, vie d'acqua, sottostazione elettrica, centrale, discenderia) o comunque sommerse (opera di presa di valle) e di opere in superficie (bacino di monte, imbocco alle gallerie sotterranee e imbocco discenderia). Nessun'opera interesserà direttamente aree naturali protette o siti della Rete Natura 2000, tuttavia le opere di superficie e relativi cantieri interessano, per quasi tutta la loro superficie, un'oasi permanente di protezione faunistica e di cattura (OPF), **che ad oggi risulta solo come una proposta non istituita**. L'area di lavoro di valle occupa, per la sua intera superficie (167.1 ha), aree classificate come “Area a Pascolo Naturale” e per 0.018 ha aree classificate come “macchia mediterranea”. L'area di lavoro di valle occupa porzioni di macchia mediterranea e boschi di latifoglie.

In fase di esercizio, ad ogni modo, l'impianto di accumulo non sarà caratterizzato da emissioni di inquinanti o rumore significative, che alterino gli equilibri ecosistemici del sito. Localmente (sull'altopiano di Taccu Sa Pruna) sono ipotizzabili solo potenziali variazioni microclimatiche correlate alla presenza, seppur non permanente, della massa d'acqua del bacino di monte.

Impianti alternativi o comunque sistemi che siano in grado di garantire la flessibilità di esercizio dell'impianto in esame, a parità di potenza, non potrebbero altresì garantire un limitato impatto ambientale in fase di esercizio in termini di emissioni sonore e di inquinanti o in termini di occupazione suolo.

La scelta di realizzare le strutture e gli impianti prevalentemente in sotterraneo permetterà un risparmio notevole nel consumo di suolo oltre ad una significativa riduzione degli impatti associati a livello paesaggistico.

4.4.1.3 Suolo, Uso Suolo e Patrimonio Agroalimentare

Gli impatti sulla componente possono essere ricondotti sostanzialmente alle opere di superficie e quindi prevalentemente al bacino di monte.

Si evidenzia che a fronte del consumo di suolo previsto soprattutto per la realizzazione del bacino di monte il progetto non ne comporta di ulteriori, sfruttando l'esistente invaso del Flumendosa, a valle, all'interno del quale sarà inoltre prevista l'opera di presa.

La scelta di realizzare le strutture e gli impianti prevalentemente in sotterraneo permetterà quindi un risparmio notevole nel consumo di suolo oltre ad una significativa riduzione degli impatti associati a livello paesaggistico.

4.4.1.4 Geologia e Acque

La Centrale movimenterà giornalmente volumi di acqua fra i due bacini, con un ciclo che può definirsi chiuso.

L'acqua è una risorsa rinnovabile e già disponibile grazie all'invaso del Lago Flumendosa, diversamente da combustibili quali il gas naturale, il carbone e altri combustibili.

L'esercizio dell'impianto di accumulo non prevede prelievi idrici, ad eccezione di modeste quantità di reintegro dovute alla naturale evaporazione considerata comunque trascurabile rispetto al totale della risorsa movimentata. Inoltre, l'acqua utilizzata non subirà alcuna modifica chimica nella composizione e nell'ossigenazione rispetto al suo stato originario.

Altre tipologie di impianto in grado di garantire tale flessibilità di esercizio possono avere consumi di acqua variabili in funzione della tipologia, ma comunque più elevati.

4.4.1.5 Atmosfera: Aria e Clima

L'esercizio del nuovo impianto di accumulo idroelettrico non comporterà emissioni di inquinanti in atmosfera a scala locale in quanto:

- ✓ in fase di turbinaggio l'alimentazione è assicurata dalle risorse idriche dell'invaso di monte, precedentemente prelevate dall'esistente invaso del Flumendosa;
- ✓ in fase di pompaggio i gruppi turbina-pompa-generatore/motore sono ad alimentazione elettrica.

Le uniche emissioni a scala locale saranno riconducibili alla sola fase di cantiere. Infatti, in fase di esercizio le uniche emissioni sono considerate trascurabili in quanto legate solamente al traffico veicolare per il trasporto addetti per gli interventi di manutenzione/ispezione, che per questa tipologia di opere non sono frequenti.

Per soddisfare le necessità di una maggiore stabilità della fornitura elettrica, in considerazione delle dimensioni di impianto in gioco, è ipotizzabile la realizzazione di altre tipologie di impianto, generalmente caratterizzate da ricadute ambientali in termini di emissioni in atmosfera sicuramente superiori rispetto a quelle dell'impianto in progetto.

4.4.1.6 Sistema Paesaggistico: Paesaggio, Patrimonio Culturale e Beni Materiali

Il progetto prevede la realizzazione di opere in sotterraneo (pozzo paratoie, gallerie, vie d'acqua, sottostazione elettrica, Centrale, discenderia) o comunque sommerse (opera di presa di valle) e di opere in superficie (bacino di monte, imbocco discenderia, imbocco alle gallerie sotterranee). La realizzazione del bacino di monte, principale opera in superficie, è prevista in una zona classificata a livello comunale come agricola, tendenzialmente pianeggiante e priva di rilievi significativi che possano in qualche modo incrementare la visibilità dell'opera anche da distanze significative. Considerando che verrà realizzato un mascheramento morfologico degli argini esterni del bacino (si veda Paragrafo 4.3.3.8), il bacino sarà visibile unicamente da distanze molto ravvicinate, confondendosi nel paesaggio a mano a mano che ci si allontanerà da esso.

Per ulteriori dettagli del progetto e del suo inserimento nel paesaggio si rimanda al documento LAND “Studio preliminare di inserimento nel paesaggistico” in appendice alla Relazione Paesaggistica Doc. No. P0030780-1-H4).

4.4.1.7 Rumore e Vibrazioni

In considerazione delle caratteristiche dell'opera (impianti sotterranei) non vengono determinati impatti acustici significativi nelle aree esterne. Le interferenze saranno riconducibili esclusivamente alle operazioni di cantiere, le quali ad ogni modo avranno carattere temporaneo.

Restano naturalmente valide le considerazioni relative al fatto che la mancata realizzazione del progetto determinerebbe la possibilità di realizzare altre tipologie di impianto che, a parità di potenza e di flessibilità di esercizio, comporterebbero maggiori ricadute ambientali in termini di modifica della rumorosità esistente.

4.4.2 Alternative di Progetto

In Appendice A al presente documento, alla quale si rimanda per maggiori dettagli, è riportata una accurata analisi delle alternative progettuali (e.g. localizzative, dimensionali, tecnologiche, etc.), che sono state prese in considerazione per il progetto in esame e che hanno portato alla definizione della soluzione proposta.

4.5 DESCRIZIONE DELLA FASE DI CANTIERE

4.5.1 Cronoprogramma, Aree e Fasi di Lavoro

Il cronoprogramma complessivo delle attività è riportato nella Figura 4.11 allegata al presente SIA. 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 (es. idraulici, prove elettromeccaniche, funzionali dell'impianto, ecc.), la messa in servizio del sistema di pompaggio è prevista al mese 82.

4.5.2 Aree e 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 cantieri (lavori di movimentazione terra, opere di ingegneria civile, montaggi elettromeccanici, etc.) saranno effettuati normalmente, in ritmi settimanali.

Tabella 4.5: Aree 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
			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					

Cantiere	Area (m ²)	Fase	Id.	Fase di Lavoro Descrizione	Durata [mesi]	Durata Attività Solare [mesi]		
				Scavo e consolidamento caverna biforcazione di monte	3			
				Trasporto montaggio e inghisaggio opere elettromagnetiche	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 pozzo paratoie	2b	Realizzazione portale d'accesso	2	4
						Scavo e consolidamento galleria d'accesso al pozzo paratoie	2	
Pozzo paratoie	2c			Scavo e consolidamento caverna sommità pozzo paratoie	2	47		
				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				

Cantiere	Area (m ²)	Fase	Id.	Fase di Lavoro Descrizione	Durata [mesi]	Durata Attività Solare [mesi]
				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	

Si specifica che rispetto al Cronoprogramma, al quale si rimanda per una descrizione di dettaglio (Doc. No. 1351-A-FN-A-02-1 e riportato in Figura allegata 4.10), alcune fasi sono state accorpate al fine di semplificare la descrizione nella precedente tabella.

4.5.3 Descrizione dell'Area di Cantiere

Il piano di cantierizzazione per realizzare la complessa opera in progetto viene sviluppato al fine di garantire la migliore soluzione tecnica ed ambientale nelle condizioni, modalità e tempi previsti. Per ottimizzare l'esecuzione dei lavori e allo stesso tempo minimizzare gli impatti negativi sul territorio e sulla rete stradale esistente, il Programma dei Lavori ed il Sistema di Cantierizzazione si basano sull'ipotesi di affrontare le lavorazioni su diversi fronti operativi.

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.

Per realizzare le opere è necessario prevedere strutture operative adeguate la cui entità varia in relazione al tipo ed alle dimensioni delle opere da realizzare. Nel caso in esame, in particolare nelle zone in cui si realizzeranno le opere in sotterraneo, predominanti nell'opera in oggetto, l'allestimento di cantiere previsto si divide in:

- ✓ attrezzature a cielo aperto;
- ✓ attrezzature sotterranee.

Le attrezzature a cielo aperto consistono in strutture generiche ed installazioni tecniche esterne, quali:

- ✓ Uffici tecnici amministrativi per la conduzione e la direzione lavori;
- ✓ Mensa/refettori, spogliatoi e servizi igienici;
- ✓ Officina: essa deve essere adeguata al complesso parco mezzi necessario (jumbo, perforatori, dumper, macchine per la messa in opera di spritz beton, martelloni, etc.);
- ✓ Stazione di rifornimento per automezzi con motore diesel;
- ✓ Alimentazione (aria compressa, acqua, energia elettrica);
- ✓ Impianto di betonaggio;
- ✓ Depositi per materiali di consumo (i.e., gasolio, lubrificanti, ricambi, etc.), e da costruzione (i.e., cemento, inerti, centine, armature, barre, etc.);
- ✓ Cassoni per la raccolta dei rifiuti (i.e., legno, ferro, imballaggi misti, etc.);
- ✓ Gru per carico/scarico materiale;
- ✓ Impianto di lavaggio delle attrezzature;
- ✓ Impianti di separazione e depurazione delle acque di deflusso provenienti dalle gallerie, dagli impianti di betonaggio e di lavaggio mezzi;
- ✓ Ventilatori d'aerazione del cantiere di scavo;
- ✓ Impianto di alimentazione energia elettrica, aria compressa ed acqua di processo;
- ✓ Pompaggio (pompe sommerse e tubazioni fisse per l'allontanamento delle acque di percolazione delle gallerie).

L'area di cantiere prevista attualmente è una, suddivisa in (si veda Figura allegata 4.11):

- ✓ area di lavoro di monte;
- ✓ Area di lavoro di valle.

Il sistema generale di gestione della cantieristica prevede la presenza di un solo campo base in corrispondenza dell'area di monte.

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

4.5.3.1 Area di Lavoro di Monte

L'area di monte è ubicata ad Ovest della SP53, nella porzione più meridionale del comune di Esterzili (CA), 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.

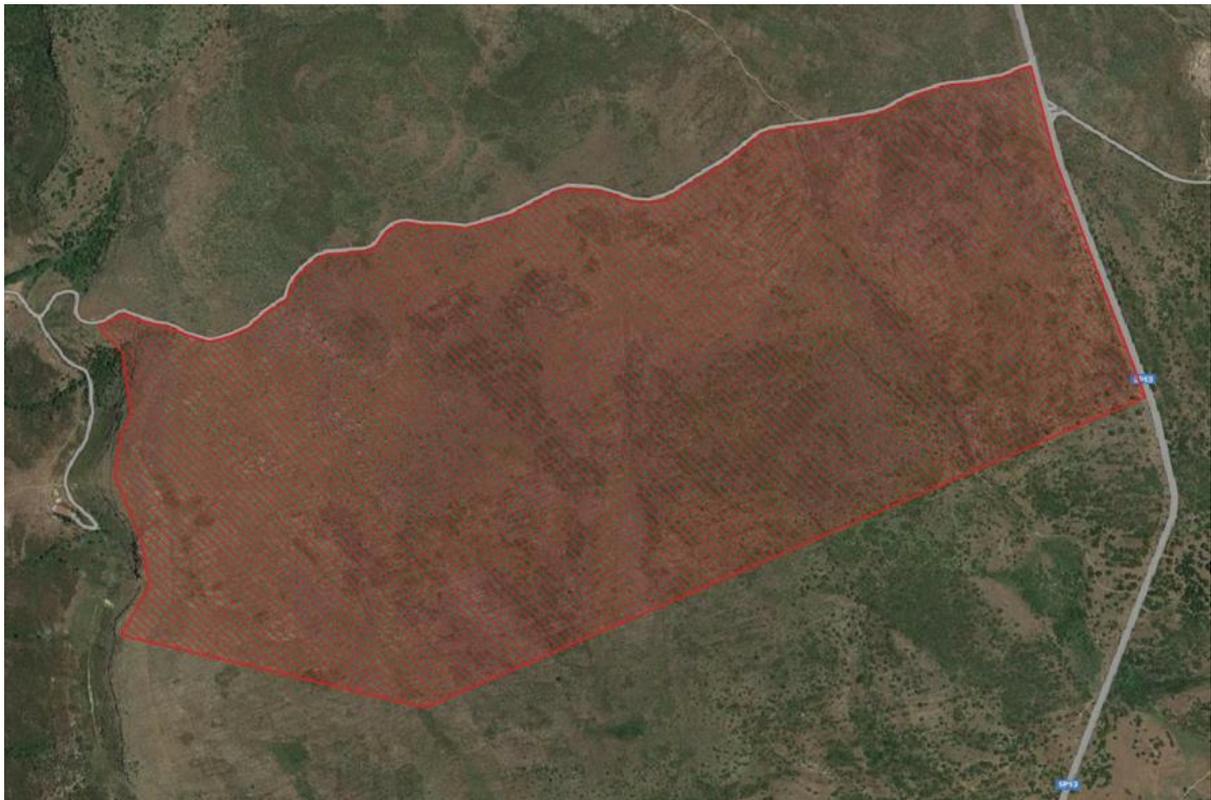


Figura 4.11: Area lavoro di monte

4.5.3.1.1 Campo base

Come indicato in precedenza, in corrispondenza dell'area di lavoro di monte è ubicato l'unico campo base disponibile. Le principali componenti che lo caratterizzano sono:

- ✓ Recinzione;
- ✓ Edificio guardiana e servizi di sicurezza;
- ✓ Parcheggio e parco macchine di servizio;
- ✓ Zona di servizio: Uffici della DL e della Committenza, Uffici dell'impresa, Servizi igienici, spogliatoi e docce degli uffici, Infermeria/Primo soccorso con servizio medico e/o infermieristico, zona di ristoro, mensa;
- ✓ Area tecnica: Deposito e ufficio topografia, Laboratorio terre, Laboratorio calcestruzzi, Deposito carote e campioni, Magazzini equipaggiamenti e materiali diversi, Deposito casseforme, Serbatoio acqua per usi civili, Cassoni rifiuti;
- ✓ Manutenzione macchine operatrici: Officina, Deposito pezzi di ricambio, Serbatoio carburante, Parcheggio mezzi d'opera;
- ✓ Impianti: Impianto di trattamento dei materiali provenienti dagli scavi, Deposito materiali da scavi da trattare, Deposito materiali da scavi trattati da mettere in opera, Silo acqua lavaggi materiali da costruzione, Impianto di betonaggio, Impianto di frantumazione, Silo cemento, Deposito inerti, Silo acqua per impasti, Area di deposito e lavorazione dei ferri di armatura, Impianto di produzione dei conglomerati bituminosi, Deposito bitumi, o Deposito inerti e additivi per conglomerato bituminoso;
- ✓ Sistemi e servizi generali: Comunicazione, Illuminazione, impianti elettrici e di messa a terra, Generatore di emergenza, Serbatoio carburante del generatore, Potabilizzazione idrica, Trattamento liquami, Raccolta differenziata dei rifiuti;
- ✓ Depositi ed aree di prestito: Deposito rifiuti, deposito materiali provenienti dagli scavi da riutilizzare, deposito del terreno vegetale da riutilizzare.

Le auto di servizio saranno dei fuori strada utili per raggiungere i vari punti del cantiere (autobulanza con servizio infermieristico, vetture fuoristrada e mezzi di lavoro).

4.5.3.2 Area di Lavoro di valle

L'area di valle è ubicata in prossimità del lago Flumendosa, nella porzione più meridionale del comune di Esterzili (CA), e vi si potrà accedere tramite la viabilità esistente, adeguata per quanto necessario. L'estensione complessiva è pari a circa 41,000 m².



Figura 4.12: Area di Lavoro di Valle

Il materiale di scavo derivante dalle opere sotterranee sarà trasportato e depositato temporaneamente nell'area di lavoro di monte e diviso per tipologia di materiale, a seconda delle sue caratteristiche geomeccaniche. Il trasporto sarà effettuato tramite autocarri.

4.5.4 DESCRIZIONE ATTIVITÀ PER OGNI AREA DI LAVORO

4.5.4.1 Opere da realizzare – area di lavoro di monte

4.5.4.1.1 Bacino di Monte

Il bacino sarà ubicato in località “Taccu Sa Pruna” nel Comune di Esterzili (CA), 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 cantiere 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 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 per mascheramento morfologico (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 ubicata nell’area di monte, 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 monte 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 stessa 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 lavoro di valle e dalla creazione della viabilità, sul paramento esterno della diga saranno riportati e compattati strati 20 cm consistenti in materiali prevenienti 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 stessa 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 stessa 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 opere di finitura finali (tra cui le rampe di accesso ubicate sul lato Nord del bacino).

4.5.4.1.2 *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.

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 condurrà ad un'apposita area di deposito all'interno dell'area di lavoro di monte.

Il pozzo così ottenuto ospiterà una condotta metallica avente diametro interno di 5.5 m e spessore variabile. Ogni virola (di cui si ipotizza una lunghezza di 12 m) sarà realizzata nella fabbrica virole prevista nell'area di lavoro di monte, trasportata verso il pozzo, sollevata tramite un apposito castello, saldata alla virola precedente ed infine calata nel pozzo per 12 m. Il processo viene poi ripetuto con le virole successive. Le saldature saranno pertanto eseguite all'aperto, così come le verifiche sulle stesse.

Data la lunghezza della condotta (circa 500 m), è stata prevista la suddivisione di questo processo in due fasi:

- ✓ dopo aver calato la prima metà della condotta metallica (circa 250 m), si procede al completo riempimento (inghisaggio) dell'anello che si creerà tra la condotta metallica ed il pozzo scavato nella roccia. Il getto verrà eseguito con speciale pompa stazionaria con tubi di getto;
- ✓ dopo aver realizzato la seconda metà della condotta, questa sarà calata e saldata alla metà sottostante internamente al pozzo. Seguirà anche in questo caso l'inghisaggio della stessa.

Al termine delle suddette fasi, sarà eseguito il getto del calice in calcestruzzo armato.

4.5.4.1.3 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.

4.5.4.1.4 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.

4.5.4.1.5 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, con escavatore idraulico attrezzato con martellone idraulico/benna dentata o con il sistema smooth blasting.

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 lavoro di monte.

Lo scavo della discenderia avverrà previo scavo e consolidamento di una apposita trincea (avente dimensioni in pianta di circa 10 x 50 m ed una profondità rispetto al piano campagna di circa 12 m), in cui sarà installato un argano. Una volta terminate le operazioni di scavo di tutte le opere sotterranee, la trincea sarà chiusa tramite la realizzazione di una copertura orizzontale atta a permetterne il mascheramento tramite terreno vegetativo. La copertura definitiva sarà dotata di una porzione scorrevole per assicurare l'accesso alla galleria.

4.5.4.1.6 Galleria d'accesso al pozzo piezometrico

Lungo la discenderia è prevista una biforcazione da cui ha inizio una galleria che raggiunge l'area destinata alla realizzazione del 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.

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

Al completamento delle opere di sostegno della caverna verranno installate ed inghisate le macchine idrauliche, montate le componenti elettriche, e realizzati i locali tecnici e quanto necessario per consentire il corretto funzionamento dell'impianto.

4.5.4.1.8 Sottostazione Elettrica in Caverna

A Nord-Ovest rispetto alla centrale in caverna, si prevede di realizzare un'altra caverna, adibita all'alloggiamento dei trasformatori, che elevano la tensione da 13.8 kV a 380 kV, e della sottostazione in gas (GIS). Tale caverna è alta circa 17 m (con soffitto a volta), ha una pianta indicativa di 90 x 22.5 m ed è accessibile tramite una galleria a pendenza nulla lunga circa 30 m, che la collega con l'area Nord della centrale 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.).

Al completamento delle opere verranno installati tutti gli elementi previsti all'interno della sottostazione elettrica (trasformatori, GIS, quadri elettrici, locale comandi e servizi ausiliari, sbarre, etc.).

4.5.4.1.9 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: un tratto profondo 77 m avente un diametro interno di 12 m, ed un tratto profondo circa 48 m avente un diametro interno di 2.4 m.

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'allargò del foro nel tratto superiore con metodo di scavo tradizionale fino a raggiungere il diametro finale di scavo previsto dal progetto.

Dopo aver posizionato l'attrezzatura di scavo RBM (Raise Borer Machine) presso la caverna posta alla sommità del pozzo piezometrico, il primo passaggio è la realizzazione di un foro pilota di piccolo diametro, fino al raggiungimento del livello inferiore; qui l'utensile di perforazione precedentemente utilizzato viene sostituito da una testa fresante avente le dimensioni del diametro di scavo da realizzare: con verso opposto alla prima fase di perforazione, la testa viene tirata verso l'attrezzatura RBM e si realizza il pozzo di diametro 2.4 m, che verrà allargato nel tratto superiore fino al diametro di 12 m.

Attraverso il pozzo piezometrico verranno calate ed inghisate con calcestruzzo le virole metalliche aventi diametro di 2.4 m relative alla strozzatura; a tal fine, è prevista la presenza di un monotrave.

4.5.4.1.10 *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 lavoro 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 lavoro 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.

4.5.4.2 *Opere da realizzare – area di lavoro di valle*

4.5.4.2.1 *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.

4.5.4.2.2 *Galleria d'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 sarà evacuato tramite la stessa galleria d'accesso al pozzo paratoie e sarà successivamente trasportato in un'apposita area di deposito temporanea all'interno dell'area di monte.

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

4.5.4.2.4 *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. Tale struttura verrà realizzata da un apposito pontone ed avrà lo scopo principale di sostenere le spinte idrauliche agenti sull'opera durante le successive fasi realizzative. La paratia sarà costituita da micropali accostati lato terra e da pali accostati sul lato invasivo. Il passaggio dai micropali ai pali sarà funzione della lunghezza del tratto di roccia da perforare in quanto la perforazione in roccia per pali risulta di difficile esecuzione;
- ✓ 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. Tale opera verrà realizzata con un getto subacqueo. Nel caso in cui il peso della soletta non fosse sufficiente a contrastare le spinte di galleggiamento la stessa potrà essere ancorata mediante la realizzazione di appositi micropali di ancoraggio da realizzarsi prima del getto e poi inglobati nel getto stesso. Nel solettone saranno presenti i ferri di ripresa dei getti in elevazione;
- ✓ Posando internamente allo scavo dei casseri ed impiegando le paratie precedentemente realizzate come controcassero, viene realizzato il getto in su subacqueo delle pareti in c.a. dell'opera. Tali pareti avranno lo scopo di garantire la tenuta idraulica durante il successivo aggotamento dell'acqua contenuta all'interno dell'opera. Le pareti gettate in questa fase coincidono nel tratto di monte con quelle dell'opera di presa/restituzione, mentre per il tratto di valle sono pareti provvisorie che saranno demolite a fine lavori;
- ✓ Viene realizzato il 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 lavoro di valle e sarà trasportato verso l'area di monte tramite autocarri. I getti verranno eseguiti da una betonpompa stazionante sul pontone. La betonpompa potrà salire sul pontone accedendo da una rampa realizzata all'interno dell'area di lavoro di valle.

4.5.4.2.5 Pozzo Paratoie

Una volta terminata la galleria d'accesso al pozzo paratoie, sarà scavata una caverna avente dimensioni in pianta di 13 x 22 m ed una copertura a volta avente altezza massima di circa 16 m ed una copertura di circa 30 m. Il consolidamento della caverna avverrà tramite uno strato di spritz-beton e chiodature.

Successivamente si esegue lo scavo del pozzo paratoie, profondo circa 8 m ed avente un diametro di scavo di 9 m. 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.

Una volta terminato il consolidamento del pozzo ed il getto della galleria idraulica compreso tra il pozzo paratoie e l'opera di presa, si procederà ai getti di prima fase per le carpenterie delle paratoie e quindi al montaggio delle paratoie medesime.

4.5.5 Sistema di Ventilazione

In fase di costruzione, la ventilazione di una galleria deve garantire un'atmosfera nella quale i gas nocivi o comunque indesiderati, che vengono prodotti (dal sottosuolo, dallo scavo e dai motori dei mezzi utilizzati), risultino in concentrazioni tali da non presentare pericolo.

A seconda della tipologia di roccia incontrata e del metodo di scavo adottato, si potranno produrre polveri durante gli scavi in quantità più o meno rilevante.

Tutte le macchine saranno pertanto revisionate e a norma secondo quanto previsto dalla direttiva macchine ed equipaggiate con abbattitori di fumi.

La quantità d'aria richiesta sarà strettamente connessa ai tipi di materiale incontrati durante la perforazione ed ai sistemi di abbattimento polveri utilizzati al fronte.

Nel caso in oggetto il ricambio d'aria può essere garantito attraverso un sistema di ventilazione in aspirazione e successiva mandata. Il sistema permette di aspirare la parte anteriore del tampone dopo di che, lavorando in mandata, si ottiene il distacco della rimanente parte dal fronte ed il suo allontanamento. La fase di aspirazione risulta sensibilmente lunga in quanto, prima di passare in pressione, occorre attendere il tempo necessario per espellere i fumi dall'intera condotta.

4.5.5.1 Reversibilità dei Ventilatori

In caso di emergenza o come prevenzione rispetto al ristagno dell'aria, potrebbe rendersi necessaria una inversione di direzione del flusso d'aria.

L'inversione del flusso d'aria si ottiene semplicemente invertendo il senso di rotazione e, nel caso di ventilatori azionati da motori elettrici, l'operazione può essere effettuata con un semplice commutatore.

4.5.5.2 Uso di Depolveratori

Per limitare l'impatto generato dalla produzione delle polveri durante le fasi di perforazione, sarà previsto l'uso di depolveratori a secco: l'aria con la polvere viene accelerata dalla girante e, dopo una biforcazione della cassa, necessaria per poter mantenere il motore del ventilatore al di fuori del flusso dell'aria polverosa incontra un filtro metallico a maglia fine.

In tale sezione la maggior parte delle particelle che sono costrette a compiere un percorso tortuoso vengono fermate; nell'ultima parte del depolveratore è situato un filtro aria a vani del tipo inerziale in cui le ultime particelle di polvere si depositano oppure cadono nella vasca sottostante.

4.5.6 **Gestione delle Acque in Fase di Cantiere**

In ogni fase di lavoro le acque provenienti dagli scavi delle gallerie verranno captate ed evacuate mediante tubazioni fino ad apposito impianto di trattamento ubicato nei cantieri all'aperto antistanti l'imbocco delle gallerie d'accesso, eventualmente con l'ausilio di stazioni intermedie di rilancio.

Per le acque reflue di lavorazione, ogni fronte di scavo o getto verrà attrezzato con apposito pozzetto di raccolta e tramite pompa di aggettamento verranno evacuate come sopra.

Sia nel primo caso che nel secondo, le acque opportunamente trattate, una volta verificata la conformità ai limiti di cui all'Allegato 5 della parte III del D.Lgs 152/2006, saranno recapitate su corpo idrico superficiale, previa autorizzazione rilasciata dagli enti

Durante la fase di cantiere si prevede la produzione delle seguenti tipologie di acque:

- ✓ acque derivanti da intercettazioni durante la fase di perforazione delle gallerie;
- ✓ acque utilizzate nelle attività di scavo in sotterraneo;
- ✓ acque reflue civili.

Con riferimento alle acque meteoriche si evidenzia che le aree di cantiere in superficie generalmente non saranno pavimentate, assicurando il naturale drenaggio delle stesse nel suolo. Nelle aree di cantiere saranno comunque predisposte, in funzione delle pendenze, delle canalette che permetteranno il controllo della regimazione delle acque meteoriche in caso di eventi atmosferici più intensi.

Le aree di cantiere che saranno pavimentate saranno dotate di una rete di drenaggio delle acque meteoriche, con trattamento delle acque di prima pioggia, prima dello scarico in corpo idrico superficiale.

4.5.6.1 Sistema di Trattamento Acque

Tutte le acque derivanti dall'intercettazione delle falde saranno captate ed evacuate mediante tubazioni fino ad apposito impianto di trattamento ubicato nei cantieri all'aperto antistanti l'imbocco delle gallerie d'accesso, eventualmente con l'ausilio di stazioni intermedie di pompaggio.

Per le acque reflue di lavorazione, ogni fronte di scavo o getto sarà attrezzato con apposito pozzetto di raccolta e tramite pompa di aggettamento saranno evacuate come sopra.

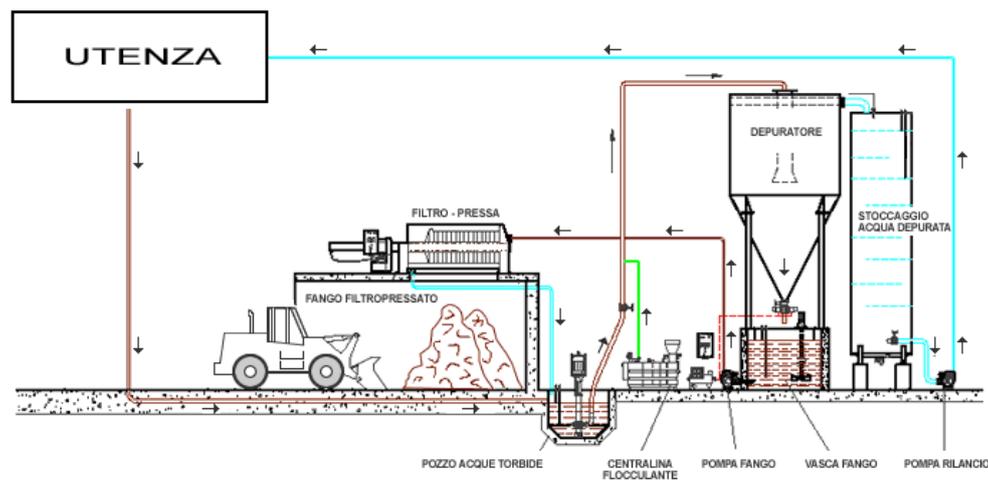


Figura 4.13: Schema Sistema di Trattamento delle Acque

Il processo sarà caratterizzato da due fasi:

- ✓ decantazione, addensamento dei fanghi e depurazione delle acque. Una pompa dosatrice immette nella tubazione di mandata una soluzione di flocculante opportunamente dosata. Il risultato ottenuto è di avere una rapida precipitazione dei fanghi nel cono del decantatore che dopo un tempo programmato di permanenza vengono convogliati in una apposita vasca di stoccaggio. L'acqua depurata viene scaricata al di fuori dell'area di cantiere in corpo idrico superficiale;
- ✓ disidratazione dei fanghi addensati. Il fango addensato proveniente dalla fase di decantazione ed addensamento viene a sua volta disidratato mediante filtro pressa. Il filtro pressa ha come obiettivo la trasformazione di fango liquido addensato in fango solido perfettamente palabile e privo di sgocciolamento da destinare come rifiuto a discarica autorizzata.

Il sistema sarà progettato per assicurare il mantenimento del pH e l'abbattimento dei solidi in sospensione contenuti negli scarichi idrici nel rispetto dei limiti previsti dalla normativa vigente.

4.5.6.2 Reflui Civili

Le acque sanitarie impiegate per i servizi del cantiere (e.g. docce, servizi igienici, etc) saranno collettate ed inviate a trattamento in fossa settica (tipo Imhoff) o negli impianti di trattamento descritti al precedente Paragrafo.

Il materiale trattenuto nella fossa sarà gestito e smaltito come rifiuto.

4.5.7 Sistema di Trasporto Smarino con Nastri e con Carri Scarrabili

L'impiego dei nastri trasportatori è dettato dai vantaggi che il trasporto in continuo offre in situazioni dove esiste una velocità di avanzamento regolare e un flusso continuo di materiale da trasportare. Inoltre, le tipologie di nastri ad oggi disponibili permettono il superamento di difficoltà specifiche, come la presenza di curve verticali ed orizzontali lungo il percorso e/o di gradienti lungo il profilo longitudinale.

Il sistema di trasporto dello smarino con trasporto continuo sarà a nastro opportunamente integrato con l'avanzamento dell'escavatore:

- ✓ la velocità e capacità del nastro saranno compatibili con la massima velocità di avanzamento del fronte di scavo;
- ✓ la granulometria dello smarino sarà compatibile con il sistema di trasporto.

Per quanto riguarda il nastro trasportatore, esso sarà:

- ✓ montato sul paramento della galleria;
- ✓ la capacità del caricatore ed il suo posizionamento saranno adeguati alla portata ed alla velocità del nastro.

Tale soluzione di trasporto continuo dello smarino offre notevoli vantaggi fondamentalmente riconducibili a:

- ✓ facilità di movimentazione di grandi quantità di materiale;
- ✓ ingombro ridotto nella sezione: può essere scelta la posizione in modo da non intralciare le altre lavorazioni ed i trasporti verso il fronte;
- ✓ notevole semplicità di gestione.

Inoltre, il trasporto su nastro permette una riduzione dell'inquinamento ambientale:

- ✓ a livello di polveri consentendo anche un grande risparmio dovuto all'esigenza di una ventilazione minore, elemento la cui importanza aumenta con l'aumentare della lunghezza della galleria;
- ✓ a livello di fumi e rumorosità generate, grazie all'utilizzo di una motorizzazione elettrica.

Il sistema di trasporto dello smarino con i nastri sarà utilizzato per trasportare lo smarino per le opere scavate da monte verso valle mentre la parte dello smarino, prodotto dallo scavo della galleria cavi e di ventilazione e del pozzo paratoie/opera di presa di valle, verrà trasportato lungo la viabilità esistente, che verrà adeguata.

Lo smarino derivante dallo scavo della discenderia 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 lavoro di monte.

4.5.8 Mezzi e Macchinari di Cantiere

Nel Tabella seguente si elencano le tipologie e le potenze dei mezzi che si prevede di impiegare durante le diverse fasi di cantiere.

Tabella 4.6: Caratteristiche Mezzi e Macchine di Cantiere

ID	Tipologia	Fissi / Mobili	Tipologia Uso (Esterno/Galleria)	Potenza [kW]	Alimentazione (Motore Diesel/Elettrico)
1	Escavatore	Mobili	Interni/Esterni	302	diesel
2	Dozer Apripista	Mobili	Esterni	350	diesel
3	Dozer pesante	Mobili	Esterni	560	diesel
4	Dozer medio	Mobili	Esterni	350	diesel
5	Pala Gommata	Mobili	Interni/Esterni	373	diesel
6	Pala Cingolata	Mobili	Esterni	196	diesel
7	Retroescavatore	Mobili	Esterni	200	diesel
8	Retroescavatore leggero	Mobili	Esterni	90	diesel
9	Rulli compattatori (terre)	Mobili	Esterni	150	diesel
10	Rulli compattatori piccoli	Mobili	Esterni	34.5	diesel
11	Rulli Lisci (conglomerato bituminoso)	Mobili	Esterni	34.5	diesel
12	Autobetoniera 4 assi da 10 m ³	Mobili	Interni/Esterni	412	diesel
13	Pompa cls	Fissi/Mobili	Interni/Esterni	115	diesel
14	Macchina perforatrice (per Tiranti di ancoraggio)	Fissi	Interni	125	diesel
15	Macchina per infilaggio Tiranti	Mobili	Interni	90	Elettrico
16	Macchina per carotaggi	Mobili	Interni	125	Diesel
17	Autogru	Mobili	Interni/Esterni	168	Diesel
18	Carroponte	Fissi	Esterni	373	Diesel
19	Grader	Mobili	Esterni	163	Diesel
20	Finitrice	Mobili	Esterni	24.4	Diesel
21	Attrezzatura per Diaframmi	Fissi	Esterni	400	Diesel
22	Dumper	Mobili	Esterni	227	Diesel
23	Autocarri 10 m ³	Mobili	Esterni	412	Diesel

ID	Tipologia	Fissi / Mobili	Tipologia Uso (Esterno/Galleria)	Potenza [kW]	Alimentazione (Motore Diesel/Elettrico)
24	Autobotte	Mobili	Esterni	412	Diesel
25	Generatori per impianti Betonaggio	Fissi	Esterni	250	Diesel
26	Ventilatori	Fissi	Esterni	200	elettrico
27	Pompa Spritz	Fissi	Interni	75	elettrico
28	Pompa aggotamento	Fissi	Interni	18	elettrico
29	Bullonatore	Mobili	Interni	66	elettrico
30	Vibratori	Fissi	Esterni	100	Elettrico
31	Elettrocompressori	Fissi	Esterni	800	Elettrico
32	Trasformatori Elettrici	Fissi	Esterni	1,500	Elettrico

4.5.8.1 Area di Monte

4.5.8.1.1 Campo Base

Il numero massimo dei mezzi che si prevede utilizzare in ciascuna delle fasi del cantiere Bacino di Monte, unitamente alla stima del loro fattore di utilizzo rispetto all'intera durata della fase, è esplicitato nella seguente Tabella.

Si ricorda che le principali fasi di lavorazione per il cantiere sono (si veda la precedente Tabella 4.5):

- ✓ Fase 1a: Installazioni locali per servizi tecnici di cantiere (uffici, spogliatoi, mense, etc.)
- ✓ Fase 1b: Preparazione aree di deposito temporaneo materiale sciolto
- ✓ Fase 1c: Fabbrica virole
- ✓ Fase 1d: Realizzazione impianto di betonaggio

Tabella 4.7: Campo Base Monte, Mezzi di Cantiere

Tipologia Mezzi/Impianti		No. Mezzi [No.] e Fattore di Utilizzo [η]							
		Fase 1a		Fase 1b		Fase 1c		Fase 1d	
		No.	η	No.	η	No.	η	No.	η
1	Escavatore	1	0.25	-	-	-	-	1	0.5
2	Dozer Apripista	1	0.25	-	-	-	-	-	-
3	Dozer pesante	1	0.25	-	-	-	-	-	-
4	Dozer medio	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Pala Gommata	2	0.75	-	-	-	-	1	0.5
6	Pala Cingolata	2	0.5	-	-	-	-	1	0.25
7	Retroescavatore	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Retroescavatore leggero	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Rulli compattatori (terre)	1	0.25	-	-	-	-	1	0.25
10	Rulli compattatori piccoli	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Rulli Lisci (conglomerato bituminoso)	-	-	1	0.25	-	-	-	-
12	Autobetoniere 4 assi da 10 m ³	-	-	2	0.5	2	1	-	-
13	Pompa cls	-	-	1	0.5	-	-	-	-
14	Macchina perforatrice (per Tiranti di ancoraggio)	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Macchina per infilaggio Tiranti	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Macchina per carotaggi	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Autogru	1	0.25	1	0.5	-	-	1	0.25
18	Carroponte	-	-	-	-	-	-	-	-

Tipologia Mezzi/Impianti		No. Mezzi [No.] e Fattore di Utilizzo [η]							
		Fase 1a		Fase 1b		Fase 1c		Fase 1d	
		No.	η	No.	η	No.	η	No.	η
19	Grader	1	0.5	-	-	-	-	-	-
20	Finitrice	-	-	1	0.25	-	-	-	-
21	Attrezzatura per Diaframmi	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Dumper	1	0.75	-	-	-	-	1	0.5
23	Autocarri 10 m ³	1	0.5	-	-	-	-	-	-
24	Autobotte	1	0.5	-	-	1	0.25	1	0.5
25	Generatore Betonaggio	-	-	-	-	1	1	-	-
26	Ventilatori	-	-	-	-	-	-	-	-
27	Pompa Spritz	-	-	-	-	-	-	-	-
28	Pompa aggotamento	-	-	-	-	-	-	-	-
29	Bullonatore	-	-	-	-	-	-	-	-
30	Vibratori	-	-	2	0.5	-	-	-	-
31	Elettrocompressori	1	1	1	0.5	1	1	1	1
32	Trasformatori Elettrici	1	1	1	1	1	1	1	1

4.5.8.1.2 Bacino di Monte

Il numero massimo dei mezzi che si prevede utilizzare in ciascuna delle fasi del cantiere Bacino di Monte, unitamente alla stima del loro fattore di utilizzo rispetto all'intera durata della fase, è esplicitato nella seguente tabella.

Si ricorda che le principali fasi di lavorazione per il cantiere sono (si veda la precedente Tabella 4.5):

- ✓ Fase 1e: Scavi rilevato, realizzazione cunicolo e accesso al cunicolo, scavi fondo;
- ✓ Fase 1f: Erezione del rilevato e del mascheramento morfologico, Sistemazione drenaggio del fondo del bacino, Realizzazione sfioratori di superficie;
- ✓ Fase 1g: Stesa geocomposito e pietrisco, coronamento;
- ✓ Fase 1h: Finiture e piazzali, Posa virole metalliche ed intasamento con calcestruzzo, Realizzazione del calice;
- ✓ Fase 1i: Scavo e consolidamento pozzo verticale per condotta forzata.

Tabella 4.8: Bacino di Monte

Tipologia Mezzi/Impianti		No. Mezzi [No.] e Fattore di Utilizzo [η]									
		Fase 1e		Fase 1f		Fase 1g		Fase 1h		Fase 1i	
		No.	η	No.	η	No.	η	No.	η	No.	η
1	Escavatore	3	0.5	1	0.75	1	0.5	1	0.5	-	-
2	Dozer Apripista	1	0.25	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Dozer pesante	2	0.25	1	0.5	-	-	-	-	-	-
4	Dozer medio	-	-	-	-	1	0.5	-	-	-	-
5	Pala Gommata	3	0.75	1	0.75	2	1	1	0.5	-	-
6	Pala Cingolata	3	0.5	2	0.5	-	-	1	0.25	-	-
7	Retroescavatore	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
8	Retroescavatore leggero	-	-	-	-	1	0.5	1	0	-	-
9	Rulli compattatori	1	0.5	1	0.25	-	-	1	0.25	-	-
10	Rulli compattatori piccoli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Rulli Lisci (conglomerato bituminoso)	-	-	-	-	-	-	1	0.25	-	-
12	Autobetoniera 4 assi da 10 m ³	-	-	-	-	-	-	1	0.5	2	0.5
13	Pompa cls	-	-	1	0.25	-	-	1	0.25	2	0.5

Tipologia Mezzi/Impianti		No. Mezzi [No.] e Fattore di Utilizzo [η]									
		Fase 1e		Fase 1f		Fase 1g		Fase 1h		Fase 1i	
		No.	η	No.	η	No.	η	No.	η	No.	η
14	Macchina perforatrice (per Tiranti di ancoraggio)	-	-	1	0.25	-	-	-	-	-	-
15	Macchina per infilaggio Tiranti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Macchina per carotaggi	-	-	1	0.25	-	-	-	-	-	-
17	Autogru	1	0.25	-	-	-	-	1	1	-	-
18	Carroponte	-	-	-	-	-	-	1	0.5	1	1
19	Grader	1	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Finitrice	-	-	-	-	-	-	1	0.25	-	-
21	Attrezzatura per Diaframmi	-	-	1	0.25	-	-	-	-	-	-
22	Dumper	1	0.5	2	0.75	1	1	1	0.5	-	-
23	Autocarri 10 m ³	1	0.5	4	1	2	1	2	0.5	-	-
24	Autobotte	1	0.5	1	0.5	1	0.75	1	1	2	0.5
25	Generatori per impianti Betonaggio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	Ventilatori	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
27	Pompa Spritz	-	-	1	0.25	1	0.5	-	-	-	-
28	Pompa aggotamento	-	-	1	0.75	1	0.75	-	-	-	-
29	Bullonatore	-	-	1	0.25	-	-	-	-	-	-
30	Vibratori	-	-	-	-	-	-	1	0.25	2	0.25
31	Elettrocompressori	1	0.75	-	-	-	-	1	1	2	0.5
32	Trasformatori Elettrici	1	1	1	0.75	1	0.75	1	1	1	0.75

4.5.8.1.3 Canale di Drenaggio

Il numero massimo dei mezzi che si prevede utilizzare in ciascuna delle fasi del cantiere Canale di Drenaggio, unitamente alla stima del loro fattore di utilizzo rispetto all'intera durata della fase, è esplicitato nella seguente tabella.

Si ricorda che le principali fasi di lavorazione per il cantiere sono (si veda la precedente Tabella 4.5):

- ✓ Fase 1l: Allestimento cantiere ed adeguamento viabilità/impianistica;
- ✓ Fase 1m: Esecuzione canale di drenaggio dello sfioratore di superficie del bacino di monte;
- ✓ Fase 1n: Ripiegamento cantiere.

Tabella 4.9: Canale Drenaggio, Mezzi di Cantiere

Tipologia Mezzi/Impianti		No. Mezzi [No.] e Fattore di Utilizzo [η]					
		Fase 1l		Fase 1m		Fase 1n	
		No.	η	No.	η	No.	η
1	Escavatore	1	0.25	1	1	1	0.5
2	Dozer Apripista	-	-	-	-	-	-
3	Dozer pesante	1	0.25	-	-	-	-
4	Dozer medio	-	-	1	0.5	-	-
5	Pala Gommata	1	0.5	1	1	1	0.5
6	Pala Cingolata	1	0.5	-	-	1	0.25
7	Retroescavatore	-	-	-	-	-	-
8	Retroescavatore leggero	-	-	1	0.5	-	-

Tipologia Mezzi/Impianti		No. Mezzi [No.] e Fattore di Utilizzo [η]					
		Fase 1l		Fase 1m		Fase 1n	
		No.	η	No.	η	No.	η
9	Rulli compattatori (terre)	1	0.25	-	-	1	0.25
10	Rulli compattatori piccoli	-	-	-	-	-	-
11	Rulli Lisci (conglomerato bituminoso)	-	-	-	-	-	-
12	Autobetoniera 4 assi da 10 m ³	-	-	1	0.25	-	-
13	Pompa cls	-	-	-	-	-	-
14	Macchina perforatrice (per Tiranti di ancoraggio)	-	-	-	-	-	-
15	Macchina per infilaggio Tiranti	-	-	-	-	-	-
16	Macchina per carotaggi	-	-	-	-	-	-
17	Autogru	-	-	-	-	-	-
18	Carroponte	-	-	-	-	-	-
19	Grader	1	0.5	-	-	-	-
20	Finitrice	-	-	-	-	-	-
21	Attrezzatura per Diaframmi	-	-	-	-	-	-
22	Dumper	1	0.5	-	-	1	0.5
23	Autocarri 10 m ³	1	0.5	-	-	-	-
24	Autobotte	1	0.5	-	-	1	0.5
25	Generatore Betonaggio	-	-	-	-	-	-
26	Ventilatori	-	-	-	-	-	-
27	Pompa Spritz	-	-	-	-	-	-
28	Pompa aggotamento	-	-	-	-	-	-
29	Bullonatore	-	-	-	-	-	-
30	Vibratori	-	-	1	0.25	-	-
31	Elettrocompressori	1	1	1	0.25	1	1
32	Trasformatori Elettrici	-	-	-	-	-	-

4.5.8.1.4 Discenderia

Il numero massimo dei mezzi che si prevede utilizzare in ciascuna delle fasi del cantiere della discenderia , unitamente alla stima del loro fattore di utilizzo rispetto all'intera durata della fase, è esplicitato nella seguente Tabella.

Si ricorda che la principale fase di lavorazione per il cantiere è lo scavo ed il consolidamento della discenderia (si veda la precedente Tabella 4.5).

Tabella 4.10: Discenderia, Mezzi di Cantiere

Tipologia Mezzi/Impianti		No. Mezzi [No.] e Fattore di Utilizzo [η]	
		Fase 1o	
		No.	η
1	Escavatore	1	0.25
2	Dozer Apripista	-	-
3	Dozer pesante	1	0.25
4	Dozer medio	-	-
5	Pala Gommata	1	0.5
6	Pala Cingolata	-	-
7	Retroescavatore	-	-
8	Retroescavatore leggero	-	-

Tipologia Mezzi/Impianti		No. Mezzi [No.] e Fattore di Utilizzo [η]	
		Fase 1o	
		No.	η
9	Rulli compattatori (terre)	1	0.25
10	Rulli compattatori piccoli	-	-
11	Rulli Lisci (conglomerato bituminoso)	-	-
12	Autobetoniera 4 assi da 10 m ³	2	0.5
13	Pompa cls	1	0.25
14	Sonde per Tiranti	-	-
15	Macchina perforatrice (per Tiranti di ancoraggio)	-	-
16	Macchina per infilaggio Tiranti	-	-
17	Autogru	-	-
18	Carroponte	-	-
19	Grader	-	-
20	Finitrice	-	-
21	Attrezzatura per Diaframmi	1	0.5
22	Dumper	-	-
23	Autocarri 10 m ³	-	-
24	Autobotte	1	0.5
25	Generatore Betonaggio	-	-
26	Ventilatori	-	-
27	Pompa Spritz	-	-
28	Pompa aggotamento	-	-
29	Bullonatore	-	-
30	Vibratori	-	-
31	Elettrocompressori	1	1
32	Trasformatori Elettrici	-	-

4.5.8.1.5 Centrale, Vie d'Acqua, Sottostazione elettrica e Pozzo Piezometrico

Il numero massimo dei mezzi che si prevede utilizzare in ciascuna delle fasi del cantiere per la realizzazione della Centrale, delle Vie d'Acqua, della Sottostazione elettrica e del Pozzo Piezometrico, unitamente alla stima del loro fattore di utilizzo rispetto all'intera durata della fase, è esplicitato nella seguente tabella.

Si ricorda che le principali fasi di lavorazione per il cantiere sono (si veda Tabella 4.5):

- ✓ Centrale (fase 1p);
- ✓ Vie d'acqua (fase 1q);
- ✓ Sottostazione elettrica (fase 1r);
- ✓ Pozzo piezometrico (fase 1s).

Tabella 4.11: Centrale, Vie d'Acqua, Sottostazione elettrica e Pozzo Piezometrico, Mezzi di Cantiere

Tipologia Mezzi/Impianti		No. Mezzi [No.] e Fattore di Utilizzo [η]							
		Fase 1p		Fase 1q		Fase 1r		Fase 1s	
		No.	η	No.	η	No.	η	No.	η
1	Escavatore	3	0.75	2	0.75	3	0.75	2	0.5
2	Dozer Apripista	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Dozer pesante	1	0.15	1	0.15	1	0.15	-	-
4	Dozer medio	-	-	-	-	-	-	-	-

Tipologia Mezzi/Impianti	No. Mezzi [No.] e Fattore di Utilizzo [η]									
	Fase 1p		Fase 1q		Fase 1r		Fase 1s			
	No.	η	No.	η	No.	η	No.	η		
5	Pala Gommata	2	0.45	2	0.25	2	0.45	1	0.25	
6	Pala Cingolata	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	Retroescavatore	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	Retroescavatore leggero	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	Rulli compattatori (terre)	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	Rulli compattatori piccoli	1	0.35	1	0.35	1	0.35	-	-	
11	Rulli Lisci (conglomerato bituminoso)	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	Autobetoniera assi da 10 m ³	4	2	0.5	2	0.5	2	0.5	2	0.5
13	Pompa cls	1	0.35	-	-	1	0.35	-	-	
14	Macchina perforatrice Tiranti (per di ancoraggio)	2	0.25	1	0.25	2	0.25	1	0.25	
15	Macchina per infilaggio Tiranti	-	-	1	0.15	2	0.15	1	0.25	
16	Macchina per carotaggi	-	-	-	-	-	-	-	-	
17	Autogru	-	-	-	-	-	-	-	-	
18	Carroponte	-	-	-	-	-	-	1	0.5	
19	Grader	-	-	-	-	-	-	-	-	
20	Finitrice	-	-	-	-	-	-	-	-	
21	Attrezzatura per Diaframmi	-	-	-	-	-	-	1	0.5	
22	Dumper	-	-	-	-	-	-	-	-	
23	Autocarri 10 m ³	6	0.75	6	0.75	6	0.75	4	0.5	
24	Autobotte	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.25	
25	Generatore Betonaggio	-	-	-	-	-	-	-	-	
26	Ventilatori	-	-	-	-	-	-	-	-	
27	Pompa Spritz	-	-	-	-	-	-	-	-	
28	Pompa aggotamento	-	-	-	-	-	-	-	-	
29	Bullonatore	-	-	-	-	-	-	-	-	
30	Vibratori	-	-	-	-	-	-	-	-	
31	Elettrocompressori	-	-	-	-	-	-	-	-	
32	Trasformatori Elettrici	-	-	-	-	-	-	-	-	

4.5.8.2 Area di Lavoro di valle

Il numero massimo dei mezzi che si prevede utilizzare in ciascuna delle fasi dell'area di lavoro di Valle, unitamente alla stima del loro fattore di utilizzo rispetto all'intera durata della fase, è esplicitato nella seguente Tabella.

Si ricorda che le principali fasi di lavorazione per il cantiere sono (si veda la precedente Tabella 4.5):

- ✓ Adeguamento viabilità (fase 2a);
- ✓ Galleria d'accesso al pozzo paratoie (fase 2b);
- ✓ Pozzo paratoie (fase 2c);
- ✓ Opera di presa di valle (fase 2d);
- ✓ galleria di ventilazione e cavi (fase 2e);
- ✓ Vie d'acqua (fase 2f);
- ✓ Ripiegamento cantiere (fase 2g).

Tabella 4.12: Area di Valle – Opera di Presa-Imbocco

Tipologia Mezzi/Impianti		No. Mezzi [No.] e Fattore di Utilizzo [η]							
		Fase 2a		Fase 2b		Fase 2c		Fase 2d	
		No.	η	No.	η	No.	η	No.	η
1	Escavatore	3	0.75	1	0.75	2	0.5	2	0.5
2	Dozer Appripista	2	0.4	-	-	-	-	1	0.25
3	Dozer pesante	1	0.25	1	0.15	-	-	1	0.25
4	Dozer medio	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Pala Gommata	1	0.4	2	0.25	1	0.25	-	-
6	Pala Cingolata	2	0.25	-	-	-	-	1	0.5
7	Retroescavatore	-	-	-	-	-	-	1	0.25
8	Retroescavatore leggero	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Rulli compattatori (terre)	2	0.25	-	-	-	-	-	-
10	Rulli compattatori piccoli	-	-	1	0.25	-	-	1	0.25
11	Rulli Lisci (conglomerato bituminoso)	1	0.25	-	-	-	-	-	-
12	Autobetoniera assi da 10 m ³	4	0.25	2	0.25	2	0.5	2	0.5
13	Pompa cls	1	0.15	1	0.15	1	0.25	1	0.5
14	Macchina perforatrice Tiranti (per di ancoraggio)	1	0.15	1	0.25	1	0.5	1	0.75
15	Macchina per infilaggio Tiranti	-	-	1	0.15	1	0.25	1	0.25
16	Macchina per carotaggi	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Autogru	1	0.15	-	-	-	-	1	0.75
18	Carroponte	-	-	-	-	1	0.65	-	-
19	Grader	1	0.5	-	-	-	-	-	-
20	Finitrice	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Attrezzatura per Diaframmi	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Dumper	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Autocarri 10 m ³	6	0.65	5	0.5	4	0.5	4	0.5
24	Autobotte	2	0.25	1	0.25	1	0.25	1	0.25
25	Generatore Betonaggio	-	-	-	-	-	-	-	-

Tipologia Mezzi/Impianti	No. Mezzi [No.] e Fattore di Utilizzo [η]								
	Fase 2a		Fase 2b		Fase 2c		Fase 2d		
	No.	η	No.	η	No.	η	No.	η	
26	Ventilatori	-	-	-	-	-	-	-	-
27	Pompa Spritz	-	-	-	-	-	-	-	-
28	Pompa aggotamento	-	-	-	-	-	-	-	-
29	Bullonatore	-	-	-	-	-	-	-	-
30	Vibratori	-	-	-	-	-	-	-	-
31	Elettrocompressori	-	-	-	-	-	-	-	-
32	Trasformatori Elettrici	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 4.13: Area di Valle – Opere in Sotterraneo

Tipologia Mezzi/Impianti	No. Mezzi [No.] e Fattore di Utilizzo [η]							
	Fase 2e		Fase 2f		Fase 2g			
	No.	η	No.	η	No.	η		
1	Escavatore	1	0.25	2	0.75	1	0.5	
2	Dozer Apripista	-	-	-	-	-	-	
3	Dozer pesante	1	0.25	1	0.15	-	-	
4	Dozer medio	-	-	-	-	-	-	
5	Pala Gommata	1	0.5	2	0.25	1	0.5	
6	Pala Cingolata	-	-	-	-	1	0.25	
7	Retroescavatore	-	-	-	-	-	-	
8	Retroescavatore leggero	-	-	-	-	-	-	
9	Rulli compattatori (terre)	1	0.25	-	-	1	0.25	
10	Rulli compattatori piccoli	-	-	1	0.35	-	-	
11	Rulli Lisci (conglomerato bituminoso)	-	-	-	-	-	-	
12	Autobetoniera assi da 10 m ³	4	0.25	2	0.5	-	-	
13	Pompa cls	1	0.25	-	-	-	-	
14	Macchina perforatrice Tiranti (per di ancoraggio)	-	-	1	0.25	-	-	
15	Macchina per infilaggio Tiranti	-	-	1	0.15	-	-	
16	Macchina per carotaggi	-	-	-	-	-	-	
17	Autogru	-	-	-	-	-	-	
18	Carroponte	-	-	-	-	-	-	
19	Grader	-	-	-	-	-	-	
20	Finitrice	-	-	-	-	-	-	
21	Attrezzatura per Diaframmi	1	0.25	-	-	-	-	
22	Dumper	-	-	-	-	1	0.5	

	Tipologia Mezzi/Impianti	No. Mezzi [No.] e Fattore di Utilizzo [η]					
		Fase 2e		Fase 2f		Fase 2g	
		No.	η	No.	η	No.	η
23	Autocarri 10 m ³	-	-	6	0.75	-	-
24	Autobotte	1	0.25	1	0.5	1	0.5
25	Generatore Betonaggio	-	-	-	-	-	-
26	Ventilatori	-	-	-	-	-	-
27	Pompa Spritz	-	-	-	-	-	-
28	Pompa aggotamento	-	-	-	-	-	-
29	Bullonatore	-	-	-	-	-	-
30	Vibratori	-	-	-	-	-	-
31	Elettrocompressori	1	1	-	-	1	1
32	Trasformatori Elettrici	-	-	-	-	-	-

4.5.9 Viabilità

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 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 dell' area di cantiere saranno anche previste viabilità provvisorie, successivamente riportate allo stato *ante-operam* in fase di dismissione del cantiere.

4.6 INTERAZIONI CON L'AMBIENTE

4.6.1 Fase di Cantiere

4.6.1.1 Emissioni in Atmosfera

4.6.1.1.1 Emissioni da Attività di Cantiere

In fase di realizzazione del progetto, le attività di costruzione interessanti il cantiere in superficie comporteranno sostanzialmente le seguenti emissioni in atmosfera:

- ✓ emissioni di inquinanti da combustione, dai fumi di scarico delle macchine e dei mezzi pesanti utilizzati in cantiere (autocarri, escavatori, etc.), interni ed esterni alle gallerie;
- ✓ emissioni di polveri dalle attività di scavo in sotterraneo con frese (filtrate in condotti di aspirazione) e da movimentazione terre (trasporto e scarico terre sugli automezzi, etc.);
- ✓ sviluppo di polveri, durante le operazioni che comportano il movimento di terra superficiale per la preparazione delle aree di lavoro, per la sistemazione delle aree superficiali, etc.

Emissioni da Motori dei Mezzi di Cantiere

La valutazione delle emissioni in atmosfera dagli scarichi dei mezzi di cantiere viene effettuata a partire da fattori di emissione standard desunti da letteratura; tali fattori indicano l'emissione specifica di inquinanti (NOx, SOx, PTS) per singolo mezzo, in funzione della sua tipologia.

I fattori di emissione utilizzati sono stati desunti dallo studio AQMD – “Air quality Analysis Guidance Handbook, Off-road mobile source emission factors” svolto dalla CEQA (California Environmental Quality Act) per gli scenari dal 2007 al 2025.

Nella seguente Tabella si riportano i fattori di emissione AQMD per l’anno 2023 in kg/h per tutti i mezzi diesel impiegati nel cantiere.

Tabella 4.14: Stima Emissioni da Mezzi Terrestri, Fattori di Emissione AQMD

Fattori di Emissione Mezzi Terrestri AQMD – Anno 2023			
Tipologia	NOx [kg/h]	SOx [kg/h]	PTS [kg/h]
Escavatore	0.1821	0.0010	0.0065
Dozer Apripista	0.6113	0.0012	0.0240
Dozer pesante	0.9425	0.0018	0.0365
Dozer medio	0.6113	0.0012	0.0240
Pala Gommata	0.6113	0.0012	0.0240
Pala Cingolata	0.2954	0.0008	0.0106
Retroescavatore	0.1322	0.0008	0.0045
Retroescavatore leggero	0.1346	0.0004	0.0057
Rulli compattatori (terre)	0.1726	0.0006	0.0090
Rulli compattatori piccoli	0.0848	0.0002	0.0040
Rulli Lischi (conglomerato bituminoso)	0.0854	0.0001	0.0054
Autobetoniera 4 assi da 10 m ³	0.2278	0.0012	0.0082
Pompa cls	0.1886	0.0007	0.0086
Macchina perforatrice (per Tiranti di ancoraggio)	0.1025	0.0005	0.0048
Macchina per carotaggi	0.1025	0.0005	0.0048
Autogru	0.1569	0.0006	0.0055
Carroponte	0.2274	0.0008	0.0084
Grader	0.2118	0.0009	0.0074
Finitrice	0.1003	0.0002	0.0063
Attrezzatura per Diaframmi	0.1817	0.0011	0.0062
Dumper	0.0264	0.0000	0.0010
Autocarri 10 m ³	0.2278	0.0012	0.0082
Autobotte	0.2278	0.0012	0.0082
Generatori per impianti Betonaggio	0.3357	0.0015	0.0102

Le emissioni di inquinanti in atmosfera in fase di costruzione sono imputabili essenzialmente ai fumi di scarico delle macchine e dei mezzi pesanti impegnati in cantiere, quali escavatori, autocarri, pale, etc.

Emissioni dovute alla Movimentazione del Terreno di Scavo in Sottterraneo

Le attività di scavo in sottterraneo produrranno polveri principalmente in conseguenza alle seguenti attività:

- ✓ avanzamento dei fronti di scavo. Le polveri prodotte sul fronte di scavo vengono captate attraverso un sistema di aspirazione dedicato e filtrate per abbatterne la concentrazione;
- ✓ caricamento delle terre e rocce da scavo dal nastro trasportatore al camion che si occuperà del loro trasporto alle diverse destinazioni. L’operazione di movimentazione delle terre e caricamento sui camion viene fatta all’aperto e costituisce l’attività con maggiore dispersione delle polveri;
- ✓ lo smarino derivante dallo scavo della discenderia sarà evacuato tramite carri scarrabili scorrevoli su binari installati all’interno della galleria stessa e trasportato ad un’area di deposito dell’area di lavoro di monte.

Emissioni dovute alla Movimentazione del Terreno da Scotico e Riutilizzo Superficiale

I contributi alle emissioni di polveri sono dovute alla movimentazione delle terre per preparazione dell’area di cantiere, realizzazione del bacino di valle e ripristini morfologici una volta ultimato il cantiere.

4.6.1.1.2 Emissioni di Inquinanti dall’Area di Fabbricazione Virole e Impianti di Betonaggio

Nel cantiere Campo Base Monte saranno effettuate le operazioni di calandratura, sabbiatura, saldatura e verniciatura delle virole metalliche necessarie per la costruzione della condotta dell'impianto in progetto. La Fabbrica Virole sarà dotata di punti di emissione convogliate in corrispondenza delle cappe di aspirazione.

Si evidenzia che la Fabbrica Virole sarà dismessa al termine delle attività di realizzazione delle virole; pertanto, le emissioni associate alle suddette operazioni saranno limitate ad un periodo stimabile in circa 3 mesi.

Sarà inoltre presente No. 1 impianto di betonaggio, ubicato presso il cantiere Campo Base Monte.

Questo sarà alimentato da un generatore diesel da 250 kW in funzione pressoché in continuo nei periodi in cui sarà prevista una elevata richiesta di calcestruzzo.

L'impianto di betonaggio e la fabbrica virole avranno un funzionamento in gran parte sovrapposto.

Con particolare riferimento alla fabbrica virole, si riporta di seguito una descrizione delle emissioni generate dalle singole attività legate alla realizzazione delle virole.

Calandratura

La calandratura delle lamiere per la formazione delle virole sarà eseguita a freddo con una calandra oleodinamica (si veda la Figura seguente).



Figura 4.14: Calandratura

L'attività non genererà alcuna emissione in atmosfera.

Sabbiatura

La sabbiatura delle virole sarà eseguita all'interno di un'apposita cabina di sabbiatura utilizzando macchine sabiatrici manuali.

La cabina di sabbiatura sarà dotata di aspiratori che convoglieranno l'aria ad un camino, previo passaggio per un sistema di abbattimento con filtri a manica.

Saldatura

La saldatura di acciaio al carbonio per la fabbricazione dei tubi per la condotta forzata comporta l'emissione di polveri (fumi di saldatura). Le attività di saldatura avverranno sotto aspirazione mediante appositi aspiratori mobili con filtrazione delle polveri contenute nei fumi di saldatura (l'aria depurata viene reimpressa all'interno della fabbrica stessa senza convogliamento). La filtrazione dei fumi di saldatura è garantita da filtri meccanici o elettrostatici coadiuvati da filtri a carboni attivi.

Verniciatura

Le virole per la costruzione della condotta forzata saranno rivestite internamente (dopo la sabbiatura descritta al punto precedente) da due o più mani di vernice epossidica. Come descritto in precedenza per la sabbiatura anche la verniciatura avverrà in apposita cabina di verniciatura.

Le attività di verniciatura possono generare le seguenti emissioni in atmosfera:

- ✓ Polveri;
- ✓ Composti Organici Volatili (COV).

Caratteristiche Geometriche ed Emissive della Cabina di Verniciatura e Sabbiatura

Come riportato in precedenza, le attività svolte all'interno della Fabbrica Virole comporteranno l'emissione di polveri e di composti organici volatili. Le attività di sabbiatura e verniciatura saranno eseguite all'interno di un'apposita cabina dotata di aspirazione e convogliamento ad un camino e impianto di abbattimento delle polveri (filtri a manica). I fumi di saldatura saranno depurati mediante aspiratori portatili in grado di garantire l'aspirazione delle polveri direttamente nel punto di lavoro del personale e dotati di sistema di depurazione dell'aria che verrà reimpressa, depurata, all'interno della fabbrica stessa.

Le caratteristiche geometriche ed emissive della cabina di verniciatura e sabbiatura sono riportate nella seguente Tabella, dove i valori emissivi identificati si riferiscono a quanto associato in altri studi di settore ad analoghe tipologie di attività. Si evidenzia che le emissioni da saldatura sono ritenute trascurabili sulla base di quanto sopra indicato.

Tabella 4.15: Caratteristiche Geometriche ed Emissive della Cabina di Verniciatura e Sabbiatura

Parametro	Unità di Misura	Valore	
		Sabbiatura	Verniciatura
Attività			
Portata massima fumi (fumi secchi)	Nm ³ /h	40,000	
Temperatura fumi	°C	20°C	
Velocità massima uscita camino	m/s	18.8	
Composizione Fumi			
Polveri ⁽¹⁾	mg/Nm ³	10	3
Composti Organici Volatili (COV)	mg/Nm ³	N/A	100
Dimensioni Camino			
Diametro	mm	900	
Altezza	m	6	

Note:

(1): Il sistema di abbattimento previsto (filtri a manica) è in grado di garantire emissioni inferiori a 5 mg/Nm³. In via cautelativa, sono state condotte simulazioni assumendo una concentrazione di polveri al camino pari a 10 mg/Nm³ (Paragrafo 4.6.1.1.2).

Per quanto riguarda gli impianti di betonaggio, nella tabella seguente si riportano alcune caratteristiche emissive dei generatori diesel che saranno impiegati.

Tabella 4.16: Caratteristiche Geometriche ed Emissive del Generatore Diesel degli Impianti di Betonaggio

Punto emissivo	Ciclo Funzionamento	Altezza camino	Diametro camino	Sezione uscita	T	Velocità Reale	Portata Inquinanti			
		(m)	(m)	(m ²)	(°)	(m/s)	[g/s]			
							NOx	SO ₂	PM ₁₀	CO
Betonaggio Campo Base Monte	Continuo	3	0.15	0.02	511.3	74.7	0.105	0.0004	0.003	0.07

Ai fini di valutare gli effetti sulla qualità dell'aria delle emissioni associate alle attività di realizzazione delle virole sopra descritte, è stata effettuata una dedicata attività di modellazione con modello di dispersione CALPUFF, come dettagliato nel successivo Paragrafo 6.7.3.2.

4.6.1.2 Prelievi Idrici

Durante le fasi di cantiere i prelievi idrici riscontrabili potranno essere collegati essenzialmente a:

- ✓ il raffreddamento delle teste di scavo;
- ✓ l'uso civile, per soddisfare le esigenze del personale di cantiere (e.g. box spogliatoi, box doccia, etc.);
- ✓ produzione di fanghi bentonitici per la realizzazione di diaframmi;
- ✓ eventuale umidificazione delle aree di cantiere al fine di limitare le emissioni di polveri.

L'approvvigionamento idrico verrà effettuato attraverso la rete acquedottistica/autobotti. Non sono previsti prelievi diretti da acque superficiali o da pozzi.

Nella seguente tabella sono riportate le tipologie, le modalità di approvvigionamento e le quantità relative ai prelievi idrici prevedibili nelle fasi di cantiere. Il calcolo dei consumi idrici per uso civile è stato calcolato sulla base di un consumo medio per addetto di circa 60 l/g, considerando un numero di addetti ed una durata delle fasi come riportato in Tabella 4.21 ed al Paragrafo 4.6.1.5.1. Per la determinazione dei consumi di acqua di raffreddamento delle teste scavo è stato ipotizzato un consumo di acqua pari a 1.5 m³/h per ogni fronte di scavo.

Tabella 4.17: Prelievi idrici in Fase di Cantiere

Cantiere	Tipologia	Modalità di Approvvigionamento	Stima Consumi	
			Max [m ³ /g]	Totali [m ³]
Area di lavoro di Monte	Raffreddamento teste di scavo	Acquedotto/autobotti	10 ⁽¹⁾	2,200 ⁽²⁾
	Produzione fanghi bentonitici	Acquedotto/autobotti	-(³)	45
	Produzione Calcestruzzo	Acquedotto	-	39,500
	Uso civile	Acquedotto	10	4,500
Area di lavoro di Valle	Raffreddamento Teste di Scavo	Acquedotto/autobotti	5 ⁽¹⁾	1,100 ⁽²⁾
	Uso Civile	Acquedotto/autobotti	2	600
	Produzione Calcestruzzo	Acquedotto	-	-

Note:

(1): Valore stimato ipotizzando un consumo di acqua pari a 1.5 m³/h per ogni fronte di scavo ed una durata delle lavorazioni giornaliere pari a 24 ore (tre turni).

(2): Valore stimato considerando un consumo di acqua pari a 1.5 m³/h per ogni fronte di scavo, per la durata di ogni singolo fronte di scavo.

(3): Non è possibile stimare un valore di consumo giornaliero, in quanto i fanghi bentonitici sono in ricircolo e le perdite dipendono dalle caratteristiche dei terreni attraversati. Il consumo reale è quindi da valutare in funzione di ciò che rimane da portar via a fine lavorazione

Le attività di collaudo idraulico saranno effettuate al termine dei lavori, prima della messa in esercizio dell'impianto.

L'umidificazione delle aree di cantiere sarà effettuata solo in caso di necessità. I quantitativi di acqua eventualmente necessari saranno in ogni caso modesti.

4.6.1.3 Scarichi Idrici

Gli scarichi idrici in fase di cantiere sono sostanzialmente riconducibili a:

- ✓ le intercettazioni di acque sotterranee;
- ✓ l'acqua utilizzata per il raffreddamento delle teste di scavo;
- ✓ gli scarichi civili, dopo trattamento in fossa settica;
- ✓ le acque di prima pioggia potenzialmente inquinate incidenti le aree di cantiere pavimentate. Le altre aree di cantiere non saranno pavimentate con superfici impermeabili, assicurando il naturale drenaggio delle acque meteoriche nel suolo.

In fase di collaudo della Centrale saranno presenti le sole acque di scarico del test idraulico delle condotte. L'acqua una volta utilizzata potrà essere convogliata al bacino Flumendosa.

La seguente tabella riassume le stime relative agli scarichi idrici previsti per i cantieri del progetto.

Tabella 4.18: Scarichi idrici in Fase di Cantiere

Cantiere	Tipologia	Modalità di Trattamento	Scarico	Stima Quantità	
				Max [m ³ /h]	Totali [m ³]
Area di Monte	Reflui civili	Fossa Imhoff	(1)	(3)	(3)
	Reflui civili	Fossa Imhoff	(1)	(3)	(3)
	Acque meteoriche	Sistema di trattamento	Corpo idrico superficiale	(5)	(5)
	Acque sotterranee	Sistema trattamento	Corpo idrico superficiale	20 ⁽²⁾	89,000 ⁽⁴⁾
Area di Valle	Reflui civili	Fossa Imhoff	(1)	(3)	(3)
	Acque Meteoriche	Sistema trattamento	Corpo idrico superficiale	(5)	(5)
	Acque sotterranee	Sistema trattamento	Corpo idrico superficiale	5 ⁽²⁾	22,000 ⁽⁴⁾

Note:

(1): Le acque per gli usi civili saranno convogliate in vasca Imhoff.

(2): Valore di dimensionamento stimato del sistema di trattamento delle acque.

(3): Per i quantitativi convogliati in fossa Imhoff, si rimanda a quanto stimato in Tabella 4.18 in relazione ai consumi idrici per uso civile.

(4): Valore stimato considerando una durata delle fasi di scavo come riportato nella Tabella 4.5 e valore medio di trattamento.

(5): Quantità funzione del regime pluviometrico. Le acque di prima pioggia saranno convogliate ad apposito pozzetto disoleatore che tratterà anche le acque di seconda pioggia secondo normativa

Si specifica che, come descritto nella “Relazione di cantiere generale” (Doc. No. 1351-A-FN-R-02), in ogni fase di lavoro le acque provenienti dalle gallerie verranno captate ed evacuate mediante tubazioni fino ad apposito impianto di trattamento ubicato nel cantiere antistante l'imbocco della galleria d'accesso, eventualmente con l'ausilio di stazioni intermedie di rilancio. Per le acque di lavorazione, ogni fronte di scavo o getto verrà attrezzato con apposito pozzetto di raccolta e tramite pompa di aggotamento verranno evacuate come sopra.

Sia nel primo che nel secondo le acque trattate rientreranno nei parametri di cui all'allegato 5 alla parte III del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. e quindi recapitate su corpo idrico superficiale, previa autorizzazione rilasciata dagli enti.

4.6.1.4 Terre e Rocce da Scavo e Produzione di Rifiuti

4.6.1.4.1 Terre e Rocce da Scavo

Durante le fasi di realizzazione del progetto saranno prodotte terre e rocce da scavo, costituite dai lavori di scavo delle opere in sotterraneo e dalle attività di scavo presso le aree di lavoro di monte e di valle.

Le quantità indicate nel presente Paragrafo 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 Tabella seguente si riporta una sintesi dei volumi delle terre e rocce da scavo che saranno prodotte, con indicazione delle aree 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 4.19: Terre e Rocce da Scavo

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	Deposito presso la	Area di Monte	Riutilizzo per ricoprire i paramenti esterni del rilevato	-	135,000 pari a 117,000 per

Origine (Cantiere)	Tipologia	Volume di scavo [m³]	Area di deposito	Trasporto			Volume di riporto/ripristino [m³]
				Partenza (Cantiere)	Destinazione finale	Modalità	
		(in banco 112,000)	medesima area di cantiere				messa a dimora dopo compattazione
	Rocce del basamento	555,000 (in banco 437,000)	Deposito presso la medesima area di cantiere 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 lavoro 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 cantiere 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 lavoro 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 lavoro di monte e diviso per tipologia di materiale. Successivamente sarà riutilizzato	autocarri	-

4.6.1.4.2 Produzione di Rifiuti

Si prevede la produzione dei rifiuti che genericamente vengono generati nei cantieri, quali, a titolo indicativo e non necessariamente esaustivo, i seguenti:

- ✓ Oli esausti, batterie, pezzi di ricambio sostituiti;
- ✓ Residui plastici, ferrosi, di materiale elettrico;
- ✓ Scarti da locali mensa;
- ✓ Rifiuti solidi urbani;
- ✓ Acque nere;
- ✓ Fanghi provenienti da trattamento delle acque;
- ✓ Calcestruzzi armati e non derivanti da demolizioni di opere temporanee.

Tutti i rifiuti saranno gestiti e smaltiti nel rispetto delle normative vigenti ed ove possibile/applicabile sarà adottata la raccolta differenziata.

Per quanto riguarda la produzione di rifiuti legati a particolari lavorazioni associate alla specifica tipologia di cantiere (realizzazione scavi in sotterraneo, diaframmi, , etc.) di seguito si riportano delle stime preliminari delle quantità prodotte durante le fasi di costruzione. Si evidenzia che le quantità riportate sono indicative in quanto difficilmente quantificabili in fase di progettazione.

Tabella 4.20: Rifiuti Prodotti in Fase di Cantiere

Descrizione	Provenienza	Modalità di gestione/deposito	Destinazione	Quantità
Fanghi esausti e detriti	Fanghi da perforazione	Raccolti in vasche e trasportati con autospurgo	Smaltimento	300 m ³
Fanghi	Fanghi da trattamento acque	Caricati direttamente su camion. Tali fanghi sono accumulati sotto la fitopressa, una volta occupato lo spazio a disposizione si procede al trasporto.	Recupero	(1)
Cls (armato e non)	Demolizione diaframmi e altre opere temporanee	La gestione e lo smaltimento avverranno sempre nel rispetto della normativa vigente	Recupero	900 m ³

Note:

(1): Quantitativo variabile, non quantificabile in questa fase

Si sottolinea inoltre che, in fase di cantiere, sarà data evidenza delle quantità di rifiuti realmente prodotti attraverso l'adozione di uno specifico piano di gestione.

Si prevede inoltre il riutilizzo di gran parte dei volumi ricavati dagli scavi in sito. In caso di presenza di terre e rocce da scavo non riutilizzabili, queste saranno sottoposte a caratterizzazione fisico-chimica per individuare gli idonei impianti di recupero e/o smaltimento, secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

4.6.1.5 Utilizzo di Materie/Risorse e Consumo di Suolo

Di seguito vengono valutati, con riferimento alle attività di cantiere, gli aspetti relativi a:

- ✓ utilizzo materie prime e impiego di manodopera;
- ✓ occupazione di aree.

4.6.1.5.1 Utilizzo di Materie/Risorse

Nella seguente Tabella sono riportate le stime effettuate in merito a:

- ✓ impiego di risorse umane, intese come numero di addetti impiegati per le diverse fasi, specificando la stima del numero massimo di addetti presenti in contemporanea ed il numero medio di presenze;
- ✓ impiego di materiali necessari alle attività (ferro per armature, Cls, Laminati, etc).

Per quanto riguarda il consumo di acqua per le necessità di cantiere, essi sono stati stimati nel paragrafo dei consumi idrici nel paragrafo 4.6.1.2

Tabella 4.21: Utilizzo Materie Prime/Risorse

Cantiere	Tipologia	Stima Quantità	Note
Area di Monte	No. addetti	150	max
		60	medio
	Cls	300,000 m ³	-
	Acciaio	33,200 t	-

Cantiere	Tipologia	Stima Quantità	Note
Area di Valle	No. addetti	50	max
		15	medio
	Cls	25,000 m ³	-
	Acciaio	2,500 t	-

4.6.1.5.2 Occupazione/Limitazione di Suolo

Il progetto prevede la realizzazione di diverse aree di cantiere. Il dettaglio di ciascuna di esse è riportato nella seguente Tabella.

Tabella 4.22: Ubicazione delle Aree di Cantiere

Cantiere	Comune	Superficie [m ²]
Area di Monte	Esterzili	1,671,000
Area di Valle	Esterzili	41,000

4.6.1.6 Emissioni Sonore e Vibrazioni

4.6.1.6.1 Caratteristiche di Rumorosità dei Mezzi Utilizzati

Mezzi e Macchine di Cantiere

Le attività di costruzione comporteranno la generazione di emissioni acustiche legate al funzionamento di macchinari di varia natura, impiegati per le varie lavorazioni di cantiere e per il trasporto dei materiali. Il rumore emesso nel corso dei lavori di costruzione ha carattere di indeterminatezza ed incertezza, principalmente in conseguenza a:

- ✓ natura intermittente e temporanea dei lavori;
- ✓ uso di mezzi mobili dal percorso difficilmente definibile;
- ✓ mobilità del cantiere.

Con riferimento ai mezzi impiegati nelle lavorazioni, anticipati nella Tabella 4.6, di seguito per ciascun macchinario viene indicato il valore potenza sonora LWA stimata con riferimento a:

- ✓ i valori di LWA ammessi secondo quanto indicato dall'art. 1 del Decreto 24 Luglio 2006 “Modifiche dell'allegato I – Parte b, del Decreto Legislativo 4 settembre 2002, n. 262, relativo all'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate al funzionamento all'esterno” (tale decreto recepisce quanto indicato dalla Direttiva 2005/88/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 Dicembre 2005, che modifica la Direttiva 2000/14/CE, sul riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri concernenti l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto);
- ✓ dati tipici per mezzi impiegati in cantieri assimilabili a quelli in oggetto.

Nella seguente Tabella sono presentate le caratteristiche di rumorosità considerate per le varie macchine presenti, specificando la tipologia di sorgente (fissa o mobile) e l'ubicazione (all'esterno o in sotterraneo).

Tabella 4.23: Caratteristiche di Rumorosità dei Mezzi

Tipologia	Fissi / Mobili	Tipologia Uso (Esterno/Galleria)	Potenza [kW]	PWL [dB(A)]
Escavatore	Mobili	Interni/Esterni	302	107.0
Dozer Apripista	Mobili	Esterni	350	111.0
Dozer pesante	Mobili	Esterni	560	113.0
Dozer medio	Mobili	Esterni	350	111.0
Pala Gommata	Mobili	Interni/Esterni	373	110.0
Pala Cingolata	Mobili	Esterni	196	112.0
Retroescavatore	Mobili	Esterni	200	108.5

Tipologia	Fissi / Mobili	Tipologia Uso (Esterno/Galleria)	Potenza [kW]	PWL [dB(A)]
Retroescavatore leggero	Mobili	Esterni	90	104.5
Rulli compattatori (terre)	Mobili	Esterni	150	107.0
Rulli compattatori piccoli	Mobili	Esterni	34.5	100.00
Rulli Lisci (conglomerato bituminoso)	Mobili	Esterni	34.5	100.00
Autobetoniera 4 assi da 10 m ³	Mobili	Interni/Esterni	412	112.0
Pompa cls	Fissi/Mobili	Interni/Esterni	115	95.0
Macchina perforatrice (per Tiranti di ancoraggio)	Fissi	Interni	125	106.0
Macchina per carotaggi	Mobili	Interni	125	106.0
Autogru	Mobili	Interni/Esterni	168	107.5
Carroponte	Fissi	Esterni	373	111.5
Grader	Mobili	Esterni	163	110.0
Finitrice	Mobili	Esterni	24.4	98.5
Attrezzatura per Diaframmi	Fissi	Esterni	400	108.5
Dumper	Mobili	Esterni	227	111.0
Autocarri 10 m ³	Mobili	Esterni	412	112.0
Autobotte	Mobili	Esterni	412	112.0
Generatore Diesel Impianto Betonaggio	Fissi	Esterni	250	109.5
Ventilatori ⁽¹⁾	Fissi	Esterni	200	60.0
Pompa Spritz	Fissi	Interni	75	105.5
Pompa aggotamento	Fissi	Interni	18	97.0
Bullonatore	Mobili	Interni	66	106.0
Vibratori	Fissi	Esterni	100	111.0
Elettrocompressori	Fissi	Esterni	800	74.0
Trasformatori Elettrici	Fissi	Esterni	1,500	86.0

Note:

(1) Valore di rumorosità considerando l'abbattimento dei silenziatori che saranno applicati ai ventilatori.

Impianto Fabbricazione Virole

Le attività di costruzione delle virole si svolgono all'interno del relativo capannone e consistono principalmente nelle seguenti fasi: calandratura, sabbiatura, saldatura e verniciatura. L'utilizzo delle macchine tuttavia è discontinuo.

In relazione alla vicinanza dei ricettori ed alla continuità delle lavorazioni effettuate, si considera che il capannone verrà realizzato in materiale con adeguate caratteristiche fonoisolanti. Le simulazioni sono state condotte ipotizzando un potere fonoisolante delle pareti e del tetto pari a $R_w = 32$ dB; le pareti Est ed Ovest sono state considerate aperte.

Le principali sorgenti sonore sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 4.24: Principali Sorgenti Sonore durante la Fabbricazione Virole

Sorgenti Interne Edificio Fabbrica Virole		
Sorgenti Sonore	L_{pi} – Singola Sorgente	L_w – Singola Sorgente
Saldatrici	88.2 dB(A)	99.2 dB(A)
Torcia ArcAir	105.0 dB(A)	116.0 dB(A)
Molatrici manuali	104.1 dB(A)	115.1 dB(A)

Impianto di Betonaggio

L'impianto di betonaggio sarà caratterizzato da un funzionamento in continuo per lunghi periodi (anche oltre 5 anni). Le principali sorgenti sonore di tale impianto sono riassunte nella seguente tabella.

Tabella 4.25: Principali Sorgenti Sonore Impianti di Betonaggio

Sorgenti Interne Edificio Fabbrica Virole		
Sorgenti Sonore	L _{pi} – Singola Sorgente	L _w – Singola Sorgente
Impianto di Betonaggio Cantiere 1 – Campo Base Monte	85 dB(A)	108 dB(A)

4.6.1.6.2 Vibrazioni in Fase di Cantiere

La realizzazione opere in sotterraneo può comportare la generazione di vibrazioni anche importanti in conseguenza principalmente dell'utilizzo dei macchinari di cantiere e delle attività di scavo.

Nell'area sovrastante le gallerie non sono presenti edifici che potrebbero risultare sensibili alle vibrazioni indotte durante le attività previste.

4.6.1.7 Traffico Mezzi

Durante la realizzazione delle opere il traffico mezzi su strada sarà principalmente legato a:

- ✓ trasporto di terre e rocce da scavo;
- ✓ trasporto di materiale da costruzione (calcestruzzo, laminati materiale calcareo, etc.);
- ✓ trasporto addetti.

Il traffico dei mezzi pesanti sarà legato principalmente al trasporto del materiale da costruzione mentre per quanto riguarda il trasporto delle terre e delle rocce da scavo saranno utilizzati il sistema di nastri trasportatori e i carri scarrabili nella discenderia, pertanto si ritiene trascurabile tale il traffico legato a tali attività di cantiere.

I mezzi dedicati al trasporto del personale saranno in numero variabile, a seconda del periodo, e in funzione del numero di persone addette, in ciascuna fase, alle opere di realizzazione. Si può stimare che al trasporto addetti siano dedicati circa 10 pulmini che potranno effettuare in media 7-8 transiti al giorno.

4.6.1.8 Brillamento con esplosivo

Si specifica che in alcune fasi di cantiere, quali ad esempio la realizzazione del bacino di monte, verrà utilizzato dell'esplosivo per ottimizzare la realizzazione dello stesso.

L'avanzamento con esplosivo viene impiegato soprattutto nel caso di rocce di resistenza medio-alta ed è caratterizzato da cicli di lavoro ripetitivi (perforazione, caricamento, intasamento, brillamento, aerazione, protezione e allontanamento dello smarino). Un vantaggio di tale sistema di avanzamento consiste nel fatto che il materiale di scavo risulta migliore per la produzione di inerti per calcestruzzo, rispetto a sistemi meccanizzati.

4.6.2 Fase di Esercizio

Nel presente Paragrafo viene presentata l'analisi delle azioni progettuali e la definizione dei fattori di impatto, per ogni componente ambientale, con riferimento alla fase di esercizio dell'opera.

4.6.2.1 Emissioni in Atmosfera

All'esercizio dell'impianto non sono associate emissioni in atmosfera a scala locale in quanto:

- ✓ in fase di turbinaggio l'alimentazione è assicurata dalle risorse idriche dell'invaso di monte (precedentemente prelevate dall'esistente invaso Flumendosa);
- ✓ in fase di pompaggio, l'alimentazione dei gruppi pompa-turbina sarà elettrica.

Emissioni in atmosfera potranno essere riconducibili unicamente al traffico mezzi per il trasporto del personale addetto alle attività di manutenzione, considerate del tutto trascurabili.

4.6.2.2 Prelievi Idrici

L'esercizio dell'impianto di accumulo si basa sullo spostamento di volumi di acqua tra i due bacini:

- ✓ in fase di pompaggio, lo spostamento è previsto dal bacino di valle a quello di monte;
- ✓ in fase di turbinaggio, lo spostamento è previsto dal bacino di monte a quello di valle.

Tale risorsa è quindi preservata, a meno delle perdite, principalmente dovute ad evaporazione.

Nella seguente tabella sono sintetizzati i fabbisogni idrici in fase di esercizio.

Tabella 4.26: Prelievi Idrici in Fase di Esercizio

Tipologia	Modalità di Approvvigionamento	Quantità	Note
Reintegri	Invaso Flumendosa	18.4 l/s	Stima del valore massimo di evaporazione del Bacino di monte
Acque per usi Civili	Allaccio alla rete acquedottistica	-	La Centrale non sarà presidiata ed i consumi saranno legati unicamente alla presenza saltuaria di addetti durante le fasi di manutenzione

4.6.2.3 Scarichi Idrici

Gli scarichi idrici relativamente all'esercizio dell'impianto sono essenzialmente riconducibili:

- ✓ allo scarico idrico delle acque di drenaggio afferenti la Centrale e alle opere sotterranee;
- ✓ ai 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);
- ✓ ai reflui civili del personale presente in Centrale.

Nella seguente Tabella sono sintetizzati gli scarichi idrici in fase di esercizio.

Tabella 4.27: Scarichi Idrici in Fase di Esercizio

Tipologia	Modalità di Trattamento	Scarico	Quantità
Acque di drenaggio afferenti la Centrale e Opere sotterranee	-	Scarico presso l'invaso Fumendosa	(1)
Volumi d'acqua contenuti nelle vie d'acqua al di sotto della quota dell'opera di presa di valle	-		
Acque per usi Civili	-	Fossa settica o cisterne che saranno periodicamente svuotate	(2)

Note:

(1): non quantificabili in tale fase;

(2): La Centrale non sarà presidiata e gli scarichi saranno legati unicamente alla presenza saltuaria di addetti durante le fasi di manutenzione

4.6.2.4 Produzione di Rifiuti

I rifiuti prodotti dall'esercizio dell'impianto sono prevalentemente i seguenti:

- ✓ RSU e imballaggi (carta e cartone, legno, plastica, materiali misti);
- ✓ oli esausti, smaltiti a discarica autorizzata in fusti;
- ✓ rifiuti provenienti dalla normale attività di pulizia e manutenzione, come stracci, coibentazioni, etc.;
- ✓ pitture e vernici di scarto.

La gestione dei rifiuti sarà regolata in tutte le fasi del processo di produzione, deposito, trasporto e smaltimento in conformità alla normativa vigente e da apposite procedure interne.

Il trasporto e lo smaltimento di tutti i rifiuti, pericolosi e non pericolosi, sarà effettuato tramite società iscritte all'Albo dei trasportatori e smaltitori. Gli imballaggi, costituiti essenzialmente dai contenitori degli oli ed altre sostanze, saranno gestiti secondo le norme vigenti.

Tabella 4.28: Produzione di Rifiuti in Fase di Esercizio

Descrizione	Provenienza	Modalità di Gestione/Deposito	Destinazione	Quantità
Olii esausti	Macchinari	Contenitori a tenuta	Smaltimento	3,000 l/anno
RSU e Imballaggi	Esercizio dell'impianto	Contenitori a tenuta	Smaltimento	(1)
Rifiuti da pulizia e manutenzione	Attività di manutenzione	Contenitori a tenuta	Smaltimento	(2)
Pitture e vernici di scarto	Attività di manutenzione	Contenitori a tenuta	Smaltimento	(2)

Note:

(1): Quantità trascurabili associate alla presenza saltuaria del personale in fase di manutenzione;

(2): Quantità difficilmente stimabile perché funzione delle attività di manutenzione.

4.6.2.5 Utilizzo di Materie/Risorse e Consumo di Suolo

4.6.2.5.1 Utilizzo di Materie/Risorse

Presso l'impianto in progetto sarà necessario l'impiego saltuario di manodopera per attività di monitoraggio, ispezione e manutenzione.

Si prevedono quindi i seguenti consumi di materie prime/risorse (si veda la seguente Tabella)

Tabella 4.29: Utilizzo di Materie Prime/Risorse in Fase di Esercizio

Risorsa	Quantità
Energia Elettrica Consumata	(1)
Olio lubrificante	3,000 l/anno
Addetti in Centrale	(2)

Note:

(1): la quantità sarà presa dalla produzione;

(2): La Centrale non sarà presidiata e la presenza di addetti sarà saltuaria durante le fasi di manutenzione.

4.6.2.5.2 Occupazione/Limitazione di Suolo

La realizzazione dell'Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio determinerà l'occupazione permanente di alcune aree di superficie. Nella seguente tabella sono riportati alcuni dati di sintesi. Quasi tutte le opere sono interrato e non causeranno consumo di suolo in superficie.

Tabella 4.30: Consumo di Suolo in Fase di Esercizio

Opera	Superficie [m ²]	Note
Opera di presa e restituzione dell'Invaso Flumendosa	~ 340	Sommersa
Pozzo Paratoie	~300	Opera interrata
Centrale	~ 3,430	Opera interrata
Sottostazione elettrica	~ 2,090	Opera interrata
Pozzo Piezometrico	~ 490	Opera interrata
Imbocco Galleria accesso al pozzo paratoie	~ 700	Opera di accesso alla galleria
Bacino di monte	~ 326,100	superficie liquida alla quota di massimo invaso
Botola di accesso alla Discenderia	~ 535	Opera di accesso alla discenderia

4.6.2.6 Emissioni Sonore e Vibrazioni

L'esercizio dell'impianto non determina emissioni sonore percettibili a potenziali recettori, né tantomeno vibrazioni. L'ubicazione della Centrale, totalmente interrata, al cui interno sono presenti diverse sorgenti sonore, esclude la possibilità che emissioni sonore possano raggiungere la superficie.

In prossimità degli accessi non sono presenti sorgenti sonore significative. Gli impianti di ventilazione delle gallerie saranno infatti silenziati.

Le uniche emissioni sonore saranno riconducibili al traffico mezzi per il trasporto del personale addetto alla Centrale e alle attività di manutenzione, considerate del tutto trascurabili.

4.6.2.7 Traffico Mezzi

In fase di esercizio dell'impianto saranno presenti i soli traffici associati alla presenza del personale e quelli relativi all'approvvigionamento di sostanze/prodotti per il funzionamento dell'impianto, per la manutenzione e per il trasporto dei rifiuti.

Questi possono essere considerati del tutto trascurabili.

4.7 DESCRIZIONE DELLE FASI DI DISMISSIONE E RIPRISTINO

Nel seguito vengono descritte le attività previste nell'ambito della dismissione dell'impianto di accumulo idroelettrico in progetto e le attività necessarie a ripristinare il sito dal punto di vista territoriale ed ambientale.

La dismissione ed il ripristino avranno come obiettivo la restituzione del sito alla completa disponibilità per la destinazione d'uso originariamente prevista, tenendo presente che le opere dell'impianto sono tutte in sotterraneo, ad eccezione dell'invaso di monte e dell'accesso alle opere sotterranee.

Le valutazioni su metodologie di dismissione e/o recupero riportate nel seguito sono state effettuate ipotizzando che, al termine della concessione, nel caso in cui non siano verificate le condizioni per una prosecuzione della stessa, le opere e le strutture caratterizzanti l'impianto siano in buono stato.

Pertanto, sono state suddivise le opere in due principali categorie: quelle che potenzialmente potranno avere un ulteriore pubblico impiego (una volta riqualificate e rese riutilizzabili) e quelle per cui invece si prevede il fine vita, con conseguente dismissione, chiusura e messa in sicurezza.

4.7.1 Interventi di Dismissione delle Opere al Termine della Concessione di Esercizio

Le opere realizzate, vista la loro natura e posizione, risultano spesso facilitare le operazioni di recupero ambientale e/o reinserimento; la maggior parte è infatti sotterranea, quindi non visibile dalla superficie e poco impattante a livello paesaggistico e ambientale.

Si sottolinea come questo sia possibile grazie alle scelte fatte in fase progettuale; importanti sforzi sono stati intrapresi al fine di realizzare tutte le componenti dell'impianto di Taccu Sa Pruna in contesti e posizioni che comportassero il minor impatto ambientale, studiando quindi il territorio ed i suoi vincoli, il suolo con le sue caratteristiche e materiali costituenti.

In primis si procederà a smantellare e rimuovere tutte le componenti impiantistiche presenti nei vari locali tecnici e camere, così come le apparecchiature idrauliche (i.e., paratoie, gruppi ternari, meccanismi di movimentazione).

La maggior parte del lavoro si concentrerà nella rimozione dei quadri elettrici, apparecchiature di controllo, impiantistica ausiliaria, carroponete, etc., presenti in Centrale. Il tutto avverrà grazie al lavoro di tecnici specializzati.

Una volta conclusa la fase di svuotamento delle varie zone dell'impianto, si deciderà come trattare tutte quelle opere che si presume non possano avere un riutilizzo futuro.

Nei seguenti paragrafi con il termine “dismissione” si descriverà la procedura di definitiva chiusura e messa in sicurezza di tutti quei locali, condotte, costruzioni, etc. che si pensa non possano avere un successivo utilizzo pubblico: verranno chiusi, sigillati, resi inaccessibili e quindi non pericolosi e/o danneggiabili.

Tutti i processi di reinserimento seguono la logica dell'introdurre il minore effetto negativo possibile per l'ambiente circostante. È facile intuire come per elementi ancorati nel sottosuolo (i.e., opere di sostegno delle opere sotterranee, condotta forzata metallica intasata con calcestruzzo) la soluzione meno impattante sia la chiusura e la messa in sicurezza rispetto alla rimozione, la quale non potrebbe prescindere da importanti scavi, lavori, movimentazioni e modifiche del terreno.

4.7.1.1 [Dismissione Opera di Presa di Valle](#)

Non si prevedono interventi mirati sull'opera di presa di valle in quanto questa è sempre immersa e normalmente non visibile dall'esterno: può essere visibile solo quando il livello dell'invaso è inferiore a 241 m s.l.m., tale quota è associata ad un volume invasato di circa 120 milioni di m³ (come indicato nella Relazione Tecnica Particolareggiata Elaborato 1351-A-FN-R-01-1). Si evidenzia che il volume invasato è sempre stato superiore a 120 milioni m³ negli ultimi 20 anni: pertanto, ci si attende che l'opera di presa di valle non sarà visibile se non in periodi di particolare siccità (o di eventuali limitazioni dell'invaso).

Il tratto di galleria idraulica compresa tra l'opera di presa ed il pozzo paratoie sarà lasciata intatta.

4.7.1.2 [Dismissione Pozzo Paratoie](#)

Per il pozzo paratoie si prevede un'iniziale attività di ispezione mirata a valutare lo stato di consistenza del pozzo in calcestruzzo armato e di esecuzione di eventuali interventi di messa in sicurezza ritenuti necessari. Successivamente, è prevista la completa rimozione delle componenti ed apparecchiature elettriche, meccaniche, elettromeccaniche ad eccezione delle paratoie.

Lasciando la paratoia come cassero e perdere, sarà realizzato un getto massiccio in calcestruzzo armato (avente uno spessore indicativo di 2-3 m) sul lato rivolto verso la centrale.

4.7.1.3 [Centrale in Caverna](#)

Come anticipato precedentemente, si procederà alla completa rimozione delle componenti ed apparecchiature elettriche, meccaniche, elettromeccaniche, idrauliche presenti nella caverna. È consigliato prelevare anche tutte le parti delle strutture rimovibili, come ad esempio mensole, piani metallici, strutture, impalcature, etc.

4.7.1.4 [Dismissione Sottostazione Elettrica in caverna](#)

Si procederà alla completa rimozione delle componenti ed apparecchiature elettriche, meccaniche, elettromeccaniche, idrauliche presenti nella caverna. Saranno smantellate anche tutte le parti delle strutture rimovibili, come ad esempio mensole, piani metallici, strutture, impalcature, etc.

4.7.1.5 [Dismissione Pozzo Piezometrico](#)

Per il pozzo piezometrico si prevede un'iniziale attività di ispezione mirata a valutare lo stato di consistenza del pozzo in calcestruzzo armato e di esecuzione di eventuali interventi di messa in sicurezza ritenuti necessari.

4.7.1.6 [Dismissione delle Gallerie](#)

Nelle gallerie saranno rimosse le condotte ed i cavidotti in esse alloggiati, si effettuerà un'ispezione per valutare se sia necessario eseguire interventi di messa in sicurezza della stessa, a cui seguirà l'esecuzione di tali attività. Al termine di questa operazione si procederà ad una completa sigillatura delle opere seguenti:

- ✓ portale d'accesso prossimo all'invaso di Nuraghe Arrubiu mediante il getto di una parete in calcestruzzo armato avente uno spessore di 2 m;
- ✓ trincea posta alla sommità della discenderia, tramite il getto di una parete in calcestruzzo armato avente uno spessore di 2 m nella sezione iniziale della discenderia all'interno della trincea, e successivo ritombamento della trincea stessa, in modo tale da ripristinare lo stato *ante operam*.

Rimarrà inalterato il piazzale presente all'imbocco della galleria d'accesso al pozzo paratoie, che potrà essere utilizzato come area di sosta. Nel caso sia ritenuto necessario dalle autorità competenti, si potrà anche procedere con una parziale risistemazione del profilo originario del terreno apportando in sito materiale adeguato per una sistemazione del terreno in piena sicurezza.

4.7.1.7 [Dismissione Opera di Presa di Monte](#)

La sommità del pozzo sarà sigillata, ed al di sopra di essa verrà depositato ed opportunamente compattato del terreno vegetale per almeno 1.5 m di spessore, rendendo dunque possibile sia l'abbattimento del bacino che la sua riconversione.

Nel caso in cui venga prevista l'abbattimento del bacino di monte, prima di sigillare la sommità del pozzo, potrà essere possibile intasare il pozzo della condotta forzata e la caverna posta alla sua base con materiale di risulta (inerte) derivante dalla demolizione del bacino di monte.

In tal caso, sarà prima necessario accedere alla caverna che contiene la biforcazione della condotta forzata (tramite la centrale in caverna) e, dopo aver rimosso le virole metalliche del vertice altimetrico, realizzare un setto in calcestruzzo armato avente spessore di 2 m in corrispondenza dell'accesso a tale caverna.

4.7.1.8 Dismissione Vie d'Acqua

In seguito alla definizione di tutti gli interventi riportati nei Paragrafi precedenti, tutti i possibili accessi alle vie d'acqua risultano sigillati e il terreno circostante reinserito nel contesto paesaggistico-naturale ante operam. Non è necessario rimuovere la condotta forzata e le gallerie idrauliche, sempre in considerazione di voler privilegiare l'intervento meno impattante.

4.7.1.9 Dismissione Canale di Drenaggio dello Sfiatore di Superficie

Sia le opere fuori terra che il tratto interrato del canale di drenaggio dello sfioratore saranno demolite e conferite in discarica. Dopodiché si procederà alla stesa di terreno vegetale in modo da riportare l'area interessata da questo elemento alla condizione ante operam.

4.7.2 Dismissione e Ripristino Ambientale delle Opere

Per tutte le parti d'impianto, opere e locali non citate nel precedente Paragrafo, si descrivono nel seguente paragrafo le procedure di recupero e reinserimento ambientale previste al termine della concessione di esercizio.

Per queste opere, vista la posizione ed il potenziale riutilizzo, non è stata predisposta la chiusura e messa in sicurezza; questo significa che un nuovo utilizzo pubblico è previsto e consigliato, così da ridurre l'impatto globale della dismissione dell'impianto e consegnare alla comunità questi beni.

4.7.2.1 Bacino di Monte

Il bacino di monte è l'opera più significativa a livello visivo e ambientale di tutto l'impianto. Di seguito sono descritte le alternative in merito alla gestione di tale opera:

- ✓ Opzione 1: abbattimento del bacino;
- ✓ Opzione 2: la riconversione del bacino come riserva idrica;
- ✓ Opzione 3: la riconversione del bacino per altri scopi;

4.7.2.1.1 Opzione 1: Abbattimento del Bacino

In fase di ripristino ambientale dell'area, dopo aver svuotato completamente l'invaso, si procederà in primo luogo a rimuovere l'impermeabilizzazione realizzata tramite geo composito.

L'elemento più significativo di cui si dovrà predisporre l'abbattimento è la diga in materiali, nonché il materiale sciolto allocato sul paramento esterno della diga come mascheramento morfologico. In questo documento non si approfondisce la metodologia di smantellamento, operazione vivamente sconsigliata, complessa e delicata, e soggetto ad una valutazione che sarà necessariamente affrontata in fase di eventuale dismissione. È certamente preferita una soluzione di riconversione del bacino a supporto delle attività locali.

4.7.2.1.2 Opzione 2: Riconversione del Bacino

Previa l'adozione di opportune di messa in sicurezza, il bacino di monte potrebbe essere convertito a riserva idrica. Tale riutilizzo può contemplare diversi scopi, fra cui:

- ✓ antincendio;
- ✓ agricoli;
- ✓ pesca sportiva;
- ✓ itticoltura.

Per permettere di realizzare quanto proposto, non sarebbe più necessario prevedere interventi di dismissione relativi all'opera di presa di valle, all'opera di presa di monte, al drenaggio dello sfioratore di superficie.

Per poter trasferire acqua dall'invaso Flumendosa al bacino di monte (Taccu Sa Pruna), sarà necessario installare opportune pompe all'interno della centrale in caverna (in sostituzione dei gruppi ternari, che saranno rimossi).

Numero, dimensioni e potenze saranno da definire in funzione dei diversi parametri che caratterizzeranno l'eventuale gestione della riserva (i.e., il tempo minimo di riempimento del bacino di monte).

All'interno della centrale dovranno essere garantiti i servizi strettamente necessari per il sistema di pompaggio (e.g., illuminazione, ventilazione, carriponte etc.) affinché l'utilizzo del sistema di pompaggio possa avvenire in piena sicurezza.

4.7.2.1.3 Opzione 3: Riconversione del Bacino vuoto per altri scopi

Un'ulteriore possibilità di utilizzo consiste nel riutilizzare il bacino vuoto (che a differenza della sopracitata “Opzione 2” prevede tutti gli interventi di dismissione riportati al paragrafo 4.7).

Tale soluzione, avente minori costi, potrebbe fornire al comune di Esterzili la possibilità di utilizzare questo bacino per altri scopi, dopo opportune misure di messa in sicurezza (differenti in funzione del nuovo scopo a cui destinare il bacino).

Possono essere quindi degne di valutazione le seguenti ipotesi di riutilizzo: realizzazione di un parco acquatico (piscine, scivoli e giochi d'acqua) integrato con un parco attrezzato, con presenza di campi sportivi (calcio, pallacanestro, pallavolo, tennis, atletica, etc.), eventualmente ricavando degli spalti sui paramenti interni del bacino, aree pic-nic e parco giochi per bambini.

4.7.2.2 Recupero della Viabilità Adeguata

L'accesso alle diverse parti e luoghi dell'impianto è stato possibile grazie all'adeguamento e miglioramento della viabilità esistente, così da assicurare un transito sicuro ai mezzi di cantiere. Si fa ulteriormente presente che, durante la fase di progettazione dell'impianto, si è tenuto conto della viabilità esistente e della lunghezza dei tratti da adeguare e migliorare, secondo il principio di minor impatto ambientale che ha accompagnato tutto il progetto.

Pertanto è previsto di mantenere questi tratti di viabilità inalterata, andando solo a sanare eventuali problemi o danni dati dal suo normale utilizzo e normale deperimento.

4.7.3 Tipologia Di Materiali – Smaltimenti e Recupero

Come riportato nei precedenti paragrafi è prevista, per i materiali e componenti utilizzati nella realizzazione dell'impianto di Taccu Sa Pruna, una rimozione (e.g., abbattimento opere civili, apparecchiature elettriche, idrauliche, oleodinamiche, etc.), un riutilizzo in sito (per i terreni costituenti la diga, necessari a rimodellare il terreno) o una chiusura e messa in sicurezza (essenzialmente per le opere sotterranee).

Per quanto riguarda i materiali e componenti rimossi si prevede una selezione e differenziazione, come previsto dal D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i., al fine di procedere ad un corretto riciclo, riutilizzo in altri impianti, invio ad impianti di smaltimento autorizzati.

Non sono previste misure di mitigazione ambientale o di risanamento del sito in quanto l'impianto idroelettrico ha un impatto pressoché nullo, non provocando alcun tipo di inquinamento atmosferico (non si generano fumi, vapori, etc.) e di falda (non si generano infiltrazioni in quanto il bacino sarà impermeabilizzato).

Per quanto riguarda lo smaltimento delle pompe-turbine, dei generatori, di tutte le componenti elettriche ed idrauliche (come ad esempio quadri, paratoie, valvole, griglie, etc.) si presuppone possibile un pressoché totale riciclo dei materiali utilizzati.

I vari elementi saranno inviati presso idonee piattaforme, le quali si occuperanno del recupero delle parti in acciaio, ferro, plastica, etc. e del conclusivo invio a discarica delle modeste quantità di materiale rimasto inutilizzabile.

Il materiale in calcestruzzo derivante dagli eventuali abbattimenti delle opere civili sarà inviato ad impianti di riciclaggio di inerti da demolizione.

In conclusione, si riportano nella seguente tabella i codici C.E.R. (Catalogo Europeo dei Rifiuti) dei possibili materiali derivanti dalla dismissione dell'impianto.

Tabella 4.31: Codici C.E.R. dei rifiuti in fase di dismissione

Codice C.E.R.	Descrizione
13.01.12*	oli per circuiti idraulici, facilmente biodegradabili
16.02.16	macchinari ed attrezzature elettromeccaniche
17 03 02	miscele bituminose

Codice C.E.R.	Descrizione
17 04 01	rame, bronzo, ottone
17 04 05	ferro e acciaio
17.04.07	metalli misti
17.04.11	cavi elettrici
17.09.04 ¹⁾	rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione non pericolosi ¹⁾

Note:

(1): In tali rifiuti è compreso il geocomposito

5 DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE DELL'AMBIENTE (SCENARIO DI BASE)

5.1 DEFINIZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO (AREA VASTA)

5.1.1 Popolazione e Salute Umana

L'ambito di riferimento relativo agli aspetti demografici ed insediativi è stato definito a livello comunale, mentre per la salute pubblica è stato fatto riferimento alla situazione sanitaria in ambito provinciale.

L'analisi relativa agli aspetti dell'economia locale e attività (attività produttive, terziario e servizi) è stata condotta mediante descrizioni generali a livello regionale e provinciale. Sono state inoltre approfondite le caratteristiche infrastrutturali prossime all'area di intervento.

5.1.2 Biodiversità

La descrizione e la caratterizzazione della componente è stata condotta attraverso un inquadramento generale delle aree protette presenti a vasta scala e più nel dettaglio a scala locale si è fornita l'analisi degli aspetti ecologici e naturalistici.

5.1.3 Suolo, Uso del Suolo e Patrimonio Agroalimentare

Per quanto riguarda il fattore ambientale suolo si è proceduto con una descrizione della qualità del suolo attesa presso le aree di intervento. L'uso del suolo dell'area di progetto è stato dedotto dalla 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.

Per la caratterizzazione del patrimonio agroalimentare è stata infine definita una scala in ambito regionale.

5.1.4 Geologia e Acque

Lo studio di caratterizzazione del fattore ambientale “Geologia” ha preso in esame gli aspetti geologici, idrogeologici e la sismicità locale. Tali aspetti sono stati descritti in maniera dettagliata con riferimento all'area interessata in relazione agli studi specifici effettuati.

Lo studio di caratterizzazione del fattore ambientale “Acque” ha preso in esame le risorse idriche superficiali e sotterranee, in relazione agli strumenti di pianificazione regionale (Piano Regionale di Tutela Acque, Piano Gestione Acque).

5.1.5 Atmosfera: Aria e Clima

La caratterizzazione climatica e del regime termopluviometrico è stata effettuata mediante l'analisi dei dati a livello comunale e stessa cosa è stata fatta per quanto riguarda il regime anemometrico.

L'area di riferimento per la definizione della qualità dell'aria è stata definita a livello provinciale mediante analisi dei dati della rete di monitoraggio di ARPA Sardegna nella stazione più vicina all'area di studio (Centralina di Seulo).

Per la caratterizzazione delle emissioni in atmosfera dei gas ad effetto serra sono stati considerati sia i dati relativi all'ultimo aggiornamento dell'inventario al 2010 su base regionale e provinciale dell'ISPRA (Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale - SINANET – INVENTARIA), sia i dati dal portale INEMAR (Inventario regionale delle emissioni in atmosfera) per la redazione dell'Inventario regionale sardo.

5.1.6 Sistema Paesaggistico: Paesaggio, Patrimonio Culturale e Beni Materiali

La descrizione e la caratterizzazione della componente è stata eseguita con riferimento sia agli aspetti storico-archeologici, sia agli aspetti legati alla percezione visiva; sono stati descritti gli elementi storico-culturali, archeologici e gli elementi di interesse paesaggistico presenti nell'intorno dell'area di intervento.

5.1.7 Rumore

L'area di studio individuata per la componente rumore comprende le aree interessate dagli interventi in progetto e le aree più prossime ove sono presenti potenziali ricettori. È stata riportata e analizzata la normativa di settore a livello nazionale e regionale.

Sono stati inoltre forniti i risultati del monitoraggio Ante Operam del rumore effettuato il 31 Maggio/1 Giugno 2022.

5.1.8 Vibrazioni

È stata riportata e analizzata la normativa di settore a livello nazionale e regionale ed individuati i potenziali elementi di sensibilità.

5.1.9 Campi Elettrici, Magnetici ed Elettromagnetici

È stata riportata e analizzata la normativa di settore a livello nazionale e descritto il contesto in cui si inseriscono le opere.

5.1.10 Radiazioni Ottiche

È stata riportata e analizzata la normativa di settore a livello nazionale e regionale ed è stato descritto il contesto in cui si inseriscono le opere, da un punto di vista delle emissioni luminose, con analisi dei potenziali elementi di sensibilità.

5.2 POPOLAZIONE E SALUTE UMANA

5.2.1 Aspetti Demografici e Insediativi

Il Comune di Esterzili si estende su una superficie di 100.74 km² ed ha una densità abitativa di 5.73 abitanti/km² (la più bassa dei comuni della Provincia del ex Sud Sardegna); presenta una popolazione di 565 abitanti di cui 272 maschi e 293 femmine al 1° Gennaio 2023 (dati provvisori relativi all'ultimo anno disponibile da Demo Istat, Sito Web).

Nella seguente tabella è riportata la popolazione residente nel Comune di Esterzili al 1° Gennaio 2023 suddivisa per età e sesso (dati provvisori relativi all'ultimo anno disponibile da Demo Istat, Sito Web).

Tabella 5.1: Comune di Esterzili, Popolazione Residente al 1° Gennaio 2023 (Demo ISTAT, Sito Web)

Età	Totale Maschi	Totale Femmine	Totale Maschi + Femmine
0 anni	0	0	0
1 anno	1	0	1
2 anni	1	0	1
3 anni	0	0	0
4 anni	3	2	5
5 anni	3	2	5
6 anni	3	2	5
7 anni	2	1	3
8 anni	2	2	4
9 anni	0	1	1
10 anni	2	1	3
11 anni	2	1	3
12 anni	1	2	3
13 anni	2	2	4
14 anni	1	1	2
15 anni	0	2	2
16 anni	2	1	3
17 anni	5	2	7
18 anni	5	5	10

Età	Totale Maschi	Totale Femmine	Totale Maschi + Femmine
19 anni	2	3	5
20 anni	2	6	8
21 anni	2	1	3
22 anni	2	1	3
23 anni	1	2	3
24 anni	2	3	5
25 anni	1	1	2
26 anni	2	3	5
27 anni	1	0	1
28 anni	2	2	4
29 anni	2	6	8
30 anni	2	3	5
31 anni	0	1	1
32 anni	4	2	6
33 anni	5	2	7
34 anni	4	3	7
35 anni	3	0	3
36 anni	0	3	3
37 anni	1	0	1
38 anni	4	3	7
39 anni	3	5	8
40 anni	0	2	2
41 anni	2	2	4
42 anni	2	2	4
43 anni	3	4	7
44 anni	6	6	12
45 anni	6	3	9
46 anni	2	7	9
47 anni	0	6	6
48 anni	8	4	12
49 anni	4	5	9
50 anni	2	2	4
51 anni	3	1	4
52 anni	5	2	7
53 anni	2	2	4
54 anni	6	6	12
55 anni	5	6	11
56 anni	11	3	14
57 anni	12	8	20
58 anni	2	5	7
59 anni	7	4	11
60 anni	3	7	10
61 anni	5	5	10
62 anni	2	4	6
63 anni	3	6	9
64 anni	6	3	9
65 anni	3	8	11
66 anni	6	6	12
67 anni	4	4	8
68 anni	2	3	5
69 anni	6	4	10
70 anni	3	5	8
71 anni	3	3	6
72 anni	5	3	8
73 anni	3	3	6

Età	Totale Maschi	Totale Femmine	Totale Maschi + Femmine
74 anni	7	5	12
75 anni	4	4	8
76 anni	2	3	5
77 anni	3	4	7
78 anni	3	4	7
79 anni	1	3	4
80 anni	6	4	10
81 anni	2	5	7
82 anni	3	3	6
83 anni	5	6	11
84 anni	3	2	5
85 anni	1	3	4
86 anni	2	4	6
87 anni	0	2	2
88 anni	1	3	4
89 anni	0	1	1
90 anni	2	2	4
91 anni	2	1	3
92 anni	1	1	2
93 anni	2	3	5
94 anni	0	1	1
95 anni	1	0	1
96 anni	1	3	4
97 anni	0	0	0
98 anni	0	1	1
99 anni	0	0	0
100 anni e più	0	0	0
TOTALE	274	289	563

Di seguito vengono riportati i dati relativi al movimento demografico per l'anno 2022 e popolazione residente (ultimo anno disponibile per il bilancio demografico).

Tabella 5.2: Comune di Esterzili, Bilancio Demografico - Anno 2022 (Demo ISTAT, Sito Web)

Comune di Esterzili			
Bilancio Demografico Anno 2019	Maschi	Femmine	Totale
popolazione al 1° gennaio	272	293	565
nati	0	0	0
morti	4	7	
iscritti in anagrafe da altri comuni	12	12	24
cancellati in anagrafe per altri comuni	7	9	16
iscritti in anagrafe dall'estero	1	0	1
cancellati in anagrafe per l'estero	0	0	0
popolazione al 31 dicembre	274	289	563
acquisizioni della cittadinanza italiana	0	0	0

5.2.2 Salute Pubblica

Per la caratterizzazione della situazione sanitaria esistente si è definito come ambito di indagine il territorio della ex Provincia del Sud Sardegna. In particolare, sono stati considerati i dati ISTAT sulle cause di morte relative ai decessi della Provincia interessata per il periodo 2018-2020, interrogati attraverso il software HFA fornito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (Versione di Giugno 2021), riportati nella seguente tabella.

Tabella 5.3: Mortalità in Provincia ex Sud Sardegna per Causa, Periodo 2018-2020

Causa di Morte	2018			2019			2020		
	M	F	Tot M+F	M	F	Tot M+F	M	F	Tot M+F
malattie infettive e parassitarie	29	34	63	42	49	91	45	37	82
tumori	657	473	1130	700	457	1157	704	472	1176
malattie del sangue, e del sistema immunitario	12	16	28	9	7	16	13	14	27
malattie endocrine, nutrizionali e metaboliche	90	99	189	77	94	171	93	107	200
disturbi psichici e comportamentali	85	148	233	99	176	275	99	200	299
malattie del sistema nervoso e degli organi di senso	82	76	158	80	98	178	90	112	202
malattie del sistema circolatorio	504	576	1080	555	611	1166	605	623	1228
malattie del sistema respiratorio	200	124	324	198	137	335	182	119	301
malattie dell'apparato digerente	111	66	177	109	74	183	90	65	155
malattie della cute e del tessuto sottocutaneo	1	6	7	1	7	8	3	7	10
Malattie del tessuto connettivo	10	25	35	6	15	21	9	22	31
malattie dell'apparato genitourinario	22	30	52	34	38	72	43	47	90
malformazioni congenite ed anomalie cromosomiche	8	5	13	9	1	10	7	6	8
sintomi, segni, risultati anomali e cause mal definite	19	66	85	33	66	99	66	82	148
cause sconosciute e non specificate	3	3	6	11	5	16	28	23	51
altri sintomi, segni, risultati anomali e cause mal definite	16	63	79	22	61	83	38	59	97
Covid-19							89	67	156
cause esterne di traumatismo e avvelenamento	109	56	165	99	50	149	114	63	177
suicidio e autolesione intenzionale	29	9	38	35	4	39	35	1	36
TOTALE	1939	1801	3740	2055	1881	3936	2255	2044	4299

Dall'esame di tale tabella si evince come nella Provincia ex Sud Sardegna la maggior incidenza di decessi per il periodo considerato sia imputabile ai tumori, che risultano la principale causa di morte sia per le donne che per gli uomini, seguita dalle malattie del sistema circolatorio.

L'area di interesse fa riferimento all'Azienda Sanitaria Locale di Cagliari che opera su un territorio coincidente con la Città metropolitana di Cagliari e alcuni comuni del ex Sud Sardegna tra cui Esterzili.

L'impianto di accumulo idroelettrico, in quanto presente sul territorio comunale di Esterzili, ricade in uno dei 5 Distretti Sanitari dell'ASL di Cagliari, più precisamente nel Distretto della Salute di Sarcidano – Barbagia di Seulo e Trexenta, insieme ad altri 27 comuni.

Nell'ambito del medesimo territorio provinciale, insistono i seguenti Presidi Ospedalieri Distrettuali (P.O.D):

- ✓ Ospedale Binaghi (Cagliari);
- ✓ Ospedale Marino (Cagliari);
- ✓ Ospedale San Marcellino (Muravera);
- ✓ Ospedale San Giuseppe (Isili);
- ✓ Ospedale SS. Trinità (Cagliari).

L'Azienda inoltre dispone di una rete di ambulatori territoriali. I poliambulatori della Rete dell'Assistenza Specialistica dell'ASP sono presenti in quasi tutti i comuni della provincia e il più vicino è situato a Sadali.

A livello regionale invece, la tipologia di strutture ed il tipo di assistenza erogata sono riassunte nelle tabelle seguenti.

Tabella 5.4: Tipologia Attività nelle Strutture Sanitarie Distrettuali Regione Sardegna anno 2013 (Demo ISTAT, Sito Web)

Strutture sanitarie distrettuali Regione Sardegna	
Tipo di attività	TOT
Attività clinica	263
Diagnostica strumentale	132
Attività di laboratorio	105
Consultorio materno infantile	61
Assistenza psichiatrica	56
Assistenza ai pazienti terminali	15
Centri salute mentale	45
Assistenza idrotermale	5
Assistenza agli anziani	22
Assistenza ai disabili fisici	15
Assistenza ai disabili psichici	19

Tabella 5.5: Posti Letto nelle Strutture Sanitarie Distrettuali Regione Sardegna anno 2018 (Demo ISTAT, Sito Web)

Tipo di struttura	Strutture sanitarie e socio-sanitarie - assistenza residenziale	Strutture sanitarie e socio-sanitarie - assistenza semiresidenziale	Istituti o centri di riabilitazione - assistenza residenziale	Istituti o centri di riabilitazione - assistenza semiresidenziale
Posti letto delle strutture residenziali e semiresidenziali	1967	423	700	822
Posti letto delle strutture residenziali e semiresidenziali (rispetto ai residenti) - valori per 10,000	11.96	2.57	4.26	5

Tabella 5.6 : Posti letto e attività per specializzazione clinica Regione Sardegna anno 2020 (Demo ISTAT, Sito Web)

Area di specializzazione clinica	Acuti	Lungodegenza	Riabilitazione	Totale
Posti letto in degenza ordinaria	4360	184	244	4788
Posti letto in day hospital	-	-	-	694

Come si evince dalle tabelle proposte, le strutture convenzionate presenti sul territorio dell'Azienda Ospedaliera hanno una copertura di posti letto in attività residenziale di 1,967 unità e 423 in attività semiresidenziale, con i quali si permette di trattare persone con disabilità fisica e psichica, malati terminali, anziani e malati psichiatrici.

Per quanto riguarda la differenziazione tra posti letto in degenza ordinaria e *day hospital*, i primi sono 4,788 mentre i secondi 694.

5.2.3 Attività Produttive e Terziario/Servizi

5.2.3.1 [Rete Stradale e Infrastrutture](#)

5.2.3.1.1 [Rete Stradale](#)

La Sardegna è l'unica regione italiana priva di autostrade, ne fa le veci la rete di superstrade costruite fra i principali centri, completamente pubbliche e gratuite, arterie da cui si diramano poi strade secondarie verso tutte le località. La superstrada SS 131 Carlo Felice attraversa l'isola da nord a sud collegando Cagliari con Sassari e Porto Torres, passando per Oristano e Macomer, mentre una sua deviazione, la SS 131 DCN - Diramazione Centrale Nuorese, raggiunge Olbia passando per Nuoro e Siniscola. Nella zona settentrionale dell'isola, la superstrada SS 291 della Nurra e la SS 597 di Logudoro collegano Alghero e Olbia via Sassari. Nel meridione la SS 130 Iglesiente collega il capoluogo con Iglesias, mentre ad est la strada a scorrimento veloce "nuova SS 125 Orientale Sarda", collega Cagliari con Tortolì. Le dorsali Cagliari-Oristano-Sassari-Porto Torres e Alghero-Sassari-Olbia-Golfo Aranci fanno parte dello SNIT - Sistema Nazionale Integrato dei Trasporti.

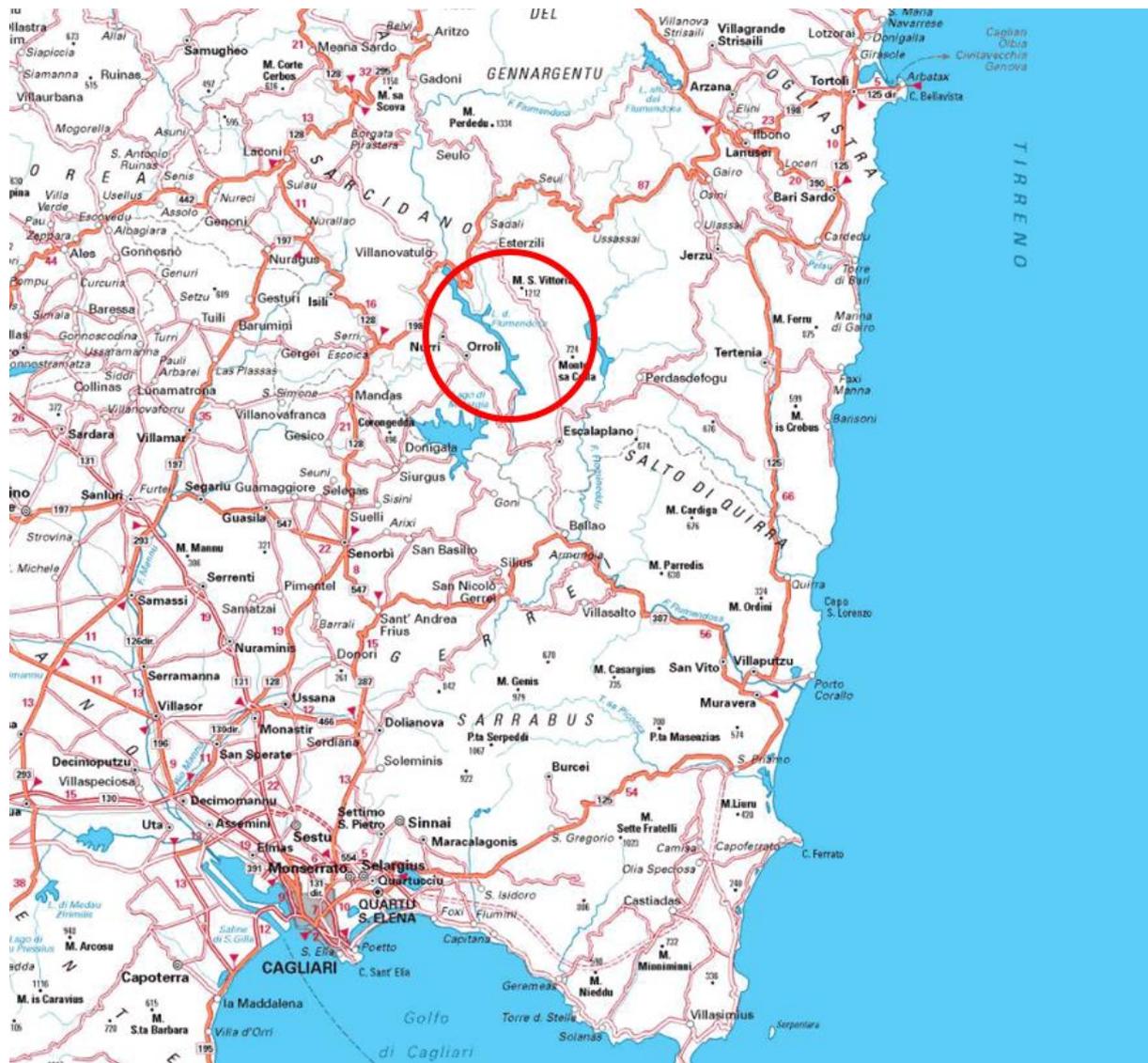


Figura 5.1: Mappa della rete stradale nel Sud della Sardegna

Nel Comune di Esterzili si interseca, secondo il censimento della viabilità Provinciale del ex Sud Sardegna, esclusivamente la Strada statale SS198 di Seui e Lanusei. La strada ha 110.3 km di percorrenza e collega il sud del Sarcidano alla costa orientale dell'isola, passando per la Barbagia.

Le arterie stradali che permettono l'accesso all'area d'intervento sono (si veda la Figura allegata 5.1):

- ✓ la SP53 che attraversa il bacino del Flumendosa nella sponda destra vicino all'area di cantiere;
- ✓ la SP10 che attraversa il bacino del Flumendosa nella sponda sinistra e si collega alla SS198.

Il report annuale del 2022 redatto da Anas S.p.A. basato sulla rete di sensori del sistema PANAMA, ha inoltre calcolato il Traffico Giornaliero Medio Annuo (TGMA) sulla base dei dati raccolti dalle singole postazioni (ANAS, sito web). Di seguito si riportano i dati relativi alla postazione 1070 situata nel Comune di Villanova Tulo, sulla SS 198.

Tabella 5.7: Numero Medio di Mezzi Leggeri e Pesanti, Anno 2022 (ANAS sito web)

Strada	km	Mezzi Leggeri	Mezzi Pesanti
SS 198	13.485	635	6

Il TGMA viene calcolato come media aritmetica del traffico misurato nelle giornate valide che costituiscono il campione di riferimento; una giornata di dati è considerata valida se la centralina non segnala malfunzionamenti e se sono caricati a sistema i dati per almeno il 98% dei 288 intervalli da 5 minuti previsti in una giornata.

In relazione alla modalità di calcolo del TGMA, per ogni postazione viene verificato che il numero di giornate con dati validi sia superiore alla metà del numero di giorni dell'anno.

5.2.3.1.2 Rete Ferroviaria

La rete ferroviaria della Sardegna comprende linee che si sviluppano per un totale di circa 1,038 km di lunghezza, di cui 430 km a scartamento ordinario e circa 608 km a scartamento ridotto (950 mm), con una densità media di 43 m di ferrovia per ogni km², cifra che scende a 25 m/km² considerando le sole linee di trasporto pubblico.

L'esercizio dell'attività ferroviaria nell'isola è gestito da due società. La prima, il gruppo Ferrovie dello Stato Italiane, gestisce tramite le controllate RFI e Trenitalia le 4 linee ferroviarie a scartamento ordinario che compongono la rete principale dell'isola. Le restanti 4 tratte attive nel trasporto pubblico, tutte a scartamento ridotto, costituiscono la rete secondaria, estesa per 169 km ed interamente gestita dall'ARST S.p.A., azienda di trasporti interamente partecipata dalla Regione Autonoma della Sardegna. Questa società controlla inoltre 438 km di linee turistiche, sempre a scartamento ridotto, attive soprattutto in estate e su richiesta delle comitive di turisti.

La rete ferroviaria sarda è presente in tutte le province, anche se non mancano i territori privi di strade ferrate. Varie sono inoltre le ferrovie (tutte a scartamento ridotto) che nel corso dei decenni sono state chiuse e smantellate.

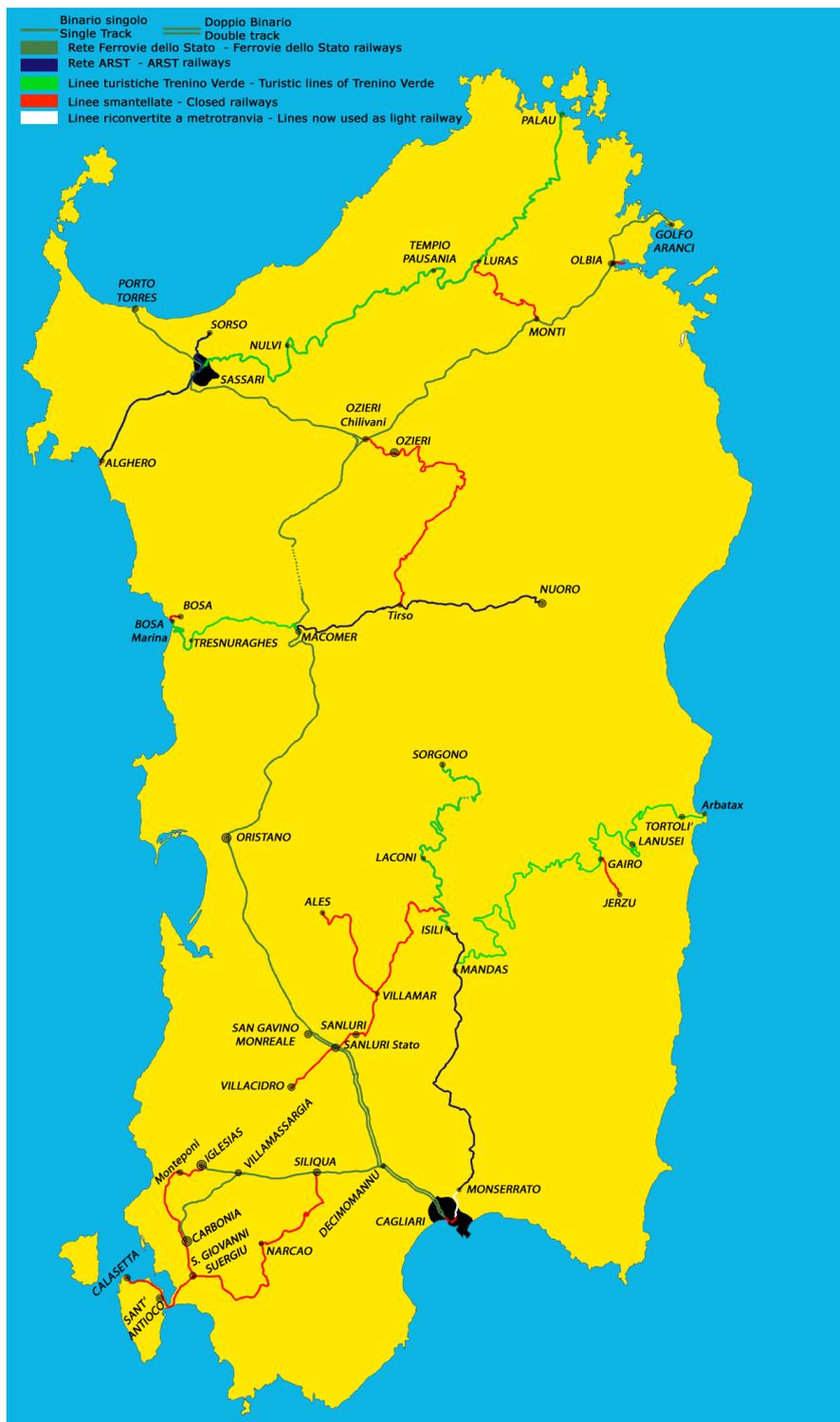


Figura 5.2: Mappa della rete ferroviaria sarda

Nel Comune di Esterzili si trova una stazione ferroviaria che è utilizzata esclusivamente per il traffico turistico del Trenino Verde ed è attiva principalmente tra la primavera e l'autunno. La stazione ordinaria più vicina risulta essere quella di Isili che collega il comune alla Città Metropolitana di Cagliari.

5.2.3.1.3 Aeroporti

La rete aeroportuale della Sardegna è costituita dagli aeroporti di Cagliari, Olbia e Alghero. Completa la rete l'aeroporto di Oristano, aperto al solo traffico privato. Il principale aeroporto è quello di Cagliari-Elmas che ha registrato una crescita positiva grazie al consolidamento del traffico nazionale e all'ampliamento dei collegamenti operati da vettori *low cost*, con 2,753,899 passeggeri nel 2021 (55.8 % in più rispetto al 2020). Il secondo aeroporto è quello di Olbia-Costa Smeralda, che è cresciuto sensibilmente per l'incremento del traffico internazionale sia in termini di movimenti che di passeggeri, con 2,081,057 passeggeri nel 2021 (103.2 % in più rispetto al 2020).

Il traffico aereo della Sardegna è fortemente caratterizzato dalla presenza di oneri di servizio pubblico nei collegamenti tra i tre aeroporti sardi principali, e gli aeroporti di Roma, Milano, Torino, Verona, Bologna, Firenze, Napoli e Palermo e dal fatto che il traffico è operato da una compagnia aerea con focus strategico regionale, che assicura anche i collegamenti diretti tra i tre scali principali. Altra caratteristica del traffico aereo sardo è costituita dalla forte stagionalità dei flussi nei periodi di alta stagione turistica.

Complessivamente l'83.3% del traffico operato dagli aeroporti della Sardegna risulta di carattere nazionale, con destinazioni prevalenti Roma Fiumicino e Milano Linate; ed il 35.3% del traffico totale è operato da vettori *low cost*, con punte del 57.7% sul totale nello scalo di Alghero.

Lo scalo più vicino all'area di intervento risulta essere quello di Cagliari-Elmas con circa 93 chilometri di distanza, mentre gli aeroporti di Olbia-Costa Smeralda e Alghero risultano distanti rispettivamente 208 e 223 chilometri.

5.2.3.1.4 Trasporto marittimo

Nel panorama del contesto infrastrutturale dei trasporti regionali il sistema portuale sardo rappresenta un elemento fondamentale per garantire la continuità territoriale ai cittadini dell'isola ed uno dei fattori più rilevanti dai quali dipende una grande fetta dell'economia isolana, considerato che la quasi totalità degli scambi commerciali da e per l'isola avvengono via mare.

Il sistema portuale regionale può essere descritto attraverso l'individuazione di diversi poli portuali rappresentati da uno o più scali di diversa caratterizzazione:

- ✓ il Polo di Cagliari, costituito dal porto commerciale (interessato dal traffico passeggeri e, parzialmente, dal movimento merci su semirimorchi e rinfuse secche), dallo scalo industriale (noto come Porto Canale) dove è in forte crescita la movimentazione di container con un servizio di transhipment e dai terminal industriali di Assemini e di Porto Foxi (quest'ultimo comprende due terminal petroli, uno a servizio della Saras e l'altro dell'Enichem);
- ✓ il Polo di Arbatax, costituito dal porto commerciale e da quello industriale di Arbatax-Tortolì;
- ✓ il Polo di Olbia, costituito dal complesso del porto commerciale e industriale di Olbia e dal porto commerciale e il terminale ferroviario di Golfo Aranci;
- ✓ il Polo Nord Orientale, costituito dai porti di Palau, La Maddalena e Santa Teresa di Gallura;
- ✓ il Polo di Porto Torres, costituito dal porto commerciale e da quello industriale a supporto della relativa zona e, in particolare, delle raffinerie localizzate nel retroterra portuale;
- ✓ il Polo del Sulcis-Iglesiente, costituito dallo scalo di Portovesme, da quello di Calasetta e da quello di Carloforte, a cui si aggiunge lo scalo di Sant'Antioco dedicato alla movimentazione delle merci e al diportismo.

Ai poli sopra citati, si aggiunge, nel sistema infrastrutturale regionale, lo scalo di Oristano-Santa Giusta, situato nel versante occidentale dell'isola, utilizzato unicamente per la movimentazione delle merci (prevalentemente rinfuse secche e liquide).

Il porto più vicino all'area di intervento risulta essere quello di Arbatax, distante circa 81 chilometri, mentre quello di Cagliari dista circa 100 chilometri.

5.2.3.2 Attività Produttive e Commerciali

Come indicato nel rapporto annuale sulle economie regionali redatto dalla Banca d'Italia nei primi nove mesi dell'anno 2020, l'emergenza sanitaria e le connesse misure di contenimento hanno determinato un forte calo del prodotto interno lordo. Nel primo semestre l'attività sarebbe diminuita di oltre il 10 per cento rispetto allo stesso periodo del 2019, secondo quanto stimato dall'indicatore trimestrale delle economie regionali (ITER) della Banca d'Italia. Sulla base di indicatori più aggiornati relativi a singoli settori economici, la dinamica negativa si sarebbe attenuata nel terzo trimestre, coerentemente con il recupero in corso a livello nazionale.

Le ricadute economiche della pandemia hanno coinvolto tutte le principali branche di attività. Il fatturato delle imprese industriali si è ridotto in misura marcata nei primi nove mesi del 2020, sebbene la portata del calo si sia attenuata durante i mesi estivi. Anche gli investimenti sono diminuiti, riflettendo la forte incertezza degli operatori sull'evoluzione della domanda. L'attività nel settore delle costruzioni è tornata a flettere, risentendo delle difficoltà dell'edilizia residenziale, testimoniate anche dalla sensibile riduzione delle compravendite registrata nel primo semestre. Il comparto delle opere pubbliche ha invece beneficiato della ripresa della spesa per investimenti delle Amministrazioni locali. Nei servizi sono proseguite le difficoltà del commercio, soprattutto al dettaglio. Gli effetti della crisi economica si sono manifestati con intensità nei comparti del turismo e dei trasporti, che hanno registrato diffusi cali di attività.

L'andamento dell'occupazione ha riflesso solo in parte il repentino peggioramento del quadro congiunturale, poiché la riduzione degli occupati in regione è stata mitigata dalle misure governative, tra cui il blocco dei licenziamenti e l'estensione della platea dei beneficiari delle forme di integrazione salariale; il calo delle ore lavorate è stato invece molto intenso. Gli ammortizzatori sociali e le forme di sostegno al reddito delle famiglie introdotte dal Governo e dall'Amministrazione regionale hanno attenuato la diminuzione dei redditi; i consumi si sono ridotti invece in misura più marcata risentendo del lockdown, della sospensione delle attività non essenziali e dell'accresciuta propensione al risparmio a scopo precauzionale causata dall'aumento dell'incertezza. Nei primi nove mesi dell'anno la crescita dei prestiti è stata più robusta rispetto alla fine del 2019, sospinta dalla dinamica dei finanziamenti al settore produttivo, in forte accelerazione dai mesi estivi. Dal lato dell'offerta, il credito alle imprese è stato sostenuto dalle misure straordinarie adottate dall'Eurosistema, dal Governo e dalle autorità di vigilanza; dal lato della domanda ha inciso soprattutto l'accresciuto fabbisogno di liquidità derivante dalla sospensione delle attività. I prestiti alle famiglie hanno invece rallentato per effetto dell'andamento sia del credito al consumo sia dei mutui. Il tasso di deterioramento del credito è lievemente aumentato a giugno a causa della dinamica registrata dalle imprese. Il peggioramento è stato mitigato dalle misure governative di sostegno al credito, nonché dalle indicazioni delle autorità di vigilanza sull'utilizzo della flessibilità insita nelle regole sulla classificazione dei finanziamenti. I depositi bancari, soprattutto quelli detenuti dalle imprese, sono cresciuti in misura marcata, riflettendo l'aumento del risparmio a scopi precauzionali e il rinvio degli investimenti già programmati.

Il dato sardo sulla disoccupazione al 2019 si attesta al 19.8% e risulta nettamente superiore alla media nazionale (13.1%) ed è pari al 19.4% per gli uomini e al 20.3% per le donne.

Per quanto riguarda invece la distinzione dei settori di attività economica, la presenza del settore agricolo subisce un leggero ridimensionamento regionale e lo stesso vale per il settore industriale (che perde addetti ovunque), a testimonianza del calo occupazionale nel settore manifatturiero che ha riguardato il sistema produttivo italiano e sardo nel periodo osservato.

Contemporaneamente, invece, il sistema progressivamente si terziarizza: le altre attività, ovvero commercio e altri servizi, sono in crescita in tutti i casi.

Oltre al commercio, al pubblico impiego e alle nuove tecnologie, l'attività trainante dell'economia è il turismo, sviluppatosi inizialmente lungo le coste settentrionali dell'isola. Il terziario è il settore che occupa il maggior numero di addetti; gli occupati sono ripartiti nei tre settori nelle seguenti percentuali:

- ✓ 8.7% al primario;
- ✓ 23.5% al secondario;
- ✓ 67.8% al terziario.

Tabella 5.8: Imprese registrate per Settore Economico nel 2019,2020 e nel 2021 nella ex Provincia del Sud Sardegna (InfoCamere)

Selezione Periodo	2019	2020	2021
Tipo Dato	Numero Imprese Attive		
B: estrazione di minerali da cave e miniere	8	9	10
C: attività manifatturiere	1309	1300	1291
D: fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata	23	23	18
E: fornitura di acqua reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento	59	60	65
F: costruzioni	2200	2219	2303
G: commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli	5441	5363	5336

Selezione Periodo	2019	2020	2021
Tipo Dato	Numero Imprese Attive		
H: trasporto e magazzinaggio	520	521	508
I: attività dei servizi di alloggio e di ristorazione	1,890	1,817	1,858
J: servizi di informazione e comunicazione	225	235	256
K: attività finanziarie e assicurative	261	272	280
L: attività immobiliari	218	223	223
M: attività professionali, scientifiche e tecniche	1,959	2,059	2,256
N: noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese	467	474	475
P: istruzione	89	90	103
Q: sanità e assistenza sociale	1,119	1,151	1,216
R: attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento	203	176	193
S: <u>altre attività di servizi</u>	880	923	954
0010: TOTALE	16,871	16,915	17,345

Come da tabella sopra riportata, si evidenzia come nella ex Provincia del Sud Sardegna prevalgano le imprese legate al Commercio (31.5%) seguite dalle attività relative alle costruzioni (11.5%). In generale, tuttavia, tra il 2019 ed il 2021 si è registrato un aumento nel numero delle imprese attive pari a circa allo 2.73%.

Per quanto riguarda i dati specifici relativi all'agricoltura, si possono notare i numerosi dati presenti nel comune di Esterzili seguendo la tabella sottostante relativa all'anno 2010 (Dati ISTAT).

Tabella 5.9: Confronto delle Strutture delle Aziende Agricole nel Comune di Esterzili con la Regione Sardegna Anno 2010 (Dati ISTAT)

	Esterzili	Sardegna
Aziende agricole (numero)	86	59,917
Superficie totale aziende (ettari)	6,073.6	1,470,561.9
Superficie agricola utilizzata (ettari)	5,285.2	1,153,690.6
Superficie per coltivazioni arboricole da legna (ettari)	56.2	65,775.6
Superficie agricola non utilizzata (ettari)	40.6	42,842.1
Altra superficie rispetto a quella agricola utilizzata, a legna, a boschi e non utilizzata (ettari)	38.7	39,053.6

Dalla tabella si può notare come Esterzili sia un comune prettamente agricolo, con circa l'53% della propria superficie, adibita a Superficie Agricola Utilizzata (SAU).

5.2.3.3 Turismo

Il turismo in Sardegna è uno dei settori più in espansione dell'economia regionale. Negli ultimi anni ha fatto registrare una notevole crescita, dopo una flessione negli anni tra il 2010 e il 2012 richiamando numerosi turisti provenienti sia dall'Italia che dall'Europa.

Nel 2021 la Sardegna ha superato i 2 milioni e mezzo di arrivi turistici in totale tra italiani e stranieri, mentre le presenze, ovvero le notti trascorse dai clienti italiani e stranieri negli esercizi ricettivi, hanno sfiorato i 12 milioni in totale (SIREG Sardegna).

In particolare, nel 2021 gli arrivi degli stranieri sono stati circa il 37% del totale, con 979,305 di arrivi e 4,196,546 di presenze di cui la maggior parte provenienti da Francia, Germania e Svizzera.; mentre le presenze degli italiani si sono assestate a 7,437,650 e gli arrivi a 1,649,721 , di cui la maggior parte provenienti da Lombardia, Lazio e Piemonte.

Arrivi 2021

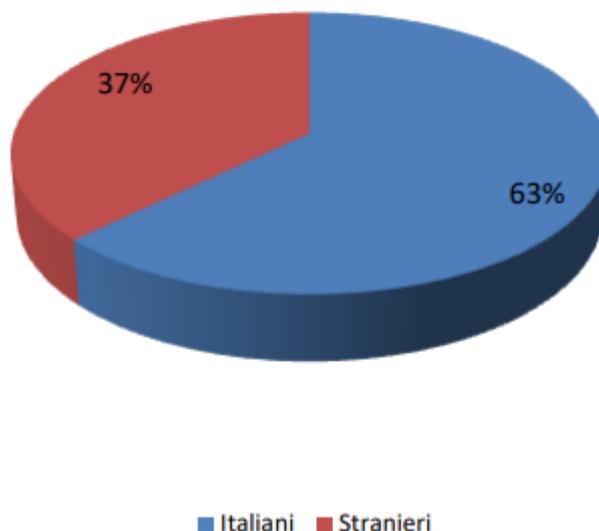


Figura 5.3: Distribuzione percentuale degli arrivi in Sardegna nel 2021 (SIREG Sardegna)

In Sardegna, come nel resto d'Italia, la stagionalità è una delle caratteristiche principali del fenomeno turistico. I mesi, infatti, in cui si registrano il maggior numero di arrivi e presenze regionali sono i mesi di Giugno, Luglio, Agosto e Settembre.

Per quanto riguarda invece nel dettaglio la ex Provincia del Sud Sardegna, secondo il report annuale dell'Osservatorio del Turismo, nell'anno 2019 sono stati registrati circa 496,010 arrivi, a fronte di quasi 2,473,074 presenze.

Tabella 5.10: Arrivi e Presenze Turistiche nel 2021 nella ex Provincia del Sud Sardegna

Provincia	ITALIANI		STRANIERI		TOTALE	
	Arrivi	Presenze	Arrivi	Presenze	Arrivi	Presenze
ex Sud Sardegna	281,921	1,451,650	112,883	546,781	394,804	1,998,431

Nel Comune di Esterzili si trova solamente un hotel a 3 stelle e un agriturismo, in quanto il comune stesso non è una meta principale di turismo rispetto al resto della Sardegna.

5.3 BIODIVERSITÀ

5.3.1 Rete Natura 2000

5.3.1.1 Inquadramento Normativo

Natura 2000 è il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità. Si tratta di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione, istituita ai sensi della Direttiva No.92/43/CEE "Habitat" per garantire il mantenimento a lungo termine degli *habitat* naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario.

La rete Natura 2000 è costituita dai Siti di Interesse Comunitario (SIC), identificati dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva Habitat, che vengono successivamente designati quali Zone Speciali di

Conservazione (ZSC), e comprende anche le Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva 2009/147/CE "Uccelli" concernente la conservazione degli uccelli selvatici.

La Direttiva No. 92/43/CEE relativa alla conservazione degli *habitat* naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche (anche denominata Direttiva "Habitat") ha designato i siti di importanza comunitaria e le zone speciali di conservazione, con la seguente definizione:

- ✓ Sito di Importanza Comunitaria (SIC): un sito che, nella o nelle regioni biogeografiche cui appartiene, contribuisce in modo significativo a mantenere o a ripristinare un tipo di *habitat* naturale di cui all'allegato I o una specie di cui all'allegato II della direttiva in uno stato di conservazione soddisfacente e che può inoltre contribuire in modo significativo alla coerenza della Rete Natura 2000 (si tratta della rete ecologica europea di zone speciali di conservazione istituita ai sensi dell'Art. 3 della direttiva), e/o che contribuisce in modo significativo al mantenimento della diversità biologica nella regione biogeografica o nelle regioni biogeografiche in questione. Per le specie animali che occupano ampi territori, i siti di importanza comunitaria corrispondono ai luoghi, all'interno dell'area di ripartizione naturale di tali specie, che presentano gli elementi fisici o biologici essenziali alla loro vita e riproduzione;
- ✓ Zona Speciale di Conservazione (ZSC): un sito di importanza comunitaria designato dagli Stati membri mediante un atto regolamentare, amministrativo e/o contrattuale in cui sono applicate le misure di conservazione necessarie al mantenimento o al ripristino, in uno stato di conservazione soddisfacente, degli *habitat* naturali e/o delle popolazioni delle specie per cui il sito è designato.

La Direttiva 2009/147/CE (ex 79/409/CEE concernente la conservazione degli uccelli selvatici, anche denominata Direttiva "Uccelli") designa le Zone di Protezione Speciale (ZPS), costituite da territori idonei per estensione e/o localizzazione geografica alla conservazione delle specie di uccelli di cui all'Allegato I della direttiva citata.

Gli ambiti territoriali designati come ZPS e come SIC (che al termine dell'iter istitutivo diverranno ZSC) costituiscono la Rete Ecologica Natura 2000, formata da ambiti territoriali in cui si trovano tipi di *habitat* di specie di interesse comunitario.

Sulla base delle liste nazionali proposte dagli Stati membri, la Commissione Europea adotta, con una Decisione per ogni regione biogeografica, una lista di Siti di Importanza Comunitaria (SIC) che diventano parte della rete Natura 2000. Il 28 Novembre 2019 la Commissione Europea ha approvato l'ultimo (tredicesimo) elenco aggiornato dei SIC/ZSC per le tre regioni biogeografiche che interessano l'Italia, alpina, continentale e mediterranea rispettivamente con le Decisioni No. 2020/100/UE, No. 2020/97/UE e No. 2020/96/UE. Tali Decisioni sono state redatte in base alla banca dati trasmessa dall'Italia a Dicembre 2017, in diretta applicazione nell'ordinamento italiano (DM del 2 Aprile 2014 pubblicato sulla GU No. 94 del 23 Aprile 2014). I SIC sono sottoposti alle tutele della Direttiva Habitat sin dal momento della trasmissione alla Commissione Europea, da parte del Ministero dell'Ambiente, delle banche dati nazionali (Formulari Standard e perimetri); l'ultima trasmissione della banca dati alla Commissione Europea è stata effettuata dal Ministero dell'Ambiente a Dicembre 2020 (sito Web).

Le Zone di Protezione Speciale (ZPS) sono formalmente designate al momento della trasmissione dei dati alla Commissione Europea (ai sensi dell'articolo 3, comma 3, del DM 17 Ottobre 2007), e, come stabilito dal DM dell'8 Agosto 2014 (GU No. 217 del 18 Settembre 2014), l'elenco aggiornato delle ZPS deve essere pubblicato sul sito internet del Ministero dell'Ambiente. Analogamente ai SIC/ZSC, l'ultima trasmissione della banca dati alla Commissione Europea è stata effettuata dall'ex MATTM (poi MiTE, ora MASE) a Dicembre 2020 (sito Web).

5.3.1.2 [Indicazioni per l'Area di Progetto](#)

Dal Geoportale della Regione Sardegna e da quello Nazionale si evince che nel raggio di 10 km rispetto al progetto, non si rilevano aree riferibili alla Rete Natura 2000; il sito più prossimo all'area di progetto, infatti, risulta essere la ZSC-ZPS ITB021103 "*Monti del Gennargentu*", ubicato a circa 13.3 Km a nord (si rimanda alla Figura 3.11 del Paragrafo 3.7.2).

5.3.2 **Aree Naturali Protette**

5.3.2.1 [Inquadramento Normativo](#)

Normativa Nazionale

La Legge No. 394/91 definisce la classificazione delle aree naturali protette e istituisce l'Elenco Ufficiale delle Aree Protette (EUAP), nel quale vengono iscritte tutte le aree che rispondono ai criteri stabiliti dal Comitato Nazionale per le Aree Protette. Attualmente è in vigore il 6° aggiornamento dell'EUAP, approvato con D.M. 27 Aprile 2010 e

pubblicato nel Supplemento Ordinario n. 115 alla Gazzetta Ufficiale No. 125 del 31 Maggio 2010; l'Elenco è stilato e periodicamente aggiornato dall'ex MATTM (Direzione Protezione della Natura), poi MiTE ora MASE.

Il sistema delle aree naturali protette è classificato come segue:

- ✓ Parchi Nazionali (PNZ), costituiti da aree terrestri, fluviali, lacuali o marine che contengono uno o più ecosistemi intatti o anche parzialmente alterati da interventi antropici, una o più formazioni fisiche, geologiche, geomorfologiche, biologiche, di rilievo internazionale o nazionale per valori naturalistici, scientifici, estetici, culturali, educativi e ricreativi tali da richiedere l'intervento dello Stato ai fini della loro conservazione per le generazioni presenti e future;
- ✓ Parchi Naturali Regionali e Interregionali (PNR - RNR), costituiti da aree terrestri, fluviali, lacuali ed eventualmente da tratti di mare prospicienti la costa, di valore naturalistico e ambientale, che costituiscono, nell'ambito di una o più regioni limitrofe, un sistema omogeneo, individuato dagli assetti naturalistici dei luoghi, dai valori paesaggistici e artistici e dalle tradizioni culturali delle popolazioni locali;
- ✓ Riserve Naturali (RNS - RNR), costituite da aree terrestri, fluviali, lacuali o marine che contengono una o più specie naturalisticamente rilevanti della flora e della fauna, ovvero presentino uno o più ecosistemi importanti per la diversità biologica o per la conservazione delle risorse genetiche. Le riserve naturali possono essere statali o regionali in base alla rilevanza degli elementi naturalistici in esse rappresentati;
- ✓ Zone Umide di Interesse Internazionale, costituite da aree acquitrinose, paludi, torbiere oppure zone naturali o artificiali d'acqua, permanenti o transitorie comprese zone di acqua marina la cui profondità, quando c'è bassa marea, non superi i sei metri che, per le loro caratteristiche, possono essere considerate di importanza internazionale ai sensi della convenzione di Ramsar (ufficialmente “Convenzione sulle zone umide di importanza internazionale”);
- ✓ Altre Aree Naturali Protette, aree (oasi delle associazioni ambientaliste, parchi suburbani, ecc.) che non rientrano nelle precedenti classi. Si dividono in aree di gestione pubblica, istituite cioè con leggi regionali o provvedimenti equivalenti, e aree a gestione privata, istituite con provvedimenti formali pubblici o con atti contrattuali quali concessioni o forme equivalenti;
- ✓ Aree di Reperimento Terrestri e Marine (MAR) indicate dalle Leggi No. 394/91 e No. 979/82, che costituiscono aree la cui conservazione attraverso l'istituzione di aree protette è considerata prioritaria.

Normativa regionale

La Legge Regionale della Sardegna 31/1989 che disciplina il sistema regionale dei parchi, delle riserve, dei monumenti naturali, nonché delle altre aree di rilevanza naturalistica ed ambientale di rilevanza regionale.

Il sistema delle aree protette a livello regionale prevede:

- ✓ Parchi Naturali: Sono parchi naturali le aree costituite da sistemi territoriali che, per valori naturali, scientifici, storico-culturali e paesaggistici di particolare interesse nelle loro caratteristiche complessive, sono organizzate in modo unitario avendo riguardo alle esigenze di conservazione, ripristino e miglioramento dell'ambiente naturale e delle sue zone nonché allo sviluppo delle attività umane ed economiche compatibili.
- ✓ Riserve Naturali: sono riserve naturali i territori che, per la salvaguardia dei valori naturalistici, culturali, storici, sono organizzati in modo da conservare l'ambiente nella sua integrità.
- ✓ Monumenti naturali, e altre aree di rilevante interesse naturalistico ed ambientale (RIN): Sono monumenti naturali singoli elementi o piccole superfici di particolare pregio naturalistico o scientifico, che debbono essere conservati nella loro integrità, o che in virtù del loro stato, o per le relazioni con parchi, riserve e/o monumenti naturali, necessitano di protezione e di normativa di uso specifico (Art.4 comma 2 – L.R.31/89). Le aree RIN vengono istituite con Decreto Istitutivo dell'Assessore della difesa dell'Ambiente.
- ✓ Sistema regionale dei parchi, delle riserve e dei monumenti naturali: Il sistema regionale dei parchi, riserve e monumenti naturali costituisce il quadro di riferimento per gli interventi regionali e per gli atti di programmazione regionale e locale che riguardino comunque le aree protette.

Legge regionale 23/98 Norme per la protezione della fauna selvatica e per l'esercizio della caccia in Sardegna prevede le Oasi permanenti di protezione faunistica:

- ✓ Le oasi permanenti di protezione faunistica e di cattura, di seguito denominate “Oasi”, sono gli istituti che, secondo quanto previsto dalla normativa vigente, hanno come finalità la protezione della fauna selvatica e degli *habitat* in cui essa vive. Le Oasi sono destinate alla conservazione delle specie selvatiche favorendo il rifugio della fauna stanziale, la sosta della fauna migratoria ed il loro irradiazione naturale (art. 23 – L.R. n. 23/1998). Nelle Oasi è vietata l'attività venatoria. Esse devono essere ubicate in zone preferibilmente demaniali con caratteristiche ambientali secondo un criterio di difesa della fauna selvatica e del relativo *habitat*. Di norma

devono avere un'estensione non superiore ai 5,000 ettari e possono fare parte delle zone di massimo rispetto dei parchi naturali.

5.3.2.2 Indicazioni per l'Area di Progetto

Le analisi condotte sul Geoportale della Regione Sardegna e Nazionale hanno evidenziato un'area tutelata secondo la L. R. 394/31 e un'Oasi di protezione Faunistica nel raggio di 10 km rispetto all'opera di progetto (si rimanda alla Figura 3.13):

- ✓ la Riserva Naturale “Lago di Mulargia” è uno specchio d'acqua che si estende nei territori di Orroli, Goni, Nurri e Siurgus Donigala. Occupa la conca fra la Trexenta, il Gerrei e il Sarcidano. Si tratta di un lago artificiale, realizzato tra il 1951 e il 1958 ed occupa una superficie totale di 3.309 ha;
- ✓ l'Oasi permanente di protezione faunistica e di cattura (OPF) denominata “Oasi Nuraghe Arrubiu” (OPF_CA_1), istituita con determina del servizio di tutela della natura No. 819 del 27 luglio 2010, posta a circa 3.3 km SW dall'area di progetto.

5.3.3 Important Bird and Biodiversity Areas (IBA)

5.3.3.1 Inquadramento Normativo

Le *Important Bird and Biodiversity Areas* (IBA) sono state individuate come aree prioritarie per la conservazione, definite sulla base di criteri ornitologici quantitativi, da parte di associazioni non governative appartenenti a “BirdLife International”. L'inventario delle IBA di BirdLife International è stato riconosciuto dalla Corte di Giustizia Europea (Sentenza C-3/96 del 19 Maggio 1998) come strumento scientifico di riferimento per l'identificazione dei siti da tutelare come ZPS.

In Italia il progetto è curato da LIPU (rappresentante italiano di BirdLife International): il primo inventario delle IBA (Aree Importanti per l'Avifauna) è stato pubblicato nel 1989 ed è stato seguito nel 2000 da un secondo inventario più esteso. Una successiva collaborazione tra LIPU e Direzione per la Conservazione della Natura del Ministero Ambiente ha permesso la completa mappatura dei siti in scala 1:25,000, l'aggiornamento dei dati ornitologici ed il perfezionamento della coerenza dell'intera rete. Tale aggiornamento ha portato alla redazione nel 2003 della Relazione Tecnica “Sviluppo di un sistema nazionale delle ZPS sulla base della rete delle IBA”, pubblicata sul sito web della LIPU (LIPU, 2003).

5.3.3.2 Indicazioni per l'Area di Progetto

Le analisi compiute sul Geoportale Nazionale non hanno evidenziato la presenza di aree IBA nel raggio di 10 km rispetto all'opera in esame. L'IBA più prossima, infatti, si localizza ad una distanza maggiore di 13 km.

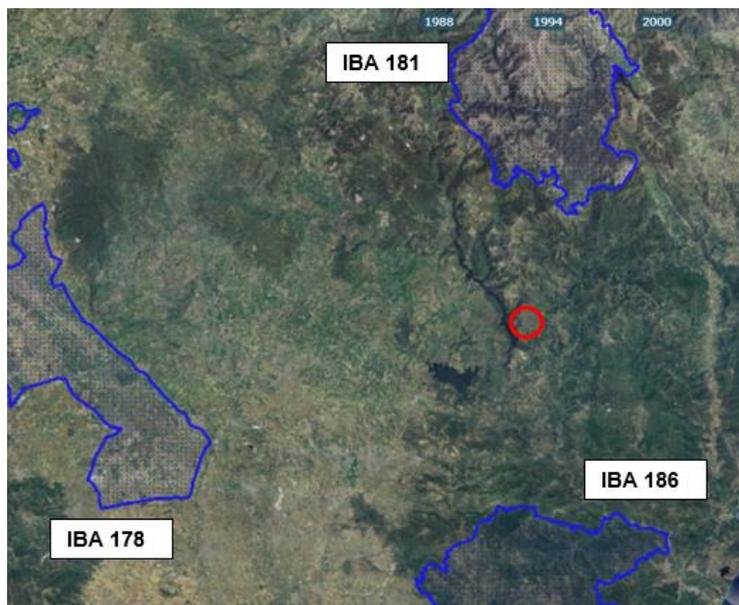


Figura 5.4: Localizzazione delle IBA rispetto al progetto (nel cerchio rosso) (Fonte: Geoportale Nazionale)

5.3.1 Analisi Vegetazionale e Faunistica

5.3.1.1 Vegetazione potenziale nell'area vasta

Il progetto in esame, si inserisce nell'unità fisiogeografica “Colline di Monte Sa Colla, Perdasdefogu”; paesaggio collinare caratterizzato da una grande variabilità litologica e morfologica. Il rilievo presenta morfologie arrotondate e cime relativamente smussate con superfici di spianamento sommitali. L'energia del rilievo è media e le quote medie sono di 700 m con picchi di 742 m del Sassa Putzu.

Il reticolo idrografico è composto da torrenti ad andamento NW-SE che costituiscono il reticolo principale e che danno origine a laghi con il medesimo andamento e da un reticolo secondario perpendicolare ad esso.

Da un punto di vista climatico, secondo la Carta Bioclimatica della Regione Sardegna (Realizzata dall'ARPAS in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Natura e del Territorio (DIPNET) dell'Università di Sassari e con la Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali di Potenza (SAFE), Università degli Studi della Basilicata) l'area di studio rientra nel tipo bioclimatico “Mesomediterraneo superiore, subumido inferiore”. In riferimento alla stazione termopluviometrica di Sadali, le temperature medie annue si aggirano intorno ai 15,2 C° e le precipitazioni annue di 851,7 mm; concentrate principalmente nei mesi autunnali invernali e primaverili; il mese più piovoso è dicembre con una media di circa 133 mm.

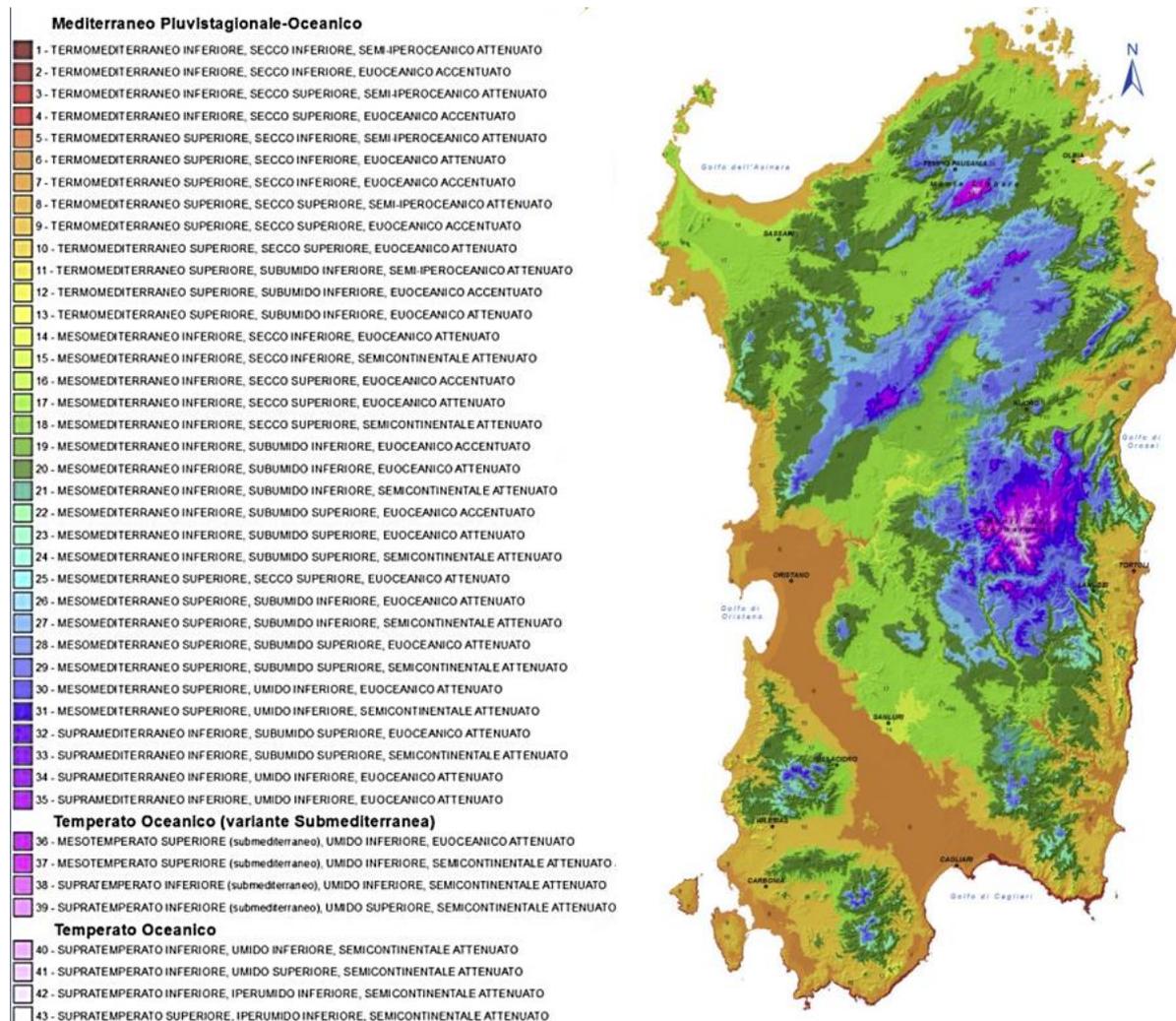


Figura 5.5: Carta Bioclimatica della Sardegna (ARPAS)

Questa condizione, naturalmente, influisce sulla vegetazione naturale potenziale dell'area. La vegetazione potenziale rappresenta la vegetazione che si svilupperebbe in una data area in assenza del disturbo provocato dall'uomo, definita sulla base delle conoscenze geomorfologiche e climatiche del luogo in esame. Conoscere questa vegetazione e stabilire la distanza demografica e specifica fra diversità vegetale rilevata e potenziale è molto utile al fine di stabilire il livello di antropizzazione che ha subito un certo territorio.

In assenza di pressioni antropiche o di altri elementi di disturbo (come ad esempio gli incendi), la vegetazione subisce un'evoluzione dinamica costituita da una sequenza di più associazioni che formano una serie; tale successione comporta una progressiva sostituzione delle specie vegetali e una loro ridistribuzione nello spazio passando da associazioni composte da specie pioniere che colonizzano suoli nudi naturali o denudati, a formazioni più complesse e strutturate che presentano caratteristiche e strategie adattative progressivamente più rispondenti alle pressioni ambientali dell'area e che loro stesse hanno contribuito a modificare. Tale dinamica porta all'insediarsi di un'associazione "climax" in equilibrio con le caratteristiche ambientali dell'area in cui si inserisce.

La vegetazione "climax" definita come lo stadio maturo della vegetazione in equilibrio stabile che permane sino a che non variano le condizioni ambientali, cioè determinata principalmente da fattori climatici che possono subire variazioni solo con intervalli di tempo estremamente lunghi.

Dalla Carta della Serie di vegetazione (si veda la Figura successiva), nell'area vasta in cui si inserisce il progetto la vegetazione potenziale fa riferimento alla serie Sarda Termomediterranea del Leccio:

Ser. 13: Prasio Majoris-Quercetum ilicis presente nella maggior parte del settore centro-meridionale del distretto.

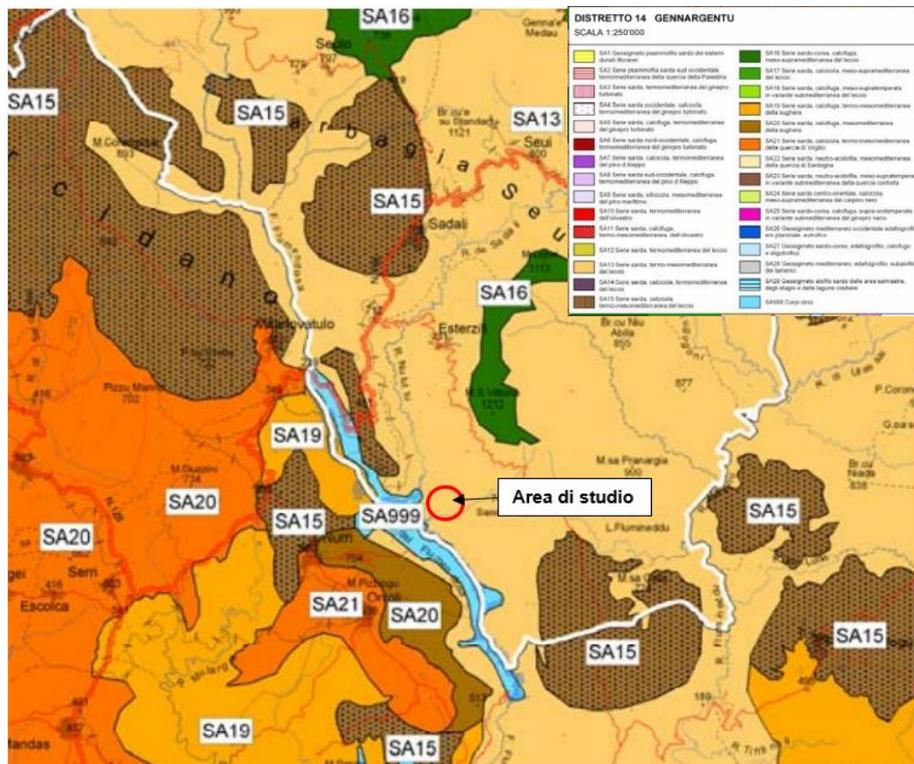


Figura 5.6: Stralcio Carta della Serie di Vegetazione (Fonte: Piano Forestale Regionale, 2007-Scheda Amb. N. 14 - Gennargentu)

La serie del Majoris-Quercetum ilicis è potenzialmente costituita da boschi a *Quercus ilex* con *Juniperus oxycedrus* subsp. *Oxycedrus*, *J. Phoenicea* subsp. *Turbinata* e *Olea europaea* var. *sylvestris*. Lo strato arbustivo è caratterizzato da *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus alaternus*, *Phyllirea latifolia*, *Erica arborea* e *Arbutus unedo*.

Abbondanti anche le lianose come *Clematis cirrhosa*, *Prasium majus*, *Smilax aspera*, *Rubia peregrina*, *Lonicera implexa* e *Tamus communis*.

Il *Prasio majoris-Quercetum ilicis* può essere distinto in due differenti subassociazioni in base all'altimetria. Nell'area di studio quella più rappresentativa è associata alla subassociazione *Phillyretosum angustifolia*; presente soprattutto lungo la vallata del Fiumendosa (Barbagia di Seulo).

5.3.1.2 Aspetti vegetazionali nell'area di intervento

Per quel che concerne l'assetto vegetazionale presente nell'area di intervento, l'analisi è stata condotta prendendo in considerazione, in primis, i dati relativi all'uso del suolo della regione Sardegna (Scaricabili dal Geoportale della Sardegna) e dalla Carta Natura ISPRA, oltre che all'interpretazione delle foto aeree attraverso sistemi informativi georeferenziati.

Le categorie vegetazionali rinvenute nel corridoio di studio fanno riferimento alle seguenti categorie:

- ✓ Boschi di latifoglie;
- ✓ Macchia mediterranea;
- ✓ Gariga;
- ✓ Prati mediterranei subnitrofilii.

Si riporta in seguito una breve descrizione delle principali specie vegetali presenti.

Boschi di latifoglie: Si tratta di formazioni alto arboree miste. La categoria forestale più rappresentata è la Lecceta (*Quercus ilex*), seguita dalle sugherete e dai querceti di roverella. Nelle aree più umide, lungo il Fiume Flumendosa,

è possibile rinvenire boscaglie ripariali del geosimeto sardo-corso, edafoigrofilo e oligotrofico con *Nerium oleander*, Agno-casto (*Vitex agnus-castus*) e *Salix purpurea*.

Macchia mediterranea a olivastro e lentisco: Si tratta di formazioni in cui gli esemplari arborei e alto arbustivi appartengono all’alleanza termomediterranea dell’Oleo-Ceratonion. Le sottocategorie si distinguono sulla specie alto-arbustiva dominante. Lo strato arbustivo è generalmente dominato da *Olea europea/sylvestris* e da *Ceratonia siliqua*. Nello strato arbustivo *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Chamaerops humilis* e *Euphorbia dendroides*.



Figura 5.7: Aspetto della macchia mediterranea. In primo piano esemplare di *Pistacia lentiscus*



Figura 5.8: Fioritura di *Euphorbia dendroides*

Gariga: Si tratta di formazioni arbustive mesomediterranee che si sviluppano su suoli prevalentemente silicicoli. Sono stadi di degradazione o di ricostruzioni legati ai boschi del *Quercion ilicis*. Le diverse macchie possono essere dominate da varie specie di ericacee, cistacee, labiate e composite.

Tra le altre specie caratteristiche della gariga si segnalano l'Asfodelo (*Asphodelus ramosus*), l'erica (*Erica multiflora*), il cisto (*Cistus monspeliensis*) il rosmarino (*Rosmarinus officinalis*).



Figura 5.9: Fioritura di Asfodelo (*Asphodelus ramosus*)

Prati mediterranei subnitrofilo: Praterie xerofile mediterranee, costituite da un mosaico di vegetazione emicriptocamefitica frammista a terofite di piccola taglia, che compiono il loro ciclo vegetativo durante la stagione piovosa primaverile, riferibili alle associazioni dei Brometalia rubenti-tectori. Tali ambienti sono interpretabili come stadio di degradazione della macchia mediterranea e che formano stadi pionieri spesso molto estesi su suoli ricchi in nutrienti influenzati da passate pratiche colturali o pascolo intensivo; caratterizzati da rocce affioranti anche di grandi dimensioni. Le praterie sono ricche in specie dei generi *Bromus*, (*Bromus diandrus*, *Bromus madritensis*,

Bromus rigidus), *Triticum sp.pl.* e *Vulpia* (*Vulpia ligustica*, *Vulpia membranacea*). Gli habitat primari, spesso contraddistinti da elementi floristici rari e di pregio tra cui diverse orchidee selvatiche.

5.3.1.3 Aspetti faunistici

La presente analisi ha lo scopo di delineare i principali aspetti dei popolamenti faunistici potenzialmente presenti nell'area vasta, al fine di valutarne il grado di interesse naturalistico e la sensibilità rispetto alla realizzazione delle opere in progetto.

La trattazione intende fare una stima generale delle risorse faunistiche potenzialmente presenti nell'area di studio, sulla base dei dati bibliografici disponibili.

La fauna del territorio in esame si presenta ricca e variegata in virtù del fatto che questa porzione di territorio risulta costituita da un mosaico di ambienti che determinano la presenza di fasce ecotonali frequentate da numerose specie animali che trovano in esse una gran varietà di cibo, copertura e rifugio.

Negli ambienti arbustivi di macchia caratterizzati prevalentemente da olivastro e diverse specie arbustive fruticose favoriscono la presenza di diverse specie di uccelli soprattutto passeriformi, tra cui la Capinera (*Sylvia atricapilla*), il cardellino (*Carduelis carduelis*), Cinciallegra (*Parus major*), Cinciarella (*Parus caeruleus*), l'occhiocotto (*Sylvia melanocephala*), l'averla capirossa (*Lanius senator*) e tante altre. Tra i Passeriformi, l'Averla piccola rappresenta uno dei cacciatori più formidabili. Dalla dieta prevalentemente carnivora, si nutre di insetti di ogni genere – compresi grandi scarafaggi – ma anche di piccoli mammiferi o uccelli, rane e lucertole.

Numerosi sono anche i rapaci, tra cui, l'assiolo (*Otus scops*) per i notturni e il gheppio (*Falco tinnunculus*) tra i diurni.

Per quel che concerne l'erpeto fauna, si segnalano diversi Lacertidi come l'endemica la lucertola tirrenica (*Podarcis tiliguerta*), la lucertola campestre (*Podarcis sicula*), Gekkonidi quali, il gecko verrucoso (*Hemidactylus turcicus*), tarantola muraiola (*Tarentola mauritanica*), Colubridi come il biacco (*Hierophis viridiflavus*), la biscia dal collare (*Natrix natrix*), la luscengola (*Chalcides chalcides*), Scincidae come il gongilo sardo (*Chalcides ocellatus*), e infine Testudinidi quali la testuggine di Hermann (*Testudo hermanni*).

Per quanto riguarda i mammiferi due specie ampiamente distribuiti nel territorio sono la volpe (*Vulpes vulpes*) ed il cinghiale (*Sus scrofa*), che prediligono gli ambienti di macchia.

Sono presenti, inoltre, diversi roditori sono rappresentati da diverse specie come il topo selvatico (*Apodemus sylvaticus*), il ratto bruno (*Rattus norvegicus*), il ratto comune (*Rattus rattus*), il topo domestico (*Mus domesticus*) il quercino sardo (*Eliomys quercinus sardus*).

Gli ambienti forestali caratterizzati prevalentemente da boschi di leccio e boschi misti di latifoglie, garantiscono riparo e cibo a numerose specie faunistiche, alcune classificate come “vulnerabili” nella IUCN. Diverse sono le specie di chirotteri presenti nelle aree boscate, tra le quali si rinvencono il rinolofa maggiore (*Rhinolophus ferrumequinum*), il rinolofa minore (*Rhinolophus hipposideros*), il rinolofa euriale (*Rhinolophus euryale*), il pipistrello nano (*Pipistrellus pipistrellus*) e il pipistrello di Savi (*Hypsugo savii*).

Tra gli uccelli, oltre ai sylvidi, numerosi sono i rapaci che vivono in tali ambienti; tra questi la poiana sarda (*Buteo buteo arrigonii*), lo sparviere sardo (*Accipiter nisus wolterstorffii*) e diversi falconiformi come il gheppio (*Falco tinnunculus*) e il lodolaio (*Falco subbuteo*).

Per quel che concerne la mammalofauna, micromammiferi negli ambienti boschivi svolgono un ruolo fondamentale nel funzionamento degli ecosistemi forestali: assicurano la dispersione di semi e spore di piante vascolari, briofite, funghi e licheni, garantendo la rinnovazione della biodiversità boschiva. Tra questi si segnalano il quercino sardo (*Eliomys quercinus sardus*), il mustiolo (*Suncus etruscus*), la crucidura rossiccia (*Crocidura russula*), il ghiro (*Glis glis*) e il ghiro di Sardegna (*Glis glis melonii*).

Gli ambienti acquatici che caratterizzano l'area di indagine, rappresentati dal Fiume Fiumendosa, determinano la presenza di diverse specie di pesci e anfibi, tra cui il discoglossa sardo (*Discoglossus sardus*) il quale utilizza una ampia varietà di habitat acquatici e terrestri incluse acque lentiche in aree aperte, boscate o a macchia. Tra i pesci, dalla Carta ittica della regione Sardegna realizzata a seguito del monitoraggio svolto nel periodo 2016 – 2020, nel bacino del Fiumendosa sono state rilevate 6 specie ittiche autoctone: l'alosa (*Alosa fallax*), l'anguilla (*Anguilla anguilla*), il latterino (*Atherina boyeri*), lo spinarello (*Gasterosteus aculeatus*), la cagnetta (*Salapia fluviatilis*) e la trota sarda (*Salmo cetti*) e 7 alloctone: il carassio (*Carassius carassius*), la carpa (*Cyprinus carpio*), il cobite (*Cobitis bilineata*), la gambusia (*Gambusia holbrooki*), il persico trota (*Micropterus salmoides*), la trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) e la tinca (*Tinca tinca*).

Infine, gli ambienti rupestri e vaste praterie, ampiamente diffuse nel territorio di indagine, sono essenziali per molte specie di rapaci, tra cui l'Aquila reale (*Aquila chrysaetos*) e il falco pellegrino (*Falco peregrinus*) specie particolarmente diffusa nel territorio sardo, elencata in Allegato I della Direttiva Uccelli (79/409/CEE), tipicamente rupicola e che nidifica in zone dove sono presenti pareti rocciose. Tra i passeriformi la sterpazzolina (*Sylvia cantillans*), la tottavilla (*Lullula arborea*) particolarmente frequente nei pascoli inframezzati in vario grado da vegetazione arborea e arbustiva, brughiere localizzate ai margini delle formazioni boschive (Boitani et al. 2002), e lo strillozzo (*Miliaria calandra*) il quale predilige aree aperte o molto aperte, purché vi sia qualche alto posatoio come punto di controllo e di canto e qualche sito in grado di offrire riparo.

5.4 SUOLO, USO DEL SUOLO E PATRIMONIO AGROALIMENTARE

Per quanto riguarda i fattori ambientali suolo, uso suolo e patrimonio agroalimentare si è proceduto con una descrizione:

- ✓ della qualità del suolo nell'area di progetto;
- ✓ dell'uso del suolo;
- ✓ del patrimonio agroalimentare.

5.4.1 Qualità del Suolo

Come precedentemente evidenziato (Paragrafo 3.7.5), le opere in progetto ricadono in un'area in cui non risultano noti fenomeni di contaminazione del suolo pregresse. Le opere in progetto difatti sono previste in un'area prevalentemente caratterizzata da aree classificate a pascolo naturale e non risultano evidenze di problematiche ambientali dovute a precedenti contaminazioni del suolo.

Dall'analisi dell'Anagrafe dei siti da Bonificare della Regione Sardegna (SIR), è stato possibile rilevare come in area vasta nell'intorno dell'area di intervento siano stati individuati dei siti potenzialmente contaminati costituiti da 2 discariche, 2 ex discariche e un punto vendita carburanti.

A livello preliminare, nell'ambito dei carotaggi effettuati nell'area in cui sarà realizzato il bacino di monte, sono state effettuate delle analisi chimiche dei terreni. L'ubicazione e la descrizione dei sondaggi è descritta al successivo Paragrafo 5.5.2.

Dalle carote dei sondaggi NA-a, NA-2, NA-3, sono stati prelevati No.12 campioni di roccia, i quali sono stati sottoposti ad analisi chimiche come specificato nella seguente tabella.

Nessun dei dodici campioni sottoposti ad analisi ha presentato superamenti delle CSC indicate nella Tabella 1, Colonna A dell'Allegato 5 del D.lgs. 152/06.

Tabella 5.11: Campioni sottoposti ad Analisi Chimiche

Sondaggi ID	Profondità Campione (m)	Analiti	Normativa di riferimento
NA-1	0-1	Arsenico, Cadmio, Cobalto, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Mercurio, Cromo Totale, Cromo IV	Limiti tab. 1 Colonna A, Allegato 5, D.Lgs 152/06
	2-3		
	5-6		
	44-45		
	55-56		
NA-2	0-1	Arsenico, Cadmio, Cobalto, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Mercurio, Cromo Totale, Cromo IV	Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale.
	4-5		
	9-10		
	58-60		
NA-3	0-1	Arsenico, Cadmio, Cobalto, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Mercurio, Cromo Totale, Cromo IV	Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale.
	1-2		
	2-3		

Queste analisi preliminari confermano l'assunzione che la qualità dei terreni sia buona.

In ogni caso, analisi ambientali di dettaglio saranno effettuate nelle fasi successive del progetto in conformità a quanto previsto nel Piano di Caratterizzazione sviluppato nell'ambito del Piano Preliminare di Utilizzo delle Terre e Rocce da Scavo, presentato contestualmente al presente Studio (Doc. No. P0030780-1 H3), al quale si rimanda per maggiori dettagli.

5.4.2 Uso 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, 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 allegata 5.2 in allegato, riporta le tipologie di uso suolo caratterizzanti il territorio in un raggio di circa 500 m dalle opere di progetto (e relative parti dell'area di cantiere) per l'impianto di accumulo idroelettrico (incluse le opere sotterranee).

Dall'analisi della carta (Figura allegata 5.2) 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).

5.4.3 Patrimonio Agroalimentare

La Regione Sardegna, ed il settore territoriale di interesse incluso nell'areale di produzione comprendente la ex Provincia del Sud Sardegna, si distinguono per il patrimonio gastronomico per la produzione di una varietà di prodotti agroalimentari di qualità garantiti e registrati nell'*Elenco delle denominazioni italiane, iscritte nel Registro delle Denominazioni di Origine Protette (DOP), Indicazioni Geografiche Protette (IGP) e delle Specialità Tradizionali Garantite (STG)*”, come previsto dal Regolamento UE No. 1151/2012 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 Novembre 2012. Nella tabella seguente se ne riporta l'elenco riferito all'ultimo aggiornamento di Maggio 2021 disponibile sul sito Web del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali (MIPAAF).

Tabella 5.12: Elenco Prodotti DOP e IGP nella Regione Sardegna (Elenco MIPAAF Maggio 2021, Sito Web)

Denominazione	Tipologia	Categoria	Numero regolamento CEE/CE/UE	Data pubblicazione sulla GUCE/GUUE
Agnello di Sardegna	I.G.P	Carni fresche (e frattaglie)	Reg. CE n. 138 del 24.01.01 Reg. UE n. 1166 del 09.12.10 Reg. UE n. 793 del 19.05.15	GUCE L 23 del 25.01.01 GUUE L 326 del 10.12.10 GUUE L 127 del 22.05.15
Carciofo spinoso di Sardegna	D.O.P	Ortofrutticoli e cereali	Reg. UE n. 94 del 03.02.11 Reg. UE n. 328 del 26.02.16	GUUE L 30 del 04.02.11 GUUE L 62 del 09.03.16
Culurgionis d'Ogliastra	I.G.P	Pasta alimentare	Reg. UE n. 1729 del 22.09.16	GUUE L 262 del 29.09.16 GUUE C 3 del 07.01.19

Denominazione	Tipologia	Categoria	Numero regolamento CEE/CE/UE	Data pubblicazione sulla GUCE/GUUE
Fiore Sardo	D.O.P	Formaggi	Reg. CE n. 1107 del 12.06.96	GUCE L 148 del 21.06.96
Pecorino Sardo	D.O.P	Formaggi	Reg. CE n. 1263 del 01.07.96 Reg. UE n. 215 del 01.03.11 Reg..UE n. 313 del 26.03.14	GUCE L 163 del 02.07.96 GUUE L 59 del 04.03.11 GUUE L 91 del 27.03.14
Sardegna	D.O.P	Oli e grassi	Reg. CE n. 148 del 15.02.07	GUCE L 46 del 16.02.0
Zafferano di Sardegna	D.O.P	Altri prodotti dell'allegato I del trattato	Reg. CE n. 98 del 02.02.09	GUCE L 33 del 03.02.09

La tabella su riportata evidenzia come la quasi totalità dei riconoscimenti nell'ambito del territorio sardo sia concentrata nei settori ortofrutticolo e cerealicolo, olivicolo e dei formaggi.

Di noto interesse risulta, inoltre, da evidenziare la tradizione enologica e vitivinicola caratteristica del territorio regionale sardo. Sono molti i vini pregiati che vengono prodotti in Sardegna: la viticoltura della regione è molto antica, ma solo di recente, dagli anni Settanta del Novecento, sono stati riconosciuti a livello nazionale ed internazionale i vini tipici, ottenuti da viti coltivate sul terreno prevalentemente calcareo e sabbioso.

Si citano, in particolare:

✓ Vini a Denominazione di Origine Controllata e Garantita (DOCG):

- Vermentino di Gallura,
- Tollum o Terre Tollesi;

✓ Vini a Denominazione di Origine Controllata (DOC):

- Cannonau di Sardegna,
- Monica di Sardegna,
- Moscato di Sardegna,
- Sardegna Semidano,
- Vermentino di Sardegna,
- Alghero,
- Arborea,
- Cagliari,
- Campidano di Terralba,
- Carignano del Sulcis,
- Girò di Cagliari,
- Malvasia di Bosa,
- Mandrolisai,
- Moscato di Sorso-Sennori,
- Nasco di Cagliari,
- Girò di Cagliari,
- Nuragus di Cagliari,
- Vernaccia di Oristano.

Si evidenzia ad ogni modo come nell'area di progetto non risultano presenti aree ad uso vigneto. In base alla cartografia regionale i vigneti più vicini sono oltre i 4 km.

5.5 GEOLOGIA E ACQUA

5.5.1 Geologia

Per quanto riguarda la componente ambientale “Geologia” si è proceduto con una descrizione parzialmente tratta dalla Relazione Geologica del progetto (Doc. No. 1351-A-OP-R-01-1) su caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell’area.

5.5.1.1 Caratteristiche Geologiche

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 silti argillose e soprattutto dolomie di età Giurassica in giacitura sub-orizzontale che formano altopiani tabulari, noti con “Tacchi”.

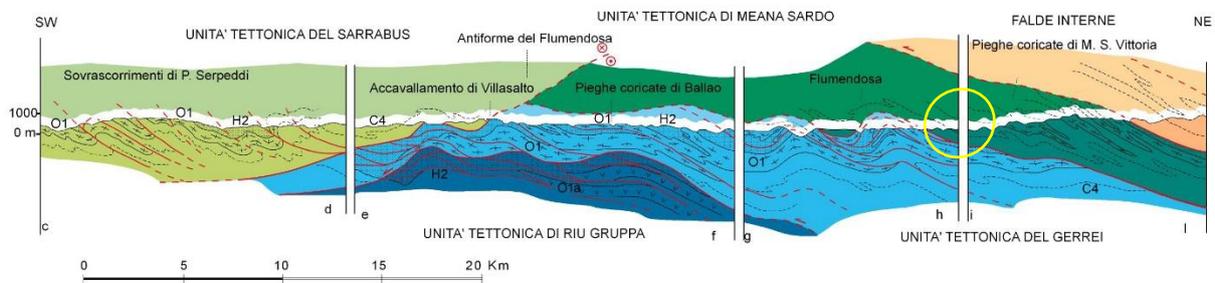


Figura 5.10: Sezioni geologiche schematiche attraverso la “Zona a falde” del basamento sardo. Il cerchio giallo indica l’ubicazione dell’area di studio

La seguente figura mostra le sezioni geologiche che caratterizzano il contorno dell’area di intervento. Come si può notare il Lago Medio del Flumendosa è caratterizzato prevalentemente dall’Unità Tettonica di Meana Sardo.

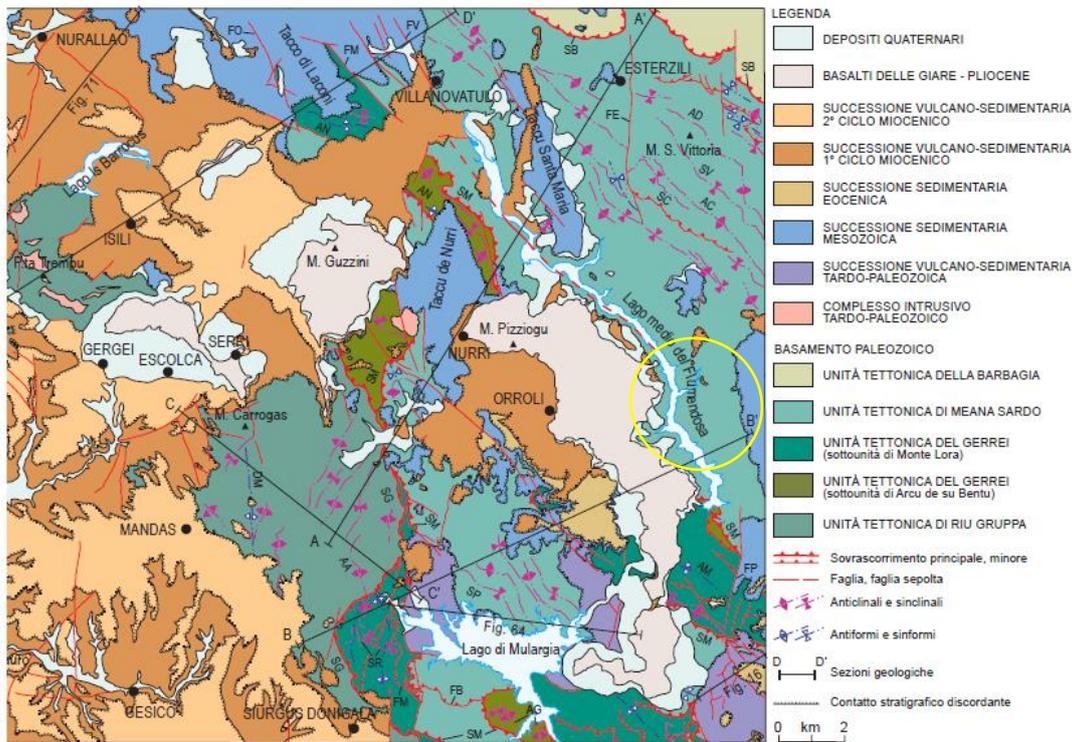


Figura 5.11: Sezioni geologiche schematiche attraverso la “Zona a falde” del basamento sardo. Il cerchio giallo indica l’ubicazione dell’area di studio

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.

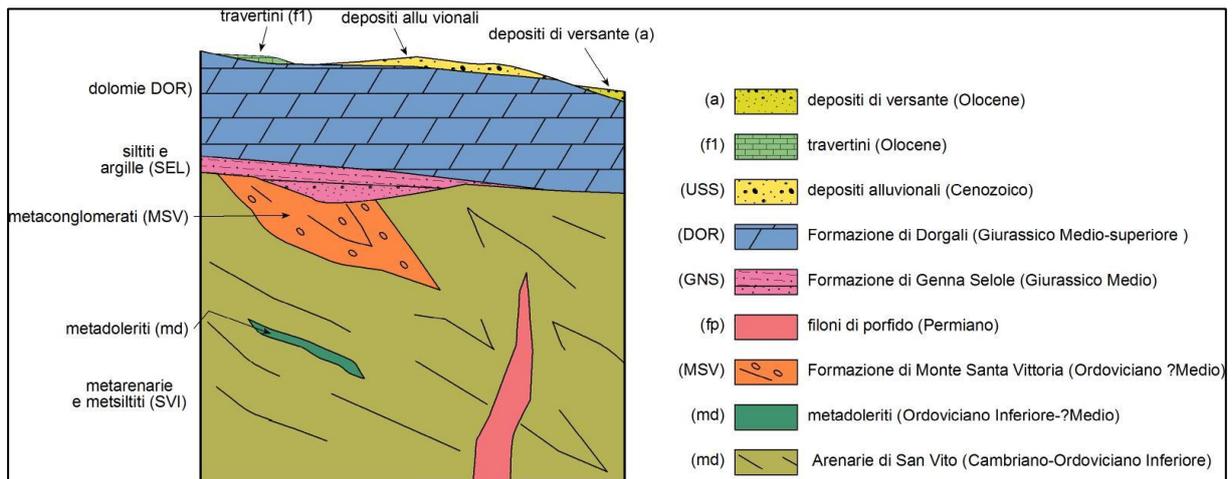


Figura 5.12: Schema stratigrafico dell’area di Taccu Sa Pruna

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).

Nella Figura 5.3 in allegato al progetto, si riporta la ricostruzione del modello geologico dell’area intervento.

5.5.1.2 Tettonica recente

Sebbene in tutta l’Isola sia ampiamente descritta un’importante tettonica di età pliocenica, responsabile anche della strutturazione della “Fossa del Campidano”, nell’area di studio ed in quelle circostanti non sono state riconosciute strutture che provino direttamente un’attività tettonica plioleistocenica o più recente.

Tuttavia, l’analisi dei processi di approfondimento della Valle del Flumendosa mostra un sollevamento generale del “pilastro tettonico” del Sarcidano-Gerre, come indicato nella citata relazione geologica.

L’approfondimento vallivo, conseguenza diretta del sollevamento plio-pleistocenico, ha generato profonde valli come quella del Flumendosa. Il reticolo irregolare di questa valle, nel settore in esame segue la rete di faglie e fratture presenti nel substrato pre-basaltico. Trattandosi di uno dei più importanti corsi d’acqua dell’Isola, l’approfondimento è stato considerevole ed ha originato versanti acclivi lungo i quali si sono prodotte quantità anche non trascurabili di detriti e si sono attivate le numerose frane dei settori a Ovest dell’area di studio.

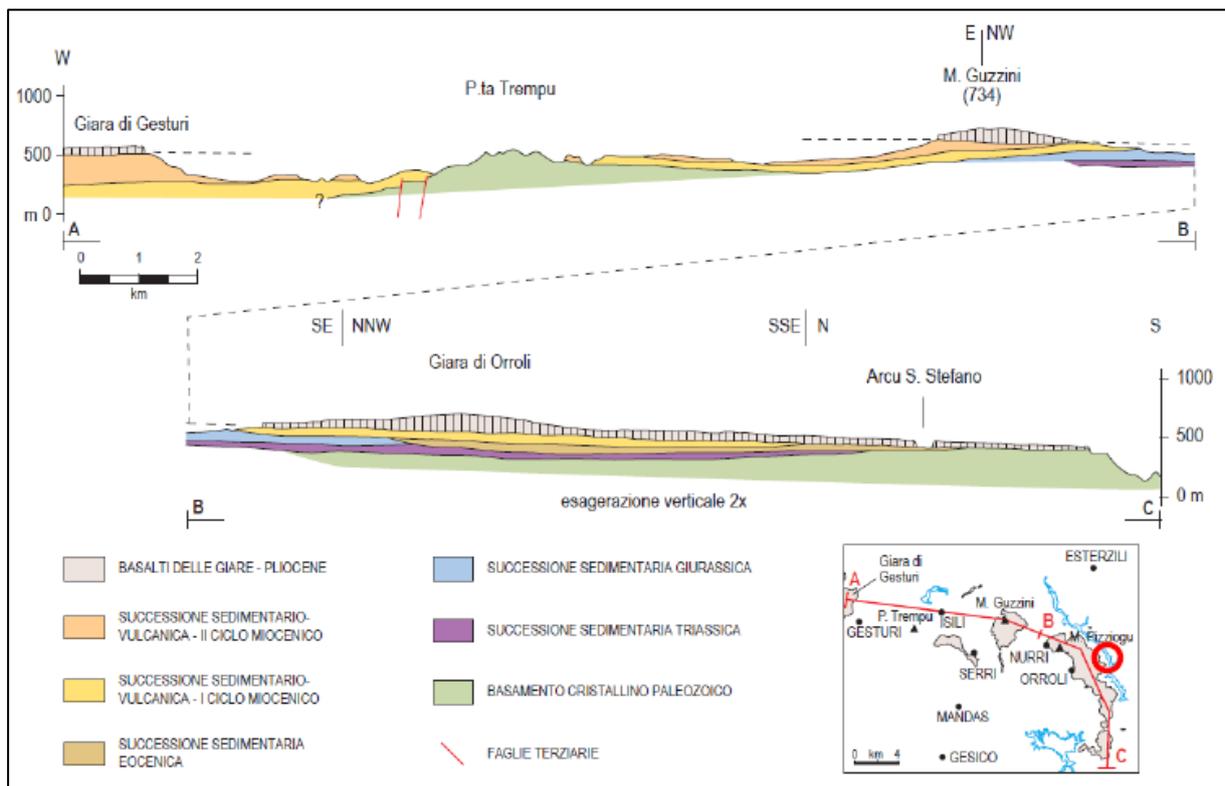


Figura 5.13: Sezione Geologica Schematica (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)

Dal punto di vista della tettonica recente, i rilievi eseguiti sul terreno ed in foto area non hanno evidenziato alcun elemento strutturale o morfologico che possa far pensare a strutture disgiuntive attualmente attive o anche recenti (oloceniche). Tale situazione di stabilità tettonica dell’area e del resto della Sardegna è confermata anche dalle recenti classificazioni sismiche del territorio italiano del Dipartimento della Protezione Civile, dove si evince che la Sardegna è sempre nella classe di pericolosità più bassa. Un’ulteriore e più moderna rettifica da parte dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha modificato il territorio italiano, ma senza variazioni per ciò che riguarda la Sardegna (si veda il Paragrafo 3.7.7).

5.5.2 Sondaggi geognostici e indagini geofisiche

5.5.2.1 Sondaggi geognostici

I sondaggi geognostici sono programmati al fine di acquisire alcune informazioni preliminari riguardanti la stratigrafia locale, in particolare:

- ✓ la stratigrafia di dettaglio del bacino di monte;
- ✓ gli spessori delle rocce nel sottosuolo;
- ✓ lo stato generale dell'ammasso roccioso.

Pertanto, la stratigrafia locale è stata ricavata da 3 sondaggi ubicati come indicato nella relazione geologica.

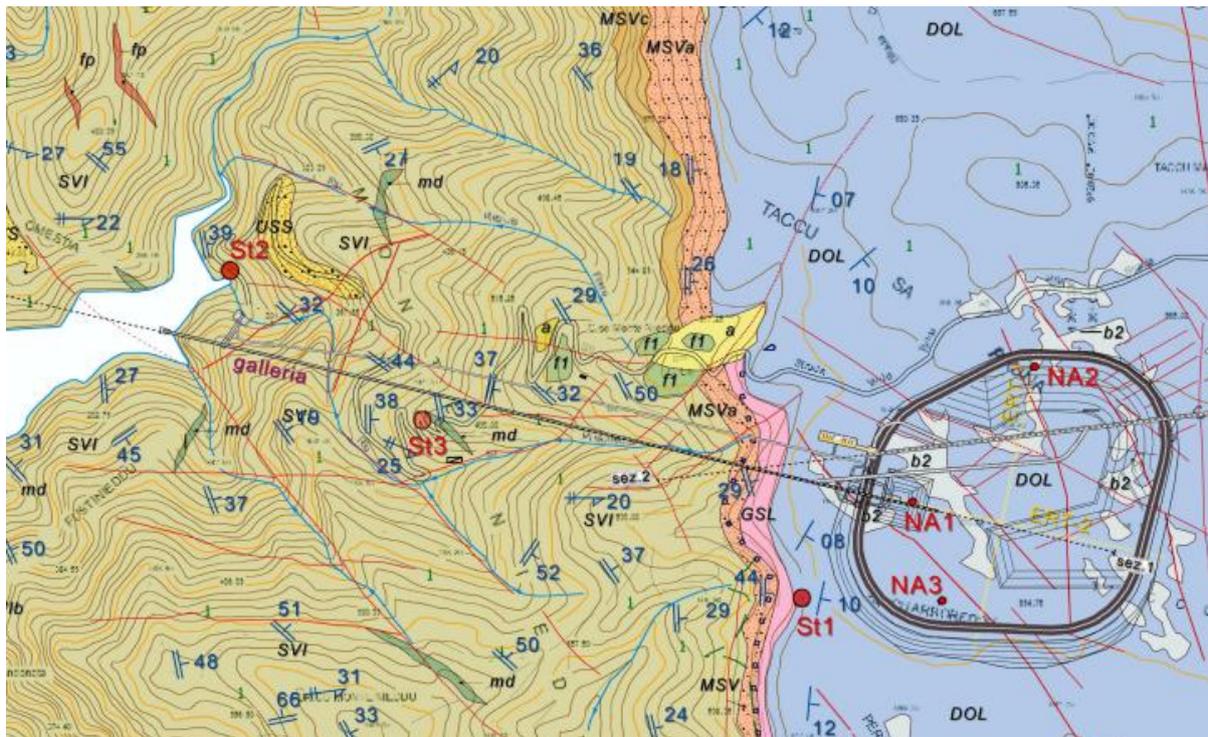


Figura 5.14: Posizione Sondaggi (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)

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.

Nella seguente figura si riporta la successione stratigrafia ricostruita durante l'attività di campionamento. Come si può notare, circa 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 Silititi 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.

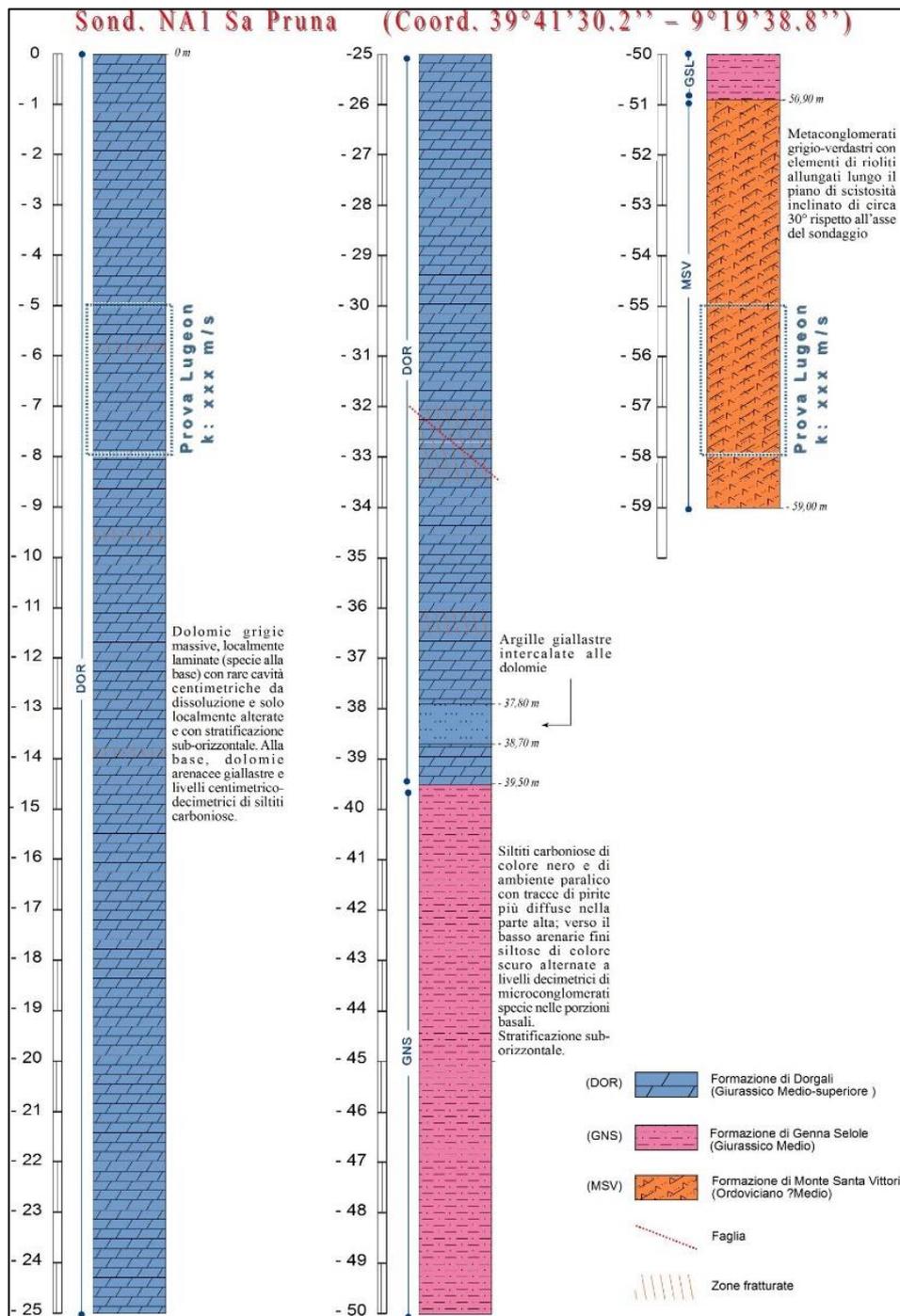


Figura 5.15: Stratigrafia del sondaggio NA1

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, L'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%. La seguente tabella indica i valori misuranti durante il sondaggio NA1 (in celeste, i valori riferiti alle dolomie, in rosa quelli delle siltiti ed in arancio quelli dei metaconglomerati).

Tabella 5.13: NA1 – Perc. di recupero dei frammenti di carota integri con lunghezza superiore ai 10 cm

Profondità (cassetta)	1° metro (in cm)	2° metro (in cm)	3° metro (in cm)	4° metro (in cm)	5° metro (in cm)	Percentuale di recupero della cassetta (RQD)
0-5 m	0	72	71	79	56	55.6
5-10m	73	96	96	90	68	84.6
10-15m	95	93	88	72	76	84.8
15-20m	89	93	82	92	95	90.2
20-25m	85	91	92	94	80	88.4
25-30m	90	78	94	95	85	88.4
30-35m	72	87	16	60	63	59.6
35-40m	58	46	49	argilla	56	52.25
40-45m	36	56	95	90	83	72
45-50m	26	10	61	79	83	51.8
50-55m	25	44	74	78	89	62
55-60m	31	78	50	49		52
					Media tot	70.14

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.

Nella seguente figura si riporta un esempio della successione stratigrafia ricostruita durante l'attività di campionamento. Come si può notare, circa 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).

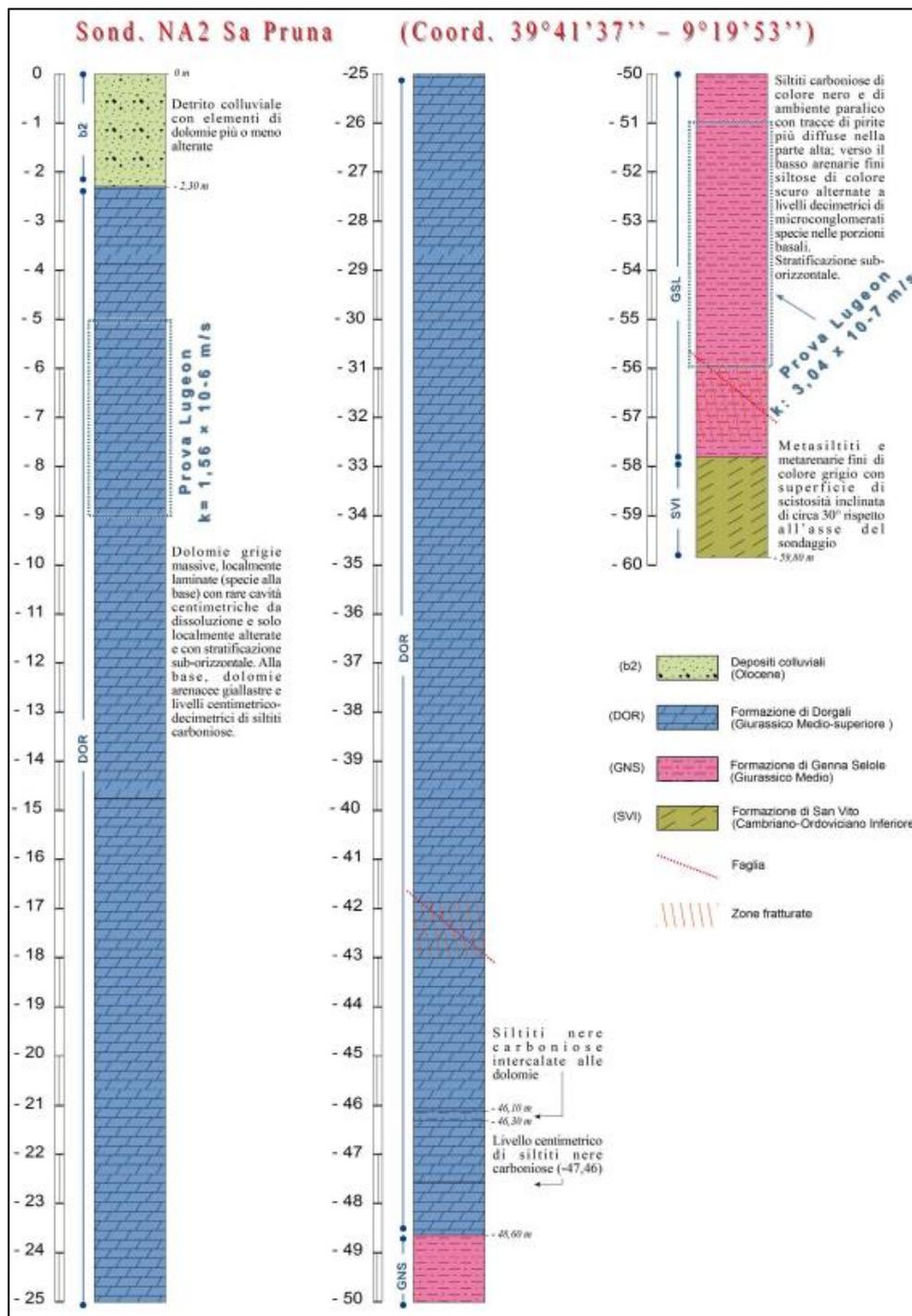


Figura 5.16: Stratigrafia del sondaggio NA2

L'RQD indica anche in questo caso, una buona condizione dell'ammasso roccioso. Nelle rocce dolomitiche questo valore medio supera il 73%, per le silti è circa il 56% e per le metarenarie è il 46%. Nella seguente tabella sono indicati i valori misurati nell'attività di sondaggio NA2 (in celeste, i valori riferiti alle dolomie, in rosa quelli delle silti ed in verde delle metarenarie).

Tabella 5.14: NA2 – Perc. di recupero dei frammenti di carota integri con lunghezza superiore ai 10 cm

Profondità (cassetta)	1° metro (in cm)	2° metro (in cm)	3° metro (in cm)	4° metro (in cm)	5° metro (in cm)	Percentuale di recupero della cassetta (RQD)
0-5 m	0	0	43	40	82	33
5-10m	95	62	85	84	79	81
10-15m	80	41	86	80	96	76.6
15-20m	88	89	91	90	76	86.8
20-25m	83	91	82	71	75	80.4
25-30m	58	81	89	95	70	78.6
30-35m	94	92	87	95	85	90.6
35-40m	81	55	90	77	80	76.6
40-45m	70	84	12	59	52	55.4
45-50m	94	75	68	84	39	72
50-55m	86	75	76	72	66	75
55-60m	41	0	27	55	37	32
					Media tot	69.83

Sondaggio NA3

Il punto di campionamento nel sondaggio NA3 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.

Nella seguente figura si riporta la successione stratigrafia ricostruita durante l'attività di campionamento. Come si può notare, circa 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 Silititi Carboniose.

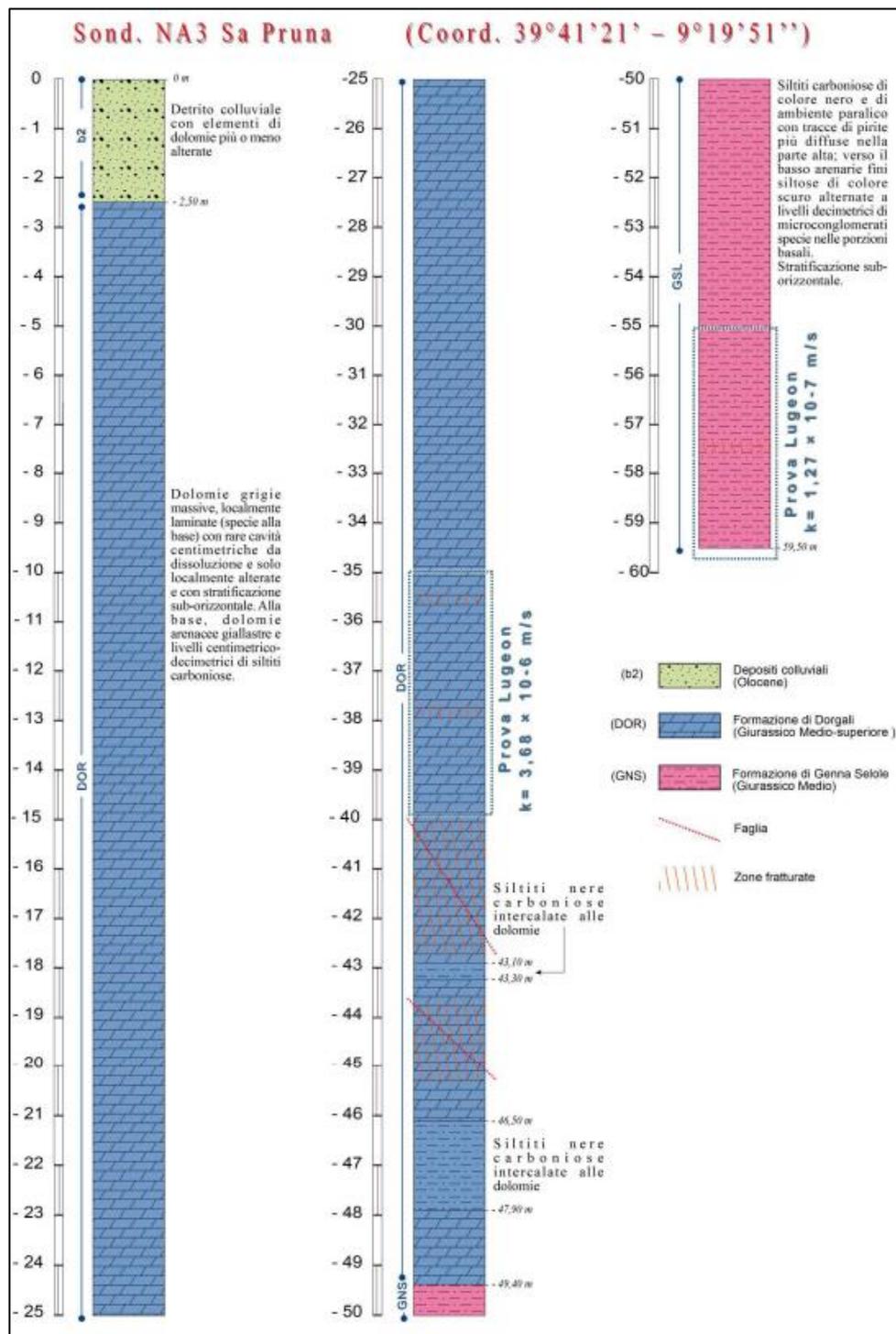


Figura 5.17: Stratigrafia del sondaggio NA3

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%. Nella seguente tabella sono indicati i valori misurati nell'attività di sondaggio NA3 (in celeste, i valori riferiti alle dolomie, in rosa quelli delle siltiti).

Tabella 5.15: NA3 – Perc. di recupero dei frammenti di carota integri con lunghezza superiore ai 10 cm

Profondità (cassetta)	1° metro (in cm)	2° metro (in cm)	3° metro (in cm)	4° metro (in cm)	5° metro (in cm)	Percentuale di recupero della cassetta (RQD)
0-5 m	0	0	33	73	74	60
5-10m	63	71	66	82	77	71.8
10-15m	86	90	73	90	73	82.4
15-20m	74	84	82	53	16	61.8
20-25m	56	82	79	20	78	63
25-30m	61	74	80	75	78	73.6
30-35m	90	85	89	89	79	86.4
35-40m	66	59	60	60	74	63.8
40-45m	10	51	26	45	0	26.4
45-50m	50	65	59	86	73	66.6
50-55m	66	73	90	79	79	77.4
55-60m	71	73	40	12	19	43
					Media tot	64.68

Sintesi

In definitiva, 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.

5.5.2.2 Prove di 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 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).

5.5.2.3 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 Ω m;
- ✓ Uno intermedio, con resistività compresa tra 300 e 600 Ω m;
- ✓ Uno profondo più conduttivo, con un range tra 100 e 300 Ω m.

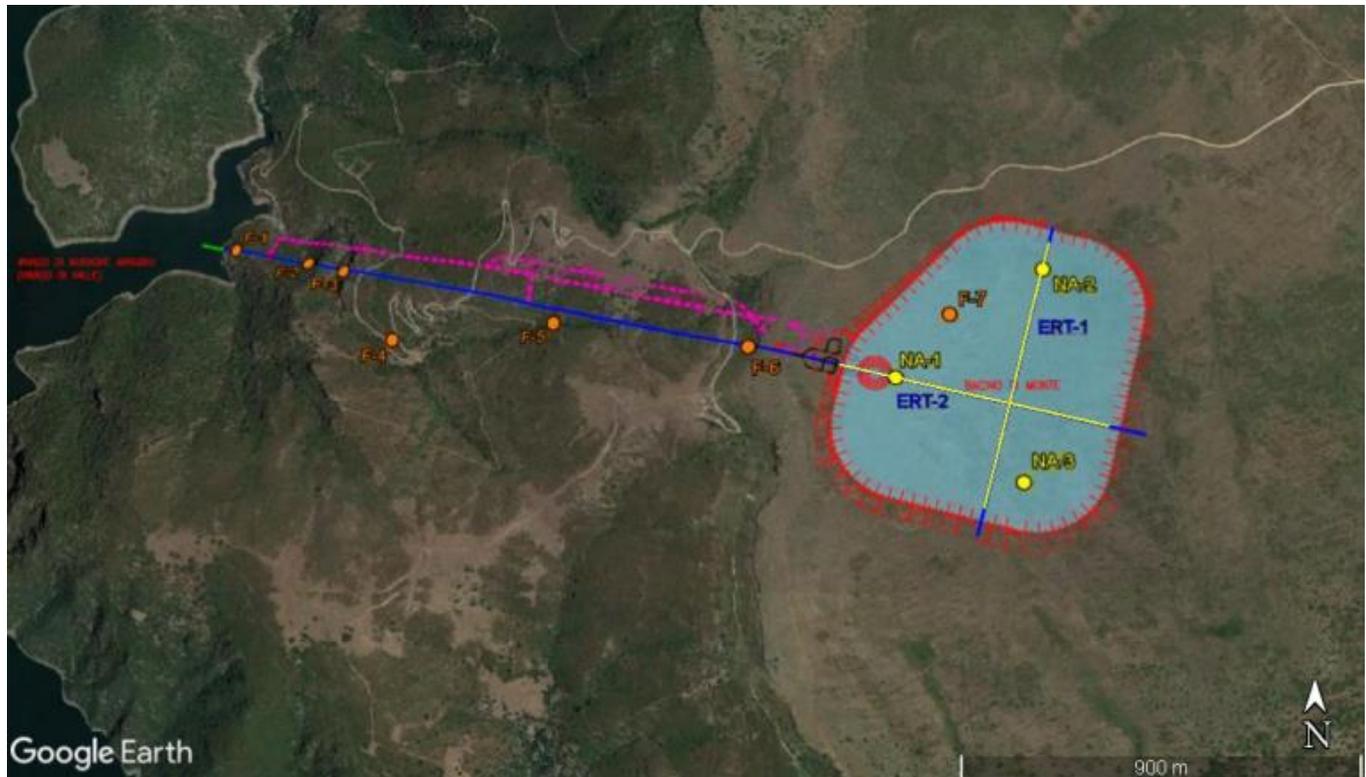


Figura 5.18: Ubicazione dei profili ERT-1 e ERT-2 (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)

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.

5.5.2.4 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 (zone 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 che 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.

5.5.3 Caratteristiche Geotecniche

Sulla base degli aspetti geologici descritti nella Relazione Geologica (Doc. No. 1351-A-OP-R-01) ed indicati nei precedenti paragrafi, è stata elaborata una caratterizzazione geotecnica per la quale si rimanda all'elaborato “Relazione Geotecnica Generale (Doc. No. 1351-GD-R-01-1).

Lo studio delle proprietà meccaniche di ciascuna unità geotecnica ha tenuto in conto le risultanze delle prove in sito ed i risultati delle prove di laboratorio descritte nei precedenti paragrafi.

L'analisi dei dati di laboratorio è avvenuta assegnando i risultati ottenuti in ciascuna prova all'unità geotecnica di appartenenza del campione, in funzione dei dati stratigrafici e del modello geologico di riferimento.

Le differenziazioni geologiche, descritte nella Relazione Geologica ed anche nei paragrafi precedenti, hanno determinato il modello geologico di riferimenti e di fatto costituiscono l'elemento di riferimento anche per il modello geotecnico di riferimento che risulta costituito dalle seguenti unità geotecniche:

- ✓ Unità D: dolomie grigie massive, localmente laminate (specie alla base) con rare cavità centimetriche da dissoluzione e solo localmente alterate e con stratificazione sub-orizzontale;
- ✓ Unità S: siltiti carboniose di colore nero e di ambiente paralico con tracce di pirite più diffuse nella parte alta; verso il basso arenarie fini siltose di colore scuro alternate a livelli decimetrici di microconglomerati specie nelle porzioni basali. Stratificazione sub-orizzontale;
- ✓ Unità M: metaconglomerati grigio-verdastri con elementi di rioliti allungati lungo il piano di scistosità inclinato di circa 30° rispetto alla verticale;
- ✓ Unità A: metasiltiti e metarenarie fini di colore grigio con superficie di scistosità inclinata di circa 30° rispetto alla verticale;
- ✓ Unità DC: detrito colluviale con elementi di dolomie più o meno alterate.

Di seguito si riporta l'attribuzione dei terreni incontrati nella perforazione dei sondaggi a carotaggio continuo, descritti nel precedente Paragrafo 5.5.2, alle diverse unità geotecniche sopra individuate.

Nel sondaggio NA1 sono riconoscibili le seguenti unità geotecniche:

- ✓ Per i primi 39.50 m circa - D;
- ✓ Dai primi 39.50 a 50.90 m - S;
- ✓ dai primi 50.90 a 59.00 m – M.

Nel sondaggio NA2 sono riconoscibili le seguenti unità geotecniche:

- ✓ Per i primi 2.30 m circa - DC;
- ✓ Per i primi 2.30 a 48.60 m - D;
- ✓ Per i primi 48.60 a 58.00 m - S;
- ✓ Per i primi 58.00 a 60.00 m – A.

Nel sondaggio NA3 sono riconoscibili le seguenti unità geotecniche:

- ✓ Per i primi 2.50 m circa - DC;
- ✓ Per i primi 2.50 a 49.40 m - D;
- ✓ Per i primi 49.40 a 59.50 m – S.

Le carote estratte dai sondaggi hanno evidenziato la presenza di alcune zone maggiormente fratturate attribuibili a fasce di disturbo tettonico come evidenziato dalle stratigrafie interpretative.

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica sopra citata.

5.5.4 Caratteristiche Geomorfologiche

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 varisica 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.

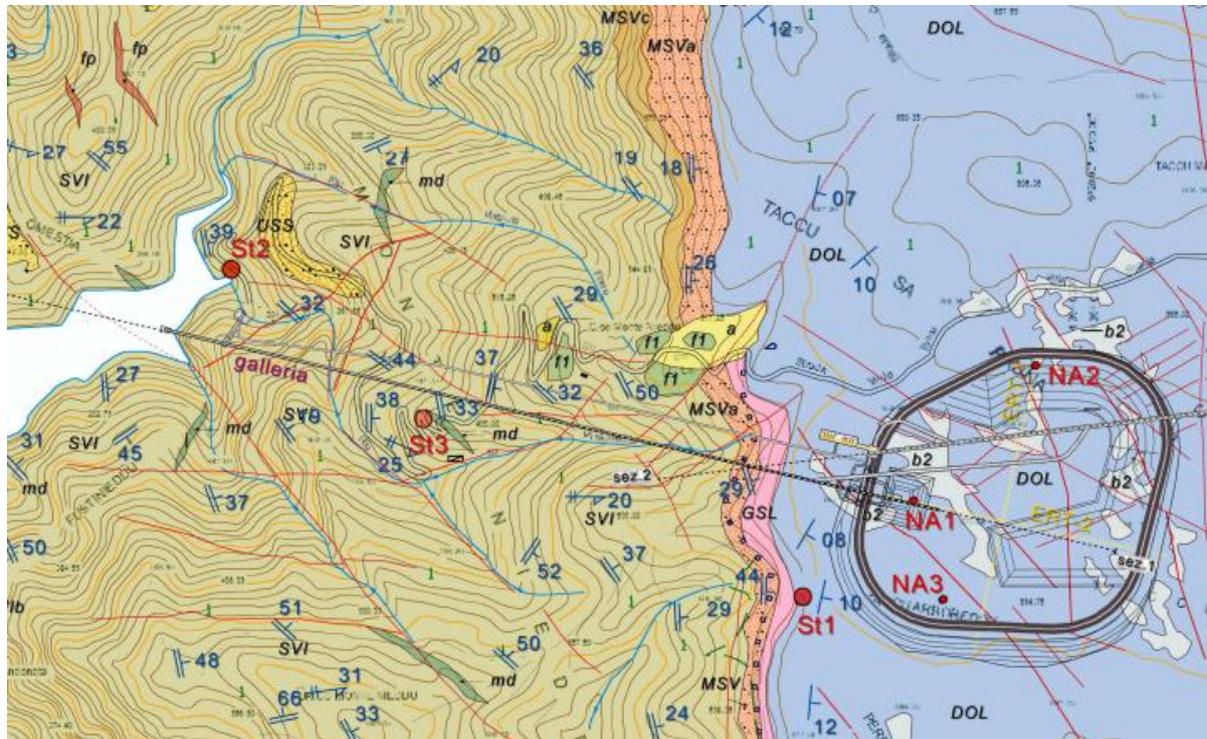


Figura 5.19 Inquadramento geologico (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)

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.

5.5.5 Caratteristiche Idrogeologiche

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 la 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 disseminanti lungo vari punti dell'altopiano, ma soprattutto lungo i bordi degli affioramenti dolomitici presso il contatto di base con le argille. 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.

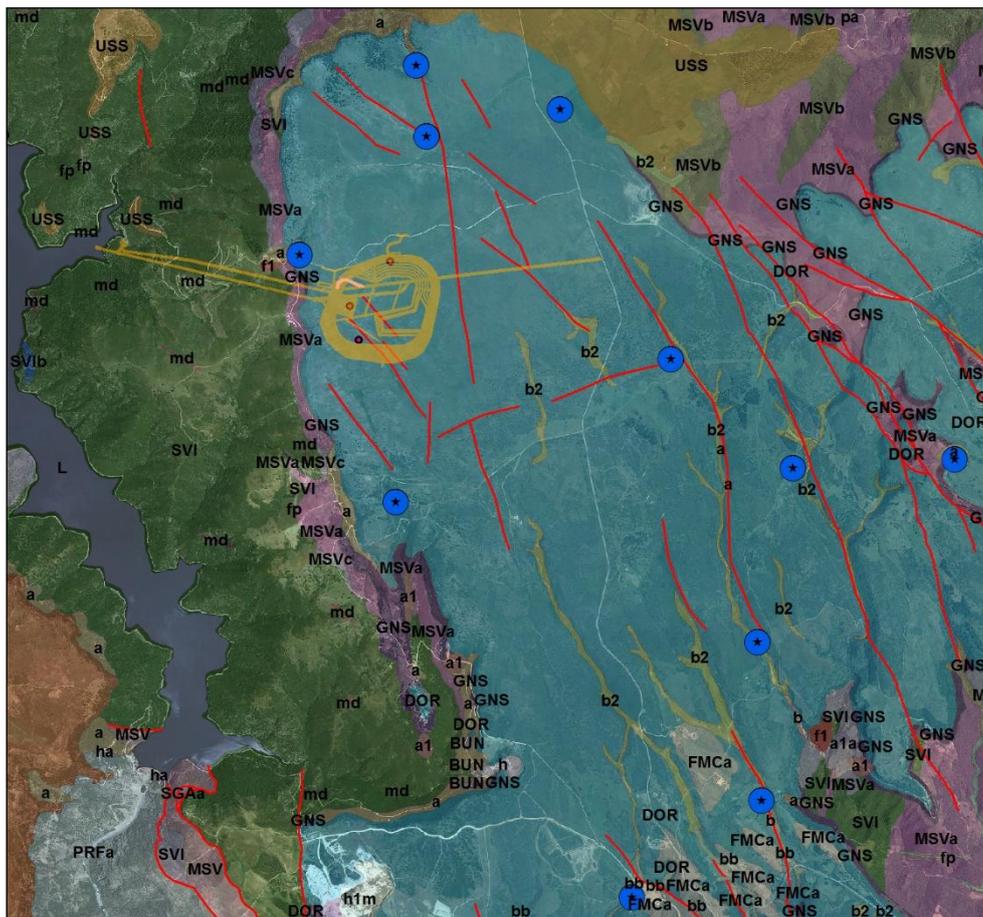


Figura 5.20: Distribuzione delle sorgenti (indicati in blu) nell'area di interesse (Relazione Geologica - 1351-A-OP-R-01-1)

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.

In generale 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.

Questo complesso 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.).

5.5.6 Acque Superficiali e Sotterranee

La componente ambientale “Acque” è stata caratterizzata attraverso una sintesi relativa alla normativa di riferimento in materia di tutela e scarico delle acque e dall’analisi di:

- ✓ caratteristiche della rete idrografica superficiale;
- ✓ caratteristiche dei corpi idrici sotterranei.

La Normativa in materia di tutela delle acque è disciplinata dalla Parte Terza, Sezione II e III, del Decreto Legislativo 3 Aprile 2006 No. 152 e ss. mm. ii., in recepimento della Direttiva 2000/60/CE. Il D.lgs. 152/06 rappresenta il testo unico che disciplina la tutela quali-quantitativa delle acque dall’inquinamento (aggiornamento del D.Lgs. 152/99, del DM 367/03 e del DM 260/2010), e l’organizzazione del servizio idrico integrato (aggiornamento della Legge 36/94).

Il D. Lgs 152/06, in particolare, stabilisce i limiti allo scarico (in acque superficiali e in fognatura) e definisce specifici obiettivi per il raggiungimento del livello di buono stato delle acque, in termini di caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche.

Al fine della tutela e del risanamento delle acque superficiali e sotterranee, il D. Lgs 152/06 individua gli obiettivi minimi di qualità ambientale per i corpi idrici significativi e gli obiettivi di qualità per specifica destinazione da garantirsi su tutto il territorio nazionale. In particolare, nell’Allegato 1 della Parte Terza vengono stabiliti i criteri per l’individuazione dei corpi idrici significativi e per stabilirne lo stato di qualità ambientale.

Nel seguito si riportano le principali caratteristiche e disposizioni normative di riferimento per i corpi idrici superficiali (con particolare riferimento ai corsi d’acqua) e sotterranei riportate.

5.5.6.1 Acque Superficiali

5.5.6.1.1 Classificazione Qualità Corpi Idrici Superficiali

Per i corpi idrici superficiali lo stato di qualità è definito in base a:

- ✓ stato ecologico del corpo idrico;
- ✓ stato chimico del corpo idrico.

La definizione dello stato ecologico delle acque superficiali prende in esame gli elementi biologici dell’ecosistema acquatico e gli elementi idromorfologici, chimici e chimico-fisici a sostegno degli elementi biologici, nonché la presenza di inquinanti specifici.

Di seguito si elencano gli elementi che concorrono alla definizione dello stato ecologico dei corsi d’acqua come riportato al Punto A.1.1 dell’Allegato 1 della Parte Terza del D.Lgs 152/06:

- ✓ biologici (composizione e abbondanza della flora acquatica, dei macroinvertebrati bentonici e della fauna ittica);
- ✓ idromorfologici a sostegno degli elementi biologici (volume e dinamica del flusso idrico, connessione con il corpo idrico sotterraneo, continuità fluviale, variazione della profondità e della larghezza del fiume, struttura e substrato dell’alveo, struttura della zona ripariale);
- ✓ chimici e fisico-chimici a sostegno degli elementi biologici (condizioni termiche, condizioni di ossigenazione, conducibilità, stato di acidificazione, condizioni dei nutrienti);

- ✓ inquinanti specifici (inquinamento da altre sostanze non appartenenti all'elenco di priorità, di cui è stato accertato lo scarico nel corpo idrico in quantità significative).

La qualità ecologica viene classificata, in generale, in No.5 classi (Punto A2 dell'Allegato 1 della Parte Terza del D.Lgs 152/06):

- ✓ elevato: nessuna alterazione antropica, o alterazioni antropiche poco rilevanti, dei valori degli elementi di qualità fisico-chimica e idromorfologica del tipo di corpo idrico superficiale rispetto a quelli di norma associati a tale tipo inalterato. I valori degli elementi di qualità biologica del corpo idrico superficiale rispecchiano quelli di norma associati a tale tipo inalterato e non evidenziano nessuna distorsione, o distorsioni poco rilevanti. Si tratta di condizioni e comunità tipiche specifiche;
- ✓ buono: i valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale presentano livelli poco elevati di distorsione dovuti all'attività umana, ma si discostano solo lievemente da quelli di norma associati al tipo di corpo idrico superficiale inalterato;
- ✓ sufficiente: i valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale si discostano moderatamente da quelli di norma associati al tipo di corpo idrico superficiale inalterato. I valori presentano segni moderati di distorsione dovuti all'attività umana e alterazioni significativamente maggiori rispetto alle condizioni dello stato buono;
- ✓ scarso: acque che presentano alterazioni considerevoli dei valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale e nelle quali le comunità biologiche interessate si discostano sostanzialmente da quelle di norma associate al tipo di corpo idrico superficiale inalterato;
- ✓ cattivo: acque che presentano gravi alterazioni considerevoli dei valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale e nelle quali mancano ampie porzioni di comunità biologiche di norma associate al tipo di corpo idrico superficiale inalterato.

Al Punto A.4 dell'Allegato 1, vengono inoltre individuati i criteri per la classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici superficiali. Con particolare riferimento classificazione dello stato ecologico dei corsi d'acqua si definiscono gli indici da utilizzare per gli elementi di qualità biologica:

- ✓ macroinvertebrati (indice Star_ICMi);
- ✓ diatomee (indice ICMi);
- ✓ macrofite (indice IBMR);
- ✓ pesci (indice isecI).

Per quanto riguarda gli elementi fisico-chimici a sostegno del dato biologico vanno considerati i seguenti parametri:

- ✓ Nutrienti (N-NH₄, N-NO₃, Fosforo totale);
- ✓ Ossigeno disciolto (% di saturazione).

Nello specifico, i nutrienti e l'ossigeno disciolto, ai fini della classificazione, vengono integrati in un singolo descrittore LIMeco (Livello di Inquinamento dai Macrodescrittori per lo stato ecologico) utilizzato per derivare la classe di qualità.

In particolare, il LIMeco: rappresenta l'indice sintetico che si ottiene dall'elaborazione dei dati di quattro parametri macrodescrittori fisico chimici (ossigeno disciolto, azoto ammoniacale, azoto nitrico, fosforo totale). La classificazione di qualità secondo i valori di LIMeco è riportata nella seguente tabella.

Tabella 5.16: Classificazione di Qualità secondo i valori di LIMeco (D.Lgs 152/06)

STATO	LIM _{eco}
Elevato	$\geq 0,66$
Buono	$< 0,66 - \geq 0,50$
Sufficiente	$< 0,50 - \geq 0,33$
Scarso	$< 0,33 - \geq 0,17$
Cattivo	$< 0,17$

Gli altri parametri quali temperatura, pH, alcalinità e conducibilità, sono utilizzati esclusivamente per una migliore interpretazione del dato biologico e non per la classificazione.

Lo stato chimico è definito sulla base della presenza di inquinanti specifici, ossia dei parametri chimici riportati nelle Tabelle 1/A e 1/B di cui ai Punti A.2.6 e A.2.7 dell'Allegato 1 (riportate di seguito), definiti sostanze prioritarie (P), sostanze pericolose (PP) e altre sostanze (E). Nelle stesse tabelle sono riportati gli standard di qualità ambientale da non superare per raggiungere o mantenere il buono stato chimico dei corpi idrici, che sono:

- ✓ SQA-MA: concentrazione media annua da rispettare;
- ✓ SQA-CMA: concentrazione da non superare mai in ciascun sito di monitoraggio.

Nel seguito si riporta la Tabella 1/A che è riferita alle acque superficiali interne e nella quale sono definiti gli standard di qualità ambientale nella colonna d'acqua per le sostanze appartenenti all'elenco di priorità.

Tabella 5.17: Standard di Qualità nella Colonna d'Acqua e nel Biota per le Sostanze dell'Elenco di Priorità (D.Lgs. 152/2006)

Sostanza	Numero CAS ⁽¹⁾	SQA-MA 2 acque superficiali interne ⁽³⁾	SQA-MA ⁽²⁾ altre acque di superficie	SQA-CMA acque superficiali interne ⁽⁴⁾	SQA-CMA altre acque di superficie ⁽⁴⁾	SQA Biota ⁽¹²⁾	Id. Sostanza ⁽¹⁵⁾
Alacloro	15972-60-8	0.3	0.3	0.7	0.7		P
Antracene	120-12-7	0.1	0.1	0.1	0.1		PP
Atrazina	1912-24-9	0.6	0.6	2	2		P
Benzene	71-43-2	10	8	50	50		P
Difenileteri bromurati ⁽⁵⁾	32534-81-9			0.14	0.014	0.0085	
Cadmio e suoi composti ⁽⁶⁾	7440-43-9	≤ 0.08 (Classe 1) 0.08 (Classe 2) 0.09 (Classe 3) 0.15 (Classe 4) 0.25 (Classe 5)	0.2	≤ 0.45 (classe 1) 0.45 (classe 2) 0.6 (classe 3) 0.9 (classe 4) 1.5 (classe 5)	≤ 0.45 (classe 1) 0.45 (classe 2) 0.6 (classe 3) 0.9 (classe 4) 1.5 (classe 5)		PP
Tetracloruro di carbonio ⁽⁷⁾	56-23-5	12	12	n.a.	n.a.		E
Cloroalcani C10-13 ⁽⁸⁾	85535-84-8	0.4	0.4	1.4	1.4		PP
Clorfenvinfos	470-90-6	0.1	0.1	0.3	0.3		P
Clorpirifos (Clorpirifos etile)	2921-88-2	0.03	0.03	0.1	0.1		P
Antiparassitari delciclodiene: Aldrin ⁽⁷⁾ Dieldrin ⁽⁷⁾ Endrin ⁽⁷⁾ Isodrin ⁽⁷⁾	309-00-2 60-57-1 72-20-8 465-73-6	Σ = 0,01	Σ = 0,005	n.a.	n.a.		E
DDT totale ^{(7) e (9)}	n.a.	0,025	0,025	n.a.	n.a.	50 µg/kg (pesci con meno 5% grassi) 100 µg/kg p.f. (per i pesci con più del	E

Sostanza	Numero CAS ⁽¹⁾	SQA-MA 2 acque superficiali interne ⁽³⁾	SQA-MA ⁽²⁾ altre acque di superficie	SQA-CMA acque superficiali interne ⁽⁴⁾	SQA-CMA altre acque di superficie ⁽⁴⁾	SQA Biota ⁽¹²⁾	Id. Sostanza ⁽¹⁵⁾
						5% grassi)	
p,p'-DDT ⁽⁷⁾	50-29-3	0.01	0.01	n.a.	n.a.		E
1,2-Dicloroetano	107-06-2	10	10	n.a.	n.a.		P
Diclorometano	75-09-2	20	20	n.a.	n.a.		P
Di(2-etilesil)ftalato	117-81-7	1.3	1.3	n.a.	n.a.		PP
Diuron	330-54-1	0.2	0.2	1.8	1.8		P
Endosulfan	115-29-7	0.005	0.0005	0.01	0.004		PP
Fluorantene	206-44-0	0.0063	0.0063	0.12	0.12	30	P
Esaclorobenzene	118-74-1	0.005	0.002	0.05	0.05	10	PP
Esaclorobutadiene	87-68-3	0.05	0.02	0.6	0.6	55	PP
Esaclorocicloesano	608-73-1	0.02	0.002	0.04	0.02		PP
Isoproturon	34123-59-6	0.3	0.3	1	1		P
Piombo e composti	7439-92-1	1.2 ⁽¹³⁾	1.3	14	14		P
Mercurio e composti	7439-97-6			0.07	0.07	20	PP
Naftalene	91-20-3	2	2	130	130		P
Nichel e composti	7440-02-0	4 ⁽¹³⁾	8.6	34	34		P
Nonilfenoli (4-Nonilfenolo)	84852-15-3	0.3	0.3	2	2		PP
Ottilfenolo (4-(1,1',3,3'-tetrametilbutilfenolo)	140-66-9	0.1	0.01	n.a.	n.a.		PP
Pentaclorobenzene	608-93-5	0.007	0.0007	n.a.	n.a.		PP
Pentaclorofenolo	87-86-5	0.4	0.4	1	1		P
Idrocarburi policiclici aromatici ⁽¹¹⁾	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		PP
Benzo(a)pirene	50-32-8	1.7 10 ⁻⁴	1.7 10 ⁻⁴	0.27	0.027	5	PP
Benzo(b)fluorantene	205-99-2	Cfr. Nota 11	Cfr. Nota 11	0.017	0.017	Cfr. Nota 11	PP
Benzo(k)fluorantene	207-08-9			0.017	0.017		PP
Benzo(g,h,i)pirene	191-24-2			8.2 10 ⁻³	8.2 10 ⁻⁴		PP
Indeno(1,2,3-cd)pirene	193-39-5			n.a.	n.a.		PP
Simazina	122-34-9	1	1	4	4		P
Tetracloroetilene ⁽⁷⁾		10	10	n.a.	n.a.		E
Tricloroetilene ⁽⁷⁾	79-01-6	10	10	n.a.	n.a.		E
Tributilstagno composti	36643-28-4	0.0002	0.0002	0.0015	0.0015		PP

Sostanza	Numero CAS ⁽¹⁾	SQA-MA 2 acque superficiali interne ⁽³⁾	SQA-MA ⁽²⁾ altre acque di superficie	SQA-CMA acque superficiali interne ⁽⁴⁾	SQA-CMA altre acque di superficie ⁽⁴⁾	SQA Biota ⁽¹²⁾	Id. Sostanza ⁽¹⁵⁾
(Tributilstagno catione)							
Triclorobenzeni	12002-48-1	0.4	0.4	n.a.	n.a.		P
Triclorometano	67-66-3	2.5	2.5	n.a.	n.a.		P
Trifluralin	1582-09-8	0.03	0.03	n.a.	n.a.		PP
Dicofol	115-32-2	1.3 10 ⁻³	3.2 10 ⁻⁵	n.a.	n.a.	33	PP
Acido Perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS)	1763-23-1	6.5 10 ⁻⁴	1.3 10 ⁻⁴	36	7.2	9.1	PP
Chinossifen	124495-18-7	0.15	0.015	2.7	0.54		PP
Diossine e composti diossina-simili	Cfr. la nota 10 a pie di pagina dell'allegato X della direttiva 2000/60/Ce			n.a.	n.a.	Somma di PCDD + PCDF + PCB-DL 0.0065 µg.kg ⁻¹ TEQ14	PP
Aclonifen	74070-46-5	0.12	0.012	0.12	0.012		P
Bifenox	42576-02-3	0.012	0.0012	0,04	0.004		P
Cibutrina	28159-98-0	0,0025	0.0025	0,016	0.016		P
Cipermetrina	52315-07-8	8 10 ⁻⁵	8 10 ⁻⁶	6 10 ⁻⁴	6 10 ⁻⁵		P
Diclorvos	62-73-7	6 10 ⁻⁴	6 10 ⁻⁵	7 10 ⁻⁴	7 10 ⁻⁵		P
Esabromociclododecano (HBCDD)	Cfr. la nota 12 a pie di pagina dell'allegato X della direttiva 2000/60/Ce	0.0016	0.0008	0.5	0.05	167	PP
Eptacloro ed eptacloro epossido	76-44-8 / 1024-57-3	2 10 ⁻⁷	1 10 ⁻⁸	3 10 ⁻⁴	3 10 ⁻⁵	6.7 10 ⁻³	PP
Terbutrina	886-50-0	0.065	0.0065	0.34	0.034		P

Note:

(1) CAS: Chemical Abstracts Service.

(2) Questo parametro rappresenta lo SQA espresso come valore medio annuo (SQA-MA). Se non altrimenti specificato, si applica alla concentrazione totale di tutti gli isomeri.

(3) Per acque superficiali interne si intendono i fiumi, i laghi e i corpi idrici artificiali o fortemente modificati.

Sostanza	Numero CAS ⁽¹⁾	SQA-MA 2 acque superficiali e interne ⁽³⁾	SQA-MA ⁽²⁾ altre acque di superficie	SQA-CMA acque superficiali interne ⁽⁴⁾	SQA-CMA altre acque di superficie ⁽⁴⁾	SQA Biota ⁽¹²⁾	Id. Sostanza ⁽¹⁵⁾
<p>(4) Questo parametro rappresenta lo standard di qualità ambientale espresso come concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA). Quando compare la dicitura "non applicabile" riferita agli SQA-CMA, si ritiene che i valori SQA-MA tutelino dai picchi di inquinamento di breve termine, in scarichi continui, perché sono sensibilmente inferiori ai valori derivati in base alla tossicità acuta.</p> <p>(5) Per il gruppo di sostanze prioritarie "difenileteri bromurati" (voce n. 5), lo SQA ambientale si riferisce alla somma delle concentrazioni dei congeneri numeri 28, 47, 99, 100, 153 e 154.</p> <p>(6) Per il cadmio e composti (voce n. 6) i valori degli SQA variano in funzione della durezza dell'acqua classificata secondo le seguenti cinque categorie: classe 1: < 40 mg CaCO₃/l, classe 2: da 40 a < 50 mg CaCO₃/l, classe 3: da 50 a < 100 mg CaCO₃/l, classe 4: da 100 a < 200 mg CaCO₃/l e classe 5: ≥ 200 mg CaCO₃/l.</p> <p>(7) Questa sostanza non è prioritaria, ma è uno degli altri inquinanti in cui gli SQA sono identici a quelli fissati dalla normativa applicata prima del 13 gennaio 2009.</p> <p>(8) Per questo gruppo di sostanze non è fornito alcun parametro indicativo. Il parametro o i parametri indicativi devono essere definiti con il metodo analitico.</p> <p>(9) Il DDT totale comprende la somma degli isomeri 1,1,1-tricloro 2,2 bis (p-clorofenil)etano (numero CAS 50-29-3; numero Ue 200-024-3), 1,1,1-tricloro-2 (o-clorofenil)-2-(p-clorofenil)etano (numero CAS 789-02-6; numero Ue 212-332-5), 1,1-dicloro-2,2 bis (p-clorofenil)etilene (numero CAS 72-55-9; numero UE 200-784-6) e 1,1-dicloro-2,2 bis (p-clorofenil)etano (numero CAS 72-54-8; numero Ue 200-783-0).</p> <p>(10) Per queste sostanze non sono disponibili informazioni sufficienti per fissare un SQA-CMA.</p> <p>(11) Per il gruppo di sostanze prioritarie "idrocarburi policiclici aromatici" (IPA) (voce n. 28), lo SQA per il biota e il corrispondente Sqa-AA in acqua si riferiscono alla concentrazione di benzo(a)pirene sulla cui tossicità sono basati. Il benzo(a)pirene può essere considerato marcatore degli altri IPA, di conseguenza solo il benzo(a)pirene deve essere monitorato per raffronto con lo Sqa per il biota o il corrispondente SQA-AA in acqua.</p> <p>(12) Se non altrimenti indicato, lo SQA per il biota è riferito ai pesci. Si può monitorare un taxon del biota alternativo o un'altra matrice purchè lo SQA applicato garantisca un livello equivalente di protezione. Per le sostanze numeri 15 (Fluorantene) e 28 (IPA), lo SQA per il biota si riferisce ai crostacei ed ai molluschi. Ai fini della valutazione dello stato chimico, il monitoraggio di Fluorantene e di IPA nel pesce non è opportuno. Per la sostanza numero 37 (Diossine e composti diossinasimili), lo SQA per il biota si riferisce al pesce, ai crostacei ed ai molluschi. Fare riferimento al punto 5.3 dell'allegato al regolamento (Ue) n. 1259/2011 della Commissione del 2 dicembre 2011, che modifica il regolamento (Ce) n. 1881/2006 per quanto riguarda i tenori massimi per le diossine, i PCB diossinasimili e per i PCB non diossina-simili nei prodotti alimentari (Gazzetta Ufficiale n. L 320 del 3 dicembre 2011).</p> <p>(13) Questi SQA si riferiscono alle concentrazioni biodisponibili delle sostanze.</p> <p>(14) PCDD: dibenzo-p-diossine policlorurate; PCDF: dibenzofurani policlorurati; PCB-DL: bifenili policlorurati diossinasimili; TEQ: equivalenti di tossicità conformemente ai fattori di tossicità equivalente del 2005 dell'Organizzazione mondiale della sanità.</p> <p>(15) Le sostanze contraddistinte dalla lettera P e PP sono, rispettivamente, le sostanze prioritarie e quelle pericolose prioritarie individuate ai sensi della direttiva 2008/105/Ce del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2008, modificata dalla direttiva 2013/39/Ue del Parlamento europeo e del Consiglio del 12 agosto 2013. Le sostanze contraddistinte dalla lettera E sono le sostanze incluse nell'elenco di priorità individuate dalle "direttive figlie" della direttiva 76/464/Ce.</p>							

Nel seguito si riporta un estratto della Tabella 1/B, riferito alle acque superficiali interne, in cui sono definiti gli standard di qualità ambientale nella colonna d'acqua per alcune sostanze non appartenenti all'elenco di priorità.

Tabella 5.18: Standard di Qualità per Alcune Sostanze non Appartenenti all'Elenco di Priorità, Acque Superficiali Interne (D.Lgs. 152/2006)

Sostanza	SQA-MA (µg/l) Acque Superficiali Interne
Arsenico	10
Azinfos etile	0.01
Azinfos metile	0.01
Bentazone	0.5
2-Cloroanilina	1
3-Cloroanilina	2
4-Cloroanilina	1

Sostanza	SQA-MA (µg/l) Acque Superficiali Interne
Clorobenzene	3
2-Clorofenolo	4
3-Clorofenolo	2
4-Clorofenolo	2
1-Cloro-2-nitrobenzene	1
1-Cloro-3-nitrobenzene	1
1-Cloro-4-nitrobenzene	1
Cloronitrotolueni	1
2-Clorotoluene	1
3-Clorotoluene	1
4-Clorotoluene	1
Cromo totale	7
2,4 D	0.5
Demeton	0.1
3,4-Dicloroanilina	0.5
1,2 Diclorobenzene	2
1,3 Diclorobenzene	2
1,4 Diclorobenzene	2
2,4-Diclorofenolo	1
Dimetoato	0.5
Fenitroton	0.01
Fention	0.01
Linuron	0.5
Malation	0.01
MCPA	0.5
Mecoprop	0.5
Metamidofos	0.5
Mevinfos	0.01
Ometoato	0.5
Ossidemeton-metile	0.5
Paration etile	0.01
Paration metile	0.01
2,4,5 T	0.5
Toluene	5
1,1,1 Tricloroetano	10
2,4,5-Triclorofenolo	1
2,4,6-Triclorofenolo	1
Terbutilazina (incluso metabolita)	0.5
Composti del Trifenilstagno	0.0002
Xileni	5
Pesticidi singoli	0.1
Pesticidi totali	1
Acido perfluorobutanoico (PFBA)	7
Acido perfluoropentanoico (PFPeA)	3
Acido perfluoroesanoico (PFHxA)	1
Acido perfluorobutansolfonico (PFBS)	3
Acido perfluoroottanoico (PFOA)	0.1

In accordo con quanto definito nel D. Lgs 152/06 il corpo idrico che soddisfa tutti gli standard di qualità ambientale fissati nelle Tabelle 1/A e 1/B, sopra riportate, è classificato in buono stato chimico; in caso contrario è classificato come corpo idrico cui non è riconosciuto il buono stato chimico.

5.5.6.1.2 Idrografia

L'area di intervento, come precedentemente indicato, ricade 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 1841.77 km² (Regione Sardegna (e), Non datato).

Il corso d'acqua principale è il Fiume Flumendosa, che tra 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 1777 m s.l.m. e quota media di 635m, 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 Arrubii – 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 (ex 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). 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 5.19: 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

5.5.6.1.3 Stato delle Acque Superficiali

L'allegato 6.1 del “Piano di Gestione del Distretto idrografico della Sardegna – Caratterizzazione dei Corpi Idrici della Sardegna – Decreto del Ministero dell’Ambiente del Ministero e dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare” No. 131 del 16 Giugno 2008 propone la caratterizzazione dei principali corpi idrici superficiali ricadenti nel Territorio Regionale. La caratterizzazione (tipizzazione, individuazione ed analisi delle pressioni) dei principali corpi idrici superficiali ricadenti nel Territorio Regionale ha seguito una metodologia prevista dalla Direttiva 2000/60/CE e dal D.Lgs. 152/06, pubblicata sul Decreto Ministeriale No. 131 del 16 Giugno 2008: sono stati considerati i parametri idromorfologici e i criteri per l’identificazione dei corpi idrici che tengono conto dell’estensione delle aree protette, delle differenze dello stato di qualità, nonché delle pressioni esistenti su territorio (Regione Sardegna, 2010).

Nella seguente figura, tratta dalla Tavola 2 “idrografia superficiale” della cartografia in allegato al Piano di Tutela delle Acque, si indica l’ubicazione delle stazioni di monitoraggio per i corsi d’acqua e i laghi. Le stazioni di monitoraggio sono state ubicate sui corpi idrici significativi e anche sui corpi idrici non significativi, ritenute utili in relazione agli obiettivi regionali di tutela della risorsa Idrica.

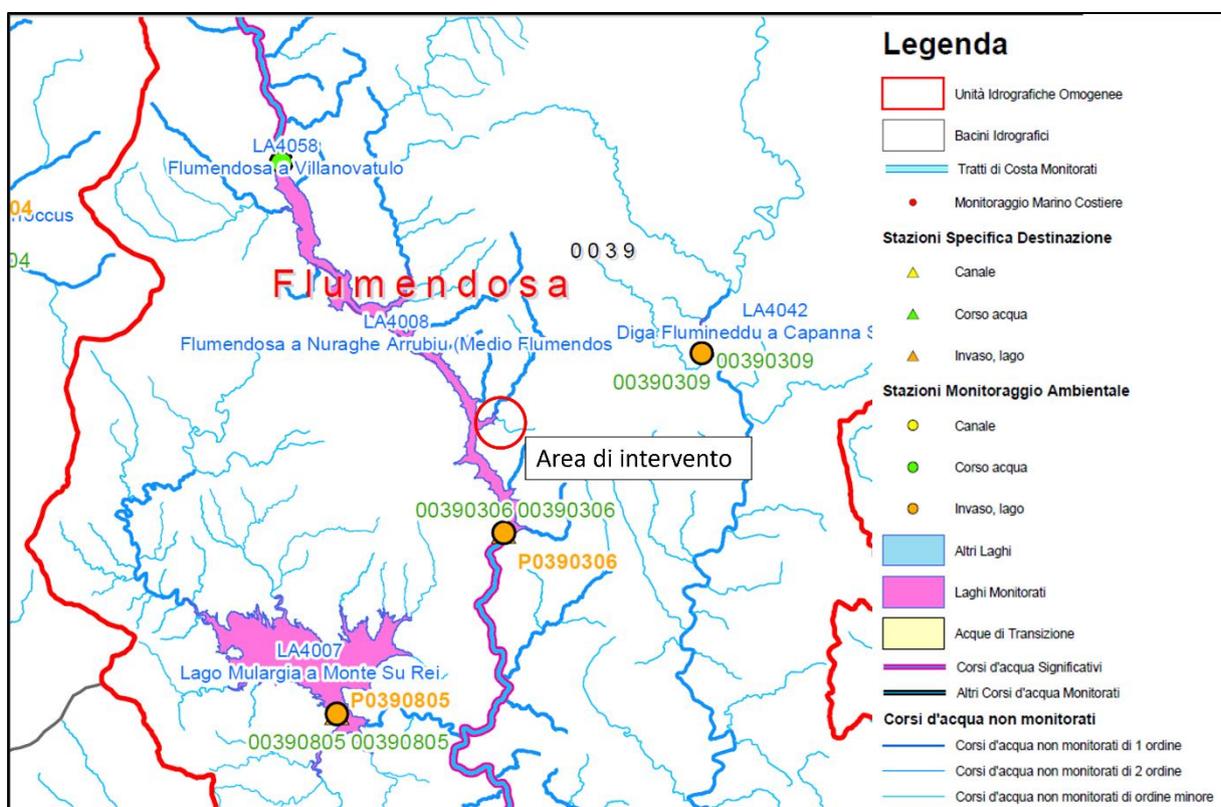


Figura 5.21: Monitoraggio e Idrografia Superficiale (Piano di Tutela Acque, Tavola 2)

La rete di monitoraggio risulta composta da stazioni di monitoraggio distribuite lungo i corsi d’acqua dei bacini idrografici regionali, localizzate sull’asta del I° ordine per i corsi d’acqua il cui bacino imbrifero abbia una superficie maggiore di 200 km² e dell’ordine del II° per corsi d’acqua il cui bacino imbrifero abbia una superficie maggiore di 400 km².

Per quanto riguarda lo stato ambientale e la classificazione dei corsi d’acqua che compongono la rete di monitoraggio, il Fiume Flumendosa risulta monitorato in più stazioni. Come riportato nella relazione “15 Flumendosa” degli elaborati allegati al PTA, complessivamente lo stato qualitativo del Fiume Flumendosa può ritenersi soddisfacente (la stazione di monitoraggio più prossima all’area di progetto risulta essere la 00390802), mentre, come desumibile dalla precedente figura, il Riu Perdadera (affluente del Flumendosa nell’area di progetto) non risulta tra i corsi d’acqua monitorati.

Tabella 5.20: U.I.O del Flumendosa – Stato Ambientale: rete di monitoraggio e classificazione dei corsi d’acqua

Id_Bacino	Nome bacino	Id_Corpo Idrico	Nome corpo idrico	Id_Stazioni	Data Inizio Campion.	Data Fine Campion.	LIM	IBE	SECA	Giudizio 152
0039	Fiume Flumendosa	CS0001	Fiume Flumendosa	00390303	01/02/2002	01/03/2004	2	2	2	BUONO
				00390304	01/02/2002	01/03/2004	2	2	2	BUONO
				00390801	01/02/2002	01/03/2004	2	3	3	SUFFICIENTE
				00390802	01/02/2002	01/03/2004	2	3	3	SUFFICIENTE

La prima identificazione dei corpi idrici a rischio, per quanto riguarda i laghi, per quanto riguarda i laghi, porta ad individuare “a rischio” tutti gli invasi tipizzati, in quanto individuati come Aree Sensibili ai sensi dell’art. 91 D.Lgs 152/2006 e della Direttiva 91/271/CEE.

Per la caratterizzazione di laghi e invasi nel PdG del distretto idrografico si è tenuto conto dei risultati relativi:

- ✓ alla classificazione effettuata nell’ambito del PTA, ai sensi del D.M. No. 391/03, relativa allo stato ecologico;
- ✓ allo stato chimico, definito ai sensi del D.Lgs. No. 152/2006, parte III, allegato 1-tab1/A, per gli anni 2002-2007.

Di seguito sono inserite le coordinate relative alle stazioni di monitoraggio precedentemente indicate:

Tabella 5.21: Coordinate stazioni di monitoraggio

Staz. di monitoraggio	Comune	Corpo Idrico	Coordinate (Lat. ; Long.)	
00390303	Sadali (NU)	Fiume Flumendosa	39° 46' 14.00"	3° 13' 25.00"
00390304	Gadoni (NU)	Fiume Flumendosa	39° 53' 35.00"	3° 15' 33.00"
00390801	Villaputzu (CA)	Fiume Flumendosa	39° 26' 15.00"	2° 53' 25.00"
00390802	Ballao	Fiume Flumendosa	39° 33' 46.00"	3° 6' 31.00"

Tabella 5.22: U.I.O del Flumendosa – Stato Ambientale: Rete di Monitoraggio e classificazione dei Laghi

Id_Bacino	Descrizione	Id_Corpo Idrico	Nome Corpo Idrico	Id_Stazione	Prov	Livello	Trasparenza Livello	Ossigeno Inalometrico Livello Clorofilla “a”	Livello Fosforo Totale	SECA	Stato Trofico
0039	Fiume Flumendosa	LA4007	Mulgaria a Monte Su Rei	00390805	CA	4	3	2	3	3	MESOTROFIA
		LA4008	Flumendosa a Nuraghe Arrubiu (Medio Flumendosa)	00390306	NU	3	3	4	2	3	MESOTROFIA
		LA4009	Flumendosa a Bau Muggeris (Alto Flumendosa)	00390307	NU	3	3	2	4	3	MESOTROFIA
		LA4042	Flumineddu a Capanna Silicheri	00390309	NU	4	3	1	4	3	MESOTROFIA

Di seguito si riportano le coordinate delle stazioni precedente indicate ed utilizzate al fine della presente caratterizzazione. Si specifica che le seguenti stazioni ricadono tutte all’interno del Bacino del Fiume Flumendosa:

Tabella 5.23: Coordinate Stazioni di Monitoraggio

Staz. di monitoraggio	Comune	Corpo Idrico	Coordinate (Lat. ; Long.)	
00390805	Siurgus Donigala (CA)	Lago Mulargia a Monte Su Rei	39° 36' 34.00"	Long. 3° 12' 12.00"
00390306	Orroli (NU)	Flumendosa a Nuraghe Arrubiu (Medio Flumendosa)	39° 39' 44.00"	Long. 3° 8' 25.00"
00390307	Villagrande Strisaili (NU)	Flumendosa a Bau Muggerris (Alto Flumendosa)	39° 57' 4.00"	3° 1' 25.00"
00390309	Esterzili (NU)	Diga Flumineddu a Capanna Silicheri	39° 42' 51.00"	3° 3' 56.00"

I criteri per la scelta delle stazioni di prelievo prevedono un'unica stazione fissata nel punto di massima profondità. Come si può evincere dalla tabella su riportata, per le stazioni di monitoraggio e i relativi corpi idrici afferenti, tutti gli invasi della U.I.O. del Flumendosa rilevano uno stato qualitativo soddisfacente.

Dati più recenti dei monitoraggi riportati nell'Annuario dei Dati Ambientali 2018 a cura di Arpa Sardegna (ARPA Sardegna, 2018) rilevano il monitoraggio del Fiume Flumendosa in cinque stazioni. Sul fiume viene effettuato il monitoraggio per la determinazione degli elementi di qualità biologica (EQB), degli elementi chimico-fisici a sostegno e degli inquinanti specifici. Nel periodo sessennale di monitoraggio 2010-2015 si rileva uno stato ecologico del fiume classificato come "Buono" sino alla foce; lo stato chimico si rileva "non Buono" per l'ultima stazione di monitoraggio prossima alla foce (Piana di Muravera) a causa di concentrazioni di Mercurio (rilevato nel 2013 e 2014) con superamenti dello standard di qualità ambientale annuale (SQA-MA), e per concentrazioni elevate di Cadmio nel rispetto dei limiti.

Come indicato nel Paragrafo 3.2, con propria Delibera No.1 del 15 Marzo 2016 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ha adottato ed approvato, ai sensi dell'art. 2 della L.R. 9 Novembre 2015, No. 28, il Riesame e Aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna. Il secondo Piano di Gestione delle Acque del distretto idrografico della Sardegna è stato infine approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 Ottobre 2016 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale No.25 del 31 Gennaio 2017.

Il 21 Dicembre 2021, con Delibera No.16, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ha adottato il secondo riesame e aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna (terzo ciclo di pianificazione 2021-2027), ai fini delle successive procedure di approvazione, previste dalla L.R. 19/2006 e dall'art. 66 del D.Lgs. 152/2006.

In particolare, l'11 Febbraio 2022, a concludere dell'iter di richiesta del parere della competente Commissione del Consiglio Regionale della Sardegna previsto dall'art. 9 della L.R. 19/2006, con Delibera No. 2 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale della Sardegna ha adottato il Riesame e aggiornamento del Piano di Gestione del distretto idrografico della Sardegna – Terzo Ciclo di pianificazione 2021-2027, ai fini del successivo iter di approvazione finale in sede statale ai sensi dell'art. 66 del D.Lgs. 152/2006.

In riferimento al secondo Piano di Gestione delle Acque, di cui risulta l'approvazione con DPCM del 27 Ottobre 2016 (G.U. No. 25 del 31 Gennaio 2017), nel seguito si descrive la condizione di stato chimico ed ecologico che caratterizzato i corsi idrici interessati dall'intervento.

La Direttiva 2000/60/CE all'art. 8.1 impone agli Stati membri di istituire programmi di monitoraggio per la valutazione dello stato delle acque superficiali e delle acque sotterranee, al fine di definire una visione coerente e globale dello stato delle acque all'interno di ciascun distretto idrografico. I risultati del monitoraggio svolgono un ruolo chiave nel determinare se i corpi idrici sono in buono stato e quali misure devono essere previste al fine di raggiungere gli obiettivi di buono stato. La Regione Sardegna, in conformità a quanto previsto dal decreto No. 56 del 2009 dell'ex Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del mare ha provveduto ad adeguare i programmi di monitoraggio per la valutazione dello stato delle acque superficiali, secondo i criteri tecnici riportati nell'Allegato 1 del succitato decreto.

Il programma di monitoraggio è stato approvato con Delibera del Comitato istituzionale dell'Autorità del Bacino della Sardegna No. 5 del 13 Ottobre 2009 e successivamente dalla Regione Autonoma della Sardegna con delibera della Giunta Regionale No. 53/22 del 4 Dicembre 2009. Il programma di monitoraggio si distingue in "monitoraggio di sorveglianza" per i corpi idrici *non a rischio e probabilmente a rischio* ed in "monitoraggio operativo" per i corpi idrici *"a rischio"*.

Tabella 5.24: Corpi idrici della rete di monitoraggio approvato (DGR. No. 53/22 del 2009) per le diverse categorie di acque superficiali (Relazione Generale PdG – Secondo Ciclo)

Categoria di acque superficiali	Tipologia di monitoraggio				Totale corpi idrici da monitorare per categoria di acqua superficiale	Totale stazioni
	Sorveglianza		Operativo A Rischio	Destinazione Potabile ¹⁶		
	Non a Rischio	Probabilmente a Rischio				
Corsi d'acqua	29	18	93	2	140	144
Laghi ed Invasi	0	0	32	26	32	32
Acque di Transizione	0	0	42	0	42	17
Acque marino costiere	13	5	26	0	44	44
Totale corpi idrici	43	23	193	28	258	262

Il monitoraggio è stato attuato in Sardegna dall'Agenzia Regionale per la protezione dell'Ambiente (ARPAS) negli anni dal 2011 al 2015.

La classificazione dello Stato Ecologico (SE) e dello Stato Chimico (SC), viene effettuata sulla base delle indicazioni riportate nel DM 260/2010.

Anche per ciò che riguarda i laghi e gli invasi, la Regione Sardegna si è disposta di una rete di monitoraggio. Questa è costituita da un lago naturale e da 31 invasi, in base al Decreto No. 156 del 27 Novembre 2013, e alla Direttiva 2000/60/CE, corpi idrici fortemente modificati. Sono stati, inoltre, identificati tutti come a rischio trattandosi di aree sensibili, come già indicato nel sopra citato allegato al PTA; pertanto, sono sottoposti solo al monitoraggio operativo.

Di seguito si riporta il dettaglio per l'Invaso Flumendosa a Nuraghe Arrubiu (Medio Flumendosa), gli esiti del monitoraggio per lo stato ecologico e lo stato chimico effettuato nel ciclo 2016-2021.

Stato Ecologico – Monitoraggio e Classificazione QE Chimico Fisici

Nella tabella seguente si indicano i valori calcolati di LTLeCo per ogni anno di monitoraggio e la relativa classificazione effettuata in base a quanto previsto dal D.M. 260/2010 alla Tab. 4.4.1/c, con l'applicazione della deroga per la trasparenza per alcuni invasi.

Tabella 5.25: Classificazione LTLeCo

Anagrafica Corpi Idrici				Elementi di Qualità Chimico-Fisica (EQ – CF) LTLeCo									
CI-WFD	Tipo	Macrotipo	Denominazione	Giudizio LTLeCo 2016	Giudizio LTLeCo 2017	Giudizio LTLeCo 2018	LTLeCo 2016-2018 Da media parametri con deroga trasparenza Tab. 4.2.2/d	Giudizio LTLeCo 2019	Giudizio LTLeCo 2020	Giudizio LTLeCo 2021	LTLeCo 2019-2021 Da media parametri con deroga trasparenza Tab. 4.2.2/d	Anni di monitoraggio EQ-CF 16-18	Anni di monitoraggio EQ-CF 19-21
ITG-0039-LA4008	ME-5	I1	Flumendosa a Nuraghe Arrubiu (Medio Flumendosa)	13	9	10	10	11	10		10	3	2

Stato Ecologico – Monitoraggio e Classificazione EQB - Fitoplancton

Nella tabella seguente si elenca il risultato dell'elaborazione dell'indice IPAM per il fitoplancton e la classificazione effettuata ai sensi della tabella 2 del DD 341/STA/2016.

Tabella 5.26: Classificazione Indice Fitoplancton

Anagrafica Corpi Idrici				Elementi di Qualità Biologica (EQB) ICF/IPAM Fitoplancton									
CI-WFD	Tipo	Macrotipo	Denominazione	ICF 2016	IPAM 2017	IPAM 2018	Media IPAM/ICF 2016-2018	IPAM 2019	IPAM 2020	IPAM 2021	Media IPAM 2019-2021	Anni Monitoraggio EQB 16-18	Anni Monitoraggio EQB 19-21
ITG-0039-LA4008	ME-5	I1	Flumendosa a Nuraghe Arrubiu (Medio Flumendosa)	0.61	0.56	0.75	0.64	0.54	0.75		0.64	3	2

Stato Ecologico – Monitoraggio e Classificazione Inquinanti Specifici

Nella tabella seguente si rappresenta il monitoraggio degli inquinanti specifici effettuato negli invasi (D.M. 260/2010 - tabella 1/B), nelle celle il colore verde rappresenta lo stato buono mentre il colore blu con simbolo EL lo stato elevato. Inoltre, nelle celle in verde si riporta la sostanza rilevata in concentrazione superiore al LOQ ma inferiore allo SQA-MA.

Tabella 5.27: Classificazione Inquinanti Specifici

Anagrafica Corpi Idrici				Classificazione Inquinanti Specifici Tabella 1/B (DM 260/10)							
CI-WFD	Tipo	Macrotipo	Denominazione	Giudizio NP_2016	Giudizio NP_2017	Giudizio NP_2018	Giudizio NP_2019	Giudizio NP_2020	Giudizio NP_2021	Anni Monitoraggio EQB 16-18	Anni Monitoraggio EQB 19-21
ITG-0039-LA4008	ME-5	I1	Flumendosa a Nuraghe Arrubiu (Medio Flumendosa)				As	As		0	2

Classificazione dello Stato Ecologico

Complessivamente, sulla base di quanto sopra, di seguito si riporta la classificazione dello stato ecologico dell’Invaso Flumendosa a Nuraghe Arrubiu (Medio Flumendosa) con l’indicazione degli anni di monitoraggio.

Tabella 5.28: Classificazione Stato Ecologico - Monitoraggio Operativo

CI-WFD	Tipo	Macrotipo	Denominazione	Stato Ecologico 2016-2018	Stato Ecologico 2019-2021	Anni di Monit. QE 16-18	Anni di Monit. QE 19-21	Stato Ecologico Complessivo	Livello di affidabilità	Anni in cui è classificato	EQ che det. fallimento	Sostanza rilevata > LOQ	Sostanze conc. Med > SQA-MA
ITG-0039-LA4008	ME-5	I1	Flumendosa a Nuraghe Arrubiu (Medio Flumendosa)	BUONO	BUONO	3	2	BUONO	Alto	16-18/ 19-20		As	

Monitoraggio per lo Stato Chimico

La classificazione dello stato chimico degli invasi è stata effettuata: per 15 corpi idrici su un intervallo temporale di 3 o più anni, per 13 su due anni, per 3 sono state effettuate solo attività di screening con un unico campionamento annuale e pertanto non sono classificabili (celle barrate nella tabella).

Nella tabella seguente si riporta la classificazione dello stato chimico dell'Invaso Flumendosa a Nuraghe Arrubiu (Medio Flumendosa) per il sessennio 2016-2021 (le celle barrate sono relative alle sole attività di screening, con un unico campionamento annuale).

Tabella 5.29: Stato Chimico - Monitoraggio Operativo

CI-WFD	Tipo	Macrotipo	Denominazione	Stato Chimico_2016	Stato Chimico_2017	Stato Chimico_2018	Stato Chimico_2019	Stato Chimico_2020	Stato Chimico_2021	Classificazione Stato Chimico 2016-2020	No. Anni di Monit.	Liv. Di affidab.	SOST > SQA-MA	SOST > SQA-CMA	Anni in cui è classificato
ITG-0039-LA4008	ME-5	I1	Flumendosa a Nuraghe Arrubiu (Medio Flumendosa)		B		B	B		BUONO	2	Medio			2019-2020

Complessivamente, come si può vedere dalla precedente tabella, lo stato qualitativo del Lago Flumendosa può ritenersi soddisfacente.

5.5.6.2 Acque Sotterranee

5.5.6.2.1 Classificazione Qualità Corpi Idrici Sotterranei

Per i corpi idrici sotterranei lo stato di qualità ambientale è definito, per ogni acquifero individuato, sulla base di:

- ✓ stato quantitativo;
- ✓ stato chimico.

Lo stato quantitativo è definito come l'espressione del grado in cui un corpo idrico sotterraneo è modificato da estrazioni dirette e indirette. Il buono stato quantitativo è definito nella Tabella 4 della Parte B dell'Allegato 1 del D.Lgs 152/06, di cui si riporta uno stralcio: *“Il livello/portata di acque sotterranee nel corpo sotterraneo è tale che la media annua dell'estrazione a lungo termine non esaurisca le risorse idriche sotterranee disponibili. Di conseguenza, il livello delle acque sotterranee non subisce alterazioni antropiche tali da:*

- ✓ impedire il conseguimento degli obiettivi ecologici specificati per le acque superficiali connesse;

- ✓ comportare un deterioramento significativo della qualità di tali acque;
- ✓ recare danni significativi agli ecosistemi terrestri direttamente dipendenti dal corpo idrico sotterraneo.

Inoltre, alterazioni della direzione di flusso risultanti da variazioni del livello possono verificarsi, su base temporanea o permanente, in un'area delimitata nello spazio; tali inversioni non causano tuttavia l'intrusione di acqua salata o di altro tipo né imprimono alla direzione di flusso alcuna tendenza antropica duratura e chiaramente identificabile che possa determinare siffatte intrusioni. Un importante elemento da prendere in considerazione al fine della valutazione dello stato quantitativo è inoltre, specialmente per i complessi idrogeologici alluvionali, l'andamento nel tempo del livello piezometrico. Qualora tale andamento, evidenziato ad esempio con il metodo della regressione lineare, sia positivo o stazionario, lo stato quantitativo del corpo idrico è definito buono. Ai fini dell'ottenimento di un risultato omogeneo è bene che l'intervallo temporale ed il numero di misure scelte per la valutazione del trend siano confrontabili tra le diverse aree. È evidente che un intervallo di osservazione lungo permetterà di ottenere dei risultati meno influenzati da variazioni naturali (tipo anni particolarmente siccitosi).”

Il buono stato chimico delle acque sotterranee è definito nella Tabella 1 della Parte B dell'Allegato 1 come segue: “La composizione chimica del corpo idrico sotterraneo è tale che le concentrazioni di inquinanti:

- ✓ non presentano effetti di intrusione salina;
- ✓ non superano gli standard di qualità ambientale di cui alla Tabella 2 e i valori soglia di cui alla Tabella 3 in quanto applicabili;
- ✓ non sono tali da impedire il conseguimento degli obiettivi ambientali previsti (articoli 76 e 77 del Decreto No. 152 del 2006) per le acque superficiali connesse né da comportare un deterioramento significativo della qualità ecologica o chimica di tali corpi né da recare danni significativi agli ecosistemi terrestri direttamente dipendenti dal corpo idrico sotterraneo.”

Per quanto riguarda la conduttività, il buono stato chimico si ha quando “le variazioni della conduttività non indicano intrusioni saline o di altro tipo nel corpo idrico sotterraneo”.

Si riportano nella tabella seguente gli standard di qualità per le acque sotterranee riportati nella Tabella 2 della Parte B dell'Allegato 1 alla Parte Terza del D. Lgs 152/2006.

Tabella 5.30: Standard di Qualità per le Acque Sotterranee (D. Lgs. 152/2006)

Inquinante	Standard di Qualità
Nitrati	50 mg/l
Sostanze attive nei pesticidi, compresi i loro pertinenti metaboliti, prodotti di degradazione e di reazione *	0.1 µg/l 0.5 µg/l (totale) **
Note: * Per pesticidi si intendono i prodotti fitosanitari e i biocidi, quali definiti all'Articolo 2, rispettivamente del Decreto Legislativo 17 Marzo 1995, No. 194, e del Decreto Legislativo 25 Febbraio 2000, No. 174. ** "Totale" significa la somma di tutti i singoli pesticidi individuati e quantificati nella procedura di monitoraggio, compresi i corrispondenti metaboliti e i prodotti di degradazione e reazione.	

Nella successiva Tabella sono riportati i valori soglia ai fini del buono stato chimico, come riportati nella Tabella 3 della Parte B dell'Allegato 1. Il superamento dei valori soglia di cui alla tabella, in qualsiasi punto di monitoraggio è indicativo del rischio che non siano soddisfatte una o più condizioni concernenti il buono stato chimico delle acque sotterranee.

I valori soglia di cui alla tabella seguente si basano sui seguenti elementi:

- ✓ l'entità delle interazioni tra acque sotterranee ed ecosistemi acquatici associati ed ecosistemi terrestri che dipendono da essi;
- ✓ l'interferenza con legittimi usi delle acque sotterranee, presenti o futuri;
- ✓ la tossicità umana, l'ecotossicità, la tendenza alla dispersione, la persistenza e il loro potenziale di bioaccumulo.

Tabella 5.31: Valori Soglia ai fini del Buono Stato Chimico delle Acque Sotterranee (D. Lgs. 152/2006)

Inquinanti	Valori Soglia (µg/l)	Valori Soglia (µg/l) * (interazione acque superficiali)
ELEMENTI IN TRACCIA		
Antimonio	5	
Arsenico	10	
Boro	1,000	
Cadmio**	5	0.08 (Classe 1) 0.09 (Classe 2) 0.15 (Classe 3) 0.25 (Classe 4)
Cromo Totale	50	
Cromo VI	5	
Mercurio	1	0.007***
Nichel	20	4 (SQA biodisponibile)
Piombo	10	1.2 (SQA biodisponibile)
Selenio	10	
Vanadio	50	
COMPOSTI E IONI INORGANICI		
Cianuro libero	50	
Fluoruro	1,500	
Nitrito	500	
Fosfato		
Solfato	250 (mg/l)	
Cloruro	250 (mg/l)	
Ammoniaca (ione ammonio)	500	
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI		
Benzene	1	
Etilbenzene	50	
Toluene	15	
Para-xilene	10	
POLICLICI AROMATICI		
Benzo (a) pirene	0.01	1.7 x 10 ⁻⁴
Benzo (b) fluorantene	0.1	0.017***
Benzo (k) fluorantene	0.05	0.017***
Benzo (g,h,i) perilene	0.01	8.2 x 10 ⁻³ ***
Dibenzo (a, h) antracene	0.01	
Indeno (1,2,3-c,d) pirene	0.1	
ALIFATICI CLORURATI		
Tricloroetano	0.15	
Cloruro di Vinile	0.5	
1,2 Dicloroetano	3	
Tricloroetilene + Tetracloroetilene	10	
Esaclorobutadiene	0.15	0.05
1,2 Dicloroetilene	60	
ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI		
Dibromoclorometano	0.13	
Bromodiclorometano	0.17	
NITROBENZENI		
Nitrobenzene	3.5	
CLOROBENZENI		
Clorobenzene	40	
1,4 Diclorobenzene	0.5	
1,2,4 Triclorobenzene	190	
Triclorobenzeni (12002-48-1)		0.4

Inquinanti	Valori Soglia (µg/l)	Valori Soglia (µg/l) * (interazione acque superficiali)
Pentaclorobenzene	5	0.007
Esaclorobenzene	0.01	0.005
PESTICIDI		
Aldrin	0.03	
Beta-esaclorocicloesano	0.1	0.02 Somma degli esaclorocicloesani
DDT Totale ****	0.1	0.025
p,p-DDT		0.01
Dieldrin	0.03	
Sommatoria (aldrin, dieldrin, endrin, isodrin)		0.01
DIOSSINE E FURANI		
Sommatoria PCDD, PCDF	4x10 ⁻⁶	
ALTRE SOSTANZE		
PCB*****	0.01	
Idrocarburi totali (espressi come n-esano)	350	
Conduttività (µScm ⁻¹ a 20° C) - acqua non aggressiva.	2,500	
COMPOSTI PERFLUORURATI		
Acido perfluoropentanoico (PFPeA)	3	
Acido perfluoroesanoico (PFHxA)	1	
Acido perfluorobutansolfonico (PFBS)	3	
Acido perfluorooctanoico (PFOA)	0.5	0.1
Acido perfluorooctansolfonico (PFOS)	0.03	6.5x10 ⁻⁴
<p>Note:</p> <p>* Tali valori sono cautelativi anche per gli ecosistemi acquatici e si applicano ai corpi idrici sotterranei che alimentano i corpi idrici superficiali e gli ecosistemi terrestri dipendenti. Le Regioni, sulla base di una conoscenza approfondita del sistema idrologico superficiale e sotterraneo, possono applicare ai valori di cui alla colonna (*) fattori di attenuazione o diluizione. In assenza di tale conoscenza, si applicano i valori di cui alla medesima colonna.</p> <p>** Per il cadmio e composti i valori dei valori soglia variano in funzione della durezza dell'acqua classificata secondo le seguenti quattro categorie: Classe 1: < 50 mg CaCO₃/l, Classe 2: da 50 a < 100 mg CaCO₃/l, Classe 3: da 100 a < 200 mg CaCO₃/l e Classe 4: ≥ 200 mg CaCO₃/l.</p> <p>*** Tali valori sono espressi come SQA CMA (massime concentrazioni ammissibili) di cui al decreto legislativo n. 172/2015</p> <p>**** Il DDT totale comprende la somma degli isomeri p,p'-DDT (1,1,1-tricloro-2,2 bis(p-clorofenil)etano; CAS 50-29-3), o,p'-DDT (1,1,1-tricloro-2(o-clorofenil)-2-(p-clorofenil)etano; CAS 789-02-6), p,p'-DDE (1,1-dicloro-2,2 bis(p-clorofenil)etilene; CAS 72-55-9) e p,p'-DDD (1,1-dicloro-2,2 bis(p-clorofenil)etano; CAS 72-54-8).</p> <p>***** Il valore della sommatoria deve far riferimento ai seguenti congeneri: 28, 52, 77, 81, 95, 99, 101, 105, 110, 114, 118, 123, 126, 128, 138, 146, 149, 151, 153, 156, 157, 167, 169, 170, 177, 180, 183, 187, 189.</p>		

Infine, per quanto riguarda la classificazione dei corpi idrici sotterranei, essa viene effettuata attraverso i seguenti indici previsti dal D.Lgs 30/09 (in recepimento della Direttiva 2000/60/CE):

- ✓ SQUAS (Stato Quantitativo delle Acque Sotterranee);
- ✓ SCAS (Stato Chimico delle Acque Sotterranee).

Lo SQUAS (Stato Quantitativo delle Acque Sotterranee) è un indice che riassume in modo sintetico lo stato quantitativo di un corpo idrico sotterraneo, e si basa sulle misure di livello piezometrico nei pozzi, che dipendono dalle caratteristiche intrinseche di potenzialità dell'acquifero, da quelle idrodinamiche, da quelle legate della entità della sua ricarica ed infine dal grado di sfruttamento al quale è soggetto (pressioni antropiche).

Lo SQUAS fornisce una stima affidabile della risorsa idrica disponibile e ne valuta la tendenza nel tempo, onde verificare se la variabilità della ricarica ed il regime dei prelievi risultano sostenibili sul medio e lungo periodo, e quindi se e quanto le attività antropiche di emungimento sono ambientalmente compatibili. In genere, inoltre, gli eccessi di emungimento idrico sono responsabili o corresponsabili di importanti fenomeni di subsidenza.

Lo SCAS (Stato Chimico delle Acque Sotterranee) è un indice che riassume in modo sintetico lo stato qualitativo delle acque sotterranee (di un corpo idrico sotterraneo o di un singolo punto d'acqua) ed è basato sul confronto delle concentrazioni medie annue dei parametri chimici analizzati con i rispettivi standard di qualità e valori soglia definiti a livello nazionale dal D. Lgs 30/09 (Tabelle 2 e 3 dell'Allegato 3), tenendo conto anche dei valori di fondo naturale.

Lo stato chimico viene riferito a 2 classi di qualità, “Buono” e “Scarso”, secondo il giudizio di qualità definito dal D. Lgs 30/09 (si veda la tabella seguente). Il superamento dei valori di riferimento (standard e soglia), anche per un solo parametro, è indicativo del rischio di non raggiungere l'obiettivo di qualità prescritto, ossia lo stato “buono” al 2015 e può determinare la classificazione del corpo idrico in stato chimico “scarso”. Qualora ciò interessi solo una parte del volume del corpo idrico sotterraneo, inferiore o uguale al 20%, il corpo idrico può ancora essere classificato in stato chimico “buono”.

Tabella 5.32: Scala di Qualità Chimica per le Acque Sotterranee secondo la Direttiva 2000/60/CE recepita dal D. Lgs 30/09

Classe di Qualità	Giudizio di Qualità
Buono	La composizione chimica del corpo idrico sotterraneo è tale che le concentrazioni di inquinanti non presentano effetti di intrusione salina, non superano gli standard di qualità ambientale e i valori soglia stabiliti e infine, non sono tali da impedire il conseguimento degli obiettivi ambientali stabiliti per le acque superficiali connesse, né da comportare un deterioramento significativo della qualità ecologica o chimica di tali corpi, né da recare danni significativi agli ecosistemi terrestri direttamente dipendenti dal corpo idrico sotterraneo.
Scarso	Quando non sono verificate le condizioni di buono stato chimico del corpo idrico sotterraneo

5.5.6.2.2 Stato Acque Sotterranee

Il Piano Tutela delle Acque individua, per tutta la Sardegna, 37 complessi acquiferi principali, costituiti da una o più Unità Idrogeologiche con caratteristiche sostanzialmente omogenee; nel seguente elenco si riportano gli acquiferi che interessano il territorio della U.I.O. del Flumendosa:

- ✓ Acquifero dei Carbonati Mesozoici della Barbagia e del Sarcidano;
- ✓ Acquifero Detritico Carbonatico Oligo-Miocenico del Campidano Orientale;
- ✓ Acquifero Detritico Carbonatico Oligo-Miocenico del Salto di Quirra;
- ✓ Acquifero delle Vulcaniti Plio-Pleistoceniche della Giara di Gestori;
- ✓ Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario del Campidano;
- ✓ Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario di Muravera-Castidas.

Il bacino di monte in progetto e parte delle opere di progetto, interessano i depositi sedimentari carbonatici mesozoici, a cui risulta associato l'“Acquifero dei Carbonati mesozoici della Barbagia e del Sarcidano”.

Secondo il secondo aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna ai sensi della Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque) - Terzo ciclo di pianificazione 2021-2027, l'area di progetto interessa parzialmente (bacino di monte e parte delle opere in progetto), i Corpi idrici sotterranei dei carbonati mesozoici e paleozoici e in particolare, il No.3851 - Carbonati mesozoici del Tacco di Escalapano.

Di seguito si riporta la classificazione rilevata dal Piano di Gestione, per tale corpo idrico sotterraneo, relativamente al 2021.

Tabella 5.33: Classificazione Corpi Idrici Sotterranei 2021

COD CIS	Denominazione corpo idrico	STATO CHIMICO				STATO QUANTITATIVO				STATO COMPLESSIVO	
		Stato Chimico	Liv. Di confidenza	Motivo stato scarso	Parametron che determina lo stato scarso	Stato quantitativo	Livello di confidenza	Motivo stato scarso	Elemento associato allo stato scarso: bilancio idrico/trend liv. piez.	Stato complessivo	liv. di confidenza
3581	Carbonati mesozoici del Tacco di Escalapano	Buono	medio			Buono	medio			Buono	medio

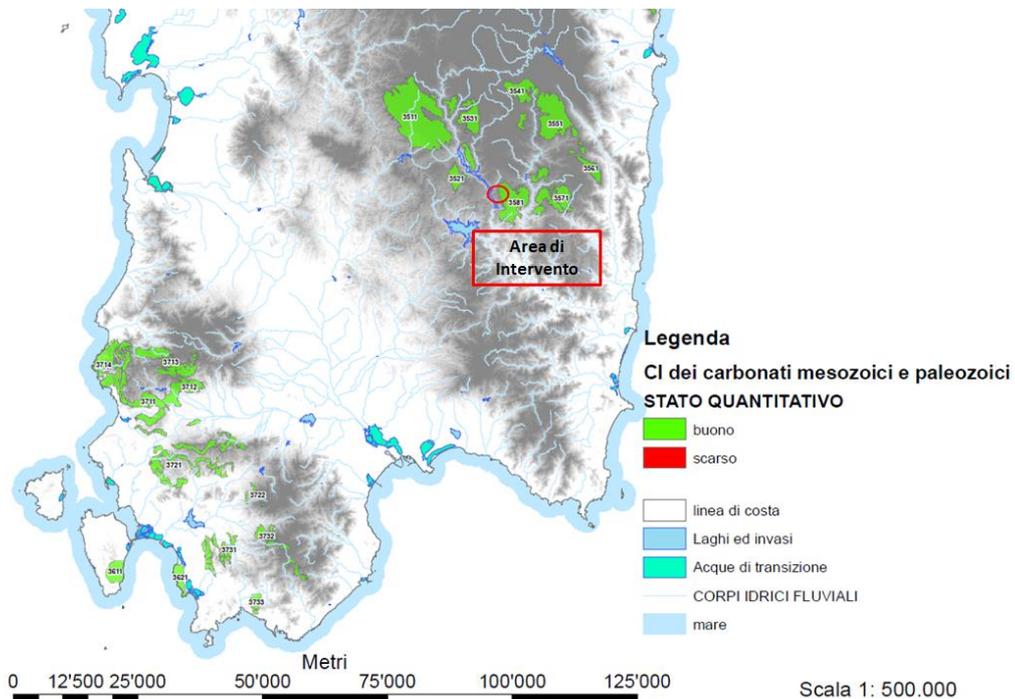


Figura 5.22: Classificazione corpi idrici sotterranei – Stato Quantitativo (Fonte: PdG 3° Ciclo di Pianificazione)

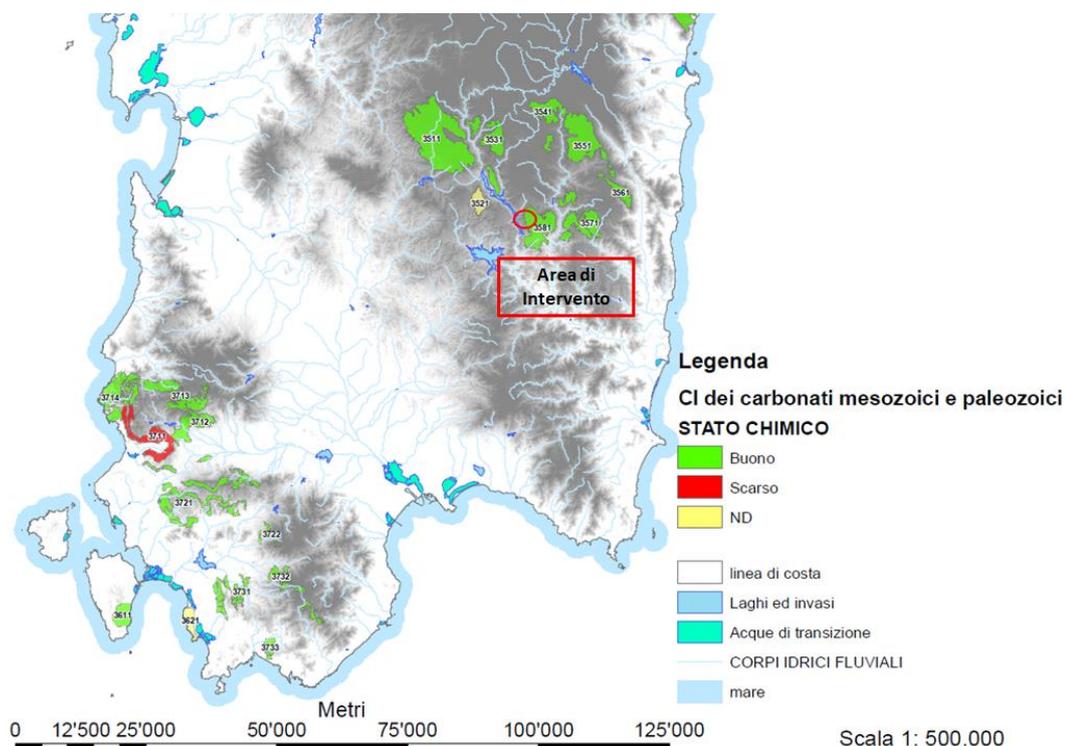


Figura 5.23: Classificazione corpi idrici sotterranei – Stato Chimico (Fonte: PdG 3° Ciclo di Pianificazione)

Da un confronto con i dati del 2015, non sono state rilevate variazioni significative.

Tabella 5.34: Confronto tra stato chimico, stato quantitativo e stato complessivo tra il 2021 e il 2015

COD CIS	Denominazione corpo idrico	STATO CHIMICO		STATO QUANTITATIVO		STATO COMPLESSIVO	
		Stato Chimico 2021	Stato Chimico 2015	Stato quantitativo 2021	Stato quantitativo 2015	Stato complessivo 2021	Stato complessivo 2015
3581	Carbonati mesozoici del Tacco di Escalapano	Buono	Buono	Buono	Buono	Buono	Buono

5.6 ATMOSFERA: ARIA E CLIMA

5.6.1 Caratterizzazione Meteoclimatica

5.6.1.1 Tendenze Climatiche Globali

Il presente paragrafo riporta una sintesi della tendenza climatica globale tratta dal Report “*The global climate in 2015-2019*” (WMO, 2020) redatto dalla Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO: *World Meteorological Organization*) e relativo all’ultimo quinquennio (2015-2019), che costituisce l’ultima delle Relazioni pluriennali sullo stato del clima globale precedentemente pubblicate dalla WMO (Rapporto decennale “*The Global Climate in 2001–2010*”, Rapporto quinquennale “*The Global Climate in 2011–2015*”).

Gli indicatori “chiave” del cambiamento climatico globale sono rappresentati da:

- ✓ Aumento delle concentrazioni dei gas ad effetto serra (CO₂: anidride carbonica, CH₄: metano, N₂O: protossido di azoto);

- ✓ Aumento della temperatura globale;
- ✓ Acidificazione degli oceani (in aumento a causa dell'aumento del CO₂);
- ✓ Riscaldamento globale degli oceani;
- ✓ Criosfera: innalzamento globale del livello degli oceani;
- ✓ Eventi estremi: mortalità e perdite economiche.

Rispetto al precedente quinquennio (2011-2015), il periodo 2015-2019 ha registrato un progressivo aumento di tendenza delle emissioni di CO₂ ed un conseguente aumento della relativa concentrazione nell'atmosfera con un tasso di crescita pari al 18% rispetto alla concentrazione preindustriale (prima del 1750). Si rileva infatti un incremento del carbonio antropogenico dal 2015 causato dall'aumento delle emissioni di CO₂ riconducibili principalmente alla combustione di combustibili fossili (carbone, petrolio e gas) ed alla produzione di cemento.

Le emissioni di CO₂ dal 2015 al 2019 sono stimate essere di circa 208 Gt (Gigatonnellate) superando le 200 Gt di CO₂ emesse durante il precedente quinquennio (2010-2014). Nella figura seguente sono mostrati gli andamenti delle serie temporali relative alle concentrazioni medie globali di CO₂ (esprese in ppm a sinistra), di CH₄ (esprese in ppb al centro) e di N₂O (esprese in ppb a destra); le linee blu rappresentano le concentrazioni globali medie mensili, mentre le linee rosse riportano le concentrazioni mensili mediate in cinque anni consecutivi.

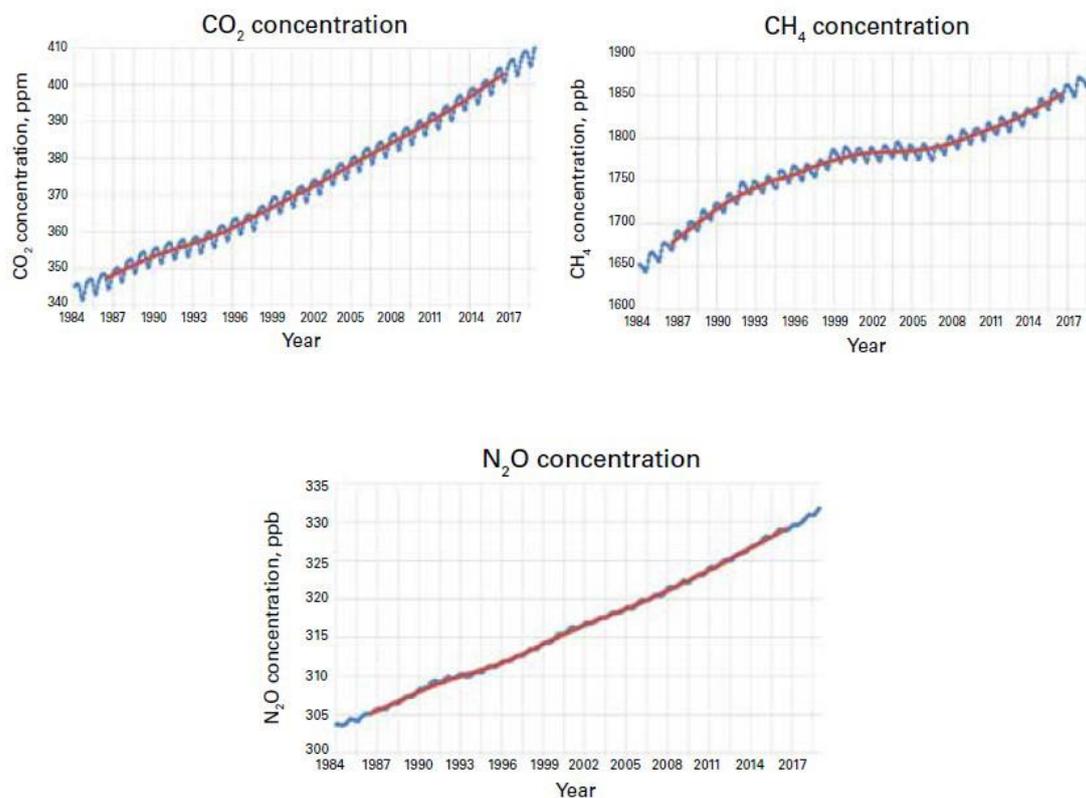


Figura 5.24: Serie temporali relative alle concentrazioni medie globali di CO₂ (a sinistra), CH₄ (al centro) e di N₂O (destra) (Fonte: WMO, 2020)

Il quinquennio 2015-2019 è risultato essere il più caldo di qualsiasi periodo equivalente registrato a livello globale, ed ha rilevato un aumento della temperatura globale media di $1.1 \pm 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$ rispetto a quella preindustriale (1850–1900), ed un aumento di $0.2 \pm 0.08 \text{ }^\circ\text{C}$ rispetto al precedente quinquennio (2011-2015); si rileva che l'anno 2016 è il più caldo mai registrato e il 2019 il secondo. Le temperature medie continentali mostrano in genere una maggiore variabilità rispetto alla media globale; in ogni caso le temperature medie per il periodo 2015-2019 risultano nominalmente le più calde rispetto a qualsiasi periodo antecedente al 2015 per ciascuno dei continenti; nella seguente figura tratta dal Report WMO 2015-2019 (WMO, 2020), si mostrano gli andamenti delle medie quinquennali relative alle anomalie della temperatura su scala continentale (rispetto al periodo 1981–2010) nel

periodo compreso tra il 1910 al 2019, ricavate da elaborazioni dei dati di fonte NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).

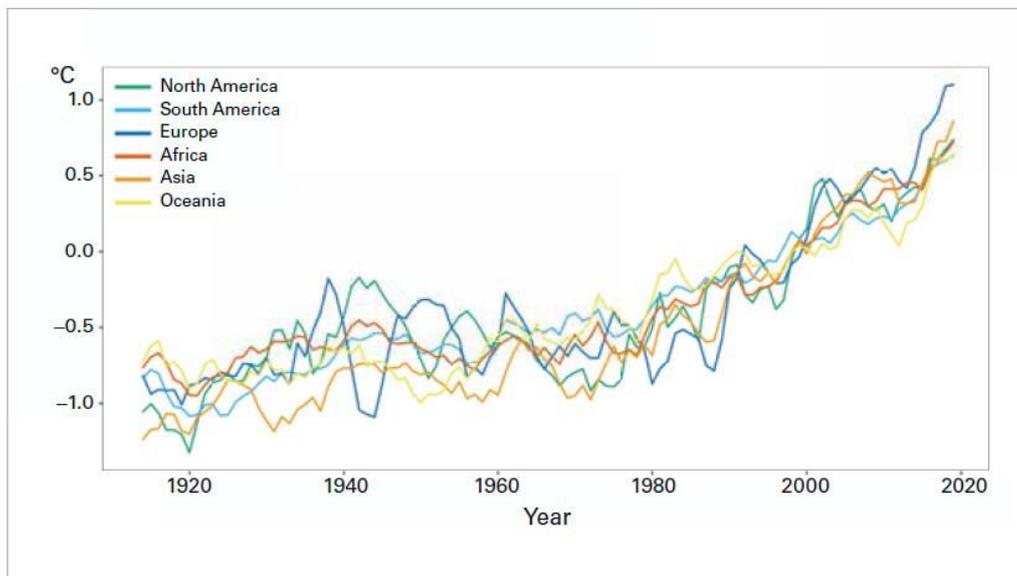


Figura 5.25: Andamenti delle anomalie della temperatura media globale e di quella in Italia, sito web dell'ISPRA SINANET – SCIA (sezione Prodotti climatici nazionali) (WMO, 2020)

La temperatura media globale sulla superficie terrestre per il 2015-2019 è risultata essere di circa 1.7 °C al di sopra del periodo preindustriale, e di 0.3 °C più calda rispetto al 2011-2015, mentre la temperatura media globale della superficie marina per il 2015-2019 è risultata superiore di circa 0.83 °C rispetto ai livelli preindustriali e di circa 0.13°C più calda rispetto al 2011-2015.

Nel quinquennio 2014-2019 il tasso di innalzamento medio globale del livello del mare è stato pari a 5 mm/anno; secondo studi recenti effettuati dall'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change: “Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate”, 2019*) il tasso medio di aumento per il periodo 2006-2015 è di 3-4 mm/anno, che risulta essere circa 2.5 volte il tasso del 1901 –1990 (1-2 mm/anno). Il tasso osservato di innalzamento medio globale del livello del mare è aumentato da 3.04 mm/anno nel periodo di 10 anni decennio 1997-2006 a 4.36 mm/anno nel decennio 2007–2016; la dilatazione termica causata dall'elevata capacità di assorbimento termico dei mari contribuisce in maniera sostanziale al tasso di innalzamento del livello (1.34 mm/anno sul totale di 3.04 mm/anno nel periodo 1997-2006, 1.47 mm/anno sul totale di 4.36 mm/anno nel decennio 2007–2016). Alla tendenza predominante di aumento del livello del mare a causa dell'aumento di temperatura consegue una continua diminuzione delle coperture criogeniche dell'artico e dell'antartico.

L'aumento della concentrazione oceanica di CO₂ ha causato un incremento di acidità degli oceani, che assorbono circa il 23% delle emissioni annuali di CO₂ antropogenica nell'atmosfera, contribuendo così ad alleviare gli impatti dei cambiamenti climatici sul pianeta. Tale fenomeno, tuttavia, risulta avere un impatto ecologico molto negativo in quanto la CO₂ assorbita reagisce con l'acqua di mare aumentando il pH dell'oceano, modificando lo stato di saturazione dell'aragonite, che rappresenta la principale forma di carbonato di calcio utilizzata per la formazione di gusci e materiale scheletrico. Le osservazioni da fonti oceaniche aperte negli ultimi 20-30 anni hanno mostrato una chiara tendenza alla riduzione della media del pH causato da maggiori concentrazioni di CO₂ nell'acqua di mare.

Le precipitazioni sono aumentate in alcune regioni e diminuite in altre; le ondate di calore registrate nel periodo 2015-2019 in tutti i continenti e i valori di temperatura record hanno causato incendi senza precedenti verificatisi in particolare in Europa, Nord America, Australia, nella foresta pluviale amazzonica e nelle regioni artiche.

Molti dei maggiori impatti del clima sono associati agli eventi estremi, che possono essere eventi a breve termine, come ad esempio i cicloni tropicali, o eventi che possono protrarsi per mesi o anni, come la siccità. Alcuni eventi estremi comportano una perdita sostanziale della vita o lo sfollamento della popolazione, altri possono avere perdite limitate ma gravi conseguenze economiche. I rischi legati alla variabilità climatica hanno accentuato l'insicurezza alimentare in molti luoghi, in particolare in Africa, a causa della siccità, con conseguente aumentato del rischio complessivo di malattie o decessi legati al clima.

Le temperature più elevate della superficie marina hanno avuto serie ripercussioni sia sulla biosfera degli ecosistemi acquatici, sia sull'economia in termini di Prodotto Interno Lordo (PIL) nei paesi in via di sviluppo.

5.6.1.2 Inquadramento Generale

Il clima della Sardegna viene generalmente classificato come “Mediterraneo Interno”, caratterizzato da inverni miti e relativamente piovosi ed estati secche e calde.

Il Mediterraneo può essere considerato da un punto di vista più generale come una fascia di transizione tra le zone tropicali (dove le stagioni sono definite in accordo alla quantità di pioggia in accordo alla quantità di pioggia) e le zone temperate, dove le stagioni sono caratterizzate dalle variazioni di temperatura; ne conseguono grandi variazioni inter stagionali di precipitazione accompagnate da variazioni di temperatura, senza che però le une e le altre raggiungano i valori estremi tipici delle due aree climatiche (Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna SAR, sito web).

5.6.1.3 Analisi di Dettaglio

Da quanto riportato dal Programma Provinciale di Previsione e Prevenzione dei Rischi della Protezione Civile (2004), uno studio condotto dall'ENEA a livello nazionale ha sfruttato i dati provenienti da 1,313 stazioni (appartenenti alla Rete Agrometeorologica Nazionale – RAN, al Servizio Idrografico e Mareografico – SIMN, all'Aeronautica Militare Italiana – AMI), su un arco temporale che va dal 1950 al 1995. Di seguito si riporta la classificazione prodotta, basata sulla suddivisione dei mesi dell'anno in mesi molto freddi, mesi freddi, mesi confortevoli, mesi caldi, mesi molto caldi. Nella seguente tabella ne sono sintetizzate le caratteristiche.

Tabella 5.35: Classificazione Climatica

Tipologia Mesi	Caratteristiche
Molto freddo	$T_{max} \leq 19 \text{ °C} - T_{min} \leq 0 \text{ °C}$
Freddo	$T_{max} \leq 19 \text{ °C} - T_{min} \leq 10 \text{ °C}$
Confortevole	$19 \text{ °C} \leq T_{max} \leq 27 \text{ °C}$
Caldo	$27 \text{ °C} \leq T_{max} \leq 32 \text{ °C}$
Molto caldo	$T_{max} \geq 32 \text{ °C}$

A ciascuna zona climatica corrisponde una sigla composta dal numero di mesi confortevoli presenti nell'anno e dalla lettera “F” o “C” a seconda se sono più di 6 i mesi freddi e molto freddi o, viceversa, più di 6 i mesi caldi e molto caldi e per quanto riguarda l'area in questione, ad Esterzili è associata alla lettera 4F

Nei successivi paragrafi vengono analizzate le caratteristiche termometriche, pluviometriche e anemometriche dell'area in esame tratte, in parte, dallo studio di “Analisi agrometeorologica e climatologica della Sardegna”, redatto dal Dipartimento Specialistico Regionale Idrometeorologico dell'Arpa Sardegna nel periodo ottobre 2019 – settembre 2020, basato principalmente sui dati delle reti meteorologiche dell'ARPAS, integrati con quelli della rete del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare e dell'Ente Nazione assistenza al Volo (ARPA Sardegna ©, 2019).

L'andamento termopluviometrico regionale dell'annata Ottobre 2019 – Settembre 2020 è stato confrontato con la media relativa al periodo 1995-2014 (per la Temperatura) e 1971-2000 (per le Precipitazioni).

5.6.1.3.1 Regime Termometrico

Dall'esame della figura successiva riportata si può evincere come la media delle temperature massime per l'area di interesse dell'annata 2019-2020 mostra valori compresi prevalentemente tra 18 e 20°C, mentre il confronto con la media del periodo (1995-2014) mostra delle anomalie positive di temperatura massima comprese tra +0.5 e +2°C.

Come si vede l'annata 2019-2020 risulta essere caratterizzata da una anomalia della temperatura pari a +2 °C e risulta la seconda più elevata dal 1880 in Sardegna.

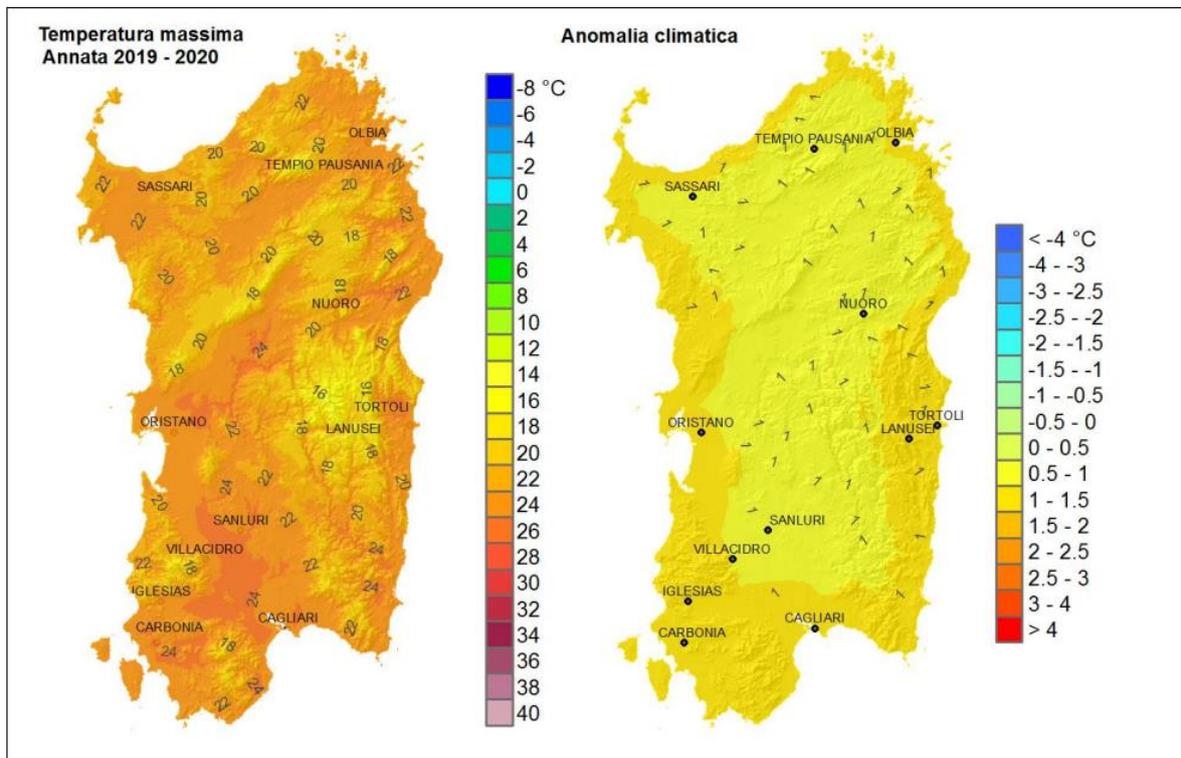


Figura 5.26: Regione Sardegna, Media delle Temperature Massime dell'annata 2019 - 2020 ed Anomalia rispetto alla Media 1995 - 2014 (ARPA Sardegna (c), 2020)

Nel caso delle temperature minime per l'area di interesse dell'annata 2019-2020 vanno dai circa 4-6 °C del Gennargentu sino ai 12-14 °C delle coste, mentre il confronto con la media del periodo (1995-2014) mostra delle anomalie positive di temperatura massima comprese tra +0.3 e +0.5°C.

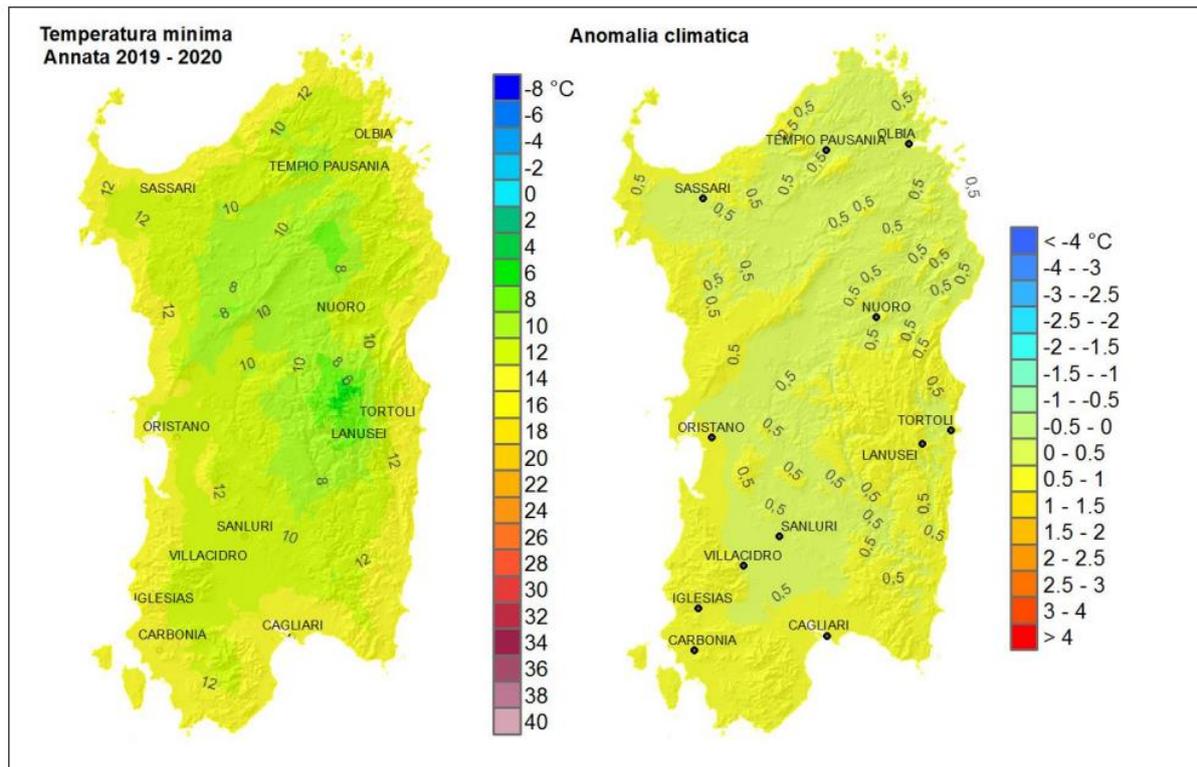


Figura 5.27: Regione Sardegna, Media delle Temperature Minime dell'Annata 2019 - 2020 ed Anomalia rispetto alla Media 1995 - 2014 (ARPA Sardegna (c), 2020)

5.6.1.3.2 Regime Pluviometrico

Per quanto riguarda le precipitazioni, si riportano i cumulati riferiti al semestre piovoso (ottobre 2019 – aprile 2020) ed al quinquemestre maggio-settembre 2020, confrontati con la Media Climatologica nel Periodo 1971 – 2000.

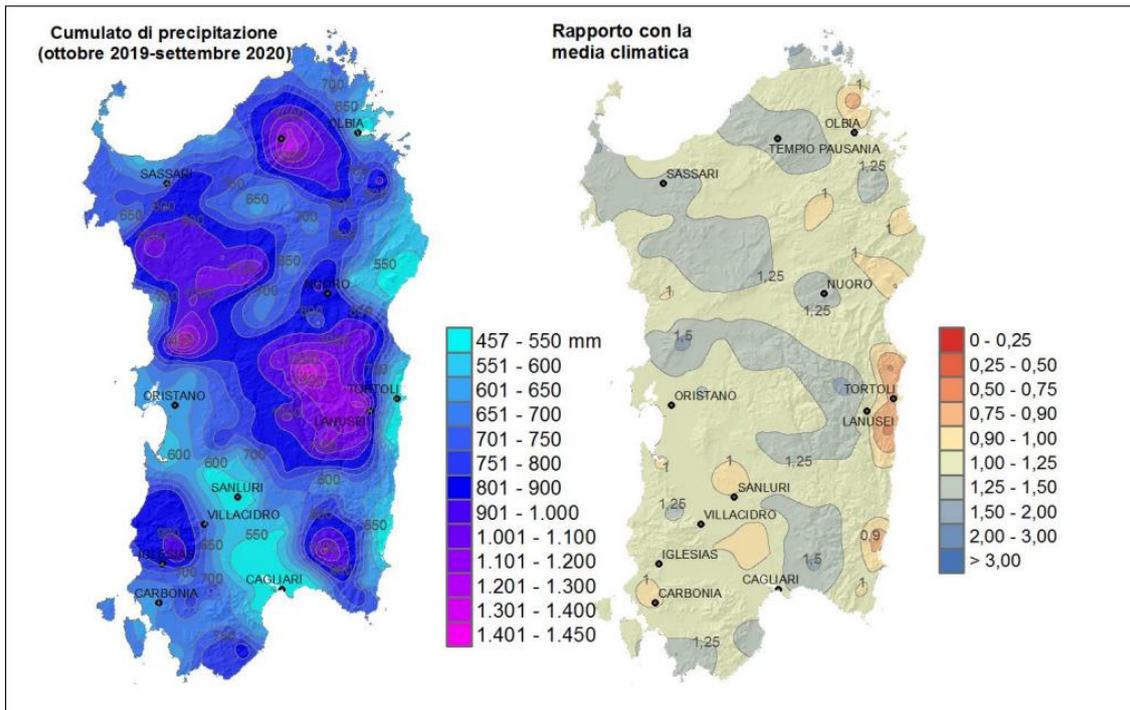


Figura 5.28: Regione Sardegna, Cumulato di Precipitazione da Ottobre 2019 a Settembre 2020 e Rapporto con la Media Climatologica nel Periodo 1971 - 2000 (ARPA Sardegna (c), 2019)

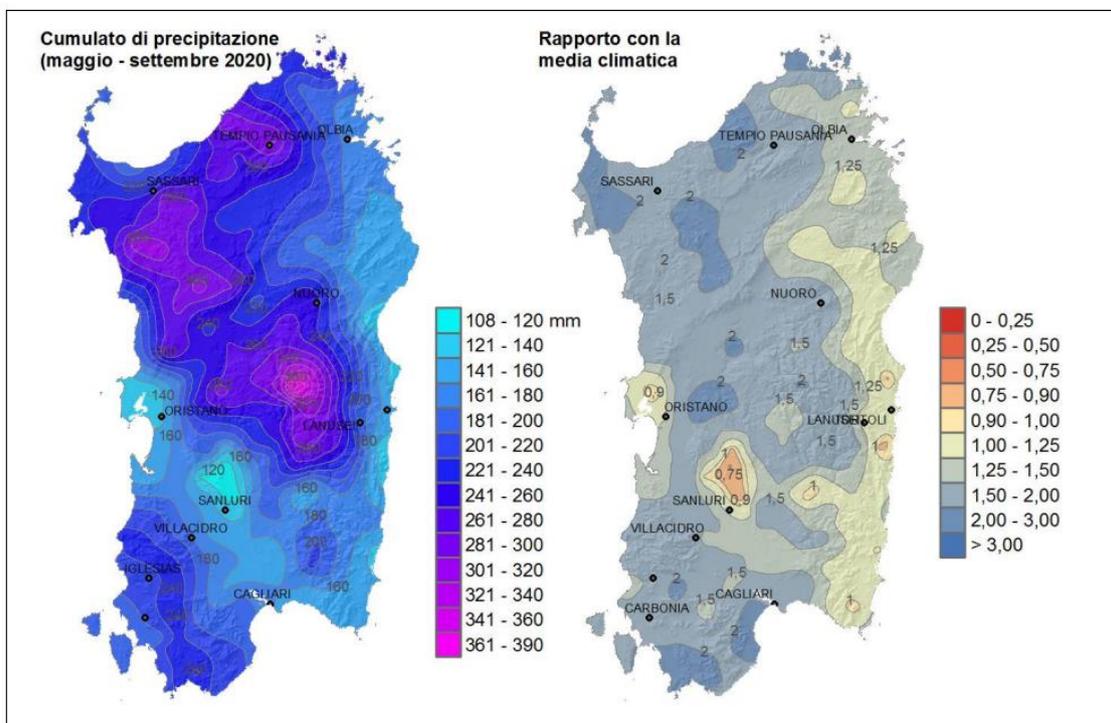


Figura 5.29: Regione Sardegna, Cumulato di Precipitazione da Maggio a Settembre 2020 e Rapporto con la Media Climatologica nel Periodo 1971 - 2000 (ARPA Sardegna (c), 2020)

I cumulati di precipitazione da Ottobre 2019 ad Settembre 2020 risultano compresi tra i 455 e i 1400 mm per tutta la Sardegna, e il confronto con la climatologia mostra valori per buona parte della regione sostanzialmente in linea con la media 1971-2000 (rapporto compreso tra 1.00 e 1.50).

I cumulati di precipitazione maggio-settembre 2020 (periodo più arido) risultano compresi tra i 120 e i 350 mm, e il confronto con la climatologia mostra valori medi di precipitazione che sono in rapporto con la media 1971-2000 con valori compresi tra 1.00 e 2.00.

5.6.1.3.3 Regime Anemologico

Al fine di avere un inquadramento anemologico generale dell'area di interesse per il progetto, nella seguente figura si riporta un estratto della Tavola “Atlante Eolico dell'Italia” elaborata da RSE (Ricerca Sistema Energetico) in collaborazione con il Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova, riportante la mappa della velocità media annua del vento a 25 m s.l.t./s.l.m. (Regione Sardegna (h), 2015).

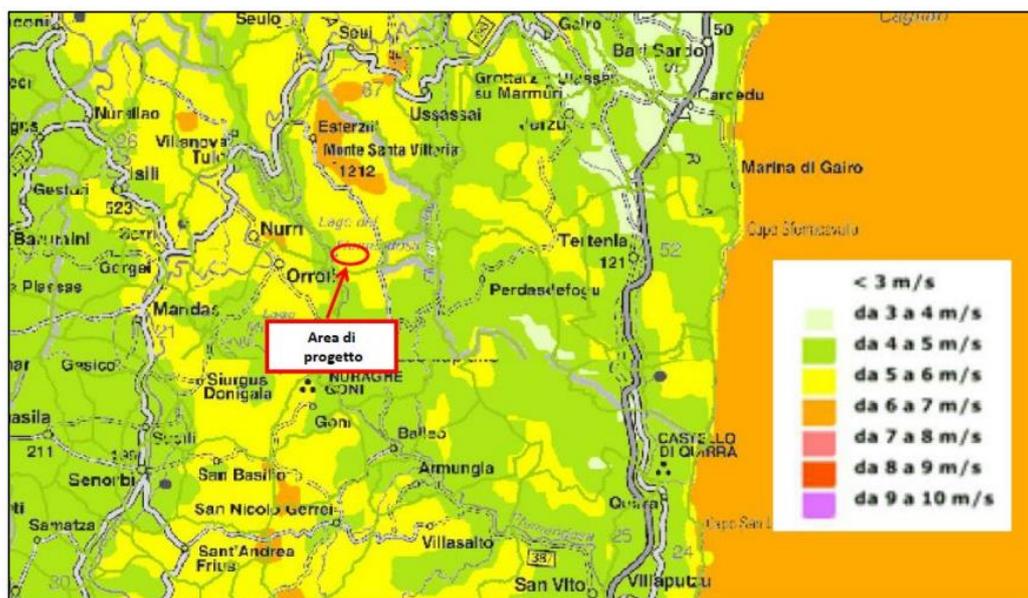


Figura 5.30: Mappa della Velocità Media Annua del Vento a 25 m s.l.t./s.l.m (Regione Sardegna (h), 2015)

Dalla precedente figura è possibile stimare che l'area interessata dal progetto sia caratterizzata da classi di velocità media annua prevalentemente di 5-6 m/s.

5.6.2 Caratterizzazione dello Stato di Qualità dell'Aria

5.6.2.1 Normativa di Riferimento della Qualità dell'Aria

Gli standard di qualità dell'aria sono stabiliti dal Decreto Legislativo 13 Agosto 2010, No.155 e s.m.i. “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”, pubblicato sulla G.U. No. 216 del 15 Settembre 2010 (Suppl. Ordinario No. 217) e in vigore dal 30 Settembre 2010.

Tale decreto regola i livelli in aria ambiente di biossido di zolfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), monossido di carbonio (CO), particolato (PM₁₀ e PM_{2,5}), piombo (Pb) benzene (C₆H₆), oltre alle concentrazioni di ozono (O₃) e ai livelli nel particolato PM₁₀ di cadmio (Cd), nichel (Ni), arsenico (As) e benzo(a)pirene (BaP). Il D.Lgs.155/2010 è stato aggiornato dal Decreto Legislativo No. 250/2012 (in vigore dal 12 Febbraio 2013) che ha fissato il margine di tolleranza (MDT) da applicare, ogni anno, al valore limite annuale per il PM_{2,5} (25 µg/m³, in vigore dal 1° Gennaio 2015). Sono stati emanati successivamente:

- ✓ il DM Ambiente 29 Novembre 2012 che, in attuazione del Decreto Legislativo No.155/2010, individua le stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria;

- ✓ il Decreto Legislativo No. 250/2012 che modifica ed integra il Decreto Legislativo No.155/2010 definendo anche il metodo di riferimento per la misurazione dei composti organici volatili;
- ✓ il DM Ambiente 22 Febbraio 2013 che stabilisce il formato per la trasmissione del progetto di adeguamento della rete di monitoraggio;
- ✓ il DM Ambiente 13 Marzo 2013 che individua le stazioni per le quali deve essere calcolato l'indice di esposizione media per il PM2,5;
- ✓ il DM 5 maggio 2015 che stabilisce i metodi di valutazione delle stazioni di misurazione della qualità dell'aria di cui all'articolo 6 del Decreto Legislativo n.155/2010;
- ✓ il DM Ambiente 26 Gennaio 2017 (G.U.09/02/2017), che integrando e modificando la legislazione italiana di disciplina della qualità dell'aria, attua la Direttiva (UE) 2015/1480, modifica alcuni allegati delle precedenti direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE nelle parti relative ai metodi di riferimento, alla convalida dei dati e all'ubicazione dei punti di campionamento per la valutazione della qualità dell'aria ambiente;
- ✓ il DM Ambiente 30 Marzo 2017 che individua le procedure di garanzia di qualità per verificare il rispetto delle qualità delle misure dell'aria ambiente effettuate nelle stazioni delle reti di misura dell'aria ambiente, effettuate nelle stazioni di reti di misura, con l'obbligo del gestore di adottare un sistema di qualità conforme alla norma ISO 9001.

Nella successiva Tabella vengono riassunti i valori limite per i principali inquinanti ed i livelli critici per la protezione della vegetazione per il Biossido di Zolfo e per gli Ossidi di Azoto come indicato dal sopraccitato Decreto.

Tabella 5.36: Valori Limite e Livelli Critici per i Principali Inquinanti Atmosferici, Decreto Legislativo 24 Dicembre 2012, No. 250

Periodo di Mediazione	Valore Limite/Livello Critico
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)	
1 ora	350 µg/m ³ ⁽¹⁾ da non superare più di 24 volte per anno civile
24 ore	125 µg/m ³ ⁽¹⁾ da non superare più di 3 volte per anno civile
anno civile e inverno (1/10-31/03) (protezione della vegetazione)	20 µg/m ³
BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂) (*)	
1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
anno civile	40 µg/m ³
OSSIDI DI AZOTO (NO_x)	
anno civile (protezione della vegetazione)	30 µg/m ³
POLVERI SOTTILI (PM₁₀) (**)	
24 ore	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile
anno civile	40 µg/m ³
POLVERI SOTTILI (PM_{2.5})	
FASE I	
anno civile	25 µg/m ³ ^(3-bis)
FASE II	
anno civile	⁽⁴⁾
PIOMBO (Pb)	
anno civile	0.5 µg/m ³ ⁽³⁾
BENZENE (C₆H₆) (*)	
anno civile	5 µg/m ³

MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	
Media massima giornaliera calcolata su 8 ore ⁽²⁾	10 mg/m ³ ⁽¹⁾

Note:

- (1) In vigore dal 1 Gennaio 2005
- (2) La massima concentrazione media giornaliera su 8 ore si determina con riferimento alle medie consecutive su 8 ore, calcolate sulla base di dati orari ed aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata è riferita al giorno nel quale la serie di 8 ore si conclude: la prima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.
- (3) La norma prevedeva il raggiungimento di tale valore limite deve essere raggiunto entro il 1° gennaio 2010 in caso di aree poste nelle immediate vicinanze delle fonti industriali localizzate presso siti contaminati da decenni di attività industriali. Le aree in cui si applica questo valore limite non devono comunque estendersi per una distanza superiore a 1,000 m rispetto a tali fonti industriali
- (3-bis) La somma del valore limite e del relativo margine di tolleranza da applicare in ciascun anno dal 2008 al 2015 è stabilito dall'allegato I, parte (5) della Decisione 2011/850/UE e successive modificazioni.
- (4) Valore limite da stabilire con successivo decreto ai sensi dell'articolo 22, comma 6, tenuto conto del valore indicativo di 20 µg/m³ e delle verifiche effettuate dalla Commissione europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri.
- (*) Per le zone e gli agglomerati per cui è concessa la deroga prevista dall'articolo 9, comma 10, i valori limite devono essere rispettati entro la data prevista dalla decisione di deroga, fermo restando, fino a tale data, l'obbligo di rispettare tali valori aumentati del margine di tolleranza massimo.
- (**) Per le zone e gli agglomerati per cui è concessa la deroga prevista dall'articolo 9, comma 10, la norma prevedeva che i valori limite dovessero essere rispettati entro l'11 giugno 2011.

Per quanto riguarda l'ozono, di seguito si riportano i valori obiettivo e gli obiettivi a lungo termine, come stabiliti dalla normativa vigente.

Tabella 5.37: Ozono – Valori Obiettivo e Obiettivi a Lungo Termine

Valori Obiettivo		
Finalità	Periodo di Mediazione	Valore Obiettivo
Protezione della salute umana	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h ⁽¹⁾	120 µg/m ³ da non superare più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni ⁽²⁾
Protezione della vegetazione	Da Maggio a Luglio	AOT40 ⁽³⁾ (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 18.000 µg/m ³ h come media su 5 anni ⁽²⁾
Obiettivi a Lungo Termine		
Protezione della salute umana	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h nell'arco di un anno civile	120 µg/m ³
Protezione della vegetazione	Da Maggio a Luglio	AOT40 (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 6,000 µg/m ³ h

Note:

- (1) La massima concentrazione media giornaliera su 8 ore deve essere determinata esaminando le medie consecutive su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore così calcolata è riferita al giorno nel quale la stessa si conclude. La prima fascia di calcolo per ogni singolo giorno è quella compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per ogni giorno è quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.
- (2) Se non è possibile determinare le medie su 3 o 5 anni in base ad una serie intera e consecutiva di dati annui, la valutazione della conformità ai valori obiettivo si può riferire, come minimo, ai dati relativi a:
 - Un anno per il valore-obiettivo ai fini della protezione della salute umana;
 - Tre anni per il valore-obiettivo ai fini della protezione della vegetazione.
- (3) AOT40: somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ e 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00.

5.6.2.2 Rete di Monitoraggio

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria in Regione Sardegna è gestita dall'ARPA Sardegna a cui compete istituzionalmente la gestione dei monitoraggi ambientali, ed è costituita da centraline automatiche di misura dislocate sul territorio regionale.

Con riferimento al “Piano regionale di qualità dell'aria ambiente” della Regione Autonoma della Sardegna approvato con Delibera No. 1/3 del 10 gennaio 2017 (Regione Autonoma della Sardegna, 2017), l'area di interesse per il progetto, ricadente nel comune di Esterzili (ex Provincia del Sud Sardegna, ora Città Metropolitana di Cagliari), risulta compresa nelle zone IT2010 (zona rurale) e IT2011 (zona per l'ozono).

La rete di monitoraggio dell'ARPA Sardegna si articola di stazioni ubicate nelle aree industriali ed urbane, e stazioni di fondo negli ambiti rurali. Con riferimento all'area di interesse, a partire dal 2011 la Rete regionale si è dotata, nell'ambito del piano di adeguamento, di una stazione di fondo rurale regionale nei siti rurali denominata “CENSE0”, ubicata nel Complesso Forestale del Sarcidano nella zona di Seulo, che risulta essere la stazione più prossima all'area di progetto, posta ad oltre 20 km a nord-ovest dalla stessa.

Per la valutazione della qualità dell'aria nell'area di progetto si è fatto riferimento al documento “Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021” redatto dalla Direzione Tecnico Scientifica – Servizio Monitoraggio dell'Arpa Sardegna” (ARPA Sardegna, 2023), che riporta, i dati di concentrazione degli inquinanti rilevati dalle centraline della rete regionale.

Nella seguente tabella sono riportate le caratteristiche principali della stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di Seulo, che risulta la più vicina ad Esterzili (circa 40 km dall'area di progetto).

Tabella 5.38: Stazioni di Monitoraggio della Qualità dell'Aria nel Comune di Seulo

Nome stazione	Coordinate Piane [m] UTM		Provincia	Tipologia	Inquinanti Misurati
	E	N			
CENSE0, Comune di Seulo	321458	4159584	ex Sud Sardegna	Fondo rurale remota	CO, NO ₂ , O ₃ , SO ₂ PM ₁₀ , PM _{2.5}

Di seguito si riportano i trend dei principali inquinanti rilevati nella centralina di Seulo, tratti dalla relazione annuale sulla qualità dell'aria di Arpa Sardegna del 2021.

In generale la stazione di fondo regionale ubicata a Seulo registra una situazione ampiamente entro la norma. Esiste una criticità relativa all'O₃ in relazione al valore obiettivo per la protezione della salute umana, da tenere sotto osservazione.

5.6.2.2.1 Biossidi di Azoto e Ossidi di Azoto (NO₂, NO_x)

Per quanto riguarda il biossido di azoto (NO₂), la media annua è di 1 µg/m³, mentre il massimo valore orario è di 13 µg/m³. I valori, ben lontani dal limite normativo rispettivamente di 40 µg/m³ e 200 µg/m³, si mantengono stabili nel tempo con medie annuali di circa 1 µg/m³.

Tabella 5.39: Stazione di Seulo 2017-2021 – Concentrazioni di NO₂

Stazione	Tipo di Aggregazione	Valori di riferimento per la qualità dell'aria Biossido di azoto (NO ₂) - Concentrazione [µg/m ³]				
		2017	2018	2019	2020	2021
Seulo	Media Annuale (valore limite anno civile di 40 µg/m ³)	1.2	0.8	0.8	0.7	0.7
Seulo	Numero superamenti del Valore Limite orario (VL 200 µg/m ³)	0	0	0	0	0

5.6.2.2.2 Ozono (O₃)

I valori di ozono (O₃) evidenziano massime medie mobili di otto ore di 155 µg/m³ e massimi valori orari di 162 µg/m³, valore al di sotto della soglia di informazione (180 µg/m³) e della soglia di allarme (240 µg/m³). In relazione al valore

obiettivo (VO) per la protezione della salute umana ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla massima media mobile giornaliera di otto ore da non superare più di 25 volte in un anno civile come media sui tre anni), si calcola nel 2021 una media triennale di 28 superamenti, con violazione del limite di 25 imposto dalla normativa.

Si evidenzia nel 2021 una maggiore criticità dei livelli di ozono, già rilevata negli anni precedenti e valutata nella pianificazione regionale sulla qualità dell'aria. Nella tabella seguente si evidenziano i superamenti dell'obiettivo a lungo termine (OLT) e del valore obiettivo (VO) registrati nell'area di Seulo e quest'ultimi mediati sugli ultimi tre anni.

Tabella 5.40: Stazione di Seulo 2017-2021 – Concentrazioni di Ozono

Stazione	Tipo di Aggregazione	Valori di Riferimento per la Qualità dell'Aria Ozono - Numero dei Superamenti				
		2017	2018	2019	2020	2021
Seulo	Numero di superamenti del limite sulla media mobile delle 8 ore (OLT) (Limite di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 25 volte in un anno)	39	8	32	16	36
	Numero di superamenti del limite sulla media mobile delle 8 ore (VO) (Limite di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 25 volte in un anno civile come media su 3 anni)	22	18	26	19	28

Si segnala peraltro che, data l'ubicazione della stazione, situata all'interno del Complesso Forestale del Sarcidano, il rischio di esposizione della popolazione è trascurabile.

5.6.2.2.3 Particolato fine (PM_{10})

Per quanto riguarda il PM_{10} , la media annua è di $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rimanendo quindi nettamente al di sotto del limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre si registra una massima giornaliera di $126 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Non si registra nessuna violazione del limite di legge.

Tabella 5.41: Stazione di Seulo 2017-2021 – Concentrazioni di PM_{10}

Tipo di Aggregazione	Valori di riferimento per la qualità dell'aria PM_{10} - Concentrazione [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] e numero dei superamenti				
	2017	2018	2019	2020	2021
Media Annuale (valore limite anno civile di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	11.8	12.8	11.6	10.2	13.3
Numero superamenti del Valore Limite giornaliero (valore limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	1	4	0	1	10

5.6.2.2.4 Particolato fine ($\text{PM}_{2.5}$)

Presso la centralina di Seulo non è mai stato registrato il superamento del valore limite per la media annua del $\text{PM}_{2.5}$ di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tra il 2017 ed il 2020. Il valore del particolato ha una media annua di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore stabile nel tempo che rientra appunto ampiamente entro il limite di legge.

Tabella 5.42: Stazioni di Seulo 2017-2021 – Concentrazioni di $\text{PM}_{2.5}$

Tipo di aggregazione	Valori di riferimento per la qualità dell'aria $\text{PM}_{2.5}$				
	2017	2018	2019	2020	2021
Media Annuale (valore limite anno civile di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	6.8	6.6	4.7	4.3	5.3

5.6.3 Contributi Emissivi

Per “inventario delle emissioni” si intende una serie organizzata di dati relativi alla stima dei contributi emissivi introdotti nell’atmosfera da sorgenti naturali e/o da attività antropiche raggruppati per:

- ✓ fonti emissive;
- ✓ intervallo temporale (anno, mese, giorno, ecc.);
- ✓ unità territoriale (regione, provincia, comune, maglie di 1 km², ...);
- ✓ combustibile (per i soli processi di combustione).

L’inventario è realizzato ai sensi del Decreto Legislativo 13 Agosto 2010, No. 155 di Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell’aria ambiente e per un’aria più pulita in Europa. La suddetta legislazione prevede la realizzazione dell’inventario delle emissioni con riferimento ad uno specifico anno. La Regione Sardegna ha attualmente realizzato gli inventari relativi agli anni 2001 e 2010.

Le fonti di emissione sono classificate secondo la nomenclatura standard europea denominata SNAP (*Selected Nomenclature for Air Pollution*) nella versione aggiornata al 2007, definita nell’ambito del progetto EMEP/EEA *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook* (in precedenza EMEP CORINAIR) dell’Agenzia europea dell’ambiente. La nomenclatura SNAP classifica e raggruppa le sorgenti di emissione secondo tre livelli: macrosettore, settore, attività.

5.6.3.1 Inquinanti Principali

Per l’analisi delle emissioni atmosferiche a livello di contributo massico nell’ambito di intervento si è proceduto analizzando i dati relativi all’anno 2010 estratti dalle banche dati disponibili presso il sito internet della Regione Sardegna.

Per la caratterizzazione dell’ambito di intervento sono stati analizzati i dati relativi alla Regione Sardegna e nell’analisi sono stati presi in considerazione i seguenti inquinanti: CO, COV, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, SO_x, NH₃. I dati aggregati, divisi per macrosettore sono quelli riportati nella tabella e nel grafico sottostante.

Tabella 5.43. Contributi delle emissioni totali nel 2010 nella Regione Sardegna

REGIONE SARDEGNA DESCRIZIONE DEL MACROSETTORE	CO t/anno	COV t/anno	NO _x t/anno	PM ₁₀ t/anno	PM _{2.5} t/anno	SO _x t/anno	NH ₃ t/anno
Impianti di combustione non industriali	19737.35	2685.52	744.07	3652.76	3561.74	351.05	359.45
Impianti di combustione industriale e processi con combustione	882.79	180.52	2590.03	90.95	73.20	2536.79	24.99
Processi senza combustione	14270.74	630.12	84.20	1473.01	421.96	3236.21	0
Altro trasporto interno e immag. di comb. liquidi	0	792.34	0	35.64	17.66	0	0
Uso di solventi	0	11848.15	0	0	0	0	0
Trasporti stradali	30828.79	5414.69	25.34	1473.01	421.96	3236.21	0
Altre sorgenti mobili e macchine	1200.00	373.38	4250.46	157.44	156.98	584.70	0.28
Trattamento e smaltimento rifiuti	9.84	168.86	224.66	1.13	1.04	30.41	192.24
Agricoltura	1.37	4158.73	0.05	645.57	162.03	0.007	11242.97
Altre sorgenti/assorbenti in natura	5545.66	73129.69	155.48	673.77	673.77	51.82	72.56

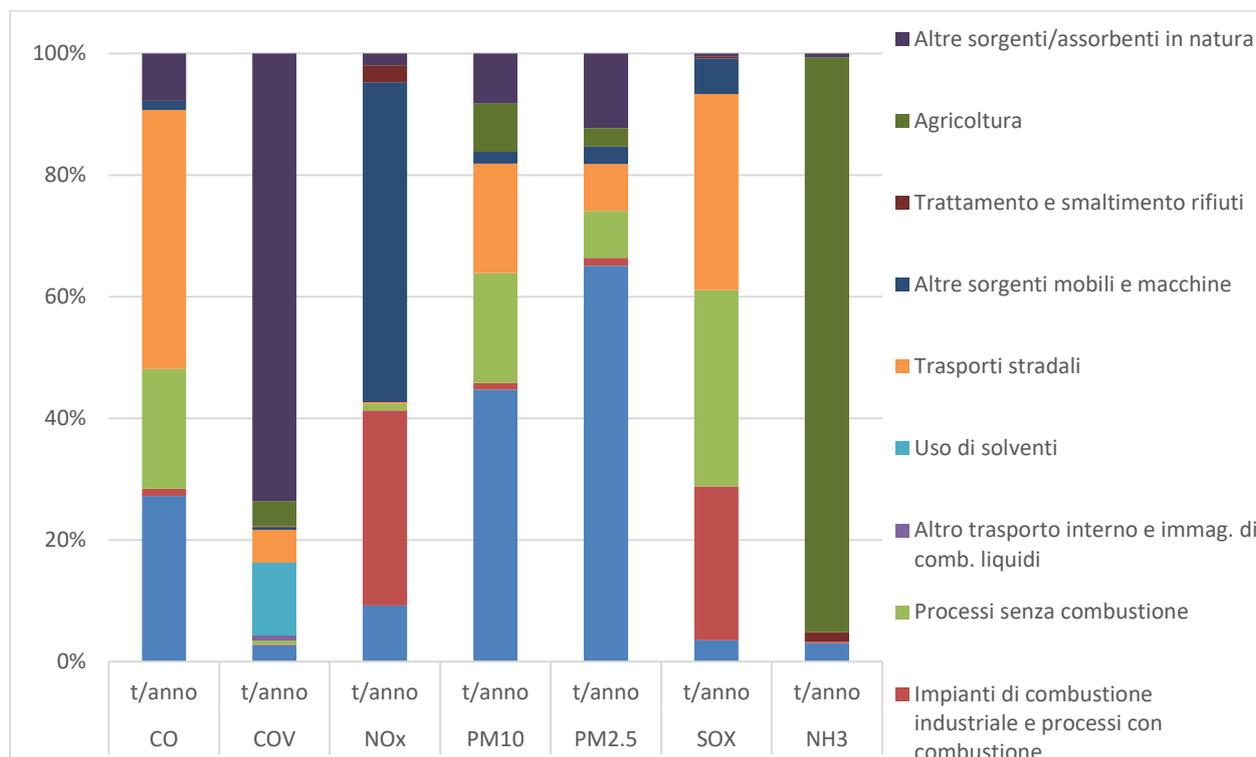


Figura 5.31: Contributi percentuali alle emissioni atmosferiche (t/anno) per settore nella Regione Sardegna nel 2010

Come si può osservare il macrosettore relativo al trasporto è sempre preponderante nella Regione Sardegna, soprattutto per quanto riguarda le emissioni di CO.

Si osserva infatti che nella Regione Sardegna le emissioni di monossido di carbonio (CO) da imputare al trasporto raggiungono, percentuali del 40% circa.

Un altro macrosettore prevalente per le emissioni è quello relativo ad “Altre Sorgenti Mobili e Macchine”, soprattutto per quanto riguarda le emissioni di COV (circa il 70% sul totale) e quelle di NOx (circa il 50% sul totale).

5.6.3.2 Gas Climalteranti

Per la caratterizzazione delle emissioni in atmosfera dei gas ad effetto serra nella Regione Sardegna sono stati analizzati i dati riportati nell'inventario Disaggregazione dell'inventario nazionale dell'ISPRA (Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale - SINANET – INVENTARIA - Banche dati dei fattori di emissioni, elaborazione e documentazione sulle emissioni in atmosfera), come di seguito descritto.

Le emissioni in atmosfera dei Gas Serra sono considerate, ad oggi, tra le principali cause che determinano il surriscaldamento del clima terrestre, come confermato dalla Comunità scientifica internazionale (L'*Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC) e dal Protocollo di Kyoto, le emissioni di CO₂ sono originate prevalentemente dai comparti produttivi (energia e industria), seguiti dagli altri comparti emissivi quali il trasporto stradale, la combustione incontrollata di biomassa, il riscaldamento, ecc..

L'andamento di tale indicatore in Sardegna, con riferimento all'anno 2019 viene di seguito riportato, come da informazioni disponibili sul sito dell'ISPRA.

Tabella 5.44: Valori delle emissioni dei principali gas serra nella Regione Sardegna (ISPRA)

Tipo di Gas Serra	Valori delle emissioni di gas serra [kt CO ₂ eq/a]
	2019
CO ₂	16,224.9

Tipo di Gas Serra	Valori delle emissioni di gas serra [kt CO ₂ eq/a]
	2019
CH ₄	1,914.2
N ₂ O	989.8

5.7 SISTEMA PAESAGGISTICO: PAESAGGIO, PATRIMONIO CULTURALE E BENI MATERIALI

L'area di interesse si inserisce nella zona storico-geografica della “Barbagia meridionale o di Seulo” sull'orlo di un'area montuosa compresa tra il Gerrei, il Sarcidano e l'Ogliastra, delimitata dal corso del rio Flumineddu a Nord Est, dall'altopiano del Tacco di Orborèdu a Sud, dal lago artificiale del Flumendosa ad Ovest. Il contesto territoriale risulta caratterizzato da una varietà di paesaggi, in gran parte costituiti da aree a pascoli naturali, da tavolati calcarei, da profonde valli incassate in un paesaggio aspro e selvaggio in parte ricoperto da una rigogliosa vegetazione boschiva.

Per una descrizione più ampia del paesaggio si rimanda agli approfondimenti svolti dalla società LAND che ha elaborato “Studio preliminare di inserimento paesaggistico” (Doc. No. codice 1351-A-LA-A-01-1), e presentato in appendice alla Relazione Paesaggistica Doc. No. P0030780-1-H4.

5.7.1 Beni Vincolati nell'Area Vasta

5.7.1.1 Beni Paesaggistici e Ambientali

Come già analizzato nei precedenti Paragrafi, il progetto in esame interesserà in maniera diretta (Figura allegata 3.7):

- ✓ No. 1 “territori contermini ai laghi” tutelato ai sensi dell'Art. 142, lettera b) del D. Lgs 42/04 (Invaso Lago Flumendosa);



Figura 5.32: Invaso Flumendosa

- ✓ No. 1 area boscata tutelata ai sensi dell'Art. 142, lettera g) del D. Lgs 42/04 nei pendii più prossimi allo specchio acqueo dell'invaso esistente.

- ✓ No. 1 “fiumi torrenti ed i corsi d’acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge” nella fascia di rispetto di 150 metri ai sensi dell’Art 142 comma 1 lett c) del D. Lgs 42/04 del Riu Perdarera (affluente di secondo ordine del Fiume Flumendosa).



Figura 5.33: Punto di immissione del Rio Perdarera nel Lago Flumendosa

Per quanto riguarda gli elementi archeologici (“le zone di interesse archeologico” Art. 142, lettera m del D. Lgs 42/04) si rimanda al paragrafo successivo.

A seguito dell’interessamento di beni paesaggistici vincolati dal D. Lgs 42/04 a corredo dello Studio di Impatto Ambientale è stata anche allegata una Relazione Paesaggistica che valuta la compatibilità paesaggistica del progetto e a cui si rimanda per maggiori particolari.

5.7.1.2 Beni Culturali

Come descritto sempre al Paragrafo 3.7.1 e 3.6.2 l’area in esame risulta comunque caratterizzata dalla presenza di alcune emergenze archeologiche indicate nel PUC: manufatti archeologici rappresentati dalla presenza di resti della civiltà nuragica e pre-nuragica. Non c’è comunque interazione diretta fra tali emergenze e le opere a progetto perché gli elementi più prossimi sono costituiti dalle opere sotterranee che si trovano molto in profondità escludendo una interferenza.

L’area di progetto risulta ubicata ad oltre 4 km a Nord-Est dal noto sito archeologico di Nuraghe Arrubiu del comune di Orroli, la più imponente struttura megalitica dell’Isola, nonché unico nuraghe conosciuto con cinque torri. Tale sito rimane sulla sponda opposta del Lago e i sopralluoghi hanno escluso una visibilità reciproca.

Nell’area di progetto non si riscontra la presenza di beni culturali e paesaggistici vincolati ai sensi dell’Art.143 del D.Lgs 42/04, segnalati dalla Regione ed inclusi nel Repertorio dei beni 2017, rilevati a partire dai dati vettoriali presenti sul sito del geoportale della Regione Sardegna.

Come poi riportato nel Paragrafo dei relativi impatti si anticipa che, data la presenza di elementi archeologici non segnalati direttamente dalla Regione ma dal Comune e dagli elenchi dei beni culturali, nelle fasi di progettazione successive saranno effettuati dei rilievi più precisi nell’area, finalizzati all’ottimale e preciso adeguamento della viabilità esistente, al fine di evitare ogni potenziale interferenza con le medesime aree di tutela evidenziate dal PUC.

Per la gestione dell’aspetto archeologico si rimanda al Paragrafo degli impatti. Considerando che l’attività di progetto prevede lo scavo in diverse aree, si evidenzia che è stata inoltre redatta la Relazione Preliminare Archeologica, che è allegata a corredo dello Studio di Impatto Ambientale e a cui si rimanda per approfondimenti sul tema.

5.7.2 Caratterizzazione Storico-Paesaggistica

Il progetto si trova nel comune di Esterzili situato nella Città Metropolitana di Cagliari (ex Sud Sardegna) con localizzazione nella zona storico-geografica della “Barbagia meridionale o di Seulo” sull’orlo di un’area montuosa

compresa tra il Gerrei, il Sarcidano e l'Ogliastra, delimitata dal corso del rio Flumineddu a Nord Est, dall'altopiano del Taccu di Orborèdu a Sud, dal lago artificiale del Flumendosa ad Ovest e da un fiume (denominato a seconda dei territori che attraversa Bau de Sàdali, Bau de Nulùttu e Bau de Betilli) a Nord Ovest.

Il territorio è caratterizzato dalla varietà dei paesaggi, in gran parte costituiti da magri pascoli naturali, da tavolati calcarei, da pietraie intersecate da profonde valli incassate in un paesaggio aspro e selvaggio ricco in taluni posti di una rigogliosa vegetazione boschiva.

L'altitudine media è di circa 800 metri, e va dai 300 metri delle strette e brevi vallate scavate dai corsi d'acqua ai 1,212 metri della vetta del monte Santa Vittoria. Le competenze territoriali di Esterzili iniziano a Nord Ovest al confine con i territori di Esterzili e di Seui, per proseguire sempre a Nord Est dove il corso del rio Elixedda lo separa dal territorio di Seui, a Est lungo il corso del rio Flumineddu confina con il Comune di Ulassai, a Sud con territorio frazione del comune di Seui e con il Comune di Escalaplano fino al lago Flumendosa, quindi seguendo la sponda sinistra del lago artificiale del Flumendosa confina a Sud Ovest con i Comuni di Orroli e di Nurri e, sempre seguendo la sponda del lago, confina a Nord Ovest col territorio di Sadali.





Figura 5.34: Paesaggio della “Barbagia Meridionale”

Il territorio circostante l’area d’intervento è un territorio a vocazione prettamente a pascolo. Le aree a Gariga e macchia mediterranea, insieme alla fauna, si presentano come i principali segni particolari di paesaggio. Esse si estendono prima sul Taccu sa Pruna, poi sui versanti dei rilievi che arrivano fino al Lago del Flumendosa.

Dalla lettura del territorio non si evincono cambiamenti della morfologia territoriale nel tempo; infatti, l’ambito di intervento si presenta come un territorio caratterizzato solo da scarsissimi elementi antropici, quali ricoveri per attrezzi e per animali, oltre alle poche tracce dei mezzi della Forestale e orme riconducibili al passaggio degli animali che abitano questo luogo.



Figura 5.35: Elementi antropici nel territorio

5.8 RUMORE

5.8.1 Aspetti Generali: Normativa di Riferimento in Materia di Inquinamento Acustico

In Italia da alcuni anni sono operanti specifici provvedimenti legislativi destinati ad affrontare il problema dell'inquinamento acustico nell'ambiente esterno ed interno, i più significativi dei quali sono rappresentati da:

- ✓ DPCM 1 Marzo 1991;
- ✓ Legge Quadro sul Rumore No. 447/95;
- ✓ DM 11 Dicembre 1996;
- ✓ DPCM 14 Novembre 1997;
- ✓ DMA 16 Marzo 1998;
- ✓ D. Lgs 19 Agosto 2005, No. 194.

Di seguito si riporta una breve descrizione di tali provvedimenti.

5.8.1.1 DPCM 1 Marzo 1991

Il DPCM 1 Marzo 1991 *“Limiti Massimi di Esposizione al Rumore negli Ambienti abitativi e nell'Ambiente Esterno”* si propone di stabilire *“[...] limiti di accettabilità di livelli di rumore validi su tutto il territorio nazionale, quali misure immediate ed urgenti di salvaguardia della qualità ambientale e della esposizione urbana al rumore, in attesa dell'approvazione di una Legge Quadro in materia di tutela dell'ambiente dall'inquinamento acustico, che fissi i limiti adeguati al progresso tecnologico ed alle esigenze emerse in sede di prima applicazione del presente decreto”*.

I limiti ammissibili in ambiente esterno vengono stabiliti sulla base del piano di zonizzazione acustica redatto dai Comuni che, sulla base di indicatori di natura urbanistica (densità di popolazione, presenza di attività produttive, presenza di infrastrutture di trasporto...) suddividono il proprio territorio in zone diversamente “sensibili”. A queste zone, caratterizzate in termini descrittivi nella Tabella 1 del DPCM, sono associati dei livelli limite di rumore diurno e notturno, espressi in termini di livello equivalente continuo misurato con curva di ponderazione A, corretto per tenere conto della eventuale presenza di componenti impulsive o componenti tonali. Tale valore è definito livello di rumore ambientale corretto, mentre il livello di fondo in assenza della specifica sorgente è detto livello di rumore residuo.

L'accettabilità del rumore si basa sul rispetto di due criteri:

- ✓ il **Criterio Differenziale**: è riferito agli ambienti confinati, per il quale la differenza tra livello di rumore ambientale corretto e livello di rumore residuo non deve superare 5 dB(A) nel periodo diurno (ore 6:00-22:00) e 3 dB(A) nel periodo notturno (ore 22:00-6:00). Le misure si intendono effettuate all'interno del locale disturbato a finestre aperte.
- ✓ il **Criterio Assoluto**: è riferito agli ambienti esterni, per il quale è necessario verificare che il livello di rumore ambientale corretto non superi i limiti assoluti stabiliti in funzione della destinazione d'uso del territorio e della fascia oraria, con modalità diverse a seconda che i comuni siano dotati di Piano Regolatore Comunale, non siano dotati di PRG o, infine, che abbiano già adottato la zonizzazione acustica comunale.

Tabella 5.45: Rumore Ambientale, Criterio Assoluto [dB(A)]

Comuni con Piano Regolatore		
Destinazione Territoriale	Diurno	Notturmo
Territorio Nazionale	70	60
Zona Urbanistica A	65	55
Zona Urbanistica B	60	50
Zona Esclusivamente Industriale	70	70
Comuni senza Piano Regolatore		
Fascia Territoriale	Diurno	Notturmo

Zona Esclusivamente Industriale	70	70
Tutto il resto del territorio	70	60
Comuni con Zonizzazione Acustica del Territorio		
Fascia Territoriale	Diurno	Notturmo
I Aree Protette	50	40
II Aree Residenziali	55	45
III Aree Miste	60	50
IV Aree di intensa Attività Umana	65	55
V Aree prevalentemente Industriali	70	60
VI Aree esclusivamente Industriali	70	70

La descrizione dettagliata delle classi è riportata nel seguito.

Tabella 5.46: Classi per Zonizzazione Acustica del Territorio Comunale

Descrizione delle Classi per Zonizzazione Acustica	
Classe I	Aree particolarmente protette: rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, etc.
Classe II	Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale: rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali
Classe III	Aree di tipo misto: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici
Classe IV	Aree di intensa attività umana: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie
Classe V	Aree prevalentemente industriali: rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni
Classe VI	Aree esclusivamente industriali: rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi

5.8.1.2 [Legge Quadro 447/95](#)

La Legge No. 447 del 26 Ottobre 1995 “*Legge Quadro sul Rumore*”, è una legge di principi e demanda perciò a successivi strumenti attuativi la puntuale definizione sia dei parametri sia delle norme tecniche.

Un aspetto innovativo della legge Quadro è l'introduzione all'Art. 2, accanto ai valori limite, dei valori di attenzione e dei valori di qualità. Nell'Art. 4 si indica che i comuni “*procedono alla classificazione del proprio territorio nelle zone previste dalle vigenti disposizioni per l'applicazione dei valori di qualità di cui all'Art. 2, comma 1, lettera h*”; vale a dire: si procede alla zonizzazione acustica per individuare i livelli di rumore “*da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla presente legge*”, valori determinati in funzione della tipologia della sorgente, del periodo del giorno e della destinazione d'uso della zona da proteggere (Art. 2, comma 2).

La Legge stabilisce inoltre che le Regioni, entro un anno dalla entrata in vigore, devono definire i criteri di zonizzazione acustica del territorio comunale fissando il divieto di contatto diretto di aree, anche appartenenti a comuni confinanti, quando i valori di qualità si discostano di più di 5 dB(A).

L'adozione della zonizzazione acustica è il primo passo concreto con il quale il Comune esprime le proprie scelte in relazione alla qualità acustica da preservare o da raggiungere nelle differenti porzioni del territorio comunale ed è il momento che presuppone la tempestiva attivazione delle funzioni pianificatorie, di programmazione, di regolamentazione, autorizzatorie, ordinarie, sanzionatorie e di controllo nel campo del rumore come da Legge Quadro.

Il D.Lgs No. 42/2017 apporta, in particolare, una modifica all'art. 2 comma 1 lettera d alla L. No.447/1995, introducendo la lettera "d bis" con la definizione di sorgente sonora specifica: "*sorgente sonora selettivamente identificabile che costituisce la causa di potenziale inquinamento acustico e che concorre al livello di rumore ambientale, come definito dal decreto di cui all'articolo 3, comma 1, lettera c)*".

5.8.1.2.1 Funzioni Pianificatorie

I Comuni che presentano rilevante interesse paesaggistico o turistico hanno la facoltà di assumere valori limite di emissione ed immissione, nonché valori di attenzione e di qualità, inferiori a quelli stabiliti dalle disposizioni ministeriali, nel rispetto delle modalità e dei criteri stabiliti dalla legge regionale. Come già precedentemente citato deve essere svolta la revisione ai fini del coordinamento con la classificazione acustica operata degli strumenti urbanistici e degli strumenti di pianificazione del traffico.

5.8.1.2.2 Funzioni di Programmazione

Obbligo di adozione del piano di risanamento acustico nel rispetto delle procedure e degli eventuali criteri stabiliti dalle leggi regionali nei casi di superamento dei valori di attenzione o di contatto tra aree caratterizzate da livelli di rumorosità eccedenti i 5 dB(A) di livello equivalente continuo.

5.8.1.2.3 Funzioni di Regolamentazione

I Comuni sono tenuti ad adeguare i regolamenti locali di igiene e di polizia municipale con l'introduzione di norme contro l'inquinamento acustico, con specifico riferimento all'abbattimento delle emissioni di rumore derivanti dalla circolazione dei veicoli e dalle sorgenti fisse e all'adozione di regolamenti per l'attuazione della disciplina statale/regionale per la tutela dall'impatto sonoro.

5.8.1.3 DM 11 Dicembre 1996

Il Decreto 11 Dicembre 1996, "*Applicazione del Criterio Differenziale per gli Impianti a Ciclo Produttivo Continuo*", prevede che gli impianti classificati a ciclo continuo, ubicati in zone diverse da quelle esclusivamente industriali o la cui attività dispiega i propri effetti in zone diverse da quelle esclusivamente industriali, siano soggetti alle disposizioni di cui all'Art. 2, comma 2, del Decreto del Presidente della Repubblica 1° Marzo 1991 (criterio differenziale) quando non siano rispettati i valori assoluti di immissione. Per ciclo produttivo continuo si intende (Art. 2):

- ✓ quello di cui non è possibile interrompere l'attività senza provocare danni all'impianto stesso, pericolo di incidenti o alterazioni del prodotto o per necessità di continuità finalizzata a garantire l'erogazione di un servizio pubblico essenziale;
- ✓ quello il cui esercizio è regolato da contratti collettivi nazionali di lavoro o da norme di legge, sulle ventiquattro ore per cicli settimanali, fatte salve le esigenze di manutenzione.

Per gli impianti a ciclo produttivo continuo, realizzati dopo l'entrata in vigore del Decreto 11 Dicembre 1996, il rispetto del criterio differenziale è condizione necessaria per il rilascio della relativa concessione.

Per gli impianti a ciclo produttivo continuo esistenti i piani di risanamento, redatti unitamente a quelli delle altre sorgenti in modo proporzionale al rispettivo contributo in termini di energia sonora, sono finalizzati anche al rispetto dei valori limite differenziali.

5.8.1.4 DPCM 14 Novembre 1997

Il DPCM 14 Novembre 1997 "*Determinazione dei Valori Limite delle Sorgenti Sonore*" integra le indicazioni normative in tema di disturbo da rumore espresse dal DPCM 1 Marzo 1991 e dalla successiva Legge Quadro No. 447 del 26 Ottobre 1995 e introduce il concetto dei valori limite di emissioni, nello spirito di armonizzare i provvedimenti in materia di limitazione delle emissioni sonore alle indicazioni fornite dall'Unione Europea.

Il decreto determina i valori limite di emissione, i valori limite di immissione, i valori di attenzione e di qualità, riferendoli alle classi di destinazione d'uso del territorio, riportate nella Tabella A dello stesso decreto e che corrispondono sostanzialmente alle classi previste dal DPCM 1 Marzo 1991.

5.8.1.4.1 Valori Limite di Emissione

I valori limite di emissione, intesi come valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa, come da Art. 2, comma 1, lettera e) della Legge 26 ottobre 1995 No. 447, sono riferiti alle sorgenti fisse e alle sorgenti mobili.

I valori limite di emissione del rumore delle sorgenti sonore mobili e dei singoli macchinari costituenti le sorgenti sonore fisse, laddove previsto, sono regolamentati dalle norme di omologazione e certificazione delle stesse.

I valori limite di emissione delle singole sorgenti fisse, riportate nel seguito, si applicano a tutte le aree del territorio ad esse circostanti e sono quelli indicati nella Tabella B dello stesso decreto, fino all’emanazione della specifica norma UNI.

5.8.1.4.2 Valori Limite di Immissione

I valori limite di immissione, riferiti al rumore immesso nell’ambiente esterno dall’insieme di tutte le sorgenti, sono quelli indicati nella Tabella C dello stesso decreto e corrispondono a quelli individuati nel DPCM 1 Marzo 1991.

Per le infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime, aeroportuali e le altre sorgenti sonore di cui all’Art. 11, comma 1, legge 26 Ottobre 1995 No 447, i limiti suddetti non si applicano all’interno delle rispettive fasce di pertinenza, individuate dai relativi decreti attuativi. All’esterno di dette fasce, tali sorgenti concorrono al raggiungimento dei limiti assoluti di immissione.

5.8.1.4.3 Valori Limite Differenziali di Immissione

I valori limite differenziali di immissione sono 5 dB(A) per il periodo diurno e 3 dB(A) per il periodo notturno, all’interno degli ambienti abitativi. Tali valori non si applicano nelle aree in Classe VI.

Tali disposizioni non si applicano:

- ✓ se il rumore misurato a finestre aperte è inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno;
- ✓ se il rumore ambientale misurato a finestre chiuse è inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno.

Le disposizioni relative ai valori limite differenziali di immissione non si applicano alla rumorosità prodotta dalle infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali, marittime, da attività e comportamenti non connessi con esigenze produttive, commerciali, professionali, da servizi ed impianti fissi dell’edificio adibiti ad uso comune, limitatamente al disturbo provocato all’interno dello stesso.

5.8.1.4.4 Valori di Attenzione

Sono espressi come livelli continui equivalenti di pressione sonora ponderata in curva A; la tabella seguente riporta i valori di attenzione riferiti ad un’ora ed ai tempi di riferimento.

Per l’adozione dei piani di risanamento di cui all’Art. 7 della legge 26 Ottobre 1995, No. 447, è sufficiente il superamento di uno dei due valori suddetti, ad eccezione delle aree esclusivamente industriali. I valori di attenzione non si applicano alle fasce territoriali di pertinenza delle infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime ed aeroportuali.

5.8.1.4.5 Valori di Qualità

I valori di qualità, intesi come i valori di rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla Legge Quadro 447/95, sono indicati nella Tabella D del decreto.

Tabella 5.47: Valori di Qualità previsti dalla Legge Quadro 447/95

Valori (dBA)	Tempi di Rif. (1)	Classi di Destinazione d’Uso del Territorio					
		I	II	III	IV	V	VI
Valori limite di emissione (Art.2)	Diurno	45	50	55	60	65	65
	Notturmo	35	40	45	50	55	65
Valori limite assoluti di immissione(Art.3)	Diurno	50	55	60	65	70	70
	Notturmo	40	45	50	55	60	70
Valori limite differenziali di immissione ⁽²⁾ (Art.4)	Diurno	5	5	5	5	5	_ ⁽³⁾
	Notturmo	3	3	3	3	3	_ ⁽³⁾

Valori (dBA)	Tempi di Rif. (1)	Classi di Destinazione d'Uso del Territorio					
		I	II	III	IV	V	VI
Valori di attenzione riferiti a 1h (Art.6)	Diurno	60	65	70	75	80	80
	Notturmo	45	50	55	60	65	75
Valori di attenzione relativi a tempi di riferimento (Art.6)	Diurno	50	55	60	65	70	70
	Notturmo	40	45	50	55	60	70
Valori di qualità (Art.7)	Diurno	47	52	57	62	67	70
	Notturmo	37	42	47	52	57	70

Note:

1. Periodo diurno: ore 6:00-22:00 Periodo notturno: ore 22:00-06:00
2. I valori limite differenziali di immissione, misurati all'interno degli ambienti abitativi, non si applicano se il rumore misurato a finestre aperte è inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante quello notturno, oppure se il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse è inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante quello notturno.
3. Non si applica

5.8.1.5 DMA 16 Marzo 1998

Il Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 16 Marzo 1998 “*Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico*” rappresenta un decreto attuativo della Legge Quadro e definisce le tecniche di rilevamento da adottare per la misurazione dei livelli di emissione ed immissione acustica, della impulsività dell'evento, della presenza di componenti tonali e/o di bassa frequenza.

Nel DMA vengono fissati i valori dei fattori correttivi in dB(A) dei livelli misurati, introdotti per tenere conto della presenza di rumori con componenti impulsive (+3 dB), componenti tonali (+3 dB), componenti tonali in bassa frequenza (ulteriori 3 dB), presenza di rumore tempo parziale (da applicare solo nel periodo diurno: -3 dB o -5 dB a seconda della durata).

Inoltre, stabilisce (all. B c.7) che le misurazioni devono essere eseguite in assenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia e/o neve. La velocità del vento deve essere non superiore a 5 m/s. Il microfono deve essere munito di cuffia antivento.

5.8.1.6 D.Lgs 19 Agosto 2005, No. 194

Il D.Lgs 19 Agosto 2005, No. 194, “Attuazione della Direttiva 2002/49/CE relativa alla Determinazione e alla Gestione del Rumore Ambientale”, integra le indicazioni fornite dalla Legge 26 Ottobre 1995, No. 447, nonché la normativa vigente in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico adottata in attuazione della citata Legge No. 447.

Il Decreto, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi dell'esposizione al rumore ambientale, definisce le competenze e le procedure per:

- ✓ l'elaborazione di mappe idonee a caratterizzare il rumore prodotto da una o più sorgenti in un'area urbana (“agglomerato”), in particolare:
 - una mappatura acustica che rappresenti i dati relativi ad una situazione di rumore esistente o prevista, relativa ad una determinata sorgente, in funzione di un descrittore acustico che indichi il superamento di pertinenti valori limite vigenti, nonché il numero di persone o di abitazioni esposte,
 - mappe acustiche strategiche, finalizzate alla determinazione dell'esposizione globale al rumore in una
 - certa zona a causa di varie sorgenti di rumore ovvero alla definizione di previsioni generali per tale zona;
- ✓ l'elaborazione e l'adozione di piani di azione volti ad evitare e a ridurre il rumore ambientale laddove necessario, in particolare quando i livelli di esposizione possono avere effetti nocivi per la salute umana, nonché ad evitare aumenti nelle zone silenziose.

I piani d'azione recepiscono e aggiornano i piani di contenimento e di abbattimento del rumore prodotto per lo svolgimento dei servizi pubblici di trasporto, i piani comunali di risanamento acustico ed i piani regionali triennali di intervento per la bonifica dall'inquinamento acustico adottati ai sensi della Legge 26 Ottobre 1995, No. 447.

Le mappe acustiche strategiche relative agli agglomerati riguardano in particolar modo il rumore emesso da:

- ✓ traffico veicolare;
- ✓ traffico ferroviario;

- ✓ traffico aeroportuale;
- ✓ siti di attività industriali, compresi i porti.

In particolare, il Decreto stabilisce la tempistica e le modalità con cui le autorità competenti (identificate dalla Regione o dalle Province autonome) devono trasmettere le mappe acustiche e i piani d'azione.

5.8.1.7 Zonizzazione Acustica Comunale

Il Piano di Zonizzazione acustica del Comune di Esterzili è stato approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale No. 07 del 11 Marzo.

Dal documento si osserva che la zonizzazione acustica comunale è concentrata solo sull'area del centro storico di Esterzili e non riguarda le aree di progetto. Tutto il territorio circostante, compresa l'area di progetto è stato classificata come Area III di tipo Misto.

5.8.2 **Caratterizzazione dello Stato Attuale**

L'area di intervento ricade al confine dei quadranti S-SO della superficie comunale, ben distante da centri abitati, ed è raggiunta dalla Strada Provinciale n. 53 che non costituisce un fonte estranea significativa di rumorosità indotta poiché scarsamente trafficata.

Come già indicato, all'interno del Piano Urbanistico Comunale (PUC) del comune di Esterzili, dalla consultazione della tavola “Zonizzazione del territorio comunale”, si evince che gli interventi in progetto ricadono interamente nella zona Agricola “E” sottozona “E5” (Aree marginali per l'attività agricola) che comprende le aree caratterizzate da scarsa produttività considerate marginali per l'attività agricola.

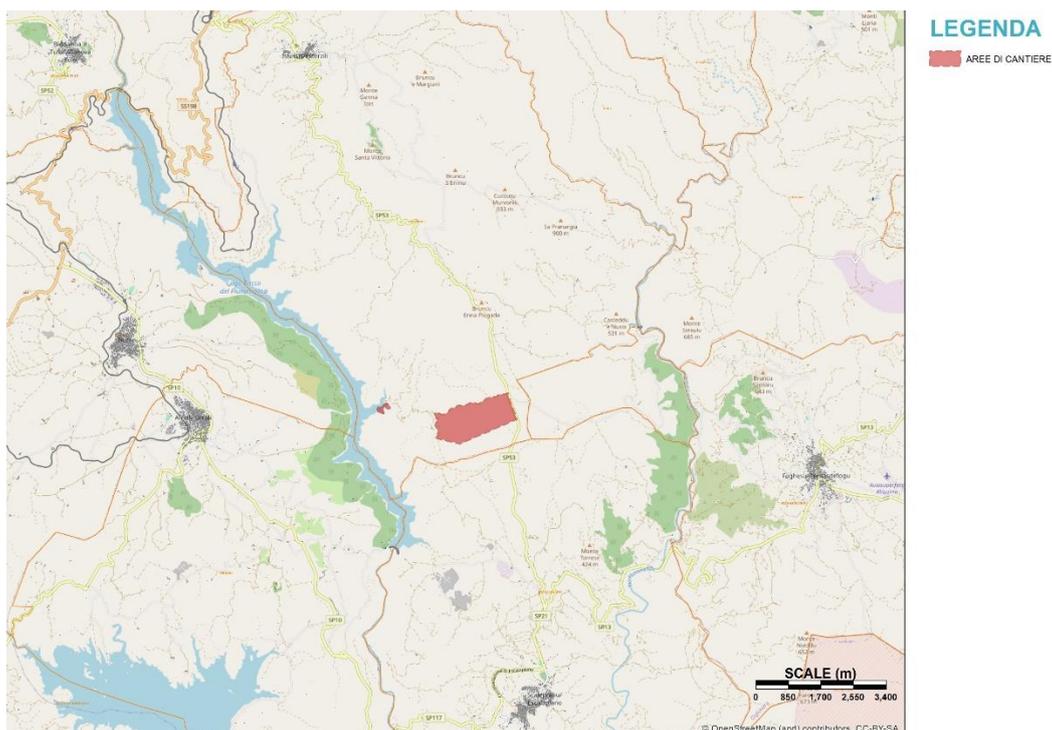


Figura 5.36 Localizzazione area di intervento su mappa stradale (fonte Geoportale Regione Sardegna)

Nel Giugno del 2022 è stata condotta una campagna di misurazione che ha permesso una caratterizzazione del clima acustico ante-operam dell'area di intervento evidenziando una rumorosità sia in ore diurne che notturne principalmente riconducibile a fattori naturali (avifauna, pastorizia, vento). Per il dettaglio degli esiti della campagna si rimanda al documento “MONITORAGGIO RUMORE ANTE OPERAM E PREVISIONE IMPATTO ACUSTICO” in Appendice B alla presente.

5.8.3 Identificazione dei Ricettori Acustici

Come già anticipato la zona è caratterizzata da uno scarso livello di urbanizzazione. In un raggio di 1 km dall'area di cantiere prevista dal progetto sono stati individuati, in sede di sopralluogo e da consultazione delle ortofoto del 2019, in totale 10 potenziali ricettori, come riportati nella seguente figura.

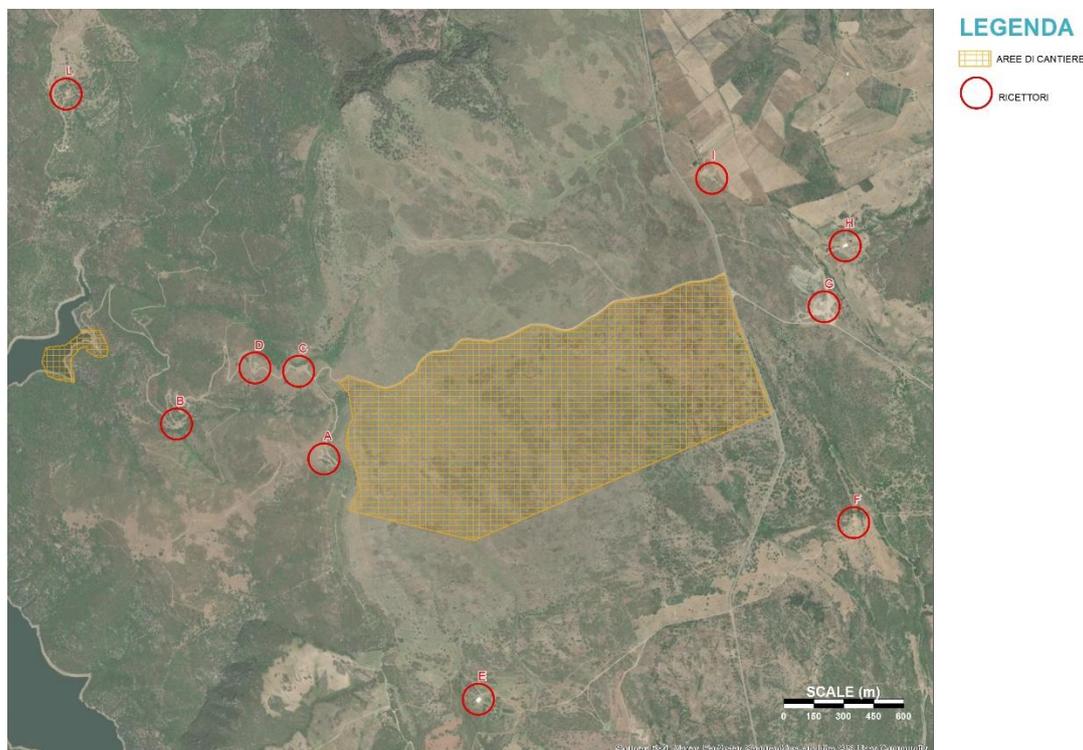


Figura 5.37 Ubicazione dei Potenziali Ricettori individuati in un raggio di 1 km dall'Area di Cantiere dell'Impianto di Accumulo Idroelettrico di Taccu sa Pruna (fonte Geoportale Regione Sardegna)

I medesimi ricettori sono di seguito sinteticamente identificati in Tabella. Dalla descrizione risulta evidente come alcuni siano solo ricettori potenziali, riconducibili a strutture attualmente fatiscenti, che si configurerebbero come ricettori futuri solo a fronte di interventi di riqualificazione urbanistica.

Tabella 5.48 Principali Ricettori Antropici nel Territorio circostante le Opere a Progetto

Descrizione Ricettore	ID	Classe Acustica	Distanza minima [m]	Quota [m s.l.m.]
Edificio rurale	A ¹⁾	III	130	612
Capanno per attrezzi	B ²⁾	III	860	443
Edificio rurale pericolante	C	III	200	613
Edificio rurale pericolante	D	III	430	577
Edificio/ capannone	E	III	800	600
Complesso rurale	F	III	700	590
Cava dismessa	G	III	400	633
Struttura per ricovero del bestiame	H	III	630	607
Complesso rurale	I ¹⁾	III	480	635
Complesso rurale	L ¹⁾	III	1,200	524

Note: 1) Da ritenersi potenzialmente frequentato sia in periodo diurno che in periodo notturno;
2) Da ritenersi potenzialmente frequentato in periodo diurno, non abitato.

Tuttavia, a seguito di approfondimenti effettuati sia tramite sopralluogo sia da consultazione dei dati cartografici, si ritiene che di tutti i potenziali ricettori presenti in area vasta solo A e B siano da considerarsi rappresentativi ai fini della verifica dell'impatto acustico, poiché potenzialmente frequentati e interferiti dalle emissioni che avranno luogo in sede di cantiere od esercizio dell'opera in oggetto. Si ritiene, invece, di escludere i restanti potenziali ricettori poiché non significativi né per stato di conservazione e agibilità né per distanza dalle fonti sonore emmissive.

5.8 VIBRAZIONI

La caratterizzazione della qualità dell'ambiente in relazione all'agente fisico “Vibrazioni” tiene in considerazione:

- ✓ la normativa di riferimento di settore;
- ✓ l'individuazione dei ricettori potenzialmente interferiti legati agli interventi in progetto.

5.8.4 Aspetti Generali: Normativa di Riferimento in Materia di Vibrazioni

5.8.4.1 Effetto delle Vibrazioni sulle Persone, Norma UNI 9614

La norma UNI 9614, ad oggi nella sua versione di Settembre 2017, definisce il metodo di misurazione delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti interne o esterne ad essi, nonché i criteri di valutazione del disturbo delle persone all'interno degli stessi.

La norma in generale si riferisce a tutti quei fenomeni che possono originare vibrazioni negli edifici come, ad esempio, il traffico su gomma o rotaia, attività industriali e funzionamento di macchinari o attività di cantiere, mentre non si applica, tra l'altro, alle vibrazioni derivanti da eventi sismici.

5.8.4.1.1 Tipologie di Vibrazioni

La norma definisce le tipologie di vibrazioni come:

- ✓ “vibrazioni della sorgente” o V_{sor} , immesse nell'edificio dalla specifica sorgente oggetto di indagine;
- ✓ “vibrazioni residue” o V_{res} , presenti nell'edificio in assenza della specifica sorgente oggetto di indagine;
- ✓ “vibrazioni immesse” o V_{imm} , immesse nell'edificio da tutte le sorgenti attive di qualsiasi origine (V_{sor} e V_{res}).

5.8.4.1.2 Tipologie di Sorgenti

La norma definisce le seguenti tipologie di sorgenti:

- ✓ rispetto alla posizione:
 - sorgenti interne agli edifici,
 - sorgenti esterne agli edifici;
- ✓ rispetto alla funzione:
 - sorgenti legate ad attività essenziali di servizio pubblico, la cui disattivazione causerebbe l'interruzione di un pubblico servizio che può determinare danni a persone, cose ed attività, come ad esempio alcuni impianti ospedalieri o servizi di distribuzione energia e fluiti (es. gasdotti, acquedotti),
 - sorgenti legate ad attività non interrompibili, in quanto la loro disattivazione immediata potrebbe determinare danni agli impianti o pericolo di incidenti, oppure regolate da contratti di lavoro secondo regolamenti legislativi (es. sorgenti di natura industriale, servizi di trasporto pubblico, ecc.),
 - sorgenti di altra natura non appartenenti alle categorie di cui sopra (es. alcune sorgenti industriali, sorgenti intermittenti come strade o ferrovie, ascensori degli edifici, sorgenti temporanee, ecc.).

5.8.4.1.3 Classificazione dei Periodi della Giornata

La giornata viene suddivisa in due periodi temporali:

- ✓ diurno: dalle ore 6.00 alle ore 22.00;
- ✓ notturno: dalle ore 22.00 alle ore 6.00.

5.8.4.1.4 Misurazioni delle Vibrazioni

La norma individua nell'accelerazione assoluta la grandezza cinematica da misurare per la valutazione del disturbo da vibrazioni, da effettuarsi attraverso misurazione diretta, quindi tramite l'impiego di sensori accelerometrici.

Secondo le disposizioni della norma, le vibrazioni devono essere misurate simultaneamente lungo tre direzioni ortogonali in riferimento alla struttura dell'edificio o al corpo umano e le postazioni di misurazione devono essere scelte sulla base delle reali condizioni di utilizzo degli ambienti da parte delle persone (a tal proposito, nel testo della norma vengono riportati alcuni esempi di punti di misura corretti e non corretti). Per la scelta delle postazioni di misura, inoltre, la norma fornisce in Appendice B un questionario per valutare il reale disturbo percepito dalle persone.

La durata complessiva delle misurazioni deve essere legata al numero di eventi del fenomeno in esame necessario ad assicurare una ragionevole accuratezza statistica, tenendo conto non solo della variabilità della sorgente ma anche dell'ambiente di misura. L'Appendice A della norma fornisce i criteri con cui individuare gli eventi da considerare per il calcolo dell'accelerazione per i casi di maggiore interesse.

Per il calcolo delle vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo, è necessario procedere alla misurazione delle vibrazioni immesse e delle vibrazioni residue. In particolare, le vibrazioni residue devono essere misurate nello stesso punto scelto per la misura delle vibrazioni immesse e con le medesime modalità e criteri.

5.8.4.1.5 *Strumentazione*

La valutazione del disturbo può essere effettuata con l'impiego di strumentazione dedicata che, oltre all'acquisizione e alla registrazione del segnale accelerometrico, esegue l'elaborazione in linea dei dati.

In alternativa è possibile far ricorso a sistemi di acquisizione dati che memorizzano la storia temporale dell'accelerazione in forma digitale e di software specifico per l'elaborazione dati fuori linea.

La norma definisce nello specifico:

- ✓ i requisiti generali della strumentazione;
- ✓ il montaggio degli accelerometri;
- ✓ le operazioni di calibrazione e taratura degli strumenti;
- ✓ l'acquisizione del segnale.

5.8.4.1.6 *Elaborazione delle Misure e Calcolo dei Parametri del Disturbo*

La norma definisce un metodo di calcolo unico per tutte le tipologie di sorgente, adeguato a coprire sia i fenomeni di media e breve durata che fenomeni impulsivi elevati.

Il metodo di calcolo può essere riassunto come segue:

- ✓ misurazione dell'accelerazione massima sui tre assi $a_x(t)$, $a_y(t)$ e $a_z(t)$ attraverso filtro passabanda e filtro di ponderazione per tenere conto della risposta del corpo umano al disturbo;
- ✓ calcolo del valore efficace dell'accelerazione assiale ponderata, tenendo in considerazione l'andamento temporale dell'accelerazione;
- ✓ calcolo dell'accelerazione ponderata totale efficace, eseguito per combinazione, istante per istante, delle accelerazioni ponderate sui tre assi.

Le vibrazioni sono caratterizzate dal valore dell'accelerazione massima statistica ($a_{w,95}$) definito come la stima del 95° percentile della distribuzione cumulata di probabilità della massima accelerazione ponderata ($a_{w,max}$), per cui, a partire dai risultati del metodo di calcolo di cui sopra, si procede al:

- ✓ calcolo della massima accelerazione ponderata ($a_{w,max}$);
- ✓ calcolo della massima accelerazione statistica ($a_{w,95}$).

Il calcolo dell'accelerazione associata alla sorgente ritenuta fonte di disturbo viene calcolata con la seguente relazione:

$$V_{sor} = \sqrt{V_{imm}^2 - V_{res}^2}$$

5.8.4.1.7 *Valutazione del Disturbo e Limiti di Riferimento*

La valutazione del disturbo generato da una sorgente deve essere effettuata confrontando il parametro V_{sor} con i limiti di riferimento riportati nella seguente tabella.

Tabella 5.49: Valori e Livelli Limite delle Accelerazioni Complessive Ponderate in Frequenza (UNI 9614:2017)

Locali Disturbati	Vsor [mm/s ²]
Ambienti ad uso abitativo (periodo diurno)	7.2
Ambienti ad uso abitativo (periodo notturno)	3.6
Ambienti ad uso abitativo (periodo diurno di giornate festive)	5.4
Luoghi lavorativi	14
Ospedali, case di cura e affini	2
Asili e case di riposo	3.6
Scuole	5.4

5.8.4.2 Effetto delle Vibrazioni sugli Edifici, Norma UNI 9916

La norma UNI 9916, ad oggi nella sua versione di Gennaio 2014, fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misurazione, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii per permettere la valutazione degli effetti sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica.

La norma in generale si applica a tutte le tipologie di edifici a carattere abitativo, industriale e monumentale, mentre non prende in considerazione strutture quali ciminiere, ponti e strutture sotterranee come gallerie e tubazioni.

5.8.4.2.1 Categorie di Danno

La norma fa riferimento alle seguenti categorie di danno:

- ✓ danno architettonico (o di soglia): alterazione estetica o funzionale dell'edificio senza comprometterne la stabilità strutturale o la sicurezza degli occupanti (es. formazione o accrescimento di fessure filiformi su muratura);
- ✓ danno maggiore: effetto che si presenta con formazione di fessure più marcate, distacco e caduta di gesso o pezzi di intonaco fino al danneggiamento di elementi strutturali (es. fessure nei pilastri e nelle travature, apertura di giunti).

5.8.4.2.2 Caratteristiche del Fenomeno Vibratorio

Le caratteristiche dei fenomeni vibratorii che possono interessare un edificio variano in funzione della natura della sorgente e delle caratteristiche dinamiche dell'edificio stesso.

La norma definisce i parametri da tenere in considerazione quando si esamina un fenomeno vibratorio:

- ✓ meccanismo di eccitazione e trasmissione: identificazione della sorgente, esterna o interna all'edificio, e della modalità di trasferimento dell'energia (tramite il terreno, per via aerea o per pressione diretta);
- ✓ durata e andamento temporale del fenomeno vibratorio: di lunga durata (o persistenti) oppure di breve durata;
- ✓ natura deterministica o aleatoria del fenomeno;
- ✓ distribuzione spettrale dell'energia (in appendice A della norma sono forniti alcuni campi di frequenza associati alle tipologie di sorgenti di vibrazioni più comuni).

5.8.4.2.3 Caratteristiche degli Edifici

Le caratteristiche d'interesse degli edifici che secondo la norma devono essere tenute in conto sono:

- ✓ le caratteristiche costruttive dell'edificio, includendo la tipologia costruttiva, i materiali impiegati, le caratteristiche inerziali e di rigidità che nel complesso determinano la risposta dell'edificio all'eccitazione agente e la sua capacità di sopportare le sollecitazioni dinamiche;
- ✓ lo stato di conservazione dell'edificio, che può essere di notevole influenza sull'entità del danno che le vibrazioni possono provocare;
- ✓ le caratteristiche delle fondazioni e l'interazione con il terreno, tramite l'analisi della propagazione del moto nel terreno, le dimensioni delle fondazioni e i fenomeni di assestamento.

5.8.4.2.4 Misurazione delle Vibrazioni

La norma definisce i criteri generali per l'esecuzione delle misurazioni delle vibrazioni. Gli aspetti di maggiore interesse sui quali la norma si sofferma sono:

- ✓ la scelta delle grandezze da misurare (accelerazione, velocità, spostamento assoluto);
- ✓ la scelta del tipo di trasduttore, tenendo conto dell'ampiezza della vibrazione, del campo di frequenze e delle dimensioni dell'elemento strutturale;
- ✓ i requisiti alla base della acquisizione, in termini di numero di trasduttori, apparecchiature l'acquisizione e sistema di registrazione dei dati;
- ✓ calibrazione e taratura del sistema di misura;
- ✓ scelta delle posizioni di misura da valutare caso per caso in funzione della finalità dello studio per la misurazione dell'eccitazione e della risposta dell'edificio;
modalità di fissaggio dei trasduttori (agli elementi strutturali dell'edificio o al terreno).

5.8.4.2.5 Classificazione degli Edifici e Valori di Riferimento

In Appendice C alla Norma, appendice a carattere informativo in quanto è ripresa dalla Norma DIN 4150, viene riportata una classificazione esemplificativa degli edifici che comunque deve essere verificata caso per caso e in considerazione della destinazione d'uso dell'edificio stesso.

In Appendice D alla Norma, anch'essa con scopo informativo perché derivante dalla Norma DIN 4150, vengono indicati i valori di riferimento per la velocità di vibrazione per valutare l'azione delle vibrazioni di breve durata e permanenti.

Tabella 5.50: Valori di Riferimento per Vibrazioni di Breve Durata [mm/s]

Classe DIN 4150	Tipi di Edificio	Fondazioni			Piano Alto Per tutte le frequenze	Solai Componente Verticale Per tutte le frequenze
		< 10 Hz	10-50 Hz	50-100 Hz *		
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	20	20-40	40-50	40	20
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5	5-15	15-20	15	20
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	3	3-8	8-10	8	34

*) Per frequenze oltre 100 Hz possono essere usati i valori di riferimento per 100 Hz

Tabella 5.51: Valori di Riferimento per Vibrazioni Permanenti [mm/s]

Classe DIN 4150	Tipi di Edificio	Per tutti i Piani e per le Fondazioni * Per tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	10
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5

Classe DIN 4150	Tipi di Edificio	Per tutti i Piani e per le Fondazioni * Per tutte le frequenze
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	2.5
*) Per la componente verticale dei solai, la norma indica 10 mm/s per le prime due classi di edifici, limite che può essere inferiore per la terza classe.		

5.8.5 Individuazione dei Ricettori per la Componente Vibrazioni

In generale i ricettori potenzialmente interferiti dall'emissione di vibrazioni sono quelli più prossimi (entro alcune decine di metri) alle aree di lavoro. Occorre comunque evidenziare che la stima dello stato vibrazionale è fortemente influenzata da una molteplicità di fattori, tra cui, in primis la dettagliata conoscenza delle caratteristiche geologico/geotecniche del suolo/sottosuolo e delle caratteristiche dei mezzi effettivamente impiegati.

Anche per la componente vibrazioni possono considerarsi elementi di sensibilità i ricettori individuati nel precedente Paragrafo 5.8.3.

5.9 CAMPI ELETTRICI, MAGNETICI ED ELETTROMAGNETICI

5.8.6 Normativa di Riferimento Campi Elettrici, Magnetici ed Elettromagnetici

Con la Legge Quadro No. 36 del 22 Febbraio 2001 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” e successivo DPCM 8 Luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”, è stato istituito il quadro normativo di riferimento nazionale in merito alla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

In particolare, la Legge Quadro definisce i seguenti aspetti:

- ✓ esposizione: la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici o a correnti di contatto di origine artificiale;
- ✓ limite di esposizione: il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori [...];
- ✓ valore di attenzione: il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate [...];
- ✓ obiettivi di qualità: i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo stato [...] ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

I limiti di esposizione ed i valori di attenzione per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti, sono definiti dal DPCM 8 Luglio 2003:

- ✓ limite di esposizione: 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, da intendersi applicato ai fini della tutela da effetti acuti. Tale limite non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione;
- ✓ valore di attenzione: 10 μ T, da intendersi applicato ai fini della protezione da effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere. Tale valore si intende riferito alla mediana giornaliera dei valori in condizioni di normale esercizio;
- ✓ obiettivo di qualità: 3 μ T, da intendersi applicato ai fini della protezione da effetti a lungo termine nel “caso di progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti

scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio”. Tale valore si intende riferito alla mediana giornaliera dei valori in condizioni di normale esercizio.

La Direttiva 2013/35/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 26 Giugno 2013 sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici), è stata approvata il 20 Giugno dal Consiglio dei Ministri dell’Occupazione e delle Politiche Sociali dell’Unione Europea e pubblicata in Gazzetta Europea L 179 del 29 Giugno 2013.

Il provvedimento, entrato in vigore il 29 Giugno 2013, giorno della pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale dell’Unione Europea, contestualmente all’abrogazione della Direttiva 2004/40/CE, ha stabilito prescrizioni minime di protezione dei lavoratori contro i rischi riguardanti gli effetti biofisici diretti e gli effetti indiretti noti, provocati a breve termine dai campi elettromagnetici.

Nel testo, inoltre, sono presenti nuovi criteri in merito a:

- ✓ Valori Limite di Esposizione (VLE), “valori stabiliti sulla base di considerazioni biofisiche e biologiche, in particolare gli effetti diretti acuti e a breve termine scientificamente accertati, ossia gli effetti termici e l’elettrostimolazione dei tessuti”;
- ✓ VLE relativi agli effetti sanitari, “VLE al di sopra dei quali i lavoratori potrebbero essere soggetti a effetti nocivi per la salute, quali il riscaldamento termico o la stimolazione del tessuto nervoso o muscolare”;
- ✓ VLE relativi agli effetti sensoriali, “VLE al di sopra dei quali i lavoratori potrebbero essere soggetti a disturbi temporanei delle percezioni sensoriali e a modifiche minori delle funzioni cerebrali”.

5.8.7 Caratterizzazione Generale e individuazione dei Potenziali Ricettori

L’area di intervento risulta ubicata in un contesto caratterizzato da ampie distese classificate come aree a pascolo naturale, privi in questo momento di elementi che possano generare campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

5.9 RADIAZIONI OTTICHE

5.9.1 Normativa di Riferimento Inquinamento Luminoso

Con riferimento all’inquinamento luminoso, si evidenzia che l’Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI), ha emanato nel 1999 la Norma UNI 10819 “Luce e illuminazione - Impianti di illuminazione esterna - Requisiti per la limitazione della dispersione verso l’alto del flusso luminoso”.

Tale norma prescrive i requisiti degli impianti di illuminazione esterna, per la limitazione della dispersione verso l’alto di flusso luminoso proveniente da sorgenti di luce artificiale, applicandosi agli impianti di illuminazione esterna, di nuova realizzazione.

Gli impianti di illuminazione vengono classificati in base a requisiti di sicurezza necessaria, in cinque categorie:

- ✓ Tipo A: Impianti dove la sicurezza è a carattere prioritario, per esempio illuminazione pubblica di strade, aree a verde pubblico, aree a rischio, grandi aree;
- ✓ Tipo B: Impianti sportivi, impianti di centri commerciali e ricreativi, impianti di giardini e parchi privati;
- ✓ Tipo C: Impianti di interesse ambientale e monumentale;
- ✓ Tipo D: Impianti pubblicitari realizzati con apparecchi di illuminazione;
- ✓ Tipo E: Impianti a carattere temporaneo ed ornamentale, come ad esempio le luminarie natalizie.

In base alla esigenza di limitare la dispersione di flusso luminoso verso il cielo, vengono definite tre superfici territoriali:

- ✓ Zona 1: Zona altamente protetta ad illuminazione limitata, come ad esempio attorno ad un osservatorio astronomico di rilevanza internazionale, per un raggio di 5 km attorno;
- ✓ Zona 2: Zona protetta intorno alla zona 1 o intorno ad un osservatorio di interesse nazionale, per un raggio di km, 10 km, 15 km o 25 km attorno, in funzione dell’importanza dell’osservatorio; Zona 3: Tutto il territorio non classificato nelle Zone 1 e 2.

Per quanto riguarda la limitazione della dispersione verso l’alto del flusso luminoso da luce artificiale, i progetti di nuovi impianti di illuminazione pubblica e privata devono rispettare determinati valori massimi di R_n (“rapporto

medio di emissione superiore a 1”) che non devono complessivamente essere superati sull’intero territorio comunale.

La norma distingue due casi che dipendono dalla presenza/assenza di un Piano Regolatore dell’Illuminazione Comunale (PRIC).

In assenza di PRIC, i valori massimi di Rn sono definiti dalla tabella seguente.

Tabella 5.52: Valori Massimi di Rn in assenza di PRIC

Tipo di Impianto	Rn Max		
	Zona 1	Zona 2	Zona 3
A stradale (ipotesi 65% degli impianti di illuminazione comunale)	1%	3%	3%
A non stradale B, C, D (ipotesi 35% degli impianti di illuminazione comunale)	1%	9%	23%

Con Delibera della Giunta Regionale No.48/31 del 29 Novembre 2007 la Sardegna ha deliberato le “Linee guida e modalità tecniche d’attuazione per la riduzione dell’inquinamento luminoso e acustico e il conseguente risparmio energetico” (art. 19, comma 1, L.R. No.2 del 29 Maggio 2007).

Le suddette linee guida identificano “Zone di particolare tutela e protezione” per le quali sono definite delle prescrizioni da rispettare. In particolare, il comma 1) identifica le zone di particolare tutela e protezione:

- ✓ Aree di raggio pari a 20 km dagli osservatori professionali;
- ✓ Aree di raggio pari a 10 km dagli osservatori non professionali di rilevanza regionale e provinciale;
- ✓ Aree di raggio pari a 2 km dai siti osservativi riconosciuti;
- ✓ Aree coincidenti con i confini delle aree naturali tutelate.

5.9.2 Caratterizzazione Generale e Individuazione dei Potenziali Ricettori

L’area di intervento, ricadente in un contesto prevalentemente agropastorale, caratterizzato da aree a pascolo naturale e solo in parte dalla presenza di macchia mediterranea e gariga, non presenta sorgenti di illuminazione significative. D’altronde anche la stessa Strada Provinciale, adiacente al perimetro esterno dell’area di cantiere risulta non provvista di illuminazione stradale, così come moltissime strade al di fuori dei centri abitati.

Infine, si evidenzia che in corrispondenza dell’area di intervento non sono presenti Osservatori di rilievo. I più vicini risultano difatti:

- ✓ un Osservatorio Astronomico privato di Gario Sant’Elena (NU) distante circa 28 km (il quale non rientra nelle liste incluse nelle linee guida della L.R. No.2 del 29 Maggio 2007);
- ✓ l’Osservatorio Astronomico di Cagliari distante circa 50 km dall’area di intervento (che rientra L.R. No.2 del 29 Maggio 2007).

L’area non risulta quindi sottoposta a tutela da questo punto di vista.

¹ Tutto il flusso luminoso che viene emesso al di sopra di questo piano orizzontale passante per il centro fotometrico di un apparecchio di illuminazione è flusso che viene disperso verso l’alto e viene definito “flusso luminoso superiore di progetto”. Facendo il rapporto tra la somma di tutti i flussi superiori e la somma di tutti i flussi totali emessi da n apparecchi di illuminazione otteniamo un indice della dispersione verso l’alto del flusso luminoso, espresso in percentuale questo indice si indica con Rn e si chiama “rapporto medio di emissione superiore”.

5.10 PROBABILE EVOLUZIONE DELL'AMBIENTE IN CASO DI MANCATA ATTUAZIONE DEL PROGETTO

L'ambito territoriale in cui è prevista la localizzazione delle opere di superficie dell'intervento in progetto ricade in un'area attualmente interessata prevalentemente terreni classificato come “aree a pascolo naturale” e caratterizzato, parzialmente, dalla presenza di macchia mediterranea.

Sulla base di quanto sopra, l'evoluzione dell'ambiente circostante in caso di mancata realizzazione dell'intervento in progetto sarebbe legata ad una produzione energetica poco efficiente, con sprechi legati alla mancata ottimizzazione nell'utilizzo di energia prodotta da fonti rinnovabili in periodi di bassa richiesta e situazioni di criticità per difetto di offerta energetica nei momenti di picco.

Premesso quanto sopra, è comunque riportata nel seguito l'analisi qualitativa della probabile evoluzione dei fattori ambientali e degli agenti fisici in caso di mancata attuazione del progetto:

- ✓ per quanto riguarda la climatologia e la qualità dell'aria, le condizioni di evoluzione dell'ambiente rimarrebbero del tutto equivalenti all'attuale trend, senza alcun miglioramento in termini di emissioni di inquinanti in atmosfera, aspetto che invece potrebbe avrebbe delle ripercussioni positive in caso di attuazione del progetto in quanto consentirebbe di produrre energia elettrica tramite fonti pulite e rinnovabili in maniera più efficiente, a vantaggio del clima e della qualità dell'aria oltre che riducendo gli sprechi e migliorando la sicurezza degli approvvigionamenti nei momenti di maggior richiesta;
- ✓ con riferimento a suolo, sottosuolo ed acque sotterranee, l'evoluzione non si discosterebbe in alcuna misura da quanto attualmente in corso presso l'area di intervento: le matrici sopra elencate non subirebbero interventi;
- ✓ relativamente all'idrografia superficiale, in termini di qualità delle acque e di disponibilità della risorsa, si ritiene evidente che in caso di mancata realizzazione delle opere non sia verosimile ipotizzare alcuna evoluzione diversa della componente rispetto al trend attuale;
- ✓ per quanto riguarda lo stato di rumore e vibrazioni non sarebbero identificabili modifiche rispetto allo stato attuale della matrice;
- ✓ in caso di mancata realizzazione del progetto, l'evoluzione delle condizioni della biodiversità nell'area vasta resterebbe immutata rispetto a quanto attualmente in corso. La realizzazione del progetto comunque non ostacolerebbe;
- ✓ per quanto riguarda la demografia e la salute umana, la mancata attuazione del progetto non costituisce un fattore di potenziale modifica rispetto a quanto attualmente osservato nell'area, aspetti che invece avrebbero delle ripercussioni positive in caso di attuazione del progetto in quanto l'impianto permetterebbe di migliorare l'efficienza energetica del sistema elettrico nazionale attraverso l'utilizzo di fonti pulite e rinnovabili, a vantaggio del clima e della qualità dell'aria e di conseguenza della salute e del benessere degli abitanti della zona;
- ✓ in caso di conservazione del sito nelle attuali condizioni, non si osserverebbe alcuna variazione dell'attuale evoluzione del contesto produttivo ed economico locale, aspetto che invece avrebbe delle ripercussioni positive in caso di attuazione del progetto in quanto comporterebbe un indotto legato alla fase di cantiere per la presenza di numerosi addetti ai lavori e, in misura minore, anche in fase di esercizio;
- ✓ relativamente al paesaggio, in caso di mantenimento delle attuali condizioni del sito, non si osserverebbero variazioni del contesto.

6 DESCRIZIONE E STIMA DEI POTENZIALI IMPATTI AMBIENTALI

Nel presente capitolo sono indicati gli aspetti metodologici a cui si è fatto riferimento nel presente studio per la valutazione degli impatti dell'opera. In particolare, sono descritti:

- ✓ l'approccio metodologico seguito per l'identificazione degli impatti potenziali dell'opera, basato sulla costruzione della matrice causa-condizione-effetto;
- ✓ i criteri adottati per la stima degli impatti;
- ✓ i criteri adottati per il contenimento degli impatti.

6.1 METODOLOGIA APPLICATA

6.1.1 Matrice Causa-Condizione-Effetto

Lo Studio di Impatto Ambientale, in primo luogo, si pone l'obiettivo di identificare i possibili impatti significativi sulle diverse componenti dell'ambiente, sulla base delle caratteristiche essenziali del progetto dell'opera e dell'ambiente, e quindi di stabilire gli argomenti di studio su cui avviare la successiva fase di analisi e previsione degli impatti.

Più esplicitamente, per il progetto in esame è stata seguita la metodologia che fa ricorso alle cosiddette “matrici coassiali del tipo Causa-Condizione-Effetto” (Si veda la Figura allegata 6.1), per identificare, sulla base di considerazioni di causa-effetto e di semplici scenari evolutivi, gli impatti potenziali che la sua attuazione potrebbe causare.

La metodologia è basata sulla composizione di una griglia che evidenzia le interazioni tra opera ed ambiente e si presta particolarmente per la descrizione organica di sistemi complessi, quale quello qui in esame, in cui sono presenti numerose variabili. L'uscita sintetica sotto forma di griglia può inoltre semplificare il processo graduale di discussione, verifica e completamento.

A livello operativo si è proceduto alla costruzione di liste di controllo (*checklist*), sia del progetto che dei suoi prevedibili effetti ambientali nelle loro componenti essenziali, in modo da permettere una analisi sistematica delle relazioni causa-effetto sia dirette che indirette. L'utilità di questa rappresentazione sta nel fatto che vengono mantenute in evidenza tutte le relazioni intermedie, anche indirette, che concorrono a determinare l'effetto complessivo sull'ambiente.

In particolare, sono state individuate quattro *checklist* così definite:

- ✓ i **Fattori Ambientali/Agenti Fisici** influenzati, in cui è opportuno che il complesso sistema dell'ambiente venga disaggregato per evidenziare ed analizzare a che livello dello stesso agiscano i fattori causali in seguito definiti. I fattori ambientali e gli agenti fisici a cui si è fatto riferimento sono quelli definiti e descritti al precedente Capitolo 5 e di seguito elencati:
 - Fattori ambientali:
 - Popolazione e salute umana,
 - Biodiversità,
 - Suolo, uso del suolo e patrimonio agroalimentare,
 - Geologia e acque,
 - Atmosfera: Aria e Clima,
 - Sistema paesaggistico: Paesaggio, Patrimonio culturale e Beni materiali;
 - Agenti Fisici:
 - Rumore,
 - Vibrazioni,
 - Campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici,
 - Radiazioni ottiche;
- ✓ le **Attività di Progetto**, cioè l'elenco delle caratteristiche del progetto in esame scomposto secondo fasi operative ben distinguibili tra di loro rispetto al tipo di impatto che possono produrre. L'individuazione delle

principali attività connesse alla realizzazione dell'opera, suddivise con riferimento alle fasi di progetto, è riportata nel precedente Capitolo 4;

- ✓ i **Fattori Causali di Impatto**, cioè le azioni fisiche, chimico-fisiche o socio-economiche che possono essere originate da una o più delle attività in progetto e che sono individuabili come fattori in grado di causare oggettivi e specifici impatti. L'individuazione di tali azioni è riportata per ciascun fattore ambientale/agente fisico considerato nei Paragrafi da 6.2 a 6.10. In particolare, sulla base delle interazioni con l'ambiente analizzate nel Paragrafo 4.6, si è proceduto inizialmente alla valutazione della significatività dei fattori causali di impatto e all'esclusione di quelli la cui incidenza potenziale sulla componente, in riferimento alla specifica fase, è ritenuta, in sede di valutazione preliminare, trascurabile;
- ✓ gli **Impatti Potenziali**, cioè le possibili variazioni delle attuali condizioni ambientali che possono prodursi come conseguenza diretta delle attività proposte e dei relativi fattori causali, oppure come conseguenza del verificarsi di azioni combinate o di effetti sinergici. A partire dai fattori causali di impatto definiti come in precedenza descritto si può procedere alla identificazione degli impatti potenziali con riferimento ai quali effettuare la stima dell'entità di tali impatti. Per l'opera in esame la definizione degli impatti potenziali è stata condotta con riferimento ai singoli fattori ambientali ed agli agenti fisici individuati ed è esplicitata, per ciascun fattore ambientale/agente fisico, nei Paragrafi da 6.2 a 6.10.

Sulla base di tali liste di controllo si è proceduto alla composizione della matrice Causa-Condizione-Effetto, presentata in Figura 6.1 allegata, nella quale sono individuati gli effetti ambientali potenziali.

La matrice Causa-Condizione-Effetto è stata utilizzata quale strumento di verifica, dalla quale sono state progressivamente eliminate le relazioni non riscontrabili nella realtà o ritenute non significative ed invece evidenziate, nelle loro subarticolazioni, quelle principali.

Lo studio si è concretizzato, quindi, nella verifica dell'incidenza reale di questi impatti potenziali in presenza delle effettive condizioni localizzative e progettuali e sulla base delle risultanze delle indagini settoriali, inerenti i diversi parametri ambientali. Questa fase, definibile anche come fase descrittiva del sistema “impatto-ambiente”, assume sin dall'inizio un significato centrale in quanto è dal suo risultato che deriva la costruzione dello scenario delle situazioni e correlazioni su cui è stata articolata l'analisi di impatto complessiva presentata ai capitoli successivi.

Il quadro che ne emerge, delineando i principali elementi di impatto potenziale, orienta infatti gli approfondimenti richiesti dalle fasi successive e consente di discriminare tra componenti ambientali con maggiori o minori probabilità di impatto. Da essa procede inoltre la descrizione più approfondita del progetto stesso e delle eventuali alternative tecnico-impiantistiche possibili, così come dello stato attuale dell'ambiente e delle sue tendenze naturali di sviluppo, che sono oggetto di studi successivi.

6.1.2 Criteri per la Stima degli Impatti

L'analisi e la stima degli impatti hanno lo scopo di fornire la valutazione degli impatti medesimi rispetto a criteri prefissati, eventualmente definiti per lo specifico caso. Tale fase rappresenta quindi la sintesi e l'obiettivo dello studio d'impatto.

Per la valutazione degli impatti è necessario definire criteri espliciti di interpretazione che consentano, ai diversi soggetti sociali ed individuali che partecipano al procedimento di VIA, di formulare i giudizi di valore. Tali criteri, indispensabili per assicurare una adeguata obiettività nella fase di valutazione, permettono di definire la significatività di un impatto e sono relativi alla definizione di:

- ✓ impatto reversibile o irreversibile;
- ✓ impatto a breve o a lungo termine;
- ✓ scala spaziale dell'impatto (locale, regionale, etc.);
- ✓ impatto evitabile o inevitabile;
- ✓ impatto mitigabile o non mitigabile;
- ✓ entità dell'impatto;
- ✓ frequenza dell'impatto;
- ✓ capacità di ammortizzare l'impatto;
- ✓ concentrazione dell'impatto su aree critiche.

Il riesame delle ricadute derivanti dalla realizzazione dell'opera sui singoli fattori ambientali/agenti fisici si pone quindi l'obiettivo di definire un quadro degli impatti più significativi prevedibili sul sistema ambientale complessivo,

indicando inoltre le situazioni transitorie attraverso le quali si configura il passaggio dalla situazione attuale all'assetto di lungo termine. Si noti che le analisi condotte sui singoli fattori ambientali/agenti fisici, essendo impostati con l'ausilio delle matrici Causa-Condizione-Effetto, già esauriscono le valutazioni di carattere più complessivo e considerano al loro interno le interrelazioni esistenti tra le diverse configurazioni del sistema.

Nel caso dell'opera in esame la stima degli impatti è stata condotta con riferimento ai singoli fattori ambientali/agenti fisici a partire dagli impatti potenziali individuati; il risultato di tale attività è esplicitato, con riferimento a ciascun fattore ambientale/agente fisico, nei Paragrafi da 6.2 a 6.10.

La valutazione si chiude, ove opportuno, con una identificazione ed una sintesi di opportune misure di mitigazione e contenimento degli impatti (si veda il successivo paragrafo).

6.1.3 Criteri per il Contenimento degli Impatti

L'individuazione degli interventi di mitigazione e compensazione degli impatti rappresenta una fase essenziale in materia di VIA, in quanto consente di definire quelle azioni da intraprendere a livello di progetto per ridurre eventuali impatti negativi su singole variabili ambientali. È infatti possibile che la scelta effettuata nelle precedenti fasi di progettazione, pur costituendo la migliore alternativa in termini di effetti sull'ambiente, induca impatti significativamente negativi su singole variabili del sistema antropico-ambientale.

A livello generale possono essere previste le seguenti misure di mitigazione e di compensazione:

- ✓ evitare l'impatto completamente, non eseguendo un'attività o una parte di essa;
- ✓ minimizzare l'impatto, limitando la magnitudo o l'intensità di un'attività;
- ✓ rettificare l'impatto, intervenendo sull'ambiente con misure di riqualificazione e reintegrazione;
- ✓ ridurre o eliminare l'impatto tramite operazioni di salvaguardia e di manutenzione durante il periodo di realizzazione e di esercizio dell'intervento;
- ✓ compensare l'impatto, procurando o introducendo risorse sostitutive.

Le azioni mitigatrici devono tendere a ridurre tali impatti avversi, migliorando contestualmente l'impatto globale dell'intervento proposto. Per l'opera in esame l'identificazione delle misure di mitigazione e compensazione degli impatti è stata condotta con riferimento ai singoli fattori ambientali/agenti fisici e in funzione degli impatti stimati ed è esplicitata per ciascun fattore ambientale/agente fisico, ove applicabile, Paragrafi da 6.2 a 6.10.

6.2 POPOLAZIONE E SALUTE UMANA

6.2.1 Interazioni tra il Progetto e la Componente

Le interazioni tra il progetto e la componente possono essere così riassunte:

- ✓ fase di cantiere:
 - occupazione/limitazioni d'uso del suolo (presenza cantiere),
 - disturbi al comparto turistico,
 - traffico indotto (trasporto terre, materiali, addetti),
 - emissioni sonore/vibrazioni e sviluppo di polveri e inquinanti legate alla presenza del cantiere,
 - incremento dell'occupazione conseguente alle opportunità di lavoro connesse alle attività di costruzione,
 - incremento di richiesta di servizi per il soddisfacimento delle necessità del personale coinvolto,
 - pericoli connessi alle attività di cantiere (potenziali incidenti);
- ✓ fase di esercizio:
 - limitazioni/perdite d'uso del suolo (presenza bacino di monte, portale di accesso alle gallerie),
 - maggiore sicurezza/efficienza del sistema elettrico,
 - incremento occupazionale diretto e indotto,
 - emissioni in atmosfera ed emissioni sonore derivanti dai mezzi per il trasporto personale,
 - traffico indotto (trasporto addetti).

Si ricorda che la Centrale essendo totalmente interrata non sarà caratterizzata da emissioni sonore in superficie durante l'esercizio.

Sulla base dei dati progettuali e delle interazioni con l'ambiente descritte al precedente Paragrafo 4.6, la valutazione qualitativa delle potenziali incidenze delle azioni di progetto sulla componente ambientale in esame è riassunta nella seguente tabella.

Tabella 6.1: Popolazione e Salute Umana, Potenziale Incidenza delle Azioni di Progetto

Azione di Progetto	Potenziale Incidenza	
	Non Significativa	Oggetto di Successiva Valutazione
FASE DI CANTIERE		
Occupazione/Limitazione di uso del suolo		X
Trasporto terre e materiali (traffico indotto)		X
Trasporto addetti (traffico indotto) e disturbo della viabilità	X	
Interazione con la fruizione turistica delle aree		X
Emissioni sonore ed inquinanti		X
Potenziali Incidenti (pericoli connessi alle attività di cantiere)		X
Incremento dell'occupazione e di richiesta di servizi		X
FASE DI ESERCIZIO		
Limitazione/Perdita di uso del suolo		X
Incremento efficienza del sistema elettrico		X
Incremento dell'occupazione (diretta e indiretta)		X
Emissioni sonore della Centrale	X	
Emissioni sonore ed inquinanti (trasporto addetti)	X	
Trasporto addetti (traffico indotto)	X	

Si è ritenuto di escludere da ulteriori valutazioni le azioni di progetto per le quali la potenziale incidenza sulla componente è stata ritenuta, fin dalla fase di valutazione preliminare, non significativa. In particolare:

- ✓ per il cantiere:
 - traffico indotto riconducibile al trasporto del personale nel cantiere in quanto ritenuto di scarsa entità.
- ✓ per l'esercizio:
 - emissioni sonore da funzionamento apparecchiature in Centrale: in relazione alla localizzazione delle sorgenti sonore, totalmente interrate, la trasmissione della rumorosità in superficie sarà nullo. In prossimità degli accessi sono presenti sorgenti sonore trascurabili (gli impianti di ventilazione delle gallerie saranno infatti silenziati);
 - emissioni sonore ed inquinanti da traffico indotto. Tale traffico è considerato non significativo in quanto imputabile unicamente al trasporto degli addetti alla manutenzione degli impianti;
 - traffico indotto: considerato non significativo per le considerazioni riportate al punto precedente.

Nel successivo paragrafo sono descritti gli eventuali elementi di sensibilità e sono identificati i recettori potenzialmente impattati dalle attività a progetto. La valutazione degli impatti ambientali e l'identificazione delle misure mitigative che si prevede di adottare è riportata di seguito.

6.2.2 Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori

Nel presente paragrafo, sulla base di quanto riportato in precedenza, sono riassunti gli elementi di interesse della componente e sono individuati i ricettori potenzialmente impattati dalle attività a progetto. La caratterizzazione della componente non ha evidenziato la presenza elementi di particolare sensibilità.

In linea generale, potenziali ricettori ed elementi di sensibilità sono i seguenti:

- ✓ aree con intensa presenza umana (centri e agglomerati urbani);
- ✓ popolazione esposta a potenziali rischi per la salute;
- ✓ importanti infrastrutture di trasporto;
- ✓ attività produttive di rilievo economico;
- ✓ aree turistiche/ricreative;

- ✓ aree con presenza di culture di pregio del patrimonio agroalimentare.

Come descritto nei paragrafi precedenti, nell'area di indagine non è stata individuata nessuna criticità in relazione agli elementi di sensibilità sopraelencati. I ricettori dei potenziali impatti sono riassunti nel seguito.

Tabella 6.2: Popolazione e Salute Umana, Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori

Potenziale Recettore	Cantiere/Opera	Distanza Minima
Salute Pubblica		
Centro abitato di Escaplano	Bacino di Monte	Circa 8 km a Sud
Centro abitato di Esterzili	Bacino di Monte	Circa 10 km a Nord-Ovest
Edificio rurale isolato	Bacino di Monte	Circa 250 metri a Ovest
Attrazioni Turistiche e Strutture Ricettive		
Invaso del Lago Flumendosa	Bacino di valle (opera di presa di valle)	Direttamente interessato
Centro abitato di Escaplano	Bacino di Monte	Circa 8 km a Sud
Centro abitato di Esterzili	Bacino di Monte	Circa 10 km a Nord-Ovest
Is Caddarxius cascate	Bacino di valle (opera di presa)	Circa 2.5 km a Nord-Est
Infrastrutture di Trasporto		
SP53	Viabilità	Adiacente all'area di lavoro di monte

6.2.3 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione

6.2.3.1 Limitazione/Perdite d'Uso del Suolo e Interazioni con la Fruizione delle Aree (Fase di Cantiere e Fase di Esercizio)

La realizzazione del progetto determinerà l'occupazione di suolo sia in fase di cantiere sia in fase di esercizio. Il dettaglio degli usi suolo presenti è riportato nel precedente Paragrafo 5.4.2, cui si rimanda.

In linea generale l'impatto potenziale sull'uso del suolo connesso alla realizzazione del progetto è da intendersi in termini di:

- ✓ limitazioni/perdite d'uso del suolo;
- ✓ disturbi/interferenze con gli usi del territorio sociali e culturali. Tra questi si evidenzia la possibile interferenza con la fruizione turistica/ricreativa delle aree in esame con particolare riferimento all'area di lavoro di valle in quanto potenzialmente visibile dal Lago che è interessato da visite con battello. Interferenze sono prevedibili anche con l'area di lavoro di monte, nonché con la presenza del nuovo bacino in fase di esercizio, in quanto potenzialmente visibili nell'intorno.

L'impatto legato alle limitazioni d'uso del suolo è stato valutato al Paragrafo 6.4.3.6, cui si rimanda.

Per quanto riguarda i disturbi/interferenze con la potenziale fruizione turistico/ricreativa, si evidenzia che in generale la presenza dell'area di cantiere potrà arrecare disturbi legati alle emissioni di polveri ed inquinanti, alle emissioni sonore, al traffico indotto ed alla percezione visiva di un'area che presenta una **potenziale** attrattività turistico/ricreativa solo per la parte del Lago Flumendosa esistente.

Tali attività avranno, ad ogni modo, carattere temporaneo, seppure presenti per una durata di media entità (alcuni anni) ed al termine delle stesse le aree interessate saranno interamente ripristinate. In esercizio rimarranno visibili solo l'area interessata dal portale di accesso alle gallerie, e il Bacino di Monte le cui scarpate saranno inverdite per un migliore mascheramento paesaggistico.

Sulla base di quanto sopra, l'impatto può essere ritenuto, per la fase di cantiere, di bassa entità, e comunque temporaneo, reversibile, a medio termine e a scala locale.

In fase di esercizio, in considerazione di quanto sopra, l'impatto può essere ritenuto di bassa entità e comunque non reversibile, a lungo termine e a scala locale.

6.2.3.2 Disturbi alla Viabilità (Fase di Cantiere)

Durante la fase di cantiere sono possibili disturbi alla viabilità terrestre limitrofa in conseguenza di un incremento di traffico da trasporto di materiali, etc. Il traffico indotto riconducibile al trasporto del personale nel cantiere è ritenuto di scarsa entità.

In fase di esercizio non si avrà alcuna interferenza in quanto imputabile unicamente al trasporto degli addetti alla manutenzione degli impianti.

6.2.3.2.1 Stima dell'Impatto Potenziale

L'incremento di traffico in fase di cantiere è dovuto principalmente alla movimentazione dei mezzi per il trasporto dei materiali e alle lavorazioni di cantiere. La stima dei traffici è riportata al Paragrafo 4.6.1.7.

Si specifica che per la fase di cantiere le attività di movimentazione delle terre sarà effettuato all'interno della stessa area di cantiere; infatti, non è previsto alcun conferimento esterno al sito di intervento.

Anche per ciò che riguarda l'erezione del corpo diga del bacino di monte e per tutte le opere necessarie alla realizzazione dell'impianto, non è necessario importare materiale dall'esterno, in quanto si avrà il completo riutilizzo in situ dei quantitativi di scavo, (vedi relazione generale di cantiere "1351-A-FN-R-02-1"), pertanto, non si prevede di incrementare la viabilità locale.

Le uniche interazioni con la viabilità locale, in particolare con la SP53 sono riconducibili al transito dei mezzi per il trasporto delle componenti meccaniche e strutturali delle infrastrutture che compongono l'impianto. Si tratta pertanto di trasporti occasionali e limitati nel tempo.

Gli impatti sulla viabilità possono essere considerati pertanto di **bassa entità** relativamente alla SP53. Tali impatti saranno ad ogni modo temporanei, reversibili, a medio termine e a scala locale.

Saranno ad ogni modo adottate le opportune misure di mitigazione, al fine di limitare ogni potenziale disturbo alla viabilità locale, quale quelle descritte nel seguente paragrafo.

6.2.3.2.2 Misure di Mitigazione

Si prevede l'adozione delle seguenti misure di mitigazione:

- ✓ accurato studio in fase di progetto degli accessi al cantiere dalla viabilità esistente;
- ✓ accordi preventivi con le Autorità locali su percorsi alternativi temporanei per la viabilità, qualora necessario.

6.2.3.3 Impatto sulla Salute Pubblica Connesso al Rilascio di Inquinanti in Atmosfera (Fase di Cantiere)

6.2.3.3.1 Effetti degli Inquinanti Atmosferici – Monossido di Carbonio

Il carbonio, che costituisce lo 0.08% della crosta terrestre, si trova in natura sia allo stato elementare che combinato negli idrocarburi, nel calcare, nella dolomite, nei carboni fossili, etc. Il monossido di carbonio (CO) è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera, l'unico la cui concentrazione venga espressa in milligrammi al metro cubo (mg/m³).

Il CO è un gas inodore ed incolore e viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. La sua presenza nell'atmosfera è dovuta principalmente a fonti naturali, quali l'ossidazione atmosferica di metano e di altri idrocarburi normalmente emessi nell'atmosfera, le emissioni da oceani, paludi, incendi forestali, acqua piovana e tempeste elettriche.

L'attività umana è responsabile delle emissioni di CO principalmente tramite la combustione incompleta di carburanti per autotrazione. La principale sorgente di CO è infatti rappresentata dal traffico veicolare (circa il 90% delle emissioni totali), in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina.

Per quanto riguarda gli effetti sulla salute, il monossido di carbonio viene assorbito rapidamente negli alveoli polmonari. Nel sangue compete con l'ossigeno nel legarsi all'atomo bivalente del ferro dell'emoglobina, formando carbossiemoglobina (HbCO).

Non sono stati riscontrati effetti particolari nell'uomo per concentrazione di carbossiemoglobina inferiori al 2%; al di sopra del valore di 2.5% (corrispondente ad un'esposizione per 90' a 59 mg/m³) si possono avere alterazioni delle funzioni psicologiche e psicomotorie.

In base alle raccomandazioni della CCTN (Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale), non dovrebbe essere superata una concentrazione di HbCO del 4%, corrispondente ad una concentrazione di CO di 35 mg/m³ per un'esposizione di 8 ore. Tuttavia, anche esposizioni a CO di 23 mg/m³ per 8 ore non possono essere considerate ininfluenti per particolari popolazioni a rischio, quali soggetti con malattie cardiovascolari e donne in gravidanza. La CCTN, quindi, raccomanda un valore limite non superiore a 10 ppm di CO su 8 ore a protezione della salute in una popolazione generale, e di 7-8 ppm su 24 ore.

6.2.3.3.2 Effetti degli Inquinanti Atmosferici – Ossidi di Azoto

Esistono numerose specie chimiche di ossidi di azoto che vengono classificate in funzione dello stato di ossidazione dell'azoto.

Tabella 6.3: Composti Azoto

Nome	Formula Chimica
Ossido di diazoto	N ₂ O
Ossido di azoto	NO
Triossido di diazoto (Anidride nitrosa)	N ₂ O ₃
Biossido di azoto	NO ₂
Tetrossido di diazoto	N ₂ O ₄
Pentossido di diazoto (Anidride nitrica)	N ₂ O ₅

Le emissioni naturali di NO comprendono i fulmini, gli incendi e le emissioni vulcaniche e dal suolo; le emissioni antropogeniche sono principalmente dovute ai trasporti, all'uso di combustibili per la produzione di elettricità e di calore ed, in misura minore, alle attività industriali.

Il monossido di azoto si forma per reazione dell'ossigeno con l'azoto nel corso di qualsiasi processo di combustione che avvenga in aria e ad elevata temperatura; l'ulteriore ossidazione dell'NO produce anche tracce di biossido di azoto, che in genere non supera il 5% degli NOx totali emessi.

La formazione di biossido di azoto avviene per ossidazione in atmosfera del monossido di azoto. Il biossido di azoto in particolare è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla costituzione di sostanze inquinanti complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".

Per quanto riguarda gli effetti sulla salute, fra gli ossidi di azoto sopra elencati, l'NO₂ è l'unico composto di rilevanza tossicologica. Il suo effetto è sostanzialmente quello di provocare un'irritazione del compartimento profondo dell'apparato respiratorio.

Il livello più basso al quale è stato osservato un effetto sulla funzione polmonare nell'uomo, dopo una esposizione di 30 minuti, è pari a 560 µg/m³; questa esposizione causa un modesto e reversibile decremento nella funzione polmonare in persone asmatiche sottoposte a sforzo.

Sulla base di questa evidenza, e considerando un fattore di incertezza pari a 2, l'Organizzazione Mondiale per la Sanità ha raccomandato per l'NO₂ un limite guida di 1 ora pari a 200 µg/m³, ed un limite per la media annua pari a 40 µg/m³.

6.2.3.3.3 Effetti degli Inquinanti Atmosferici – Polveri Sospese

La presenza di particolato aerodisperso può avere origine sia naturale che antropica. Tra le polveri di origine naturale, vanno ricordati i pollini e altri tipi di allergeni prodotti da alcuni organismi animali (acari, etc.).

Le polveri di origine antropica, oltre che rilasciate direttamente da alcuni cicli produttivi sono riconducibili principalmente a due tipologie: il particolato da erosione per attrito meccanico (ad esempio i freni dei veicoli) o per effetto delle intemperie su manufatti prodotti dall'uomo; il particolato prodotto per ricombinazione o strappaggio nelle reazioni di combustione, costituito da residui carboniosi, a volte contenenti componenti tossici (IPA).

Con la sigla PM₁₀ si definisce il particolato caratterizzato da una dimensione inferiore ai 10 µm, che ha la caratteristica di essere inalato direttamente a livello degli alveoli polmonari. Questa frazione di polveri è conosciuta anche come “polveri respirabili”, ovvero quelle che, per le ridotte dimensioni, riescono a raggiungere i bronchioli dell'apparato respiratorio.

Sulla base di studi effettuati su popolazioni umane esposte ad elevate concentrazioni di particolato (spesso in presenza di anidride solforosa) e sulla base di studi di laboratorio, la maggiore preoccupazione per la salute umana riguarda gli effetti sulla respirazione, incluso l'aggravamento di patologie respiratorie e cardiovascolari, le alterazioni del sistema immunitario, il danno al tessuto polmonare, l'aumento dell'incidenza di patologie tumorali e la morte prematura.

Il rischio sanitario a carico dell'apparato respiratorio legato alle particelle disperse nell'aria dipende, oltre che dalla loro concentrazione, anche dalla dimensione e dalla composizione delle particelle stesse.

A parità di concentrazione, infatti, le particelle di dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare più in profondità nell'apparato respiratorio. Il particolato di granulometria più fine ha inoltre una composizione chimica complessa, che mostra la presenza, fra l'altro, di sostanze organiche ad elevata tossicità quali gli idrocarburi policiclici aromatici.

La pericolosità delle polveri, oltre all'effetto di ostruzione delle vie respiratorie, è legata alla possibile presenza di sostanze tossiche nel particolato, quali, ad esempio, alcuni metalli (piombo, cadmio, mercurio), IPA, amianto, silice.

6.2.3.3.4 *Stima dell'Impatto Potenziale*

La produzione di inquinanti connessa alla realizzazione del progetto in esame e gli eventuali effetti sulla salute pubblica potrebbero essere collegati ad alcune attività di realizzazione dell'opera; in particolare:

- ✓ emissioni di polveri e inquinanti (NO_x, SO_x, COV) da utilizzo mezzi e attività di cantiere;
- ✓ emissioni di inquinanti da traffico veicolare in fase di cantiere.

Si evidenzia che, in fase di esercizio, l'impianto non determinerà l'emissione di alcun inquinante in atmosfera.

Per quanto riguarda la valutazione delle emissioni di inquinanti e di polveri in fase di cantiere e la stima delle relative ricadute al suolo, si noti che l'impatto sulla componente Atmosfera dovuto alle attività sopra indicate è analizzato nel successivo paragrafo relativo alla componente Aria (Paragrafo 6.7.3).

In generale le ricadute di inquinanti e polveri sono contenute nelle aree di lavoro o in adiacenza (come dimostrato anche dalle simulazioni modellistiche condotte per la Fabbrica Virole e per gli impianti di betonaggio) e non sono prevedibili ricadute significative sull'unico ricettore prossimo all'area di cantiere indicato in Tabella 6.2

Sulla base di quanto sopra, l'impatto sulla componente può essere ritenuto di **bassa entità**. Altre caratteristiche dell'impatto sono le seguenti: temporaneo, reversibile, a medio termine, a scala locale.

6.2.3.3.5 *Misure di Mitigazione*

Le misure di mitigazione che si prevede di adottare sono descritte al Paragrafo 6.7.3 relativo alla componente Atmosfera.

6.2.3.4 Impatto sulla Salute Pubblica per Emissioni Sonore (Fase di Cantiere)

La produzione di rumore connessa alla realizzazione dell'opera e gli eventuali effetti sulla salute pubblica potrebbero essere collegati alle attività di cantiere.

Per quanto concerne le emissioni sonore da funzionamento delle apparecchiature di Centrale (fase di esercizio) in relazione alla localizzazione delle sorgenti sonore, sotterranea a circa -490 m di profondità, si ritiene che queste siano nulle in superficie. In prossimità dell'accesso non sono presenti sorgenti sonore significative (gli impianti di ventilazione delle gallerie saranno infatti silenziati).

6.2.3.4.1 *Effetti del Rumore*

Il rumore, nell'accezione di suono indesiderato, costituisce una forma di inquinamento dell'ambiente che può costituire fonte di disagi e, a certi livelli, anche di danni fisici per le persone esposte. Gli effetti dannosi del rumore sulla salute umana possono riguardare sia l'apparato uditivo che l'organismo in generale.

Sull'apparato uditivo il rumore agisce con modalità diverse a seconda che esso sia forte e improvviso o che abbia carattere di continuità. Nel primo caso sono da aspettarsi, a seconda dell'intensità, lesioni riguardanti la membrana

timpanica; nel secondo caso il rumore arriva alle strutture nervose dell'orecchio interno provocandone, per elevate intensità, un danneggiamento con conseguente riduzione nella trasmissione degli stimoli nervosi al cervello, dove vengono tradotti in sensazioni sonore. La conseguente diminuzione della capacità uditiva che in tal modo si verifica viene denominata spostamento temporaneo di soglia (*Temporary Threshold Shift*, TTS). Il TTS per definizione ha carattere di reversibilità; perdite irreversibili dell'udito caratterizzate da spostamenti permanenti di soglia (*Noise Induced Permanent Threshold Shift*, NIPTS) sono peraltro possibili.

La valutazione effettiva del rischio uditivo si rivela problematica in quanto si tratta di rendere omogeneo un fenomeno fisico, come il rumore, con un fenomeno fisiologico, come la sensazione uditiva. Inoltre, la sensibilità dell'orecchio non è uniforme in tutta la sua gamma di risposte in frequenza: la massima sensibilità si ha intorno a 3,500-4,000 Hertz, mentre una spiccata riduzione si verifica alle frequenze alte, al di sopra di 13,000 Hertz. Per la valutazione del rischio uditivo si fa riferimento al criterio proposto dall'Associazione degli Igienisti Americani (ACGIH) (Andreottola et al., 1987) che fissa, per vari livelli di intensità sonora, i massimi tempi di esposizione al di sotto dei quali non dovrebbero sussistere rischi per l'apparato uditivo; a livello esemplificativo viene indicato un massimo tempo di esposizione pari a otto ore per un livello di 85 dBA, tempo che si riduce ad un'ora per un livello di 100 dBA ed a sette minuti per un livello pari a 113 dBA. Tali valori si riferiscono alla durata complessiva di esposizione indipendentemente dal fatto che l'esposizione sia stata continua o suddivisa in brevi periodi; deve inoltre essere assolutamente evitata l'esposizione anche per brevi periodi a livelli superiori a 115 dBA.

A livello indicativo e per riferimento nel seguito sono riportati alcuni tipici livelli sonori con i quali la comunità normalmente si deve confrontare.

Tabella 6.4: Livelli Sonori Tipici

Livello di Disturbo	Livello Sonoro dBA	Sorgente
Soglia Uditiva	0	
Calma	10	
Interferenza sonno e conversazione	20	Camera molto silenziosa
	30	
	40	
	50	
Disturbo sonno e conversazione	60	Interno abitazione su strada animata (finestre chiuse)
	70	
Rischio per udito	80	Crocevia con intensa circolazione Camion, autobus, motociclo in accelerazione
	90	
Insopportabile	100	Tessitura Martello pneumatico Discoteca, reattori al banco
	110	
	120	
Soglia del dolore	130	Aereo a reazione al decollo

6.2.3.4.2 Stima dell'Impatto Potenziale

L'impatto sulla componente Rumore è esaminato al Paragrafo 6.9.3 dove viene riportata la stima dei livelli sonori nell'ambiente conseguenti alla realizzazione del progetto.

Le analisi effettuate sulle attività di cantiere hanno evidenziato che le aree interessate da una rumorosità significativa (>60 dB(A)) sono limitate e comprese entro una distanza compresa tra circa 400 m dal cantiere. Si evidenzia ad ogni modo che le lavorazioni in superficie saranno condotte principalmente nel periodo diurno, sebbene gli impianti di betonaggio potranno essere parzialmente attivi, in alcune fasi di cantierizzazione anche nelle ore serali.

Con riferimento alle valutazioni di cui al successivo Paragrafo 6.9.3, l'impatto sulla salute pubblica dovuto alle emissioni sonore è da ritenersi di **bassa entità**. Altre caratteristiche dell'impatto sono le seguenti: temporaneo, reversibile, a medio termine, a scala locale.

6.2.3.4.3 Misure di Mitigazione

Le misure di mitigazione che si prevede di adottare sono descritte al Paragrafo 6.9 relativo alla componente Rumore.

6.2.3.5 Impatto sull'Occupazione (Fase di Cantiere e Esercizio)

La realizzazione del progetto comporta una richiesta di manodopera essenzialmente ricollegabile a:

- ✓ attività di costruzione;
- ✓ attività di esercizio.

Nella seguente tabella si riporta il numero massimo e medio degli addetti presenti durante le attività di costruzione distribuite nel cantiere.

Tabella 6.5: Numero di Addetti per Cantiere

Cantiere	Tipologia	Stima Quantità	Note
Area di Monte	No. addetti	100	max
		40	medio
Area di Valle	No. addetti	80	max
		30	medio

Per quanto concerne la fase di esercizio, la Centrale sarà gestita da remoto e il numero di addetti sarà legato alle attività di manutenzione.

Nel corso della realizzazione dell'opera in progetto, l'impatto, di segno positivo, sull'occupazione connesso alla creazione di opportunità di lavoro sarà di **entità elevata**.

Durante la fase di esercizio, l'impatto positivo sarà di **bassa entità**.

6.2.3.6 Impatto connesso alla Richiesta di Servizi per Soddisfacimento Necessità Personale Coinvolto (Fase di Cantiere)

La richiesta di manodopera dovuta alla realizzazione del progetto potrebbe interagire con la componente relativamente alla richiesta di servizi e di infrastrutture che potrebbe nascere per il soddisfacimento dei bisogni del personale coinvolto nelle attività di costruzione.

In considerazione della quantità di addetti impegnati in fase di cantiere e della durata, comunque, a medio termine delle attività (nell'ordine di alcuni anni) si ritiene che sia prevedibile un indotto **positivo** di **media entità** sulle strutture ricettive ed i servizi esistenti a livello provinciale considerando l'assenza di strutture a livello comunale.

6.2.3.7 Impatto dovuto ai Pericoli per la Salute Pubblica (Fase di Cantiere e Fase di Esercizio)

6.2.3.7.1 Stima dell'Impatto Potenziale

Connesse con tutte le attività di cantiere esiste una serie di rischi per la sicurezza e la salute pubblica degli addetti, legate alla presenza di materiali e alle attività da svolgere. Tali rischi saranno presi in considerazione dalle procedure operative che saranno messe a punto prima dell'inizio delle attività al fine di assicurare che tutte le operazioni siano svolte sempre nella massima sicurezza, in accordo alla normativa vigente.

Per quanto riguarda la fase di esercizio sarà predisposto un Piano di Emergenza, comprendente anche le emergenze ambientali, con lo scopo di fornire uno strumento operativo per classificare le situazioni di possibile emergenza e per fronteggiarle qualora si dovessero verificare.

Si ritiene che l'impatto sia **trascurabile** considerando la gestione che sarà assicurata durante le attività di costruzione ed esercizio.

6.2.3.7.2 Misure di Mitigazione

Per quanto riguarda la sicurezza durante le attività di cantiere, si evidenzia che in generale la pianificazione delle emergenze consiste nel rispetto di specifici adempimenti volti a valutare i rischi lavorativi, ad individuare le misure per ridurre tali rischi, ad organizzare un preciso coordinamento tra le imprese che operano in una medesima unità operativa, con precisi profili di responsabilità.

Le misure preventive per le principali tematiche legate ai rischi del lavoro in galleria, trattano in particolare i seguenti temi:

- ✓ rischio di investimento da mezzi;
- ✓ rischio di incendio;
- ✓ soccorso;
- ✓ comunicazione interno/esterno galleria;
- ✓ ventilazione;
- ✓ rischio presenza gas;
- ✓ ambiente lavorativo.

Per quanto riguarda la fase di esercizio nel Capitolo 8, al quale si rimanda per maggiori particolari, sono riportate le possibili situazioni di emergenza e le relative pratiche di controllo.

6.3 BIODIVERSITÀ

6.3.1 Interazioni tra il Progetto e il Fattore Ambientale

Le interazioni tra il progetto e la componente possono essere così riassunte:

- ✓ fase di cantiere:
 - occupazioni di suolo (presenza area di cantiere),
 - interazione con l’invaso Lago Flumendosa per la presenza del cantiere;
 - emissioni sonore da mezzi e macchinari di cantiere,
 - emissioni di polveri e inquinanti da mezzi e lavorazioni nel cantiere,
 - emissioni sonore e di inquinanti da traffico indotto (movimentazione terre, materiali ed addetti);
- ✓ fase di esercizio:
 - modifiche al microclima locale (Bacino di Monte),
 - attività di adduzione/restituzione delle acque fra i bacini, che comporta oscillazione del livello idrico,
 - limitazioni/perdita d’uso del suolo (opere di superficie),
 - emissioni sonore dai macchinari di Centrale,
 - emissioni sonore e di inquinanti da traffico indotto (trasporto addetti).

Sulla base dei dati progettuali e delle interazioni con l’ambiente riportate nel Paragrafo 4.6, la valutazione qualitativa delle potenziali incidenze delle azioni di progetto sulla componente in esame è riassunta nella seguente tabella.

Tabella 6.6: Biodiversità, Potenziale Incidenza delle Azioni di Progetto

Azione di Progetto	Potenziale Incidenza	
	Non Significativa	Oggetto di Successiva Valutazione
FASE DI CANTIERE		
Occupazione/Limitazione di uso del suolo		X
Utilizzo di Mezzi e Macchinari (Emissioni sonore)		X
Utilizzo di Mezzi e Macchinari (Emissioni di polveri e inquinanti)		X
Traffico indotto da trasporto addetti e manutenzioni (Emissioni sonore e inquinanti)	X	
Interazione con le acque superficiali per presenza Cantiere		X
FASE DI ESERCIZIO		
Modifiche al microclima (invaso di monte)		X
Attività di adduzione/restituzione delle acque dell’Invaso di valle		X
Limitazione/Perdita di uso del suolo		X
Esercizio Centrale	X	
Traffico indotto (trasporto addetti per esercizio e manutenzione)	X	

Si è ritenuto di escludere da ulteriori valutazioni le azioni di progetto per le quali la potenziale incidenza sulla componente è stata ritenuta, fin dalla fase di valutazione preliminare, non significativa. In particolare:

- ✓ le emissioni sonore da macchine e impianti in fase di esercizio: in relazione alla localizzazione delle sorgenti sonore, prevalentemente sotterranee (la centrale è ubicata a -490 m di profondità) non sono previste emissioni sonore significative in superficie. In prossimità dell'accesso alle gallerie non sono presenti sorgenti sonore significative (gli impianti di ventilazione delle gallerie saranno infatti silenziati);
- ✓ emissioni sonore e di inquinanti sia in fase di cantiere che di esercizio da traffico indotto: si ritiene che il traffico indotto in fase di esercizio sia imputabile unicamente al trasporto del personale addetto alle attività di manutenzione e pertanto valutato di scarsa entità.

Nel successivo paragrafo sono descritti gli eventuali elementi di sensibilità e sono identificati i ricettori potenzialmente impattati dalle attività a progetto. La valutazione degli impatti ambientali e l'identificazione delle misure mitigative che si prevede di adottare è riportata al successivo paragrafo.

6.3.2 Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori

Nel presente paragrafo, sulla base di quanto riportato in precedenza, sono individuati i ricettori potenzialmente impattati dalle attività in progetto, generalmente identificati come:

- ✓ aree soggette a vincoli di tutela ambientale (aree naturali protette, Siti Natura 2000, aree importanti per l'avifauna, oasi di protezione faunistica);
- ✓ habitat e specie di interesse comunitario (ai sensi della Direttiva Habitat e Uccelli) e ricadenti all'interno di Siti Natura 2000 (SIC e ZPS);
- ✓ altre aree non soggette a tutela ma comunque di interesse vegetazionale-forestale o idonee alla potenziale presenza di specie di interesse faunistico.

Come evidenziato in precedenza, l'area oggetto di valutazione non ricade in Aree Naturali Protette inserite nell'Elenco Nazionale EUAP, Siti Natura 2000, né IBA.

Nella seguente tabella è riportata la localizzazione dei potenziali ricettori rispetto all'area di progetto.

Tabella 6.7: Biodiversità, Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori

Descrizione	Cantiere/Opera	Distanza Minima
la ZSC-ZPS ITB021103 “Monti del Gennargentu	Bacino di Monte	Circa 13.3 km Nord-Est
Parco Nazionale del Golfo di Orosei e Gennargentu” (EUAP 0944)	Bacino di Monte	Circa 13.5 km a Nord
IBA 181	Bacino di Monte	Circa 13 km a Nord
Oasi <i>nuraghe arrubiu</i> ” (OPF_CA_1)	Bacino di Monte	Circa 3.3 km Sud-Ovest
La Riserva Naturale “Lago di Mulargia	Bacino di Monte	Circa 10 km a Sud-Ovest
Aree a Pascolo Naturale (321)	Bacino di Monte	Direttamente Interessate
Macchia Mediterranea (3231)	Bacino di monte	Direttamente Interessate
Aree a ricolonizzazione (3421) e boschi di latifoglie (3111)	Area di lavoro di Valle / Opera di accesso alle gallerie	Direttamente Interessate

6.3.3 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione

6.3.3.1 Sottrazione e Frammentazione di Habitat connessi al Consumo di Suolo per la presenza del Cantiere e delle Opere (Fase di Cantiere ed Esercizio)

6.3.3.1.1 *Stima dell'Impatto Potenziale*

Il progetto in esame comporterà la sottrazione di aree prevalentemente classificate come aree a pascolo naturale e gariga, in fase di cantiere e in fase di esercizio.

In particolare:

- ✓ in fase di cantiere saranno interessati circa 167 ha di “Aree a pascolo naturale”, relativi all'area di lavoro di monte e 1.1 ha Bosco di Latifoglie e 0.8 ha Macchia mediterranea per il cantiere (area di valle);

- ✓ in fase di esercizio saranno interessati circa 36 ha “aree a pascolo naturale” per il bacino di monte, e circa 0.8 ha di “boschi di latifoglie” per l’accesso alle gallerie

L’area di cantiere avrà un carattere temporaneo, seppur di media durata (fino a qualche anno), al termine del quale sarà oggetto di un completo ripristino allo stato ante-operam, a meno delle limitate superfici occupate in maniera definitiva dalle opere in progetto (Bacino di Monte, portale accesso gallerie).

Per il portale sono previsti dedicati interventi di inserimento paesaggistico (si veda anche lo Studio Preliminare di Inserimento Paesaggistico, presentato contestualmente al presente SIA, come Appendice alla Relazione Paesaggistica – Doc. No. P0030708-1-H4). Inoltre, si specifica che fra le misure di compensazione ambientale è stata valutata anche la ripiantumazione di vegetazione autoctona in alcune delle aree percorse dal fuoco prossime al Bacino di Monte (superficie totale nell’ordine di 750,000 m²).

In ogni caso si evidenzia che le scelte progettuali hanno portato a ridurre al minimo l’interessamento di tali aree o comunque l’interessamento di connessioni ecologiche, sia privilegiando l’utilizzo di aree a pascolo naturale, sia attraverso la scelta di prevedere molte opere in sotterraneo.

Le acque prelevate e rilasciate nel Bacino del Lago Flumendosa non subiranno alcuna contaminazione.

In considerazione di quanto sopra, si ritiene che l’impatto sulla componente possa essere valutato di **bassa entità** con riferimento alla fase di cantiere e di **entità trascurabile** in fase di esercizio.

Altre caratteristiche dell’impatto sono le seguenti: permanente ed a scala locale.

6.3.3.1.2 *Misure di Mitigazione*

Per quanto riguarda il cantiere, al termine dei lavori le aree occupate saranno riconsegnate agli usi pregressi e saranno ripristinate con il fine di ristabilire i caratteri morfo-vegetazionali preesistenti in continuità con il paesaggio circostante. Come anticipato, come misura di compensazione è stata proposta la ripiantumazione di vegetazione autoctona in alcune delle aree percorse dal fuoco prossime al Bacino di Monte (superficie totale nell’ordine di 750.000 m²).

In generale le operazioni di ripristino saranno finalizzate alla ripresa spontanea della vegetazione autoctona e a garantire l’evoluzione vegetazionale verso le forme affini agli stadi più maturi.

Con particolare riferimento all’area del Bacino di Monte, come meglio dettagliato all’interno del dedicato “Studio Preliminare di Inserimento Paesaggistico”, predisposto da LAND e presentato in appendice alla Relazione Paesaggistica (Doc. No. P0030780-1-H4), è stata prevista la piantumazione di una fascia arborea intorno al Bacino di Monte, di connessione alle adiacenti aree naturali (prati e pascoli naturali).

6.3.3.2 Disturbi ad Habitat, Fauna e Vegetazione connessi alle Emissioni Sonore, di Inquinanti e di Polveri da Mezzi e Macchinari (Fase di Cantiere)

6.3.3.2.1 *Stima dell’Impatto Potenziale*

Durante le attività di costruzione il funzionamento di macchinari di varia natura, impiegati per le varie lavorazioni di cantiere e per il trasporto dei materiali, genererà sia emissioni di polveri e inquinanti che emissioni acustiche.

Come sarà descritto nei successivi Paragrafi, l’alterazione della qualità dell’aria e del clima acustico legata all’esercizio del cantiere sarà potenzialmente causa di disturbi alla fauna e alla vegetazione di entità variabile a seconda della distanza, delle attività e dei mezzi in funzione.

Per quanto riguarda il rumore, relativamente alle specie animali, è possibile individuare cautelativamente una soglia di circa 60 dB per il verificarsi di azioni di attenzione o di fuga da parte di specie animali. Secondo le stime cautelative effettuate in base alla configurazione del cantiere riportata al precedente Capitolo 4, tali valori si esauriscono entro i 400 m di distanza dall’area di cantiere.

Per quanto riguarda i disturbi alla vegetazione, si evidenzia come le ricadute di inquinanti e polveri in fase di cantiere tendano ad esaurirsi prevalentemente all’interno della stessa area di cantiere o nelle immediate vicinanze. Anche le simulazioni condotte con riferimento alla Fabbrica Virole ed agli impianti di betonaggio hanno mostrato ricadute del tutto trascurabili.

In considerazione di quanto sopra, e dell’assenza comunque di aree tutelate, nonostante la durata estesa delle attività (circa 82 mesi), in generale si ritiene che l’impatto sulla componente possa essere valutato di bassa entità.

Altre caratteristiche dell’impatto sono le seguenti: reversibile, a medio termine, a scala locale.

Di seguito si riportano le relative misure di mitigazione.

6.3.3.2 Misure di Mitigazione

Al fine di contenere comunque gli impatti potenziali sulla fauna e sulla vegetazione connessi alla produzione di rumore e alla produzione di polveri ed inquinanti, si prevede di:

- ✓ autorizzare l'accesso delle macchine operatrici solo se soggette a regolare manutenzione per ridurre le emissioni acustiche ed in atmosfera;
- ✓ effettuare la manutenzione periodica delle macchine operatrici anche durante il cantiere;
- ✓ possibile bagnatura delle strade sterrate di cantiere in corrispondenza di eventuali abitazioni, accorgimento da mettere in atto per limitare il disturbo dovuto al sollevamento delle polveri;
- ✓ riduzione della velocità di transito dei mezzi.

6.3.3.3 Alterazione di Habitat ed Ecosistemi connessi a Modifiche al Microclima per la presenza del Bacino di Monte (Fase di Esercizio)

La realizzazione dell'invaso del Bacino di Monte potrebbe determinare variazioni locali del microclima.

Si evidenzia tuttavia che il Bacino avrà un volume utile di regolazione di circa 3,000,000 m³ ed andrà ad inserirsi in un contesto già caratterizzato dalla presenza, a meno di 2 km, dell'invaso del Flumendosa, avente un volume utile di regolazione pari a circa 262,000,000 m³

Un eventuale aumento dell'umidità a scala locale, comunque di entità contenuta, potrà comportare un'alterazione delle condizioni ambientali nell'ambito di una fascia limitata intorno all'invaso, per cui tuttavia non sono attese interferenze sulle associazioni vegetali presenti nelle vicinanze.

Il Bacino sarà inoltre totalmente impermeabilizzato e non si prevedono, in fase di esercizio, variazioni nel grado di idratazione dei terreni circostanti all'invaso.

Sulla base di quanto sopra, si ritiene che l'impatto potenziale sulla componente sia di entità trascurabile. Altre caratteristiche dell'impatto sono: permanente e a scala locale.

6.3.3.4 Alterazione di Habitat ed Ecosistemi connessi all'Attività di Adduzione/Restituzione delle Acque dell'invaso Flumendosa (Fase di Esercizio)

L'esercizio dell'impianto di regolazione si basa sullo spostamento di volumi di acqua dal Bacino inferiore a quello superiore (fase di pompaggio) e viceversa (fase di turbinaggio). L'acqua utilizzata, durante l'esercizio, non subirà alcuna modifica chimica nella composizione e nell'ossigenazione rispetto al suo stato originario. La risorsa è preservata a meno delle perdite principalmente dovute ad evaporazione ed a perdite del sistema, considerate comunque trascurabili.

L'invaso di monte è stato progettato per ricevere un volume utile di regolazione di circa 3,000,000 m³, a fronte del volume d'invaso del Bacino del Lago Flumendosa di circa 262,000,000 milioni di m³.

Si ritiene, pertanto, che l'impatto potenziale sul comparto bentonico dell'invaso del Lago Flumendosa sia assolutamente trascurabile.

6.4 SUOLO, USO DEL SUOLO E PATRIMONIO AGROALIMENTARE

6.4.1 Interazioni tra il Progetto e e il Fattore Ambientale

Le interazioni tra il progetto e il fattore ambientale Suolo, Uso del Suolo e Patrimonio Agroalimentare possono essere così riassunte:

- ✓ fase di cantiere:
 - emissioni di polveri e inquinanti,
 - consumo di materie prime e gestione di terre e rocce da scavo,
 - produzione di rifiuti,
 - occupazione/limitazioni d'uso di suolo (cantiere in superficie),
 - eventuali spillamenti/spandimenti dai mezzi utilizzati per la costruzione;

- ✓ fase di esercizio:
 - consumo di materie prime e produzione di rifiuti,
 - limitazioni/perdita d'uso del suolo,
 - potenziale contaminazione del suolo per effetto di spillamenti/spandimenti dalle macchine.

Sulla base dei dati progettuali e delle interazioni con l'ambiente riportate nel Paragrafo 4.6, la valutazione qualitativa delle potenziali incidenze delle azioni di progetto sulla componente in esame è riassunta nella seguente tabella.

Tabella 6.8: Suolo, Uso del Suolo e Patrimonio Agroalimentare, Potenziale Incidenza delle Azioni di Progetto

Azione di Progetto	Potenziale Incidenza	
	Non Significativa	Oggetto di Successiva Valutazione
FASE DI CANTIERE		
Emissioni di polveri e inquinanti		X
Consumo Materie Prime		X
Produzione e gestione delle terre e rocce da scavo		X
Produzione di rifiuti		X
Occupazione/Limitazione di uso del suolo		X
Spillamenti/spandimenti	X	
FASE DI ESERCIZIO		
Consumo Materie Prime	X	
Produzione di rifiuti	X	
Limitazione/Perdita di uso del suolo		X
Spillamenti/spandimenti	X	

Si è ritenuto di escludere da ulteriori valutazioni le azioni di progetto per le quali la potenziale incidenza sulla componente è stata ritenuta, fin dalla fase di valutazione preliminare, non significativa. In particolare, in fase di esercizio, il consumo di materie prime e la produzione di rifiuti in quanto stimati di entità trascurabile e legati ad attività di manutenzione.

Pur valutando trascurabile la potenziale incidenza di fenomeni accidentali quali di spillamenti e spandimenti di sostanze inquinanti nell'ambiente, al successivo Paragrafo 6.4.3.5 si riportano alcune considerazioni sulla potenziale alterazione della qualità dei suoli e sulle relative misure precauzionali da adottare in cantiere per limitare i rischi di contaminazione.

La valutazione degli impatti ambientali associati alle azioni di progetto potenzialmente significative è riportata nel seguito del Capitolo.

6.4.2 Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori

Nel presente paragrafo, sulla base di quanto riportato in precedenza, sono riassunti gli elementi di interesse della componente e sono individuati i recettori potenzialmente impattati delle attività a progetto.

In linea generale, potenziali recettori ed elementi di sensibilità sono i seguenti:

- ✓ colture di pregio e/o tipiche del territorio;
- ✓ terreni inquinati;
- ✓ risorse naturali;
- ✓ sistema locale di cave e discariche

Come descritto precedentemente al Paragrafo 5.4, le aree superficiali sono attualmente interessate da aree a pascolo naturale o aree con macchia mediterranea/gariga, prevalentemente naturali e che non mostrano segni di usi precedenti o comunque un utilizzo diverso da quello pascolivo. Quest'ultimo è molto sviluppato nel territorio, con numerosi allevamenti bovini e ovini. Si assume assenza di contaminazione nei suoli, confermata da alcune analisi fatte sui suoli.

6.4.3 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione

6.4.3.1 Impatto sulla Produzione Agroalimentare del Territorio (Fase di Cantiere)

6.4.3.1.1 *Stima dell'Impatto Potenziale*

In fase di cantiere, potenziali effetti sul patrimonio agroalimentare locale sono ricollegabili principalmente allo sviluppo di polveri e di emissioni di inquinanti durante le attività di cantiere.

La deposizione di polveri sulle superfici fogliari, sugli apici vegetativi e sulle superfici fiorali potrebbe essere infatti causa di squilibri fotosintetici che sono alla base della biochimica vegetale. La modifica della qualità dell'aria può indurre disturbo ai processi fotosintetici.

Le emissioni di inquinanti e di polveri (e le relative ricadute al suolo) sono generalmente concentrate in un periodo e in un'area limitati.

La quantificazione delle emissioni in atmosfera di inquinanti e polveri durante le fasi di cantiere sono condotte ai successivi Paragrafi 6.7.3.1 e 6.7.3.2, ai quali si rimanda per maggiori dettagli.

In considerazione della tipologia di emissioni le ricadute massime tipicamente rimangono concentrate nell'area prossima all'area di cantiere, diminuendo rapidamente con la distanza (trascurabili a distanze di 100 ÷ 200 m).

L'area di cantiere e le opere in superficie che saranno realizzate interessano un territorio naturale sottoposto ad uso pascolo, che interessa tutto l'altopiano di Taccu sa Pruna. Nelle vicinanze non ci sono aree agricole che saranno in qualche modo interferite dalla risospensione delle polveri, che saranno comunque minimizzate attraverso l'adozione delle classiche precauzioni operative che verranno adottate durante le operazioni di cantiere.

In conclusione, tenuto conto della localizzazione del cantiere e dell'assenza di aree agricole e delle misure di mitigazione che saranno adottate (si veda il paragrafo successivo), si ritiene che l'impatto associato sulla componente sia comunque di **bassa entità**.

Altre caratteristiche dell'impatto sono le seguenti: reversibile, a medio termine, a scala locale.

6.4.3.1.2 *Misure di Mitigazione*

Al fine di contenere quanto più possibile le emissioni di polveri e di inquinanti gassosi durante le attività, saranno adottate le misure di mitigazione descritte al successivo Paragrafo 6.7.3.1.2.

6.4.3.2 Consumo di Risorse Naturali per Utilizzo di Materie Prime (Fase di Cantiere)

6.4.3.2.1 *Stima dell'Impatto Potenziale*

I principali consumi di risorse sono relativi a:

- ✓ calcestruzzo (per spritz e getti);
- ✓ acciaio per virole, macchine, strutture e armature;
- ✓ materiale dolomitico (attraverso riutilizzo terre da scavo opere sotterranee).

I quantitativi maggiori, per quanto riguarda il calcestruzzo, sono connessi all'area di lavoro di Monte, ma sono previsti consumi significativi anche presso l'area di lavoro di Valle.

Il materiale dolomitico, necessario presso il cantiere, Area Bacino di Monte, sarà approvvigionato dagli scavi effettuati per realizzare le varie opere.

Tenuto conto della tipologia di materiali utilizzati, della loro provenienza e delle misure di mitigazione che saranno adottate (si veda il successivo paragrafo), si ritiene che l'impatto associato sia comunque di **entità bassa**.

Altre caratteristiche dell'impatto sono le seguenti: temporaneo, a medio termine, a scala locale.

6.4.3.2.2 *Misure di Mitigazione*

È prevista l'adozione delle seguenti misure di mitigazione al fine di ridurre la necessità di materie prime:

- ✓ adozione del principio di minimo spreco e ottimizzazione delle risorse;

- ✓ il materiale proveniente dagli scavi sarà reimpiegato integralmente direttamente in sito per la rinaturalizzazione dei terreni e per il mascheramento del nuovo bacino.

6.4.3.3 Gestione di Terre e Rocce da Scavo (Fase di Cantiere)

La produzione di terre e rocce da scavo è principalmente riconducibile a:

- ✓ lo scavo della discenderia, delle gallerie e delle altre opere sotterranee.
- ✓ la preparazione del Bacino di Monte.

La stima della produzione di terre e rocce da scavo in fase di cantiere è riportata nel Paragrafo 4.6.1.4. Si evidenzia che la produzione e la gestione delle terre e rocce da scavo sono oggetto di un documento dedicato (Doc. No. P0030780-1 H3), a cui si rimanda per maggiori particolari.

Il materiale di scavo delle gallerie e delle opere sotterranee, come già evidenziato, potrà essere destinato, in base alla tipologia:

- ✓ alla realizzazione del Bacino di Monte e al suo inserimento paesaggistico;
- ✓ alla sistemazione delle aree superficiali.

In generale, le terre di scavo saranno gestite in conformità a quanto indicato nel DPR 120/2017.

In conclusione, tenuto conto del riutilizzo totale delle terre e delle misure di mitigazione che saranno adottate (si veda anche il successivo Paragrafo 6.4.3.4.2), si ritiene che l'impatto associato sia di **bassa entità**.

Altre caratteristiche dell'impatto sono le seguenti: temporaneo, a scala locale, a medio termine.

6.4.3.4 Produzione di Rifiuti (Fase di Cantiere)

6.4.3.4.1 Stima dell'Impatto Potenziale

La stima della produzione di rifiuti in fase di cantiere è riportata al precedente Paragrafo 4.6.1.4.2.

Le quantità riportate sono preliminari ed indicative in quanto difficilmente quantificabili in fase di progettazione. Tutti i rifiuti prodotti verranno raccolti, gestiti e smaltiti sempre nel rispetto della normativa vigente ed ove possibile/applicabile sarà adottata la raccolta differenziata.

Per quanto riguarda le terre e rocce da scavo, come evidenziato al Paragrafo precedente, il progetto ne prevede il riutilizzo in sito. Si segnala comunque che, nell'ipotesi remota che per qualche motivo non risultassero riutilizzabili in sito, queste ultime saranno gestite come rifiuti, secondo quanto previsto dalla vigente normativa in materia.

In considerazione della tipologia e della quantità dei rifiuti che si verranno a produrre, delle modalità controllate di gestione dei rifiuti e delle misure di mitigazione/contenimento messe in opera e nel seguito identificate non si prevedono effetti negativi sulla componente in esame.

Si ritiene che l'impatto associato sia di **bassa entità**. Altre caratteristiche dell'impatto sono le seguenti: temporaneo, a scala locale, a medio termine.

6.4.3.4.2 Misure di Mitigazione

È prevista l'adozione delle seguenti misure di mitigazione di carattere generale:

- ✓ sarà minimizzata la produzione di rifiuti;
- ✓ il materiale proveniente dagli scavi sarà totalmente riutilizzato per la realizzazione del Bacino di Monte e il suo migliore inserimento paesaggistico;
- ✓ ove possibile si procederà mediante recupero e trattamento dei rifiuti piuttosto che smaltimento in discarica.

La gestione dei rifiuti sarà regolata in tutte le fasi del processo di produzione, stoccaggio, trasporto e smaltimento in conformità alle norme vigenti e secondo apposite procedure operative. In generale si provvederà ad attuare le seguenti procedure:

- ✓ le attività di raccolta e di deposito intermedio saranno differenziate per tipologie di rifiuti, mantenendo la distinzione tra rifiuti urbani, rifiuti speciali non pericolosi e rifiuti speciali pericolosi;
- ✓ all'interno dell'area di cantiere, le aree destinate al deposito intermedio saranno delimitate e attrezzate in modo tale da garantire la separazione tra rifiuti di tipologia differente;

- ✓ un'apposita cartellonistica evidenzierà, se necessario, i rischi associati alle diverse tipologie di rifiuto e dovrà permettere di localizzare aree adibite al deposito di rifiuti di diversa natura e C.E.R.;
- ✓ eventuali rifiuti pericolosi saranno stoccati in contenitori impermeabili ed ermetici fatti di materiale compatibile con il rifiuto pericoloso da stoccare. I contenitori avranno etichette di avvertimento sulle quali sia accuratamente descritto il loro contenuto, la denominazione chimica e commerciale, tipo e grado di pericolo, stato fisico, quantità e misure di emergenza da prendere nel caso sorgano problemi;
- ✓ il trasporto e smaltimento di tutti i rifiuti sarà effettuato tramite società iscritte all'albo trasportatori e smaltitori.

6.4.3.5 Alterazione Potenziale della Qualità del Suolo Connessa a Spillamenti/Spandimenti Accidentali (Fase di Cantiere)

6.4.3.5.1 *Stima dell'Impatto Potenziale*

Fenomeni di contaminazione del suolo (e delle acque) per effetto di spillamenti e/o spandimenti in fase di cantiere potrebbero verificarsi solo in conseguenza di eventi accidentali (sversamenti al suolo di prodotti inquinanti e conseguente migrazione in falda e in corpi idrici superficiali) da macchinari e mezzi usati per la costruzione e per tali motivi risultano poco probabili.

Si noti che le imprese esecutrici dei lavori, oltre ad essere obbligate ad adottare tutte le precauzioni idonee ad evitare tali situazioni, a lavoro finito, sono obbligate a riconsegnare l'area nelle originarie condizioni di pulizia e sicurezza ambientale.

Si evidenzia che nella realizzazione delle gallerie, una volta avanzato il fronte di scavo, si provvederà al rivestimento provvisorio con spritz beton del tratto appena scavato, consentendo una prima impermeabilizzazione dei tratti o al consolidamento con elementi in VTR iniettati con miscela cementizia. Le terre scavate contenenti tali elementi inerti saranno ad ogni modo oggetto di caratterizzazione in cumulo e gestite nel rispetto della normativa vigente.

L'impatto sulla qualità dei suoli, per quanto riguarda tale aspetto, risulta quindi **trascurabile** in quanto legato al verificarsi di soli eventi accidentali ed in considerazione delle misure precauzionali adottate, meglio descritte nel seguito.

6.4.3.5.2 *Misure di Mitigazione*

Gli eventuali impatti sulla componente dovuti alla fase di cantiere possono essere prevenuti o mitigati adottando alcune delle seguenti misure per quanto riguarda le aree esterne di cantiere:

- ✓ prevedere aree distinte per lo stoccaggio dell'humus risultante dalle operazioni di scavo e per il materiale proveniente dagli scavi;
- ✓ effettuare tutte le operazioni di manutenzione dei mezzi d'opera/trasporto presso la sede logistica dell'appaltatore;
- ✓ effettuare eventuali interventi di manutenzione straordinaria dei mezzi operativi in aree dedicate adeguatamente predisposte (superficie piana, ricoperta con teli impermeabili di adeguato spessore e delimitata da sponde di contenimento);
- ✓ il rifornimento dei mezzi operativi dovrà avvenire nell'ambito dell'area di cantiere, con l'utilizzo di piccoli autocarri dotati di serbatoi e di attrezzature necessarie per evitare sversamenti, quali teli impermeabili di adeguato spessore ed appositi kit in materiale assorbente;
- ✓ le attività di rifornimento e manutenzione dei mezzi operativi saranno effettuate in aree idonee come le aree lontane da ambienti ecologicamente sensibili.

Per quanto riguarda lo scavo delle gallerie, al fine di evitare la dispersione in ambiente di eventuali spillamenti/spandimenti accidentali, tutte le acque derivanti dalle attività di cantiere saranno raccolte all'interno delle aree asservite al cantiere mediante apposite canalizzazioni e serbatoi prima di essere inviate all'impianto di trattamento.

6.4.3.6 Occupazione/Limitazione d'Uso di Suolo (Fase di Cantiere e Fase di Esercizio)

Nel presente paragrafo viene valutato l'impatto sulla componente in termini di limitazioni/perdite d'uso del suolo e disturbi/interferenze con gli usi del territorio temporaneamente o permanentemente indotti dalla presenza del cantiere, di strutture e impianti.

La stima dei consumi di suolo in fase di cantiere e di esercizio è riportata nei Paragrafi 4.6. Nella seguente tabella sono riportate le superfici interessate dalle occupazioni temporanee e permanenti.

Tabella 6.9: Occupazione/Limitazioni Temporanee e Permanenti di Suolo Fase di Cantiere

Area	Fase [Esercizio/Cantiere]	Dimensioni [m ²]	Durata Attività solare [gg lavor.]	Uso Suolo
Area di lavoro di Monte	Cantiere	1,671,000	2,310	~167.0 ha Aree a pascolo naturale, ~0.1 ha Macchia Mediterranea
Area di lavoro di Valle	Cantiere	41,000	2,430	~ 2.2 ha Specchio acqueo Invaso Flumendosa ~ 1.1 ha Bosco di Latifoglie ~ 0.8 ha Macchia mediterranea

Tabella 6.10: Occupazione/Limitazioni Temporanee e Permanenti di Suolo Fase di Esercizio

Area	Fase [Esercizio/Cantiere]	Dimensioni [m ²]	Durata Attività solare [gg lavor.]	Uso Suolo	Note
Opera di presa e restituzione dell'Invaso Flumendosa	Esercizio	~ 340 (sommersa)	285	-	Sommersa
Pozzo Paratoie	Esercizio	~300 (sotterranea)	210	-	Opera interrata
Centrale	Esercizio	~ 2,760 (sotterranea)	2,280	-	Opera interrata
Sottostazione elettrica	Esercizio	~ 2,060 (sotterranea)	480	-	Opera interrata
Pozzo Piezometrico	Esercizio	~ 480 (sotterranea)	450	-	Opera interrata
Imbocco Finestra Accesso Gallerie	Esercizio	~ 800	180	Bosco di Latifoglie	Opera di accesso alle gallerie
Bacino di Monte	Esercizio	~ 364,000	2,190	Aree a pascolo naturale	superficie liquida alla quota di massimo invaso

Sulla base di quanto sopra si può evidenziare che le aree oggetto di intervento ricadono principalmente in zone a pascolo naturale (area di lavoro di monte e nuovo bacino).

Il principale consumo di suolo è riconducibile al Bacino di Monte, sia in fase di cantiere (167 ha), sia in fase di esercizio (36 ha).

Tenuto conto di quanto sopra e delle misure di mitigazione che saranno adottate (si veda il paragrafo successivo), si ritiene che l'impatto associato relativo a tale area (fase di cantiere e di esercizio) possa essere considerato di **modesta entità**.

Altre caratteristiche dell'impatto sono le seguenti: temporaneo (fase di cantiere) e permanente (fase di esercizio), a scala locale.

Per quanto riguarda le altre aree, si sottolinea che in fase di esercizio, la maggior parte delle aree occupate saranno restituite agli usi pregressi. Le uniche opere non sotterranee, oltre al Bacino di Monte (36 ha), saranno:

- ✓ l'opera di presa, la quale però sarà sommersa ed il cui accesso sarà limitato in quanto ricadente all'interno dell'area di competenza della Centrale;
- ✓ l'area del portale di accesso alle gallerie, la quale avrà ad ogni modo un'impronta limitata sul bosco di latifoglie presenti (800 m²);

L'impatto delle occupazioni di suolo da parte del cantiere, tenuto conto di quanto sopra e delle misure di mitigazione previste riportate nel paragrafo successivo, può quindi essere considerato di **bassa entità**. Altre caratteristiche dell'impatto sono le seguenti: permanente ed a scala locale.

Anche in fase di esercizio, in virtù dell'inserimento paesaggistico e delle misure di mitigazione previste, l'impatto dovuto all'occupazione di suolo di tali aree può essere considerato di **bassa entità**.

6.4.3.6.1 Misure di Mitigazione

Le misure di mitigazione adottate saranno le seguenti:

- ✓ ogni modificazione connessa con gli spazi di cantiere, strade e percorsi d'accesso, spazi di stoccaggio, etc., sarà ridotta all'indispensabile e strettamente relazionata alle opere da realizzare, con il ripristino delle aree non necessarie in esercizio all'originario assetto una volta completati i lavori;
- ✓ sono previsti interventi di mitigazione, volti ad un migliore inserimento ambientale e paesaggistico delle opere fuori terra (si veda quanto proposto nel “Documento Preliminare di Inserimento Paesaggistico” in Appendice alla Relazione Paesaggistica – Doc. No. P0030780-1-H4).

6.5 GEOLOGIA E ACQUE

6.5.1 Interazioni tra il Progetto e il Fattore Ambientale

Le interazioni tra il progetto e la componente ambiente idrico possono essere così riassunte:

- ✓ fase di cantiere:
 - prelievi idrici per le necessità del cantiere, per la produzione di fanghi di perforazione per la realizzazione dei diaframmi, etc.,
 - scarichi idrici relativamente alle acque reflue derivanti dalle attività di scavo e relativamente agli scarichi delle acque per usi civili,
 - eventuale interazione con la risorsa idrica sotterranea a seguito della realizzazione delle opere in sotterraneo e degli scavi,
 - interazione con il sottosuolo (generazione di fenomeni di instabilità) a seguito delle attività di scavo,
 - eventuali spillamenti/spandimenti dai mezzi di cantiere;
- ✓ fase di esercizio:
 - reintegro delle perdite per evapotraspirazione dal Bacino di monte ed eventuali altre modeste dispersioni;
 - interazione con la risorsa idrica sotterranea a seguito della presenza di opere in sotterraneo,
 - scarichi idrici relativi ad eventuali aggettamenti di acque di drenaggio dalla Centrale,
 - interazione con la risorsa idrica superficiale a seguito della presenza del bacino di monte e a seguito dell'attività di adduzione/restituzione delle acque dell'Invaso del Flumendosa.
 - potenziali contaminazione delle acque per effetto di spillamenti/spandimenti dai macchinari.

Sulla base dei dati progettuali e delle interazioni con l'ambiente riportate nel Paragrafo 4.6, la valutazione qualitativa delle potenziali incidenze delle azioni di progetto sulla componente in esame in fase di cantiere è riassunta nella seguente tabella.

Tabella 6.11: Geologia e Acque, Potenziale Incidenza delle Azioni di Progetto

Azione di Progetto	Potenziale Incidenza	
	Non Significativa	Oggetto di Successiva Valutazione
FASE DI CANTIERE		
Prelievi idrici per confezionamento cemento e per scavi in sotterraneo		X
Prelievi idrici per confezionamento fanghi	X	
Prelievi idrici (usi civili)	X	
Scarichi idrici delle acque di cantiere		X
Scarichi idrici (usi civili)	X	
Interazione con la risorsa idrica sotterranea (realizzazione scavi)		X
Realizzazione scavi (interazione con sottosuolo)		X
Spillamenti/spandimenti accidentali	X	
FASE DI ESERCIZIO		
Prelievi idrici per reintegri possibili perdite	X	
Prelievi idrici (usi civili)	X	
Scarichi idrici (usi civili)	X	
Scarichi Idrici (eventuale aggotamento acque di drenaggio Centrale)	X	
Interazione con la risorsa idrica sotterranea (presenza Opere in Sotterraneo)		X
Interazione con la risorsa idrica superficiale (presenza bacino di monte)		X
Attività di adduzione/restituzione delle acque dell’Invaso Flumendosa	X	
Spillamenti/Spandimenti accidentali	X	

Si è ritenuto di escludere da ulteriori valutazioni le azioni di progetto per le quali la potenziale incidenza sulla componente è stata ritenuta, fin dalla fase di valutazione preliminare, non significativa. In particolare:

- ✓ fase di cantiere:
 - i prelievi idrici per usi civili, in quanto il cantiere sarà servito dalla rete acquedottistica/autobotti, la quale si ritiene possa assorbire l’incremento legato alla presenza degli addetti, o comunque da autobotti, senza ad ogni modo prevedere prelievi diretti da acque superficiali o pozzi. Gli scarichi idrici da usi civili saranno inviati in fosse settiche o in impianti di trattamento del cantiere e non comporteranno pertanto effetti rilevabili sull’ambiente. Le fosse settiche saranno regolarmente controllate e periodicamente svuotate del materiale solido, il quale sarà gestito e smaltito come rifiuto,
 - i prelievi idrici per il confezionamento di fanghi bentonitici, in quanto di lieve quantità.
- ✓ fase di esercizio:
 - i prelievi e gli scarichi idrici per usi civili, in quanto la Centrale non sarà presidiata e tali prelievi e scarichi saranno pertanto saltuari e limitati alla presenza di personale in fase di manutenzione,
 - i prelievi idrici per reintegri e possibili perdite, in quanto stimati di lieve entità,
 - gli scarichi idrici relativamente a eventuali aggotamenti di acque di drenaggio dalla Centrale, in quanto di lieve entità. Per tali acque sono previsti sistemi di intercettazione di monte e di valle delle macchine idrauliche, in modo da consentire la manutenzione senza la necessità di svuotare il bacino di monte e le vie d’acqua, come descritto nella Relazione Tecnica Particolareggiata (Doc. No. 1351-A-FN-R-01-1),
 - eventuali effetti legati all’attività di adduzione e restituzione delle acque del Lago Flumendosa in quanto, oltre al fatto che tali attività dovranno opportunamente essere concordate con l’ente gestore dell’invaso (Ente Acque della Sardegna - ENAS), si evidenzia che queste potranno avvenire con una frequenza di una volta al giorno circa, e, come descritto nella relazione tecnica particolareggiata (Doc. No. 1351-A-FN-R-01-1) saranno ripristinate in un tempo di circa 8.5 ore.

Pur valutando trascurabile la potenziale incidenza di fenomeni accidentali quali di spillamenti e spandimenti di sostanze inquinanti nell’ambiente, al precedente Paragrafo 6.4.3.5 si riportano alcune considerazioni sulla potenziale alterazione della qualità dei suoli e sulle relative misure precauzionali da adottare in cantiere per limitare i rischi di contaminazione.

La valutazione degli impatti ambientali associati alle azioni di progetto potenzialmente significative è riportata nel seguito del Capitolo.

6.5.2 Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori

Nel presente paragrafo, sulla base di quanto riportato in precedenza, sono individuati i recettori potenzialmente impattati dalle attività a progetto.

In linea generale, potenziali recettori ed elementi di sensibilità sono i seguenti:

- ✓ laghi, bacini e corsi d’acqua, in relazione agli usi attuali e potenziali nonché alla valenza ambientale degli stessi;
- ✓ aree potenzialmente soggette a rischi naturali (frane, terremoti, esondazioni, etc.);
- ✓ presenza di terreni permeabili;
- ✓ soggiacenza media della superficie piezometrica;
- ✓ vulnerabilità dell’acquifero.

Nella seguente tabella è riportata la loro localizzazione nelle aree di interesse.

Tabella 6.12: Geologia e Acque, Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori

Potenziale Recettore	Cantiere/Opera	Distanza Minima dal Sito di Progetto
Bacino del Lago Flumendosa	Area di Lavoro di valle Opera di presa di valle (sommersa)	Interferenza diretta
Riu Su Prisoneddu	Area di lavoro di Valle Imbocco galleria del pozzo paratoie	Interferenza diretta
Zone vulnerabili ai nitrati	-	Non interferente
Zone a vulnerabilità intrinseca	-	Non interferente
Aree caratterizzate da azoto totale di origine agricola	-	Tutta l’opera rientra in aree classificate con [1.0 -20.0] kg/ha/anno.
Area di Vincolo Idrogeologico	Opera di presa di valle (sommersa) Imbocco galleria del pozzo paratoie Area di lavoro di valle	Interferenza diretta

6.5.3 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione

6.5.3.1 Consumo di Risorse per Prelievi Idrici (Fase di Cantiere)

I prelievi idrici in fase di cantiere sono ricollegabili essenzialmente all’utilizzo di acque per la realizzazione delle opere sotterranee e per la produzione del calcestruzzo.

6.5.3.1.1 Stima dell’Impatto Potenziale

La stima dettagliata dei fabbisogni idrici in fase di cantiere, comprensiva di tipologie, modalità di approvvigionamento e quantità relative, è riportata nel Paragrafo 4.6.1.2

I quantitativi prelevati risultano elevati ma saranno limitati solo ad alcune fasi delle lavorazioni. Di seguito si riporta la stima complessiva dei consumi idrici suddivisa per singolo cantiere.

Tabella 6.13: Prelievi Idrici Totali in Fase di Cantiere

Cantiere	Tipologia	Modalità di Approvvigionamento	Stima Consumi	
			Max [m³/g]	Totali [m³]
Area di Monte	Raffreddamento teste di scavo	Acquedotto/autobotti	10 ⁽¹⁾	2,200 ⁽²⁾
	Produzione fanghi bentonitici	Acquedotto/autobotti	-(3)	45
	Produzione Calcestruzzo	Acquedotto	-	39,500
	Uso civile	Acquedotto	10	4,500
Area di Valle	Raffreddamento Teste di Scavo	Acquedotto/autobotti	5 ⁽¹⁾	1,100 ⁽²⁾
	Uso Civile	Acquedotto/autobotti	2	600
	Produzione Calcestruzzo	Acquedotto	-	-

Note:

(1): Valore stimato ipotizzando un consumo di acqua pari a 1.5 m³/h per ogni fronte di scavo ed una durata delle lavorazioni giornaliere pari a 24 ore (tre turni).

(2): Valore stimato considerando un consumo di acqua pari a 1.5 m³/h per ogni fronte di scavo, per la durata di ogni singolo fronte di scavo.

(3): Non è possibile stimare un valore di consumo giornaliero, in quanto i fanghi bentonitici sono in ricircolo e le perdite dipendono dalle caratteristiche dei terreni attraversati. Il consumo reale è quindi da valutare in funzione di ciò che rimane da portar via a fine lavorazione

La modalità di approvvigionamento di tali acque è prevista attraverso la rete acquedottistica o tramite autobotti, che ne garantisce la disponibilità.

Pur escludendo che i prelievi possano avere effetti tangibili sull'ambiente idrico, in considerazione delle quantità necessarie e della durata dei prelievi, si ritiene che l'impatto sulla componente sia di **media entità** in termini di sottrazione di risorse.

Altre caratteristiche dell'impatto sono le seguenti: temporaneo, reversibile, a medio termine, a scala locale.

6.5.3.1.2 Misure di Mitigazione

Al fine di contenere comunque l'entità dell'impatto, è prevista l'adozione del principio di minimo spreco e ottimizzazione della risorsa come misura di mitigazione principale.

6.5.3.2 Alterazione delle Caratteristiche di Qualità delle Acque Superficiali dovute agli Scarichi Idrici (Fase di Cantiere)

6.5.3.2.1 Stima dell'Impatto Potenziale

In fase di cantiere gli scarichi presenti sono quelli relativi a:

- ✓ le intercettazioni di acque sotterranee;
- ✓ l'acqua utilizzata nelle attività di scavo in sottoterraneo;
- ✓ i reflui civili da cantiere provenienti dalle fosse settiche imhoff;
- ✓ le acque di prima pioggia potenzialmente inquinate incidenti le eventuali parti dell'area di cantiere pavimentate. Le altre aree non saranno pavimentate con superfici impermeabili, assicurando il naturale drenaggio delle acque meteoriche del suolo.

La stima dei volumi scaricati è riportata nel Paragrafo 4.6.1.3. alla Tabella 4.18. Nel seguito si riporta la stima complessiva degli scarichi idrici per singolo cantiere,

Tabella 6.14: Scarichi idrici in fase di cantiere

Cantiere	Tipologia	Stima Quantità
		Totali [m³]
Area di Monte	Reflui civili	(1)

Cantiere	Tipologia	Stima Quantità
		Totali [m ³]
	Reflui civili	(1)
	Acque meteoriche	(2)
	Acque sotterranee	89,000 ⁽³⁾
Area di Valle	Reflui civili	(1)
	Acque Meteoriche	(2)
	Acque sotterranee	22,000 ⁽³⁾

Note:

(1): Per i quantitativi convogliati in fossa Imhoff, si rimanda a quanto stimato in Tabella 4.19 in relazione ai consumi idrici per uso civile.

(2): Quantità funzione del regime pluviometrico. Le acque di prima pioggia saranno convogliate ad apposito pozzetto disoleatore che tratterà anche le acque di seconda pioggia secondo normativa

(3): Valore stimato considerando una durata delle fasi di scavo come riportato nella Tabella 4.5 e valore medio di trattamento.

Tali acque, prima di essere scaricate nei corpi idrici superficiali, subiranno idonei trattamenti:

- ✓ per le acque sotterranee intercettate così come per quelle utilizzate nelle attività di scavo in sotterraneo, sarà progettato un sistema per assicurare il mantenimento del pH e l'abbattimento dei solidi in sospensione e delle eventuali sostanze inquinanti contenute negli scarichi idrici. Lo scarico di tali acque in corpo idrico superficiale avverrà quindi, a valle del trattamento, nel rispetto dei limiti previsti dalla normativa vigente;
- ✓ per le acque del cantiere provvisti di pavimentazione, verrà predisposta una idonea rete di drenaggio e raccolta delle acque meteoriche di prima pioggia che verranno trattate in un disoleatore prima di essere scaricate in corpo idrico superficiale.

Si specifica che, come già indicato nel Paragrafo 4.6, in ogni fase di lavoro le acque provenienti dalle gallerie verranno captate ed evacuate mediante tubazioni fino ad apposito impianto di trattamento ubicato nel cantiere antistante l'imbocco della galleria d'accesso, eventualmente con l'ausilio di stazioni intermedie di rilancio. Per le acque di lavorazione, ogni fronte di scavo o getto verrà attrezzato con apposito pozzetto di raccolta e tramite pompa di aggettamento verranno evacuate come sopra.

Si ritiene che tali scarichi idrici non inducano effetti significativi sulla qualità delle acque superficiali in considerazione della presenza di trattamenti preventivi a cui saranno sottoposti gli scarichi. Come già evidenziato lo scarico nei ricettori avverrà nel rispetto dei relativi limiti di legge. Nel complesso l'impatto sulla componente derivante dagli scarichi è valutato di **bassa entità**.

Altre caratteristiche dell'impatto sono le seguenti: temporaneo, reversibile, a medio termine, a scala locale.

6.5.3.2.2 Misure di Mitigazione

Gli scarichi saranno trattati per l'abbattimento degli inquinanti fino al rispetto dei limiti di legge.

Inoltre, al fine di evitare la dispersione in ambiente degli scarichi idrici, tutte le acque derivanti dalle attività di cantiere saranno raccolte all'interno delle aree asservite al cantiere mediante apposite canalizzazioni e pozzetti prima di essere inviate all'impianto di trattamento.

6.5.3.3 Interazione delle Attività di Scavo con Sottosuolo e Falde Sotterranee (Fase di Cantiere)

6.5.3.3.1 Stima dell'Impatto Potenziale

Le attività di scavo sono relative alla realizzazione di tutte le opere in sotterraneo del progetto (vie d'acqua, gallerie di accesso alle opere sotterranee, Centrale, pozzo paratoie, pozzo piezometrico, discenderia), oltre che alla realizzazione del bacino di monte che è in superficie.

Il progetto è stato oggetto di uno Studio Geologico (Doc. No. 1351-A-OP-R-01-1) che ha riportato la caratterizzazione geologica del territorio in esame partendo da dati di letteratura, da alcuni sondaggi e indagini geognostiche e geofisiche effettuate (si veda il precedente Paragrafo 5.5). In base agli esiti di tutti gli approfondimenti è stato possibile ricostruire il modello geologico dell'area di studio.

Come descritto in precedenza, la caratterizzazione dal punto di vista geomorfologico individua nell'area una morfologia complessa risultante dai processi tettonici (tracce di faglie dirette e terrazzamenti) in cui il basamento metamorfico può essere considerato come un'unica unità omogenea. Il tratto morfologico dominante, cioè l'altopiano interrotto dall'incisione fluviale, si spinge da quota intorno ai 650 m s.l.m. fino a quote di fondovalle di 150 m s.l.m.

Dal punto di vista geologico-strutturale, l'area si colloca nel basamento paleozoico e fa parte dell'Unità tettonica di Meana Sardo che metamorfismo di basso grado ed appartiene alla cosiddetta “Zona a Falde” della catena varisca.

Le successioni affioranti nell'area di studio interessate dalle opere in progetto, procedendo dal bacino di monte verso quello di valle, sono:

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

La stratigrafia locale, ricavata dai 3 sondaggi geognostici effettuati nell'area di interesse procedendo dai termini più antichi a quelli più recenti, può essere così riassunta:

- ✓ quota 0 s.l.m: detrito colluviale con elementi di dolomie più o meno alterate e formazione di Dorgali;
- ✓ dal tetto del detrito colluviale e formazioni di Dorgali fino a quota - 50 m s.l.m: dolomie grigie massive, argille giallastre intercalate con dolomie, siltiti nere carboniose intercalate a dolomie;
- ✓ dal -50 m s.l.m. a - 60 m. s.l.m: formazione di Genna Selole caratterizzate da siltiti carboniose di colore nero.

Con riferimento alle zone perimetrate dal PAI come evidenziato nei Paragrafi 3.2.3, 3.2.4 e 3.2.5, si ribadisce che le opere e l'area di cantiere (le quali aree di interesse saranno in ogni caso interamente ripristinate alla fine della fase di costruzione) interessano:

Tabella 6.15: Interferenze con Pianificazione Autorità di Bacino

Strumento Programmatico AdB	Interferenza
PAI - aree classificate a pericolosità idraulica elevata o molto elevata	Opera di presa di valle e l'area di lavoro di valle
PAI - aree classificate come Fasce 1^ salvaguardia	Opera di presa di valle e l'area di lavoro di valle
PAI - aree classificate come Fasce 1^ salvaguardia	area di lavoro di valle
PAI - aree classificate come pericolosità di frana media e pericolosità di frana elevata	Opera di presa, area di lavoro di valle
PGRA - Aree classificate come pericolosità bassa e rischio basso	Opera di presa e area di lavoro di valle

Per quanto riguarda l'interazione fra le opere di scavo ed il sottosuolo/acque sotterranee, anche la Relazione Geologica (Doc. No. 1351-A-OP-R-01-1) ha evidenziato, in funzione degli studi inseriti nella relazione, quanto di seguito sintetizzato:

- ✓ **Bacino di Monte:** Lo stato generale dell'ammasso roccioso sia in termini di discontinuità che di alterazione ha permesso di definire con maggiore certezza che le strutture carsiche nelle rocce dolomitiche sono talmente esigue da ritenersi trascurabili. In ogni caso, i valori di permeabilità misurati (prove Lugeon) su queste rocce carbonatiche hanno messo in evidenza valori dell'ordine di 10^{-6} - 10^{-7} m/s. La presenza di una falda freatica nelle dolomie è legata essenzialmente al grado di fratturazione delle rocce (porosità secondaria). Considerando i suddetti valori di permeabilità e che a seguito delle piogge verificatesi durante le perforazioni (novembre-dicembre 2021), le parti con morfologia concava nella zona dell'altopiano dolomitico sono state ricoperte da pozze d'acqua piovana che sono state assorbite lentamente nell'arco di molti giorni, ciò dimostra una certa difficoltà di infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo, nonostante la rete di fratturazioni ben evidente nelle stesse rocce dolomitiche.

Considerando, quindi, le esigue profondità di scavo del bacino non si avranno interferenze con la falda presente. È inoltre possibile escludere interferenze del rilevato del bacino con fenomeni di instabilità. Le uniche evidenze

di “instabilità” (caduta di frammenti di dolomia) si possono osservare al bordo dell’altopiano (ad Est) in corrispondenza di una piccola scarpata (2-3 m di altezza), dove l’ammasso roccioso risulta più decompresso e scomposto in blocchi. Comunque, è utile sottolineare che il piede esterno del bacino di monte dista più di 200 m dalla zona sopradescritta in profondità nelle dolomie.

- ✓ Opera di presa di monte: L’opera di presa di monte è costituita da un calice ed un pozzo verticale profondo circa 500 m. Quest’opera andrà ad attraversa tutta la successione stratigrafica indicata nel Paragrafo 5.5.

Lo scavo delle rocce attraversate non desta particolare preoccupazione, si dovrà solamente prestare attenzione in corrispondenza dei contatti litologici, che comunque risultano netti, senza particolari zone di fratturazione con spessori limitati (1-1.5 m).

Altro fattore positivo per la sicurezza degli scavi del pozzo verticale è l’assenza di strutture tettoniche.

In termini di permeabilità, la circolazione idrica sotterranea si concentra all’interno delle fessure (porosità secondaria, le rocce originariamente hanno porosità praticamente nulla) è favorita nella parte più superficiale dove le discontinuità sono più aperte per fenomeni di decompressione, fino alla profondità di qualche decina di metri. Al di sotto di questa profondità, il carico litostatico tende ad anastomizzare le fessure, chiudendole e limitando la circolazione sotterranea delle acque.

In questo contesto il complesso metamorfico ha uno spessore considerevole (superiore a 400 m) ed è interessato da una circolazione sotterranea molto scarsa.

In base a quanto sopradescritto ed analizzando i risultati delle prove Lugeon condotte, lungo la verticale di scavo del pozzo non si attendono particolari venute d’acqua in fase di scavo, così come non sono previste interferenze con l’acquifero presente.

- ✓ Caverna della Centrale: Tutte le osservazioni riportate in merito allo scavo nel complesso metamorfico del pozzo verticale dell’opera di presa di monte sono valide anche per la caverna della centrale;
- ✓ Caverna della sottostazione elettrica (SSE): Per tale opera valgono le stesse considerazioni riportate per la Centrale. L’ubicazione di questa opera in sottoraneo è stata scelta al fine di non avere o minimizzare le possibili interferenze con faglie e/o zone particolarmente tettonizzate. In superficie sulla verticale della zona SSE è riportata una faglia (orientata WNW-ESE) presunta, derivante da fotointerpretazione, che non ha avuto nessun riscontro né da osservazioni di campo né dalle campagne geofisiche. Molto probabilmente si tratta di un lineamento superficiale che non si spinge in profondità, alle quote di progetto. Anche ammettendo che tale struttura raggiunga la SSE, questa presenterebbe una faglia (fascia cataclastica) abbastanza limitata (e.g. 0.5 – 1 m). La possibilità di venute d’acqua in fase di scavo è molto limitata
- ✓ Pozzo Piezometrico: per le stesse motivazioni riportate in merito alle interazioni della Centrale, anche il pozzo piezometrico non interferisce con le faglie, inoltre, anche dal punto di vista della presenza di acqua, la possibilità di avere venute durante o scavo è molto limitata;
- ✓ Discenderia: l’imbocco della discenderia avviene tramite un apposito pozzo collocato a tergo del bacino di monte ad una quota di circa 642 m.s.l.m. La galleria ha andamento altimetrico discendente con pendenza attorno al 26%, per una lunghezza totale di circa 1,850 m. Quest’opera andrà ad attraversa tutta la successione stratigrafica indicata nel Paragrafo 5.5. e valgono le stesse considerazioni effettuate per il pozzo verticale dell’opera di presa di monte.
- ✓ Vie d’acqua e gallerie di accesso: Le gallerie di accesso e le vie d’acqua andranno a incontrare lungo il loro sviluppo alcune faglie (non attive) in corrispondenza delle quali potrebbero incontrarsi porzioni limitate (pochi metri) dell’ammasso roccioso con caratteristiche meccaniche inferiori ai tratti indisturbati, così come potrebbero verificarsi venute d’acqua localizzate;
- ✓ Pozzo paratoie: Il pozzo paratoie verrà scavato completamente all’interno della Formazione di San Vito. L’ubicazione di quest’opera è stata definita in modo tale da non avere alcuna interferenza con le faglie rilevate/individuate. L’opera si colloca in una porzione di ammasso roccioso privo di lineamenti significativi. Tuttavia, considerando la ridotta copertura (~30 m) c’è da aspettarsi una condizione dell’ammasso roccioso più decompressa, il che potrebbe significare una maggiore apertura delle fratture. Associata a tale condizione è possibile che la circolazione sotterranea delle acque sia favorita. D’altro canto, ci si trova in corrispondenza di un naso di roccia dove, a seguito di un sopralluogo dedicato, non sono state rilevate emergenze dell’acquifero, che sembra essere “drenato” dai due impluvi posti nelle immediate vicinanze, a NE e SW.

Quindi, anche in questo caso non ci si dovrebbe aspettare venute d’acqua consistenti in fase di scavo. Un altro aspetto importante analizzato è la possibile presenza nell’area di fenomeni di instabilità. Inoltre, percorrendo il vecchio sentiero minerario che conduce al sito di estrazione dei solfuri (in riva al lago), non sono state rilevate indicazioni morfologiche di movimenti del versante.

Come indicato nella Relazione Geotecnica Generale (1351-A-GD-R-01-1), per quanto concerne le opere sotterranee, potenziali approfondimenti di natura geotecnica da fare nelle fasi successive sono rappresentati da:

- ✓ interazione degli scavi con le linee di disturbo tettonico: il problema è particolarmente importante per le opere di dimensioni maggiori (caverna della Centrale e caverna della sottostazione elettrica); la cui localizzazione deve essere attentamente studiata per evitare o ridurre al minimo l'intersezione con le zone di faglia e/o intensa fratturazione;
- ✓ orientazione delle tensioni principali rispetto allo scavo: allo stato attuale non sono disponibili dati certi sullo stato tensionale natura agente in sito. Per la componente verticale si assume quindi un valore pari al carico geostatico e per le componenti orizzontali un valore k_0 compreso tra 0.5 e 1, con valori crescenti secondo la profondità; L'indagine sull'effettiva condizione tensionale naturale dovrà essere svolta nelle future fasi di progettazione al fine anche di orientare, se necessario, in modo diverso le grandi caverne per migliorare la risposta tensionale dell'ammasso roccioso allo scavo;
- ✓ elevata profondità degli scavi: la notevole profondità degli scavi delle caverne, della galleria di accesso, della via d'acqua, della discenderia e del pozzo piezometrico (>500 m) necessita di un esame approfondito rispetto al potenziale problema dei corpi di tensione che può produrre distacchi della roccia sulla parete dello scavo (tipo di rocce da poco a mediamente fratturate e di buone caratteristiche meccaniche. Sempre legato al tema dell'elevata profondità è anche il potenziale fenomeno di squeezing, che si manifesta al contrario in presenza di ammassi rocciosi molto fratturati;
- ✓ interferenza con il sistema idrogeologico: data la scarsa permeabilità delle Arenarie di San Vito, in cui si sviluppano le gallerie, le caverne, il pozzo piezometrico, la discenderia ed il pozzo paratoia risulta nulla o poco significativa l'interferenza con i sistemi idrogeologici che presentano presenza di falde acquifere significative solo in corrispondenza delle dolomie superficiali. Solo in corrispondenza delle zone di imbocco della galleria di accesso e del pozzo paratoie potrà essere presente in sottterraneo una modesta infiltrazione di acque superficiali in caso di eventi meteorici; per il resto si ipotizzano solo stillicidi in corrispondenza delle zone maggiormente fratturate e/o di faglia. L'unica opera che interessa con lo scavo le dolomie è il pozzo di carico/scarico del bacino di monte; tuttavia, è un'opera rivestita in c.a. in modo da evitare un eventuale drenaggio di acqua. In fase di costruzione, ove localmente si riscontrassero venute significative di acqua in corso di scavo si provvederà ad interventi di impermeabilizzazione locale mediante iniezioni cementizie, al fine di non depauperare la risorsa idrica.

In conclusione, tenuto conto delle caratteristiche delle aree interessate dalle attività di scavo e delle misure di mitigazione che saranno adottate (si veda il paragrafo successivo), si ritiene che l'impatto associato sulla componente geologia e idrogeologia sia di **media entità**. Gli scavi in profondità saranno soggetti ad approfondimenti per definire meglio lo stato tensionale e la fessurazione delle rocce scavate. La scarsa permeabilità delle arenarie in cui si sviluppano le gallerie, le caverne, il pozzo piezometrico ed il pozzo paratoia, riduce l'interferenza con i sistemi idrogeologici, che rimane solo nelle aree di scavo più superficiali in corrispondenza delle dolomie.

6.5.3.3.2 Misure di Mitigazione

Negli stadi più avanzati della progettazione, verranno effettuati tutti gli opportuni approfondimenti (con particolare riferimento agli aspetti idrogeologici nell'area di progetto), al fine di definire tutti gli accorgimenti tecnici da adottare per ovviare alle potenziali interferenze legate all'assetto idrogeologico ma anche geologico da parte delle opere.

In via preliminare si evidenzia che saranno adottate le seguenti misure di mitigazione:

- ✓ durante le varie fasi di scavo saranno adottate idonee precauzioni in base alla natura dei suoli attraversati (in particolare con riferimento agli scavi relativi per la realizzazione del pozzo di carico/scarico e nell'area destinata alla futura realizzazione del Bacino di Monte);
- ✓ il pozzo di carico/scarico del Bacino di Monte e la discenderia saranno rivestiti in c.a. in modo da evitare un eventuale drenaggio di acqua, essendo le uniche opere scavate nelle dolomie;
- ✓ ove localmente si riscontrassero venute significative di acqua in corso di scavo si provvederà ad interventi di impermeabilizzazione locale mediante iniezioni cementizie, al fine di non depauperare la risorsa idrica;
- ✓ saranno effettuati studi specifici nelle successive fasi progettuali atti ad:
 - analizzare l'interazione degli scavi con le linee di disturbo (zone di faglia e/o intensa fratturazione);
 - indagare l'effettiva condizione tensionale naturale delle rocce al fine di valutare la possibilità di orientare in modo diverso le grandi caverne per migliorare la risposta tensionale dell'ammasso roccioso dello scavo.

6.5.3.4 Modifica del Drenaggio Superficiale e Interazioni con i Flussi Idrici Sotterranei (Fase di Esercizio)

Con specifico riferimento alle opere a progetto, va evidenziato che il bacino di monte, realizzato tramite un rilevato classificabile come “grande diga” (altezza superiore a 15 m), e dimensionato in base al D.M. 26/04/2014, non sbarra alcun corso d’acqua, e, pertanto non possiede un bacino imbrifero. Ne consegue che le uniche acque che possono essere recapitate all’interno del bacino sono quelle meteoriche ricadenti all’interno della superficie delimitata dal perimetro del coronamento.

Si evidenzia inoltre, come già indicato in precedenza, gli scarichi idrici relativamente a eventuali aggettamenti di acque di drenaggio dalla Centrale e delle opere sotterranee sono previsti non significative in quanto di lieve entità. Per tali acque sono previsti sistemi di intercettazione di monte e di valle delle macchine idrauliche, in modo da consentire la manutenzione senza la necessità di svuotare il bacino di monte e le vie d’acqua, come descritto nella Relazione Tecnica Particolareggiata (Doc. No. 1351-A-FN-R-01-1). Le acque saranno in ogni caso convogliate nel Lago Flumendosa.

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.

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. 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 del Lago Flumendosa).

Ipotizzando che lo sfioratore debba funzionare (funzionamento attualmente non previsto), 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.

Tali scarichi saranno discontinui, se non eccezionali e caratterizzati da portate normalmente poco significative. L’impatto è **trascurabile**. Altre caratteristiche dell’impatto sono le seguenti: non reversibile, a medio termine, a scala locale.

6.6 CLIMA

6.6.1 Interazioni tra il Progetto e il Fattore Ambientale

Le interazioni tra il progetto e la climatologia saranno connesse alle emissioni in atmosfera di gas climalteranti durante la fase di cantiere, considerata la durata prevista dello stesso (circa 82 mesi).

È stata esclusa dall’analisi oggetto del presente capitolo la potenziale interazione causata dalle emissioni di climalteranti in fase di esercizio in quanto l’impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio non solo non determinerà emissioni di inquinanti in atmosfera, ma contribuirà ad incrementare l’efficienza energetica del sistema, con conseguente riduzione di emissioni di CO₂.

In considerazione della specificità dell’impatto potenziale e del fatto che i relativi effetti sono da misurarsi a scala globale, non sono stati identificati ricettori puntuali nell’ambito dell’area vasta di progetto. Nel successivo paragrafo sono comunque stimate le emissioni di gas climalteranti connesse alla fase di cantiere e ne è valutato il potenziale impatto ambientale.

6.6.2 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione

Di seguito si riportano i fattori di emissione AQMD (“*Air quality Analysis Guidance Handbook, Off-road mobile source emission factors*”) per la CO₂, per l’anno 2022 in kg/h per tutti i mezzi diesel impiegati nel cantiere.

Tabella 6.16: Stima Emissioni CO₂ da Mezzi Terrestri, Fattori di Emissione AQMD - 2022

Fattori di Emissione Mezzi Terrestri AQMD – Anno 2022	
Tipologia	CO ₂ [kg/h]
Escavatore	106.0
Dozer Apripista	120.1

Fattori di Emissione Mezzi Terrestri AQMD – Anno 2022	
Tipologia	CO ₂ [kg/h]
Dozer pesante	180.9
Dozer medio	120.1
Pala Gommata	106.0
Pala Cingolata	72.0
Retroescavatore	77.9
Retroescavatore leggero	23.5
Rulli compattatori	49.1
Rulli compattatori piccoli	11.8
Rulli Lisci	11.8
Rulli a piede di pecora	49.0
Camion 4 assi con botte cls da 10 m ³	123.5
Pompa cls	63.6
Sonde per Tiranti	64.0
Macchina per carotaggi	64.0
Autogru	75.5
Gru	50.9
Carroponte	86.9
Grader	78.1
Finitrice	8.5
Attrezzatura per Diaframmi	141.2
Dumper Articolato	3.5
Camion 4 assi con cassone da 20 m ³	123.5
Autobotte	123.5
Generatore Betonaggio	152.8

A partire da tali valori, dal numero di mezzi e dall'utilizzo ipotizzato di ciascuno di essi durante le varie fasi di cantiere, si stima un'emissione media annua di circa 84,777 t di CO₂.

Tale valore corrisponde all'incirca allo 0.35% circa delle emissioni totali di CO₂ prodotte dalla Regione Sardegna nel 2019 (si veda il precedente Paragrafo 5.6.3.2).

In considerazione di quanto già evidenziato in precedenza (attività di cantiere prolungata, ma comunque temporanea, assenza di emissioni in fase di esercizio e contributo alla riduzione delle emissioni in fase di esercizio), si ritiene che tale contributo possa essere valutato come del tutto **trascurabile** in ambito provinciale e regionale.

6.7 STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

6.7.1 Interazioni tra il Progetto e il Fattore Ambientale

Le interazioni tra il progetto e lo stato di qualità dell'aria possono essere così riassunte:

- ✓ fase di cantiere. Le attività di costruzione determineranno:
 - emissioni di inquinanti gassosi in atmosfera dai motori dei mezzi e macchinari (non elettrici) impegnati nelle attività di costruzione interne ed esterne alle gallerie,
 - emissioni di polveri dalle attività di scavo (filtrate in condotti di aspirazione) e da movimentazione terre (trasporto e scarico sugli automezzi, scotico, etc),
 - emissioni convogliate di inquinanti gassosi in atmosfera dal cantiere per la realizzazione delle virole e dagli impianti di betonaggio,
 - emissioni in atmosfera connesse al traffico indotto;
- ✓ fase di esercizio. L'impianto di accumulo idroelettrico non comporterà emissione in atmosfera in fase di esercizio (in fase di generazione l'alimentazione è assicurata dalle risorse idriche del Bacino di Monte,

prelavate dall’Invaso del Flumendosa, già presenti sul territorio e in fase di pompaggio i gruppi pompa-turbina saranno alimentati elettricamente). Le interazioni tra il progetto e la componente sono quindi esclusivamente associate a:

- modifiche al microclima locale (bacino di monte),
- emissioni in atmosfera connesse al traffico indotto.

Sulla base dei dati progettuali e delle interazioni con l’ambiente riportate ai Paragrafi 4.5 e 4.6, la valutazione qualitativa delle potenziali incidenze delle azioni di progetto sulla componente in esame è riassunta nella seguente tabella.

Tabella 6.17: Qualità dell’Aria, Potenziale Incidenza delle Azioni di Progetto

Azione di Progetto	Potenziale Incidenza	
	Non Significativa	Oggetto di Successiva Valutazione
FASE DI CANTIERE		
Allestimento Cantiere	X	
Realizzazione diaframmi e scavi (gallerie, pozzi e camere)		X
Movimentazione terre di scavo, accumulo temporaneo di materiali, etc.		X
Produzione virole		X
Trasporto terre e rocce da scavo		X
Trasporto addetti	X	
Getti in opera e montaggi		X
Smantellamenti e Ripristini	X	
FASE DI ESERCIZIO		
Modifiche al microclima (bacino di monte)		X
Traffico indotto (trasporto addetti per manutenzione)	X	

Si è ritenuto di escludere da ulteriori valutazioni le azioni di progetto per le quali la potenziale incidenza sulla componente è stata ritenuta, fin dalla fase di valutazione preliminare, non significativa. In particolare:

- ✓ per il cantiere:
 - traffico indotto riconducibile al trasporto del personale nel cantiere in quanto ritenuto di scarsa entità,
 - fasi di allestimento cantiere e ripristini in quanto producono nel complesso una minore incidenza in termini di produzione di polveri ed inquinanti;
- ✓ per l’esercizio:
 - emissioni di inquinanti da traffico indotto. Tale traffico è considerato non significativo in quanto imputabile unicamente al trasporto saltuario degli addetti per gli interventi di manutenzione degli impianti.

La valutazione degli impatti ambientali associati alle azioni di progetto potenzialmente significative è riportata nel seguito del Capitolo.

6.7.2 Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori

Nel presente paragrafo sono riassunti gli elementi di interesse della componente e sono individuati i ricettori potenzialmente impattati dalle attività di progetto.

La caratterizzazione della componente ha rivelato una qualità dell’aria della zona in generale buona per tutti gli inquinanti, presso la centralina di Seulo (centralina di fondo più prossima ad Esterzili ma distante circa 40 km, che comunque può essere rappresentativa di aree scarsamente urbanizzate come l’area di progetto).

In linea generale, i potenziali ricettori ed elementi di sensibilità sono:

- ✓ ricettori antropici, quali aree urbane continue e discontinue, nuclei abitativi e rurali e zone industriali frequentate da addetti (uffici, mense);
- ✓ ricettori naturali: Aree Naturali Protette, Aree Natura 2000, IBA e Zone Umide di Importanza Internazionale.

L'area interessata dal progetto si trova in una provincia, quella del ex Sud Sardegna, non eccessivamente popolata (densità media di 54 ab/km²), comprendente No. 107 comuni. Il Comune di Esterzili, in particolare, presenta una densità abitativa media di circa 6.30 abitanti/km².

I ricettori antropici individuati più vicini all'area di progetto sono costituiti da edifici e strutture a carattere prevalentemente pastorale. Il più vicino centro urbano (Escalpano) si trova a circa 8 km di distanza in direzione Sud dal Bacino di Monte. Altri centri abitati sono costituiti dal Comune di Esterzili (circa 10 km a Nord-Ovest), Orroli (circa 8 km a Ovest) e Nurri (circa 9.5 km a Ovest).

L'area, come già evidenziato non interessa direttamente alcuna Area Naturale Protetta, sito della Rete Natura 2000, IBA o Zona Umida di Importanza Internazionale. Le più vicine aree di protezione naturale risultano difatti:

- ✓ la ZSC-ZPS ITB021103 “Monti del Gennargentu, ubicata ad una distanza minima di circa 13.3 km a Nord-Est dal Bacino di Monte;
- ✓ il Parco Nazionale del Golfo di Orosei e Gennargentu” (EUAP 0944), ubicato ad una distanza minima di circa 13.5 km a Nord-Est dal Bacino di Monte;
- ✓ l'IBA 181 a circa 13 km a Nord del Bacino di Monte

6.7.3 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione

I fenomeni di inquinamento dell'ambiente atmosferico sono strettamente correlati alla presenza di attività antropiche sul territorio.

In termini generali, le sorgenti maggiormente responsabili dello stato di degrado atmosferico sono associabili alle attività industriali, agli insediamenti abitativi o assimilabili (consumo di combustibili per riscaldamento, etc.), al settore agricolo (consumo di combustibili per la produzione di forza motrice) e ai trasporti.

Tuttavia, emissioni atmosferiche di diversa natura, avendo spesso origine contemporaneamente e a breve distanza tra loro, si mescolano in maniera tale da rendere impossibile la loro discriminazione.

Gli inquinanti immessi nell'atmosfera subiscono, infatti, sia effetti di diluizione e di trasporto in misura pressoché illimitata dovuti alle differenze di temperatura, alla direzione e velocità del vento e agli ostacoli orografici esistenti, sia azioni di modifica o di trasformazione in conseguenza alla radiazione solare ed alla presenza di umidità atmosferica, di pulviscolo o di altre sostanze inquinanti preesistenti.

In generale, le sostanze immesse in atmosfera possono ritrovarsi direttamente nell'aria ambiente (inquinanti primari), oppure possono subire processi di trasformazione dando luogo a nuove sostanze inquinanti (inquinanti secondari).

Nei paragrafi che seguono sono stimati gli impatti potenzialmente connessi all'opera in progetto, con particolare riferimento alle fasi di realizzazione. In fase di esercizio l'opera non ha emissioni legate al suo funzionamento.

6.7.3.1 Impatto sulla Qualità dell'Aria per Emissioni di Inquinanti Gassosi e Polveri dai Motori dei Mezzi di Costruzione e per Movimentazione Terreno (Fase di Cantiere)

6.7.3.1.1 *Emissioni da Motori dei Mezzi di Cantiere*

Nel presente paragrafo è valutato l'impatto sulla qualità dell'aria a seguito delle emissioni di inquinanti gassosi e polveri durante le attività di cantiere, stimate secondo la metodologia riportata al precedente Paragrafo 4.6.1.1.1.

In particolare, la valutazione delle emissioni in atmosfera dagli scarichi dei mezzi di cantiere viene effettuata a partire da fattori di emissione standard desunti da letteratura; tali fattori indicano l'emissione specifica di inquinanti (NO_x, SO_x, PTS) per singolo mezzo, in funzione della sua tipologia.

I fattori di emissione utilizzati sono stati desunti dallo studio AQMD – “*Air quality Analysis Guidance Handbook, Off-road mobile source emission factors*” svolto dalla CEQA (*California Environmental Quality Act*) per gli scenari dal 2007 al 2025. Nella Tabella 4.12 riportata al precedente paragrafo 4.6.1.1.1 vengono descritti i fattori di emissione AQMD per l'anno 2021 in kg/h per tutti i mezzi diesel impiegati nel cantiere.

Le emissioni di inquinanti in atmosfera in fase di costruzione sono imputabili essenzialmente ai fumi di scarico delle macchine e dei mezzi pesanti impegnati in cantiere, quali escavatori, autocarri, pale, etc.

Sulla base della metodologia riportate in precedenza e con riferimento alla tipologia e numero di mezzi specificato in Tabella 4.6 (escludendo i mezzi elettrici), nella seguente Tabella è riportata, per il cantiere, la stima delle emissioni di inquinanti dai mezzi di cantiere, con riferimento a:

- ✓ le emissioni orarie massime, calcolate ipotizzando il funzionamento contemporaneo di tutti i mezzi presenti nella fase di lavoro maggiormente impattante;
- ✓ le emissioni totali complessivamente emesse da ciascun cantiere, considerando i fattori di utilizzo dei singoli mezzi stimati al precedente Paragrafo 4.5.8.

	Cantiere e Fasi di Lavoro			Emissioni Max, [kg/ora]			Emissioni Totali [kg]		
				NOx	SOx	PTS	NOx	SOx	PTS
AREA DI MONTE	Realizzazioni	1a	Installazioni locali per servizi tecnici di cantiere (uffici, spogliatoi, mense, etc.)	4.57	0.01	0.18	1249.32	3.33	47.78
		1b	Preparazione aree di deposito temporaneo materiale sciolto	0.99	0.00	0.04	134.09	0.58	5.45
		1c	Fabbrica virole	1.02	0.01	0.03	763.43	3.78	25.79
		1d	Realizzazione impianto di betonaggio	1.67	0.01	0.06	612.02	1.98	23.51
	Bacino di Monte	1e	Scavi rilevato, Realizzazione cunicolo e accesso cunicolo, Scavi fondo	6.79	0.02	0.26	26,780.67	73.08	1,026.27
		1f	Erezione del rilevato e del mascheramento morfologico, Sistemazione drenaggio del fondo del bacino, Realizzazione sfioratori di superficie	4.27	0.02	0.16	29,792.48	109.44	1,122.62
		1g	Stesa geo composito e pietrisco, Coronamento	2.99	0.01	0.11	17,795.88	56.16	677.88
		1h	Finiture e piazzali, Posa virole metalliche ed intasamento con calcestruzzo, Realizzazione del calice	3.09	0.01	0.12	2,629.04	10.26	100.67
		1i	Scavo e consolidamento pozzo verticale per condotta forzata	1.52	0.01	0.06	2,614.80	11.7	100.20
		Canale di drenaggio	1l	Allestimento cantiere ed adeguamento viabilità/impiantistica	2.90	0.01	0.11	337.37	1.05

	Cantiere e Fasi di Lavoro			Emissioni Max, [kg/ora]			Emissioni Totali [kg]		
				NOx	SOx	PTS	NOx	SOx	PTS
		1m	Esecuzione canale di drenaggio dello sfioratore di superficie del bacino di monte	1.77	0.01	0.07	1,100.97	2.97	42.66
	Ripiegamento cantiere	1n	Ripiegamento cantiere	1.52	0.00	0.06	384.48	1.23	14.85
	Discenderia	1o	Scavo e consolidamento discenderia	2.96	0.01	0.12	7,323.69	26.235	280.83
	Opere Bacino di Monte	1p	Centrale	5.24	0.02	0.20	55,700	242.07	2,081.22
		1q	Vie d'acqua	4.87	0.02	0.18	11,004.0405	50.18	406.70
		1r	Sottostazione elettrica	5.45	0.02	0.21	13,493	58.73	505.67
		1s	Pozzo Piezometrico	3.18	0.01	0.12	7,187.81	34.56	263.8
AREA DI VALLE	Bacino di Valle	2a	Adeguamento Viabilità	7.28	0.03	0.28	2,631.22	10.32	99.37
		2b	Galleria d'accesso al pozzo paratoie	4.65	0.02	0.18	1,697.33	7.05	63.85
		2c	Pozzo paratoie	3.19	0.01	0.12	18,994.25	88.41	710.08

	Cantiere e Fasi di Lavoro		Emissioni Max, [kg/ora]			Emissioni Totali [kg]		
			NOx	SOx	PTS	NOx	SOx	PTS
	2d	Opera di presa di valle	4.58	0.02	0.17	5,207.88	21.66	196.44
Opere di valle sotterranee	2e	Galleria di ventilazione e cavi	2.73	0.01	0.11	4,265.77	12.75	167.28
	2f	Vie d'acqua	4.87	0.02	0.18	1,294.59	5.90	47.85
	2g	Ripiegamento cantiere	1.52	0.00	0.06	192.24	0.62	7.43

6.7.3.1.2 Emissioni dovute alla Movimentazione del Terreno di Scavo in Sotterraneo

Le attività di scavo in sotterraneo produrranno polveri principalmente in conseguenza alle seguenti attività:

- ✓ avanzamento dei fronti di scavo. Le polveri prodotte sul fronte di scavo vengono captate attraverso un sistema di aspirazione dedicato e filtrate per abbatterne la concentrazione;
- ✓ caricamento delle terre e rocce da scavo dal nastro trasportatore al camion che si occuperà del loro trasporto alle diverse destinazioni. L'operazione di movimentazione delle terre e caricamento sui camion viene fatta all'aperto e costituisce l'attività con maggiore dispersione delle polveri.

Per determinare una stima della quantità di particolato fine (PM₁₀) sollevato in atmosfera durante le attività di movimentazione terre si fa riferimento alla metodologia “AP 42 Fifth Edition, Volume I, Charter 13.2.2; Miscellaneous Sources – Aggregate Handling And Storage Piles” (US-EPA 2006).

In particolare, con riferimento alle emissioni di polveri derivante dalla movimentazione del materiale dai cumuli, è stata utilizzata l'equazione empirica suggerita nella sezione “Material handling factor”, che permette di definire i fattori di emissione per tonnellata di materiali di scavo movimentati:

$$E = k \cdot (0.0016) \cdot \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$$

dove:

- ✓ E = fattore di emissione di PM₁₀ (kg polveri/tonnellata materiale rimosso);
- ✓ U = velocità del vento (velocità media pari a 5.5 m/s);
- ✓ M = contenuto di umidità delle terre di scavo (assunto cautelativamente pari a 4%);
- ✓ k = fattore moltiplicatore per i diversi valori di dimensione del particolato; per il PM₁₀ (diametro inferiore ai 10µm) si adotta pari a 0.35.

Tale formula permette di stimare il contributo delle attività di gran lunga più gravose per la dispersione di polveri sottili, connesse a:

- ✓ carico del terreno/inerti su mezzi pesanti;

- ✓ scarico di terreno/inerti e deposito in cumuli;
- ✓ dispersione della parte fine per azione del vento dai cumuli.

Il fattore di emissione E, stimato secondo la metodologia esposta precedentemente, è risultato pari a 0.0007 kg di PM₁₀ per tonnellata di materiale movimentato.

Con riferimento alle operazioni di movimentazione delle terre e rocce da scavo delle opere in sotterraneo si ricorda che tali attività sono riconducibili prevalentemente al cantiere, parte di Monte e di Valle.

Considerando tali stime di materiale movimentato e la durata delle fasi di scavo delle gallerie e dei manufatti in sotterraneo riportate nel cronoprogramma e sintetizzate nella Tabella 4.5, si può stimare la seguente movimentazione giornaliera di terre e rocce da scavo per ogni area di lavoro (si veda la tabella seguente).

In considerazione del fattore di emissione delle polveri stimato in 0.0007 kg di PM₁₀ per tonnellata di materiale movimentato e ipotizzando una densità media dei terreni pari a 1.9 t/m³ per il terreno vegetale e 2.5 t/m³ per le dolomie e le rocce del basamento, nella tabella seguente si riportano anche i relativi valori di emissione delle polveri sottili.

Tabella 6.18: Polveri da Movimentazione del Terreno di Scavo

Movimentazione Terre			Emissioni PM ₁₀ [kg/giorno]	Emissioni PM ₁₀ [kg tot]
Cantiere e Fasi di Lavoro	Tipologia	Volume [m ³ /giorno]		
Area di monte	Dolomie	402.4	0.70	1,433.3
	Rocce del Basamento	272.1	0.48	968.9
	Terreno vegetale	65.7	0.09	177.8
Area di Valle	Rocce del Basamento	48.3	0.08	137.9
	Terreno vegetale	0.7	0.01	1.6

6.7.3.1.3 Emissioni di Polveri dovute alla Movimentazione del Terreno da Scotico e Sistemazioni Superficiali

Per la stima dei contributi alle emissioni di polveri in termini di movimentazione delle terre per preparazione dell'area di cantiere, realizzazione del Bacino di Valle e ripristini morfologici una volta ultimato il cantiere, è possibile impiegare un fattore di emissione suggerito sempre della sopraccitata metodologia US-EPA per le operazioni di “bulldozing – overburden” nella sezione “Heavy Construction Operations” (Tabella 11.9-1).

Tale metodologia propone la seguente l'equazione empirica:

$$E = k \cdot \frac{0.45(s)^{1.5}}{(M)^{1.4}}$$

dove:

- ✓ E = fattore di emissione di polveri totali (kg PTS/ora);
- ✓ k = fattore di scala (kg PM₁₀/kg PTS)
- ✓ M = contenuto di umidità del suolo (assunto indicativamente per le terre da scotico pari al 20% e per le terre di sistemazione superficiale pari al 10%);
- ✓ s = contenuto in silt (%); si è ipotizzato un terreno di tipo argilloso (5% di silt).

L'emissione di PM₁₀ prodotta in una giornata di lavoro di movimentazione dei terreni di scotico e/o sistemazioni superficiali ammonta:

- ✓ a 0.6 kg/giorno per le fasi di scotico;
- ✓ a 1.5 kg/giorno per le sistemazioni superficiali.

Per quanto concerne la polvere derivante dalle operazioni di movimentazione terre per le attività di allestimento cantiere, scotico e sistemazioni superficiali, si riportano i valori di emissioni di polveri, partendo dal fattore di emissione stimato in 0.6 kg di PM₁₀/ora per le attività di scotico e 1.5 kg di PM₁₀/ora per le attività di ripristino.

Tabella 6.19: Polveri da Movimentazione del Terreno di Scotico e Sistemazione Superficiale

Cantieri e Fasi di Lavoro		Emissioni PM10 [kg/giorno]	Emissioni PM10 [kg tot]
Bacino di Monte	Scotico per la realizzazione del Bacino	0.6	478.2
	Ripiegamento cantiere	1.5	90.1
Canale di drenaggio	Allestimento cantiere ed adeguamento viabilità/impianistica	0.6	17.1
	Ripiegamento cantiere	1.5	90.1
Bacino di Valle	Allestimento cantiere e adeguamento viabilità	0.6	51.2
	Ripiegamento cantiere	1.5	45.1

6.7.3.1.4 Emissioni Totali Cantiere

In base a tutti i contributi esposti precedentemente alle emissioni in fase di cantiere di seguito si riporta nella Tabella seguente la sintesi delle emissioni degli inquinanti per il cantiere e per le singole sottofasi. Per le polveri sottili, si assume cautelativamente che le polveri totali derivanti dai fumi di scarico dei mezzi siano assimilabili tutte alla frazione di particolato fine (PM₁₀).

Tabella 6.20: Emissioni Inquinanti Totali per Cantiere

	Cantiere e Fasi di Lavoro			Emissioni Max, [kg/ora]			Emissioni Totali [kg]		
				NOx	SOx	PTS	NOx	SOx	PTS
AREA DI MONTE	Realizzazioni	1a	Installazioni locali per servizi tecnici di cantiere (uffici, spogliatoi, mense, etc,)	4.57	0.01	0.18	1,249.32	3.33	47.78
		1b	Preparazione aree di deposito temporaneo materiale sciolto	0.99	0.00	0.04	134.09	0.58	5.45
		1c	Fabbrica virole	1.02	0.01	0.03	763.43	3.78	25.79
		1d	Realizzazione impianto di betonaggio	1.67	0.01	0.06	612.02	1.98	23.51
	Bacino di monte	1e	Scavi rilevato, Realizzazione cunicolo e accesso cunicolo, Scavi fondo	6.79	0.02	0.26	26,780.67	73.08	1.504.47

	Cantiere e Fasi di Lavoro		Emissioni Max, [kg/ora]			Emissioni Totali [kg]		
			NOx	SOx	PTS	NOx	SOx	PTS
	1f	Erezione del rilevato e del mascheramento morfologico, Sistemazione drenaggio del fondo del bacino, Realizzazione sfioratori di superficie	4.27	0.02	0.16	29,792.48	109.44	1,122.62
	1g	Stesa geo composito e pietrisco, Coronamento	2.99	0.01	0.11	17,795.88	56.16	677.88
	1h	Finiture e piazzali, Posa virole metalliche ed intasamento con calcestruzzo, Realizzazione del calice	3.09	0.01	0.12	2,629.04	10.26	100.67
	1i	Scavo e consolidamento pozzo verticale per condotta forzata	1.52	0.01	0.06	2,614.80	11.7	100.20
Canale di drenaggio	1l	Allestimento cantiere ed adeguamento viabilità/impiantistica	2.90	0.01	0.11	337.37	1.05	29.91
	1m	Esecuzione canale di drenaggio dello sfioratore di superficie del bacino di monte	1.77	0.01	0.07	1,100.97	2.97	42.66
Ripiegamento cantiere	1n	Ripiegamento cantiere	1.52	0.00	0.06	384.48	1.23	104.95
Discenderia	1o	Scavo e consolidamento discenderia	2.96	0.01	0.12	7,323.69	26.235	280.83
Opere bacino di monte	1p	Centrale	5.24	0.02	0.20	55,700	242.07	2081.22
	1q	Vie d'acqua	4.87	0.02	0.18	11,004.0405	50.18	406.70

	Cantiere e Fasi di Lavoro			Emissioni Max, [kg/ora]			Emissioni Totali [kg]		
				NOx	SOx	PTS	NOx	SOx	PTS
	1r	Sottostazione elettrica	5.45	0.02	0.21	13,493	58.73	505.67	
	1s	Pozzo Piezometrico	3.18	0.01	0.12	7,187.81	34.56	263.8	
TOTALE Area di Monte							178,903.16	687.34	9,904.11
AREA DI VALLE	2a	Adeguamento Viabilità	7.28	0.03	0.28	2,631.22	10.32	150.57	
	2b	Galleria d'accesso al pozzo paratoie	4.65	0.02	0.18	1,697.33	7.05	63.85	
	2c	Pozzo paratoie	3.19	0.01	0.12	18,994.25	88.41	710.08	
	2d	Opera di presa di valle	4.58	0.02	0.17	5,207.88	21.66	196.44	
	Opere di valle sotterranee	2e	Galleria di ventilazione e cavi	2.73	0.01	0.11	4,265.77	12.75	167.28
		2f	Vie d'acqua	4.87	0.02	0.18	1,294.59	5.90	47.85

	Cantiere e Fasi di Lavoro		Emissioni Max, [kg/ora]			Emissioni Totali [kg]		
			NOx	SOx	PTS	NOx	SOx	PTS
	2g	Ripiegamento cantiere	1.52	0.00	0.06	192.24	0.62	52.53
TOTALE Area di Valle						34,283.28	146,70	1,528.30
TOTALE FASE DI CANTIERE						213,186.44	834.04	11,432,41

Da quanto sopra si evince come l'area di lavoro di Monte) sia quello caratterizzati da maggiori emissioni di NOx ed SOx, mentre l'area di lavoro di Valle) quello con maggiori emissioni di polveri, influenzato verosimilmente dalla significativa movimentazione di terre prevista.

In totale, ad ogni modo, su circa 82 mesi di cantiere, si stima un'emissione complessiva di circa:

- ✓ 213.18 t di NOx;
- ✓ 0.83 t di SOx;
- ✓ 11.43 t di PM₁₀.

Si evidenzia ad ogni modo come le ricadute di inquinanti in fase di cantiere tendano ad esaurirsi all'interno della stessa area di cantiere o nelle immediate vicinanze.

L'area non è urbanizzata e i centri abitati più vicini risultano ad una distanza minima di circa 8 km. Non sono presenti aree naturali protette a distanze inferiori a circa 13 km.

Sulla base di quanto sopra e in considerazione delle misure di mitigazione che saranno adottate, si ritiene che l'impatto sulla qualità dell'aria dovuto alle attività di cantiere possa essere considerato di **entità bassa**. Altre caratteristiche dell'impatto sono le seguenti: temporaneo, reversibile, a medio termine, a scala locale.

Di seguito si riportano le misure di mitigazione che si prevede di adottare al fine di ridurre la significatività di tale impatto.

6.7.3.1.5 Misure di Mitigazione

Al fine di contenere quanto più possibile le emissioni di inquinanti gassosi, si opererà evitando di tenere inutilmente accesi i motori di mezzi e degli altri macchinari, con lo scopo di limitare al minimo necessario la produzione di fumi inquinanti. Si opererà inoltre affinché i mezzi siano rispondenti alle normative vigenti in merito alle emissioni in atmosfera e siano mantenuti in buone condizioni di manutenzione.

Per contenere quanto più possibile la produzione di polveri e quindi minimizzare i possibili disturbi, saranno adottate, ove necessario, idonee misure a carattere operativo e gestionale, quali:

- ✓ lavaggio, ove necessario, delle gomme degli automezzi in uscita dal cantiere verso la viabilità pubblica esterna;
- ✓ possibile bagnatura delle strade nell'area di cantiere e umidificazione dei terreni e dei cumuli di inerti per impedire il sollevamento delle polveri;
- ✓ controllo e limitazione della velocità di transito dei mezzi;
- ✓ adeguata programmazione delle attività in funzione delle condizioni meteorologiche.

Si stima che la bagnatura delle piste durante le attività di cantiere e la riduzione della velocità dei mezzi possa ridurre di circa il 40-50% le emissioni di polveri (stima estrapolata dal documento "Fugitive Dust Handbook" del Western Regional Air Partnership – WRAP del 2006).

6.7.3.2 Impatto sulla Qualità dell'Aria per Emissioni da Fabbrica Virole e Impianti di Betonaggio (Fase di Cantiere)

6.7.3.2.1 Premessa

Come riportato precedentemente presso l'area di Cantiere di Base saranno effettuate le attività di realizzazione delle Virole. A tal fine sarà realizzata una Fabbrica Virole attrezzata con capannoni adibiti alle seguenti operazioni:

- ✓ calandratura;
- ✓ sabbiatura;
- ✓ saldatura;
- ✓ verniciatura.

Come anticipato nel Paragrafo 4.6.1.1.2, la Fabbrica Virole sarà dotata di una cabina di verniciatura e sabbiatura dotata di aspiratori convoglianti in un camino. Si ricorda che la Fabbrica sarà dismessa al termine delle attività di realizzazione delle virole; pertanto, le emissioni associate alle suddette operazioni saranno limitate nel tempo ad un periodo stimabile in circa 210 giorni.

Per quanto riguarda invece l'impianto di Betonaggio, come accennato nel Paragrafo 4.6.1.1.2 sarà alimentato da un generatore diesel in funzione pressoché in continuo nei periodi in cui sarà prevista una elevata richiesta di calcestruzzo.

Per la caratterizzazione delle emissioni associate all'esercizio della Fabbrica Virole e dell'impianto di Betonaggio si rimanda al precedente Paragrafo 4.6.1.1.2, in particolare alla Tabella 4.15 Tabella 4.17 dove si identificano le caratteristiche geometriche ed emissive della sorgente emissiva (Cabina di Verniciatura e Sabbiatura, dotata di relativo camino) ed alla Tabella 4.18, in cui sono riportate le caratteristiche geometriche ed emissive dei Generatori Diesel degli impianti di betonaggio.

Per l'analisi delle ricadute di tali emissioni è stata effettuata una dedicata attività di modellazione con modello di dispersione CALPUFF, come descritto nei paragrafi successivi.

6.7.3.2.2 *Modello Numerico e Dati Meteorologici Utilizzati*

Come accennato nei paragrafi precedenti, le simulazioni numeriche della dispersione degli inquinanti emessi dalle operazioni di fabbricazione delle virole e degli impianti di betonaggio sono state condotte con il sistema modellistico CALPUFF, sviluppato dalla *Sigma Research Corporation* per il *California Air Resource Board* (CARB).

La suite modellistica è composta da:

- ✓ un modello meteorologico per orografia complessa (CALMET), che può essere utilizzato per la simulazione delle condizioni atmosferiche su scale che vanno dall'ambito locale alla mesoscala;
- ✓ il modello di dispersione (CALPUFF), che utilizza il metodo dei puff gaussiani per la simulazione della dispersione degli inquinanti atmosferici, in condizioni meteorologiche non stazionarie e non omogenee;
- ✓ un post processore (CALPOST), che elabora gli output del modello e consente di ottenere le concentrazioni medie ai ricettori su diversi intervalli temporali, selezionabili dall'utente.

Nelle simulazioni in oggetto sono stati utilizzati:

- ✓ un dominio del modello meteorologico (CALMET) di estensione pari a 25 km x 25 km e passo 500 metri;
- ✓ un dominio di simulazione della dispersione di inquinanti (CALPUFF), compreso all'interno del modello meteorologico, con passo 250 metri.

Per quanto concerne i dati meteorologici, ai fini delle analisi modellistiche sono stati utilizzati i dati meteorologici del *Weather Research and Forecasting mesoscale model* (WRF), relativi all'anno 2021. I dati WRF di partenza, che contengono informazioni relative sia alle condizioni meteorologiche al suolo che a quelle in quota, coprono un'area di 50 km x 50 km centrata in prossimità dell'area di lavoro di Monte (Latitudine: 39.69221° Nord; Longitudine: 9.318162° Est) e hanno una risoluzione orizzontale di 12 km.

Attraverso l'uso del modello meteorologico CALMET, a partire dai dati WRF è stato quindi possibile ricostruire una meteorologia di maggiore dettaglio, tenendo conto delle caratteristiche di orografia (*Terrain Elevations*) e uso del suolo (Land Use) nel dominio meteorologico considerato².

Nella seguente figura è riportata la rosa dei venti a 10 m dal suolo, ricostruita a partire dai dati WRF in corrispondenza delle coordinate della sorgente emissiva analizzata, per l'anno 2021.

² Per simulare le "Terrain Elevations" CALMET considera i dati "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM) 1 Arc-Second Global, aventi una risoluzione orizzontale pari circa 30 m. Per il "Land Use" viene utilizzato invece il database "Global Land Cover Characterization" (GLCC), avente risoluzione orizzontale pari a circa 1 km.

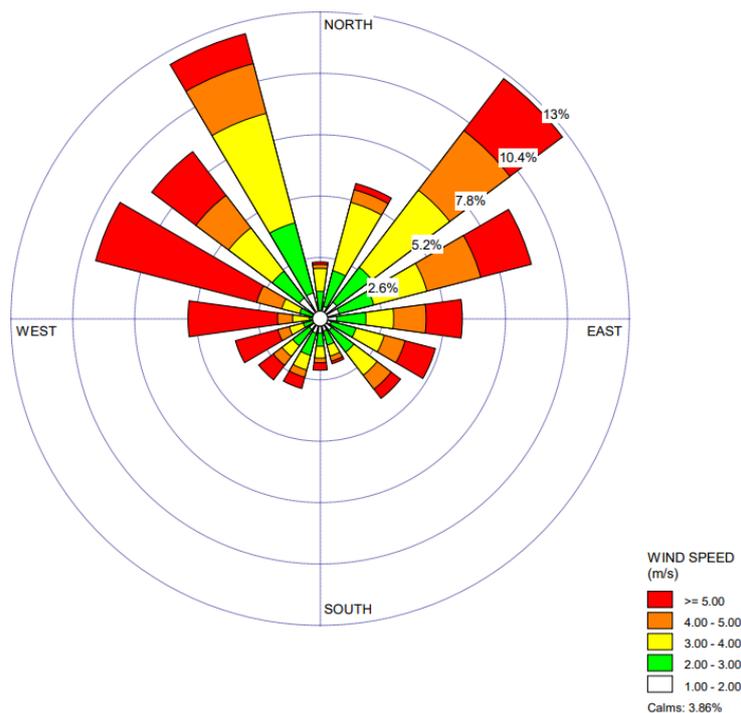


Figura 6.1: Modello WRF, Rosa dei Venti Anno 2021

Di seguito si riportano inoltre, in forma tabellare, i dati relativi alla distribuzione delle frequenze annuali.

Tabella 6.21: Modello WRF, Direzione e Velocità del Vento, Distribuzione delle Frequenze Annuali (Anno 2021)

Settore	Direzione		Classe di Vento (m/s)					Totale (%)
			1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 4.0	4.0 - 5.0	>= 5.0	
1	348.75 - 11.25	N	0.2968	0.8676	0.9703	0.1712	0.1027	2.4087
2	11.25 - 33.75	NNE	0.5479	1.5525	2.9795	0.5594	0.274	5.9132
3	33.75 - 56.25	NE	0.8904	1.8379	4.0868	3.1621	2.7626	12.7397
4	56.25 - 78.75	ENE	0.8333	1.4954	2.3059	2.3288	2.1918	9.1553
5	78.75 - 101.25	E	0.7078	1.2215	1.1644	1.3584	1.5183	5.9703
6	101.25 - 123.75	ESE	0.4909	1.0731	1.2215	0.9018	1.3128	5.0000
7	123.75 - 146.25	SE	0.6164	1.1644	1.2215	0.742	0.4909	4.2352
8	146.25 - 168.75	SSE	0.5479	0.6164	0.4795	0.2169	0.1142	1.9749
9	168.75 - 191.25	S	0.6164	0.5594	0.5023	0.1941	0.3196	2.1918
10	191.25 - 213.75	SSW	0.6393	0.9703	0.6393	0.3196	0.4909	3.0594
11	213.75 - 236.25	SW	0.5822	0.8676	0.5594	0.468	0.7648	3.242
12	236.25 - 258.75	WSW	0.2055	0.5251	0.6164	0.4909	1.8379	3.6758
13	258.75 - 281.25	W	0.2055	0.2511	0.7078	0.6279	3.7557	5.5479
14	281.25 - 303.75	WNW	0.3311	0.5594	0.7763	1.0845	6.9749	9.726
15	303.75 - 326.25	NW	1.1073	1.4155	2.2945	1.7237	2.3174	8.8584
16	326.25 - 348.75	NNW	1.1301	3.0594	4.7831	2.1689	1.3014	12.4429
Calme			-	-	-	-	-	3.8584
Sub-Total			9.7489	18.0365	25.3082	16.5183	26.5297	100

Ai fini delle modellazioni, le sorgenti emissive sono state ubicate presso il cantiere la fabbrica virole, l'impianto di betonaggio e l'impianto di frantumazione.

Di seguito si riportano le coordinate UTM-WGS84 (Fuso 33N) espresse in km:

- ✓ Fabbrica Virole:
 - Est: 528.91km,
 - Nord: 4394 km;
- ✓ Impianto di Betonaggio:
 - Est: 529.15 km,
 - Nord: 4394.06 km;
- ✓ Impianto di Frantumazione:
 - Est: 529.4 km,
 - Nord: 4394.24 km;

6.7.3.2.3 Simulazioni Effettuate

Al fine di consentire un confronto con i limiti normativi (laddove applicabili) sono state simulate:

- ✓ NOx:
 - valori medi annui della concentrazione di NOx al livello del suolo,
 - 99.8° percentile delle concentrazioni medie orarie di NOx.

Conservativamente, le ricadute sono state messe a confronto con i valori limite di qualità dell'aria applicabili ai sensi del D.lgs. 155/2010 e s.m.i. agli NO₂, nello specifico:

 - 40 µg/m³ per le concentrazioni medie annue;
 - 200 µg/m³ per le concentrazioni medie orarie, valore da non superare più di 18 volte in un anno;
- ✓ SO₂:
 - 99.7° percentile delle concentrazioni orarie di SOx.
 - 99.2° percentile delle concentrazioni giornaliere di SOx

Conservativamente, le ricadute sono state messe a confronto con i valori limite di qualità dell'aria applicabili ai sensi del D.lgs. 155/2010 e s.m.i. agli SO₂, nello specifico:

 - 350 µg/m³ per le concentrazioni medie orarie, valore da non superare più di 24 volte in un anno;
 - 125 µg/m³ per le concentrazioni medie giornaliere, valore da non superare più di 3 volte in un anno;
- ✓ CO: valore medio massimo giornaliero su 8 ore della concentrazione di CO al livello del suolo. Le ricadute sono state messe a confronto con i valori limite di qualità dell'aria applicabili ai sensi del D.lgs. 155/2010 e s.m.i., pari a 10 mg/m³;
- ✓ Polveri:
 - valori medi annui della concentrazione di polveri al livello del suolo,
 - 90.41° percentile delle concentrazioni giornaliere di polveri.

Conservativamente, le ricadute di polveri sono state messe a confronto con i valori limite di qualità dell'aria applicabili ai sensi del D.lgs. 155/2010 e s.m.i. alla sola frazione con diametro pari o inferiore a 10 µm (PM₁₀), nello specifico:

 - 40 µg/m³ per le concentrazioni medie annue;
 - 50 µg/m³ per le concentrazioni medie giornaliere, valore da non superare più di 35 volte in un anno;
- ✓ Composti Organici Volatili (COV): valori medi annui della concentrazione di COV, parametro per il quale tuttavia non sussiste un limite di qualità dell'aria ai sensi della normativa vigente.

6.7.3.2.4 Stima delle Ricadute

I risultati delle simulazioni condotte sono presentati nelle Figure da 6.2 a 6.10 allegate.

Per quanto concerne gli NOx:

- ✓ per il 99.80° percentile delle concentrazioni medie orarie (Figura 6.2 allegata) si rileva che:
 - i valori massimi di ricaduta si verificano in prossimità delle sorgenti emissive e sono stimate in massimo di $38.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
 - in corrispondenza del ricettore più vicino agli impianti (betonaggio, virole, frantumazione) le ricadute massime saranno nell'ordine di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e dei centri abitati più vicini, comunque, ampiamente minori di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dunque inferiori di due ordini di grandezza rispetto al limite normativo ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- ✓ per le ricadute medie annue, dall'esame della Figura 6.3 allegata, risulta che:
 - i valori massimi di ricaduta si verificano in prossimità della sorgente emissiva e sono stimate in un massimo di circa $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
 - in corrispondenza del primo ricettore e dei centri abitati più vicini agli impianti (betonaggio, virole, frantumazione) le ricadute massime sono comunque minori di $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dunque inferiori anch'esse di più di due ordini di grandezza rispetto al limite normativo ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Per quanto riguarda gli SOx:

- ✓ per il 99.7° percentile delle concentrazioni medie orarie (Figura 6.4 allegata) si rileva che:
 - i valori massimi di ricaduta si verificano in prossimità delle sorgenti emissive ($0.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$);
 - in corrispondenza del primo ricettore e dei centri abitati più vicini le ricadute massime non superano gli $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dunque ampiamente inferiori rispetto al limite normativo ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$), di 4 ordini di grandezza;
- ✓ per il 99.2° percentile delle concentrazioni medie giornaliere (Figura 6.5 allegata) si rileva che:
 - i valori massimi di ricaduta si verificano in prossimità delle sorgenti emissive ($0.047 \mu\text{g}/\text{m}^3$);
 - in corrispondenza del primo ricettore e del centro abitato più vicino, le ricadute massime sono comunque minori di $0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi ampiamente inferiori rispetto al limite normativo ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$), di 4 ordini di grandezza;
- ✓ per le ricadute medie annue, dall'esame della Figura 6.6 allegata, risulta che:
 - i valori massimi di ricaduta si verificano in prossimità della sorgente emissiva e sono stimate in un massimo di circa $0.0055 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
 - in corrispondenza del primo ricettore e dei centri abitati più vicini agli impianti (betonaggio, virole, frantumazione) le ricadute massime sono comunque minori di $0.0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dunque inferiori anch'esse di quattro ordini di grandezza rispetto al limite normativo ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

In relazione alle PM₁₀:

- ✓ per le ricadute medie annue, dall'esame della Figura 6.7 allegata si rileva quanto segue:
 - i valori massimi di ricaduta si verificano in prossimità della sorgente emissiva ($0.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$),
 - in corrispondenza del primo ricettore le ricadute massime sono nell'ordine di $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e dei centri abitati più vicini minori di $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dunque inferiori di tre ordini di grandezza rispetto al limite normativo ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$);
- ✓ per il 90.4° percentile delle concentrazioni medie giornaliere (Figura 6.8 allegata) si rileva che:
 - i valori massimi di ricaduta si verificano in prossimità della sorgente emissiva ($0.89 \mu\text{g}/\text{m}^3$);
 - in corrispondenza del primo ricettore e dei centri abitati più vicini agli impianti le ricadute massime sono inferiori a $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dunque inferiori di due ordini di grandezza rispetto al limite normativo ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

In merito al CO (massima media giornaliera su 8 ore), dall'esame della Figura 6.9 allegata si rileva quanto segue:

- ✓ i valori massimi di ricaduta si verificano in prossimità della sorgente emissiva ($0.023 \text{mg}/\text{m}^3$);
- ✓ in corrispondenza del centro abitato più vicino agli impianti (betonaggio, virole, frantumazione) le ricadute massime risultano comunque minori di $0.001 \text{mg}/\text{m}^3$, dunque inferiori di più di tre ordini di grandezza rispetto al limite normativo ($10 \text{mg}/\text{m}^3$).

Per quanto riguarda le ricadute di COV (Figura 6.10 allegata), i valori di ricaduta stimata sono contenuti su tutto il dominio di simulazione. La massima ricaduta media annua è pari a circa $2.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a ridosso delle sorgenti emissive, con concentrazioni che si attenuano molto rapidamente. In corrispondenza del ricettore più prossimo e dei centri abitati più vicini i valori medi annui si stima che non raggiungeranno $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In conclusione, si ritiene che in considerazione dell'assenza di urbanizzazione a meno di un solo ricettore gli effetti dell'iniziativa sulla qualità dell'aria associati alle operazioni di fabbricazione delle virole, all'impianto di betonaggio e di frantumazione saranno complessivamente **bassi** nei valori assoluti, oltre che limitati nel tempo come già indicato in precedenza. Non si ritiene pertanto necessaria l'adozione di specifiche misure di mitigazione, al di là delle buone pratiche di ingegneria.

6.7.3.3 Impatto sul Microclima per Creazione del Bacino di Monte (Fase di Esercizio)

La realizzazione del Bacino di Monte potrebbe determinare variazioni locali del microclima.

La creazione di invasi artificiali, difatti, produce effetti sul microclima, di entità variabile a seconda delle condizioni preesistenti e delle dimensioni dell'accumulo, principalmente a causa dell'aumento di umidità a scala locale (evaporazione) e a causa delle proprietà di termoregolazione delle masse d'acqua. In letteratura sono documentati i cambiamenti nella frequenza delle nebbie e lievi variazioni delle temperature in prossimità delle masse d'acqua.

Il Bacino di Monte è stato progettato, attraverso interventi di rimodellazione con scavi e rinterri, per contenere un volume di acqua di circa $3,000,000 \text{ m}^3$. Il Bacino sarà totalmente impermeabilizzato ed in fase di esercizio avrà la funzione di regolazione attraverso cicli giornalieri di accumulo/rilascio delle acque per il turbinaggio.

Tale invaso, di superficie pari a circa 36 ettari e volume di circa $3,000,000 \text{ m}^3$, risulta di dimensioni relativamente contenute e non sono attese variazioni significative del microclima locale.

A livello progettuale sono state stimate le perdite per evaporazione dal Bacino di Monte (si veda anche la Relazione Idraulica allegata al progetto, Doc. No. 1351-A-FN-R-05-1). In particolare, prendendo in considerazione il risultato più cautelativo, considerando il Bacino di Monte come alla quota di massima regolazione per tutto l'anno, è stato stimato come annualmente il bacino possa perdere per evaporazione fino ad un massimo di $579,000 \text{ m}^3$ di acqua (circa 18.4 l/s).

L'area di intervento è tuttavia già caratterizzata dalla presenza, a meno di 2 km di distanza, dell'Invaso di Flumendosa, il quale presenta una superficie dello specchio acqueo pari a circa 874 ha alla quota massima di invaso e un volume totale d'invaso pari a circa $316 \cdot \text{Mm}^3$.

Pertanto, in considerazione di quanto sopra riportato, si ritiene che le differenze fra l'evaporazione attuale e quella futura siano contenute e l'impatto potenziale associato al microclima sulla componente atmosfera sia di **bassa entità**. Altre caratteristiche dell'impatto sono le seguenti: permanente e a scala locale.

6.8 SISTEMA PAESAGGISTICO: PAESAGGIO, PATRIMONIO CULTURALE E BENI MATERIALI

6.8.1 Interazioni tra il Progetto e il Fattore Ambientale

Le interazioni tra il progetto e gli aspetti storico-paesaggistici possono essere così riassunte:

- ✓ fase di cantiere:
 - occupazione di suolo legata alla presenza fisica del cantiere,
 - realizzazione di scavi e movimenti terra nelle aree esterne;
- ✓ fase di esercizio:
 - occupazione di suolo per la presenza del bacino di monte;
 - occupazione di suolo per la presenza dell'opera di presa nel Lago del Flumendosa;
 - occupazione di suolo per la presenza del portale della galleria di accesso alle opere sotterranee.
 - occupazione di suolo per la presenza dell'imbocco alla discenderia

Sulla base dei dati progettuali e delle interazioni con l'ambiente riportate ai Paragrafi 4.5 e 4.6, la valutazione qualitativa delle potenziali incidenze delle azioni di progetto sulla componente in esame è riassunta nella seguente tabella.

Tabella 6.22: Paesaggio, Patrimonio Culturale e Beni Materiali, Potenziale Incidenza delle Azioni di Progetto

Azione di Progetto	Potenziale Incidenza	
	Non Significativa	Oggetto di Successiva Valutazione
FASE DI CANTIERE		
Occupazione di suolo per la presenza fisica del cantiere		X
Realizzazione scavi e movimenti terre		X
FASE DI ESERCIZIO		
Occupazione di suolo (presenza del bacino di monte)		X
Occupazione di suolo (presenza dell'opera di presa Lago Flumendosa)	X	
Occupazione di suolo (Portale Accesso Gallerie Sotterranee)		X
Occupazione di suolo (Imbocco alla Discenderia)		X

Si è ritenuto di escludere da ulteriori valutazioni le azioni di progetto per le quali la potenziale incidenza sulla componente è stata ritenuta, fin dalla fase di valutazione preliminare, non significativa. In particolare, per la fase di esercizio, si ritiene che l'interferenza dovuta all'occupazione di suolo per la presenza delle opere idrauliche in corrispondenza del Lago Flumendosa possa essere considerata come non significativa, in quanto tali opere saranno realizzate al di sotto del normale livello idrometrico del bacino e pertanto risulteranno visibili unicamente durante eventuali operazioni di manutenzione.

Con riferimento ai potenziali impatti connessi all'inquinamento luminoso, si rimanda al successivo Paragrafo 6.10.2.

La valutazione degli impatti ambientali associati alle azioni di progetto potenzialmente significative è riportata nel seguito del Capitolo.

6.8.2 Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori

Nel presente paragrafo, sulla base di quanto riportato in precedenza, sono riassunti gli elementi di interesse della componente e sono individuati i recettori potenzialmente impattati delle attività a progetto.

In linea generale, potenziali recettori ed elementi di sensibilità sono i seguenti:

- ✓ elementi di interesse storico-archeologico;
- ✓ beni paesaggistici tutelati;
- ✓ aree naturali tutelate;
- ✓ percorsi panoramici.

La caratterizzazione della componente ha rivelato la presenza dei seguenti elementi di sensibilità.

Tabella 6.23: Paesaggio, Patrimonio Culturale e Beni Materiali, Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori

Potenziale Recettore	Cantiere/Opera	Distanza Minima dal Sito di Progetto
Fascia di tutela Invaso Flumendosa	Opera di Presa/Imbocco Galleria del Pozzo Paratoie/Area di lavoro di Valle/	Interferenza Diretta
Fascia di tutela corsi d'acqua (Riu Perdadera)	Opera di Presa/Imbocco Galleria del Pozzo Paratoie/ Area di lavoro di Valle	Interferenza Diretta
Aree Boscate	Opera di Presa/Imbocco Galleria del Pozzo Paratoie/ Area di lavoro di Valle	Interferenza Diretta
Fasce di Rispetto archeologico PUC	Adeguamento della Viabilità esistente e Bacino di Monte	Adiacente

Potenziale Recettore	Cantiere/Opera	Distanza Minima dal Sito di Progetto
Nuraghe Arrubiu	Tutte le opere	4 km e nella sponda opposta del Lago Flumendosa

6.8.3 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione

6.8.3.1 [Impatto nei Confronti della Presenza di Segni dell'Evoluzione Storica del Territorio](#)

6.8.3.1.1 *Stima dell'Impatto Potenziale*

Per quanto riguarda questo aspetto si è fatto riferimento ai repertori dei beni storico-culturali contenuti nei documenti di pianificazione a livello regionale, provinciale e comunale e alle liste dei beni culturali.

L'area di progetto risulta ubicata ad oltre 4 km a Nord-Est dal noto sito archeologico di Nuraghe Arrubiu del comune di Orroli, la più imponente struttura megalitica dell'Isola, nonché unico nuraghe conosciuto con cinque torri. Tale sito rimane sulla sponda opposta del Lago e i sopralluoghi hanno escluso anche una visibilità reciproca.

Nell'area di progetto non si riscontra la presenza di beni culturali e paesaggistici vincolati ai sensi dell'Art.143 del D.lgs. 42/04, segnalati dalla Regione ed inclusi nel Repertorio dei beni 2017, rilevati a partire dai dati vettoriali presenti sul sito del geoportale della Regione Sardegna.

Come evidenziato nel Paragrafo 5.7.1, l'area in esame risulta caratterizzata dalla presenza di alcune emergenze archeologiche indicate nel PUC: manufatti archeologici rappresentati dalla presenza di resti della civiltà nuragica e pre-nuragica. Non c'è comunque interazione diretta fra tali emergenze e le opere a progetto perché gli elementi più prossimi sono costituiti dalle opere sotterranee che si trovano molto in profondità escludendo una interferenza.

Ulteriori aree di tutela sono evidenziate non direttamente dagli strumenti paesaggistici regionali ma dal Comune di Esterzili e dagli elenchi dei beni culturali. Per tali aree, nelle fasi di progettazione successive saranno effettuati dei rilievi più precisi nell'area, finalizzati all'ottimale e preciso adeguamento della viabilità esistente, al fine di evitare ogni potenziale interferenza con le medesime aree di tutela.

Per la gestione dell'aspetto archeologico, considerando che l'attività di progetto prevede lo scavo in diverse aree, si evidenzia che è stata redatta la Relazione Preliminare Archeologica, che è allegata a corredo dello Studio di Impatto Ambientale e a cui si rimanda per maggiori dettagli.

In sintesi, si ritiene che potenziali interferenze con la componente possano pertanto essere riconducibili alle attività di scavo nell'area di cantiere in superficie, soprattutto per quanto riguarda l'area di lavoro di monte.

Sulla base di quanto sopra non è possibile escludere interferenze con i segni dell'evoluzione storico-archeologica o con ritrovamenti di tal genere. Si ritiene che nel complesso il potenziale impatto sia di **media entità**.

6.8.3.1.2 *Misure di Mitigazione*

Già in fase di progettazione è stato escluso per la localizzazione del Bacino di Monte (occupazione 36 ha) l'interessamento di aree note e vincolate dalla pianificazione comunale attraverso la Tavola dell'Emergenze Archeologiche (PUC di Esterzili).

Tuttavia, sulla base delle evidenze riportate nella Verifica Preliminare del Rischio Archeologico presentata contestualmente al presente Studio di Impatto Ambientale (Doc. No. P0030780-1-H6) e sulla difficoltà accertata nella localizzazione precisa di diversi elementi archeologici, si ritiene opportuno, per i lavori di movimento terra, l'assistenza di personale archeologico specializzato in ottemperanza alla normativa sulla Verifica Preventiva del Rischio Archeologico (D.L. 163/2006 artt. 95-96).

6.8.3.2 [Impatto Paesaggistico \(Fase di Cantiere\)](#)

6.8.3.2.1 *Stima dell'Impatto Potenziale*

In fase di cantiere, si possono verificare impatti sul paesaggio imputabili essenzialmente a:

- ✓ insediamento delle strutture del cantiere, con impatti, a carattere temporaneo, legati alla preparazione dell'area di cantiere e delle aree di ricovero e alla presenza delle macchine operatrici;

- ✓ asportazione della vegetazione e rimodellamento dei suoli durante le attività di scavo per la preparazione dell'area di cantiere superficiali.

Si evidenzia che il progetto prevede la realizzazione di molte opere in sotterraneo il cui relativo cantiere non impatteranno dal punto di vista paesaggistico a meno dei relativi punti di accesso.

Dell'area di cantiere previste da progetto è ragionevole prevedere un impatto maggiore nell'area di lavoro di monte sia in termini di densità di insediamento delle strutture di cantiere che in termini di modellazione della superficie geo-morfologica ed asportazione della vegetazione. Per tale ragione, come misura di compensazione, è stata proposta la ripiantumazione di vegetazione autoctona in alcune delle aree percorse dal fuoco prossime al Bacino di Monte (superficie totale nell'ordine di 750.000 m²). Si rimanda allo “Studio Preliminare di Inserimento Paesaggistico”, predisposto da LAND e presentato in appendice alla Relazione Paesaggistica (Doc. No. P0030780-1-H4).

In generale al termine dei lavori le aree occupate saranno riconsegnate agli usi pregressi e saranno ripristinate con il fine di ristabilire i caratteri morfo-vegetazionali preesistenti in continuità con il paesaggio circostante, garantendo la ripresa spontanea della vegetazione autoctona, ad eccezione delle aree occupate dalle opere a progetto (bacino di monte, portale di accesso alle opere sotterranee e imbocco alla discenderia).

Per quanto riguarda l'impatto dell'area di cantiere che saranno ripristinate si stima un impatto di **bassa entità** in quanto di natura comunque temporanea.

Per quanto riguarda il cantiere che in esercizio sarà occupato dalle opere in progetto si rimanda alle valutazioni effettuate nel seguito del documento, al Paragrafo 6.8.3.3.

6.8.3.2.2 Misure di Mitigazione

Le principali misure di mitigazione degli impatti legate alla fase di cantiere sono le seguenti:

- ✓ mantenimento dell'area di cantiere in condizioni di ordine e pulizia;
- ✓ ripristino a fine lavori dei luoghi e delle aree alterate in fase di cantiere e non più necessarie, attraverso la rimozione delle strutture fisse e delle aree di ricovero e stoccaggio materiali;
- ✓ ripiantumazione di vegetazione autoctona in alcune delle aree percorse dal fuoco prossime al bacino di monte (superficie totale nell'ordine di 750.000 m²).

6.8.3.3 Impatto Percettivo Connesso alla Presenza di Nuove Strutture (Fase di Esercizio)

Dal momento che la maggior parte degli impianti sarà in sotterraneo (circa 490 m in profondità), l'impatto percettivo del progetto sul paesaggio è connesso principalmente alla presenza degli unici elementi fisici visibili che sono il Bacino di Monte, il portale di imbocco alle gallerie sotterranee e l'imbocco alla discenderia.

Infatti, come già detto, l'opera di presa sarà al di sotto del pelo libero dell'invaso del Flumendosa e quindi generalmente non visibile, se non durante eventuali operazioni di svasso della diga di Nuraghe Arrubiu per manutenzione.

Nel seguito del paragrafo sono valutati gli impatti associati alla presenza:

- ✓ del bacino di monte;
- ✓ del portale di accesso alle opere sotterranee;
- ✓ dell'imbocco della discenderia;

Si evidenzia che le opere sono state oggetto di una Relazione Paesaggistica dedicata (Doc. No. P0030780-1-H4) e di uno studio di inserimento paesaggistico dedicato (“Studio Preliminare di Inserimento Paesaggistico”, presentato in appendice alla Relazione Paesaggistica), ai quali si rimanda per maggiori particolari sull'argomento.

Con particolare riferimento all'area del Bacino di Monte, come meglio dettagliato all'interno del dedicato “Studio Preliminare di Inserimento Paesaggistico” predisposto da LAND e presentato in appendice alla Relazione Paesaggistica (Doc. No. P0030780-1-H4), **è stata prevista la piantumazione di una fascia arborea intorno al Bacino di Monte, di connessione alle adiacenti aree naturali (prati e pascoli naturali).**

6.8.3.3.1 Aspetti Metodologici per la Stima dell'Impatto

Per la stima del livello di impatto paesaggistico si è fatto riferimento alle “Linee Guida per l'Esame Paesistico dei Progetti”, previste dall'Articolo 30 del Piano Territoriale Paesistico Regionale della Regione Lombardia approvato

con DCR 6 Marzo 2001 No. 43749 ed approvate dalla Giunta Regionale della Lombardia con DGR No. 7/11045 dell'8 Novembre 2002.

Tali linee guida stimano il livello di impatto paesaggistico come il prodotto di un parametro legato alla “sensibilità paesistica del sito” e di un parametro legato “all’incidenza del progetto”.

La valutazione è stata replicata per 3 siti, ognuno dei quali è caratterizzato dalla presenza di più opere ed elementi:

- ✓ del bacino di monte;
- ✓ del portale di accesso alle opere sotterranee;
- ✓ dell’imbocco alla discenderia.

6.8.3.3.2 Criteri per la determinazione della Classe di Sensibilità del Sito

Tali linee guida propongono tre differenti modi di valutazione della sensibilità di un sito, con riferimento ad una chiave di lettura locale e ad una sovralocale:

- ✓ morfologico-strutturale;
- ✓ vedutistico;
- ✓ simbolico.

Le stesse linee guida evidenziano come sia da escludere che si possa trovare una formula o procedura capace di estrarre da questa molteplicità di fattori un giudizio univoco e “oggettivo” circa la sensibilità paesistica, anche perché la società non è un corpo omogeneo e concorde, ma una molteplicità di soggetti individuali e collettivi che interagiscono tra loro in forme complesse, spesso conflittuali.

In considerazione della tipologia di opera si prenderanno in considerazione solamente le “chiavi di lettura” a livello locale.

Modo di Valutazione Morfologico-Strutturale

Questo modo di valutazione considera la sensibilità del sito in quanto appartenente a uno o più “sistemi” che strutturano l’organizzazione di quel territorio e di quel luogo, assumendo che tale condizione implichi determinate regole o cautele per gli interventi di trasformazione. Normalmente qualunque sito partecipa a sistemi territoriali di interesse geo-morfologico, naturalistico e storico-insediativo.

La valutazione dovrà però considerare se quel sito appartenga ad un ambito la cui qualità paesistica è prioritariamente definita dalla leggibilità e riconoscibilità di uno o più di questi “sistemi” e se, all’interno di quell’ambito, il sito stesso si collochi in posizione strategica per la conservazione di queste caratteristiche di leggibilità e riconoscibilità. Il sistema di appartenenza può essere di carattere strutturale, vale a dire connesso alla organizzazione fisica di quel territorio, e/o di carattere linguistico-culturale e quindi riferibile ai caratteri formali (stilistici, tecnologici e materici) dei diversi manufatti.

La valutazione a livello locale considera l’appartenenza o contiguità del sito di intervento con elementi propri dei sistemi qualificanti quel luogo specifico:

- ✓ segni della morfologia del territorio: dislivello di quota, scarpata morfologica, elementi minori dell’idrografia superficiale, etc.;
- ✓ elementi naturalistico-ambientali significativi per quel luogo: alberature, monumenti naturali, fontanili o zone umide che non si legano a sistemi più ampi, aree verdi che svolgono un ruolo nodale nel sistema del verde locale, etc.;
- ✓ componenti del paesaggio agrario storico: filari, elementi della rete irrigua e relativi manufatti (chiuse, ponticelli.), percorsi poderali, nuclei e manufatti rurali, etc.;
- ✓ elementi di interesse storico-artistico: centri e nuclei storici, monumenti, chiese e cappelle, mura storiche, etc.;
- ✓ elementi di relazione fondamentali a livello locale: percorsi – anche minori – che collegano edifici storici di rilevanza pubblica, parchi urbani, elementi lineari – verdi o d’acqua – che costituiscono la connessione tra situazioni naturalistico-ambientali significative, «porte» del centro o nucleo urbano, stazione ferroviaria, etc.;
- ✓ vicinanza o appartenenza ad un luogo contraddistinto da un elevato livello di coerenza sotto il profilo linguistico, tipologico e d’immagine, situazione in genere più frequente nei piccoli nuclei, negli insediamenti montani e rurali e nelle residenze isolate ma che potrebbe riguardare anche piazze o altri particolari luoghi pubblici.

Modo di Valutazione Vedutistico

Le chiavi di lettura a scala locale si riferiscono soprattutto a relazioni percettive che caratterizzano il luogo in esame:

- ✓ il sito interferisce con un belvedere o con uno specifico punto panoramico;
- ✓ il sito si colloca lungo un percorso locale di fruizione paesistico-ambientale (il percorso-vita nel bosco, la pista ciclabile lungo il fiume, il sentiero naturalistico, etc.);
- ✓ il sito interferisce con le relazioni visuali storicamente consolidate e rispettate tra punti significativi di quel territorio (il cono ottico tra santuario e piazza della chiesa, tra rocca e municipio, tra viale alberato e villa, etc.);
- ✓ adiacenza a tracciati (stradali, ferroviari) ad elevata percorrenza.

Modo di Valutazione Simbolico

Le chiavi di lettura a livello locale considerano quei luoghi che, pur non essendo oggetto di (particolari) celebri citazioni rivestono un ruolo rilevante nella definizione e nella consapevolezza dell'identità locale, possono essere connessi sia a riti religiosi (percorsi processionali, cappelle votive, etc.) sia ad eventi o ad usi civili (luoghi della memoria di avvenimenti locali, luoghi rievocativi di leggende e racconti popolari, luoghi di aggregazione e di riferimento per la popolazione insediata).

6.8.3.3.3 Criteri per la Determinazione del Grado di Incidenza dei Progetti

Le Linee Guida per l'Esame Paesistico dei Progetti evidenziano che l'analisi dell'incidenza del progetto tende ad accertare in primo luogo se questo induca un cambiamento paesisticamente significativo.

Determinare l'incidenza equivale a rispondere a domande del tipo:

- ✓ la trasformazione proposta si pone in coerenza o in contrasto con le “regole” morfologiche e tipologiche di quel luogo?
- ✓ conserva o compromette gli elementi fondamentali e riconoscibili dei sistemi morfologici territoriali che caratterizzano quell'ambito territoriale?
- ✓ quanto “pesa” il nuovo manufatto, in termini di ingombro visivo e contrasto cromatico, nel quadro paesistico considerato alle scale appropriate e dai punti di vista appropriati?
- ✓ come si confronta, in termini di linguaggio architettonico e di riferimenti culturali, con il contesto ampio e con quello immediato?
- ✓ quali fattori di turbamento di ordine ambientale (paesisticamente rilevanti) introduce la trasformazione proposta?

Sempre secondo le Linee Guida per l'Esame Paesistico dei Progetti, oltre agli aspetti strettamente dimensionali e compositivi, la determinazione del grado di incidenza paesistica del progetto va condotta con riferimento ai seguenti parametri e criteri:

- ✓ Criteri e parametri di incidenza morfologica e tipologica. In base a tali criteri non va considerato solo quanto si aggiunge – in termini di coerenza morfologica e tipologica dei nuovi interventi – ma anche, e in molti casi soprattutto, quanto si toglie. Infatti, i rischi di compromissione morfologica sono fortemente connessi alla perdita di riconoscibilità o alla perdita tout court di elementi caratterizzanti i diversi sistemi territoriali;
- ✓ Criteri e parametri di incidenza linguistica. Sono da valutare con grande attenzione in tutti casi di realizzazione o di trasformazione di manufatti, basandosi principalmente sui concetti di assonanza e dissonanza. In tal senso possono giocare un ruolo rilevante anche le piccole trasformazioni non congruenti e, soprattutto, la sommatoria di queste;
- ✓ Parametri e criteri di incidenza visiva. Per la valutazione di tali parametri è necessario assumere uno o più punti di osservazione significativi, la scelta dei quali è ovviamente influente ai fini del giudizio. Sono da privilegiare i punti di osservazione che insistono su spazi pubblici e che consentono di apprezzare l'inserimento del nuovo manufatto o complesso nel contesto, è poi opportuno verificare il permanere della continuità di relazioni visive significative. Particolare considerazione verrà assegnata agli interventi che prospettano su spazi pubblici o che interferiscono con punti di vista o percorsi panoramici;
- ✓ Parametri e i criteri di incidenza ambientale. Tali criteri permettono di valutare quelle caratteristiche del progetto che possono compromettere la piena fruizione paesistica del luogo. Gli impatti acustici sono sicuramente quelli più frequenti e che hanno spesso portato all'abbandono e al degrado di luoghi paesisticamente qualificati, in alcuni casi anche con incidenza rilevante su un ampio intorno. Possono però

esservi anche interferenze di altra natura, per esempio olfattiva come particolare forma sensibile di inquinamento aereo;

- ✓ Parametri e i criteri di incidenza simbolica. Tali parametri mirano a valutare il rapporto tra progetto e valori simbolici e di immagine che la collettività locale o più ampia ha assegnato a quel luogo. In molti casi il contrasto può esser legato non tanto alle caratteristiche morfologiche quanto a quelle di uso del manufatto o dell'insieme dei manufatti.

6.8.3.3.4 Stima dell'Impatto Potenziale

Sulla base della caratterizzazione paesaggistica effettuata nei paragrafi precedenti di seguito viene fornita la valutazione della classe di sensibilità paesistica dei siti di localizzazione delle opere (Bacino di Monte, Centrale e Portale di accesso alle opere sotterranee, Imbocco discenderia) stimata sulla base della metodologia descritta in precedenza. La scala del punteggio è da 1 a 5 al crescere della sensibilità.

Tabella 6.24: Impatto Percettivo per la Presenza della Nuove Opere/Strutture, Sensibilità Paesistica dei Siti

MODO DI VALUTAZIONE	CHIAVI DI LETTURA A LIVELLO LOCALE	VALUTAZIONE		
		Bacino di Monte	Imbocco galleria d'accesso al pozzo paratoie	Imbocco accesso alla discenderia
Morfologico-Strutturale	Appartenenza a sistemi paesaggistici di livello locale di interesse geo-morfologico	2	2	1
	Appartenenza a sistemi paesaggistici di livello locale di interesse naturalistico	2	2	1
	Appartenenza a sistemi paesaggistici di livello locale di interesse storico-agrario	1	1	2
	Appartenenza a sistemi paesaggistici di livello locale di interesse storico-artistico	2	1	1
	Appartenenza a sistemi paesaggistici di relazione (tra elementi storico culturali, tra elementi verdi e/o siti di rilevanza naturalistica)	2	2	2
	Appartenenza/contiguità ad un luogo contraddistinto da un elevato livello di coerenza sotto il profilo tipologico, linguistico e dei valori di immagine.	1	1	1
Vedutistico	Interferenza con punti di vista panoramici	1	1	1
	Interferenza/contiguità con percorsi di fruizione paesistico-ambientale	1	1	1
	Interferenza con relazioni percettive significative con elementi locali (verso architettura rurale a valenza paesaggistica)	1	1	1
Simbolico	Interferenza/contiguità con luoghi contraddistinti da uno status di rappresentatività nella cultura locale (luoghi celebrativi o simbolici della cultura/tradizione locale).	2	2	2

MODO DI VALUTAZIONE	CHIAVI DI LETTURA A LIVELLO LOCALE	VALUTAZIONE		
		Bacino di Monte	Imbocco galleria d'accesso al pozzo paratoie	Imbocco accesso alla discenderia
MEDIA		1.5	1.4	1.3

Nella riga finale, in considerazione delle valutazioni espresse in tabella, è assegnato il giudizio complessivo medio di sensibilità paesistica dei siti in esame.

La valutazione qualitativa sintetica del grado di incidenza del progetto è espressa utilizzando la seguente classificazione:

- ✓ incidenza paesistica molto bassa;
- ✓ incidenza paesistica bassa;
- ✓ incidenza paesistica media;
- ✓ incidenza paesistica alta;
- ✓ incidenza paesistica molto alta.

Analogamente con quanto indicato per la stima della sensibilità paesistica del contesto di intervento, il giudizio complessivo tiene conto delle valutazioni effettuate in riferimento ai diversi parametri di valutazione considerati ed in base alle caratteristiche del progetto. La classe di incidenza paesistica è espressa in forma numerica secondo la seguente valutazione:

- ✓ 1 = incidenza paesistica molto bassa;
- ✓ 2 = incidenza paesistica bassa;
- ✓ 3 = incidenza paesistica media;
- ✓ 4 = incidenza paesistica alta;
- ✓ 5 = incidenza paesistica molto alta.

Nella seguente tabella sono schematicamente riportati i parametri associati ai criteri di valutazione già illustrati in precedenza, in relazione alla scala di valutazione locale (da 1 a 5).

La valutazione dell'impatto percettivo è stata condotta con l'ausilio di una serie di fotoinserimenti delle opere di progetto (si veda in merito quanto riportato nella Relazione Paesaggistica, Doc. No. P0030780-1-H4, per maggiori approfondimenti).

Tabella 6.25: Impatto Percettivo per la Presenza della Nuove Opere/Strutture, Grado di Incidenza Paesistica

MODO DI VALUTAZIONE	CHIAVI DI LETTURA A LIVELLO LOCALE	VALUTAZIONE		
		Bacino di Monte	Imbocco galleria d'accesso al pozzo paratoie	Imbocco discenderia
Incidenza Morfologica e Tipologica	Coerenza, contrasto o indifferenza del progetto rispetto alle forme naturali del suolo	3	2	2
	Coerenza, contrasto o indifferenza del progetto rispetto alla presenza di sistemi/aree di interesse naturalistico	2	1	1

MODO DI VALUTAZIONE	CHIAVI DI LETTURA A LIVELLO LOCALE	VALUTAZIONE		
		Bacino di Monte	Imbocco galleria d'accesso al pozzo paratoie	Imbocco discenderia
	Coerenza, contrasto o indifferenza del progetto rispetto alle regole morfologiche e compositive riscontrate nell'organizzazione degli insediamenti e del paesaggio rurale	2	2	1
Incidenza Linguistica	Coerenza, contrasto o indifferenza del progetto rispetto ai modi linguistici tipici del contesto inteso come ambito di riferimento storico-culturale	2	2	2
Incidenza Visiva	Ingombro visivo	4	1	2
	Contrasto cromatico	1	1	2
	Alterazione dei profili e dello skyline	2	1	1
Incidenza Ambientale	Alterazione delle possibilità di fruizione sensoriale complessiva (uditiva, olfattiva) del contesto paesistico-ambientale	1	1	1
Incidenza Simbolica	Adeguatezza del progetto rispetto ai valori simbolici e di immagine celebrativi del luogo	2	1	1
MEDIA		2.1	1.3	1.4

Nella riga finale, in considerazione delle valutazioni espresse in tabella, è assegnato il giudizio complessivo medio degli impatti percettivi dei siti in esame.

Il livello di impatto paesistico deriva dal prodotto dei due valori assegnati come “giudizi complessivi” relativi alla classe di sensibilità paesistica del sito e al grado di incidenza paesistica del progetto derivanti dai processi valutativi descritti ai paragrafi precedenti.

Le “Linee Guida per l’Esame Paesistico dei Progetti” forniscono la seguente scala di valori per la determinazione dell’impatto paesaggistico:

- ✓ livello di impatto (determinato come spiegato in precedenza) inferiore a 5: il progetto è considerato ad impatto paesistico inferiore alla soglia di rilevanza ed è, quindi, automaticamente giudicato accettabile sotto il profilo paesistico;
- ✓ livello di impatto è compreso tra 5 e 15: il progetto è considerato ad impatto rilevante ma tollerabile e deve essere esaminato al fine di determinarne il “giudizio di impatto paesistico”;
- ✓ livello di impatto è superiore a 15: l’impatto paesistico risulta oltre la soglia di tolleranza; pertanto, il progetto è soggetto a valutazione di merito come tutti quelli oltre la soglia di rilevanza. Nel caso però che il “giudizio di impatto paesistico” sia negativo può esser respinto per motivi paesistici, fornendo indicazioni per la completa riprogettazione dell’intervento.

Sulla base delle valutazioni presentate nei precedenti paragrafi, il livello di impatto paesistico risulta essere pari a circa:

- ✓ 3.0 per il Bacino di Monte;
- ✓ 1.9 per il Portale di accesso alle opere sotterranee;
- ✓ 1.9 per il Portale di accesso alla discenderia;

L’impatto maggiore è relativo alla realizzazione del Bacino di Monte, che comunque rimane al di sotto della soglia di rilevanza.

L'impatto sulla componente è stimato pertanto di **bassa entità**, anche in considerazioni delle misure di mitigazione previste. Altre caratteristiche dell'impatto sono permanente, a vasta scala.

Per gli interventi di mitigazione ed inserimento ambientale, si rimanda a quanto presentato nella Relazione Paesaggistica (Doc. No. P0030780-1-H4). Si evidenzia inoltre che, al fine di ottimizzare l'integrazione delle opere nel contesto paesaggistico di riferimento, è stato predisposto un dedicato studio architettonico e di inserimento paesaggistico (si veda lo “Studio Preliminare di Inserimento Paesaggistico”, presentato come appendice alla Relazione Paesaggistica).

6.9 RUMORE E VIBRAZIONI

6.9.1 Interazioni tra Progetto e Agenti Fisici

Le interazioni tra il progetto e la componente possono essere così riassunte:

- ✓ fase di cantiere:
 - emissioni sonore e di vibrazioni da mezzi e macchinari utilizzati nel cantiere in superficie e in sotterraneo,
 - emissioni sonore da: Fabbrica virole, Impianto di Betonaggio ed Impianto di Frantumazione;
 - emissioni sonore da traffico (trasporto terre, materie da costruzione ed addetti);
- ✓ fase di esercizio:
 - emissioni sonore dai macchinari di Centrale,
 - emissioni sonore connesse al traffico indotto (trasporto addetti in fase di manutenzione).

Sulla base dei dati progettuali e delle interazioni con l'ambiente riportate nei precedenti Paragrafi, la valutazione qualitativa delle potenziali incidenze delle azioni di progetto sulla componente in esame è riassunta nella seguente tabella.

Tabella 6.26: Rumore e Vibrazioni, Fase di Cantiere, Potenziale Incidenza delle Azioni di Progetto

Fattore causale di impatto	Potenziale Incidenza	
	Non Significativa	Oggetto di Successiva Valutazione
FASE DI CANTIERE		
Emissioni sonore e di vibrazioni per utilizzo di Mezzi e Macchinari		X (Rumore e Vibrazioni)
Emissioni sonore e di vibrazioni per trasporto Terre e Materiali	X	
Emissioni sonore e di vibrazioni per impianto di Fabbricazione Virole		X
Emissioni sonore e di vibrazioni per Impianto di Betonaggio		X
Emissioni sonore e di vibrazioni per Impianto di Frantumazione		X
Emissioni sonore e di vibrazioni per trasporto Addetti	X	
FASE DI ESERCIZIO		
Emissioni sonore e di vibrazioni per funzionamento della centrale	X	
Emissioni sonore e di vibrazioni per trasporto Addetti	X	

Si è ritenuto di escludere da ulteriori valutazioni le azioni di progetto per le quali la potenziale incidenza sulla componente è stata ritenuta, fin dalla fase di valutazione preliminare, non significativa. In particolare:

- ✓ emissioni sonore in fase di cantiere associate al trasporto di personale, di terre e di materiali di costruzione, che è stato valutato di scarsa entità;

- ✓ emissioni sonore e di vibrazioni in fase di esercizio da funzionamento apparecchiature di Centrale: in relazione alla localizzazione delle sorgenti sonore, sotterranee a 490 m di profondità, si ritiene che le emissioni sonore e di vibrazioni in superficie possano essere considerate come non significative. Le vie di accesso alle opere sotterranee non presentano sorgenti sonore significative (gli impianti di ventilazione delle gallerie saranno infatti silenziati);
- ✓ emissioni sonore in fase di esercizio da traffico indotto: come sottolineato precedentemente, si ritiene che il traffico indotto in fase di esercizio sia imputabile unicamente al trasporto saltuario del personale addetto alla manutenzione degli impianti e pertanto valutato di scarsa entità.

Inoltre, si evidenzia che la viabilità interessata durante il periodo di realizzazione delle opere sarà principalmente interna al perimetro di cantiere e in considerazione della distanza minima dal ricettore potenzialmente abitato, oltre 350 m dal tratto di viabilità interessato da adeguamento si ritiene che il potenziale impatto generato dal traffico veicolare possa essere considerato del tutto trascurabile.

La valutazione degli impatti ambientali associati alle azioni di progetto potenzialmente significative è riportata nel seguito del Capitolo.

6.9.2 Elementi di Sensibilità e Potenziali Ricettori

Per la componente rumore e vibrazioni costituiscono elementi di sensibilità i seguenti ricettori:

- ✓ aree urbane continue e discontinue, nuclei abitativi, edifici isolati (ricettori antropici);
- ✓ scuole, ospedali, case di cura, cimiteri, etc. (ricettori sensibili);
- ✓ aree naturali protette, aree Natura 2000, IBA (ricettori naturali).

Dall'analisi dell'area di intervento si osserva che:

- ✓ le aree Natura 2000, le aree naturali protette e IBA distano più di 10 km (si veda Parag. 3.7.2);
- ✓ non sono stati individuati complessi urbani riconducibili a ricettori sensibili in prossimità dell'area di intervento e i centri abitati sono a notevole distanza dall'area di intervento.

Dato lo stato dei luoghi valutato in sede di sopralluogo nonché la distanza dall'area di cantiere dei potenziali ricettori antropici individuati (si veda anche la precedente paragrafo 5.8.3) si è ritenuto la rimessa agricola, identificata con ID A ed ubicata in posizione limitrofa rispetto all'area di lavoro di monte, quale unico ricettore significativo ai fini dell'analisi degli impatti.

Tabella 6.27 Ricettore A. Classe acustica e limiti di riferimento, Distanza minima dall'impianto

Descrizione Ricettore	ID	Classe Acustica	Limiti Acustici [dB(A)]		Distanza Minima dall'Area Impianto
			Emissione (Diurno-Notturmo)	Immissione (Diurno – Notturmo)	
Rimessa Agricola	A	IV	55 - 45	60 - 50	130 m

6.9.3 Valutazione degli Impatti e Identificazione delle Misure di Mitigazione

6.9.3.1 Emissioni sonore durante le Attività di Cantiere

Nel presente Paragrafo viene valutato l'impatto acustico associato alle attività di cantiere. In particolare, nel seguito sono riportate:

- ✓ l'identificazione delle potenze sonore dei mezzi e dei macchinari impiegati;
- ✓ la metodologia di analisi;
- ✓ la valutazione della rumorosità associata alle fasi di cantiere previste per la realizzazione delle opere;
- ✓ la stima complessiva dell'impatto;
- ✓ l'identificazione delle misure di mitigazione

Nella seguente Tabella è riportato l'elenco preliminare dei mezzi di cantiere, la loro potenza sonora e il relativo numero massimo che si prevede impiegare contemporaneamente nell'area di cantiere.

Tabella 6.28: Elenco dei mezzi di cantiere, potenze acustiche e numero mezzi

TipologiaMezzi/Impianti	PWL[dB(A)]	Numero mezzi	TipologiaMezzi/Impianti	PWL[dB(A)]	Numero mezzi
Escavatore	107	3	Autogru	107.5	1
Dozer Apripista	111	2	Gru	107.5	0
Dozer pesante	113	1	Carroponte	111.5	1
Dozer medio	111	1	Grader	110	1
Pala Gommata	110	2	Finitrice	98.5	1
Pala Cingolata	112	2	Attrezzatura per Diaframmi	108.5	1
Retroescavatore	108.5	1	Dumper	111	2
Retroescavatore leggero	104.5	1	Autocarri 10 m3	112	6
Rulli compattatori (terre)	107	2	Autobotte	112	2
Rulli compattatori piccoli	100	1	Generatore Betonaggio	109.5	1
Rulli Lisci (conglomerato bituminoso)	100	1	Ventilatori	60	1
Rulli a piede di pecora	107	0	Pompa Spritz	105.5	1
Autobetoniere 4 assi da 10 m3	112	2	Pompa aggotamento	97	1
Pompa cls	95	2	Bullonatore	106	1
Macchina perforatrice (per Tiranti di ancoraggio)	106	2	Vibratori	111	2
Macchina per infilaggio Tiranti	106	2	Elettrocompressori	74	2
Macchina per carotaggi	106	1	Trasformatori Elettrici	86	1

Metodologia per il calcolo delle Emissioni Sonore da Mezzi e Macchinari di Cantiere (sotto paragrafo)

La quantificazione delle emissioni sonore dai mezzi di lavoro è stata condotta considerando le seguenti ipotesi:

- ✓ schematizzazione delle sorgenti come puntiformi;
- ✓ valutazione della propagazione sonora nell'intorno del cantiere tenendo conto della contemporanea operatività dei mezzi per ciascuna fase di lavorazione (onde prevista) ed ipotizzando la propagazione del suono a partire dai baricentri delle due parti dell'area di cantiere principali previste (bacino di monte e bacino di valle)

Il primo step di calcolo è stato pertanto relativo alla quantificazione della potenza sonora complessiva L_w delle sorgenti sonore, mediante la seguente formula:

$$L_w = 10 \cdot \log \sum 10^{L_{wi}/10}$$

dove L_{wi} è la potenza sonora delle singole sorgenti indicate alla precedente tabella.

Il secondo step di calcolo ha permesso di valutare la pressione sonora a diverse distanze dai punti di ubicazione ipotizzati utilizzando la seguente formula che descrive la propagazione omnidirezionale semisferica.

$$L_{rif} = L_w - 20 \cdot \log(r) - 8 [dB]$$

dove:

- L_{rif} = livello di pressione sonora delle sorgenti [dB];
- L_w = livello di potenza sonora complessiva delle sorgenti [dB];
- r = distanza tra la sorgente ed il punto di ricezione [m].

Stima della rumorosità delle Emissioni Sonore da Mezzi e Macchinari di Cantiere

Come accennato in precedenza, considerando il numero, il tipo e la potenza sonora dei mezzi indicati nella Tabella precedente, tramite la metodologia descritta, è stata valutata la rumorosità di ciascuna fase realizzativa prevista all'interno delle due parti dell'area di cantiere principali (Bacino di Monte e Bacino di Valle).

Si riporta di seguito la rumorosità stimata per ciascuna fase di realizzazione del progetto:

Tabella 6.29: Rumorosità associata a ciascuna fase di lavorazione prevista

Cantiere	Area (m2)	Fase	Id.	Fase di Lavoro	Durata [mesi]	Durata Attività Solare [mesi]	Numero Totale Mezzi	PWL [dB(A)]
				Descrizione				
AREA DI MONTE	1,671,000	Realizzazioni	1a	Installazioni locali per servizi tecnici di cantiere (uffici, spogliatoi, mense, etc.)	2	58	15	121.9
			1b	Preparazione aree di deposito temporaneo materiale sciolto	1		10	118.1
			1c	Fabbrica virole	3		6	117.5
			1d	Realizzazione impianto di betonaggio	3		9	118.4
		Bacino di Monte	1e	Scavi rilevato, Realizzazione cunicolo e accesso cunicolo, Scavi fondo	28	68	20	123.2

Cantiere	Area (m2)	Fase	Id.	Fase di Lavoro	Durata [mesi]	Durata Attività Solare [mesi]	Numero Totale Mezzi	PWL [dB(A)]		
				Descrizione						
			1f	Erezione del rilevato e del mascheramento morfologico, Sistemazione drenaggio del fondo del bacino, Realizzazione sfioratori di superficie	38		21	123.0		
			1g	Stesa geo composito e pietrisco, Coronamento	24				14	120.5
			1h	Finiture e piazzali, Posa virole metalliche ed intasamento con calcestruzzo, Realizzazione del calice	6				18	121.7
			1i	Scavo e consolidamento pozzo verticale per condotta forzata	10				12	120.1
		Canale di drenaggio	1l	Allestimento cantiere ed adeguamento viabilità/impiantistica	1	4	10	120.4		
			1m	Esecuzione canale di drenaggio dello sfioratore di superficie del bacino di monte	3		7	117.7		
		Ripiegamento cantiere	1n	Ripiegamento cantiere	2	2	7	118.1		
		Discenderia	1o	Scavo e consolidamento discenderia	22	22	10	119.8		
		Centrale	1p	Progettazione, fornitura, fabbricazione elettromeccaniche	24	71	19	123.2		
				scavo e consolidamento caverna della centrale	37					
				Scavo e consolidamento biforcazioni a monte e a valle della centrale	4					

Cantiere	Area (m2)	Fase	Id.	Fase di Lavoro	Durata [mesi]	Durata Attività Solare [mesi]	Numero Totale Mezzi	PWL [dB(A)]		
				Descrizione						
				Scavo e consolidamento caverna biforcazione di monte	3					
				Trasporto montaggio e inghisaggio opere elettromagnetiche	16					
			Vie d'acqua	1q	Scavo e consolidamento galleria idraulica da pozzo paratoie verso centrale	17	17	17	123.0	
			Sottostazione elettrica	1r	Scavo e consolidamento galleria d'accesso alla sottostazione elettrica	1	17	21	123.3	
		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	14	122.0	
		Scavo e consolidamento caverna sommità del pozzo piezometrico			3					
		Scavo e consolidamento pozzo piezometrico			3					
		AREA DI VALLE	41	Adeguamento o Viabilità	2a	Adeguamento Viabilità	3	3	26	124.6
				Galleria d'accesso al pozzo paratoie	2b	Realizzazione portale d'accesso	2	4	16	122.6
						Scavo e consolidamento galleria d'accesso al pozzo paratoie	2			
Pozzo paratoie	2c			Scavo e consolidamento caverna sommità pozzo paratoie	2	47	14	121.9		

Cantiere	Area (m2)	Fase	Id.	Fase di Lavoro	Durata [mesi]	Durata Attività Solare [mesi]	Numero Totale Mezzi	PWL [dB(A)]		
				Descrizione						
				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	18	122.8
						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	9	119.0
		Vie d'acqua	2f			Scavo e consolidamento galleria idraulica da pozzo paratoie a opera presa valle	2	2	17	123.0
Ripiegamento cantiere	2g			Ripiegamento cantiere	1	1	7	118.1		
COLLAUDI I	-	Collaudi	-	Collaudi idraulici e funzionali gallerie;	2	3	-	-		
				Collaudi e prove elettromeccaniche in centrale	2					
				Collaudi funzionali impianto	2					
				Messa in servizio	1					

Nella tabella di seguito vengono evidenziate le fasi che presentano il maggiore livello di rumorosità all'interno delle due parti dell'area di cantiere previste:

Tabella 6.30: Rumorosità delle Fasi di Lavoro

Cantiere	Macrofase di lavoro	Fase di lavoro	Law [db(A)]	Note
Area di Monte	Sottostazione elettrica	Scavo e consolidamento galleria d'accesso alla sottostazione elettrica, Scavo, Trasporto montaggio e inghisaggio opere elettromeccaniche	123.3	Sorgenti fisse e mobili, funzionamento discontinuo
Area di Valle	Adeguamento viabilità	Adeguamento viabilità	124.6	Sorgenti fisse e mobili, funzionamento discontinuo

6.9.3.2 [Emissioni sonore associate alla Fabbricazione Virole, Impianto di Betonaggio, Impianto di Frantumazione](#)

L'area di lavoro di monte, una volta terminate le fasi di allestimento, ospiterà anche la Fabbrica delle Virole, la quale, per un periodo di circa 120 giorni sarà operativa nella realizzazione delle virole e dei pezzi speciali in acciaio, costituendo una sorgente di emissioni sonore fissa e dal funzionamento perlopiù continuo durante il periodo diurno.

Durante la fase di cantiere saranno inoltre operativi No. 1 impianto di betonaggio e No. 1 impianto di frantumazione delle terre, ubicati in corrispondenza dell'area di lavoro di monte. Tali impianti potranno essere attivi anche per 24 ore al giorno durante alcune particolari fasi di cantiere e saranno operativi, in modo discontinuo, rispettivamente per circa 80 e 42 mesi.

In considerazione della significatività delle sorgenti sonore relative alla fabbricazione delle virole (tutte ubicate all'interno di un capannone), all'impianto di betonaggio ed all'impianto di frantumazione, in termini anche di continuità delle lavorazioni e della durata prevista di funzionamento, si è ritenuto opportuno procedere ad una valutazione approfondita della rumorosità associata a tali impianti, mediante l'ausilio di opportuni codici di calcolo.

Nella relazione “MONITORAGGIO RUMORE ANTE OPERAM E PREVISIONE IMPATTO ACUSTICO”, in Appendice B al presente Studio di Impatto Ambientale, al quale si rimanda per maggiori dettagli, è riportato integralmente lo Studio di Impatto Acustico in fase di cantiere nonché degli impianti sopra menzionati, insieme agli esiti della campagna di monitoraggio ante-operam effettuata presso i recettori A e B di cui alla precedente Tab. 5.48 e Figura 5.37.

All'interno dello studio vengono considerati le seguenti sorgenti sonore per la stima delle emissioni sonore provenienti dagli impianti:

Tabella 6.31: Rumorosità Sorgenti Sonore

SORGENTI INTERNE EDIFICIO FABBRICA VIROLE	
SORGENTI SONORE	PWL[dB(A)]
Saldatrici (6 in funzione contemporaneamente)	99.2 dB(A)
Torcia ArcAir (1 in funzione)	116,0 dB(A)
Molatrici manuali (2 in funzione contemporaneamente)	115.1 dB(A)

SORGENTI SONORE	PWL[dB(A)]
Impianto di betonaggio	108 dB(A)
Impianto di frantumazione	108 dB(A)

6.9.3.3 Valutazione degli impatti e misure di mitigazione

Nel seguito del paragrafo si procede pertanto a valutare in modo distinto gli impatti sulla rumorosità ambientale associati a:

- ✓ la fabbrica virole, l'impianto di betonaggio e l'impianto di frantumazione;
- ✓ il cantiere.

Valutazione degli impatti acustici associati alla Fabbricazione Virole, Impianto di Betonaggio, Impianto di Frantumazione

L'analisi ha permesso di valutare l'entità delle emissioni sonore delle attività di cantierizzazione ed il rispetto dei limiti acustici in corrispondenza dell'unico ricettore A, ritenuto significativo ai fini della trattazione. Si evidenzia che nella relazione acustica di cui all'Appendice B è stata inoltre effettuata una verifica aggiuntiva in un punto B, costituito da un capanno a servizio della guardia forestale, il quale non essendo abitato non si ritiene rappresentativo di un ricettore; pertanto, nel prosieguo del paragrafo gli esiti di tale verifica non vengono riassunti.

In particolare, nella suddetta relazione, sono valutati e successivamente confrontati i livelli di rumorosità simulati con i:

- ✓ Limiti di emissione di zona;
- ✓ Limiti di Immissione in ambiente esterno;
- ✓ Limiti di Immissione in ambiente abitativo (criterio differenziale).

Nella successiva tabella i livelli di rumorosità simulati, rappresentativi delle emissioni della sorgente sonora specifica (futura fabbrica virole e impianti di betonaggio e frantumazione) sono confrontati con i limiti di emissione di zona diurni e notturni, vigenti al ricettore A.

Tabella 6.32: Emissione sonora di cantierizzazione e confronto con i limiti di emissione

PERIODO DIURNO			
Ricettori	Classe	Emissioni Acustiche [dB(A)]	Limite di Emissione [dB(A)]
A	Classe III Mista	18.4	55
PERIODO NOTTURNO			
Ricettori	Classe	Emissioni Acustiche [dB(A)]	Limite di Emissione [dB(A)]
A	Classe III Mista	9.5	45

Le fasi di cantiere considerate rispettano i limiti di emissione diurni e notturni presso il ricettore considerato.

Nella successiva tabella si riporta il clima acustico futuro, durante le attività di fabbricazione delle Virole e di funzionamento degli impianti di betonaggio e frantumazione.

Tabella 6.33: Clima Acustico in Fase di Cantierizzazione e confronto con i limiti di immissione

PERIODO DIURNO			
Ricettori	Classe	Clima Acustico [dB(A)]	Limiti di Immissione Ambiente Esterno [dB(A)]
A	Classe III Mista	36.9	60
PERIODO NOTTURNO			
Ricettori	Classe	Clima Acustico [dB(A)]	Limite Immissione Ambiente Esterno [dB(A)]
A	Classe III Mista	35.7	50

I valori di immissione, valutati per le fasi di cantiere, non determinano variazioni di rumorosità nell'area di studio che superino i limiti della zonizzazione acustica presso il ricettore considerato.

Il criterio differenziale non si applica se il rumore ambientale, misurato a finestre aperte, è inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno.

Al ricettore A i livelli sonori *post operam*, diurni e notturni sono inferiori ai limiti di applicabilità del criterio differenziale a finestre aperte. Quando il limite calcolato sul rumore *ante operam* presente in ambiente esterno è inferiore al valore di applicabilità a finestre aperte, quest'ultimo prevale. Il criterio differenziale si ritiene rispettato.

Complessivamente l'esame dei risultati della previsione di impatto acustico consente la seguente valutazione:

Tabella 6.34: Analisi dei risultati

Ricettore	Limite Emissione di Zona	Limite Immissione Ambiente Esterno	Criterio Differenziale
A	Rispetto	Rispetto	Il criterio differenziale non si applica se il rumore ambientale, misurato a finestre aperte, è inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno

Come indicato precedentemente, per maggiori dettagli si rimanda all'Appendice B del presente Studio Ambientale.

Misure di Mitigazione

Gli accorgimenti progettuali che verranno adottati per minimizzare l'impatto legato al rumore sono principalmente la realizzazione dei pannelli ed il tetto del capannone in materiale con adeguato potere fonoisolante.

Inoltre, a tutela del ricettore, si prevede, durante le fasi di produzione delle virole e di funzionamento degli impianti di betonaggio e di frantumazione, una campagna di monitoraggio del clima acustico. Nello specifico durante la fase di cantiere sono previsti dei rilevamenti fonometrici di verifica.

Valutazione dell'impatto acustico associato a Mezzi e Macchinari di Cantiere

Durante le attività di costruzione la generazione di emissioni acustiche è imputabile al funzionamento di macchinari di varia natura, impiegati per le varie lavorazioni di cantiere e per il trasporto dei materiali. Il rumore emesso nel corso dei lavori di costruzione ha carattere di indeterminatezza e incertezza, principalmente dovute a:

- ✓ natura intermittente e temporanea dei lavori;
- ✓ uso di mezzi mobili dal percorso difficilmente definibile;
- ✓ mobilità del cantiere.

Per il cantiere è stato conservativamente ipotizzato il contemporaneo funzionamento del numero massimo di mezzi previsti in ciascuna fase di lavoro, che si stima essere presente all'esterno durante la fase più rumorosa (considerando cautelativamente anche i mezzi che lavorano sia all'esterno sia all'interno delle gallerie).

I risultati sono sintetizzati nella seguente tabella.

Tabella 6.35: Stima delle Emissioni Sonore da Mezzi di Cantiere

AREA DI LAVORO DI MONTE		
DISTANZA DAL BARICENTRO DEL CANTIERE [m]	EMISSIONE SONORA IN FASE DI CANTIERE (dBA)	NOTE
150	71.80	Nessun recettore individuato
250	67.36	Nessun recettore individuato
350	64.44	Nessun recettore individuato
450	62.26	Nessun recettore individuato
550	60.51	Nessun recettore individuato
650	59.06	Recettore A
AREA DI VALLE		

DISTANZA DAL BARICENTRO DEL CANTIERE [m]	EMISSIONE SONORA IN FASE DI CANTIERE (dBA)	NOTE
150	73.12	Nessun recettore individuato
250	68.68	Nessun recettore individuato
350	65.76	Nessun recettore individuato
450	63.58	Nessun recettore individuato
550	61.84	Nessun recettore individuato
650	60.39	Nessun recettore individuato

In merito al potenziale disturbo in corrispondenza dei ricettori individuati si evidenzia che:

- ✓ nessun ricettore è interessato da una rumorosità > 60 dBA(A);
- ✓ le aree interessate da rumorosità ritenuta significativa (> 60 dBA(A)) sono limitate e comprese entro una distanza massima di 550 m dal cantiere monte e 650 m dall'area di lavoro di valle;
- ✓ la stima dei valori di emissione sonora dei macchinari è conservativa;
- ✓ il periodo di potenziale disturbo è comunque temporaneo;
- ✓ sono previste opportune misure di riduzione dell'impatto acustico, descritte al successivo paragrafo.

Si precisa, inoltre, che i valori stimati devono ritenersi cautelativi, atteso che:

- ✓ non tengono conto dell'attenuazione dovuta all'assorbimento dell'aria e del terreno;
- ✓ non tengono conto della presenza di barriere artificiali e della riflessione su suolo o terreno;
- ✓ costituiscono l'involuppo dei valori massimi attesi.

L'impatto è quindi da ritenersi di **media entità** per il ricettore A adiacente all'area di lavoro di monte e di **bassa entità** per tutte le altre aree. Altre caratteristiche dell'impatto sono le seguenti: temporaneo, reversibile, a medio termine, a scala locale.

Misure di Mitigazione

Gli accorgimenti che si prevede di adottare per minimizzare l'impatto legato al rumore in fase di cantiere consistono in:

- ✓ posizionamento delle sorgenti di rumore in una zona defilata rispetto al ricettore, compatibilmente con le necessità di cantiere;
- ✓ mantenimento in buono stato dei macchinari potenzialmente rumorosi;
- ✓ controllo delle velocità di transito dei mezzi;
- ✓ evitare di tenere i mezzi inutilmente accesi.

6.9.3.4 Emissioni di vibrazioni durante le Attività di Cantiere

Valutazione dell'Impatto

In alcune fasi di cantiere, quali ad esempio la realizzazione del Bacino di Monte, verrà utilizzato dell'esplosivo per ottimizzare la realizzazione dello stesso.

L'avanzamento con esplosivo viene impiegato soprattutto nel caso di rocce di resistenza medio-alta ed è caratterizzato da cicli di lavoro ripetitivi (perforazione, caricamento, intasamento, brillamento, aerazione, protezione e allontanamento dello smarino). Un vantaggio di tale sistema di avanzamento consiste nel fatto che il materiale di scavo risulta migliore per la produzione di inerti per calcestruzzo, rispetto a sistemi meccanizzati.

In linea generale il calcolo previsionale delle vibrazioni, da un punto di vista teorico, è complesso in quanto occorre tener conto di numerose variabili. Non esistono, poi, modelli specifici che consentano di stimare il livello di vibrazione sugli edifici.

Per tali motivi si ritiene più opportuno evidenziare che:

- ✓ possibili ricettori dell'impatto vibrazionali sono quelli già individuati al precedente Paragrafo 6.1.3;

- ✓ tali recettori possono subire un impatto vibrazionale generalmente **trascurabile**, in considerazione della distanza dall'area del bacino di monte e della tipologia di attività prevista;
- ✓ al fine di mitigare o annullare tale impatto e procedere in condizioni di sicurezza sono previste le seguenti specifiche misure mitigative:
 - per gli scavi con esplosivo previsti nelle zone più superficiali, si procederà con l'esecuzione di volate in maniera controllata, con microcariche e microritardi tali da ridurre le vibrazioni indotte nelle vicinanze,
 - in linea generale, l'eventuale utilizzo dell'esplosivo sarà subordinato a verifiche in appositi campi prova, completamente isolati, con condizioni geomorfologiche rappresentative del territorio attraversato,
 - in relazione agli esiti di tali prove saranno definite le distanze dai recettori entro le quali non procedere all'utilizzo degli esplosivi.

(In alcune fasi di cantiere, quali ad esempio le fasi di scavo del fondo del bacino di monte, la metodologia di scavo prevede l'utilizzo di esplosivi. Tale tecnica di scavo è adottata anche nella vicina (3.5 km a sud del sito di progetto) cava di argilla di Funtana Piroi, di proprietà della SVI.MI.SA (Sviluppo Industriale Miniere Sarde) S.p.A., al fine di rimuovere la copertura dolomitica posta al tetto dei livelli argillosi da estrarre.

L'avanzamento con esplosivo viene impiegato soprattutto nel caso di rocce di resistenza medio-alta ed è caratterizzato da ripetuti cicli di lavoro (i.e., perforazione, caricamento, intasamento, brillamento, aerazione, protezione e allontanamento dello smarino), velocizzando così i tempi di scavo. Un ulteriore vantaggio di tale metodo di scavo consiste nel fatto che applicando maglie di perforazione differenti per la fase di volata è possibile ottenere uno smarino di pezzatura utile sia per la produzione di inerti per calcestruzzo sia per il materiale da abbancare per la realizzazione del rilevato del bacino di monte.

Il calcolo previsionale delle vibrazioni sarà sviluppato nelle successive fasi progettuali.

Tuttavia, considerando che durante l'attività decennale della sopra citata cava di argilla sia i fabbricati posti in prossimità (distanza minima 50 m) dell'area estrattiva, così come la diga di Nuraghe Arrubiu (ubicata a circa 1.5 km NW) non ha presentato danni causati dalle vibrazioni generate dalle perforazioni e dall'uso di esplosivo, *anche nell'area di progetto non ci si aspettano impatti causati dalle metodologie di scavo adottate.*

Per tali motivi si ritiene più opportuno evidenziare che:

- ✓ possibili recettori dell'impatto vibrazionali sono quelli già individuati al precedente Paragrafo 6.9.2;
- ✓ tali recettori possono subire un impatto vibrazionale **trascurabile**, in considerazione della distanza dall'area del bacino di monte e della tipologia di attività prevista;
- ✓ al fine di mitigare o annullare tale impatto e procedere in condizioni di sicurezza sono previste le seguenti specifiche misure mitigative:
- ✓ per gli scavi con esplosivo previsti nelle zone più superficiali, si procederà con l'esecuzione di *smooth blasting*, con microcariche e microritardi tali da ridurre le vibrazioni indotte nelle vicinanze;
- ✓ in linea generale, l'eventuale utilizzo dell'esplosivo sarà subordinato a verifiche in appositi campi prova, completamente isolati, con condizioni geomorfologiche rappresentative del territorio attraversato;
- ✓ in relazione agli esiti di tali prove saranno definite le distanze dai recettori entro le quali non procedere all'utilizzo degli esplosivi.

Misure di Mitigazione

Al fine di mitigare o annullare il potenziale impatto e procedere alla realizzazione delle attività di cantiere in condizioni di sicurezza, in fase esecutiva, si provvederà a definire in dettaglio le modalità di esecuzione delle fasi di lavoro che potrebbero determinare la generazione di vibrazioni significative.

6.10 ALTRI IMPATTI

6.10.1 Campi Elettrici, Magnetici ed Elettromagnetici

Nel caso del progetto in esame, vi potrà essere generazione di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici durante le fasi di esercizio, dovute al funzionamento dei trasformatori, delle linee elettriche a bassa e media tensione che costituiscono la sottostazione elettrica che, come già indicato, è interrata e oggetto di un SIA dedicato.

Si evidenzia ad ogni modo come campi elettrici o magnetici significativi siano solitamente limitati alle aree delle stazioni elettriche. Presso tali aree è consentito l'accesso al solo personale autorizzato ed i livelli delle radiazioni sono oggetto di monitoraggi, in linea con la normativa vigente in materia.

In considerazione di tutto quanto sopra, si evidenzia che il potenziale impatto indotto dalla nuova configurazione di esercizio può essere valutato come **trascurabile**.

6.10.2 Radiazioni Ottiche

Sia in fase di cantiere, sia in fase di esercizio, sarà predisposto un sistema di illuminazione idoneo allo svolgimento delle attività previste nel rispetto di elevati standard di sicurezza.

6.10.2.1 Stima dell'Impatto Potenziale in Fase di Cantiere

L'illuminazione del cantiere sarà realizzata in modo da:

- ✓ contenere le zone illuminate al minimo indispensabile;
- ✓ evitare l'abbagliamento;
- ✓ evitare disturbo alla circolazione stradale (non ci sono centri abitati vicino al cantiere);
- ✓ garantire il pieno rispetto dei requisiti di sicurezza per il personale operativo.

Ove possibile, saranno utilizzati corpi illuminanti ad elevata efficienza luminosa e basso consumo energetico, nel rispetto dei requisiti e delle indicazioni di legge.

Vista anche la natura temporanea e reversibile dell'impatto legato alla generazione di inquinamento luminoso in fase di cantiere per la sicurezza del personale, questo può essere ritenuto **trascurabile**.

6.10.2.2 Stima dell'Impatto Potenziale in Fase di Esercizio

Con riferimento alla fase di esercizio, si evidenzia che sarà predisposto un sistema di illuminazione di sicurezza in corrispondenza del bacino e dell'imbocco alle gallerie. Tale sistema sarà progettato in accordo agli standard di riferimento e in maniera tale da limitare al minimo l'interessamento delle aree circostanti.

In considerazione di quanto sopra esposto le variazioni di luminosità in fase di esercizio si prevede siano compatibili con l'ambiente senza generare inquinamento luminoso significativo. Pertanto, il potenziale impatto può essere ritenuto **trascurabile**.

6.11 EFFETTI CUMULATIVI CON ALTRE INIZIATIVE PRESENTI NELL'AREA

Gli impatti cumulativi sono il risultato di una serie di attività, scarichi ed emissioni che si combinano o che si sovrappongono, creando, potenzialmente, un impatto maggiore rispetto ai singoli contributi. Nel caso in esame possono derivare dall'effetto sinergico di altre attività/progetti/opere previste (autorizzate o già in fase di cantierizzazione, ma non ancora in esercizio e che pertanto non contribuiscono alla definizione dello Scenario di Base, analizzato al precedente Capitolo) nell'area di interesse che possono potenzialmente amplificare i potenziali impatti ambientali derivanti dalle attività oggetto del presente SIA.

A titolo preventivo, in linea con le indicazioni della normativa vigente in materia, nel presente Paragrafo è riportata la valutazione degli impatti cumulativi derivanti dalla potenziale interazione tra le fasi di realizzazione ed esercizio dell'opera in esame e di progetti individuati nel raggio di circa 10 km.

Per l'individuazione dei progetti con valutazione di impatto conclusasi positivamente e non ancora realizzati o in fase di realizzazione, è stato consultato il portale dedicato alle Valutazioni di Impatto Ambientale (<https://va.mite.gov.it/it-IT>) del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). L'analisi non ha individuato la presenza di progetti con compatibilità ambientale acquisita a livello nazionale nel raggio dei 10 km.

Analoga consultazione è stata effettuata per le VIA a livello Regionale³ nell'intorno di un raggio di circa 10 km, la ricerca ha evidenziato nell'area di intervento la presenza dei seguenti progetti:

³ Si evidenzia che non è stato possibile effettuare una ricerca ulteriore oltre a quella già indicata nella prima revisione dello SIA attraverso il portale della Regione Sardegna in quanto lo stesso risulta oggetto di manutenzione straordinaria dal mese di Novembre 2022 ad oggi (21 Giugno 2023): <https://portal.sardegnaasira.it/web/sardegnaambiente/ricerca-dei-progetti>

- ✓ Comune di Escalaplano: Progetto di Coltivazione Mineraria denominata “Funtana Piroi” in località “Taccu Piroi”, in agro del comune di Escalaplano provincia di ex Sud Sardegna. Per il quale il procedimento autorizzativo è la VIA Regionale, protocollata in data 8 Novembre 2019 e riguardante una “richiesta di ampliamento della concessione mineraria denominata “Funtana Piroi”;
- ✓ Comune di Sadali: S.S.198 “di Seui e Lanusei” interventi di completamento e adeguamento tratta Sadali – Villanovaluto. Per il quale il procedimento autorizzativo è la “Verifica di Assoggettabilità a VIA”, protocollata in data 17 novembre 2021 e riguardante “interventi di completamento ed adeguamento della viabilità esistente”.

Per ciò che riguarda i progetti aventi la compatibilità ambientale, sulla base della stima degli impatti riportati nel SIA e considerando la tipologia di impianto in progetto, si evidenzia quanto segue:

- ✓ Progetto di Coltivazione Mineraria denominata “Funtana Piroi”: La distanza minima rispetto al progetto dell'impianto di accumulo idroelettrico in esame è pari a circa 3.4 km.
 - In fase di cantiere, potenziali impatti cumulativi potranno essere associati essenzialmente alle emissioni sonore, alle emissioni in atmosfera ed alle interazioni legate al traffico mezzi. Si tratta, ad ogni modo, di impatti contenuti: le due aree di progetto distano oltre 3 km e le ricadute di inquinanti e le emissioni sonore sono generalmente limitate alle vicinanze dell'area di cantiere. Con riferimento ai traffici, potrà verificarsi un lieve incremento, limitato, ad ogni modo, ad alcune fasi di cantiere (la maggior parte dei traffici per il progetto dell'impianto di accumulo idroelettrico, sarà limitata all'area di cantiere);
 - In fase di esercizio potrà verificarsi un impatto sul paesaggio legato alla presenza del Bacino di Monte ed all'ampliamento dell'area di cava, comunque molto limitato (il progetto prevede un incremento delle superfici di suolo asportato e/o degradato, dai 30.71 ha attuali ai futuri 33 ha) e relativo ad un'area già compromessa (adiacente alla cava esistente). Per le motivazioni sopra indicate, eventuali impatti cumulativi con il progetto in esame, sono ritenuti **trascurabili**.
- ✓ Interventi di completamento e adeguamento tratta Sadali – Villanovaluto. La distanza minima rispetto al progetto dell'impianto di accumulo idroelettrico in esame è pari a 7.8 km;
 - In fase di cantiere: Viste le distanze in gioco, non si ritiene che eventuali impatti legati ad emissioni in atmosfera o emissioni sonore, possano cumularsi con progetto in esame. Anche con riferimento ai traffici indotti o interferenze sulla viabilità, non si ritiene che il progetto in esame possa avere interferenze cumulative con il progetto della SS198 (tutte le terre sono riutilizzate in sito ed i traffici di cantiere esterni al sito sono limitati).
 - In fase di esercizio, essendo la viabilità esistente, la nuova occupazione di suolo sarà limitata e non sono attesi impatti paesaggistici significativi.

Per le motivazioni sopra indicate, eventuali impatti cumulativi con il progetto in esame, sono ritenuti trascurabili.

Si evidenzia inoltre, che il progetto in esame, come già indicato al Paragrafo 2.3 “Motivazioni e Finalità dell’Opera”, costituirà una risorsa strategica per il sistema elettrico del territorio, proprio in virtù della capacità di gestire e integrare efficacemente ed efficientemente la produzione elettrica proveniente dalle fonti rinnovabili.

In merito alle eventuali impatti cumulativi delle opere di connessione alla RTN in progetto, con nuovi progetti FER autorizzati e in cantierizzazione, si segnala la presenza di vari progetti in istruttoria presso il MASE (dato aggiornato al 30/05/2023) nessuno dei quali però ha ottenuto la compatibilità ambientale poiché l’iter è ancora in corso.

Si evidenzia che non è stato possibile effettuare una ricerca attraverso il portale della Regione Sardegna in quanto lo stesso risulta oggetto di manutenzione straordinaria dal mese di Novembre 2022 ad oggi (30 Maggio 2023).

L’analisi degli impatti cumulativi non ha tenuto conto di tutti i progetti in istruttoria tecnica in quanto si ritiene che non rappresentino un dato efficace al fine di restituire la visione oggettiva dell’impatto cumulato. Per l’analisi completa degli impatti cumulativi si rimanda all’elaborato G929_PAE_R_001_Rel_paesaggistica_1-1_REV00-paragrafo 8.1.2 Approfondimento - Impatto visivo cumulato con altri progetti.

7 PROPOSTA DI PIANO DI MONITORAGGIO

In Appendice C al presente documento è riportata la Proposta di Piano di Monitoraggio Ambientale, al quale si rimanda per i dettagli.

La proposta di Piano di Monitoraggio Ambientale (di seguito PMA) illustra i contenuti, i criteri, le metodologie, l'organizzazione e le risorse che saranno impiegate per attuare il Monitoraggio Ambientale (MA) del progetto dell'impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio in esame.

Il (PMA), in applicazione dell'art. 28 del D. Lgs 152/2006 e s.m.i., rappresenta l'insieme di azioni che consentono di verificare i potenziali impatti ambientali significativi e negativi derivanti dalla realizzazione e dall'esercizio del progetto.

Il PMA proposto è stato effettuato secondo quanto indicato nelle recenti Linee Guida redatte dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale (SNPA, 2020), nelle quali si rimanda al principale documento guida a cura del ex Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ora Ministero della Transizione Ecologica (MiTE), rappresentato dalle indicazioni operative contenute nelle “Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs.152/2006 e s.m.i.; D.Lgs.163/2006 e s.m.i.)” con la collaborazione dell'ISPRA e del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo.

Nell'ambito del PMA sono state definite:

- ✓ le aree di indagine all'interno delle quali programmare le attività di monitoraggio durante le diverse fasi del progetto (CO – corso d'opera: fase di cantiere, PO – post operam: fase di esercizio);
- ✓ i parametri analitici descrittori dello stato quali-quantitativo della componente (fattore ambientale/agente fisico) attraverso i quali controllare l'evoluzione nello spazio e nel tempo;
- ✓ le caratteristiche/tipologia del monitoraggio;
- ✓ le modalità di comunicazione dei risultati delle attività svolte nell'ambito del PMA mediante trasmissione della documentazione alle Autorità Competenti preposte.

Al fine di incentrare il controllo sui fattori ed i parametri maggiormente significativi, la cui misura consenta di valutare il reale impatto delle opere in progetto sull'ambiente, e data la natura degli interventi di progetto, la proposta di PMA risulta incentrata sull'analisi delle seguenti componenti (fattori ambientali ed agenti fisici):

- ✓ Atmosfera;
- ✓ Rumore;
- ✓ Ambiente Idrico;
- ✓ Biodiversità.

8 VALUTAZIONE E GESTIONE DEI RISCHI ASSOCIATI A EVENTI INCIDENTALI, ATTIVITÀ DI PROGETTO E CALAMITÀ NATURALI

8.1 GESTIONE DEI RISCHI ASSOCIATI A EVENTI INCIDENTALI E ATTIVITÀ DI PROGETTO

8.1.1 Rischi Associati a Gravi Eventi Incidentali

L'impianto di accumulo idroelettrico non è soggetto alle prescrizioni del D. Lgs 105/2015, né direttamente, in quanto stabilimento in cui non saranno presenti sostanze pericolose in quantità uguali o superiori a quelle indicate nell'allegato I dello stesso decreto (si veda a tal proposito l'inventario nazionale degli stabilimenti a rischio di incidente rilevante aggiornato semestralmente), né indirettamente, in quanto non ricade in un'area interessata da stabilimenti a rischio di incidente rilevante.

Si evidenzia inoltre che nell'impianto saranno presenti tutti i sistemi di sicurezza per la prevenzione di ogni evento incidentale.

8.1.2 Rischi Associati ad Attività di Progetto

Per quanto riguarda i rischi associati all'esercizio del progetto si evidenzia che i possibili malfunzionamenti potranno essere dovuti essenzialmente ad avarie di componenti o sistemi d'impianto. A tal proposito si evidenzia che i componenti principali d'impianto saranno protetti da dispositivi di sicurezza e da circuiti di protezione contro l'insorgere di condizioni operative non ammissibili anche in conseguenza di avarie.

In quest'ottica le condizioni operative degli impianti principali, dei componenti critici, dei sistemi e dei componenti ausiliari saranno continuamente monitorate e ogni insorgere di condizioni potenzialmente dannose sarà segnalato con anticipo sufficiente a consentire la messa in sicurezza dell'impianto da parte del personale operativo.

Di seguito sono elencati i principali criteri di monitoraggio sugli eventi critici per componenti fondamentali, che possano provocare l'intervento di segnalazioni di allarme ed eventualmente di arresto per l'impianto:

- ✓ Bacino di Monte:
 - installazione di riflettori ed utilizzo di interferometria satellitare,
 - assestimetri sul coronamento e su due banchine a valle su due sezioni della diga,
 - misure delle perdite dal manto, per ogni tubo di drenaggio del cunicolo e per le tubazioni che provengono dalle sezioni non dotate di cunicolo,
 - misure dei drenaggi dei tappeti drenanti della diga, delle sponde e del fondo del bacino,
 - stazione meteo con pluviometro,
 - registrazione dei livelli di invaso,
 - stato dell'apertura/chiusura dello scarico di fondo,
 - attivazione scarico di fondo e sistema di segnalazione a valle;
- ✓ Invaso Flumendosa:
 - livello dell'acqua,
- ✓ Turbine e pompe:
 - vibrazioni della macchina,
 - sovra-velocità,
 - temperatura dei cuscinetti,
 - pressione olio di lubrificazione,
 - temperatura olio di lubrificazione,
 - temperature parti attive del Motore/Generatore,
 - perdita di sincronismo dei gruppi;
- ✓ Ausiliari di Centrale:

- pompe di aggotamento,
- sistemi di ventilazione;
- ✓ Trasformatori:
 - temperatura olio,
 - temperatura avvolgimenti,
 - percentuale gas disciolti nell'olio,
 - sovrappressioni olio,
 - protezioni elettriche montanti trasformatore;
- ✓ Generali:
 - rottura tubazioni,
 - incendio ed esplosioni.

I dati rilevati saranno disponibili localmente, e trasmessi in una centrale operativa di controllo in remoto, per l'esame da parte dell'ingegnere responsabile e per la elaborazione dei bollettini mensili e delle sintesi semestrali.

Si ipotizza che la casa di guardia attualmente asservita alla diga Nuraghe Arrubiu potrà sorvegliare anche il bacino di monte attraverso telecamere a circuito chiuso. Nelle future fasi di progettazione sarà da verificare questa possibilità; in caso ciò non fosse possibile, si dovrà prevedere in prossimità del bacino di monte una nuova casa di guardia.

Per il corretto funzionamento dell'impianto sarà necessario che numerosi fluidi circolino nei sistemi d'impianto o vengano stoccati in appositi serbatoi/recipienti. Per i fluidi o le sostanze il cui rilascio possa provocare danni all'ambiente, saranno adottati idonei provvedimenti al fine di cercare di evitarne il rilascio o di ridurlo il più possibile. L'olio lubrificante sarà impiegato in notevoli quantità nell'impianto per la lubrificazione delle turbine e dei generatori elettrici e per evitarne il rilascio saranno adottate le seguenti misure:

- ✓ bacini di contenimento di capacità adeguata ad evitare che una rottura del serbatoio provochi fuoriuscite di olio;
- ✓ tutte le zone in cui possano verificarsi perdite di olio da sistemi di processo, quali pompe, valvole, tubazioni insistono su un pavimento impermeabile dotato di un sistema di drenaggio a pavimento.

L'impianto di accumulo idroelettrico in progetto sarà dotato di sistemi e dispositivi antincendio (portatili, idranti ed estintori) per lo spegnimento automatico mediante acqua e gas inerti.

In fase di esercizio sarà predisposto un Piano di Emergenza, comprendente anche le emergenze ambientali, con lo scopo di fornire uno strumento operativo per classificare le situazioni di possibile emergenza e per fronteggiarle qualora si dovessero verificare. Annualmente verranno effettuate, in occasione della formazione specifica, le prove di simulazione sulle risposte alle emergenze.

Si evidenzia infine che l'impianto è progettato in accordo alle vigenti normative di settore e quindi considerando quanto sopra riportato il potenziale rischio legato ad eventi accidentali del progetto può essere valutato come trascurabile/basso.

8.2 RISCHI ASSOCIATI ALLE CALAMITÀ NATURALI

Con riferimento all'inquadramento vincolistico-territoriale ed ambientale effettuato nei precedenti paragrafi, il progetto in esame è potenzialmente soggetto a rischi legati alle seguenti calamità naturali e tra loro connesse:

- ✓ rischio sismico;
- ✓ rischio frana.

8.2.1 Rischio Sismico

Come già riportato al precedente Paragrafo 3.7.7, si ricorda che:

- ✓ tutti i comuni della Sardegna sono classificati in Zona 4 (rischio sismico molto basso), e non viene introdotto per detti Comuni l'obbligo della progettazione antisismica;
- ✓ il comune di Esterzili rientra quindi nella classe a minor rischio sismico (Zona 4 - rischio sismico molto basso);
- ✓ nell'area di progetto è possibile osservare la presenza di valori di accelerazione della classe 0.025-0.050 g.

A tal proposito si evidenzia che durante la progettazione del nuovo impianto sono state comunque effettuate verifiche strutturali in relazione alla sismicità. Per maggiori particolari si rimanda alla seguente documentazione allegata al progetto:

- ✓ “Relazione sulla Sismica dei Manufatti in Sotterraneo” (Doc. No. 1351-A-GD-R-02-1);
- ✓ “Verifiche di stabilità del rilevato del serbatoio di monte” (Doc. No. 1351-J-FN-R-01-1).

Inoltre, si noti in ogni caso che la progettazione dell'impianto ha incluso criteri e misure tali da evitare conseguenze anche in caso dell'occorrenza di terremoti presso il sito di progetto.

8.2.2 Rischio Frana

Come illustrato al Precedente Paragrafo 3.2.3 la Pianificazione di Bacino ha individuato nell'area diverse aree a rischio frana. Come evidenziato in Figura allegata 3.2c l'opera di presa, l'area di lavoro di valle interesseranno aree classificate a pericolosità di frana “HG2” (pericolosità media) e “HG3” (pericolosità elevata) in conseguenza delle forti pendenze dei versanti del Lago. Come evidenziato in Figura il resto del territorio è tutto classificato come zone a rischio moderato. Le opere in progetto e l'area di cantiere non interesseranno invece aree a rischio Molto Elevato.

Il progetto è stato oggetto di uno Studio Geologico (Doc. No. 1351-A-OP-R-01-1), come richiesto dalla normativa, che ha riportato la caratterizzazione geologica del territorio in esame partendo da dati di letteratura, da alcuni sondaggi e indagini geognostiche e geofisiche effettuate (si veda il precedente Paragrafo 5.5).

In base agli esiti di tutti gli approfondimenti è stato possibile ricostruire il modello geologico dell'area di studio:

- ✓ dal punto di vista geomorfologico nell'area è presente una morfologia complessa risultante dai processi tettonici (tracce di faglie dirette e terrazzamenti) in cui il basamento metamorfico può essere considerato come un'unica unità omogenea; il tratto morfologico dominante, cioè l'altopiano interrotto dall'incisione fluviale, si spinge da quota intorno ai 650 m s.l.m. fino a quote di fondovalle di 150 m s.l.m.;
- ✓ dal punto di vista geologico-strutturale, l'area si colloca nel basamento paleozoico e fa parte dell'Unità tettonica di Meana Sardo che metamorfismo di basso grado ed appartiene alla cosiddetta “Zona a Falde” della catena varisica.

Le successioni affioranti nell'area di studio interessate dalle opere in progetto, procedendo dal bacino di monte verso quello di valle, sono:

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

Per quanto riguarda le aree a rischio geomorfologico presenti in relazione anche alle forti pendenze del versante si evidenzia che la progettazione sia delle opere che del cantiere terrà conto di queste aree per assicurare la piena stabilità e sicurezza. A tal proposito si segnala che il progetto è corredato anche da dedicata Relazione Geotecnica che inquadra a livello geotecnico la progettazione necessaria.

REFERENZE

- Piano stralcio di settore del Piano di Bacino, *Piano di Tutela Acque, Relazione Generale*;
- Piano stralcio di settore del Piano di Bacino, *Piano di Tutela Acque, Monografie, 15 Flumendosa*;
- Piano stralcio di settore del Piano di Bacino, *Piano di Tutela Acque, Relazione di Sintesi*;
- Piano stralcio di settore del Piano di Bacino, *Piano di Tutela Acque, Tav.9 Vulnerabilità Nitrati*;
- Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI), *Norme di Attuazione*;
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F), *Atlante Cartografico delle Fasce Fluviali*;
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F), *Atlante Cartografico delle aree inondabili a valle delle Dighe*;
- Piano Gestione Acque, *Secondo Ciclo di Pianificazione, Relazione Generale*;
- Piano Gestione Acque, *Secondo Ciclo di Pianificazione, Cartografia, Allegati 2*;
- Piano Gestione Acque, *Secondo Ciclo di Pianificazione, Cartografia, Allegati 6*;
- Piano Zonizzazione Acustica, *Comune di Esterzili, Norme tecniche di attuazione*
- Bollettino Ufficiale della Regione Autonoma della Sardegna (BURAS), *Comune di Esterzili, Proposta di variante al PAI – Approvazione, Elaborati Cartografici*;
- Piano Regionale Qualità dell'Aria e Ambiente, *Regione Sardegna*
- Piano Paesaggistico Regionale, *Regione Sardegna, Norme tecniche di attuazione*
- Piano Urbanistico Provinciale di Nuoro, *Provincia di Nuoro, Norme tecniche di attuazione*
- Piano Energetico Ambientale Regionale, Regione Sardegna, Relazione*
- Piano Urbanistico Comunale, *Comune di Esterzili, Norme Tecniche di Attuazione*
- Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2020
- Proposta di Piano Faunistico Venatorio Regionale, *Regione Sardegna, Valutazione Ambientale Strategica*
- Piano Energetico ed Ambientale della Regione Sardegna 2015-2030, *Proposta Tecnica*.
- Studio preliminare di inserimento paesaggistico, LAND, 1351-A-LA-A-01-0
- Annuario dei Dati Ambientali della Regione Sardegna, ARPA Sardegna
- Analisi agrometeorologica e climatologica della Sardegna. *Analisi delle condizioni meteorologiche e conseguenze sul territorio regionale nel periodo ottobre 2018 - settembre 2019*, ARPA Sardegna
- Relazione Annuale sulla Qualità dell'Aria in Sardegna 2020, ARPA Sardegna
- Studio Frosio, Impianto di Nuraghe Arrubiu, *Relazioni*.

SITI WEB CONSULTATI

- Piano di Tutela Acque:
<https://www.regione.sardegna.it/index.php?xsl=510&s=149030&v=2&c=8376&t=1&tb=8374&st=13;>
- Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI):
<http://www.regione.sardegna.it/index.php?xsl=510&s=149037&v=2&c=8376&t=1&tb=8374&st=13&slu=1&tb=8374&st=13;>
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.):
<http://www.regione.sardegna.it/index.php?xsl=509&s=1&v=9&c=9021&tb=8374&st=13&vs=2&na=1&ni=1&tb=8374&st=13;>
- Piano Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA):

<http://www.regione.sardegna.it/pianogestionerischioalluvioni/> ; [Delibera del Comitato Istituzionale n.14 del 21/12/2021 - Autorità di Bacino \(regione.sardegna.it\)](#)

Sardegna Cedoc:
<http://cedocanalisi.sardegnaambiente.it/sardegna/webapp/index.php> ;

Autorità di Bacino:
<http://www.regione.sardegna.it/autoritadibacino/> ;

Piano Zonizzazione Acustica
<http://egov.halleysardegna.com/esterzili/zf/index.php/trasparenza/index/index/categoria/397>

Piano Paesaggistico Regionale
<https://www.sardegna territorio.it/j/v/1123?s=6&v=9&c=7423&na=1&n=10>

Piano Faunistico Venatorio Regionale
http://www.sardegnaambiente.it/documenti/18_183_20160830151655.pdf

Piano Energetico Ambientale Regionale
[P.E.A.R.S - SardegnaEnergia \(regione.sardegna.it\)](#) **Error! Hyperlink reference not valid.**

Piano Urbanistico Comunale di Esterzili
<http://egov.halleysardegna.com/esterzili/zf/index.php/trasparenza/index/index/categoria/393>

Sardegna Corpo Forestale, Vincolo aree percorse da incendio:
<https://www.sardegnaambiente.it/index.php?xsl=612&s=88121&v=2&c=5186&idsito=19>

Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna (SAR):
<http://www.sar.sardegna.it/pubblicazioni/notetecniche/nota2/index.asp>;

Regione Sardegna, Sardegna Geoportale:
<http://webgis2.regione.sardegna.it/download/>

Regione Sardegna – Geoportale Mappe tematiche:
<http://www.sardegna geoportale.it/webgis2/sardegna mappe/?map=mappetematiche>;

Regione Sardegna – Geoportale Aree tutelate:
http://www.sardegna geoportale.it/webgis2/sardegna mappe/?map=aree_tutelate: Geoportale della Regione Sardegna;

Regione Sardegna, Geoportale Rete Natura 2000
<https://portal.sardegna sira.it/web/sardegna ambiente/rete-natura-2000-dati-ambientali>

Carta dell'Uso del Suolo. Strato informativo disponibile sul Geoportale della Regione Sardegna.
www.sardegna geoportale.it.

Demo Istat, Popolazione Residente 2022
<https://demo.istat.it/popres/index.php?anno=2022&lingua=ita>

Anas, Traffico Giornaliero Medio Annuo
<https://www.stradeanas.it/sites/default/files/pdf/Anas%20Dati%20TGMA%202020.pdf>

MIPAAF, Elenco Prodotti DOP e IGP
<https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/2090>

Arpas, Caratterizzazione meteorologica
<https://www.sardegnaambiente.it/index.php?xsl=611&s=21&v=9&c=14971&na=1&n=10>

Arpas, Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2020
https://portal.sardegna sira.it/documents/21213/200223/Relazione_Qualita_Aria_2020-1.pdf/763f6ebb-3406-42fb-96f0-e99cc891f311

Sito web Nuranet:
<http://nurnet.crs4.it/nurnetgeo/>

Enas Sardegna
<http://www.enas.sardegna.it/il-sistema-idrico-multisetoriale/laghi-artificiali/nuraghe-arrubiu.html>

Regione Sardegna, sito web Opendata Sardegna <http://dati.regione.sardegna.it/dataset/opf-oasi-permanenti-di-protezione-faunistica-e-di-cattura-istituite-della-sardegna>.