COMMITTENTE:

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

DIREZIONE LAVORI:

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

APPALTATORE:

manelli COSTRUZIONI GENERALI

PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

PINI SMART ENGINEERING

MANDANTI:

STRATER INGEGNERIA

PROGETTO ESECUTIVO

VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BAULADU

PIANO AMBIENTALE DELLA CANTIERIZZAZIONE (PAC)

INTERVENTI DI MITIGAZIONE IN FASE DI CANTIERE – PARTE A

Aspetti ambientali cantierizzazione – Relazione generale parte A

DIRETTORE TECNICO	DIRETTORE della PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Ing. Massimo Galea	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. Andrea Polli **Ordine Ingg. Roma N°19540**	Ing. Andrea Polli Ordine Ingg. Roma N°19540

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA
RR15	0A	E	ZZ	RG	CA0000	002	G	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
D	Emissione a seguito RDV	L. Di Vittorio	20/02/2024	P. Ricci	20/02/2024	D. Monti	20/02/2024	A.Polli
E	Emissione a seguito RDV	L. Di Vittorio	04/03/2024	P. Ricci	04/03/2024	D. Monti	04/03/2024	
F	Emissione a seguito RDV	L. Di Vittorio	22/03/2024	P. Ricci	22/03/2024	D. Monti	22/03/2024	
G	Emissione a seguito RDV	L. Di Vittorio	28/03/2024	P. Ricci	28/03/2024	D. Monti	28/03/2024	22/03/2024

File: RR150AEZZRGCA0000002G	n. Elab.: 30_9

INDICE

1. PREMESSA 7

1.1 STRUTTURA DEL PROGETTO AMBIENTALE DELLA CANTIERIZZAZIONE 10
1.2 SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE 11
1.2.1 Approccio analitico 12
1.2.2 Identificazione degli aspetti ambientali 12
1.2.3 Criteri di valutazione degli aspetti ambientali 14
1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 16
1.4 OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI 18
1.5 OTTEMPERANZA CONDIZIONE AMBIENTALE 4 – ASPETTI GESTIONALI/CAPITOLATI DEI LAVORI 21

2. INQUADRAMENTO GENERALE 24

2.1 DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO 24
2.2 DESCRIZIONE DELLA PARTE A DEL PROGETTO 26
2.3 DESCRIZIONE DELLE OPERE PRINCIPALI – PARTE A E PARTE B 29
2.3.1 Rilevati e trincee 29
2.3.2 Gallerie 30
2.3.3 Viadotti 35
2.4 MODALITÀ DI SCAVO 39
2.5 ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA DI CANTIERIZZAZIONE 40
2.6 CONSEGUENZE SULLA CANTIERIZZAZIONE PER L'ADATTAMENTO DELLA GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO 42
2.7 CRITERI DI PROGETTAZIONE DEI CANTIERI 47
2.8 PREPARAZIONE DELLE AREE 49
2.9 VIABILITÀ E FLUSSI DI TRAFFICO 49
2.9.1 Viabilità di accesso alle aree di cantiere 50
2.9.2 Viabilità e flussi di traffico 51
2.9.3 Modalità di stima dei flussi di traffico 52
2.9.4 Macchinari utilizzati durante i lavori 53
2.10 POTENZIALI RICETTORI 56
2.11 APPROVVIGIONAMENTO E GESTIONE MATERIALI 56
2.11.1 Bilancio dei materiali da costruzione 56
2.11.2 Approvvigionamento del calcestruzzo 58
2.11.3 Modalità di trasporto e stoccaggio dei materiali 58
2.11.4 Approvvigionamento energetico 58
2.11.5 Schede delle aree di cantiere 59

3. GENERALITÀ 75

3.1 VINCOLI ESECUTIVI E CRITICITÀ 75
3.1.1 Interferenze con l'esercizio ferroviario 75

3.1.2 Interferenze con la viabilità esistente 75
3.1.3 Interferenze con altri appalti 75
3.1.4 Interferenze con altri appalti 76

4. PROGRAMMAZIONE, PIANIFICAZIONE TERRITORIALE, SISTEMA DEI VINCOLI E DELLE AREE PROTETTE, BENI STORICI E ARCHITETTONICI 77

4.1 PIANIFICAZIONE URBANISTICA 77
4.2 SISTEMA DEI VINCOLI 79
4.2.1 Vincolo di tutela paesistico-ambientale 80
4.2.2 Vincolo idrogeologico 84
4.3 AREE NATURALI PROTETTE 86
4.4 VALUTAZIONE 87
4.4.1 Impatto legislativo 87
4.4.2 Interazione opera ambiente 88
4.4.3 Percezione delle parti interessate 88
4.4.4 Mitigazioni ambientali 88

5. RISORSE ANTROPICHE E PAESAGGIO 89

5.1 PAESAGGIO E VISUALITA' 89
5.1.1 Inquadramento territoriale 89
5.1.2 Valutazione 97
5.1.3 Impatto legislativo 99
5.1.4 Interazione opera-ambiente 99
5.1.5 Percezione degli stakeholder 101
5.1.6 Mitigazioni ambientali 101
5.2 ARCHEOLOGIA 103

6. RISORSE NATURALI 105

6.1 ACQUE 105
6.1.1 Normativa di riferimento 105
6.1.2 Inquadramento idrologico di area vasta 108
6.1.3 Inquadramento idrologico di dettaglio 109
6.1.4 Inquadramento idrogeologico di area vasta 111
6.1.5 Inquadramento idrogeologico di dettaglio 113
6.1.6 Stato qualitativo 119
6.1.7 Descrizione degli impatti potenziali 123
6.1.8 VALUTAZIONE 130
6.1.9 Impatto legislativo 130
6.1.10 Interazione opera - ambiente 130
6.1.11 Percezione delle parti interessate 131
6.1.12 MITIGAZIONI AMBIENTALI 131
6.2 SUOLO E SOTTOSUOLO 136
6.2.1 Normativa di riferimento 136

6.2.2 Inquadramento geologico e stratigrafico 138
6.2.3 Assetto litostratigrafico 139
6.2.4 Inquadramento Geomorfologico 144
6.2.5 Sismicità dell'area 149
6.2.6 Siti contaminati e potenzialmente contaminati nei pressi delle aree di intervento 153
6.2.7 Uso del suolo 161
6.2.8 Valutazione 164
6.2.9 Impatto legislativo 164
6.2.10 Interazione opera – ambiente 164
6.2.11 Percezione delle parti interessate 165
6.2.12 Mitigazioni ambientali 165

6.3 VEGETAZIONE, FLORA, FAUNA ED ECOSISTEMI 167
6.3.1 Normativa di riferimento 167
6.3.2 Vegetazione e flora 167
6.3.3 Fauna 173
6.3.4 Valutazione 174
6.3.5 Impatto legislativo 174
6.3.6 Interazione opera-ambiente 174
6.3.7 Mitigazioni ambientali 175

7. EMISSIONE E PRODUZIONE 177

7.1 ATMOSFERA 177
7.1.1 Normativa di riferimento 178
7.1.2 Caratterizzazione meteoclimatica a scala regionale 180
7.1.3 Stato qualità dell'atmosfera 182
7.1.4 Zonizzazione 183
7.1.5 Meteorologia e caratteristiche diffusive dell'atmosfera nell'area d'intervento 187
7.1.6 Rete di monitoraggio della qualità dell'aria 189
7.1.7 Analisi sviluppate 194
7.1.8 Modellistica 196
7.1.9 Approccio metodologico CALPUFF Model System 198
7.1.10 Approccio allo studio dell'impatto di cantiere 199
7.1.11 Stima dei fattori di emissione 209
7.1.12 Risultati 214
7.1.13 Valutazione 215
7.1.14 Interazione opera-ambiente 215
7.1.15 Percezione delle parti interessate 217
7.1.16 Mitigazioni ambientali e procedure operative 217

7.2 RUMORE 223
7.2.1 Riferimenti normativi 224
7.2.2 Classificazione acustica del territorio 224
7.2.3 Definizione dei ricettori acustici 227
7.2.4 Monitoraggio fonometrico 228

7.2.5 Descrizione degli impatti potenziali 232
Caratteristiche fisiche del rumore 232
Cenni sulla propagazione 234
Influenza dell'orografia sulla propagazione sonora 235
7.2.6 Metodologia per la valutazione dell'impatto acustico mediante il modello di simulazione SoundPLAN 235
7.2.7 Risultati delle simulazioni acustiche 247
7.2.8 Valutazione 258
7.2.9 Impatto legislativo 258
7.2.10 Interazione opera – ambiente 258
7.2.11 Percezione delle parti interessate 258
7.2.12 Mitigazioni ambientali 258
7.3 VIBRAZIONI 261
7.3.1 Descrizione 261
7.3.2 Inquadramento normativo 262
7.3.3 Riferimenti bibliografici 265
7.3.4 Definizione del disturbo vibrazionale 266
7.3.5 Metodologia per la valutazione dei livelli vibrazionali indotti dal cantiere e dai mezzi di trasporto 266
7.3.6 Modello di calcolo 269
7.3.7 Fase di cantiere 273
7.3.8 Valutazione 298
7.3.9 Impatto legislativo 298
7.3.10 Interazione opera - ambiente 299
7.3.11 Percezione delle parti interessate 299
7.3.12 Mitigazioni ambientali 299
7.4 RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE NEI CANTIERI 300
7.4.1 Acque meteoriche 300
7.4.2 Acque nere 300
7.4.3 Acque industriali 300
8 RISULTATI 301
8.1 BILANCIO DEI MATERIALI DI SCAVO E DI RISULTA IN FASE DI REALIZZAZIONE 301
8.1.1 Bilancio materiali da scavo prodotti in fase di costruzione 301
8.1.2 Tipologie e gestione materiali di risulta prodotti in fase di costruzione 302
8.1.3 Modalità di gestione e deposito temporaneo dei materiali di risulta prodotti 302
8.1.4 Valutazione 302
8.1.5 Impatto legislativo 302
8.1.6 Interazione opera – ambiente 303
8.1.7 Percezione delle parti interessate 303
8.2 SOSTANZE PERICOLOSE 303
8.2.1 Valutazione 303
8.2.2 Impatto legislativo 303

8.2.3 Interazione opera-ambiente 304
8.2.4 Percezione delle parti interessate 304
8.2.5 Mitigazioni ambientali 304
8.3 MATERIE PRIME 304
8.3.1 Materiali impiegati per la costruzione dell'opera 304
8.3.2 Valutazione 305
8.3.3 Impatto legislativo 305
8.3.4 Interazione opera – ambiente 305
8.3.5 Percezione delle parti interessate 306
8.3.6 MITIGAZIONI AMBIENTALI 306
9 ASPETTI AMBIENTALI DI PROCESSO 307

1. PREMESSA

Il presente documento ha per oggetto l'individuazione degli aspetti ambientali significativi, la definizione delle misure di mitigazione e delle procedure operative per contenere gli impatti ambientali relativi al Progetto Esecutivo della Linea "San Gavino – Sassari – Olbia. Variante di Bauladu".

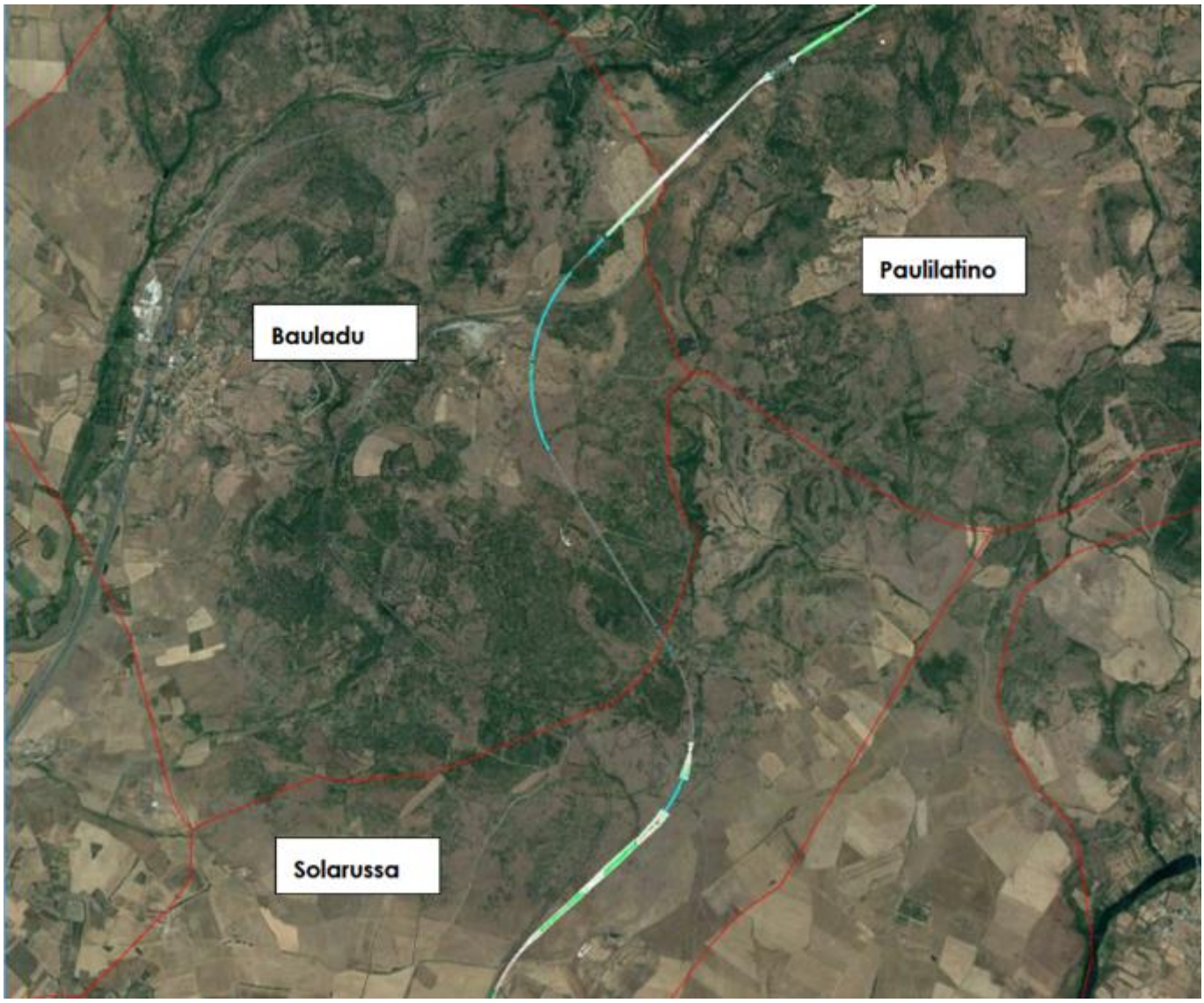


Figura 1 - Stralcio planimetrico (ortofoto). Tratto oggetto d'intervento

Nel 2002 il CIPE ha chiesto lo studio di fattibilità di n.7 investimenti per il rilancio del Sud, tra questi la velocizzazione della rete sarda.

Figura 2 - Rete ferroviaria principale Regione Sardegna

Nel 2004 lo stesso CIPE ha approvato n. 7 studi di fattibilità effettuati ai sensi della delibera n.85\2002, impegnando RFI a sviluppare le relative progettazioni preliminari.

I medesimi studi di fattibilità, relativi alle varianti di tracciato ritenute fondamentali (Bauladu, Abbasanta, Macomér-Campeda, Bonorva-Torralba, Ardara-Ploaghe, Campomela - Sassari, Monti-Olbia) per velocizzare i tempi di percorrenza della linea Oristano-Sassari-Olbia, sono richiamati nel Piano Regionale dei Trasporti (PRT), approvato dalla Giunta Regionale con deliberazione della n. 66/23 del 27.11.2008.

Più in generale, nel PRT sono previsti interventi per l'ammodernamento e la velocizzazione della tratta Oristano-Sassari-Olbia con l'obiettivo dichiarato di pervenire all'accorciamento dei tempi di percorrenza delle relazioni sud-nord della Regione.

Il PRT rappresenta 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 la programmazione ed organizzazione unitaria del sistema dei trasporti della Regione.

Nel 2006 Italferr, su richiesta di RFI, ha sviluppato una progettazione preliminare di n.8 varianti per la velocizzazione della linea nei seguenti tratti:

Tratta Oristano-Chilivani

- Variante di Bauladu (sviluppo totale km 7,219)
- Variante di Abbasanta (sviluppo totale km 4,802)

- Variante di Macomer I (sviluppo totale km 13,544)
- Variante di Macomer II (sviluppo totale km 5,914)

Tratta Bonorva-Chilivani-Torralba

- Variante di Bonorva - Torralba (sviluppo totale km 5,564)
- Variante di Ardara - Ploaghe (sviluppo totale km 6,178)
- Variante di Campomela - Sassari (sviluppo totale km 12,432)

Tratta Chilivani-Olbia

- Variante di Monti – Olbia (sviluppo totale km 22,014)

In considerazione del notevole costo degli interventi, a seguito di un processo di ottimizzazione tecnico-economica, sono state selezionate le sottostanti cinque varianti con riduzione dell'itinerario Cagliari-Sassari di circa 15 km e riduzione del tempo di percorrenza di circa 18'.

n. progr.	variante	lunghezza	tratti in galleria	Δs
		km	km	km
1	Bauladu	7,20	3,80	-1,80
2-3	Macomer I e II	19,50	9,80	-2,70
4	Bonorva-Torralba	5,60	3,00	-4,60
5	Campomela-Sassari	12,40	7,50	-5,90
Totali		44,70	24,10	-15,00

Recentemente RFI ha avviato una serie di interventi tecnologici ed infrastrutturali in regione Sardegna per la velocizzazione e l'ammodernamento dell'intera rete, con l'obiettivo di poter garantire un servizio migliore per l'orario di servizio 2018/2019. I principali interventi infrastrutturali già in corso sono:

- Velocizzazione del tracciato
- Velocizzazione degli itinerari in deviata negli impianti sede di incrocio sul semplice binario

I principali interventi tecnologici già in corso sono:

- Sostituzione dell'attuale SSC con il sistema SCMT sull'intera rete regionale
- Attivazione del Rango P
- Upgrading tecnologico della tratta a doppio binario Cagliari – San Gavino (sistema di distanziamento e di gestione della circolazione).

In questo contesto si inserisce il progetto delle due varianti di tracciato:

- Tratta Oristano-Chilivani

Variante di Bauladu (sviluppo totale km 7+219)

- Tratta Bonorva-Chilivani-Torralba

Variante di Bonorva – Terralba (sviluppo totale km 5+564)

Come ulteriore intervento necessario per velocizzare i collegamenti diretti da Cagliari verso Sassari e Olbia.

Figura 3 - Interventi tecnologico-infrastrutturali per la velocizzazione e ammodernamento della rete ferroviaria in Sardegna

1.1 STRUTTURA DEL PROGETTO AMBIENTALE DELLA CANTIERIZZAZIONE

Il presente elaborato denominato “Relazione Generale” si compone delle seguenti parti:

- **Parte 1**, la presente, con un inquadramento generale dell’opera e del sistema di cantierizzazione;
- **Parte 2**, contenente l’identificazione, la descrizione e la valutazione di significatività delle problematiche ambientali dirette ed indirette che si possono generare in fase di costruzione delle opere, nonché l’illustrazione degli interventi di mitigazione e delle procedure operative per il contenimento degli impatti.

Sono inoltre presenti i successivi allegati, a completamento della relazione:

- Allegato 1 – Mappe diffusionali;
- Allegato 2 – Grid risultati;
- Allegato 3 – Schede di cantiere;
- Allegato 4 – Schede macchine;
- Allegato 5 – Indagini Progetto Definitivo: Ubicazione dei punti di indagine;
- Allegato 6 – Indagini Progetto Definitivo: Rappresentazione Fotografica;

- Allegato 7 – Indagini Progetto Definitivo: Rapproti di prova dei terreni/materiali di riporto.

1.2 SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE

Per le opere in progetto rientra tra gli oneri dell'Appaltatore l'implementazione di un Sistema di Gestione Ambientale delle attività di cantiere esteso a tutti i siti in cui si svolgono attività produttive, dirette ed indirette, di realizzazione, di approvvigionamento e di smaltimento, strutturato secondo i requisiti della norma UNI EN ISO 14001 (o Regolamento CE 1221/2009).

Il Sistema di Gestione Ambientale prevede in particolare la redazione di un documento di Analisi Ambientale Iniziale, contenente l'analisi dei dati qualitativi e quantitativi dell'impianto di cantiere, dei siti e delle attività di cantiere, allo scopo di stabilire le correlazioni tra attività, aspetti ambientali ed impatti.

Tale analisi dovrà esplicitare il processo:

Opera/Parte d'Opera → Lavorazioni → Strumenti ed Attrezzature utilizzati – Materiali impiegati →Aspetti Ambientali → Impatti → Mitigazioni/Prescrizioni/Adempimenti legislativi.

Il già menzionato documento costituisce quindi un approfondimento del presente, redatto direttamente dall'Appaltatore. Relativamente al controllo operativo dei cantieri il Sistema di Gestione Ambientale prevede la messa a punto di apposite procedure per:

- caratterizzazione e gestione dei rifiuti e dei materiali di risulta
- contenimento delle emissioni di polveri e sostanze chimiche nell'atmosfera
- contenimento delle emissioni acustiche
- gestione delle sostanze pericolose
- gestione scarichi idrici
- protezione del suolo da contaminazioni e bonifica dei siti contaminati
- gestione dei flussi dei mezzi di cantiere sulla rete stradale pubblica
- individuazione e risposta a potenziali incidenti e situazioni di emergenza per prevenire ed attenuare
- l'impatto ambientale che ne può conseguire.

Tali procedure dovranno essere redatte recependo tutte le indicazioni contenute nel presente elaborato, eventuali prescrizioni degli enti competenti in materia di tutela ambientale nonché le eventuali sopraggiunte normative.

Un ulteriore elemento che è qui utile richiamare del Sistema di Gestione Ambientale è il Piano di Controllo e di Misurazione Ambientale: si tratta del documento che pianifica i controlli ambientali da effettuarsi nel corso delle attività di cantiere, dirette ed indirette, di realizzazione, di approvvigionamento e di smaltimento.

Tale piano implementerà le attività di controllo previste nel presente Progetto Ambientale della Cantierizzazione e da eventuali altre prescrizioni contrattuali.

1.2.1 Approccio analitico

La metodologia generale applicata all'interno del presente documento per l'analisi degli aspetti ambientali di progetto (AAPG) e per lo svolgimento del processo di valutazione fa riferimento agli indirizzi dettati dal sistema di gestione ambientale adottato da Italferr S.p.A. in applicazione alla norma UNI-EN ISO 14001:2015.

Gli Aspetti Ambientali di Progetto, identificati secondo le modalità riportate nei paragrafi seguenti, vengono descritti al fine di fornire informazioni relative alle caratteristiche e specificità che essi assumono nel progetto analizzato.

Nella descrizione, che avviene in termini qualitativi e, ove possibile, quantitativi, sono inserite tutte le informazioni necessarie ai fini della successiva identificazione degli Aspetti Ambientali di Processo ed in particolare:

- Adempimenti legislativi;
- Descrizione dello stato iniziale - ante operam – dell'aspetto ambientale in termini di consistenza, stato di conservazione, tendenza evolutiva, ecc.
- Analisi delle possibili interferenze allo stato iniziale dell'aspetto ambientale ipotizzabili per effetto della costruzione e dell'esercizio dell'opera (corso d'opera – post operam).

1.2.2 Identificazione degli aspetti ambientali

Il Sistema di Gestione Ambientale adottato da Italferr S.p.A. ai sensi della norma UNI-EN ISO 14001:2015 ha identificato, relativamente al processo di progettazione, 17 aspetti ambientali (Aspetti Ambientali Iniziali) comuni a tutti i livelli di progettazione.

Gli Aspetti Ambientali in questione sono:

- Programmazione e pianificazione territoriale.
- Sistema dei vincoli e delle aree protette.
- Beni storici e architettonici.
- Paesaggio e visualità.
- Archeologia.
- Acque.
- Suolo e sottosuolo.
- Vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi.
- Emissioni in atmosfera.
- Rumore.
- Vibrazioni.
- Rifiuti e materiale di risulta.

- Sostanze pericolose.
- Materie prime.
- Emissioni ionizzanti e non ionizzanti.
- Consumi energetici.
- Ambiente sociale.

Tenendo conto degli aspetti ambientali sopra riportati, nella parte B del presente elaborato sarà effettuata una disamina di quelle tematiche ambientali che, in base a considerazioni sulle caratteristiche

del territorio, sulla tipologia dell'opera e delle attività da svolgere ed in funzione del sistema di cantierizzazione previsto, sono considerate di rilievo per la fase di cantiere degli interventi previsti dal presente progetto.

Il metodo utilizzato per l'identificazione degli Aspetti Ambientali di Progetto si basa, quindi, sulla correlazione fra gli elementi tipologici di un'opera (tipologie di opera prevalenti) e gli aspetti ambientali tipologici, individuati in base alla scomposizione della "matrice ambiente", riportata nella Tabella 1 "Matrice Correlazione Tipologia Opera – Aspetto Ambientale Processo Progettazione Opera".

Sempre nella stessa tabella, sono state evidenziate le tipologie di opera relative al Progetto a cui si riferisce il presente studio in modo da individuare gli AA interessati.

ASPETTI AMBIENTALI	Programmazione e pianificazione territoriale	Sistema dei vincoli e delle aree protette	Beni storici e architettonici	Paesaggio e visualità	Archeologia	Acque	Suolo e sottosuolo	Vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi	Emissioni in atmosfera	Rumore	Vibrazioni	Rifiuti e materiali di risulta	Sostanze pericolose	Materie prime	Emissioni ionizzanti e non ionizzanti	Consumi energetici	Ambiente sociale
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Rilevati	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X
Trincee	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X
Gallerie naturali			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X
Gallerie artificiali / Imbocchi	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X
Viadotti	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X
Viabilità /sottovia in interferenza	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X
Stazioni / Fermate / Fabbricati tecnologici	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		X			
SSE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X		
Armamento					X				X	X	X	X	X	X			
Trazione Elettrica		X		X	X							X		X	X		
Siti deposito / approvvigionamento	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X			X
Sistema di cantierizzazione (aree di cantiere, aree di stoccaggio, viabilità)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X

Tabella 1 - Identificazione AAPG: matrice di correlazione tipologia di opera - aspetto ambientale

1.2.3 Criteri di valutazione degli aspetti ambientali

Per l'identificazione degli AAPC, consistenti in quegli AAPG precedentemente selezionati per i quali andrà mantenuto un alto livello di attenzione anche nella successiva fase progettuale, vengono utilizzati i seguenti criteri di valutazione:

- Impatto legislativo;
- Interazione Opera – Ambiente;
- Percezione degli Stakeholder (parti interessate).

Di seguito si riporta la descrizione di tali criteri:

Impatto legislativo

L'esistenza di adempimenti normativi che regolamentano lo specifico aspetto ambientale, determinando l'individuazione di soglie o limiti di riferimento ovvero l'obbligo di specifiche procedure autorizzative rende l'AAPG in questione un AAPC.

Interazione opera – ambiente

Con tale criterio vengono analizzate le modifiche che l'AAPG può subire in relazione alle fasi di costruzione e/o di esercizio dell'opera. La valutazione viene condotta tenendo presenti tre criteri differenti: la quantità, la severità e la sensibilità.

Quantità dell'aspetto: viene valutato un eventuale impatto attraverso l'analisi delle sue caratteristiche di livello fondamentali (es. volumi, concentrazioni, ecc.). Ove necessario vengono utilizzati i risultati di simulazioni previsionali;

Severità dell'aspetto: viene valutato il perdurare nel tempo di un eventuale impatto, la sua reversibilità e criticità (es. pericolosità di una sostanza);

Sensibilità dell'ambiente ricettore: viene considerata la presenza o meno di ricettori nell'intorno dell'area di interesse, intesi questi sia come ricettori legati alla presenza umana (residenze, scuole, ospedali, etc.), sia come elementi naturali sensibili (corsi d'acqua, pozzi e sorgenti idriche, aree protette, elementi vegetali di pregio, specie animali sensibili, etc.).

Ove, dall'applicazione di tali criteri valutativi, emergesse una modifica non trascurabile dell'AAPG in questione, esso si configurerebbe come un AAPC rispetto all'opera in progetto.

Percezione degli Stakeholder

La maggior parte dei progetti ferroviari desta solitamente attenzione da parte dei soggetti pubblici o privati coinvolti, indipendentemente dal reale impatto ambientale generato sullo specifico aspetto ambientale.

La valutazione di significatività è resa in base all'esperienza aziendale o a seguito di indagini appositamente condotte. La valutazione viene condotta tenendo presenti i seguenti criteri:

- presenza di osservazioni del pubblico sullo specifico aspetto ambientale durante le fasi approvative di progetti analoghi;
- richieste di integrazioni o approfondimenti da parte degli enti competenti sullo specifico aspetto ambientale durante le fasi approvative di progetti analoghi.

Un AAPG è pertanto da considerarsi un AAPC per l'opera in progetto quando si ritiene che lo stesso sia percepito come problematico da parte di soggetti pubblici o privati. Ogni AAPG deve quindi essere valutato per tutti e tre i criteri sopra descritti, e viene considerato un AAPC anche se risulta tale per un solo criterio.

Come anticipato sopra, in riferimento alle specifiche tipologie di lavorazioni previste, ai fini dell'analisi e della valutazione degli impatti ambientali in fase di realizzazione dell'opera, nel presente progetto definitivo è stata ritenuta non pertinente la trattazione dei seguenti aspetti:

- Sostanze pericolose,
- Emissioni ionizzanti e non ionizzanti,

- Consumi energetici,
- Ambiente sociale.

Con particolare riferimento alla componente “ambiente sociale”, in relazione al contesto territoriale in cui l’opera si inserisce è stato comunque previsto il monitoraggio ambientale nelle fasi ante operam, corso d’opera, post operam; per i dettagli specifici di quest’ultimo si rimanda agli elaborati specialistici di riferimento.

1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il Progetto Ambientale della Cantierizzazione è stato redatto in conformità alle principali normative nazionali applicabili alle finalità del presente studio, sulla base di quanto riportato nel documento redatto da Italferr in data 20/10/2010 “Quadro Normativo per la progettazione ambientale e archeologica delle infrastrutture ferroviarie” e revisionato in data 19/03/2015, che raccoglie le principali norme ambientali applicabili alle attività di progettazione, monitoraggio ambientale, realizzazione e collaudo delle opere infrastrutturali.

Ad integrazione del suddetto documento, si riporta comunque di seguito l’elenco delle ultime disposizioni normative sopraggiunte negli ultimi anni ed attinenti alle tematiche oggetto del presente documento.

- **Legge del 11 novembre 2014, n. 164** “Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 12 settembre 2014, n. 133 (c.d. Decreto Sblocca Italia) - “Misure urgenti per l’apertura dei cantieri, la realizzazione delle opere pubbliche, la digitalizzazione del Paese, la semplificazione burocratica, l’emergenza del dissesto idrogeologico e per la ripresa delle attività produttive”;
- **Legge del 11 agosto 2014, n. 116** “Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 24 giugno 2014, n. 91, recante disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l'efficientamento energetico dell'edilizia scolastica e universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento dei costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché' per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea”;
- **Decreto del Ministero dell'Ambiente del 3 giugno 2014, n. 120** “Competenze e funzionamento dell'Albo Gestori Ambientali”;
- **Decreto Legge 31 maggio 2014, n. 83 (c.d. Decreto Cultura)** recante “Disposizioni urgenti per la tutela del patrimonio culturale, lo sviluppo della cultura e il rilancio del turismo”;
- **Legge 30 ottobre 2013, n. 125** “Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 101/2013 – Nuova disciplina di operatività del Sistri - Imprese di interesse strategico nazionale”;
- **Legge 9 agosto 2013, n. 98** “Conversione, con modificazioni, del Decreto Legge 21 giugno 2013, n. 69. Disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia”;

- **Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare** prot. 0000096 del 20 marzo 2013 "Definizione termini iniziali di operatività del sistema di controllo della tracciabilità deirifiuti (SISTRI)";
- **Decreto 14 febbraio 2013, n. 22** “Regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto di determinate tipologie di combustibili solidi secondari (CSS), ai sensi dell’articolo 184 - ter, comma 2, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni”;
- **Decreto Ministeriale 10 agosto 2012, n. 161** “Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo”;
- **Legge 4 aprile 2012, n. 35** recante “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 9 febbraio 2012, n. 5, recante disposizioni urgenti in materia di semplificazione e di sviluppo” (cd. “Semplificazioni”);
- **Legge 24 marzo 2012, n. 28** “Conversione, con modificazioni, del D.L. 25 gennaio 2012, n. 2, recante Misure straordinarie e urgenti in materia di ambiente”;
- **D.L. 25 gennaio 2012, n. 2** “Misure straordinarie e urgenti in materia ambientale”;
- **D.L. 24 gennaio 2012, n. 1** “Disposizioni urgenti per la concorrenza, lo sviluppo delle infrastrutture e la competitività”;
- **Legge 22 dicembre 2011, n. 214** “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 6 dicembre 2011, n. 201, recante disposizioni urgenti per la crescita, l'equità e il consolidamento dei conti pubblici (cd. "Salva Italia");
- **Legge 14 settembre 2011 n. 148** “Ulteriori misure urgenti per la stabilizzazione finanziaria e per lo sviluppo”;
- **Decreto Legislativo n. 121 del 07 luglio 2011** “Attuazione della direttiva 2008/99/CE sulla tutela penale dell'ambiente, nonché della direttiva 2009/123/CE che modifica la direttiva 2005/35/CE relativa all'inquinamento provocato dalle navi e all'introduzione di sanzioni per violazioni”;
- **Decreti Ministeriali 14 marzo 2011** - Quarto elenco aggiornato dei siti di importanza comunitaria per la regione biogeografica alpina/mediterranea/continentale in Italia ai sensi della direttiva 92/43/CEE;
- **DM 18 febbraio 2011 n. 52** “Regolamento recante istituzione del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti”;
- **Decreto Ministeriale 22 dicembre 2010** "Modifiche ed integrazioni al decreto 17 dicembre 2009, recante l'istituzione del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti";
- **Decreto Legislativo 10 dicembre 2010, n.219** “Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva

abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque";

- **Decreto legislativo 3 dicembre 2010, n. 205** "Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/Ce del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive";
- **Decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207** "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE";
- **Decreto Ministeriale 27 settembre 2010** "Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005";
- **Decreto Legislativo 155/2010 e smi:** recepisce ed attua la Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, ed abroga integralmente il D.M. 60/2002 che definiva per gli inquinanti normati (biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, le polveri, il piombo, il benzene ed il monossido di carbonio) i valori limite ed i margini di tolleranza;
- **Decreto Legislativo 29 giugno 2010, n.128** "Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, a norma dell'articolo 12 della legge 18 giugno 2009, n. 69";
- **Legge 106/2010** "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 13 maggio 2011, n. 70 Semestre Europeo - Prime disposizioni urgenti per l'economia".

1.4 OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI

Relativamente al Progetto di "Velocizzazione Linea San Gavino – Sassari – Olbia. Variante Bauladu", con Parere n.3383 del 8 maggiop 2020, la Commissione Tecnica di Verifica per l'Impatto Ambientale – VIA e VAS ha espresso **parere favorevole** circa la compatibilità ambientale subordinato all'ottemperanza delle condizioni ambientali riportate di seguito relative alla cantierizzazione:

Condizione Ambientale 4	
Macrofase	*Ante operam*
Fase	Fase di progettazione esecutiva
Ambito di applicazione	**Aspetti gestionali/capitolati dei lavori**
Oggetto della prescrizione	Dovrà essere redatto un piano dettagliato relativo alla cantierizzazione degli interventi di realizzazione e di dismissione delle opere. Il Progetto Esecutivo

	dell'opera dovrà essere corredato da specifica dichiarazione che, negli opportuni capitolati di appalto, illustri tutte le azioni e le misure di mitigazione indicate nel SIA e nelle integrazioni di cui gli oneri sono a carico dell'appaltatore. In fase di costruzione dell'opera (realizzazione e dismissione delle linee), si prescrive che: • i mezzi di cantiere riducano la velocità di trasporto; • vengano pulite periodicamente le viabilità di accesso ai cantieri; • vengano utilizzati mezzi telonati; • venga prestata la massima attenzione all'eventuale interferenza dell'opera con le falde per evitare eventuali fenomeni di mescolamento e di sifonamento; • vengano adottate tutte le soluzioni e gli accorgimenti necessari durante le attività di scavo al fine di evitare l'insorgere del rischio di diffusione delle sostanze inquinanti dovute ai fluidi di perforazione, e che l'eventuale utilizzo di fanghi di perforazione non riduca la permeabilità complessiva delle formazioni litologiche interessate; • vengano utilizzati idonei dispositivi al fine di evitare la dispersione nel terreno di residui derivanti dalle lavorazaioni e vengano evitati depositi provvisori di materiali in corrispondenza delle aree ripariali e di pertinenza dei corsi d'acqua, fossi o scoline; • i materiali di risulta derivanti dalla dismissione vengano avviati ad impianti di trattamento autorizzati.
Termine avvio Verifica Ottemperanza	Progettazione esecutiva
Ente vigilante	MATTM
Enti coinvolti	ARPAS – Fase di cantiere

Condizione Ambientale 6	
Macrofase	*Ante operam*
Fase	Fase di progettazione esecutiva
Ambito di applicazione	**Rumore**
Oggetto della prescrizione	Si prescrive di presentare un progetto che contenga: • una tabella con i livelli di emissione/immissione sonori stimati in corrispondenza dei ricettori interessati dalle attività dei cantieri stessi, con l'indicazione della classe acustica di appartenenza in cui ricadono detti ricettori;

	• le simulazioni e le caratterizzazioni acustiche per tutti i cantieri; • una valutazione del criterio differenziale in corrispondenza dei ricettori interessati dalla fase di cantiere (è necessaria una valutazione preliminare del rispetto dei valori limite differenziali di immissione in prossimità dei ricettori ritenuti più influenzati dalle attività di cantiere al fine di individuare le situazioni più critiche); • una sitma dei livelli di immissione assoluti e di emissione acustici dei cantieri ai ricettori, valutandoli su tutto il tempo TR diurno e non solamente nell'arco delle 8 ore in cui si svolgono le lavorazioni, caratterizzando anche il clima acustico delle restanti 8 ore;
Termine avvio Verifica Ottemperanza	Progettazione esecutiva
Ente vigilante	MATTM
Enti coinvolti	--

In merito alla Condizione Ambientale 4, l'ottemperenza alla prescrizione è indicata in vari punti del presente elaborato progettuale. In particolare, il progetto ambientale di cantierizzazione contiene l'identificazione, la descrizione, la valutazione di significatività delle problematiche ambienteali dirette ed indirette che possono scaturire in fase di cantierizzazione, nonché l'illustrazione degli interventi di mitigazione e delle procedure operative per il contenimento degli impatti.

La prescrizione della Condizione Ambientale 4 ha permesso di ottimizzare le scelte legate alla cantierizzazione e alla scelta delle mitigazioni ambientali rispetto alle componenti:

- atmosfera (velocità mezzi in cantiere, pulizia piste e viabilità di accesso ai cantieri);
- acque sotterranne (procedure operative per limitare l'interferenza con la falda);
- suolo (procedure operative per le attività di scavo);
- gestione materiali di risulta (individuazione quantitativi, flussi e impianti di trattamento autorizzati).

Per la Condizione Ambientale 6, l'ottemperanza viene trattata nel presente documento in particolare al par. 7.2, al quale si rimanda per maggior dettaglio. Per ottemperare alla Cond. Ambientale 6, in sede di progettazione esecutiva la valutazione degli impatti da rumore per la fase di lavorazione tiene conto degli approfondimenti progettuali e delle specifiche ottimizzazione tecniche del progetto esecutivo, del sistema di cantierizzazione ad esse connesso e delle prescrizioni ricevute in sede di approvazione del Progetto.

Secondo quanto richiesto dalla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale – VIA e VAS – parere n. 3383 del 8 maggio 2020: Condizione Ambientale 6 – il progetto contiene e tratta i seguenti aspetti:

- una tabella con i livelli di emissione/immissione sonori stimati in corrispondenza dei ricettori interessati dalle attività dei cantieri stessi, con l'indicazione della classe acustica di appartenenza in cui ricadono detti ricettori;
- le simulazioni e le caratterizzazioni acustiche per tutti i cantieri;
- una valutazione del criterio differenziale in corrispondenza dei ricettori interessati dalla fase di cantiere (è necessaria una valutazione preliminare del rispetto dei valori limite differenziali di immissione in prossimità dei ricettori ritenuti più influenzati dalle attività di cantiere al fine di
- individuare le situazioni più critiche);
- una stima dei livelli di immissione assoluti e di emissione acustici dei cantieri ai ricettori, valutandoli su tutto il tempo TR diurno e non solamente nell'arco delle 8 ore in cui si svolgono le lavorazioni, caratterizzando anche il clima acustico delle restanti 8 ore;

1.5 OTTEMPERANZA CONDIZIONE AMBIENTALE 4 – ASPETTI GESTIONALI/CAPITOLATI DEI LAVORI

Con l'obiettivo di avviare la realizzazione dell'intervento nel suo complesso, la Committenza ha richiesto la predisposizione della documentazione progettuale necessaria per l'avvio in anticipo rispetto alla procedura di gara delle opere contrattualmente in Parte A, comprendendo anche gli annessi piazzali dei fabbricati tecnologici. Gli elaborati di cantierizzazione di Parte A hanno oggetto la descrizione del sistema di cantierizzazione previsto per la realizzazione delle opere anticipate della viaiblità NV02, comprendendo anche gli annessi piazzali e fabbricati tecnologici, per ciò che riguarda la Variante di Bauladu. Si fornisce la descrizione del sistema di cantierizzazione previsto per la realizzazione delle opere anticipate di parte A comprendenti le WBS indicate nell'Allegato 07 – Schema di contratto:

<u>Imbocco Sud (lato Oristano)</u>

Quelle di Parte A di cui all'Articolo 24:

- NV02: viabilità di accesso area di sicurezza imbocco Sud Galleria Bauladu km 2+234,76;
- IN04: tombino stradale;
- RI56: area di sicurezza imbocco Sud Galleria Bauladu km 2+234,76 (AT01.b) su NV02;
- RI51: area di sicurezza imbocco Sud Galleria Bauladu km 2+234,76 (AT01.a);
- TR02: trincea Galleria Bauladu – Imbocco Oristano;
- GA01: Galleria Bauladu – imbocco Oristano.

<u>Imbocco Nord (lato Bonorva)</u>

Quelle di Parte A di cui all'Articolo 24:

- NV06A.A: viabilità accesso Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco Nord – Da km 0+145 a km 0+665;

- IN08, IN09: tombini ferroviari scatolari;
- IN07: tombino stradale;
- RI52: Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco Nord km 6+040 (AT.05);
- TR03A.A: trincea 3 Galleria Bauladu imbocco Bonorva – da km 6+040.00 a km 6+110.00;
- GA05: Galleria Bauladu – imbocco Bonorva.

Per ogni singola componente ambientale potenzialmente impattata dalle lavorazioni di Parte A, a seguito di valutazione, sono previste opere di mitigazione laddove l'impatto determini degli effetti negativi permanenti.

Oltre agli eventuali interventi di mitigazione, durante la fase di realizzazione delle opere verranno applicate misure a carattere generale e procedure operative che consentono una riduzione degli impatti in fase di cantiere, oltre ad una "buona prassi di cantiere". In particolare, verranno adottate misure che riguardano l'organizzazione del lavoro e del cantiere, verrà curata la scelta delle macchine e delle attrezzature e verranno previste opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature.

Per ulteriori dettagli circa gli impatti di cantiere e le relative procedure mitigative adottate si rimanda direttamente ai capitoli 6 e 7 del presente documento.

PARTE 1

2. INQUADRAMENTO GENERALE

L'area oggetto di intervento si colloca nella parte centro-occidentale della Regione Autonoma Sardegna, interessando i comuni di Bauladu, di Paulilatino e di Solarussa, afferenti alla provincia di Oristano (OR), costituendo di fatto una variante alla linea storica "San Gavino – Sassari – Olbia".

Figura 4 - Ubicazione dell'intervento variante Bauladu

In tabella si elencano i comuni interessati dalla variante in progetto, con la descrizione della tipologia di intervento:

Regione	Provincia	Comune	Lotto	Tipologia
Sardegna	Oristano	Solarussa	1	all'aperto e in galleria
		Bauladu	1	all'aperto e in galleria
		Paulilatino	1	all'aperto

Tabella 2 – Comuni interessati dalla Variante di Bauladu

2.1 DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

Obiettivo del progetto è il miglioramento delle prestazioni del collegamento ferroviario mediante la riduzione dello sviluppo del tratto di ferroviario tra Paulilatino e Solarussa (attualmente 19,5 Km), l'eliminazione di tratti con pendenza massima del 25 ‰ e la soppressione di n. 4 PL. Il progetto di variante non prevede il ripristino della fermata di Bauladu Milis.

Il tracciato della variante ferroviaria di Bauladu è stato sviluppato in coerenza con quello riportato nell'adeguamento del Progetto Preliminare datato ottobre 2017, da cui si differenzia unicamente per la pendenza longitudinale in corrispondenza degli FFP (Fire Fighting Point = Punti Antincendio) che è stata portata da un massimo del 12 ‰ al 16 ‰ (pendenza massima adottata in linea).

La variante si sviluppa completamente in territorio non antropizzato, per uno sviluppo complessivo di 8506 m. L'inizio dell'intervento (previsto alla p.k. 107+558) è localizzato immediatamente a ridosso del PL al Km 107+885 posto sulla curva di R=1000 m, su un tratto in rettifilo di circa 150 m, dove la linea esistente ha pendenza longitudinale pari a 23 ‰. I tratti all'aperto sono localizzati essenzialmente ad inizio e fine

variante e attraversano zone con presenze archeologiche oggetto sia di vincoli diretti che indiretti, di cui si è tenuto conto per l'inserimento del tracciato sul territorio in occasione dell'adeguamento del PP2006 sviluppato ad ottobre 2017. Il tratto centrale è costituito dalla Galleria Bauladu di 3805.24 m, che rappresenta circa il 40 % della variante. Fino alla progressiva 0+200 circa l'asse di progetto mantiene le quote del pf attuale determinando di fatto il mantenimento della sede esistente (livelletta 22.94 ‰). Da qui, dopo un tratto al 3.8 ‰, inizia la livelletta costante al 15.92 ‰ fino alla progressiva 7+334. Dalla progressiva 0+375 fino alla progressiva 1+703 la nuova sede è in rilevato a cui segue il Viadotto VI 01 costituito da 10 campate, per uno sviluppo complessivo di circa 248 m. Dal Km 2+234.76 inizia la Galleria Bauladu che si sviluppa per 3805 m a pendenza costante 15.92‰ con coperture massime di circa 64 m. Dalla progressiva 2+054.76 alla progressiva 2+234.76 è localizzato l'FFP01 che si sviluppa sostanzialmente in rilevato e presenta una sezione trasversale con marciapiede di larghezza 2 m per una lunghezza di 180 m.

L'FFP02 è invece ubicato nei pressi dell'imbocco Nord della galleria GN01, dalla progressiva 6+040 alla progressiva 6+220 (L=180 m). In corrispondenza degli FFP sono ubicate le Aree di Sicurezza con relativa viabilità di accesso. In uscita dalla galleria il tracciato prosegue in trincea fino alla progressiva 7+250, per poi proseguire in rilevato fino al Viadotto VI02, che si sviluppa dalla prog.7+636 alla progressiva 7+813. Alla progressiva 7+334 è localizzato il vertice altimetrico che segna il passaggio dalla pendenza del 15.92 ‰ al 8.44 ‰. In corrispondenza della progressiva 7+411, il rilevato di progetto interseca la linea esistente. Al fine di minimizzare i tempi di realizzazione che impongono la chiusura della linea, il pf di progetto coincide con quello della linea storica (pf= 172.7 m). Dalla progressiva 7+850 il tracciato procede in trincea con pendenza 17.55 ‰ (pendenza LS) innestandosi sulla linea storica dove il tracciamento termina alla progressiva 8+506 (117+491 LS).

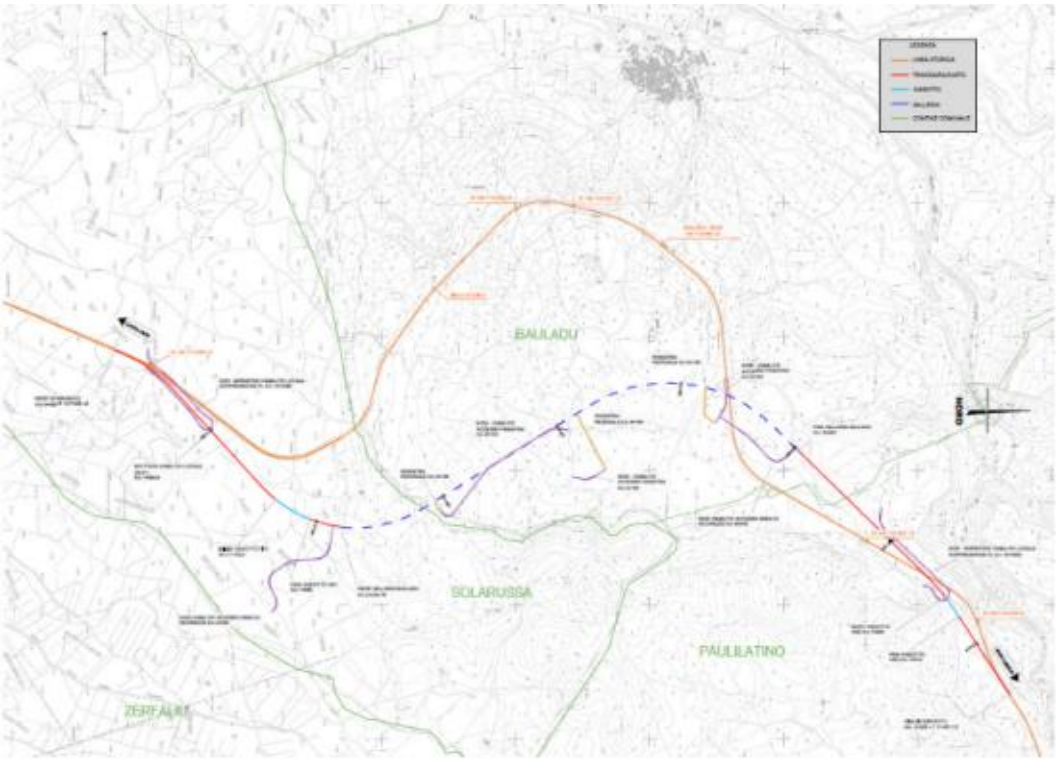


Figura 5 - Planimetria di progetto

Complessivamente il tracciato in variante si sviluppa per 8506 m, di cui 3805 m in galleria e 424.6 m in viadotto (VI01+VI02). Lungo la galleria GN01 sono dislocate n. 3 finestre pedonali: GA02 al KM 3+194, GA03 al Km 4+194, GA04 al Km 5+194, servite da un piazzale di 200 mq e una viabilità di accesso dedicata.

Diversamente dall'adeguamento del PP del 2017, il piazzale in corrispondenza dell'imbocco Nord della Galleria Bauladu è stato spostato in destra in modo da dislocare le Aree di Sicurezza e le finestre pedonali su un unico lato; ciò ha consentito di individuare il percorso sicuro sul marciapiede ubicato in destra rispetto alla galleria e non sono stati necessari attraversamenti a raso. La revisione della posizione del piazzale al Km 6+040 ha richiesto la modifica della relativa viabilità di accesso (NV06) che è stata tracciata cercando di ottimizzare quelle di progetto (la NV06 si innesta sulla NV05 – viabilità accesso finestra Km 5+194) e minimizzare l'interferenza con aree con valenza ambientale.

2.2 DESCRIZIONE DELLA PARTE A DEL PROGETTO

Si riporta di seguito una sintetica descrizione dell'intervento inerente la parte A, rimandando per ogni maggiore dettaglio alla Relazione Generale di progetto e agli specifici elaborati di progetto.

Tale progetto esecutivo rientra nell'ambito della Velocizzazione della Linea San Gavino-Sassari-Olbia e, in particolare, riguarda l'anticipo di alcune opere della variante di tracciato denominata Variante di Bauladu, la quale si sviluppa per una lunghezza pari a circa 8,5 km.

La variante comprende principalmente:

- nuova linea all'aperto a singolo binario (in rilevato o trincea) pari a circa 4.280 m;
- due viadotti di complessivi 420 m;
- una galleria naturale di sviluppo pari a circa 3.800 m;
- due viabilità di ripristino strada locale per soppressione PL (km 107.885 LS e 115.853LS);
- viabilità di accesso alle aree di sicurezza e finestre d'accesso ai chilometri (Km 3+194; km 4+197 km 6+040).

L'intervento comprende oltre alle opere civili, le opere di armamento e segnalamento ed i fabbricati tecnologici (dei piazzali di imbocco e finestre) ed il relativo allestimento.

Al fine di avviare la realizzazione dell'intervento nel suo complesso, la Committenza ha richiesto la predisposizione della documentazione progettuale necessaria per l'avvio anticipato della fase esecutiva rispetto alle tempistiche riportate nella procedura di gara, delle opere della cosiddetta Parte A, comprendendo in essa anche gli annessi piazzali e fabbricati tecnologici.

Nel presente paragrafo si fornisce la descrizione del sistema di cantierizzazione previsto per la realizzazione delle opere anticipate parte A, comprendenti le WBS indicate nell'Allegato 07 Schema di contratto:

Imbocco Sud (lato Oristano):

Quelle di Parte A di cui all'Articolo 24:

- NV02 - Viabilità di accesso area di sicurezza imbocco Sud Galleria Bauladu km 2+234,76

- IN04 - Tombino stradale
- RI56 - Area di sicurezza Imbocco Sud Galleria Bauladu km 2+234,76 (AT01.b) su NV02
- RI51 - Area di sicurezza Imbocco Sud Galleria Bauladu km 2+234,76 (AT01.a)
- TR02 trincea Galleria Bauladu - imbocco Oristano
- GA01 (GI01) Galleria Bauladu - imbocco Oristano

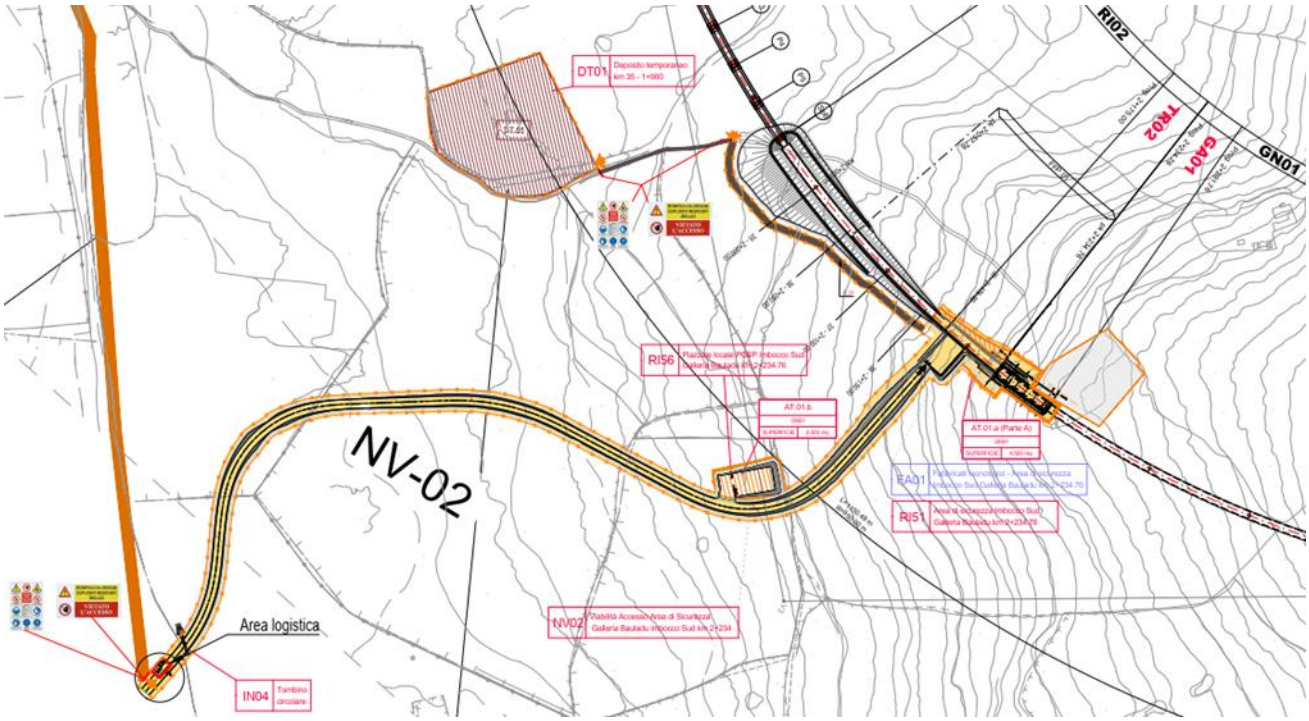


Figura 6 - Planimetria di progetto opere Imbocco Sud (lato Oristano)

Imbocco Nord (lato Bonorva):

- NV06AA - Viabilità accesso Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco Nord – da km 0+145 a km 0+665
- IN08, IN09 Tombini ferroviari scatolari
- IN07 Tombino stradale
- RI52 - Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco nord km 6+040 (AT.05)
- TR03AA - Trincea 3 Galleria Bauladu - imbocco Bonorva - da km 6+040.00 a km 6+110.00
- GA05 (GI05) Galleria Bauladu - imbocco Bonorva

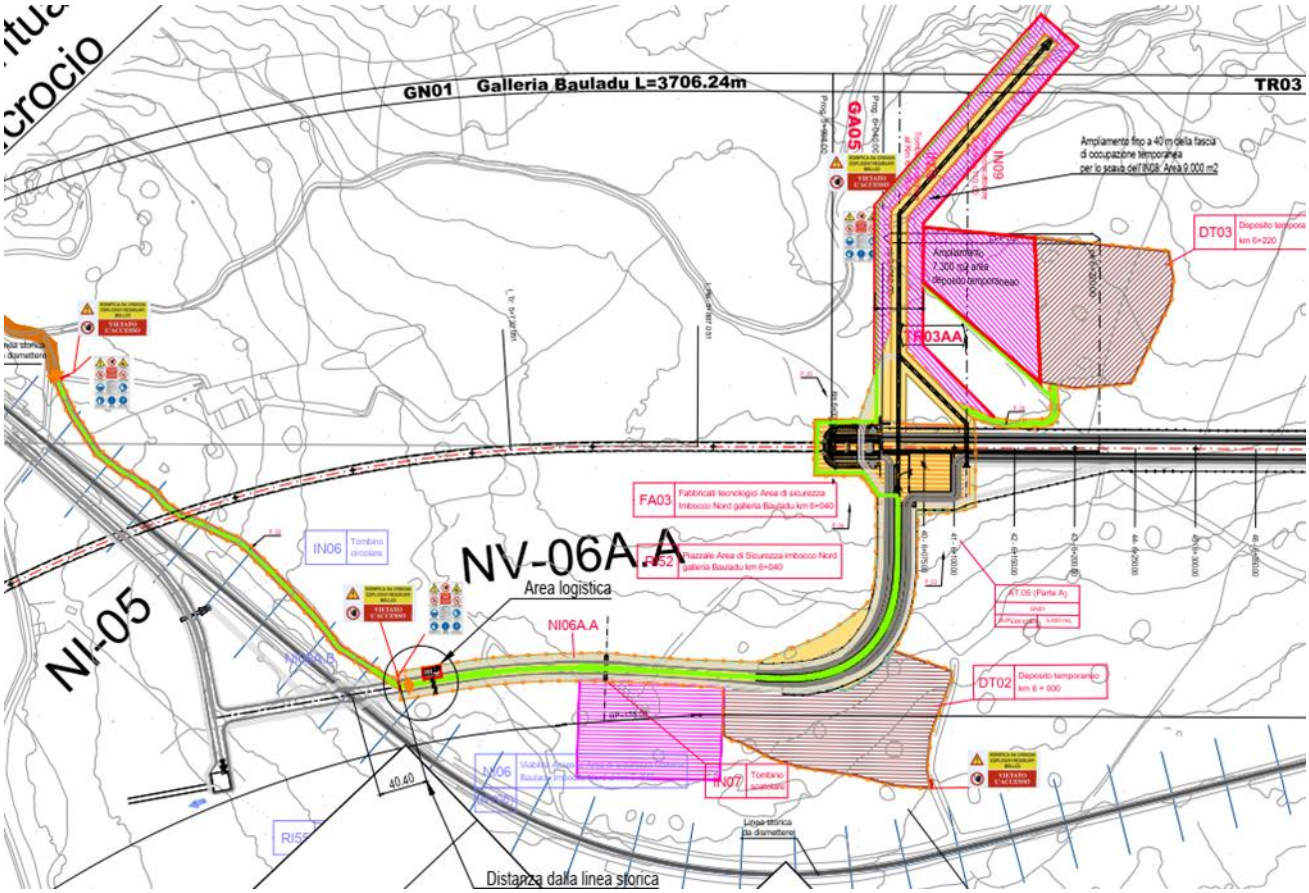


Figura 7 - Planimetria di progetto opere Imbocco Nord (lato Bonorva)

Queste comprendono anche gli annessi piazzali e fabbricati tecnologici e le aree di deposito temporaneo che riguardano la Variante di Bauladu.

A seguire, in coerenza con quanto descritto nella relazione di cantierizzazione, verranno i seguenti elementi:

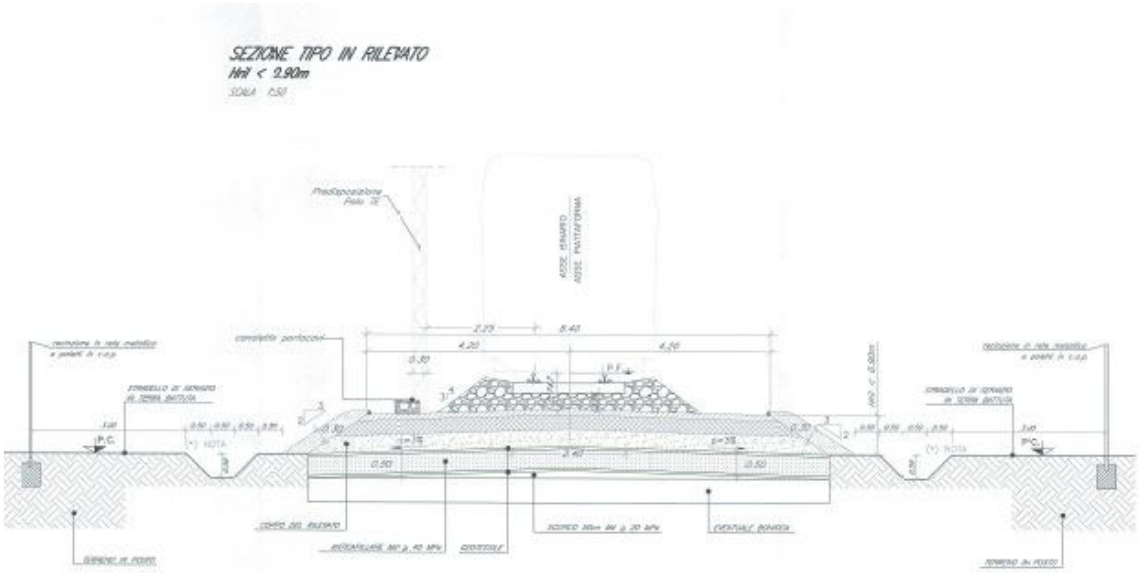
- descrizione sintetica delle opere da realizzare;
- bilancio dei principali materiali da costruzione;
- viabilità interessata dal transito dei mezzi di cantiere;
- modalità di esecuzione dei lavori e criticità;
- descrizione delle singole aree di cantiere;
- elenco dei macchinari tipo previsti per l'esecuzione dei lavori.

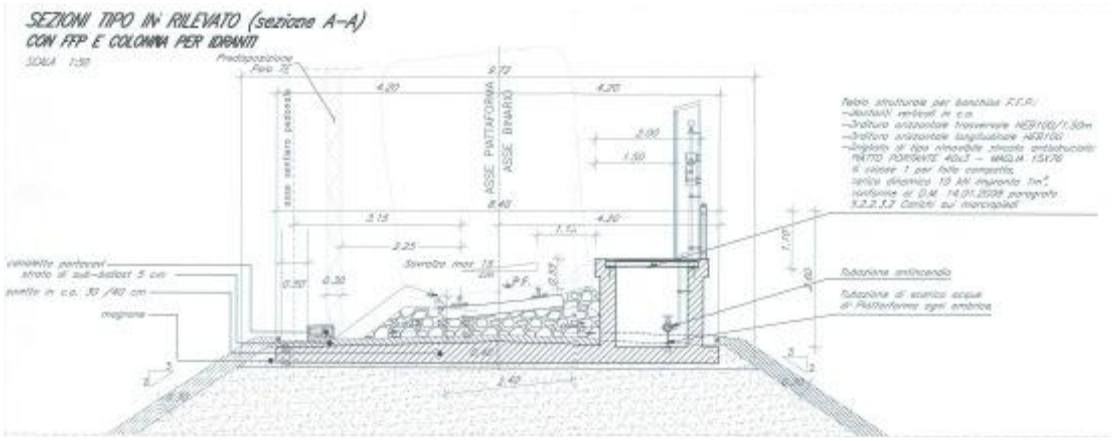
2.3 DESCRIZIONE DELLE OPERE PRINCIPALI – PARTE A E PARTE B

2.3.1 Rilevati e trincee

Per la progettazione dei rilevati e delle trincee verranno utilizzate le sezioni trasversali tipo indicate nel Manuale di Progettazione RFI per i tratti in cui non intervengono variazioni delle sezioni per esigenze legate alla sicurezza in galleria e/o alla presenza di banchine di fermata/stazione.

Nei tratti caratterizzati da modifiche legate alla sicurezza in galleria (presenza di marciapiedi per Fire Fighting Point o marciapiedi di Galleria Equivalente) sono state utilizzate le sezioni di seguito riportate.





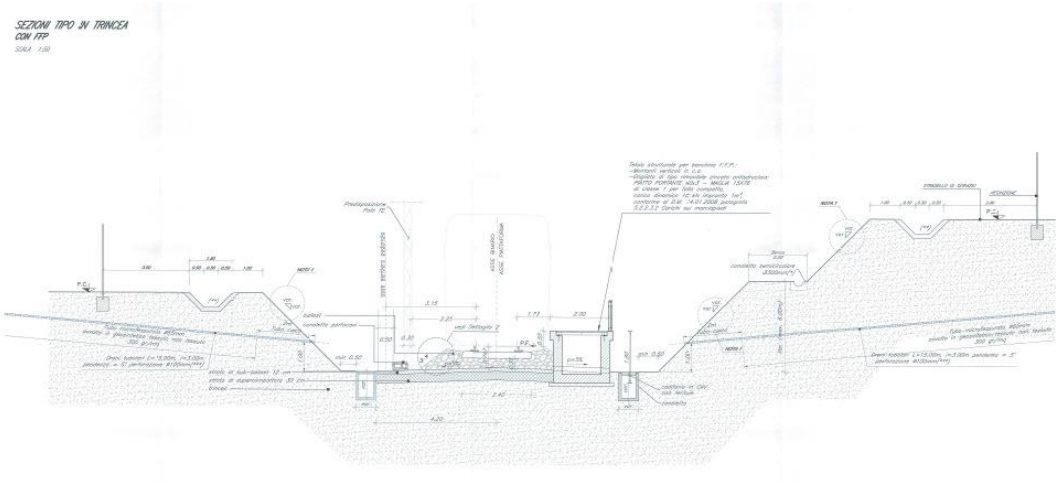


Figura 8 - Sezioni tipo rilevati e trincee

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati di dettaglio (vedi elenco elaborati).

2.3.2 Gallerie

Nell'ambito della "Variante Bauladu" si prevede la realizzazione di una galleria naturale a singolo binario denominata Bauladu.

In tabella sono riportate le progressive delle opere in sotterraneo di linea previste nella Variante Bauladu e delle opere di imbocco ad esse connesse.

GALLERIA	$p_{kinizio}$	$p_{kfinale}$	L	Opera	L_{TOT}
[-]	[m]	[m]	[m]		[m]
BAULADU	2234.76	2291.76	57.00	GA policentrica lato Oristano	3805.24
	2291.76	5998.00	3706.24	GN01	
	5998.00	6040.00	42.00	GA policentrica lato Bonorva	

Tabella 2 - Progressive delle gallerie di linea

La sezione d'intradosso utilizzata per gallerie di linea a singolo binario in scavo tradizionale è in accordo con la sezione tipo del Manuale di Progettazione RFI (Rif. [9]), idonea al transito del gabarit B+ (P.M.O. n°3) e velocità di progetto sino a 160 km/h. La linea ferroviaria e prevista a trazione diesel al suo interno è previsto l'alloggiamento dell'armamento tradizionale con traverse tipo "RFI-240" poggiate su ballast. La galleria è comunque predisposta ad un eventuale futura elettrificazione in c.c. a 3 kV.

La sezione ha un raggio di calotta pari a 3.00 metri, il raggio alle reni pari a 5.00 metri e il raggio di piedritto pari a 6.70 metri sviluppando complessivamente un'area libera di 32.3 m^2 ed un perimetro di 21.7 metri. Lo stradello di servizio è a geometria variabile, secondo quanto prescritto dal Manuale di Progettazione RFI (Rif. [9]), e, adattandosi alla configurazione trasversale del binario, è caratterizzato dal ciglio posto ad altezza fissa, misurata perpendicolarmente al piano di rotolamento del piano attiguo,

pari a +55 centimetri e a distanza dal bordo interno della più vicina rotaia, misurata parallelamente al piano di rotolamento, pari a 113 centimetri. Pertanto, la larghezza del camminamento in rettilineo è pari a 127 centimetri al netto della tolleranza costruttiva.

Considerando che la massima sopraelevazione raggiunta nella galleria in naturale è di 150 millimetri per il tratto di marciapiede in interno curva e di 130 mm per il tratto di marciapiede in esterno curva la posizione del marciapiede nel camminamento avrà le seguenti dimensioni limite:

- Interno curva: larghezza da 138 cm altezza 80 cm;
- Esterno curva: larghezza da 121 cm altezza 45 cm.

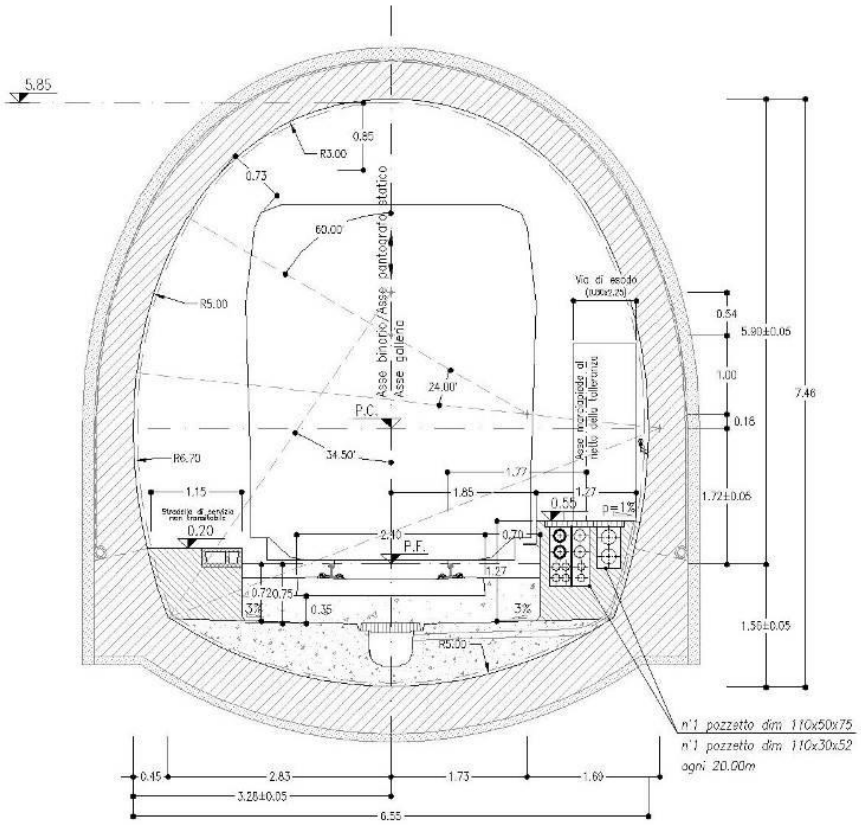


Figura 9 - Sezione di intradosso gallerai di linea e gallerie artificiali policentriche (sezione corrente in retta)

In accordo al Manuale di Progettazione RFI (Rif. [9]), le gallerie non sono dotate di nicchie di ricovero personale ma esclusivamente di nicchie LFM previste circa ogni 250 m, di dimensioni utili interne pari a circa 1,75x2,00m. La nicchia tecnologica prevista a pk 4+800 km, è caratterizzata da dimensioni interne pari a 3,4mx2,80m. Di seguito si riporta una breve descrizione delle opere in sotterraneo di linea e delle opere di imbocco ad esse connesse. Per maggiori dettagli descrittivi si rimanda agli elaborati grafici specialistici allegati al progetto.

<u>Galleria Bauladu</u>

La quota di imbocco lato Oristano è pari a circa 90 m s.l.m. mentre quella lato Bonorva è pari a circa 151 m s.l.m. La galleria è mono pendente con pendenza del 16‰ in ascesa verso Bonorva. Procedendo

dall'imbocco lato Oristano le coperture crescono fino a raggiungere la copertura max di circa 60 m entro valori compresi tra 5 e 60 m. Dalla copertura massima a pk 4+500 km, le coperture degradano fino all'imbocco lato Bonorva.

La realizzazione degli imbocchi è prevista senza l'ausilio di opere provvisionali con "attacco diretto". Le trincee di approccio alle pareti di attacco dello scavo in naturale sono previste mediante scavi aventi pendenza 4/1 (H/L) nei basalti mentre nelle coltri eluvio-colluviali avranno pendenza 2/3 H/L. Le superfici delle trincee saranno protette nelle fasi provvisorie da uno strato di calcestruzzo proiettato e da una maglia di bullonature passive nei i tratti in basalto. In fase definitiva si provvederà alla realizzazione in tali tratti di 2 gallerie artificiali policentriche che saranno ritombate.

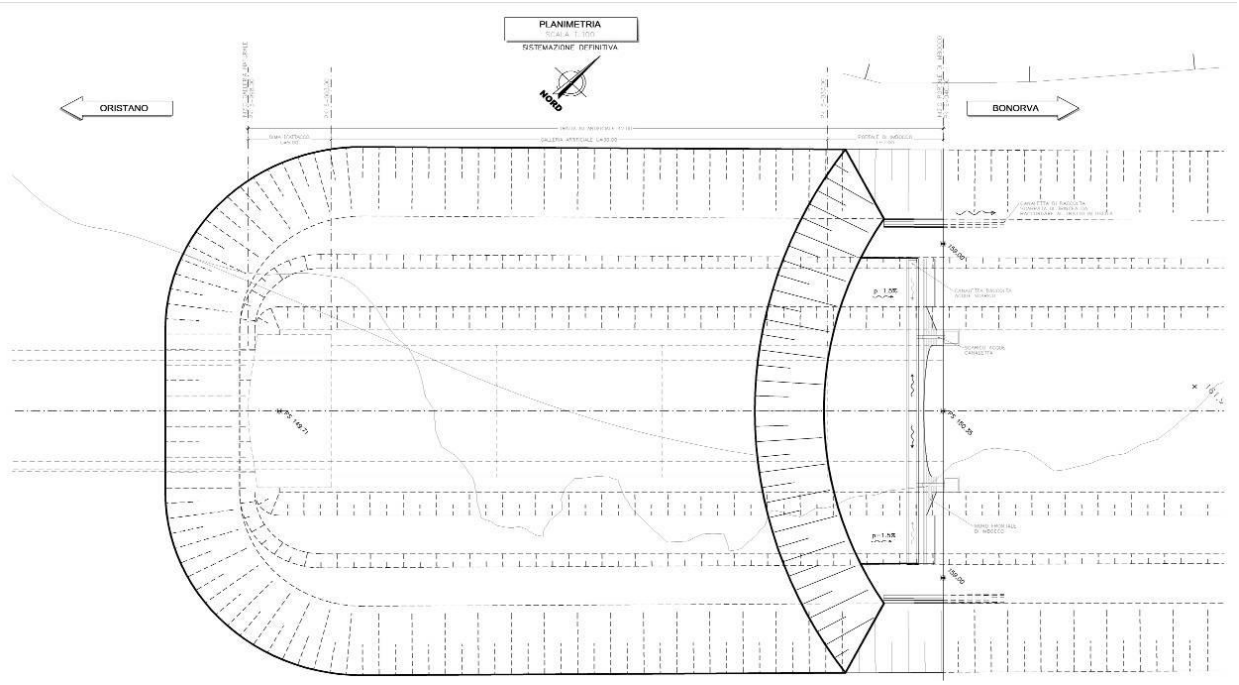


Figura 10 - Planimetria di sistemazione definitiva Imbocco lato Bonorva galleria Bauladu

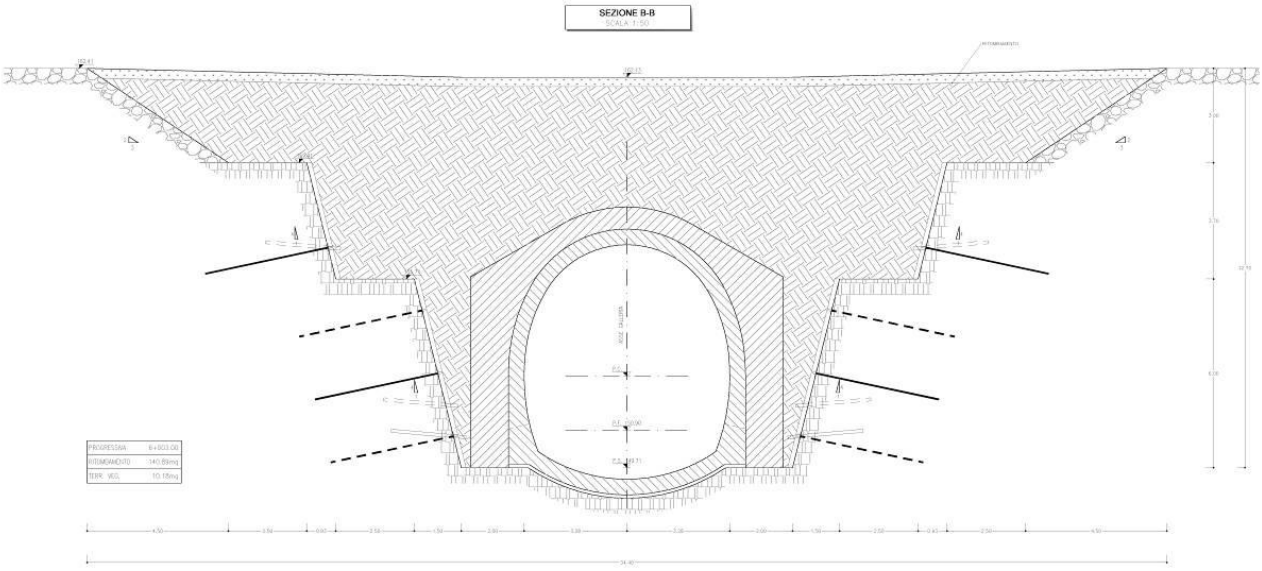


Figura 11 - Sezione trasversale sistemazione definitiva Imbocco lato Bonorva galleria Bauladu

Uscite di emergenza

In accordo a quanto richiesto dalle Specifiche Tecniche di Interoperabilità concernenti la sicurezza nelle gallerie ferroviarie nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità, che prevedono uscite di emergenza laterali e/o verticali ogni 1000 m, considerato lo sviluppo della galleria di linea, sono state progettate 3 uscite/accessi di emergenza pedonali intermedie. La sezione delle uscite/accessi ha un'altezza 3.15 m ed una larghezza utile sul piano di calpestio pari a 3.00 m. All'innesto con le gallerie di linea le uscite di emergenza sono dotate di una sezione allargata avente un raggio di 2,35 m in calotta e larghezza utile al piano di calpestio pari a 3,80 m.

Le uscite/accessi sono collegate alla galleria di linea attraverso zone filtro, con accesso mediante 2 porte di larghezza utile pari a 90 cm e altezza utile pari a 200 cm. Nel tratto allargato è prevista anche la realizzazione di un nicchione tecnologico avente lunghezza utile pari a 11 m.

GALLERIA [-]	$L_{artificiale}$ [m]	$L_{naturale}$ [m]	L_{TOT} [m]	Pendenza max (%)
Uscita/accesso di emergenza 1	36.30	190.72	227.02	14.75%
Uscita/accesso di emergenza 2	46.48	349.32	395.80	14.60%
Uscita/accesso di emergenza 3	33.75	228.55	262.30	13.34%

Tabella 3 - Caratteristiche geometriche uscite/accessi pedonali galleria Bauladu

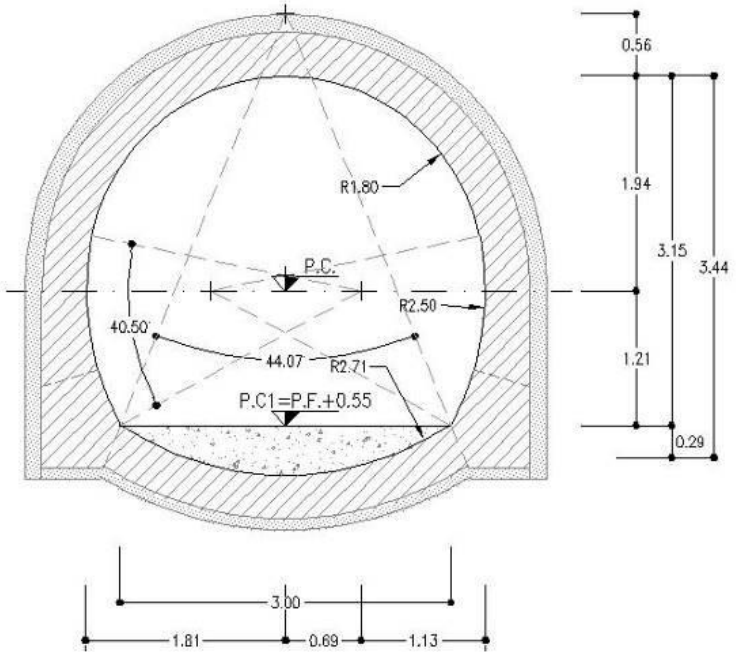


Figura 12 - Sezione tipo di intradosso uscita di emergenza pedonale (sezione corrente)

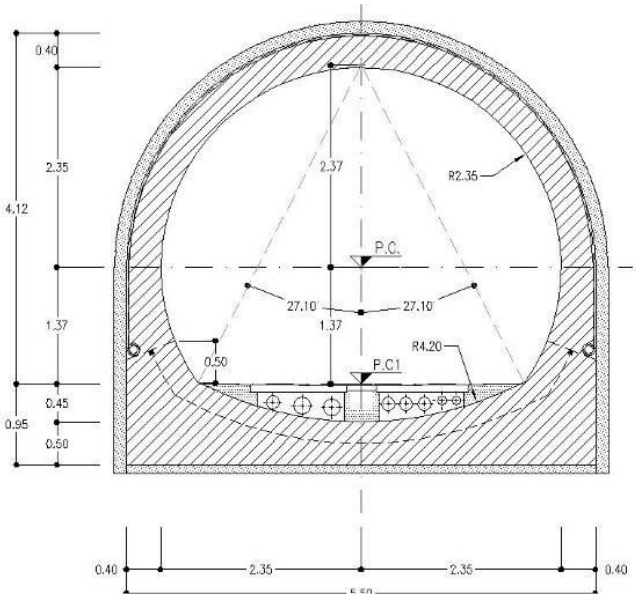


Figura 13 - Sezione tipo di intradosso uscita di emergenza pedonale zona d'innesto

Le 3 uscite di emergenza hanno imbocchi che prevedono “attacco diretto” della galleria naturale. Le trincee di approccio alle pareti di attacco dello scavo in naturale sono previste mediante scavi aventi pendenza 4/1 H/L nei basalti mentre nelle coltri eluvio-colluviali avranno pendenza 2/3 (H/L).

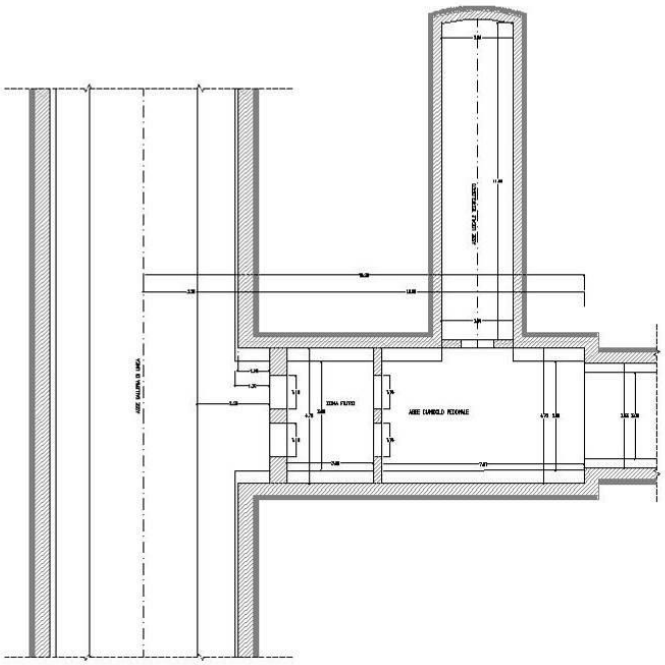


Figura 14 - Innesto galleria di linea - cunicolo pedonale

2.3.3 Viadotti

Viadotto VI01

Il viadotto VI01 è individuato dalla progressiva 1+707.70 alla progressiva 1+945.70 e risulta compreso tra la WBS RI01 e la WBS RI02.

L'opera sviluppa 238m di lunghezza complessiva (misurata in asse appoggi) e si compone di 6 campate da 40 metri.

Il viadotto, che supporta un binario singolo, presenta un raggio di curvatura planimetrico pari a R=950m ed un andamento altimetrico con pendenza +1.6% nel verso delle progressive crescenti.

L'opera ricade in una zona di bassa pericolosità sismica (PGATR=712 =0.057 g), con sottosuoli classificabili di tipo A (secondo DM14.01.2008).

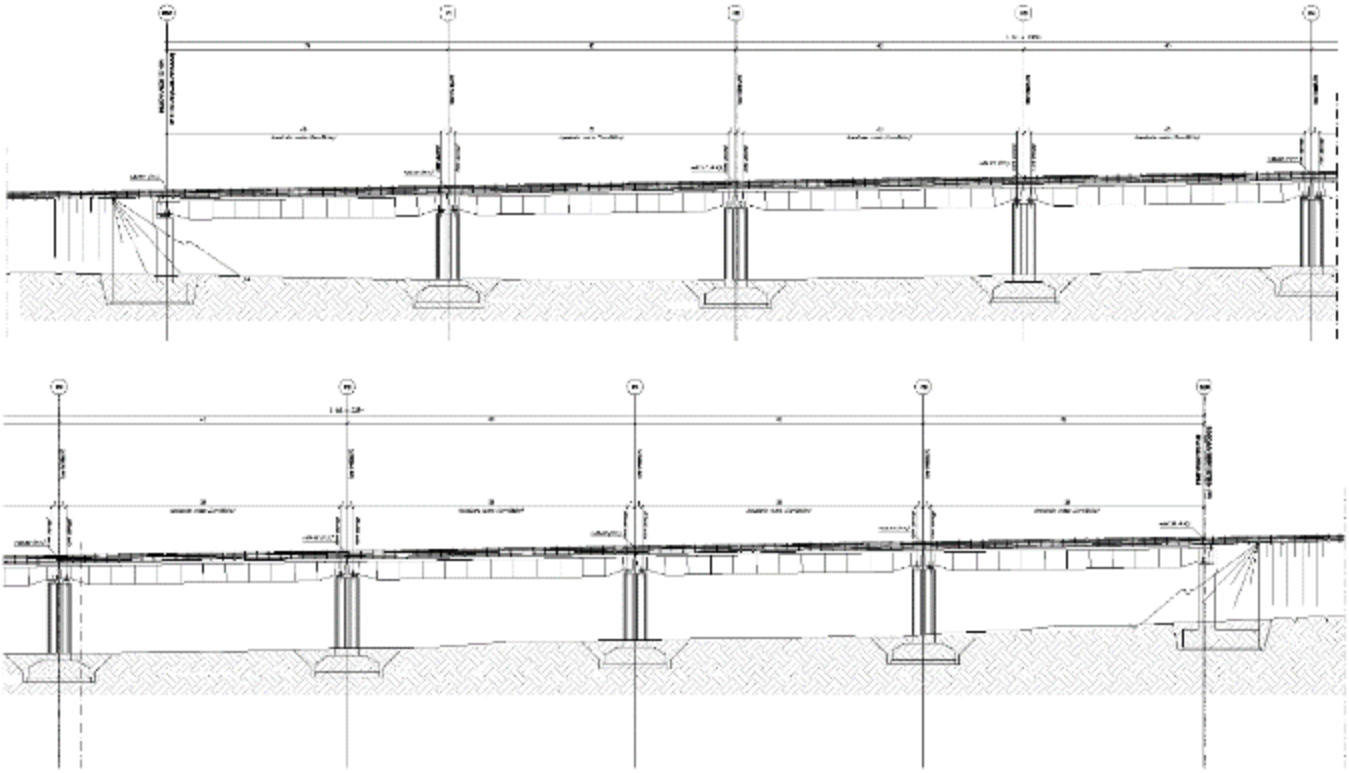


Figura 15 - Prospetto Bauladu VI01

I rilevati di approccio al viadotto sono realizzati, nel lato sud-est, con scarpate aventi pendenza ad hoc a seguito del recepimento delle richieste integrative formulate dal Mibact con Nota 10792 del 20.03.2020.

In particolare, è stata ridotta la pendenza della seconda banca del rilevato da 3:2 a 6:1 al fine di favorire l'introduzione di alberature per migliorare l'inserimento paesaggistico dell'opera.

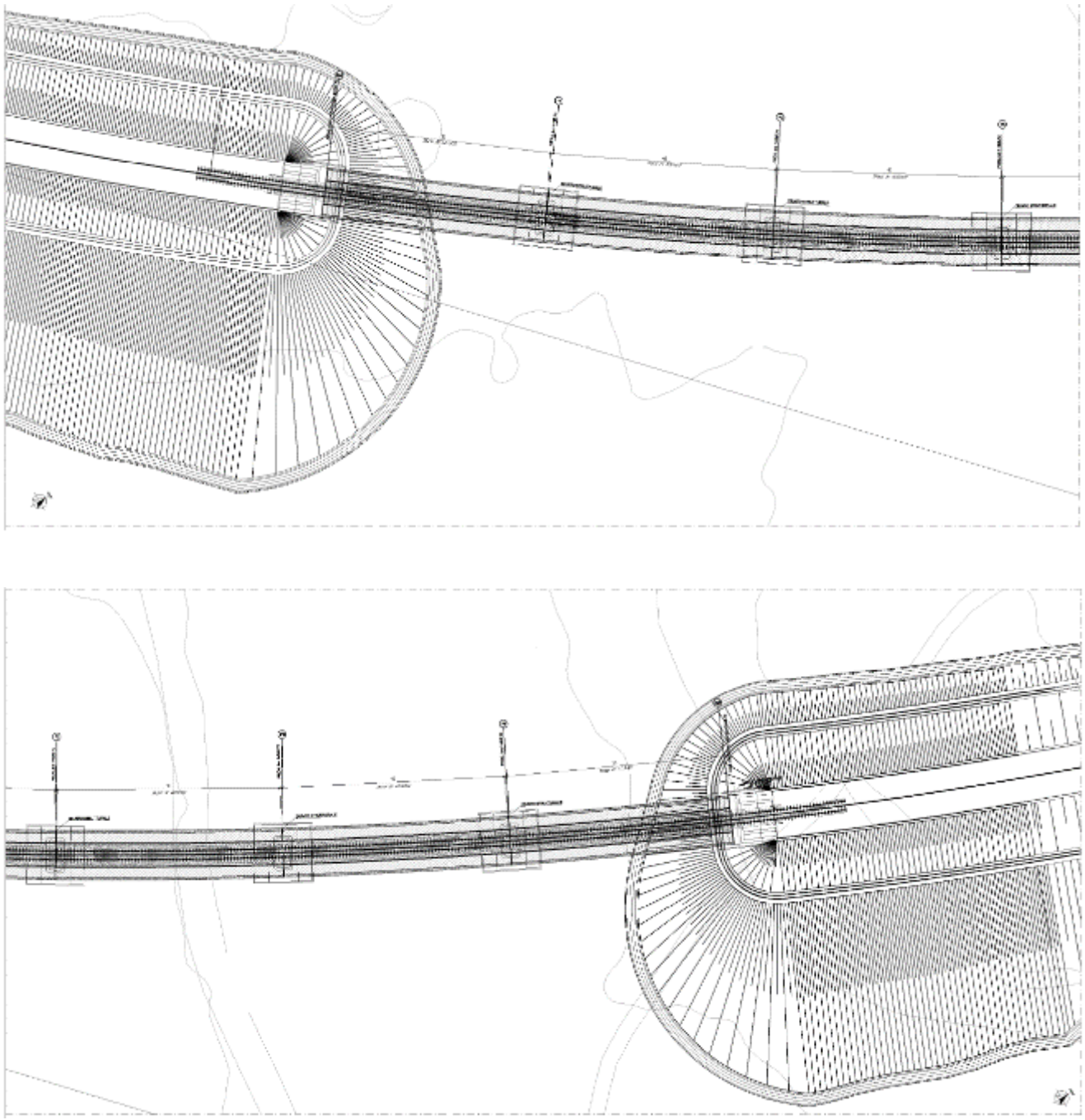


Figura 16 - Pianta Bauladu VI01

Viadotto VI02

Il viadotto VI02 è individuato dalla progressiva 7+639.66 alla progressiva 7+797.66 e risulta compreso tra la WBS RI03 e la WBS RI04.

L'opera sviluppa 158m di lunghezza complessiva (misurata in asse appoggi) e si compone di 4 campate da 40 metri.

Il viadotto, che supporta un binario singolo, presenta un raggio di curvatura planimetrico pari a R=1750m ed un andamento altimetrico con pendenza +0.9% nel verso delle progressive crescenti.

L'opera ricade in una zona di bassa pericolosità sismica ($PGA_{TR=712}$ =0.057 g), con sottosuoli classificabili di tipo A (secondo DM14.01.2008).

L'interferenza con la strada poderale esistente è risolta con la deviazione della stessa valle della spalla del viadotto.

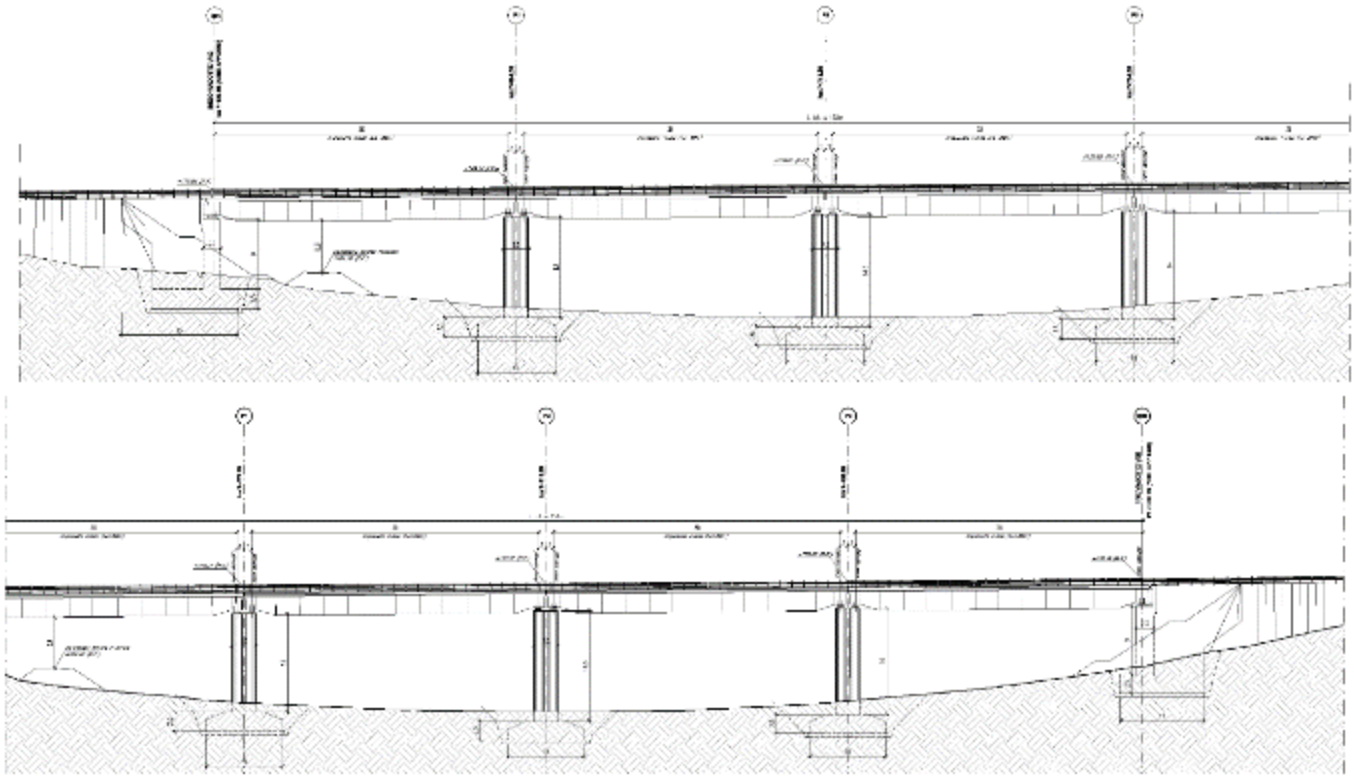


Figura 17 - Prospetto Bauladu VI02

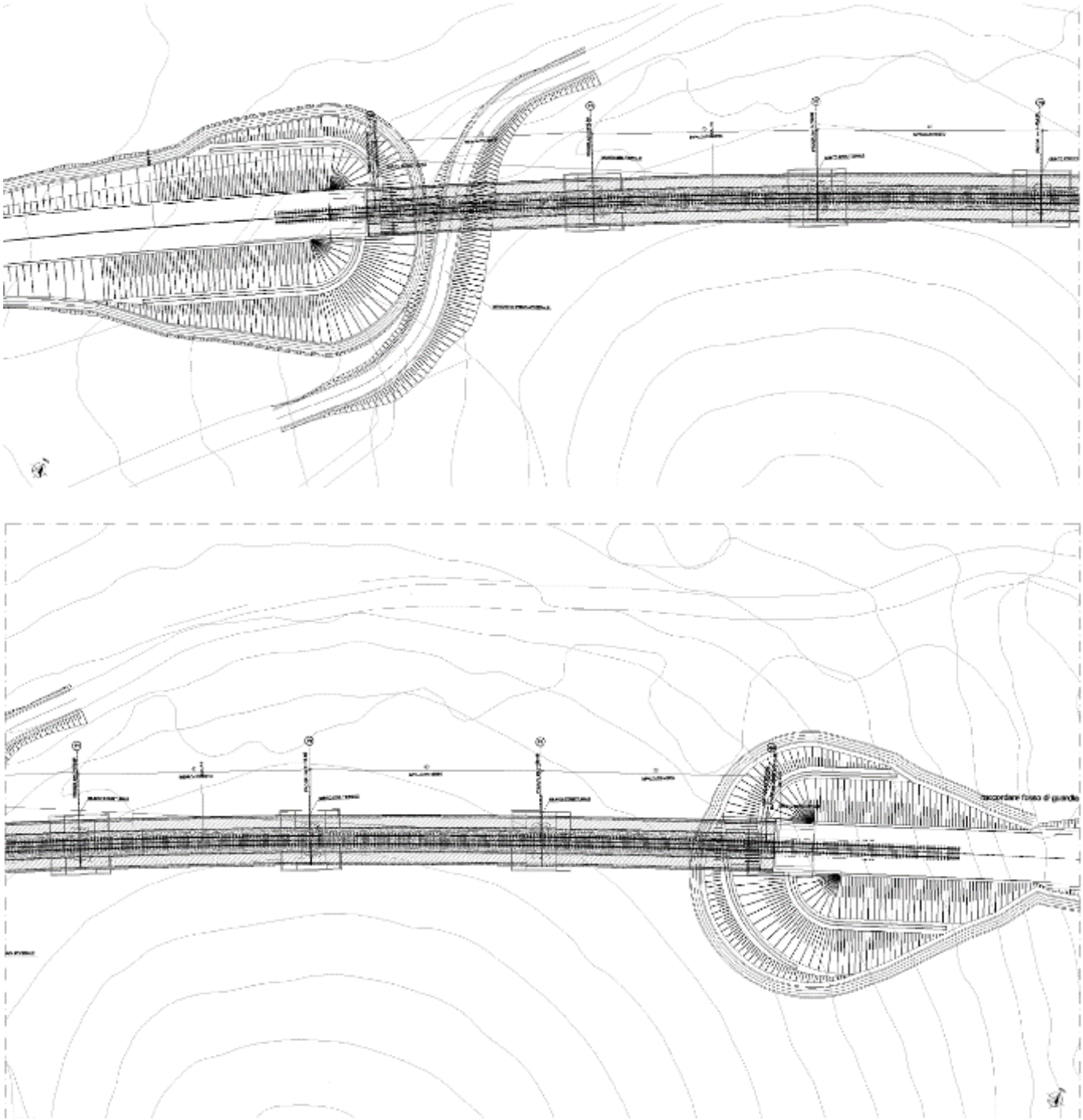


Figura 18 - Pianta VI02 Bauladu

2.4 MODALITÀ DI SCAVO

Dall'analisi del tracciato plano-altimetrico e in funzione delle lunghezze delle opere in sotterraneo di progetto e del contesto geologico-idrogeologico e geotecnico attraversato è stato scelto il metodo di scavo tradizionale a piena sezione per la realizzazione della galleria naturale di linea e delle uscite di emergenza.

Il metodo di scavo tradizionale risulta per la galleria Bauladu conveniente sia economicamente sia temporalmente rispetto al sistema meccanizzato anche in considerazione dei tempi

relativamente brevi necessari per la realizzazione degli imbocchi che permettono un rapido inizio degli scavi in naturale.

Il sistema meccanizzato, pur garantendo una produzione più elevata rispetto al metodo tradizionale, necessita di lunghi tempi di attesa prima dell'inizio degli scavi dovuti all'approvvigionamento e al montaggio della macchina. Tali considerazioni hanno condotto alla scelta del metodo di scavo tradizionale per la galleria Bauladu.

2.5 ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA DI CANTIERIZZAZIONE

Al fine di realizzare le opere in progetto, è prevista l'installazione di una serie di aree di cantiere lungo il tracciato della linea ferroviaria, che sono state selezionate sulla base delle seguenti esigenze principali:

- disponibilità di aree libere in prossimità delle opere da realizzare;
- lontananza da ricettori critici e da aree densamente abitate;
- facile collegamento con la viabilità esistente, in particolare con quella principale (SS131 Carlo Felice);
- minimizzazione del consumo di territorio;
- minimizzazione dell'impatto sull'ambiente naturale ed antropico;
- interferire il meno possibile con il patrimonio culturale esistente.

Nella seguente tabella si sintetizzano le caratteristiche principali del sistema di cantierizzazione previsto per la parte A:

Codice	Descrizione	Comune	Superficie per parte A (mq)	Superficie max disponibile (mq)
CB.01 (*)	Cantiere Base	BAULADU (C.S.)	20.000	20.000
Imbocco Sud				
AT.01.b (RI56)	Area Tecnica	SOLARUSSA	4.500	6.500
AT.01.a (RI51)	Area Tecnica	SOLARUSSA	2.000	2.000
DT.01	Deposito Temporaneo	SOLARUSSA	12.500	12.500
Imbocco Nord				
AT.05	Area Tecnica	BAULADU	5.400	7.500
DT.02	Deposito Temporaneo	BAULADU	12.500	12.500
DT.03	Deposito Temporaneo	BAULADU	11.000	11.000

Tabella 4 - Sistema di cantieri previsto per la realizzazione delle opere in Fase A

*) L'ex area CB.01 (area totale 10.000 m2) (Comune di Tramatza) sarà destinata a stoccaggio provvisorio di attrezzature e materiali che non trovassero collocazione nelle altre aree disponibili.

Vengono descritte le seguenti tipologie di cantieri:

Cantieri Base (CB): fungono da supporto logistico per tutte le attività relative alla realizzazione degli interventi in oggetto e sono destinati ad ospitare tutte le strutture logistiche indispensabili per il funzionamento delle aree di lavoro e per l'alloggiamento delle maestranze. In dettaglio è previsto un cantiere base denominato CB.01. All'interno di tale cantiere base si prevede l'installazione delle seguenti strutture:

- parcheggi per automezzi;
- infermeria;
- alloggi;
- mensa e aree comuni;
- uffici per direzione di cantiere;
- uffici per direzione lavori;
- impianti antincendio.

Aree Tecniche (AT): risultano essere quei cantieri funzionali in particolare alla realizzazione di specifiche opere d'arte. Al loro interno sono contenuti gli impianti ed i depositi di materiali necessari per assicurare lo svolgimento delle attività di costruzione delle opere. All'interno delle 6 aree tecniche si previste l'istallazione delle seguenti strutture:

- Spogliatoi e servizi igienici;
- Aree stoccaggio materiali da costruzione;
- Parcheggio mezzi d'opera;
- Area assemblaggio armature e casseri;
- Area per eventuale stoccaggio terre di scavo.

Aree di Deposito Temporaneo Terre e Aree di Stoccaggio (DT): sono quelle aree di cantiere destinate allo stoccaggio del materiale proveniente da scotico, scavi, demolizioni, ecc., in attesa di eventuale caratterizzazione chimica e successivo allontanamento per riutilizzo in cantiere, conferimento a siti esterni per attività di rimodellamento o recupero/smaltimento presso impianti esterni autorizzati.

All'interno delle aree in generale non si prevede l'installazione di strutture od impianti, ma unicamente la predisposizione di aree per lo stoccaggio dei materiali di scavo e deposito di materiali.

Sono previste 3 aree tecniche e 3 aree di deposito temporaneo.

In generale, preventivamente all'installazione dei cantieri si dovrà provvedere alle seguenti operazioni:

- rimozione degli eventuali materiali di rifiuto presenti;
- rimozione della vegetazione spontanea;
- scotico e livellamento, il terreno vegetale verrà accantonato all'interno di un'apposita area per il ripristino a fine lavori;
- compattazione del terreno di fondo e realizzazione di un sottofondo in misto cementato, ove previsto in relazione alla specifica area di cantiere;
- installazione di una recinzione ed installazione dei sotto-servizi necessari;

- preparazione delle platee su cui verranno installati gli impianti di cantiere (per i cantieri base e operativi).

In generale, al termine dei lavori le aree verranno ripristinate allo stato attuale prevedendo il ripristino del terreno vegetale.
Nei casi in cui le aree siano destinate a viabilità e strutture di servizio, le strutture di cantiere verranno dismesse prima del completamento dei lavori. Le rimanenti parti dell'area, al di fuori del sedime interessato dalle opere di progetto, verranno ripristinate ad uso agricolo.

2.6 CONSEGUENZE SULLA CANTIERIZZAZIONE PER L'ADATTAMENTO DELLA GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Lo squilibrio sulla gestione delle terre in parte A è ulteriormente aggravato dalla diversa entità di volumi fra i due imbocchi che, di fatto, risultano totalmente isolati fra di loro non esistendo una viabilità comune di collegamento se non quella esterna (SS131 e SP15).

Pertanto, volendo analizzare la gestione delle terre con riferimento alla logistica di cantiere si deve considerare la tabella seguente dove le WBS sono state raccolte per Imbocco Sud ed Imbocco Nord (escludendo quelle da trattare in regime di rifiuto), secondo le indicazioni dell'Allegato 2 – Bilancio di progetto aggiornato a seguito dell'anticipazione della realizzazione delle Viabilità NV02, NV05 (elaborato n. RR0H01D69RGTA0000002A).

Tabella riassuntiva riutilizzi interni FASE A da "Gestione materiali di scavo" (elab. N. RR1500EZZRGTA0000001)						
WBS (All.20) al Contratto	Produzione complessiva (m^3)	Riutilizzo nella stessa WBS (m^3)	Riutilizzo diversa WBS			Esubero esterno
			WBS di Riutilizzo	Verso WBS (m^3)	Da WBS (m^3)	Sottoprodotto (m^3)
WBS Imbocco Sud						
NV02	7.907	7.907			1.917	0
IN04	601	509				92
TR02A	3.229	114	NV02	1.917		1.198
RI51	1.290	0				1.290
GI01A	7.726	0				7.726
WBS Imbocco Nord						
NV06A.A (da pk 6+040 a pk 6+110)	31.351	738				30.613
IN07	529	389				140
TR03A.A (da pk 6+040 a pk 6+110)	7.642	19				7.622
RI52	21.212	0				21.212
GI05A	9.897	7				9.890
IN08	63.443	50.979				12.464
IN09	20.362	16.427				3.935
TOTALE	**175.189**	**77.089**		**1.917**	**1.917**	**96.183**
Riutilizzo complessivo		**79.006**				

Tabella 5 - Tabella riepilogativa riutilizzi interni della FASE A da "Gestione materiale di scavo" (fonte: RR1500EZZRGTA0000001B) suddivisa per Imbocchi

Per rispettare le previsioni del PUT indicate in tabella si propone di accumulare temporaneamente e fino alla disponibilità della WBS di destinazione, il materiale proveniente dagli scavi in esubero di ciascuna WBS interessata dai lavori di parte A.

L'applicazione di tale proposta risulta di facile adozione per l'area dell'imbocco Sud, laddove i volumi movimentati risultano dell'ordine di circa 10.000 mc (stoccaggio complessivo di sottoprodotto e rifiuti in attesa di caratterizzazione) e si propone pertanto lo stoccaggio nel deposito temporaneo adiacente (DT01) avente superficie di **12.500 mq,** generando cumuli di altezza massima di circa **2.0 m** tenuto conto di un utilizzo parziale del 50%.

Diversamente, per l'imbocco Nord si propone ai fini della gestione temporanea delle terre da scavo, l'approntamento di aree di stoccaggio provvisorie sia in prossimità dei siti di produzione (IN08 e IN09), sia impiegando i depositi temporanei (DT02, DT03) possibilmente ampliati, almeno per il periodo di realizzazione delle opere di parte A, oltre che l'utilizzo dell'area di stoccaggio AS02.

Per quanto sopra la proposta consiste nell'utilizzare le aree destinate a Deposito Temporaneo (DT) già previste in parte A sia per l'imbocco Sud (DT01), sia per quello Nord (DT02 e DT03) per collocare

temporaneamente i volumi estratti e, a fine lavori parte A, i volumi in esubero destinati al riutilizzo in WBS di parte B (vedi Figure di seguito).

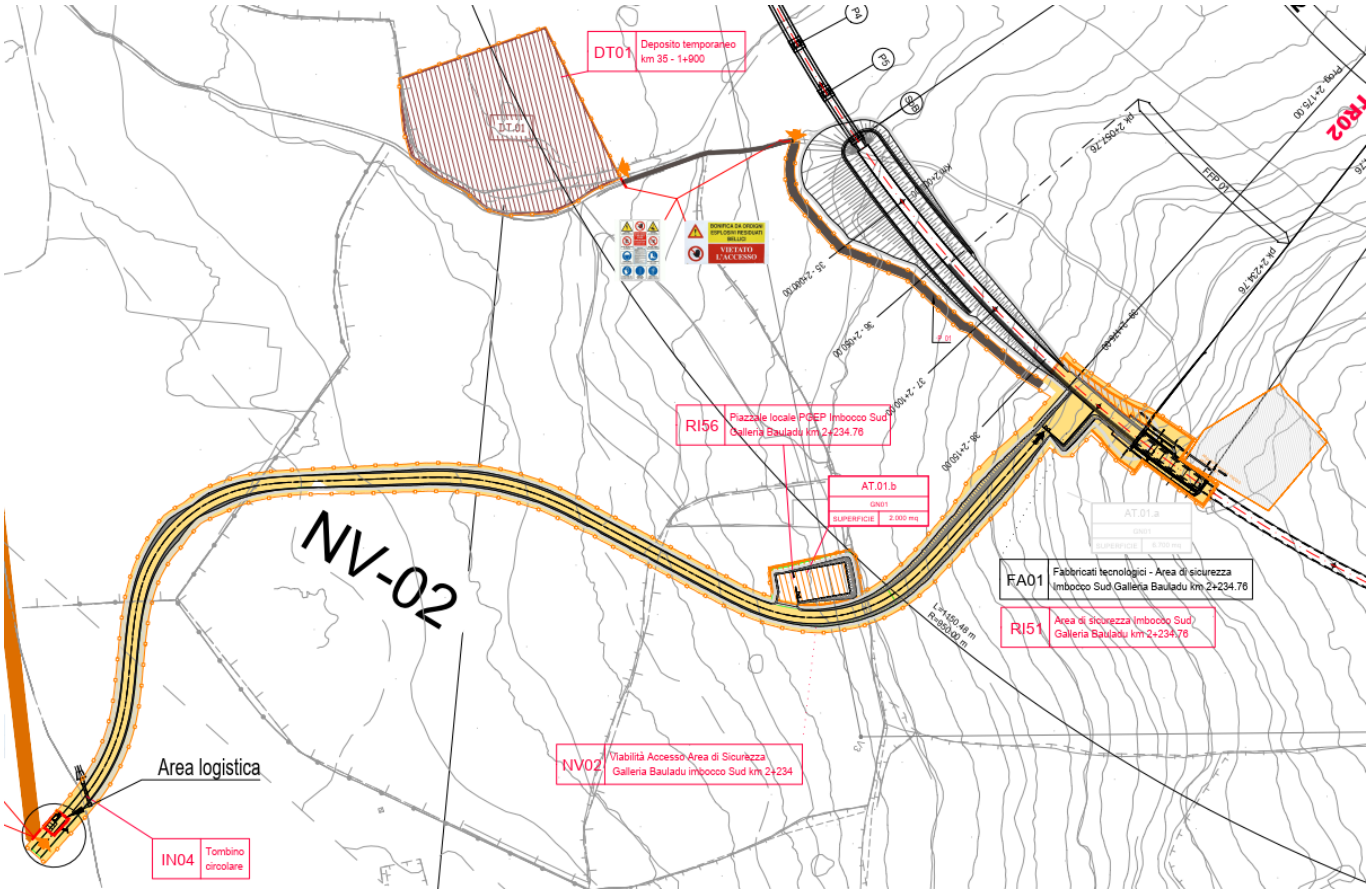


Figura 19 - Area imbocco Sud

Per l'imbocco Nord, a causa della suddivisione logistica determinata dalla trincea di linea (TR03AA) fra la zona a Sud/Est sede del tratto terminale delle WBS NV06AA e RI52 e la zona a Nord/Ovest sede dei tombini in trincea IN08-IN09, si propone pertanto una gestione separata dei volumi estratti dal tratto Sud/Est e Nord/Ovest.

In particolare, per la realizzazione delle WBS IN08-IN09, si propone il deposito temporaneo del materiale di scavo sulle aree adiacenti all'asse delle opere, come rappresentato in fig.7, ampliando l'occupazione fino a 40 m a cavallo dell'asse dell'opera per complessivi 9000 mq di superficie. Tale collocazione provvisoria consentirebbe di avere una gestione delle terre continua evitando il trasporto del materiale di scavo verso altre WBS in attesa del riutilizzo nell'ambito della stessa WBS. A tale superficie si propone di sommare la disponibilità del Deposito Temporaneo DT03, di **11.000** mq, ampliato con l'aria adiacente di **7.300** mq, per complessivi **18.300** mq, come indicato in figura. In tale contesto andrebbero collocati progressivamente i materiali da scavo estratti nello scavo dei tombini IN08 e IN09 (**84.400** mc). Tenuto conto dell'aumento di volume del materiale estratto (30%), di un utilizzo ottimale delle aree di deposito, dell'impiego nel corso dei lavori del materiale per il ricoprimento, e della possibilità di utilizzare inizialmente parte dell'area di allargamento in asse al IN08, si è valutata un'altezza massima dei cumuli temporanei non superiore a 5.0 m.

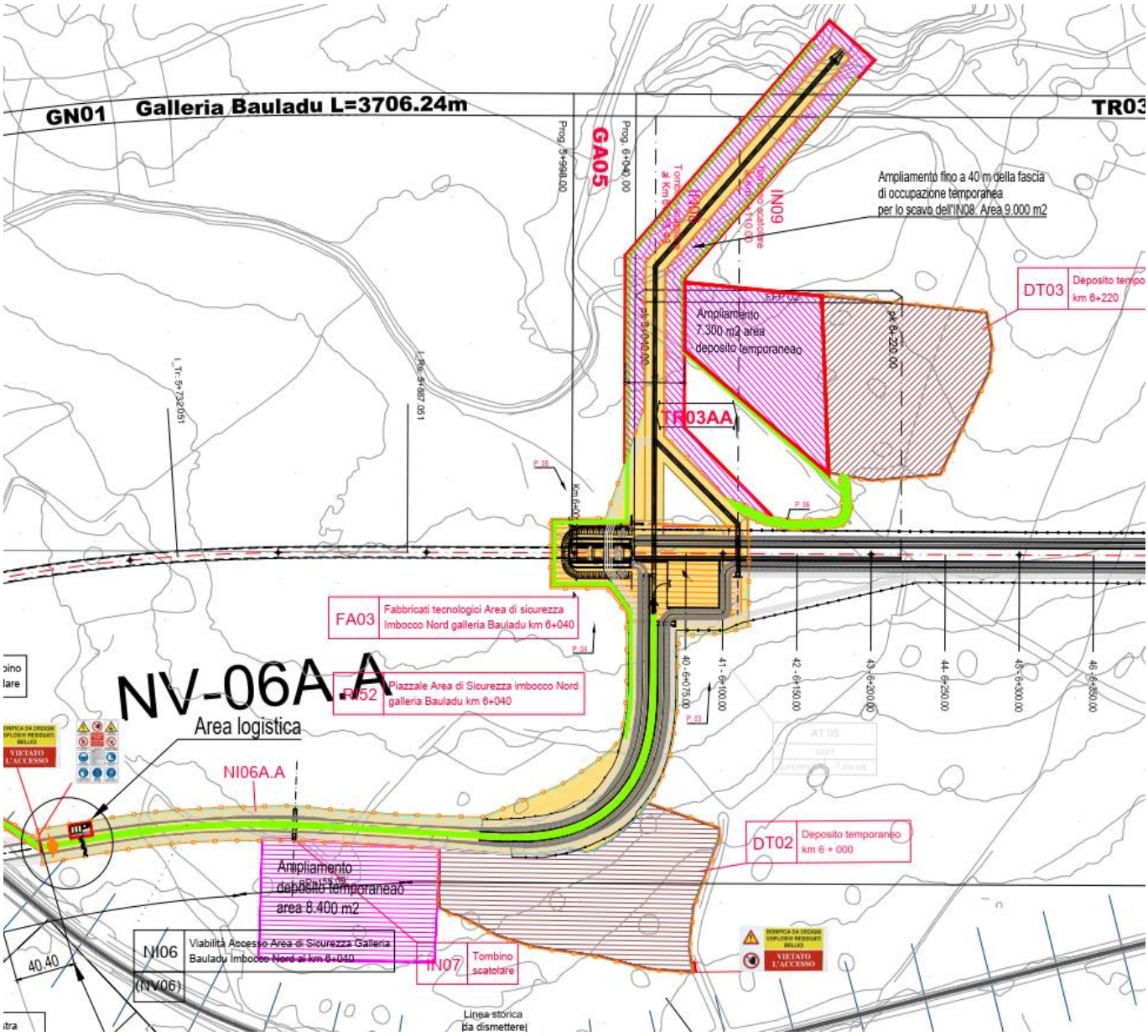


Figura 20 - Area Imbocco Nord

Invece nell'area imbocco Nord Est, per la gestione dei materiali estratti dalle trincee di linea GI05 e TR03A.A e dalle trincee della NV06A.A e del piazzale RI52 (per un totale in banco di 70.000 mc) , si propone di utilizzare l'area già prevista del Deposito Temporaneo DT02, avente superficie di **12.500 mq** e l'adiacente area AS02 di **8.400** mq che, a tale scopo, dovrebbe essere assoggettata ad Occupazione Temporanea a carico di RFI. In tale contesto il volume depositato temporaneamente avrebbe una altezza massima dei cumuli pari a **5.0 m** tenuto conto di un utilizzo ottimale delle aree di deposito e dell'aumento di volume del materiale estratto.

La tabella precedente, considerando la proposta di stoccaggio provvisorio nelle DT disponibili e nelle aree integrative a queste annesse si modifica nella tabella di seguito riportata.

Tabella riassuntiva riutilizzi interni FASE A da "Gestione materiali di scavo" (elab. N. RR1500EZZRGTA0000001)						
WBS (All.20) al Contratto	Produzione complessiva (m^3)	Riutilizzo nella stessa WBS (m^3)	Riutilizzo diversa WBS			Esubero esterno
			WBS di Riutilizzo	Verso WBS (m^3)	Da WBS (m^3)	Sottoprodotto (m^3)
WBS Imbocco Sud						
NV02	7.907	7.907			1.917	0
IN04	601	509	DT01	92		0
TR02A	3.229	114	DT01-NV02	3.115		0
RI51	1.290	0	DT01	1.290		0
GI01A	7.726	0	DT01	7.726		0
WBS Imbocco Nord						
NV06A.A (da pk 6+040 a pk 6+110)	31.351	738	DT02+AS02	30.613		0
IN07	529	389	DT02+AS02	140		0
TR03A.A (da pk 6+040 a pk 6+110)	7.642	19	DT02+AS02	7.622		0
RI52	21.212	0	DT02+AS02	21.212		0
GI05A	9.897	7	DT02+AS02	9.890		0
IN08	63.443	50.979	DT03+DT03bis	12.464		0
IN09	20.362	16.427	DT03+DT03bis	3.935		0
TOTALE	**175.189**	**77.089**		**98.100**	**1.917**	**0**
Riutilizzo complessivo			**175.189**			

WBS di destinazione Fase A

Deposito Temporaneo

Tabella 6 - Tabella riepilogativa proposta riutilizzi interni della Parte A distinta per aree di imbocco Sud e Nord

I volumi riportati nella tabella precedente sono da intendersi quali una stima di massima finalizzata alle valutazioni del presente progetto di cantierizzazione, pertanto si rimanda al computo metrico di progetto per ogni maggiore dettaglio sulle quantità da movimentare durante i lavori.

La proposta quindi prevede, per il periodo di costruzione della Parte A e per il periodo di costruzione delle WBS di parte B previste nel PUT per il riutilizzo, la messa a disposizione delle seguenti aree:

- Imbocco Sud: DT.01 = 12.500 m^2;
- Imbocco Nord area Ovest:
  - DT.03 = 11.000 m^2;
  - DT.03bis = 7.300 m^2;
  - Ampliamento a 40m dell'occupazione temporanea in asse all'IN08 = 9.000 m^2.

- Imbocco Nord area Est:
  - DT.02 = 12.500 m^2;
  - AS.02 = 8.400 m^2.

2.7 CRITERI DI PROGETTAZIONE DEI CANTIERI

Scopo del presente paragrafo è quello di illustrare i criteri che l'appaltatore potrà seguire nell'organizzazione interna del campo base e del cantiere operativo (da attivare in FASE B).

La progettazione di un cantiere segue regole dettate da numerosi fattori che riguardano:

- la geometria dell'opera da costruire;
- la morfologia e la destinazione d'uso del territorio;
- il tipo e il cronoprogramma delle lavorazioni previste all'interno di ogni singola area.

Le caratteristiche del cantiere base - CB.01 sono state determinate nell'ambito del presente progetto in base al numero medio di persone che graviterà su di esso nel corso dell'intera durata dei lavori civili, e sulla base delle linee guida emesse dal Servizio Sanitario Nazionale (Regioni Emilia-Romagna e Toscana), le quali costituiscono al momento i documenti di riferimento per questo genere di lavori. Tale documento, al quale si rimanda per approfondimenti, riporta le dimensioni e le installazioni minime necessarie per la realizzazione di campi destinati al soggiorno di personale coinvolto nella realizzazione di grandi opere pubbliche. Resta fermo l'onere in capo all'Appaltatore (in fase di progettazione esecutiva e/o costruttiva) di verificare con gli Enti competenti e di recepire eventuali ulteriori prescrizioni in materia.

La progettazione del cantiere operativo - CB.01 nell'ambito del presente progetto si è basata sulle necessità di gestione di materiali nei periodi di picco delle lavorazioni.

Per la determinazione degli ingombri è stato assunto che gli edifici e le installazioni presenti nelle aree di cantiere siano realizzati come di seguito descritto.

Tipologia di edifici e installazioni dei cantieri base (non presenti in questa fase dei lavori)

Alloggi: gli alloggi per il personale saranno realizzati con edifici prefabbricati a due piani o a un piano. Si utilizzerà unicamente la soluzione ad un piano per gli alloggi dei lavoratori impiegati su più di 2 turni. Ogni edificio sarà dotato di impianto di riscaldamento e aria condizionata centralizzato, i cui radiatori troveranno posto all'esterno dell'edificio stesso.

Mensa e aree comuni: l'area mensa comprende: la cucina, la dispensa, il refettorio, l'area di carico e scarico merci, l'area con i cassoni per i rifiuti. La cucina e la dispensa sono state in questa fase ipotizzate in un unico edificio prefabbricato ad un piano. La cucina/dispensa è affiancata da un piazzale di carico/scarico per gli approvvigionamenti e dai cassoni per i rifiuti (a conveniente distanza). La stessa area di carico/scarico verrà quindi utilizzata anche dai mezzi della nettezza urbana per lo svuotamento dei cassoni dei rifiuti. Il refettorio occupa il piano terra di un edificio collegato direttamente alla cucina/dispensa. Nonostante l'utilizzo della mensa sia normalmente diviso in più turni, il refettorio è dimensionato per accogliere potenzialmente tutto il personale residente in cantiere, al fine di poter utilizzare tale spazio coperto anche per le riunioni per le quali è necessaria la presenza di tutti.

Infermeria: si tratta di un edificio prefabbricato di circa 40 m2 con sala di aspetto e servizi igienici. L'infermeria è generalmente dotata di un'area di sosta per le ambulanze ed è posta in prossimità dell'ingresso del campo.

Uffici: all'interno del campo base troverà posto un edificio prefabbricato che ospiterà gli uffici per la direzione di cantiere e la direzione lavori.

Viabilità: la viabilità interna al campo base verrà rivestita in conglomerato bituminoso o cemento. Sono previste strade con carreggiate di 3 metri e parcheggi per autovetture di dimensioni pari ad almeno 2x5m.

Impianti antincendio: il campo base sarà dotato di impianto antincendio, comprensivo di serbatoi o vasche per l'acqua dolce, delle pompe e delle tubazioni.

Tipologia di edifici e installazioni dei cantieri operativi

Uffici: ogni cantiere operativo è dotato di un edificio prefabbricato che ospita gli uffici ed il presidio di pronto soccorso.

Spogliatoi: ogni cantiere operativo è dotato di un edificio che ospita gli spogliatoi e i servizi igienici per gli operai.

Magazzino e laboratorio: il magazzino e il laboratorio prevede materiali sono normalmente ospitati nello stesso edificio prefabbricato con accesso carrabile. Se gli spazi lo consentono, su un lato dell'edificio viene di norma realizzata un'area coperta da tettoia per il deposito di materiali sensibili agli agenti atmosferici e per agevolare il carico e lo scarico di materiali in qualunque condizione meteorologica.

Officina: l'officina è presente in tutti i cantieri operativi ed è necessaria per effettuare la manutenzione ordinaria dei mezzi di lavoro. Si tratta generalmente di un edificio prefabbricato simile a quello adibito a magazzino. È sempre dotata di uno o più ingressi carrabili e, se gli spazi lo consentono, di tettoia esterna.

Cabina elettrica: ogni area di cantiere sarà dotata di cabina elettrica le cui dimensioni saranno di circa 5x5m, comprensive altresì delle aree di rispetto.

Vasche trattamento acque: i cantieri saranno dotati di vasche per il trattamento delle acque industriali. Le acque trattate potranno essere riciclate per gli usi interni al cantiere, limitando così i prelievi da acquedotto. Lo scarico finale delle acque trattate verrà realizzato con tubazione interrate in fognatura, in ottemperanza alle norme vigenti.

Impianti antincendio: ogni cantiere operativo sarà dotato di impianto antincendio, comprensivo di serbatoi o vasche per l'acqua dolce, delle pompe e delle tubazioni.

Area deposito olii e carburanti: i lubrificanti, gli olii ed i carburanti utilizzati dagli automezzi di cantiere verranno stoccati in un'apposita area recintata, dotata di soletta impermeabile in calcestruzzo e di sistema di recupero e trattamento delle acque.

Organizzazione delle aree tecniche

Le aree tecniche sono aree di cantiere "secondarie", funzionali alla realizzazione di singole opere (viadotti, cavalcaferrovia, opere di imbocco), e che contengono indicativamente:

- parcheggi per mezzi d'opera;
- aree di stoccaggio dei materiali da costruzione;

- eventuali aree di stoccaggio delle terre da scavo;
- eventuali impianti di betonaggio/prefabbricazione
- aree per lavorazione ferri e assemblaggio carpenterie;
- eventuale box servizi igienici di tipo chimico.

Mentre i cantieri base ed operativi avranno una durata pari all'intera durata dei lavori di costruzione, ciascuna area tecnica avrà durata limitata al periodo di realizzazione dell'opera di riferimento.

2.8 PREPARAZIONE DELLE AREE

La preparazione dei cantieri prevederà, tenendo presenti le tipologie impiantistiche presenti, indicativamente le seguenti attività:

- scotico del terreno vegetale (quando necessario), con relativa rimozione e accatastamento o sui bordi dell'area per creare una barriera visiva e/o antirumore o stoccaggio in siti idonei a ciò destinati (il terreno scoticato dovrà essere conservato secondo modalità agronomiche specifiche);
- formazioni di piazzali con materiali inerti ed eventuale trattamento o pavimentazione delle zone maggiormente soggette a traffico (questa fase può anche comportare attività di scavo, sbancamento, riporto, rimodellazione);
- delimitazione dell'area con idonea recinzione e cancelli di ingresso;
- predisposizione degli allacciamenti alle reti dei pubblici servizi;
- realizzazione delle reti di distribuzione interna al campo (energia elettrica, rete di terra e contro le scariche atmosferiche, impianto di illuminazione esterna, reti acqua potabile e industriale, fognature, telefoni, gas, ecc.) e dei relativi impianti;
- eventuale perforazione di pozzi per l'approvvigionamento dell'acqua industriale;
- costruzione dei basamenti di impianti e fabbricati;
- montaggio dei capannoni prefabbricati e degli impianti.

Al termine dei lavori, i prefabbricati e le installazioni saranno rimossi e si procederà al ripristino dei siti, salvo che per le parti che resteranno a servizio della linea nella fase di esercizio. La sistemazione degli stessi sarà concordata con gli aventi diritto e con gli enti interessati e comunque in assenza di richieste specifiche si provvederà al ripristino, per quanto possibile, come nello stato ante operam.

2.9 VIABILITÀ E FLUSSI DI TRAFFICO

Un aspetto importante del progetto di cantierizzazione dell'opera in esame consiste nello studio della viabilità che verrà utilizzata dai mezzi coinvolti nei lavori. Tale viabilità è costituita da tre tipi fondamentali di strade: le piste di cantiere, realizzate specificatamente per l'accesso o la circolazione dei mezzi impiegati nei lavori, la viabilità ordinaria di interesse locale e la viabilità extraurbana.

La scelta delle strade da utilizzare per la movimentazione dei materiali, dei mezzi e del personale è stata effettuata sulla base delle seguenti necessità:

- minimizzazione della lunghezza dei percorsi lungo viabilità principali;
- minimizzazione delle interferenze con aree a destinazione d'uso residenziale;
- scelta delle strade a maggior capacità di traffico;
- scelta dei percorsi più rapidi per il collegamento tra cantieri, aree di lavoro e siti di approvvigionamento dei materiali da costruzione e di conferimento dei materiali di risulta.

I percorsi sono stati studiati in funzione della collocazione dei principali siti di approvvigionamento dei materiali e di conferimento delle terre da scavo. Si evidenzia che in questa fase non è possibile identificare in maniera definita i siti cui l'appaltatore si rivolgerà sia per l'approvvigionamento che per lo smaltimento (in base alle regole vigenti sugli appalti pubblici tale scelta non può che spettare all'appaltatore stesso). Tuttavia, si evidenzia che i tratti di intervento, e pertanto i cantieri che eseguiranno i lavori in oggetto, sono prossimi alla strada statale SS131 Carlo Felice; pertanto, i flussi generati da e per i cantieri si immetteranno rapidamente su tale viabilità riducendo al minimo i disagi e l'interferenza con la viabilità locale.
L'accesso ai cantieri avverrà attraverso la viabilità ordinaria esistente, localmente potranno essere realizzati dei brevi tratti di viabilità (piste) o saranno adeguati tratti di viabilità locale esistente (eventualmente con piazzole di incrocio mezzi), per consentire l'accesso al cantiere dalla viabilità ordinaria.
All'area di cantiere avranno accesso solo ed esclusivamente i mezzi autorizzati per le lavorazioni, movimenti terre, calcestruzzi, demolizioni, per il trasporto di persone, per l'approvvigionamento di materiali.
L'accesso ai cantieri dovrà essere facilmente individuabile mediante l'utilizzo di cartelli e segnalazioni stradali, nell'intento di ridurre al minimo l'impatto legato alla circolazione dei mezzi sulla viabilità.
Occorre intensificare e predisporre una accurata segnaletica stradale in modo da rendere il percorso facilmente individuabile dagli autisti dei mezzi di cantiere evitando indecisioni e favorendo, in tal modo, la sicurezza e la scorrevolezza del traffico veicolare.

2.9.1 Viabilità di accesso alle aree di cantiere

Le criticità riportate di seguito riguardano le viabilità di accesso ai cantieri e sono strettamente correlate alla conformazione del territorio ed alle infrastrutture viarie esistenti.
Alcune viabilità, in particolare le viabilità secondarie o poderali, possono presentarsi localmente dissestate o con sezione insufficiente; pertanto, in fase di cantiere sarà necessario il loro adeguamento, eventualmente realizzando delle piazzole di incrocio mezzi per consentire l'accessibilità alle aree di cantiere.
Inoltre, l'accesso ad alcune aree può avvenire solo tramite piste di cantiere o utilizzando le viabilità di progetto da anticipare in modo da utilizzarle appunto come vie d'accesso.

Nella figura seguente è riportato lo schematico semplificativo di intervento e la localizzazione delle aree di cantiere che caratterizzano la Variante di Bauladu:

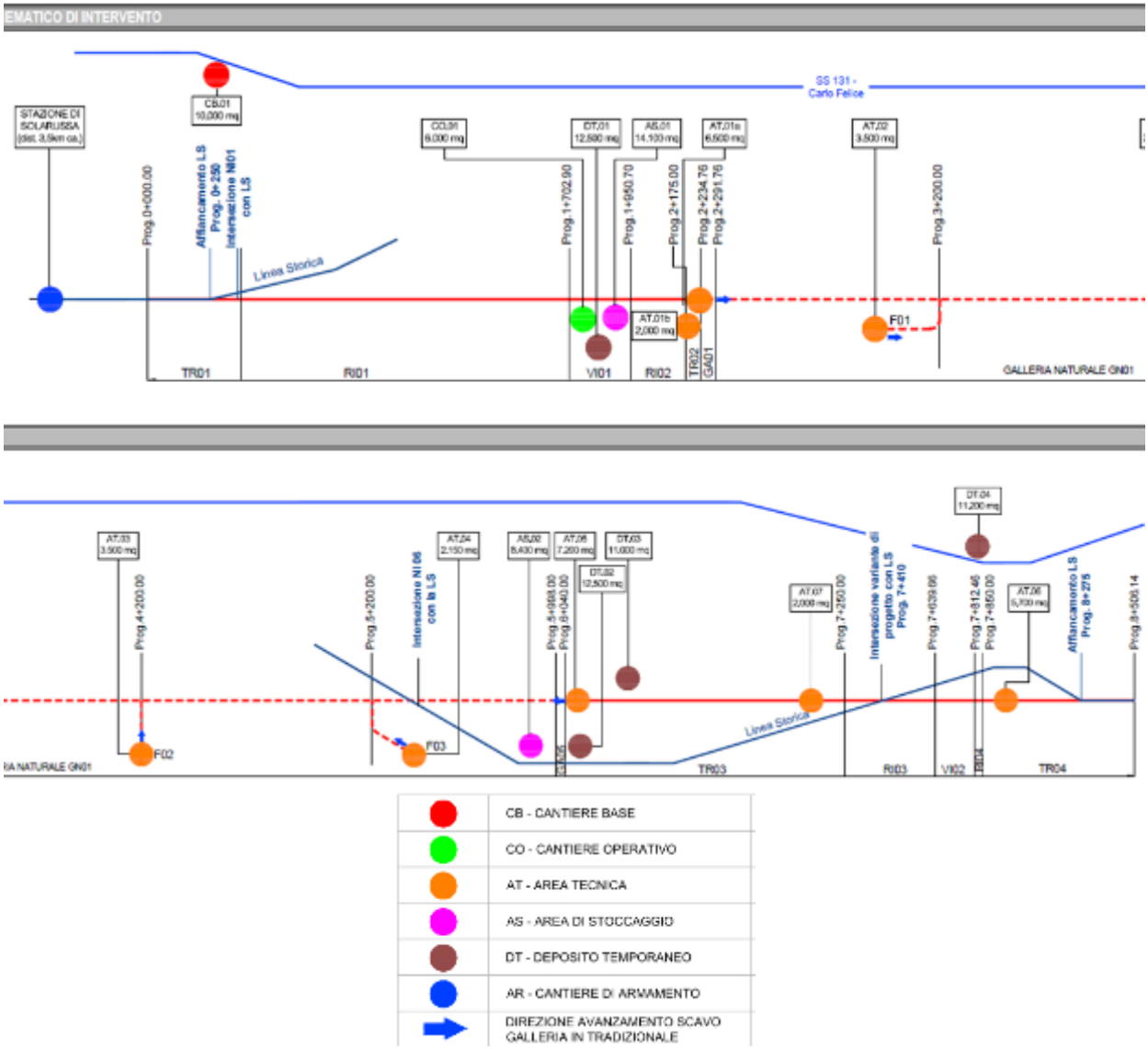


Figura 21 - Schema semplificativo di intervento e la localizzazione delle aree di cantiere che caratterizzano la Variante di Bauladu

2.9.2 Viabilità e flussi di traffico

Le stime sono state eseguite sulla base delle produzioni riferite ai materiali maggiormente significativi in termini di volume, in particolare:

- in uscita dai cantieri delle terre di risulta dagli scavi (per le quali si è ipotizzato il trasporto mediante dumper da 15 m^3);
- in ingresso ai cantieri degli inerti per la realizzazione dei rilevati ed il calcestruzzo (anche per questi è stato ipotizzato il trasporto mediante dumper da 15 m^3, mentre mediante autobetoniera da 8 m^3 per il cls);

- i volumi delle terre/pietrisco sono stati maggiorati di un coefficiente pari a 1,35 (coefficiente moltiplicativo per il passaggio da banco a mucchio).

Nella tabella seguente sono indicati i flussi di traffico, in termini di viaggi medi giornalieri, che si creano durante le varie lavorazioni ottenuti sulla base del cronoprogramma dei lavori:

FLUSSI DI TRAFFICO IN INGRESSO E USCITA DALLE AREE DI CANTIERE PRINCIPALE - PARTE A

Fx	RAMO STRADALE > FLUSSI RELATIVI AI LAVORI DELLA VARIANTE DELLA PARTE A

I valori dei flussi riportati sono da intendersi come flussi medi giornalieri. Il valore espresso rappresenta quello di sola andata e quindi il valore comprensivo del ritorno è pari al doppio di quello riportato

RAMO STRADALE	Flusso medio IN USCITA (scavi in esubero) derivante dalle lavorazioni delle seguenti WBS	Flusso medio IN USCITA (v/glav) scavi in esubero	Flusso medio IN ENTRATA derivante dalle lavorazioni delle seguenti WBS (corpo stradale, calcestruzzi, altri materiali)	Flusso medio IN INGRESSO (v/glav) scavi in esubero
F1	Scavo da NV02 e trincea di imbocco lato Oristano	20	Scavo da NV02 e trincea di imbocco lato Oristano	10
F2				
F5	Scavo da NV06.A.A, trincea di imbocco lato Bonorva e tombini IN08 e IN09	40	Scavo da NV06.A.A, trincea di imbocco lato Bonorva e tombini IN08 e IN09	10
F6				

Tabella 7 - Flussi di traffico stimati in ingresso e in uscita dalle aree di cantiere

I flussi per la movimentazione dei principali materiali di cui sopra sono stati stimati sulla base del programma lavori e distribuiti sulla rete viaria esistente di collegamento tra le aree di cantiere e i siti di approvvigionamento e conferimento dei materiali in esubero.
Si rimanda anche alle tavole grafiche del progetto di cantierizzazione per un dettaglio sulla distribuzione dei flussi sulla rete viaria esistente (elaborati n. RR150AEZZP4CA0000001-4A).

2.9.3 Modalità di stima dei flussi di traffico

I flussi di traffico analizzati e riportati nella tavola sono stati calcolati sulla base del cronoprogramma dei lavori con il seguente procedimento:

a) Per ciascuna tipologia di attività è stata calcolata la produzione giornaliera di traffico.
b) Per ciascuna opera è stata analizzata la viabilità percorsa dai mezzi per l'approvvigionamento del cls dall'impianto più vicino, per il trasporto alle cave da riambientalizzare e per il conferimento alle discariche autorizzate.
c) Mediante il programma lavori, si sono valutate le contemporaneità di lavorazioni, che hanno un'evoluzione con l'avanzamento dei lavori, determinando anche su quali viabilità si sommano i flussi di transito generati da lavorazioni in aree di lavoro differenti.
d) Per ciascuna viabilità si è costruito un istogramma temporale dei flussi di traffico generati da tutte le attività di cantiere, mediato su intervalli di tempo di durata trimestrale. Sulla base di tale istogramma temporale sono stati calcolati due valori:

a. il flusso medio, determinato come media calcolata unicamente sui trimestri nei quali l'attività che genera il flusso si verifica (ad esempio se lo scavo, si svolge solo nei mesi da 1 a 10, la media è calcolata sui 10 mesi in e non sulla durata totale dell'appalto);
b. la durata effettiva del flusso espresso in trimestre di inizio e fine.

È importante evidenziare come la redazione da parte dell'Appaltatore di un nuovo Programma Lavori in fase di Progettazione Costruttiva potrà determinare una variazione dei flussi di traffico, qualora lo stesso Appaltatore decida, nel rispetto dei tempi e dei costi previsti, di costruire alcune opere in sequenza diversa rispetto a quanto attualmente ipotizzato.

2.9.4 Macchinari utilizzati durante i lavori

Per la realizzazione delle opere civili si può prevedere in linea generale l'impiego delle seguenti tipologie di macchinari principali:

Simbolo	Descrizione
Attrezzature principali	
A	Apripista Dozer
B	Escavatori
C	Escavatori con martellone
D	Pale gommate
E	Pale cingolate
F	Autocarri e dumper
G	Sonde di perforazione per micropali
H	Rock drilll per chiodature scarpate
I	Motocompressori
L	Impianti di miscelazione
M	Pompe per acqua
N	Autobotti
O	Autobetoniere
P	Auto Pompe per calcestruzzo e spritz-beton
Q	Vibratori per cls
R	Grader
S	Rulli compattatori
T	Vibrofinitrici
U	Autogrù idrauliche ed a traliccio
V	Autocarro ribaltabile 4 assi
Z	Carrelli elevatori

Impianti fissi	
X	Generatori corrente
Y	Impianti trattamento acque
W	Impianti lavaggio ruote
Attrezzature non motorizzate	
c	Cassaforme
p	Ponteggi

Nella tabella seguente l'indicazione delle attrezzature impiegate per ogni WBS:

Imbocco sud	**Descrizione**	**Attrezzature Impiegate**
NV02	Viabilità di accesso area di sicurezza imbocco Sud Galleria Bauladu km 2+234,76	Scavo: A, B, C, D, F Corpo stradale: D, E, F, N, R, S,T;V Canalette: c, O, P, Q
RI56	Piazzale locale PGEP Imbocco Sud km 2+234,76	Scavo: A, B, C, D, F Sottofondo: D, N, S, V
RI51	Area di sicurezza Imbocco Sud Galleria Bauladu km 2+234,76	Scavo: A, B, C, D, F Sottofondo: D, N, S, V
IN04	Tombino stradale	Scavo: A, B, C, D, F Armatura e getto: c,p,M,N,O;P,Q Ritombamento: B, D, F, S
TR02	Trincea Galleria Bauladu - imbocco Oristano	Scavo superficiale: A, B, C, D, F Scavo in roccia con esplosivo:H,I,L,N Chiodatura scarpate: H, I, L, M, N Spritz-beton scarpate: O, P, Q Cordoli e Canalette: c,O,P,Q
GA01 (ex GI01)	Galleria Bauladu - imbocco Oristano	Sterro: A, B, C, D, F Micropali: G, L, M, N Scavo con esplosivo: H, I, L, N Chiodatura scarpate: H, I, L, M, N Spritz-beton scarpate: O, P, Q Cordoli e Canalette: c,O,P,Q
	Aree Tecniche e di deposito provvisorio Imb. Sud	**Impianti fissi**
AT.01.b(RI56)	Piazzale locale PGEP Imbocco Sud km 2+234,76	Gestione accumuli temporanei: E,N,F

AT.01a(RI51)	Area di sicurezza Imbocco Sud Galleria Bauladu km 2+234,76	Gestione accumuli temporanei: E,N,F
DT.01	Area di deposito	Gestione accumuli temporanei: E,N,F
Imbocco Nord	**Descrizione**	**Attrezzature Impiegate**
NV06 AA	Viabilità accesso Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco Nord – da km 0+145 a km 0+665	Scavo: A, B, C, D, F Corpo stradale:D,E,F,N,R,S,T;V Canalette: c, O,P,Q
RI52	Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco nord km 6+040	Scavo: A, B, C, D, F Sottofondo:D, N, S, V
IN07	Tombino stradale	Scavo: A, B, C, D, F Armatura e getto: c,p,M,N,O;P,Q Ritombamento: B, D,F,S
IN08	Tombini ferroviari scatolari	Scavo: A, B, C, D, F Armatura e getto: c,p,M,N,O;P,Q Ritombamento: B, D, F,S
IN09	Tombini ferroviari scatolari	Scavo: A, B, C, D, F Armatura e getto: c,p,M,N,O;P,Q Ritombamento: B, D, F,S
TR03AA	Trincea 3 Galleria Bauladu – imbocco Bonorva – da km 6+040.00 a km 6+110.00	Scavo superficiale: A, B, C, D, F Scavo in roccia con esplosivo: H,I,L,N Chiodatura scarpate: H, I,L,M,N Spritz-beton scarpate: O, P, Q Cordoli e Canalette: c,O,P,Q
GA05 (ex GI05)	Galleria Bauladu – imbocco Bonorva	Sterro: A, B, C, D, F Micropali: G,L,M,N Scavo con esplosivo: H,I,L,N Chiodatura scarpate: H,I,L,M,N Spritz-beton scarpate: O,P,Q Cordoli e Canalette: c,O,P,Q
	Aree Tecniche e di deposito provvisorio Imb. Nord	Impianti fissi
RI52	Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco nord km 6+040	Gestione accumuli temporanei: E,N,F
DT.02	Area di deposito GN.01	Gestione accumuli temporanei: E,N,F
DT.03	Area di deposito TR.03	Gestione accumuli temporanei: E,N,F

Tabella 8 - Attrezzature utilizzate per ogni WBS

2.10 POTENZIALI RICETTORI

I ricettori sono stati individuati sulla base di un'analisi del territorio e degli studi ambientali svolti per il progetto in esame.
Il territorio interessato dal progetto è prevalentemente di tipo rurale e seminaturale, caratterizzato da un'alternanza di aree agricole a vaste porzioni di incolti (prati, cespugli, ecc.). I ricettori presenti sul territorio attraversato dalle opere in progetto, nonché dal sistema di cantierizzazione, sono stati individuati all'interno di una fascia di 250 metri dall'asse del tracciato.
I ricettori censiti all'interno della suddetta fascia sono solo poche unità e costituiti principalmente da edifici industriali e artigianali; non si rinvengono nuclei residenziali e centri abitati.
Per quanto riguarda invece la presenza di ricettori ad elevata sensibilità, la ricerca è stata estesa ad una fascia di 500 metri dall'asse del tracciato, dando esito negativo.
Per l'ubicazione dei principali ricettori che potrebbero essere interessati dalle lavorazioni di cantiere si rimanda alla consultazione degli elaborati grafici di Progetto Definitivo denominati "Planimetria localizzazione punti di monitoraggio (tav.1-4)" (elaborati n. RR0H01D69P6AC0000001-4B).

2.11 APPROVVIGIONAMENTO E GESTIONE MATERIALI

La stima dei quantitativi dei principali materiali impiegati per la costruzione delle opere risulta fondamentale ai fini della determinazione delle aree necessarie per i cantieri ed in particolare per gli spazi di stoccaggio. Inoltre, tale stima consente di determinare i flussi di traffico previsti nel corso dei lavori di costruzione sulla viabilità esterna ai cantieri, e quindi di verificare l'adeguatezza della stessa e le eventuali criticità.

I dati riportati nel presente paragrafo relativi ai quantitativi dei materiali da costruzione sono da intendersi indicativi e finalizzati alla definizione dei flussi di traffico lungo la viabilità di accesso alle diverse aree di cantiere.

Si riporta anche un elenco dei possibili siti ipotizzati per l'approvvigionamento dei calcestruzzi.

Per maggiori dettagli sui quantitativi dei materiali da movimentare durante i lavori e sulle caratteristiche dei siti di approvvigionamento e smaltimento dei terreni si rimanda agli elaborati di progetto specifici.

2.11.1 Bilancio dei materiali da costruzione

I materiali principali (dal punto di vista quantitativo) coinvolti nella realizzazione delle opere oggetto dell'appalto sono costituiti da:

- terre e rocce da scavo in uscita dal cantiere.
- calcestruzzo in ingresso al cantiere;

Di seguito si sintetizzano i volumi dei materiali principali da movimentare. I volumi delle terre riportati nella seguente tabella sono da intendersi in banco (coefficiente moltiplicativo per il passaggio da banco a mucchio è stimabile pari a 1.35). I volumi di scavo andranno tutti a deposito temporaneo mentre il fabbisogno è tutto approvvigionato esternamente o da WBS di parte A.

Tabella riassuntiva riutilizzi interni FASE A da "Gestione materiali di scavo" (elab. N. RR1500EZZRGTA0000001)

WBS (All.20) al Contratto	Produzione complessiva (m^3)	Riutilizzo nella stessa WBS (m^3)	Riutilizzo diversa WBS			Esubero esterno
			WBS di Riutilizzo	Verso WBS (m^3)	Da WBS (m^3)	Sottoprodotto (m^3)
WBS Imbocco Sud						
NV02	7.907	7.907			1.917	0
IN04	601	509	DT01	92		0
TR02A	3.229	114	DT01-NV02	3.115		0
RI51	1.290	0	DT01	1.290		0
GI01A	7.726	0	DT01	7.726		0
WBS Imbocco Nord						
NV06A.A (da pk 6+040 a pk 6+110)	31.351	738	DT02+AS02	30.613		0
IN07	529	389	DT02+AS02	140		0
TR03A.A (da pk 6+040 a pk 6+110)	7.642	19	DT02+AS02	7.622		0
RI52	21.212	0	DT02+AS02	21.212		0
GI05A	9.897	7	DT02+AS02	9.890		0
IN08	63.443	50.979	DT03+DT03bis	12.464		0
IN09	20.362	16.427	DT03+DT03bis	3.935		0
TOTALE	175.189	77.089		98.100	1.917	0
Riutilizzo complessivo		175.189				

WBS di destinazione Fase A

Deposito Temporaneo

I volumi riportati nella tabella precedente sono da intendersi quali una stima di massima finalizzata alle valutazioni del progetto di cantierizzazione; pertanto, si rimanda al computo metrico di progetto per ogni maggiore dettaglio sulle quantità da movimentare durante i lavori.

2.11.2 Approvvigionamento del calcestruzzo

Nell'ambito del presente progetto di cantierizzazione sono stati individuati sul territorio circostante l'intervento alcuni impianti di betonaggio esistenti potenzialmente utilizzabili durante i lavori.

Il calcestruzzo necessario alla realizzazione delle opere verrà approvvigionato tramite autobetoniere dagli impianti di confezionamento qualificati, presenti sul territorio circostante ovvero dall'impianto di betonaggio di cantiere direttamente al punto di utilizzo, seguendo i ritmi di produzione dettati dal cronoprogramma dei lavori.

Un quadro dei principali impianti di produzione di calcestruzzo presenti nel territorio circostante alle aree di lavoro è riportato nella tabella sottostante.

N° di riferimento	Ragione Sociale	Indirizzo impianto	Comune
I.B.1	Unicalcestruzzi SPA	Località Tossillo	Macomer (NU)
I.B.2	Unicalcestruzzi SPA	Strada St. 388, KM. 8	Simaxis (OR)
I.B.3	Calcestruzzi SPA	Località Fenosu, 1	Oristano
I.B.4	Guido Ruggiu S.R.L.	Località Bia Tramatza	Solarussa (OR)

Tabella 9 - Principali impianti di produzione di calcestruzzo presenti nel territorio

2.11.3 Modalità di trasporto e stoccaggio dei materiali

Materiali ferrosi

I materiali ferrosi necessari alla realizzazione delle opere civili verranno stoccati in piccole quantità lungo le aree di lavoro, in prossimità dei luoghi di utilizzo. Maggiori quantitativi potranno essere stoccati, anche per lunghi periodi, nell'ambito delle aree attrezzate di cantiere (cantieri operativo e aree tecniche).

Inerti e terre

Di norma gli inerti necessari alla realizzazione di sottofondi, rilevati e riempimenti sono approvvigionati "just in time"; non sono quindi necessarie aree per il loro stoccaggio. Al contrario, gli inerti destinati al confezionamento di calcestruzzo verranno stoccati in apposite aree a cielo aperto nel cantiere operativo ove potrà essere installato l'impianto di betonaggio. Il trasporto avverrà esclusivamente via autocarro.

Calcestruzzo

Il calcestruzzo prodotto negli impianti di betonaggio (interni od esterni ai cantieri) verrà approvvigionato direttamente ove necessario tramite autobetoniere. La produzione di calcestruzzo sarà variabile in funzione delle attività in corso nelle varie aree di lavoro.

2.11.4 Approvvigionamento energetico

L'impianto elettrico di cantiere sarà costituito essenzialmente dall'impianto di distribuzione in Bassa Tensione per le utenze del campo industriale, tra le quali principalmente:

- impianti di pompaggio acqua industriale;
- impianto trattamento acque reflue;
- illuminazione esterna;
- officina, laboratorio, uffici, spogliatoi etc.

La fornitura di energia elettrica dall'ente distributore avviene con linea cavo derivato da cabina esistente. L'impianto consta essenzialmente di:

- cabina "punto di consegna" ente gestore dei servizi elettrici;
- cabina di trasformazione containerizzata completa di scomparti M.T., trasformatore, quadro generale di distribuzione B.T. e centralina di rifasamento automatica;
- impianto di distribuzione alle utenze in B.T. attraverso cavi alloggiati entro tubazioni in PVC interrate;
- impianto generale di messa a terra per tutte le apparecchiature e le infrastrutture metalliche;
- stazione di produzione energia per le emergenze.

Tutte le apparecchiature considerate saranno dimensionate, costruite ed installate nel rispetto delle normative e leggi vigenti.

2.11.5 Schede delle aree di cantiere

In base a quanto determinato nel capitolo precedente e in seguito ai sopralluoghi in campo e alle verifiche su vincoli e destinazioni d'uso, sono stati ubicati e dimensionati i cantieri a servizio della linea.

Nel presente capitolo sono illustrate le caratteristiche delle aree di cantiere definite nel presente progetto di cantierizzazione.

In particolare, per ciascuna delle aree di cantiere principali (campo base, cantiere operativo, cantieri di armamento) è stata redatta una scheda che illustra:

- l'utilizzo dell'area;
- l'ubicazione, con la planimetria dell'area e la descrizione del suo inserimento nel contesto urbano contiguo (anche tramite fotografie ed immagini aeree);
- la viabilità di accesso;
- lo stato attuale dell'area, con una sua descrizione di utilizzo ante operam e con la definizione dell'uso del suolo;
- la preparazione dell'area, con la descrizione delle attività necessarie alla preparazione del cantiere;
- gli impianti e le installazioni previste in corso d'opera;
- le attività di ripristino dell'area a fine lavori.

CODICE	DESCRIZIONE	COMUNE	SUPERFICIE
CB.01	Cantiere base	Bauladu (OR)	20.000 m^2

UTILIZZO DELL'AREA

Il cantiere base funge da supporto logistico per tutte le attività relative alla costruzione della variante Bauladu. Il cantiere base è il cantiere all'interno del quale saranno disposti gli alloggi e tutto ciò che occorre alla realizzazione dell'opera in termini di direzione ed uffici nonché di gestione dei rapporti con l'esterno. L'area individuata nel PE nell'ex campo di calcio è dotata di allacci elettrici, idrici e fognari e pertanto non richiede attività di urbanizzazione e per questo la rendono adatta ad un utilizzo come base logistica in tempi brevi. Si sono inoltre individuati nel territorio servizi ad uso refettorio ed abitativo integrativi e per il periodo necessario alla predisposizione dell'impianto cantiere completo dotato di servizi, dormitori, uffici e installazioni fisse adeguate al prosieguo delle attività anche per la parte B. L'ex area CB.01 eventualmente potrà risultare utile per lo stoccaggio dei materiali da costruzione e per le aree di lavoro e di conseguenza sarà fornita delle installazioni funzionali a queste attività.

POSIZIONE E STATO ATTUALE DELL'AREA

L'area si trova nel comune di Bauladu (OR), nell'ex campo sportivo messo a disposizione dal Comune che risulta dotato di tutti gli allacci elettrici, idrici e fognari. L'area è prossima alla SS131 – Carlo Felice all'altezza dell'abitato ed è delimitata a Nord dalla LS stessa.

Figura 22 - Vista aerea del CB.01

VIABILITÀ DI ACCESSO

L'accesso al campo base avverrà dalla strada locale F7, attraversando il centro abitato di Bauladu. Tale viabilità è raggiungibile dalla SS131 prendendo appunto l'uscita per Bauladu.

Figura 23 - Vista della viabilità di accesso al Campo Base (Svincolo uscita SS131 - Località Bauladu)

Figura 24 - Vista della viabilità di accesso al Campo Base (Località Bauladu)

PREPARAZIONE ALL'AREA DI CANTIERE

Preventivamente all'installazione del cantiere si dovrà provvedere alle seguenti operazioni:

- rimozione della vegetazione spontanea e dei materiali di rifiuto presenti;

- scotico, livellamento e realizzazione di un sottofondo in misto stabilizzato;
- installazione di una recinzione;
- demolizione preesistenze presenti nell'area.

IMPIANTI ED INSTALLAZIONE DI CANTIERE

Il cantiere base potrà ospitare indicativamente le seguenti installazioni principali:

- guardiania;
- uffici impresa e direzione lavori;
- wc;
- spogliatoi;
- dormitori;
- mensa;
- infermeria;
- officina;
- magazzino;
- pesa mezzi;
- laboratorio;
- serbatoio idrico;
- area raccolta rifiuti;
- parcheggio;
- lavaggio gomme;
- torri faro per illuminazione

L'appaltatore, in base alla propria organizzazione d'impresa, potrà eventualmente valutare la possibilità di ricorrere alle strutture ricettive presenti per assolvere ai servizi di vitto e alloggio delle maestranze. In tal caso nel campo base saranno previste le dotazioni di logistica funzionali alle attività di gestione del personale e di manutenzione delle attrezzature presenti nel cantiere.

RISISTEMAZIONE DELL'AREA

Al termine dei lavori l'area verrà ripristinata allo stato precedente l'apertura del cantiere.

CODICE	DESCRIZIONE	COMUNE	SUPERFICIE
AT.01a AT.01b	Aree Tecniche di imbocco	Solarussa (OR)	4.500 m^2 2.000 m^2

UTILIZZO DELL'AREA

Le aree tecniche, deputate al supporto per le attività relative allo scavo della galleria naturale GN01 galleria Bauladu (imbocco Sud) e alle lavorazioni sui relativi piazzali, in questa fase saranno utilizzate come aree di stoccaggio temporaneo dei materiali estratti dagli scavi per il tempo necessario alla loro classificazione e valutazione della destinazione provvisoria o definitiva.

In questa fase

LAVORAZIONI PRINCIPALI:

- Scavo in tradizionale della Trincea TR02GN01 (lato Solarussa) (in parte A)
- Realizzazione fabbricati tecnologici ed aree di sicurezza (in parte B)

POSIZIONE E STATO ATTUALE DELL'AREA

Le aree si trovano nel comune di Solarussa, all'altezza circa della Km 2+200, su un terreno in pendenza che presenta diffusa vegetazione di arbusti.

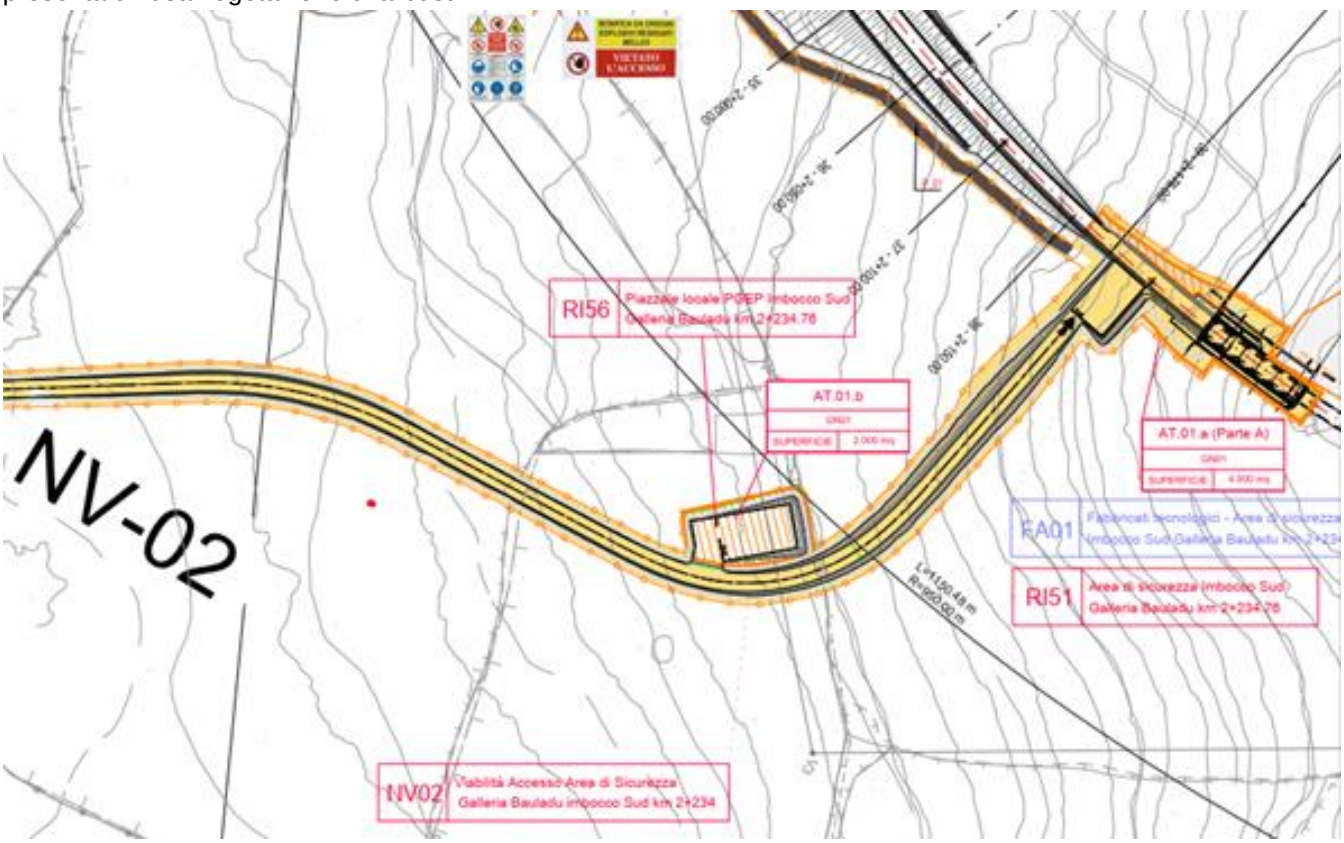


Figura 25 - Stralcio planimetrico aree dei lavori NV02 e trincee Imbocco Sud

Figura 26 - Vista dalle aree prossime al DT.01 (Panoramica)

VIABILITÀ DI ACCESSO

L'accesso avverrà seguendo l'itinerario di ingresso al cantiere operativo CO.01 procedendo da via Villanova e proseguendo su pista di cantiere da predisporre sulla viabilità di progetto di accesso al piazzale di emergenza al km 2+200.

PREPARAZIONE ALL'AREA DI CANTIERE

Preventivamente all'installazione del cantiere si dovrà provvedere alle seguenti operazioni:

- rimozione della vegetazione spontanea e arbusti presenti;
- realizzazione pista di accesso al cantiere;
- livellamento e realizzazione di un sottofondo in misto stabilizzato;
- installazione di una recinzione.

IMPIANTI ED INSTALLAZIONE DI CANTIERE

L'area tecnica ospiterà indicativamente le seguenti installazioni essenziali per questa fase lavori:

- Container magazzino;
- Container spogliatoi e primo soccorso
- WC chimico;
- impianto di miscelazione malta per micropali e chiodi;

- generatore elettrico;
- area per stoccaggio e prima frantumazione materiali provenienti dallo scavo;
- area ricovero mezzi e attrezzature;
- parcheggi per automezzi e mezzi d'opera;

RISISTEMAZIONE DELL'AREA

Al termine dei lavori l'area verrà ripristinata allo stato precedente l'apertura del cantiere, ovvero secondo quanto previsto dal progetto.

CODICE	DESCRIZIONE	COMUNE	SUPERFICIE
AT.05	AREA TECNICA DI IMBOCCO	BAULADU (OR)	5.400 m^2

UTILIZZO DELL'AREA

L'area tecnica funge da supporto per le attività relative allo scavo della galleria naturale GN01 galleria Bauladu (imbocco Sassari) e presenta una superficie di circa 5.400m2 in parte A dei totali 7.200 m2 disponibili.

LAVORAZIONI PRINCIPALI:

- Scavo della trincea TR03 AA, IN08 e IN09..

POSIZIONE E STATO ATTUALE DELL'AREA

L'area si trova nel comune di Bauladu, all'altezza del Km 6+050, su un terreno in leggera pendenza che presenta diffusa vegetazione spontanea e arbusti di macchia mediterranea.

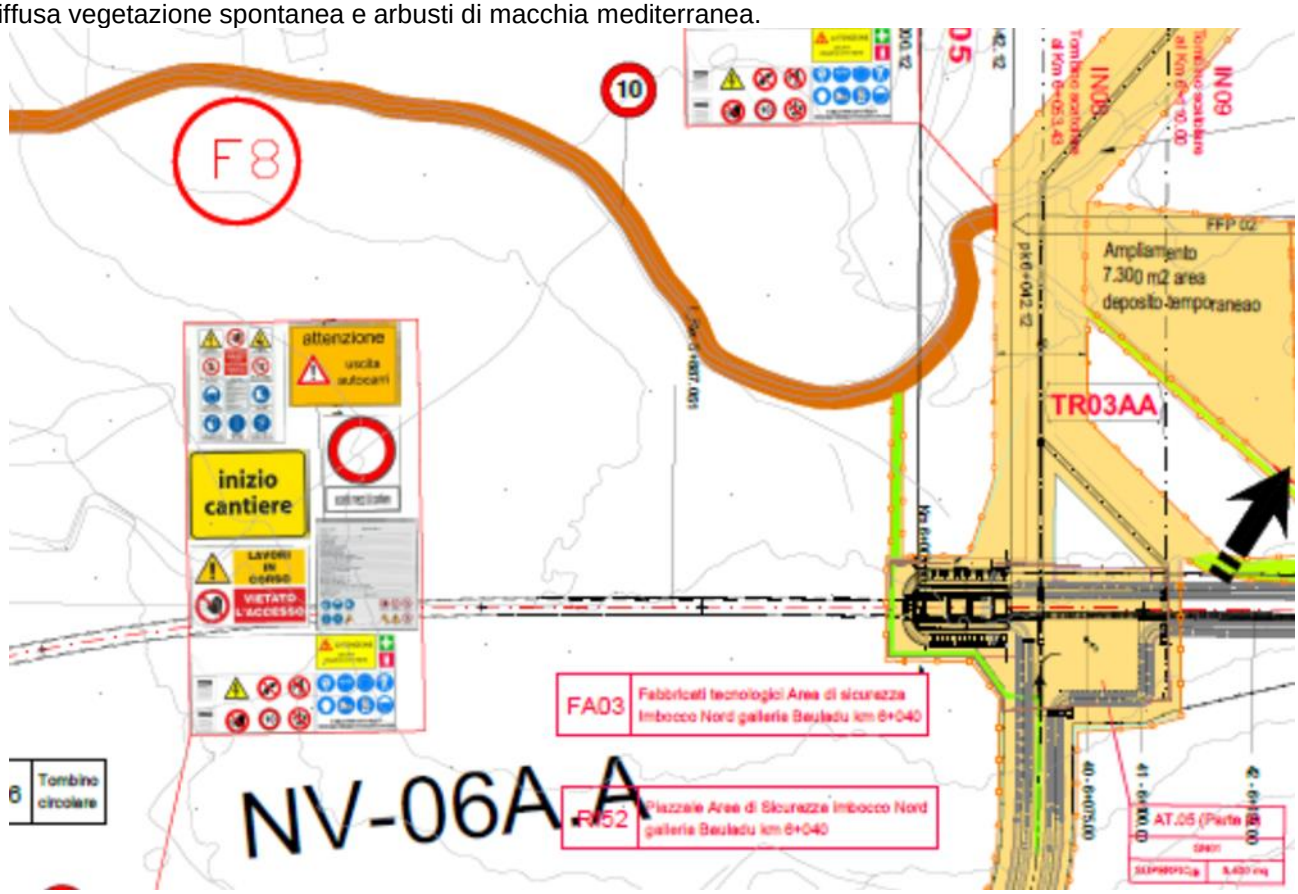


Figura 27 - Stralcio planimetrico del AT.05 in parte A e delle piste d'accesso su viabilità di progetto NV06A.A

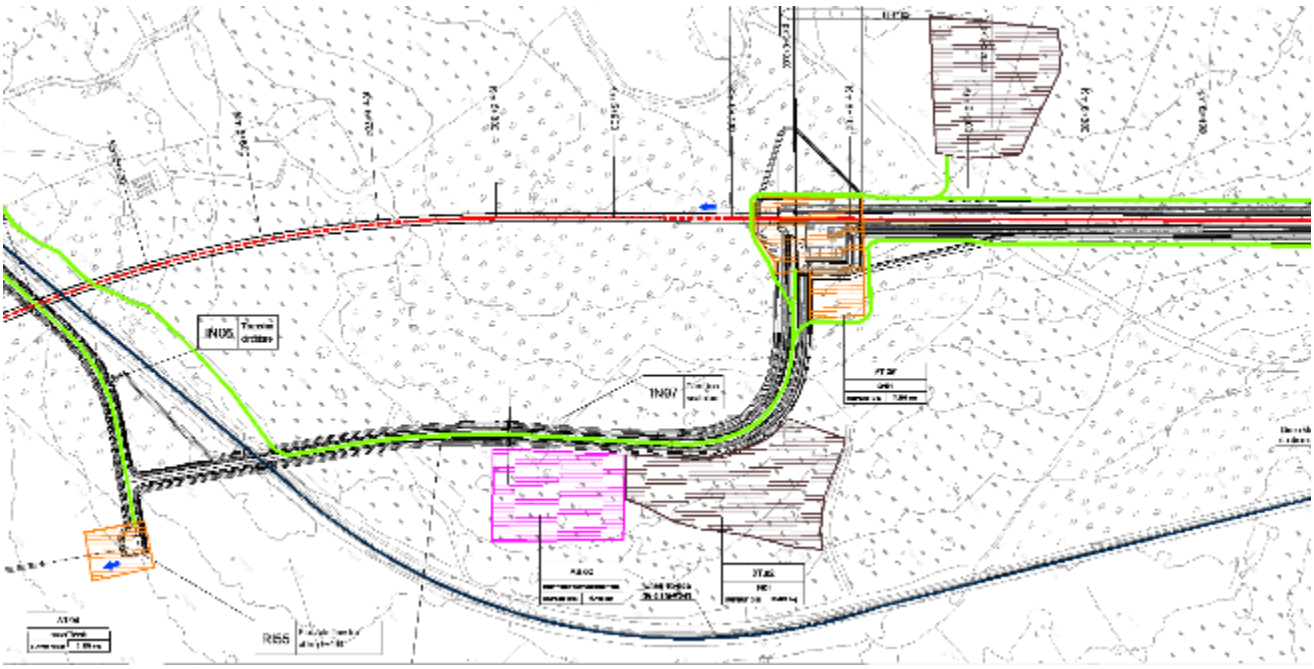


Figura 28 - Stralcio planimetrico dell'area di cantiere AT.05 e della pista d'accesso su viabilità di progetto

VIABILITÀ DI ACCESSO

L'accesso avverrà seguendo la strada provinciale proveniente da Baluadu (la SP9) e proseguendo su Viale della Libertà e via Mannu e successivamente (prima della fermata di Bauladu) sulla viabilità locale dell'area (in sx alla LS). Il tratto di viabilità locale necessita di adeguamento, eventualmente con piazzole di incrocio dei mezzi. Oltre la viabilità locale sarà necessario predisporre una pista di cantiere che consenta di raggiungere l'area di imbocco AT.05 e le altre aree di cantiere presenti (AS.02, DT.02, DT.03).

Figura 29 - Vista della viabilità locale di accesso all'area (da adeguare eventualmente con piazzole di incrocio)

PREPARAZIONE ALL'AREA DI CANTIERE

Preventivamente all'installazione del cantiere si dovrà provvedere alle seguenti operazioni:

- rimozione della vegetazione spontanea e arbusti presenti;
- realizzazione pista di accesso al cantiere;
- livellamento e realizzazione di un sottofondo in misto stabilizzato;
- installazione della recinzione di cantiere.

IMPIANTI ED INSTALLAZIONE DI CANTIERE

L'area tecnica ospiterà in via indicativa per questa fase iniziale installazioni essenziali:

- Container ufficio/magazzino;
- WC di tipo chimico;
- serbatoio idrico;
- area raccolta rifiuti;
- generatore di corrente e torre faro per illuminazione notturna
- area stoccaggio materiali da costruzione;
- area ricovero mezzi e attrezzature;
- parcheggi per automezzi e mezzi

RISISTEMAZIONE DELL'AREA

Al termine dei lavori l'area verrà ripristinata secondo le indicazioni del progetto.

CODICE	DESCRIZIONE	COMUNE	SUPERFICIE
DT.01	DEPOSITO TEMPORANEO	SOLARUSSA (OR)	12.500 m^2

UTILIZZO DELL'AREA

L'area di deposito temporaneo verrà impiegata per l'accumulo del materiale di scavo della galleria e delle opere all'aperto in caso di indisponibilità dei depositi definitivi dello smarino. Il deposito temporaneo, laddove consentito dal Committente, può fungere da supporto a tutti i lavori della variante e può essere organizzato per contiene impianti di supporto alle lavorazioni sia relative allo scavo delle trincee e dell'imbocco della galleria lato Sud, sia delle opere all'aperto relative alla NV02.

LAVORAZIONI PRINCIPALI IN PROSSIMITA' DEL CANTIERE:

- Scavo e sostegno della trincea TR.02 e dello scavo dell'imbocco GI.01 (GA.01);
- Scavo e sistemazione delle AT.01.a e AT.01.b;
- Lavori per la realizzazione della nuova viabilità NV.02.

POSIZIONE E STATO ATTUALE DELL'AREA

L'area risulta ubicata nel comune di Solarussa e si presenta regolare e pianeggiante. L'area presenta vegetazione spontanea e risulta utilizzata a pascolo.

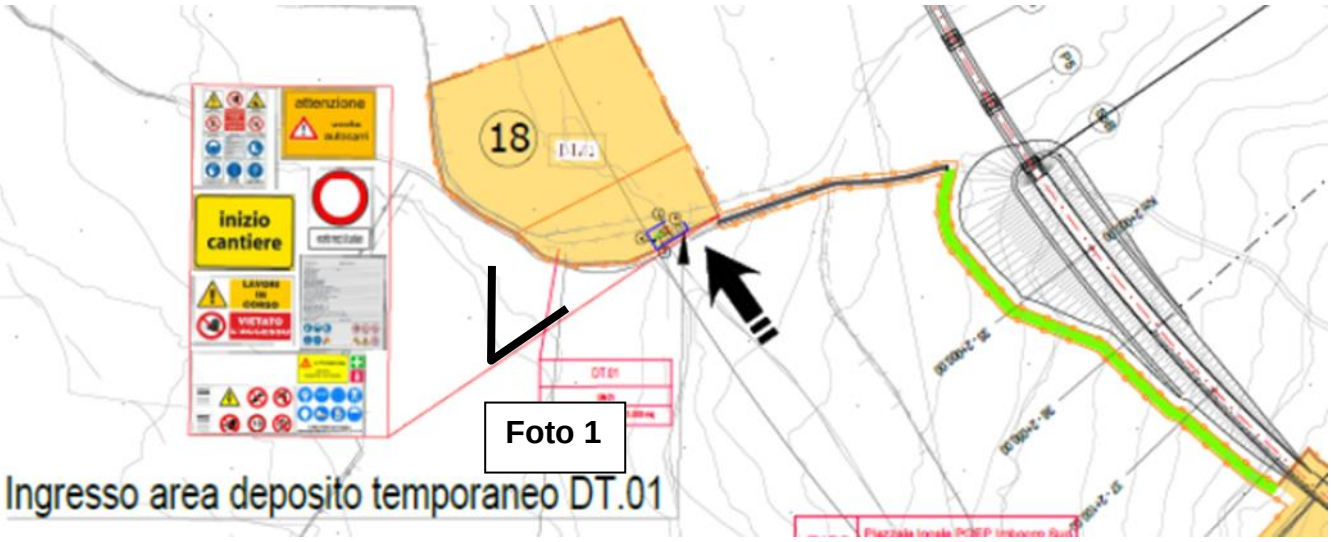


Figura 30 - Vista aerea ubicazione deposito temporaneo DT.01

Figura 31 - Vista dell'area della DT.01 dalle aree prossime al deposito temporaneo

VIABILITÀ DI ACCESSO

L'accesso avverrà seguendo l'itinerario di ingresso al cantiere operativo CO.01 procedendo da via Villanova e proseguendo su pista di cantiere da predisporre sulla viabilità di progetto di accesso al piazzale di emergenza al km 2+200.

PREPARAZIONE ALL'AREA DI CANTIERE

Preventivamente all'installazione del cantiere si dovrà provvedere alla pulizia e recinzione delle aree.

IMPIANTI ED INSTALLAZIONE DI CANTIERE

All'interno dell'area di cantiere non sono previste strutture fisse: si tratta unicamente di un piazzale in cui si depositano i volumi di scavo in caso di indisponibilità dei depositi definitivi. Nell'area si installeranno comunque servizi igienici di tipo chimico. Le installazioni previste sono minime, e comprendono:

- Servizi igienici di tipo chimico
- Aree stoccaggio materiali
- Parcheggi per mezzi di lavoro

RISISTEMAZIONE DELL'AREA

L'area del cantiere, una volta smantellate le installazioni presenti, verrà restituita alla destinazione d'uso attuale.

CODICE	DESCRIZIONE	COMUNE	SUPERFICIE
DT.02 DT.03	DEPOSITO TEMPORANEO	BAULADU (OR)	12.500 m^2 11.000 m^2

UTILIZZO DELL'AREA

L'area DT.02 (12.500 mq) potrà essere resa disponibile e utilizzata come area di stoccaggio provvisoria delle terre provenienti dallo scavo delle opere di parte A (come illustrato nell'allegato).

L'area DT.03 (11.000 mq) potrà essere resa disponibile e utilizzata come area di stoccaggio provvisoria delle terre provenienti dallo scavo delle opere di parte A (come illustrato nell'allegato 1).

Il deposito temporaneo, laddove consentito dal Committente, può fungere da supporto a tutti i lavori della variante e può essere organizzato per contiene impianti di supporto alle lavorazioni sia relative allo scavo delle trincee e dell'imbocco della galleria lato Sud, sia delle opere all'aperto relative alla NV06A.A.

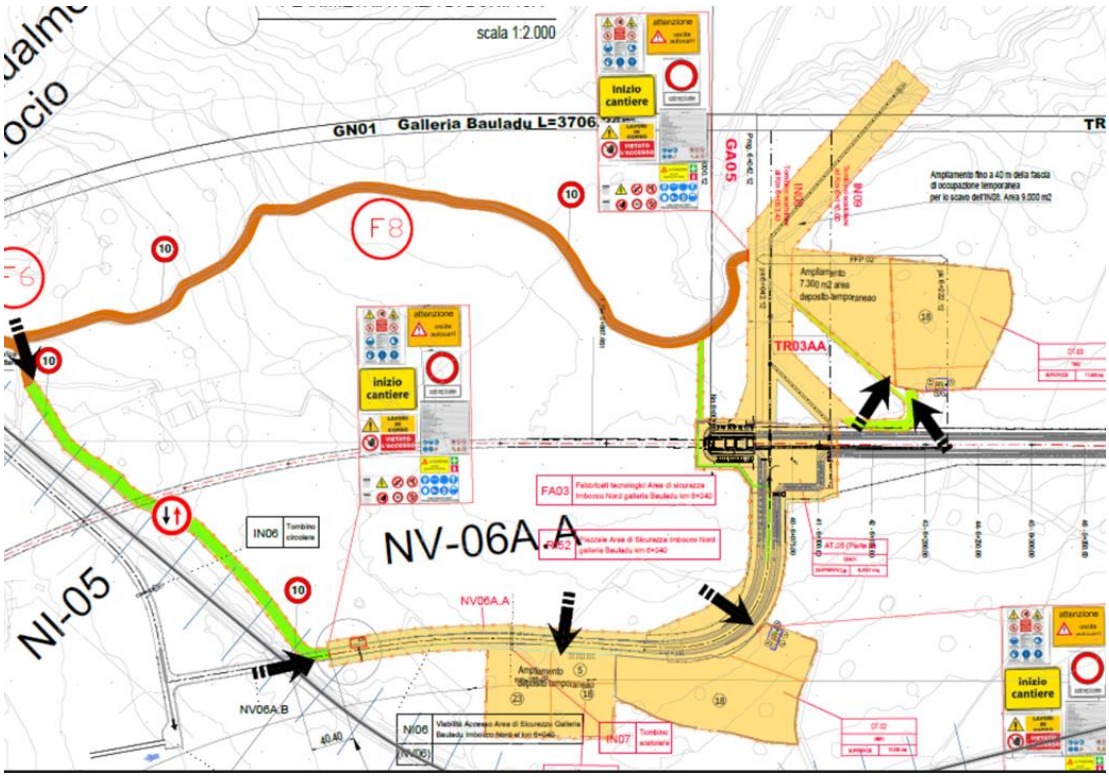


Figura 32 - Vista aerea depositi temporanei: DT.02-DT.03 e ampliamenti previsti

LAVORAZIONI PRINCIPALI IN PROSSIMITA' DEL CANTIERE:

- Lavori per la realizzazione della nuova viabilità NV.06.A.A (compreso tombino IN07);
- Scavo e sostegno della trincea TR.03AA e dello scavo dell'imbocco GI.05 (GA.05);
- Scavo e sistemazione delle AT.05;

Scavo e sostegno trincee IN08 e IN09 e realizzazione tombini e opere idrauliche annesse

POSIZIONE E STATO ATTUALE DELL'AREA

Le aree risultano entrambe ubicate nel comune di Bauladu (OR) e si presentano in generale in superfici regolari e pianeggianti. Il DT.02 è destinato ad uso agricolo (seminativo) il DT.03 prevalentemente ad uso agricolo ed in parte a pascolo dove presenta della rada vegetazione spontanea.

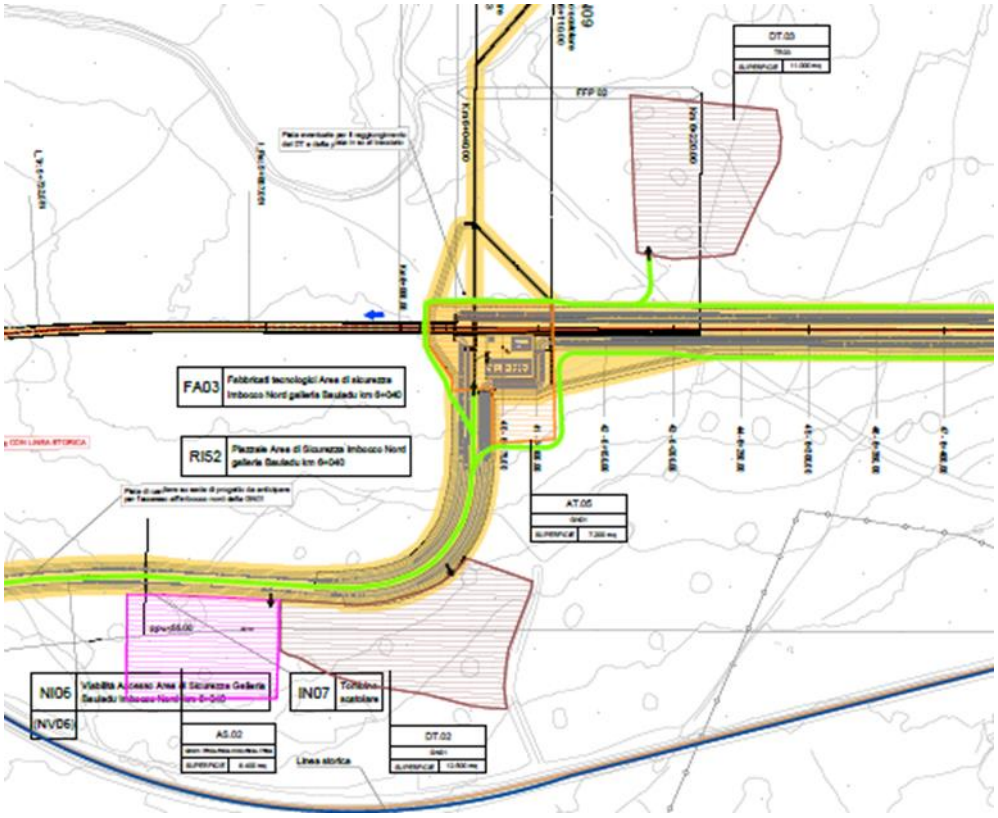


Figura 33 - Vista aerea depositi temporanei: DT.02-DT.03

VIABILITÀ DI ACCESSO

L'accesso avverrà seguendo l'itinerario di ingresso al cantiere di imbocco della GN01 lato Sassari (AT.05) su pista di cantiere da predisporre.

PREPARAZIONE ALL'AREA DI CANTIERE

Preventivamente all'installazione del cantiere si dovrà provvedere alla pulizia e recinzione delle aree.

IMPIANTI ED INSTALLAZIONE DI CANTIERE

All'interno di ciascuna area di cantiere non sono previste strutture fisse: si tratta unicamente di un piazzale in cui si depositano i volumi di scavo in caso di indisponibilità dei depositi definitivi. Nell'area si installeranno comunque servizi igienici di tipo chimico. Le installazioni previste sono minime, e comprendono:

- Servizi igienici di tipo chimico
- Aree stoccaggio materiali
- Parcheggi per mezzi di lavoro

RISISTEMAZIONE DELL'AREA

L'area del cantiere verrà restituita alla destinazione d'uso attuale secondo il progetto.

PARTE 2

3. GENERALITÀ

Nel presente capitolo si descrivono le componenti ambientali principalmente impattate dalla fase di cantierizzazione e realizzazione delle opere, si evidenziano le potenziali interferenze che le attività di cantiere possono causare su tali componenti nelle aree limitrofe alle aree interessate direttamente dalle lavorazioni. Vengono inoltre illustrate, a titolo indicativo ma non esaustivo, le principali procedure operative e gli interventi diretti di mitigazione da adottare per ciascun aspetto ambientale ritenuto significativo.

Si precisa che, in base a quanto disciplinato da RFI nei Contratti d'Appalto e come anticipato sopra, sarà cura dell'Appaltatore implementare un Sistema di Gestione Ambientale (SGA) per una corretta conduzione operativa delle pratiche di cantiere e delle lavorazioni in progetto.

3.1 VINCOLI ESECUTIVI E CRITICITÀ

Di seguito vengono sintetizzate le principali interferenze e criticità che si potranno verificare durante l'esecuzione delle diverse lavorazioni.

3.1.1 Interferenze con l'esercizio ferroviario

La realizzazione della viabilità NV02, che anticipano lo sviluppo dell'intervento nell'ambito della Velocizzazione della Linea San Gavino-Sassari-Olbia, non risulta interferente con l'esercizio della linea ferroviaria esistente.

3.1.2 Interferenze con la viabilità esistente

Il progetto non comporta interferenze con le viabilità esistenti, in quanto le viabilità di progetto, per l'accesso alle aree lavori od ai piazzali di emergenza, si attestano su viabilità poderali o secondarie e non comportano disturbo al traffico.

In ogni caso le attività di ricucitura ed innesto sulle viabilità esistenti saranno gestite garantendo il transito viario, con la sezione corrente o ricorrendo a locali parzializzazioni (a senso unico alternato) nella zona di innesto.

3.1.3 Interferenze con altri appalti

Le opere oggetto di questa relazione sono parte del complesso di opere relative al progetto di Velocizzazione della linea San Gavino-Sassari-Olbia, per ciò che riguarda la Variante di Bauladu.

In particolare, le viabilità NV02 e NV06.A.A saranno realizzate per prime e quindi senza interferire con la realizzazione delle opere della Variante di Bauladu, ma è comunque necessario evidenziare che le aree tecniche e le aree logistiche in loco e quelle nell'area del cantiere base, individuate per il presente progetto, saranno messe a disposizione anche per il successivo progetto che vede la realizzazione delle opere della Variante di Bauladu.

Inoltre, si evidenzia che tale viabilità e opere annesse saranno realizzate senza interferenze con altri appaltatori e quindi non necessitano di coordinamento con altri soggetti esecutori presenti durante la fase di cantiere, al fine di gestire opportunamente eventuali spazi operativi e piste di cantiere in comune.

L'appalto dei lavori di rifacimento della SS131 potrebbe invece costituire un impedimento allo svolgimento delle attività, in quanto potrebbe rendere non disponibile una potenziale alternativa al deflusso dei mezzi da e per le aree di cantiere, in particolare nell'area Nord dei lavori.

3.1.4 Interferenze con altri appalti

Le criticità riportate di seguito riguardano le viabilità di accesso ai cantieri e sono strettamente correlate alla conformazione del territorio ed alle infrastrutture viarie esistenti.

Alcune viabilità, in particolare le viabilità secondarie o poderali, possono presentarsi localmente dissestate o con sezione insufficiente, pertanto, in fase di cantiere sarà necessario il loro adeguamento, eventualmente realizzando delle piazzole di incrocio mezzi per consentire l'accessibilità alle aree di cantiere.

Inoltre, l'accesso ad alcune aree può avvenire solo tramite piste di cantiere o utilizzando le viabilità di progetto, da anticipare in modo da utilizzarle appunto come vie d'accesso.

4. PROGRAMMAZIONE, PIANIFICAZIONE TERRITORIALE, SISTEMA DEI VINCOLI E DELLE AREE PROTETTE, BENI STORICI E ARCHITETTONICI

4.1 PIANIFICAZIONE URBANISTICA

L'analisi è stata condotta attraverso la consultazione degli strumenti di pianificazione urbanistica vigenti nei singoli Comuni, nei quali territori ricadono le opere relative alla Variante di Bauladu.

Come si rileva dall'analisi degli strumenti di urbanistici, la variante in progetto attraversa, con opere all'aperto o con opere accessorie (finestre gallerie), i comuni di Solarussa, Bauladu e Paulilatino, ricadenti nella Provincia di Oristano e ne interessa in modo indiretto (aree di cantiere) altri due, rispettivamente: Abbasanta (OR), in cui è presente un'area di cantiere (AR.03), e Tramatza.

L'attuale situazione pianificatoria, all'interno delle diverse realtà amministrative, è riassunta sinteticamente nella tabella seguente.

Provincia	Comune	Documento	Stato
Oristano	Solarussa	Piano Urbanistico Comunale	Adottato dal C/C con deliberazione n.10 del 07/09/2015, integrato con deliberazione n. 7 del 24/02/2016, in corso di adeguamento al PPR e al PAI
	Bauladu	Piano Urbanistico Comunale	Adottato dal C/C con deliberazione n. 8 del 26/06/2013
	Paulilatino	Piano Urbanistico Comunale	Approvato in via definitiva con delibera Consiliare n. 2 del 31/01/2003
	Abbasanta	Piano Urbanistico Comunale	Adottato definitivamente con Deliberazione del C/C n. 07 del 19/02/2002, ed entrato in vigore con la pubblicazione di apposito avviso nel B.U.R.A.S. del 05/04/2002
	Tramatza	Piano Urbanistico Comunale	Adottato con Deliberazione C.C. n. 32 del 16/11/2000

Tabella 12 - Situazione pianificatoria dei comuni afferenti all'area di studio

Il tracciato allo scoperto percorre essenzialmente aree a destinazione agricola, che non alterano le condizioni di attuabilità delle previsioni dei piani.

Gli attraversamenti dei fiumi in viadotto intersecano fasce di rispetto di fiumi e torrenti con vincolo paesaggistico (art. 142 D. Lgs. 42/2004).

Nella tabella seguente si evidenziano le relazioni tra la pianificazione comunale e le opere inerenti all'intera variante di Bauladu, relativamente alle interferenze riscontrate nei tratti all'aperto.

Comune	Progressiva	Galleria/Scoperto	Destinazione d'uso
	0+000 – 0+330	Tratto all'aperto	E2 Seminativi
	0+330 – 1+830	Tratto all'aperto	E5 Prati artificiali e dei rimboschimenti di Pidighi e Murruaccas
	1+830 – 2+230	Tratto all'aperto	E5 Prati artificiali e dei rimboschimenti di Pidighi e Murruaccas

Solarussa			Area di Rispetto Archeologico
	2+230 – 2+330	Galleria	H1 Insediamento nuragico
	2+330 – 2+530	Galleria	E5 Prati artificiali e dei rimboschimenti di Pidighi e Murruaccas Area di Rispetto Archeologico
	2+530 – 2+900	Galleria	E5 Prati artificiali e dei rimboschimenti di Pidighi e Murruaccas
Bauladu	2+980– 6+000	Galleria	Zona E – agricola
	6+000 – 6+590	Tratto all'aperto	Zona E – agricola
Paulilatino	6+590 – 7+420	Tratto all'aperto	E2 – Zona agricola di primaria importanza a produzione zootecnica
	7+420 – 7+660	Tratto all'aperto	E5/a – Zona di attività agricole marginali con esigenza di stabilità ambientale. Aree marginali di pascolo estensivo
	7+660 – 7+850	Tratto all'aperto	E5/r– Zona di attività agricole marginali con esigenze di stabilità ambientale
	7+850 – 8+300	Tratto all'aperto	E5a– Zona di attività agricole marginali con esigenza di stabilità ambientale. Aree marginali di pascolo estensivo

Tabella 13 - Relazione tra pianificazione comunale e tratti all'aperto dell' intera variante di Bauladu

Nella tabella seguente si riportano le tipologie di destinazioni urbanistiche in cui ricadono i singoli cantieri afferenti alla variante in esame:

Comune	Denominazione cantiere	Tipologia cantiere	Area (m^2)	Destinazione d'uso
Solarussa	DT.01	Deposito temporaneo	12.500	E5 Prati artificiali e dei rimboschimenti di Pidighi e Murruaccas
	AT.01.b (RI56)	Area tecnica	6.500	E5 Prati artificiali e dei rimboschimenti di Pidighi e Murruaccas
	AT.01.a (RI51)	Area tecnica	2.000	H1 Insediamento nuragico Area di rispetto Archeologica
Bauladu	CB.01	Cantiere base (ex campo calcio)	20.000	S3/Aree per spazi pubblici o aperti al pubblico, attrezzati a parco, per il gioco e lo sport
	DT.02	Deposito temporaneo	12.500	Zona E - agricola
	AS.02	Area stoccaggio	8.400	Zona E - agricola
	AT.05	Area tecnica	7.200	Zona E - agricola
	DT.03	Deposito temporaneo	11.000	Zona E - agricola

	DT.03 bis	Deposito temporaneo	7.300	Zone E - agricola

Tabella 14 - Destinazioni urbanistiche dei cantieri

Rispetto alla configurazione di progettazione definitiva, la proposta di modifica dell'ubicazione dell'area del Campo Base (CB.01), nasce dall'esigenza di tempi abbastanza lunghi per la realizzazione delle opere di urbanizzazione e utenze, indispensabili per l'installazione degli apprestamenti. Questo aspetto ha da subito rappresentato una possibile causa di ritardo nei tempi di avvio delle attività di cantiere. Nel corso dei contatti con l'amministrazione di Bauladu, nell'illustrare le inevitabili ripercussioni dell'apertura dei cantieri, si è prospettata l'opportunità di poter avere in comodato d'uso l'area dell'ex campo sportivo situata in prossimità della SS131. Questa soluzione si è subito prospettata come una soluzione che risulterebbe immediatamente esecutiva e permetterebbe di procedere nel rispetto dei tempi di avvio delle attività di cantiere.

Al temine dei lavori sarà restituita l'area nelle condizioni stabilite dal contratto di comodato. La nuova posizione del CB.01 risulta prossima alle aree di cantiere: questo comporta una riduzione dei tempi di spostamento con un minore impatto sulla viabilità (SS131) non più interessata dalla circolazione dei mezzi di cantiere con benefici anche per il traffico locale.

4.2 SISTEMA DEI VINCOLI

Nel presente paragrafo si riporta un'analisi di dettaglio della vincolistica che agisce nell'area in esame. L'analisi è stata condotta attraverso la consultazione dei principali strumenti di pianificazione territoriale e paesaggistico-ambientale, nonché del sistema vincolistico vigente in corrispondenza dell'area di studio.

Le fonti analizzate si riferiscono a:

- Sistema Informativo Territoriale Ambientale Paesaggistico (SITAP) del Ministero per i Beni e le Attività Culturali: è una banca dati a riferimento geografico su scala nazionale per la tutela dei beni paesaggistici, nella quale sono catalogate le aree sottoposte a vincolo paesaggistico dichiarate di notevole interesse pubblico dalla Legge n. 1497 del 1939 e tutelate dalla Legge n. 431 del 1985, oggi ricomprese nel Decreto Legislativo n. 42 del 22 gennaio 2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio" rispettivamente agli articoli 136 e 142;
- Portale Cartografico Nazionale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare: attraverso tale strumento è stato possibile verificare la possibile interferenza delle zone di indagine con i seguenti ambiti territoriali: Aree Naturali Protette, Siti di Importanza Comunitaria (SIC), Zone di Protezione Speciale (ZPS);
- Piano Paesaggistico Regionale e geoportale della Regione Sardegna – aree tutelate (http://www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=aree_tutelate) · Catalogo Generale dei Beni Culturali elaborato del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo e dall'istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione

(http://www.catalogo.beniculturali.it/sigecSSU_FE/mappaRegione.action?regione=20&r=sardegna&T=1519905300729);

- Piano Urbanistici Comunali alcuni dei quali disponibili in rete.

4.2.1 Vincolo di tutela paesistico-ambientale

Dall'analisi dell'area in cui si inserisce il tracciato si individuano prevalentemente attività agropastorali, gli usi del suolo prevalenti sono aree a pascolo, aree agroforestali e pioppeti, sono diffuse aree in cui sono stati effettuati interventi di ricolonizzazione.

Il tracciato si sviluppa in un'area dove sono presenti numerosi beni paesaggistici tutelati, la porzione finale del tracciato presenta una sovrapposizione con alcune aree di tutela di beni paesaggistici tutelati per il loro valore storico-archeologico. Nella sua parte finale, il tracciato risulta prossimo alla fascia di rispetto del fiume Riu Pizziu.

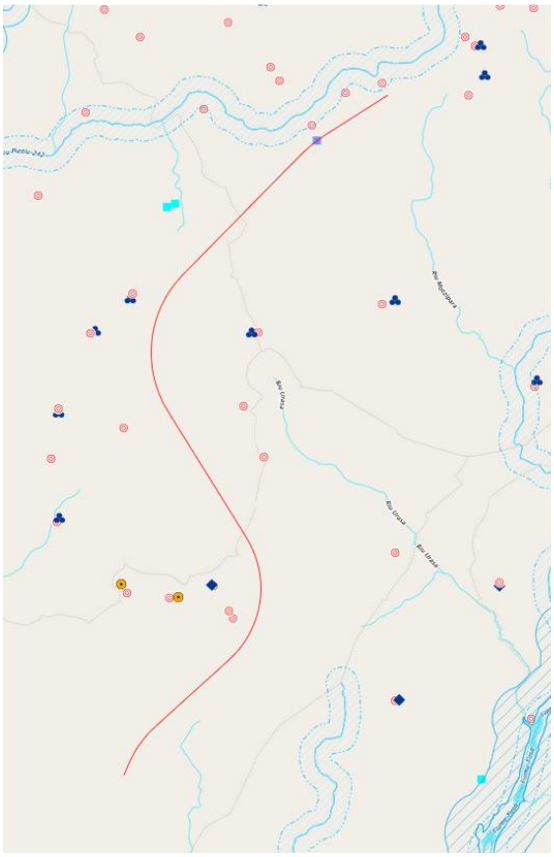


Figura 34 - Beni paesaggistici presenti in prossimità dell'intervento Variante Bauladu (Fonte: Sardegna Geoportale)

Le ricerche effettuate consentono di poter concludere che gli interventi di progetto, presentano delle interferenze dirette con il sistema dei vincoli paesaggistici e pertanto è stato necessario acquisire il nulla osta paesaggistico per le nuove realizzazioni. In ragione di quanto detto, nell'ambito del progetto definitivo, è stata predisposta un'apposita relazione paesaggistica ai sensi del D.P.C.M. 12/2005.

Per quanto riguarda le aree di cantiere, di seguito, si riportano in forma tabellare le interferenze con il sistema dei vincoli e delle tutele presenti nell'area di studio.

Comune	Denominazione cantiere	Tipologia cantiere	Area (m²)	Vincoli e tutele
Solarussa	DT.01	Deposito temporaneo	12.500	-
	AT.01.b (RI56)	Area tecnica	6.500	-
	AT.01.a (RI51)	Area tecnica	2.000	-
Bauladu	CB.01	Cantiere base (ex campo calcio)	20.000	-
	DT.02	Deposito temporaneo	12.500	-
	AS.02	Area stoccaggio	8.400	-
	AT.05	Area tecnica	7.500	-
	DT.03	Deposito temporaneo	11.000	-
	DT.03 bis	Deposito temporaneo	7.300	-

Tabella 15 - Relazione tra aree di cantiere e aree vincolate

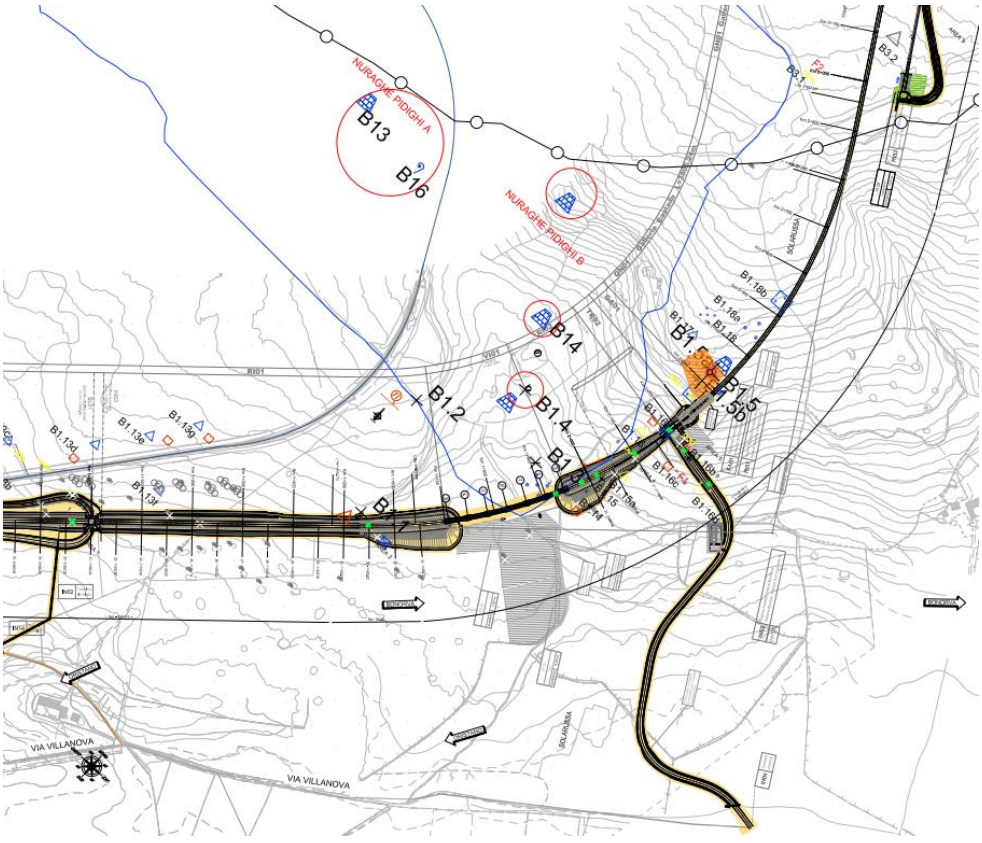


Figura 35 – Stralcio Riscontro alla nota del MIBACT Prot. 10792 del 20.03.2020 - Variante Bauladu (RR0H00D22N6AH0003001B)

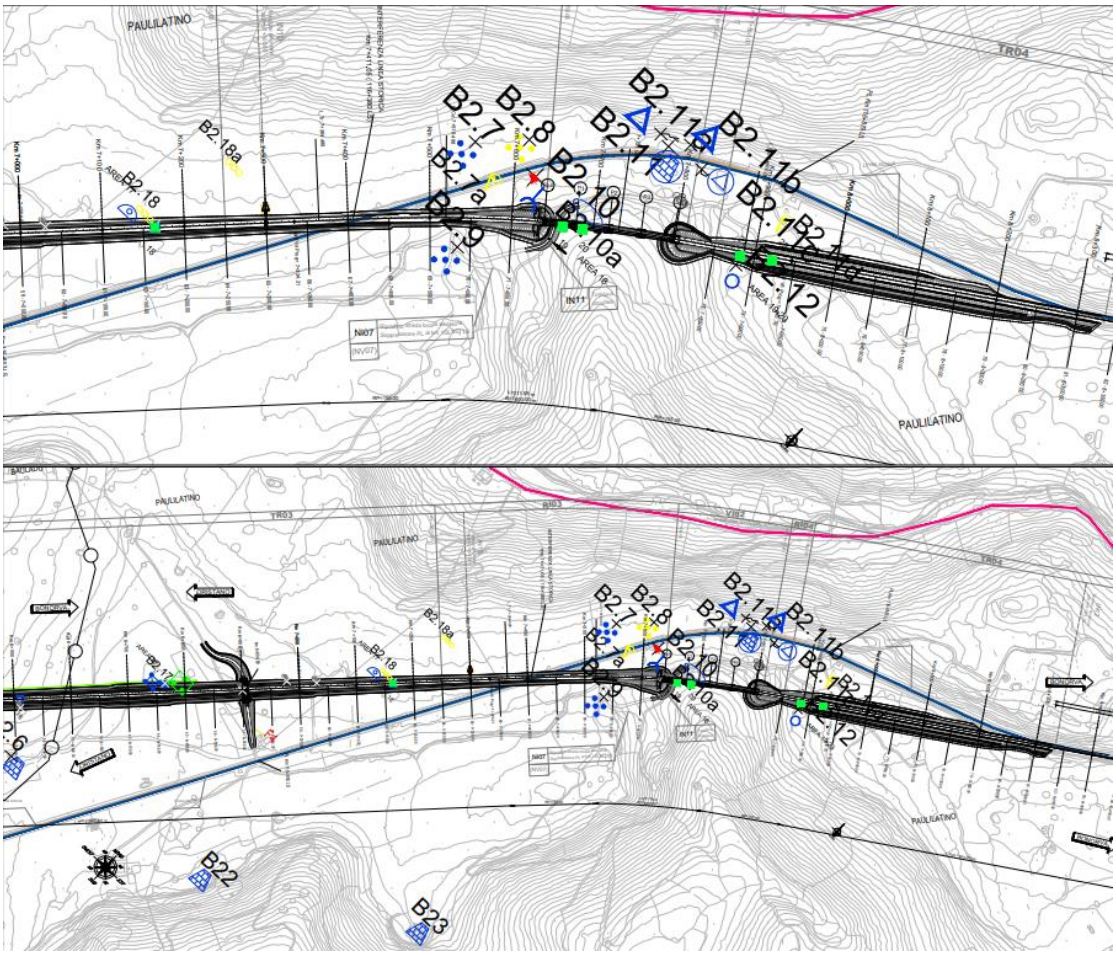


Figura 36 - Stralcio Riscontro alla nota del MIBACT Prot. 10792 del 20.03.2020 - Variante Bauladu (RR0H00D22N6AH0003002B)

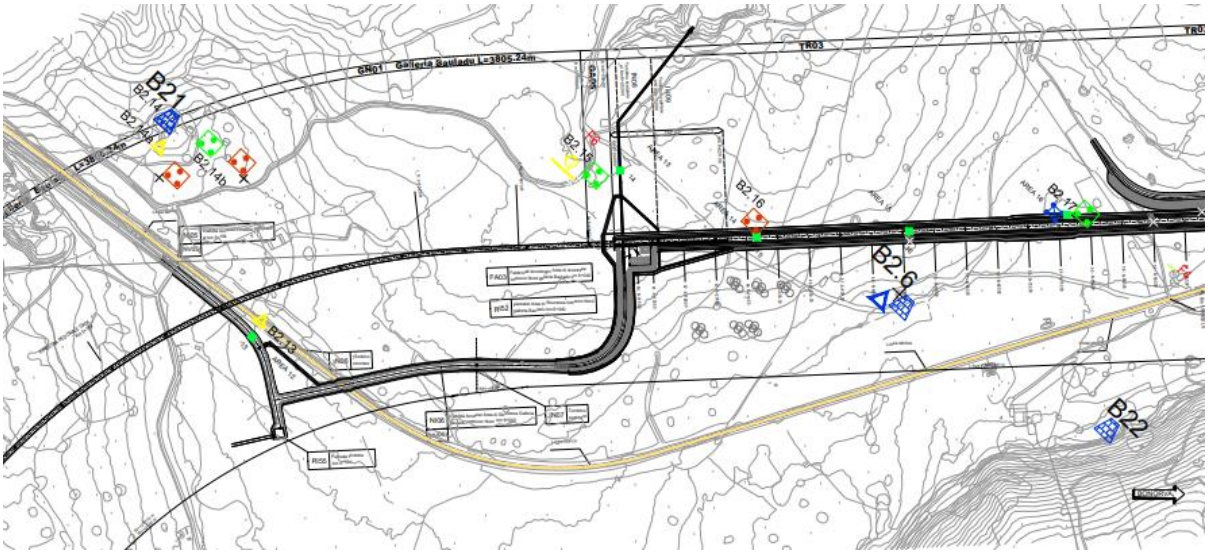


Figura 37 - Stralcio Riscontro alla nota del MIBACT Prot. 10792 del 20.03.2020 - Variante Bauladu (RR0H00D22N6AH0003003B)

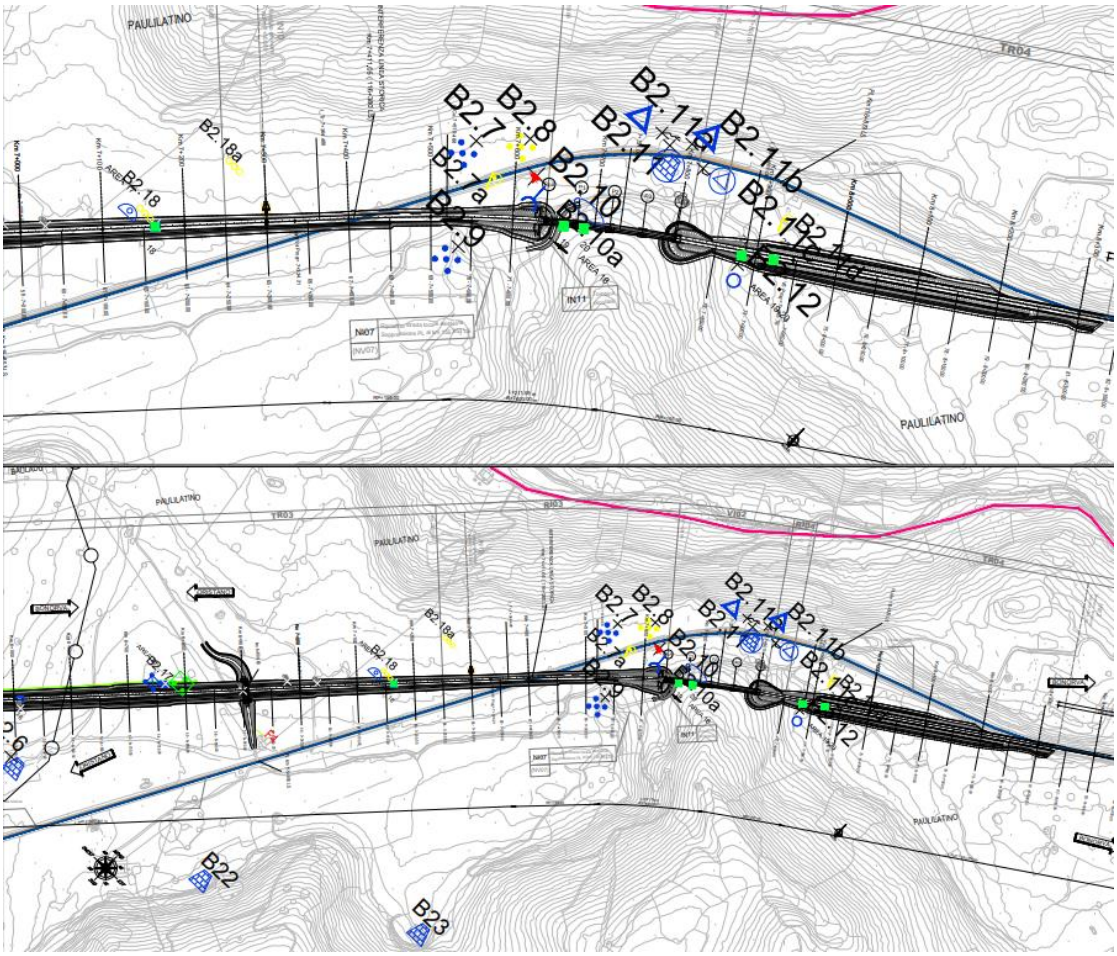
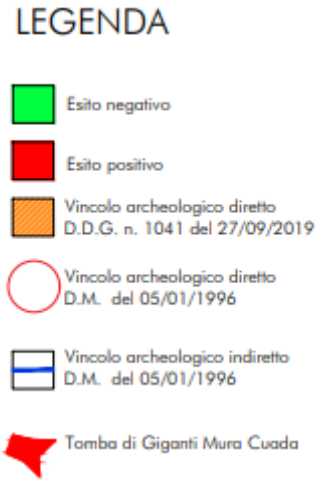


Figura 38 - Stralcio Riscontro alla nota del MIBACT Prot. 10792 del 20.03.2020 - Variante Bauladu (RR0H00D22N6AH0003004B)



La nuova posizione del CB.01, come evidente dallo stralcio cartografico di seguito, non presenta sovrapposizioni/interferenze con beni paesaggistici tutelati ai sensi dell'articolo 142 c. 1 del Codice (come

originariamente introdotti dalla legge n. 431/1985), con esclusione dei beni di cui alle lettere e) (ghiacciai e circhi glaciali), h) (aree assegnate ad università agrarie o gravate da usi civici) ed m) (zone di interesse archeologico).

Di fatto dalla figura di seguito emerge solamente la presenza ad oltre 200m dal Campo Base CB.01 del vincolo cosiddetto “Aree di Rispetto di 150 metri dalle sponde dei fiumi, torrenti e corsi d’acqua iscritti negli elenchi delle Acque Pubbliche, e di 300 metri dalla linea di battigia costiera del mare e dei laghi, vincolate ai sensi dell’art. 142 c.1 lett. a), b), c) del Codice” che ovviamente non interferisce con l’area dell’ex campo sportivo.

Figura 39 - Stralcio cartografico vincoli paesaggistici nei pressi CB.01. Nessuna interferenza

4.2.2 Vincolo idrogeologico

Il vincolo idrogeologico è stato istituito con il Regio Decreto del 30 dicembre 1923, n. 3267 ha lo scopo di impedire forme di utilizzazione dei terreni che possono determinare l’innesco di fenomeni erosivi, perdita di stabilità, turbamento del regime delle acque, con possibilità di danno pubblico.

Il vincolo idrogeologico è stato esteso sul territorio regionale anche per effetto di altre norme:

- il Regio Decreto 13 febbraio 1933, n. 215, “Nuove norme per la bonifica integrale”;
- la Legge 25 luglio 1952, n. 991, “Provvedimenti in favore dei territori montani”;

- le "Norme di attuazione" del "Piano stralcio per l'assetto idrogeologico" del bacino unico regionale (PAI), redatte e approvate ai sensi della Legge 18 maggio 1989, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" e del decreto legge 11 giugno 1998, n.180.

Sono sottoposte a vincolo idrogeologico:

- le aree boscate appartenenti ad enti pubblici;
- le aree di "pericolosità frana" individuate dal Piano di Assetto Idrogeologico (vedi art. 9 delle Norme del Piano);
- gli areali in stato di frana mappati dall'Inventario dei Fenomeni Franosi.

L'applicazione pratica del vincolo idrogeologico è regolata dalle "Prescrizioni di massima e di polizia forestale (Pmpf) per i boschi e terreni sottoposti a vincolo idrogeologico", approvate con Decreto dell'Assessore della difesa dell'ambiente, n. 24/CFVA del 23 agosto 2006.

Con il vincolo idrogeologico si tutelano quindi anche i boschi, in virtù della funzione protettiva assicurata dagli alberi, sia mediante la chioma che per mezzo dell'apparato radicale. Il vincolo idrogeologico, tuttavia, non preclude la possibilità di intervenire sul territorio, ma consente un uso sostenibile dello stesso.

Nelle aree sottoposte a vincolo idrogeologico, per la trasformazione dei boschi in altre qualità di coltura e la trasformazione dei suoli saldi in suoli soggetti a periodica lavorazione è necessaria una specifica autorizzazione. Il taglio dei boschi, la gestione dei pascoli e dei seminativi e altre attività sono subordinati all'osservanza delle Prescrizioni di massima e di polizia forestale.

L'organo tecnico competente in materia di gestione e revisione del vincolo idrogeologico è il Corpo forestale di vigilanza ambientale.

Nel Piano Ambientale Forestale Regionale sono riportate per ogni "Scheda descrittiva di distretto" le aree sottoposte a tutela idrogeologica in stralci della carta regionale (fuori scala).

Dal 2016 risulta disponibile in formato digitale la carta del "Vincolo idrogeologico" reperibile nel "Sistema informativo regionale" SIRAnet e nel Geoportale della Regione Sardegna.

La consultazione della carta sul Geoportale della Sardegna ha permesso di evidenziare come il tracciato in progetto, le aree e le piste di cantiere non risultano sottoposte ai vincoli di cui:

- all'art. 1 del R.D. n. 3267/1923;
- all'art. 18 della Legge n. 991/1952;
- dell'art. 9 delle NTA del PAI.

Figura 40 - Aree sottoposte a vincolo idrogeologico (in rosso: tracciato di progetto; in blu: aree di cantiere)

4.3 AREE NATURALI PROTETTE

Il tracciato in esame, le aree di cantiere/lavorazione e le piste di cantiere non risultano interferire con nessun elemento appartenente alla Rete Natura 2000 né ad altre aree protette. Il SIC più vicino (denominato “Media Valle del Tirso e Altopiano di Abbasanta – Rio Siddu”) è ubicato a distanze superiori di 4,5 km e di 4,9 Km, rispettivamente, dall’asse di progetto e dalle aree di cantiere. Tali distanze consentono quindi di escludere qualunque ricaduta, anche di tipo indiretto, sia dell’opera in progetto che delle aree di lavorazione per la realizzazione dell’opera stessa.

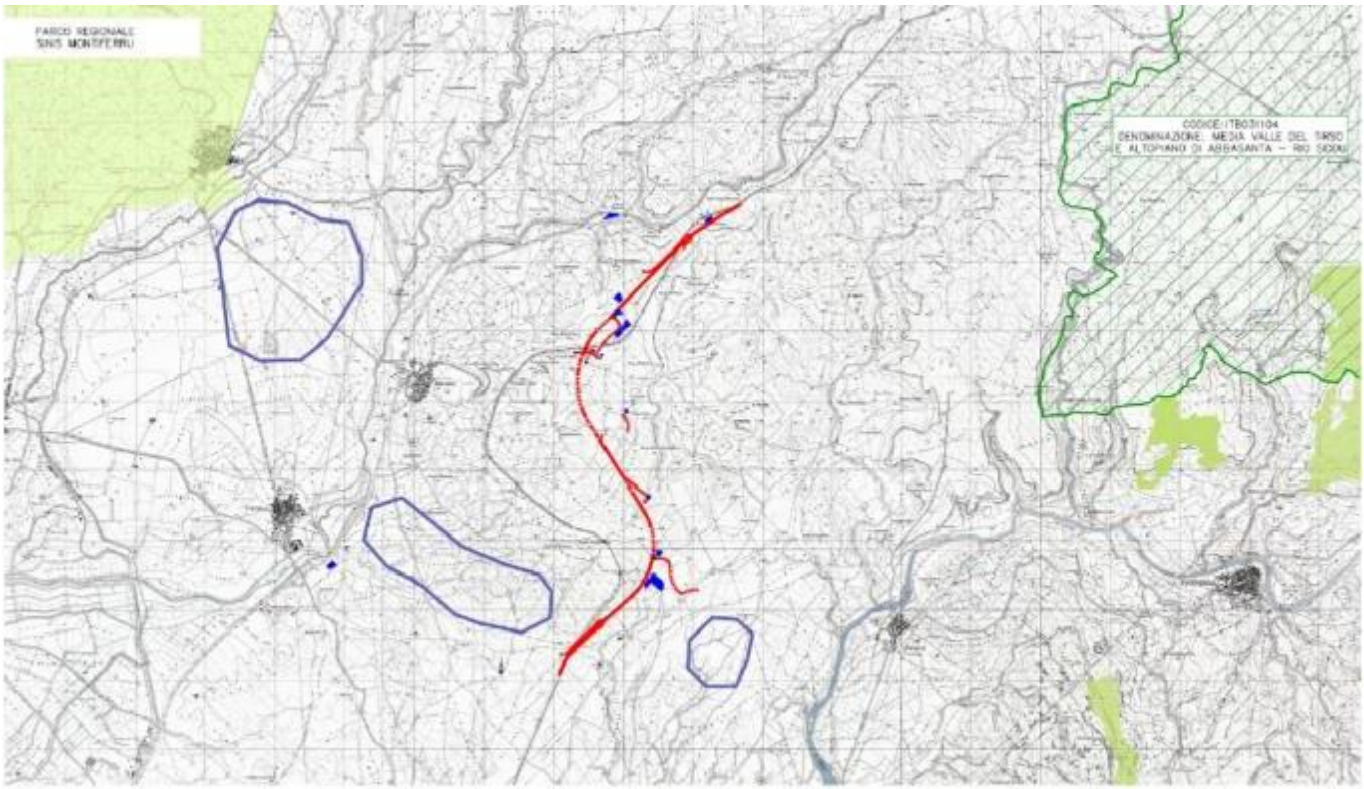


Figura 41 - Relazione tra progetto (in rosso), aree di cantiere (in blu) e aree tutelate

In particolare, nell'area vasta di studio, sono stati individuati due Siti di Importanza Comunitaria (SIC):

- ITB032201 Riu Sos Mulinos – Sos Lavros – M. Urtigu (Distante circa 9,9 Km)
- ITB031104 Media Valle del Tirso e Altopiano di Abbasanta – Rio Siddu (Distante circa 4,5 Km)

Inoltre, sempre in prossimità dell'intervento si individuano i seguenti elementi tutelati:

- Parco Regionale Sinis Montiferru (Distanza di oltre 5,5 km e di 5,2 Km, rispettivamente, dall'asse di progetto e dalle aree di cantiere);
- Aree di presenza della Tetrax – Tetrax (Distanza maggiore di 450 m dalla viabilità di progetto e di circa 500 m dalle aree di cantiere);
- IBA – Important birds area (Distanza superiore ai 10 Km dall'asse di progetto e dalle aree di cantiere).

4.4 VALUTAZIONE

4.4.1 Impatto legislativo

Dall'analisi del sistema vincolistico emerge che tratti del tracciato ferroviario e alcune delle aree di cantiere ricadono in aree sottoposte a vincolo paesaggistico. Dunque, l'impatto legislativo connesso al sistema di pianificazione territoriale e vincolistico è comunque da considerarsi significativo.

4.4.2 Interazione opera ambiente

L'analisi dell'impatto ambientale viene condotta analizzando la coerenza tra l'opera ed il sistema dei vincoli e delle aree protette in termini di quantità, di severità (la frequenza e la durata degli eventuali impatti e la loro possibile irreversibilità) e di sensibilità del territorio.

Il carattere temporaneo dei cantieri e il previsto ripristino delle condizioni *ante operam* delle aree di lavorazione, comporta una severità dell'impatto di media entità.

Come descritto in precedenza tra le aree ricadenti, anche solo parzialmente, nelle vicinanze dei vincoli paesaggistici c'è l'AT.01.b (RI56) che evidenzia una lontananza limitata con un'area Area archeologica (Area di tutela condizionata).

L'area tecnica funge da supporto per le attività allo scavo della galleria Bauladu (imbocco Solarussa) e presenta una superficie di 6.500 mq. L'area tecnica si trova nel comune di Solarussa, all'altezza circa del km 2+200, su un terreno in pendenza che presenta diffusa vegetazione spontanea e arbusti di macchia mediterranea. Al termine dei lavori l'area verrà in parte ripristinata agli usi ante operam, in parte verrà destinata ad ospitare il fabbricato vasca previsto all'imbocco sud della Gallerai GN01.

4.4.3 Percezione delle parti interessate

Le parti interessate sono costituite dalle competenti Soprintendenze per i beni paesaggistici ed archeologici e dagli Enti Locali.

Date le caratteristiche del progetto ed il suo rapporto con gli strumenti di programmazione / pianificazione, i principali soggetti interessati alla valutazione delle opere in relazione alla presenza dei vincoli paesaggistici sono rappresentati dai Comuni interessati dagli interventi e dai vincoli in oggetto, dalla Soprintendenza competente per territorio e da tutti gli Enti preposti alla valutazione degli aspetti vincolistici.

4.4.4 Mitigazioni ambientali

Per l'aspetto ambientale in esame non sono previsti interventi di mitigazione propriamente detti, ma come ampiamente esposto nel par.5.1.6, il progetto prevede numerose misure di mitigazione ambientale e riqualificazione paesaggistica frutto anche dei numerosi scambi con gli Enti di riferimento durante il procedimento autorizzativo del progetto.

5. RISORSE ANTROPICHE E PAESAGGIO

5.1 PAESAGGIO E VISUALITA'

5.1.1 Inquadramento territoriale

La linea ferroviaria oggetto delle varianti in studio interessa la parte nord – occidentale della Sardegna e attraversa parte dei territori compresi nelle Province di Nuoro e Oristano.

In generale, il territorio è caratterizzato da un paesaggio variegato dal punto di vista orografico, comprendendo porzioni di pianura, alternate a sistemi montuosi e collinari. La morfologia del territorio e spesso caratterizzata da forte accidentalità, dislivelli accentuati, versanti ripidi e con la presenza di forre e gole.

Facendo riferimento al Corine Land Cover (CLC) emerge che, nell'ambito del contesto territoriale oggetto di analisi, sono chiaramente distinguibili due porzioni prevalenti, dai caratteri nettamente distinti e contrapposti.

Appare difatti evidente la netta distinzione tra gli ambiti agricoli sviluppati prevalentemente all'interno delle principali pianure e le aree di valore naturale e semi-naturale presenti sui rilievi montuosi e collinari. I territori caratterizzati da boschi e ambienti seminaturali presenti nell'ambito del contesto paesaggistico di riferimento sono caratterizzati dalla prevalente presenza di cenosi forestali a sclerofille, dove le specie arboree principali sono rappresentate dal leccio e dalla sughera.

I boschi di leccio dominano il paesaggio vegetale della Sardegna in quanto nell'Isola il leccio (*Quercus ilex*) presenta un'ampia valenza ecologica, grazie alla quale si rinviene dal livello del mare fino a 1400 m, colonizzando paesaggi geomorfologici e tipologie di suoli assai differenti.

Altra formazione vegetale tipica della Sardegna e quella della sughera (*Qurcus suber*), che vegeta in climi temperati, su terreni freschi, profondi e sciolti, derivati dal disfacimento di substrati acidi. In Sardegna è presente nelle zone più piovose, con temperature medie tra i 13 e i 18 gradi, fino ad un'altezza massima di 800-900 metri. La quercia da sughero costituisce formazioni forestali sia come principale elemento dominante, sia in consorzio con altre specie arboree quali il leccio, la roverella e altre specie legnose.

I boschi di roverella (*Quercus pubescens*) e i fitti popolamenti dei tassi ed agrifogli sono le tipologie vegetazionali che meglio delle altre caratterizzano la vegetazione che ricopre la catena del Marghine e del Goceano, riunendosi in suggestive ed imponenti formazioni o in isolate cenosi.

Infine, una particolare vegetazione che caratterizza i tipici paesaggi dell'isola è quella degli arbusteti rupestri, di varie formazioni riparie e a gariga, le quali, pur non avendo una rilevante importanza economico-produttiva, hanno un grande valore estetico-paesaggistico e spesso concorrono alla difesa idrogeologica.

I territori più propriamente naturali, in quanto caratterizzati da boschi e ambienti seminaturali, e gli ambiti agricoli ad essi contermini, sono ricompresi nell'ambito del sistema di aree di interesse naturalistico che caratterizza il contesto territoriale all'interno del quale si inserisce il tratto della linea ferroviaria oggetto di adeguamento.

La storia e la struttura degli insediamenti umani sono state profondamente condizionate dai caratteri geografici e morfologici del territorio, in cui lo strettissimo rapporto tra uomo ed intorno naturale ha costituito fin dal principio l'elemento cardine per l'evoluzione delle forme insediative.

La natura selvaggia e difficilmente modificabile ha attirato a se una comunità umana che ha stabilito, nel tempo, profondi legami con essa, organizzando una socialità potentemente aderente al contesto ambientale. Le comunità locali hanno, nel corso dei secoli, risposto agli stimoli offerti dall'ambiente circostante elaborando un modello autoctono di organizzazione delle strutture territoriali estremamente coerente.

La capillare diffusione di agglomerati di piccole dimensioni, quali i nuraghi, testimonia infatti come il territorio fosse utilizzato in maniera uniforme. Tale processo subisce una inversione però a partire dall'alto medioevo quando la popolazione inizia a concentrarsi in nuclei compatti autonomamente organizzati, ciascuno con proprie peculiarità. Il sistema territoriale appare così articolato secondo un insieme di subregioni fortemente individualizzate che costituiscono quelli che oggi sono i principali referenti dell'organizzazione territoriale: il Sassarese, il Meilogu, il Marghine, la Media Valle del Tirso ed il Campidano di Oristano.

All'interno di ognuna di queste macroregioni, ciascun nucleo abitato sorgeva al centro di un'entità territoriale dimensionata rispetto all'insediamento e i terreni limitrofi venivano ripartiti in fasce concentriche dove trovavano sede superfici arative, boschive e pascolative.

Il villaggio era quindi una realtà a se stante, chiusa verso l'esterno e caratterizzata da un proprio specifico patrimonio di credenze, risorse materiali e capacita tecnologiche. La struttura urbanistica risulta

compatta, variamente articolata in diverse unità di vicinato, all'interno delle quali le chiese e le fontane rappresentavano gli unici elementi di aggregazione e di riconoscimento simbolico.

In posizione lontana sorgevano i santuari, capaci per il loro essere, di connettere le singole realtà dei villaggi nei momenti delle feste rappresentative.

Negli ultimi decenni, grazie alla ristrutturazione del sistema della viabilità, si e assistito ad un cambiamento strutturale dell'organizzazione territoriale che ha canalizzato secondo precise direttrici i flussi di relazione e di scambio contribuendo ad accentuare il ruolo polarizzante di alcuni nodi.

Il territorio del Meilogu e prevalentemente vulcanico e i colli conici ne rendono l'aspetto singolare nel contesto di terra geologicamente antica, i suoi suoli sono per questo tra i più fertili dell'isola. Il Meilogu consiste in una specie di conca irregolare, ma tutt'altro che monotona, per la varia natura geologica del territorio che da luogo a straordinari paesaggi sempre differenti: di pianura intensamente coltivata nel Campu Giavesu, vulcanico nella cosiddetta Alvernia sarda fra Siligo, Cheremule, Giave e Bonorva, d'altopiano a pascoli quando, da Pozzomaggiore a Bonorva, si sfiora la basaltica Campeda.

Situato nella provincia sarda di Sassari, il Meilogu contempla quindici comuni con sedici centri abitati o paesi, ravvisando in Bonnanaro, Torralba e Borutta i suoi principali punti di riferimento. Ciascuno di questi centri abitati ha scelto una sistemazione geografica originale, disponendosi ai bordi o sulla sommità dei pianori, lungo le incisioni o sopra emergenti terrazze basaltiche, più raramente nelle valli.

La media Valle del Tirso corrisponde ad un'area della Sardegna centrale costituita da un ampio spazio territoriale caratterizzato dal corso del fiume Tirso ed oggi occupato, in parte, dal bacino artificiale del lago Omodeo. All'interno di questo territorio sono numerose ed evidenti le testimonianze archeologiche relative alla presenza umana a partire dall'epoca prenuragica e nuragica sino all'età romana e miedievale; in particolare si tratta di ipogei a grotticella artificiale isolati o riuniti in piccoli gruppi di due tombe e necropoli più vaste. Tra i centri principali della subregione si possono citare Ghilarza, Aidomaggiore e Soddi: Ghilarza sorge su un vasto altopiano ai margini della catena del Montiferru.

L’area d’intervento

La variante di “Bauladu” ricade interamente nella provincia di Oristano, il cui territorio passa dalle pianure del Campidano alle montagne del Montiferru e comprende parte della porzione centrale della costa occidentale. Il tratto ferroviario in progetto ricade nella regione denominata Campidano di Milis a Nord del F. Tirso.

Il paesaggio ad area vasta si ritrova compreso tra i rilievi del Gennargentu a Sud-Est e l’apparato vulcanico del Montifarru a Nord-Ovest, ed e attraversato in senso trasversale dal corso del Fiume Tirso; questo divide tale ambito in due settori con caratteri geomorfologici molto diversi: a Sud-Est il territorio assume un carattere montano modellato sugli affioramenti granitici e a Nord-Ovest assume un assetto tabulare legato alla presenza dell’altopiano basaltico di Abbasanta.

Più nel dettaglio, l’area d’intervento è schematicamente divisibile in due ambiti morfologici differenti:

<u>Ambito 1: Altipiano basaltico di Abbasanta</u>

L’ambito comprende le pendici collinari dell’esteso altipiano basaltico di Abbasanta. All’interno di questo ambito, che interessa per lo più il territorio di Paulilatino, la giacitura si presenta ondulata per la presenza di formazioni collinari con salti di quota più rilevanti.

Figura 42 - Paesaggio contraddistinto da territori coperti da macchia

Il suggestivo ambiente naturale, contraddistinto dalla macchia mediterranea con fitte zone boschive e vigneti offre al visitatore scorci di rara bellezza in una natura incontaminata e a tratti selvatica.

A nord il tracciato attraversa un territorio ricco di storia e testimonianze archeologiche, preistoriche e nuragiche di rilievo; ci sono oltre ai nuraghi anche resti di tombe di giganti.

Il centro abitato di Paulilatino dista circa 5 km dal tracciato.

Ambito 2: Pianura dell'alto Campidano

L'ambito è caratterizzato dall'ampia valle di origine tettonica del Campidano. Nei territori di Solarussa e Bauladu, la morfologia del territorio è caratterizzata da una giacitura pianeggiante o sub-pianeggiante con pendenza media del 3% da SE verso NO.

L'ambito è localizzato alle pendici dell'altopiano basaltico ed è fortemente caratterizzato dalla presenza del complesso nuragico di Pidighi che rappresenta una fittissima trama insediativa che comprende il complesso archeologico, la fonte nuragica e altri 4 nuraghi collocati a est di quest'ultimo.

Sotto il profilo ambientale si tratta di aree su rocce effusive basiche dalla morfologia sub pianeggiante, interessate da territori limitatamente arabili, caratterizzati in minima parte da boscaglie che presentano formazioni ad olivastro e macchia più o meno alta con dominanza di lentisco, oleastro, mirto e fillirea e alternanza di garighe. Sono presenti, inoltre, praterie perenni a prevalenza di asfodelo. In questo ambito sono presenti aree ad uso civico interessate da rimboschimenti. Il carattere prevalente di questi paesaggi è quello dei pascoli naturali, cespugliati ed arborati.

Figura 43 - Parte meridionale con rilievo dolci ed ondulati

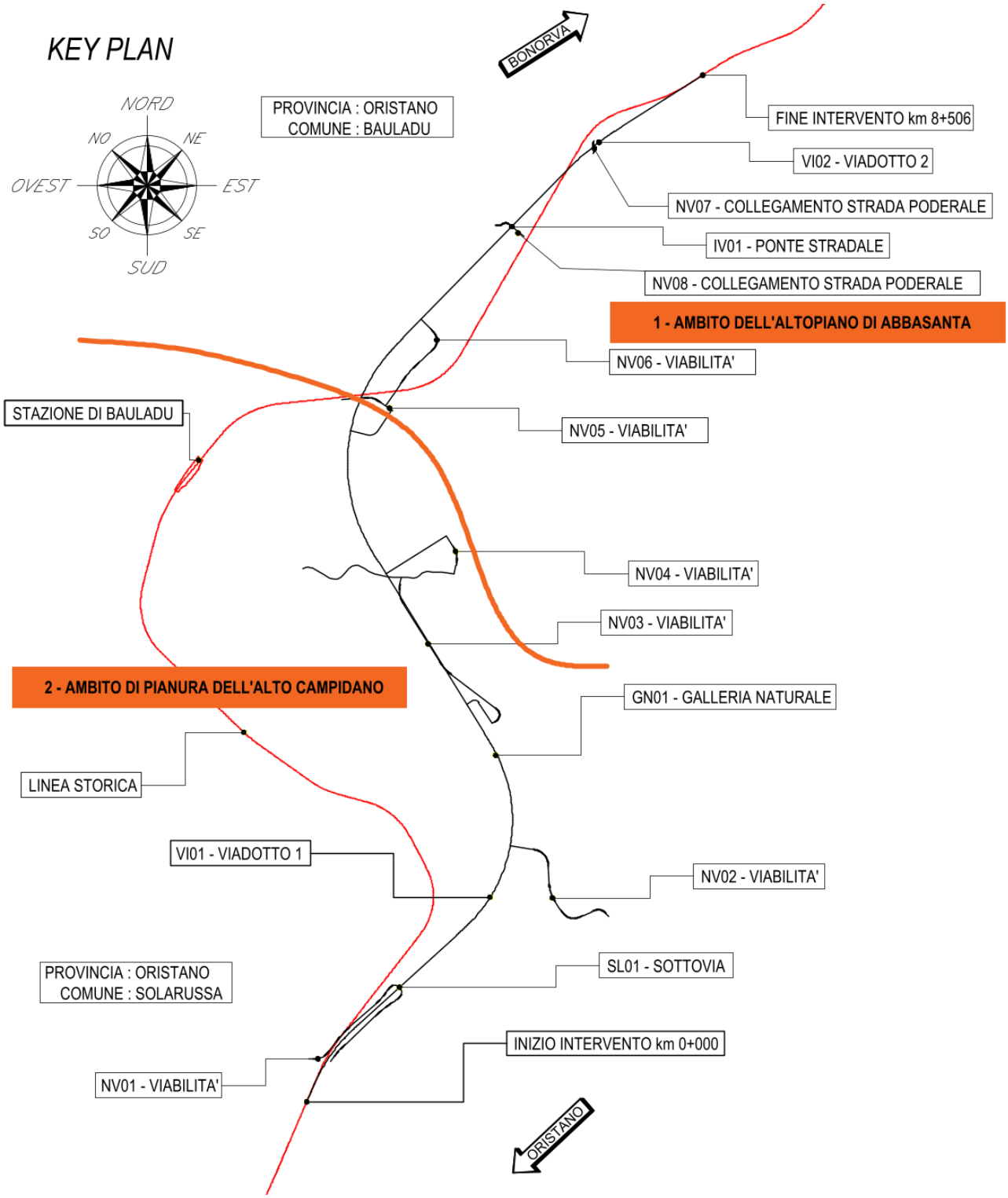


Figura 44 - Suddivisione in Ambiti

Nello specifico, il tratto in variante ("Bauladu"), attraversa nella sua prima porzione un paesaggio prettamente agricolo per poi entrare in galleria in un rilievo collinare di modesta altezza e riuscire in un contesto più naturaleggiante, con presenza di spazi semi-naturali intervallate a "macchie" di vegetazione lungo il Rio Pizziù (affluente del Riu Mannu).

Numerose sono le emergenze storico-culturali e archeologiche disseminate sul territorio. Fra i siti più importanti e prossimi il tracciato in progetto, sono da rilevare il complesso archeologico di Pidighi nel Comune di Solarussa (parte iniziale del tracciato) e un complesso nuragico al confine meridionale del Comune di Paulilatino (Mura Quada).

Il nucleo principale del complesso archeologico di Pidighi si trova all'interno dell'omonimo Parco Comunale; esso è composto da due nuraghi (Pidighi e Muru Accas) coi rispettivi insediamenti e le rispettive fonti di approvvigionamento idrico. A Nord-est della linea ferroviaria si trovano tre nuraghi minori.

Circa 80 metri a Est del nuraghe Pidighi si trova la fonte nuragica "Mitza Pidighi", distante appena 20 metri dai margini dell'insediamento. La sorgente fu frequentata già in epoca prenuragica (punte di freccia in ossidiana e un frammento ceramico decorato nello stile di Ozieri del IV millenio a. C.). Per la maggior parte della sua storia (circa 1400-1000 a. C.) la fonte fu costituita solo da un corpo a ferro di cavallo, contenente un vano trapezoidale con sedile sul lato destro (in rosso). L'acqua sgorga ancor oggi da una piccolissima celletta quadrata con fossetta di decantazione alla base; quindi, scorre in una canaletta formata da conci di basalto saldati con colate di piombo, lunga almeno 21 metri. Intorno alla fonte furono costruite alcune massicciate di ciottoli, necessarie per consolidare il terreno fangoso.

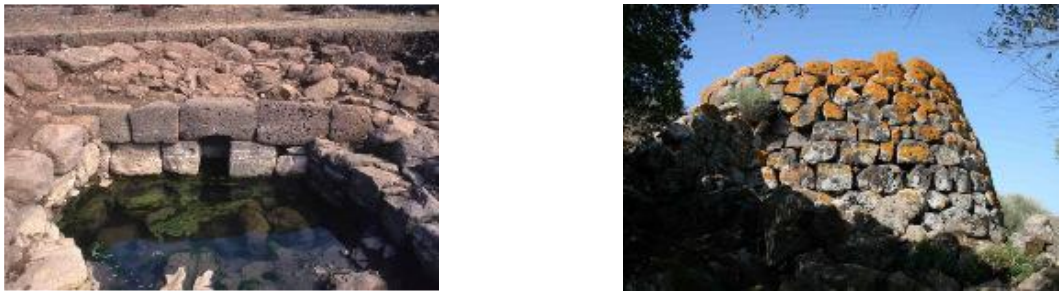


Figura 45 - Nuraghe Pidighi e fonte "Mitza Pidighi" - tratto iniziale della Variante di Bauladu

La tomba Mura Quada si trova in posizione isolata, sull'altopiano basaltico di Abbasanta, nel Comune di Paulilatino e in stretta vicinanza con l'asse di progetto. Nell'immediato intorno si ritrovano altre presenze nuragiche, anche se il complesso più importante si riferisce al Parco Archeologico Naturalistico di Santa Cristina distante circa 2 km dalle aree d'intervento.

Le principali infrastrutture esistenti sono rappresentate dalla SS 131 "Carlo Felice" e dall'attuale linea ferroviaria che seguono più o meno parallele, ma a distanza non inferiore di un chilometro, il medesimo percorso. Il territorio interessato dall'intervento progettuale è costituito da aree con andamento morfologico collinare, di tanto in tanto alternate da valli fluviali più o meno ampie e da ampi altopiani; tali aree possiedono caratteristiche paesaggistiche e morfologiche differenti che determinano un diverso grado di visibilità del paesaggio circostante.

Il tratto iniziale della variante in progetto è caratterizzato da aree agricole e pascoli, dove ogni fondo è individuato da scoli per la raccolta delle acque piovane, da filari di alberi o da muretti a pietra viva che ne segnano il confine. I terreni coltivati e le aree a pascolo sono di tanto in tanto interrotti da corsi d'acqua,

dalle infrastrutture viarie secondarie e di campagna e da macchie di bosco più o meno ampie. Diffusamente presenti nella pianura sono le case sparse e le strutture adibite per l'attività agricola edificate prevalentemente lungo la viabilità.

Figura 46 - Viste del Campidano di Milis - tratto iniziale della Variante di Bauladu

La tipologia di paesaggio presente in questa area permette vedute generalmente profonde fino a notevoli distanze; in tale contesto, gli elementi che possono costituire delle barriere visive, limitando quindi la vista verso il paesaggio circostante, sono rappresentate dagli elementi verticali che spiccano sul paesaggio pianeggiante agricolo circostante, costituiti in prevalenza dai manufatti agricoli e dai filari di alberi presenti lungo le strade.

Figura 47 - Campidano di Milis - tratto iniziale della Variante di Bauladu. Vista dalla SS131

Il tratto intermedio e finale del progetto interessa morfologie più articolate con la presenza di rilievi dalle pendici e sommità più ondulati e di rilievi aventi versanti più ripidi e sommità pianeggianti. La morfologia è ulteriormente movimentata dalle incisioni del Riu Pizziu e da altri solchi di ruscellamento. L'ambito collinare presenta una grande varietà dal punto di vista vegetazionale, in quanto si possono incontrare rilievi del tutto spogli e adibiti al pascolo o caratterizzati da un paesaggio olivato e agricolo di collina, di tanto in tanto interrotto dalle infrastrutture viarie e dai boschi più o meno ampi.

In questo territorio morfologicamente movimentato, e possibile scorgere visuali più aperte verso il paesaggio circostante, solo risalendo le colline attraverso le strade; le visuali sono disturbate a ridosso delle masse arboree o dall'andamento stesso dei versanti, i quali in alcuni casi possono agevolare le visuali, o costituirne un vero e proprio ostacolo percettivo in altri.

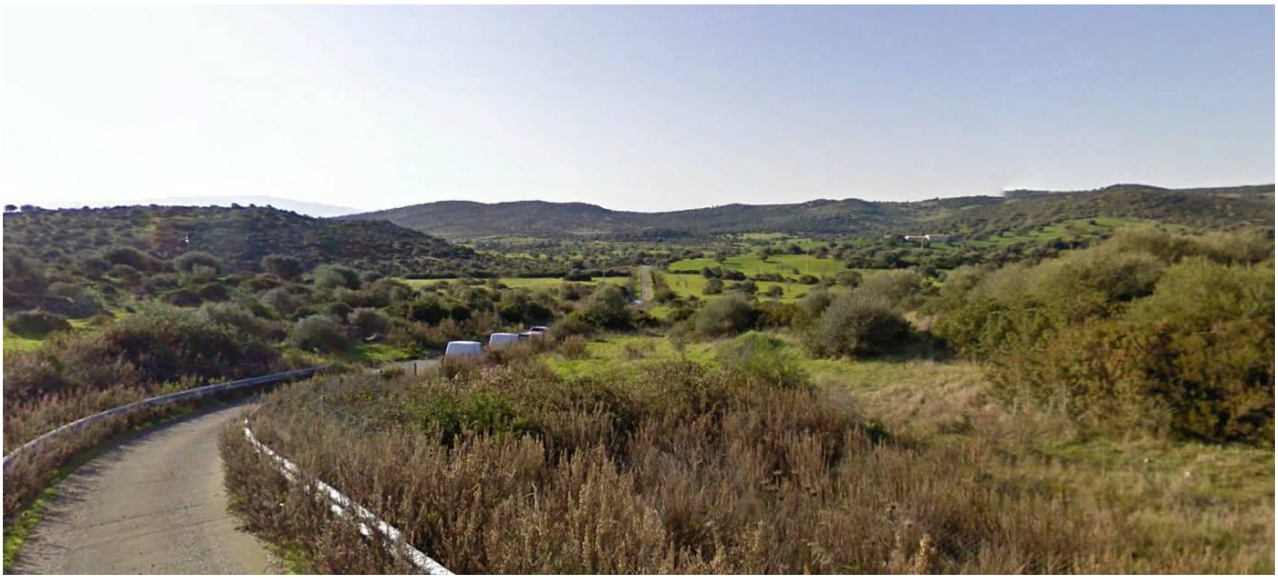


Figura 48 - Altopiano di Abbasanta - tratto intermedio e finale della Variante di Bauladu

Figura 49 - Altopiano di Abbasanta - tratto intermedio e finale della Variante di Bauladu. Vista da SS131

5.1.2 Valutazione

Di seguito si riportano le conclusioni relative agli effetti sul paesaggio legati alle fasi di cantierizzazione dell'opera partendo dall'analisi del contesto ambientale e paesaggistico considerando gli obiettivi progettuali che mirano a garantire la permeabilità e la fruibilità del territorio, la connettività ecologica e le visuali paesaggistiche.

Per la valutazione delle interferenze del progetto sul paesaggio si prendono in considerazione quattro criteri:

- cambiamento della conformazione del paesaggio,
- disturbi alla particolarità e alla naturalità,
- modifiche alla percezione del paesaggio,
- coinvolgimento di superficie soggetta a vincolo paesaggistico.

Per ciascuno dei suddetti criteri, l'impatto del progetto sull'ambiente viene classificato in base a tre livelli

- assente o basso:
- medio;
- elevato.

L'incidenza reale del progetto sull'ambiente non dipende però esclusivamente dal suo effetto, bensì anche dal grado di sensibilità del territorio. L'impatto è la risultante dell'intersezione tra la sensibilità del territorio e l'impatto del progetto. Da un punto di vista metodologico, l'impatto viene classificato in cinque categorie secondo una matrice elaborata incrociando i tre livelli della sensibilità ai tre livelli d'intensità degli effetti.

La categoria I rappresenta l'impatto più contenuto mentre la categoria V indica l'impatto più elevato:

- Categoria I: impatto trascurabile.
- Categoria II: impatto basso.

- Categoria III: impatto medio.
- Categoria IV: impatto elevato.
- Categoria V: impatto molto elevato.

Criterio di valutazione	**Intensità degli effetti**		
	Elevato	**Medio**	**Assente o ridotta**
Cambiamento della conformazione del paesaggio	Gravi modifiche della Conformazione del paesaggio dovute all'ampiezza e all'adeguamento morfologico degli interventi	Modifiche parziali della conformazione del paesaggio dovute all'ampiezza e all'adeguamento morfologico degli interventi	Modifiche scarse o nulle della conformazione del paesaggio dovute all'ampiezza e all'adeguamento morfologico degli interventi
Disturbi alla particolarità e alla naturalità	Gravi modifiche del carattere paesaggistico e danni almeno parziali agli elementi paesaggistici naturali	Danni agli elementi paesaggistici naturali, ma modifiche di poca rilevanza al carattere paesaggistico	Nessuna modifica del carattere paesaggistico e danni di poca rilevanza agli elementi paesaggistici naturali
Modifiche alla percezione del paesaggio	Ampia visibilità da qualsiasi punto del paesaggio	Visibilità parziale dalle aree di insediamento o dedicate all'attività ricreativa	Visibilità scarsa
Coinvolgimento di superfici soggette a vincolo paesaggistico	Utilizzo o spezzettamento di superfici in zone d'interesse paesaggistico	Turbamento marginale di zone d'interesse paesaggistico	Nessun impatto sulle zone d'interesse paesaggistico

Tabella 10 - Livelli di intensità degli effetti per l'impatto del progetto

		Intensità degli effetti		
		bassa	media	elevata
Sensibilità del paesaggio	bassa	trascurabile	bassa	media
	media	bassa	media	elevata
	Alta	media	elevata	molto elevata

Tabella 11 - Matrice ad intersezione per la determinazione dell'incidenza reale del progetto sull'ambiente

5.1.3 Impatto legislativo

Dal punto di vista paesaggistico, l'impatto legislativo è da considerarsi significativo, vista l'interferenza di alcuni vincoli paesaggistici con le aree interessate dagli interventi e dai siti di depositi temporaneo.

Secondo la Pianificazione del comune di Solarussa, relativamente alla tutela dei beni storico-culturale e ambientale, l'opera in progetto ricade nelle vicinanze dell'area di tutela condizionata per i beni archeologici non interferendo direttamente con un'area di tutela assoluta-H1 lambendo un elemento di testimonianza della civiltà nuragica. Allo stesso modo le AT.01a e AT.01b ricadono all'interno di tale area; inoltre, la AT.01a risulta essere nelle vicinanze ad un'area di tutela assoluta – Zona H1 evitando la sovrapposizione.

Secondo il parere MIBACT_DG-ABAP_SERV V|20/03/2020|0010792-P| [34.43.01/22.4.1/2019] si riporta quanto segue: *"… la Direzione generale Archeologia, belle arti e paesaggio, per quanto di stretta competenza, esprime parere tecnico istruttorio favorevole alla dichiarazione di compatibilità ambientale del progetto denominato Rete Sarda: velocizzazione San Gavino – Sassari – Olbia. "Variante di Bauladu", ricadente in Provincia di Oristano (Comuni di Solarussa, Bauladu, Paulilatino, Tramatza), nel rispetto delle condizioni ambientali dal n.1 al n.10 indicate nella propria comunicazione prot. n. 4195 del 03/02/2020 sopra riportate integralmente."*.

5.1.4 Interazione opera-ambiente

L'analisi si sviluppa considerando gli ambiti paesaggistici interessati dalle attività di lavorazione, tenendo presente che per che le aree di cantiere propriamente dette si tratta di impatti reversibili. Infatti, relativamente alla valutazione della compatibilità, della coerenza e della congruità del progetto rispetto al valore paesaggistico degli ambiti interessati dalle lavorazioni, si fa presente che quasi tutte le aree di cantiere verranno restituite alla loro destinazione originaria e che il ripristino avverrà utilizzando specie autoctone in coerenza fitosociologica con le attuali condizioni. In tal senso, si rimanda alla consultazione della "Relazione tecnico-descrittiva degli interventi di mitigazione/compensazione" (RR150BEZZRHIA0000001A).

Fra le aree di cantiere previste (vedi par. 2.5 - Organizzazione del sistema di cantierizzazione), le aree tecniche AT.01a e AT.01b, ricadono nelle vicinanze dell'area archeologica di Pidighi e Maru Accas. Le aree tecniche fungono da supporto per le attività relative allo scavo delle gallerie naturale GN01 galleria Bauladu (imbocco Solarussa) e presentano una superficie complessiva di 8.700 m^2. L'area si trova nel comune di Solarussa, all'altezza circa della Km 2+200, su un terreno in pendenza che presenta diffusa vegetazione spontanea e arbusti di macchia mediterranea. Al termine dei lavori l'area verrà in parte ripristinata agli usi ante operam, in parte verrà destinata ad ospitare il fabbricato vasca previsto all'imbocco sud della Galleria GN01.

Per limitare il disturbo con l'area vincolata sono state previste idonee misure di mitigazione atte a limitare la visibilità dei fabbricati presenti secondo quanto riportato nel paragrafo 5.1.6 del presente elaborato.

Figura 50 -Stralcio "Riscontro alla Nota del MIBACT Prot. 10792 del 20.03.2020. Variante Bauladu (elaborato RR0H00D22PZAH0003001A)

Le aree di stoccaggio in oggetto verranno impiegate principalmente per lo stoccaggio provvisorio del materiale prodotto dallo scavo della GN01 galleria Bauladu (lato Solarussa). Essa si trova nel comune di Solarussa, circa all'altezza della Km 1+850, su un'area pianeggiante in parte ricoperta da vegetazione spontanea e destinata a pascolo. L'interferenza maggiore è riconosciuta nella presenza dei cumuli di terreno, dal momento che l'area verrà impiegata per l'accumulo del materiale di scavo delle Gallerie Naturale.

Tuttavia, considerato che al termine dei lavori l'area verrà ripristinata allo stato precedente l'apertura del cantiere, si ritiene che l'impatto possa essere valutato di bassa entità.

Dall'analisi effettuata nei paragrafi precedenti è stato possibile riportare nella tabella successiva una sintesi dei livelli di intensità degli effetti, in relazione ai quattro criteri analizzati, per ciascun ambito.

Criteri	**INTENSITÀ DEGLI EFFETTI**	
	AMBITO 01	**AMBITO 02**
Cambiamento della conformazione del paesaggio	BASSA	BASSA
Disturbi della particolarità e naturalità	BASSA	BASSA
Percezione del paesaggio e impatto visivo	MEDIA	MEDIA
Coinvolgimento di superfici soggette a vincolo paesaggistico	MEDIA	MEDIA
Valutazione complessiva dell'impatto	**MEDIA**	**MEDIA**

Tabella 12 - Tabella di sintesi dei livelli di intensità degli effetti in relazione ai quattro criteri analizzati

5.1.5 Percezione degli stakeholder

I soggetti direttamente interessati sono rappresentati dalle Soprintendenze ai Beni storici e culturali competenti alla tutela ed alla gestione dei beni paesaggistici presenti sul territorio interessato dagli interventi.

5.1.6 Mitigazioni ambientali

Le interferenze e criticità inerenti alla fase di costruzione delle opere (sia quella ferroviaria che quelle stradali ad essa connesse) sono legate a due ordini di problemi:

- il primo, dipendente dalle condizioni del territorio direttamente coinvolto dalla realizzazione dell'infrastruttura, per risolvere il quale si è agito in sede di scelta dei siti di cantiere, localizzandoli in aree maggiormente compatibili ad accogliere gli impianti e gli spazi di lavorazione, seguendo i criteri localizzativi indicati al precedente paragrafo 2.5 (organizzazione del sistema di cantierizzazione) che tengono conto di parametri di ordine sia tecnico che ambientale;
- il secondo, dovuto agli aspetti propri della gestione tecnico-operativa dei cantieri stessi, ossia l'insieme delle attività e strutture logistiche previste nei singoli siti, che possono generare problemi di inserimento risolvibili solo con l'attuazione di opportune opere di mitigazione, localizzate, sia puntualmente in corrispondenza dei siti di lavorazione e deposito, sia lungo i percorsi veicolari e i binari.

In riferimento alla componente "paesaggio", come visto precedentemente, le principali problematiche indotte dalla fase di cantierizzazione, si riferiscono a:

- alterazione del contesto paesaggistico nelle sue caratteristiche fisiche (modifica della morfologia, perdita di essenze vegetazionali, ecc.),
- alterazione delle visuali del paesaggio,
- interferenza con vincoli esistenti,
- alterazione/danno a contesti consolidati di pregio.

Tenendo conto che l'alterazione di un singolo parametro conseguente al concatenarsi delle attività lavorative può avere ricadute anche sulle altre componenti:

<u>Atmosfera:</u>

- alterazioni delle condizioni di qualità dell'aria;
- produzione di polveri

<u>Rumore:</u>

- disturbo derivante dalla movimentazione dei mezzi e da lavorazioni.

<u>Ambiente idrico:</u>

- modifica del regime idrico;

- alterazione della qualità delle acque.

Suolo e sottosuolo:

- modifica assetto morfologico;
- alterazioni delle proprietà chimico-fisiche e biologiche dei suoli.

Vegetazione, flora e fauna:

- sottrazione di aree vegetate;
- alterazione delle composizioni vegetali;
- danno alla vegetazione per produzione di polveri;
- allontanamento/danno alla fauna.

Durante le fasi di cantierizzazione verranno applicate generiche procedure operative per il contenimento dell'impatto acustico ed atmosferico generato dalle attività di cantiere, tali da ridurre il disturbo nei confronti dei ricettori vicini all'area di cantiere.

In particolare, per il contenimento delle polveri e del rumore si procederà attraverso:

- il lavaggio delle ruote degli automezzi;
- la bagnatura delle piste e delle aree di cantiere;
- la spazzolatura delle viabilità;
- la realizzazione di barriere antipolvere e antirumore;
- una corretta scelta delle macchine e delle attrezzature, con opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature per ridurre le emissioni acustiche.

Per ridurre il rischio di inquinamento del suolo/sottosuolo: verrà curata la scelta dei prodotti da impiegare, limitando l'impiego di prodotti contenenti sostanze chimiche pericolose o inquinanti. Lo stoccaggio delle sostanze pericolose eventualmente impiegate avverrà in apposite aree controllate ed isolate dal terreno, e protette da telo impermeabile. Saranno, altresì, adeguatamente pianificate e controllate le operazioni di produzione, trasporto ed impiego dei materiali cementizi, le casserature ed i getti. Per la componente ambiente idrico saranno messe in atto tutte le azioni di prevenzione dell'inquinamento da mettere in atto durante le operazioni di casseratura, getto e trasporto del cls nonché relativamente all'utilizzo di sostanze chimiche e allo stoccaggio dei materiali e al drenaggio delle aree stesse.

Rimandando al capitolo inerenti alle altre componenti ambientali, di seguito si riportano gli interventi previsti per la mitigazione degli effetti sul paesaggio per le aree di lavorazione.

Per ciò che riguarda gli aspetti prettamente paesaggistici delle aree allo scoperto (imbocchi gallerie, viadotto, ecc.), gli interventi previsti mirano ai seguenti obiettivi:

- riqualificazione dei margini della nuova infrastruttura;
- riconnessione degli elementi lineari strutturanti il paesaggio agrario intercettati;
- siepi/filari di margine

- mitigazione degli effetti negativi per le visuali percepite attraverso opere a verde per frazionare la continuità degli elementi percepiti;
- rinaturazione delle aree intercluse facendo ricorso a formazioni vegetazionali composte in coerenza con l'orizzonte fitoclimatico.

Le mitigazioni si fondano prevalentemente su interventi di recupero delle aree direttamente interessate dal progetto. L'utilizzo di impianti a verde ha sia il fine di offrire riqualificazione estetico-percettiva, sia il fine di ricostruire elementi a valenza naturale in un contesto maggiormente rappresentato proprio dalla copertura vegetale naturale ed agricola.

Dalla disamina del territorio, non sono emerse situazioni di particolare criticità, ad esclusione di alcuni aspetti che, per sensibilità intrinseca, meritano maggiore attenzione: si fa riferimento, in particolare, agli ambienti di macchia mediterranea ed al tessuto naturale attraversato dall'opera in progetto, che ha portato all'individuazione di misure di mitigazione mirate a stabilire delle relazioni di contesto tra l'opera in progetto ed il paesaggio in cui si inserisce, minimizzandone l'effetto di sovrapposizione.

Altro aspetto che è stato valutato è quello relativo alla creazione di aree intercluse e/o aree per le quali, in fase post operam, non è applicabile il ripristino al precedente uso. Queste aree, a fronte di una sottrazione di suolo agli ambienti naturali, derivante dalle esigenze di realizzazione dell'opera in progetto, possono tuttavia essere valorizzate grazie all'introduzione di elementi di naturalità.

Gli interventi progettati prevedono vegetazione di nuovo impianto realizzata nei seguenti areali:

- ai margini della linea ferroviaria e dei piazzali;
- all'interno delle aree intercluse o reliquati;
- sulle superfici di ritombamento degli scavi per la realizzazione delle gallerie artificiali di imbocco e non.
- eventualmente ai margini dei corsi d'acqua attraversati dal tracciato.

Per quanto riguarda nello specifico le aree di lavorazione, al termine dei lavori, i cantieri saranno tempestivamente smantellati; sarà quindi effettuato lo sgombero e lo smaltimento del materiale di risulta derivante dalle opere di realizzazione della nuova linea ferroviaria, evitando la creazione di accumuli permanenti in loco. Le aree di cantiere e quelle utilizzate per lo stoccaggio dei materiali saranno ripristinate in modo da ricreare quanto prima le condizioni originarie.

Sarà cura dell'appaltatore nella fase di preparazione del cantiere, salvaguardare tutte le specie arboree/arbustive presenti in prossimità del perimetro che possano essere utilizzate ai fini del mascheramento delle aree stesse.

5.2 ARCHEOLOGIA

In relazione alla riduzione degli impatti sul territorio dal punto di vista archeologico, con lo scopo di adeguare il progetto archeologico (ai sensi dell'art. 25 del D.Lgs. 50/2016) sono state avviate le prime interlocuzioni con le Soprintendenze di Sassari e di Cagliari, rispettivamente negli incontri presso le loro sedi del 7 e 22 giugno 2017.

A seguito di interlocuzioni intercorse con i funzionari della Soprintendenza archeologia belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Cagliari, le province Oristano e sud Sardegna, è stato trasmesso a quest'ultima con nota prot. con nota prot. del AGCS.RMFB.0052107.17.U del 3.08.2017 lo Studio Archeologico relativo al Progetto Preliminare della variante ferroviaria di Bauladu. La Soprintendenza con nota prot. con nota prot. 25089 del 05.12.2017 ha prescritto l'esecuzione di indagini archeologiche preventive in corrispondenza delle aree risultate a potenziale rischio archeologico ed ha richiesto la dismissione del tratto di linea ferroviaria esistente posta in corrispondenza dell'area archeologica di Pidighi.

A seguire Italferr con nota prot. AGCS.RMFB.0010188.18.U del 16.02.2018 ha trasmesso per approvazione alla Soprintendenza Il progetto di indagini archeologiche ed una proposta di dismissione del tratto di ferrovia esistente sopra menzionato.

Con parere MIBACT_DG-ABAP_SERV V/20.03.2020/0010792-P [34.43.01/22.4.1//2019] la Direzione Generale Archeologia, belle arti e paesaggio, per quanto di stretta competenza, esprime parere tecnico istruttorio favorevole alla dichiarazione di compatibilità ambientale del progetto denominato Rete Sarda: Velocizzazione San Gavino – Sassari – Olbia "Variante di Bauladu", ricadente in Provincia di Oristano (Comuni di Solarussa, Bauladu, Paulilatino, Tramatza) nel rispetto delle condizioni ambientali dal n.1 al n.10 indicate nella propria comunicazione prot. n. 4195 del 03/02/2020.

Per assicura il rispetto di tali condizioni ambientali in fase di Ante Operam ed in Corso d'Opera saranno svolte le attività di sorveglianza archeologica nei seguenti momenti attuativi:

- Prima dell'inizio degli scavi;
- Durante gli scavi;
- In caso di rinvenimento di reperti archeologici durante gli scavi.

6. RISORSE NATURALI

6.1 ACQUE

6.1.1 Normativa di riferimento

Nel presente paragrafo si enunciano le principali Leggi e Norme a cui si fa riferimento per le caratteristiche della componente acqua dell'area oggetto di studio.

Direttive comunitarie

- Direttiva della Commissione 20 giugno 2014, n. 2014/80/UE - Direttiva che modifica l'allegato II della direttiva 2006/118/CE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento;
- Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio 12 agosto 2013, n. 2013/39/UE - Direttiva che modifica le direttive 2000/60/CE e 2008/105/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque;
- Direttiva della Commissione delle Comunità europee 31 luglio 2009, n. 2009/90/Ce - Direttiva che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque;
- Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio 16 dicembre 2008, n. 2008/105/CE - Direttiva sugli standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque (modifica e abrogazione delle Dir. 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE e modifica della Dir. 2000/60/CE);
- Direttiva del Parlamento europeo, 12 dicembre 2006, n. 2006/118/CE - Direttiva 2006/118/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 12 dicembre 2006 sulla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento;
- Direttiva del Parlamento europeo, 15 febbraio 2006, n. 2006/11/CE - Direttiva 2006/11/Ce del Parlamento europeo e del Consiglio del 15 febbraio 2006 concernente l'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose scaricate nell'ambiente idrico della Comunità;
- Direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque;
- Direttiva 1991/271/CE del 21 maggio 1991 concernente il trattamento delle acque reflue urbane, ovvero la tipologia di trattamento che devono subire le acque reflue che confluiscono in reti fognarie prima dello scarico;

- Direttiva del Consiglio del 4 maggio 1976, n. 76/464/CEE - Direttiva concernente l'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose scaricate nell'ambiente idrico della Comunità.

Normativa nazionale

- Legge 28 dicembre 2015, n. 221 - Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali;
- D.Lgs. 13 ottobre 2015, n. 172 - Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque. Entrata in vigore del provvedimento: 11/11/2015;
- Legge 22 maggio 2015, n. 68 - Disposizioni in materia di delitti contro l'ambiente;
- Decreto del Ministero dell'Ambiente 27 novembre 2013, n. 156 - Regolamento recante i criteri tecnici per l'identificazione dei corpi idrici artificiali e fortemente modificati per le acque fluviali e lacustri, per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo;
- D.Lgs. 10 dicembre 2010, n. 219 - Attuazione della direttiva 2008/105/Ce relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/Cee, 83/513/Cee, 84/156/Cee, 84/491/Cee, 86/280/Cee, nonché modifica della direttiva 2000/60/Ce e recepimento della direttiva 2009/90/Ce che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/Ce, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque;
- D.M. 8 novembre 2010, n. 260 - Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo;
- Legge 25 febbraio 2010, n. 36 - Disciplina sanzionatoria dello scarico di acque reflue;
- D.M. 14 aprile 2009, n. 56 - Regolamento recante “Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo”;

- Legge 27 febbraio 2009, n. 13 - Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 30 dicembre 2008, n. 208, recante misure straordinarie in materia di risorse idriche e di protezione dell'ambiente;
- D.Lgs. 16 marzo 2009, n. 30 - Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento;
- D.L. 30 dicembre 2008, n. 208 e ss.mm.ii. - Misure straordinarie in materia di risorse idriche e di protezione dell'ambiente;
- D.M. 16 giugno 2008, n. 131 - Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante: "Norme in materia ambientale", predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, dello stesso decreto;
- D.Lgs. 16 gennaio 2008, n. 4 - Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale;
- D.Lgs. 8 novembre 2006, n. 284 - Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale;
- D.M. 2 maggio 2006 - Norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue, ai sensi dell'articolo 99, comma 1, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152;
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. - Norme in materia Ambientale (TU ambientale). In particolare, la Parte Terza del suddetto decreto, concernente: “Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall’inquinamento e di gestione delle risorse idriche” e successivi Decreti legislativi correttivi (D.Lgs. n. 284 del 8 novembre 2006, D.Lgs. n. 4 del 16 gennaio 2008);
- Direttiva del Ministero dell’Ambiente e della tutela del territorio e del mare 27 maggio 2004 - Disposizioni interpretative delle norme relative agli standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose;
- D.M. 6 aprile 2004, n.174 - Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano;
- D.M. 12 giugno 2003, n. 185 – Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell’articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152;

- D. M. 18 settembre 2002 e s.m.i. - Modalità di informazione sullo stato di qualità delle acque, ai sensi dell'art. 3, comma 7, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 52;
- D.Lgs. 2 febbraio 2001, n. 31 e ss.mm.ii. - Attuazione della direttiva 98/83/Ce - Qualità delle acque destinate al consumo umano.

Normativa regionale

- L.R. 6 dicembre 2006, n.19 Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici;
- L.R. 12 giugno 2006 – Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali;
- L.R. 17 ottobre 1997, n.29 – Istituzione del servizio idrico integrato, individuazione e organizzazione degli ambiti territoriali ottimali in attuazione della legge 5 gennaio 1994, n.36;
- Delibera n° 1/16 del 14/01/2011 – “Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE). Caratterizzazione corpi idrici. Caratterizzazione corpi idrici sotterranei della Sardegna e programma di monitoraggio”.

6.1.2 Inquadramento idrologico di area vasta

L’idrografia della Regione Sardegna si presenta con caratteri tipici delle regioni mediterranee. La gran parte degli elementi idrici superficiali sono caratterizzati da un regime torrentizio, dovuto, fondamentalmente, alla vicinanza tra i rilievi e la costa. I corsi d’acqua hanno prevalentemente pendenze elevate, nella gran parte del loro percorso, e sono soggetti ad importanti fenomeni di piena nei mesi tardo autunnali ed a periodi di magra rilevanti durante l’estate, periodo in cui i corsi d’acqua possono essere in secca per più mesi consecutivi. Gli unici corsi d’acqua che presentano carattere perenne sono il Flumedosa, il Coghinas, il Cedrino, il Liscia, il Temo ed il fiume Tirso, il più importante dei fiumi sardi.

Tuttavia, nel corso degli ultimi decenni, sono stati realizzati numerosi sbarramenti lungo queste aste, che hanno provocato una consistente diminuzione dei deflussi nei mesi estivi, arrivando, talvolta, ad azzerarli.

Il territorio regionale è stato ripartito in sette zone idrografiche denominate “Sistemi”:

- zona Sulcis (1.646 km^2);
- zona Tirso (5.327 km^2);
- zona Temo, Mannu di Porto Torres, Coghinas (5.402 km^2);
- zona Liscia (2.253 km^2);
- zona Posada, Cedrino (2.423 km^2);
- zona Sud Orientale (1.035 km^2);
- zona Flumendosa, Campidano, Cixerri (5.960 km^2).

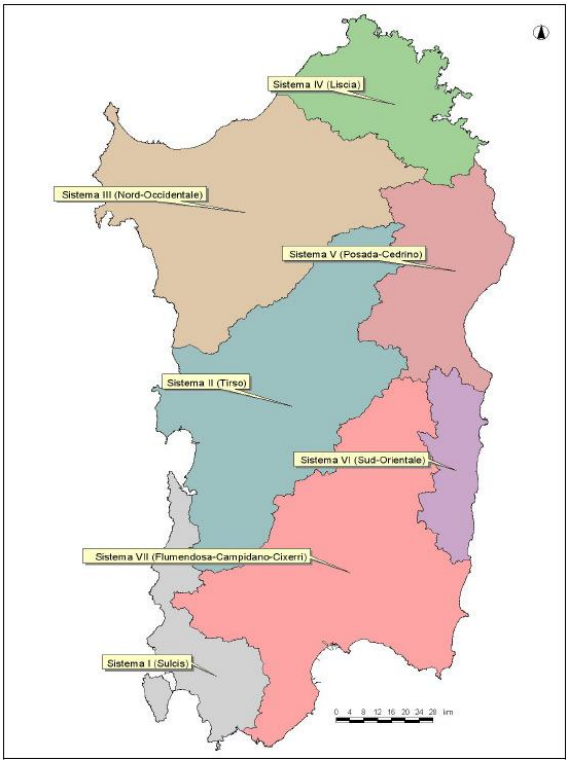


Figura 51 - Mappa dei sistemi

La tratta in oggetto ricade all'interno dell'Unità idrografica omogenea denominata "Sistema II Tirso".

6.1.3 Inquadramento idrologico di dettaglio

La tratta ferroviaria in progetto segue approssimativamente il confine tra le U.I.O. Mare Foghe e Tirso. L'U.I.O. del Mare Foghe ha un'estensione di circa 838,12 Km^2. Il bacino del Riu di Mare Foghe, che prende il nome dal fiume principale che attraversa la piana, si estende nell'entroterra per circa 532 km^2; è caratterizzato da un'intensa idrografia dovuta alle varie tipologie rocciose attraversate, e si sviluppa dalla catena montuosa del Monti Ferru fino allo stagno di Cabras. Oltre al bacino principale appartengono a questa U.I.O. una serie di bacini minori costieri situati a nord del Golfo di Oristano, tra

cui si menziona quello del Riu Mannu di Scano Montiferro.

Il Riu di Mare Foghe ha origine dall'unione di più corsi d'acqua che, con diverse denominazioni, scendono, con andamento breve e ripido, dalle pendici del Monte Ferru.

Figura 52 - U.I.O. Mare Foghe

L'unità idrografica del Tirso è caratterizzata da un'intensa idrografia con sviluppo prevalentemente dendritico dovuto alle varie tipologie rocciose attraversate lungo la parte centrale ed è delimitata a Ovest dal massiccio del Montiferru, a Nord-Ovest dalle Catene del Marghine e del Goceano, a Nord dall'altopiano di Buddusò, a Est dal massiccio del Gennargentu, a Sud dall'altopiano della Giara di Gesturi e dal Monte Arci. L'altimetria è notevolmente varia: all'interno di questa U.I.O. sono presenti aree pianeggianti, collinari, e montuose che culminano con le vette del versante settentrionale del Gennargentu (Bruncu Spina 1829 m s.l.m.).

All'interno dell'U.I.O. sono presenti numerosi invasi artificiali, tra cui il lago Omodeo che risulta essere l'invaso artificiale più grande dell'isola.

Figura 53 - U.I.O. Fiume Tirso

Nella figura di seguito si riporta la sovrapposizione tra la variante Bauladu e la rete idrografica (costituita

dal reticolo permanente e da quello effimero).

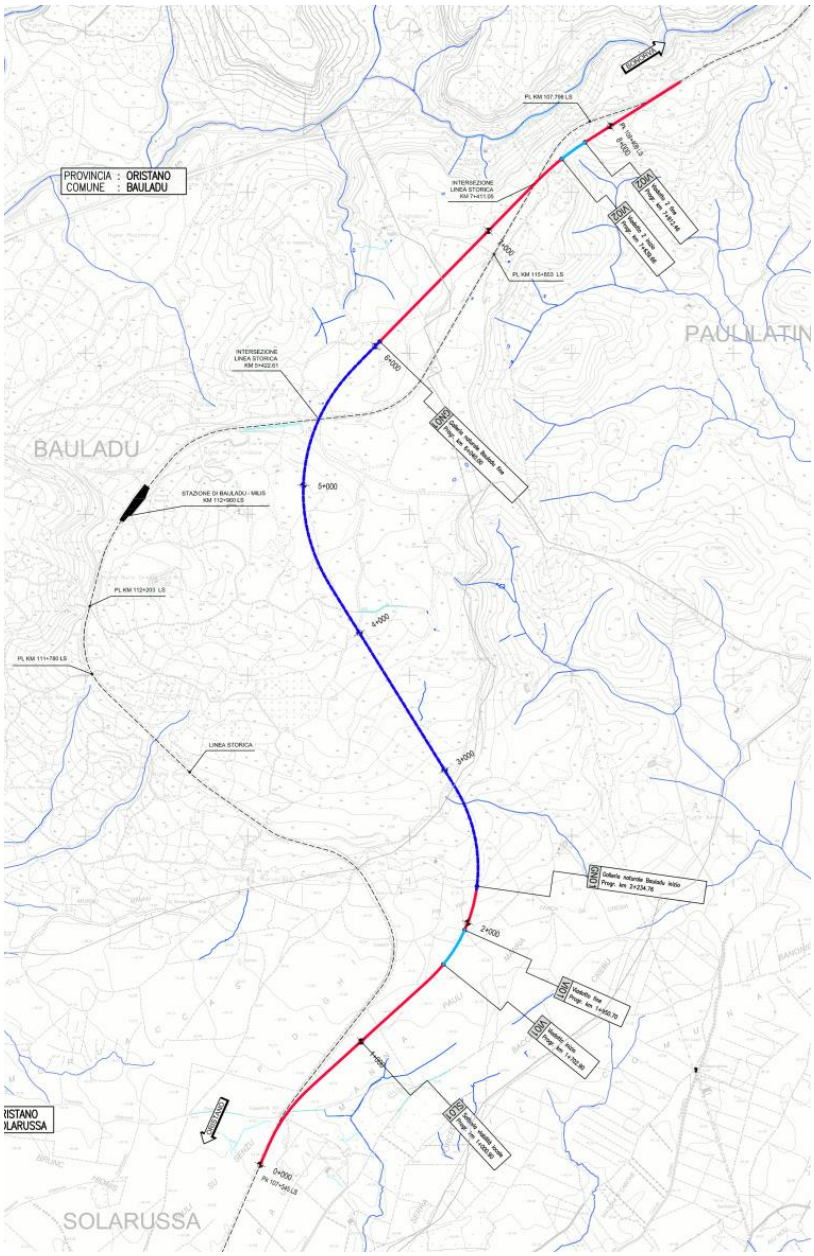


Figura 54 - Sovrapposizione della variante in progetto con la rete idrografica definita dall'ADB Sardegna

L'unica interferenza idrografica evidente nella figura è localizzata in un tratto in cui il tracciato ferroviario è in galleria naturale: il ricoprimento al di sopra della galleria è tale (oltre 20 m) da lasciare indisturbata la interferenza.

6.1.4 Inquadramento idrogeologico di area vasta

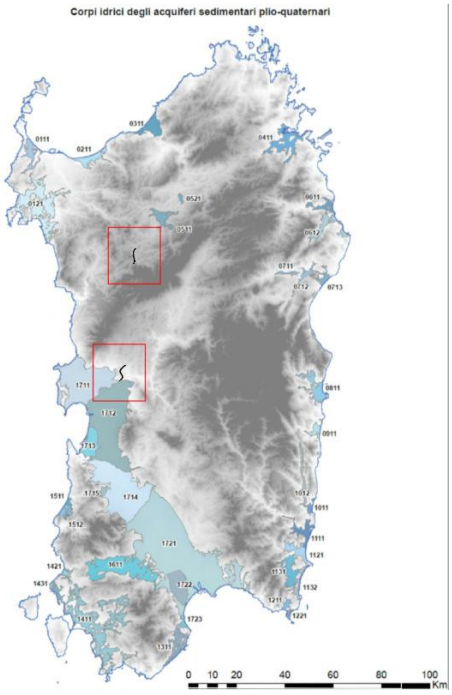
A causa delle particolari condizioni morfologiche e stratigrafico-strutturali, l'assetto idrogeologico dell'area di studio si presenta alquanto articolato e complesso. Infatti, i diversi acquiferi presenti, pur essendo dotati

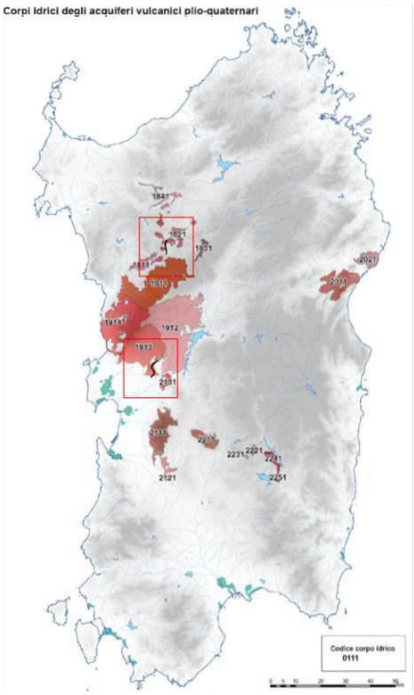
in qualche caso di buona potenzialità, non presentano in genere una grande continuità aerale, in quanto frazionati da limiti tettonici e morfologici.

I complessi idrogeologici a scala regionale sono stati individuati sulla base della classificazione del Piano di Gestione Acque approvata nel 2011 e modificata nel 2015, la classificazione operata ha permesso di individuare a grande scala le seguenti informazioni sintetiche:

- Unità Idrogeologiche componenti;
- Litologie;
- Tipo di permeabilità (per porosità, per fessurazione o per carsismo);
- Grado di permeabilità (basso, medio - basso, medio, medio - alto, alto).

Per il distretto idrografico della Regione Sardegna sono stati individuati 114 corpi idrici sotterranei (CIS). L'individuazione dei complessi idrogeologici/acquiferi/corpi idrici su larga scala è stata effettuata sulla base della carta Geologica della Sardegna. Sulla base del quadro conoscitivo attuale, sono stati individuati per tutta la Sardegna 37 complessi acquiferi principali, costituiti da una o più Unità idrogeologiche con caratteristiche idrogeologiche sostanzialmente omogenee.





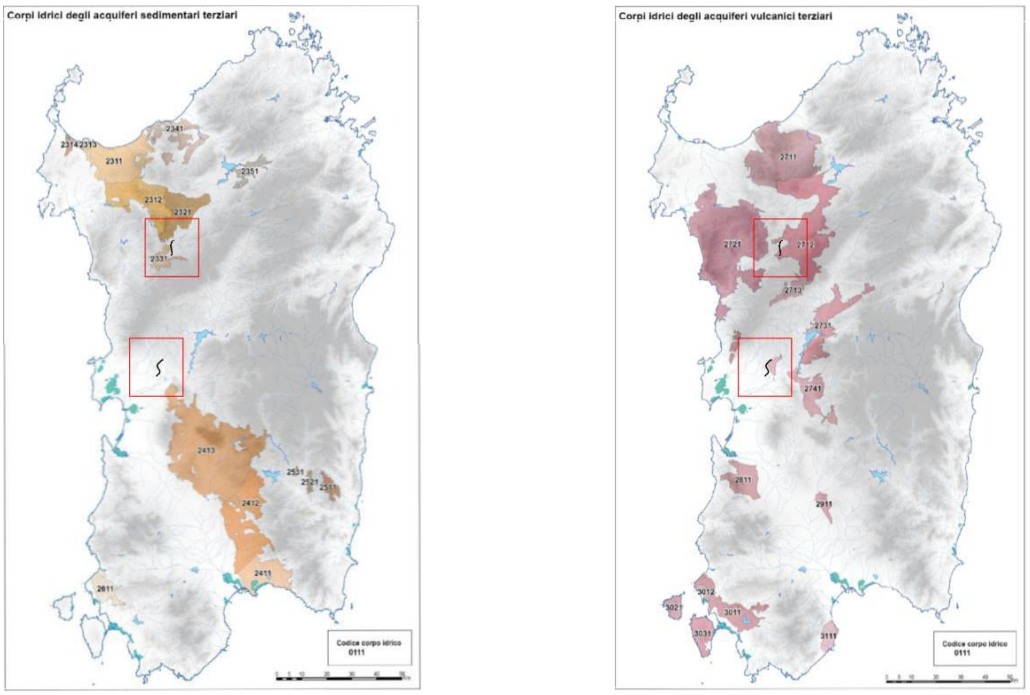
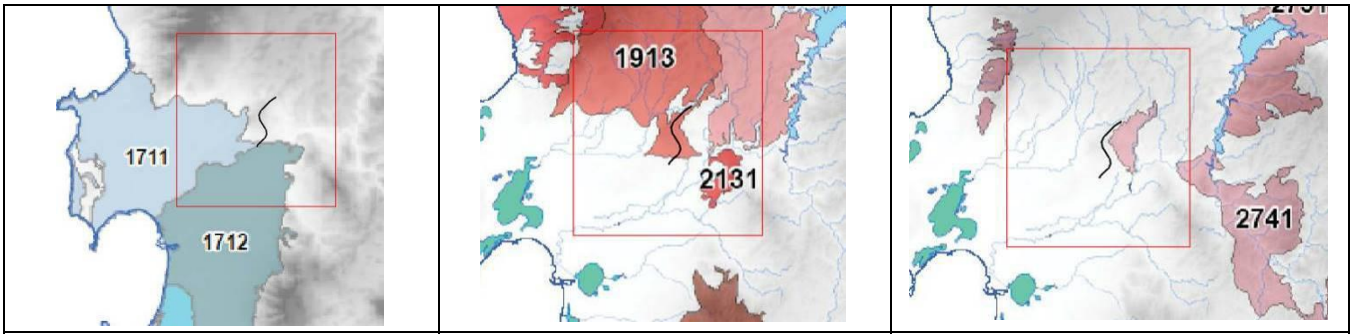


Figura 55 - Corpi idrici sotterranei, nei reticoli in rosso la tratta oggetto di studio, nei reticoli in grigio la tratta Bonorva - Torralba

Come si osserva dagli stralci, la tratta in progetto ricade quasi completamente all'interno del CIS 1913 degli acquiferi vulcanici plio-quaternari e, marginalmente, nella sua parte iniziale nel CIS Detritico alluvionale plio-quaternario di Oristano (1712), facente parte degli acquiferi sedimentari plio-quaternari.

6.1.5 Inquadramento idrogeologico di dettaglio

In dettaglio il CIS 1712 fa parte del complesso idrogeologico del Campidano ed è costituito da varie unità tra cui le Alluvioni plio-quaternarie. Le litologie presenti nel complesso sono le seguenti: Depositi alluvionali conglomeratici, arenacei, argillosi; depositi lacustro-palustri.



1712 – detritico alluvionale plio – quaternario di Oristano	1913 – Vulcaniti plio – pleistoceniche di Mare Foghe	2741 – Vulcaniti oligo-mioceniche di Samugheo

Figura 56 - C.I.S. area di studio Variante Bauladu

La permeabilità per porosità è complessivamente media–bassa risultando localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana.

Il CIS 1913 fa parte del complesso idrogeologico della Sardegna centro-occidentale ed è costituito dalle vulcaniti plio-quaternarie, le litologie presenti sono le seguenti: Basalti, basaniti, trachibasalti, hawaiiti, andesiti basaltiche, trachiti, fonoliti e tefriti in cupole e colate con intercalazioni e coni di scorie; livelli sedimentari fluviolacustri intercalati, rioliti, riodaciti e daciti in cupole e colate, con sporadici depositi piroclastici associati; filoni associati.

Permeabilità complessiva per fessurazione da medio-bassa a bassa; localmente, in corrispondenza di facies fessurate, vescicolari e cavernose, permeabilità per fessurazione e subordinatamente per porosità medio-alta.

Il CIS 2741 fa parte del complesso idrogeologico della Sardegna nord-occidentale ed è costituito da: Rioliti, riodaciti, daciti e subordinate comenditi in espandimenti ignimbritici, cupole di ristagno e rare colate, con associati prodotti piroclastici e talora livelli epiclastici; andesiti, andesiti basaltiche, basalti andesitici e rari basalti, talora brecciati, in cupole di ristagno e colate; gabbri, gabbronoriti in corpi ipoabissali e quarzodioriti porfiriche; filoni associati.

La permeabilità per fessurazione è generalmente medio-bassa, risulta più alta nei termini con sistemi di fratturazione marcati (laddove si riscontrano espandimenti ignimbritici e lavici) e più bassa in quelli meno fratturati e nei livelli piroclastici ed epiclastici.

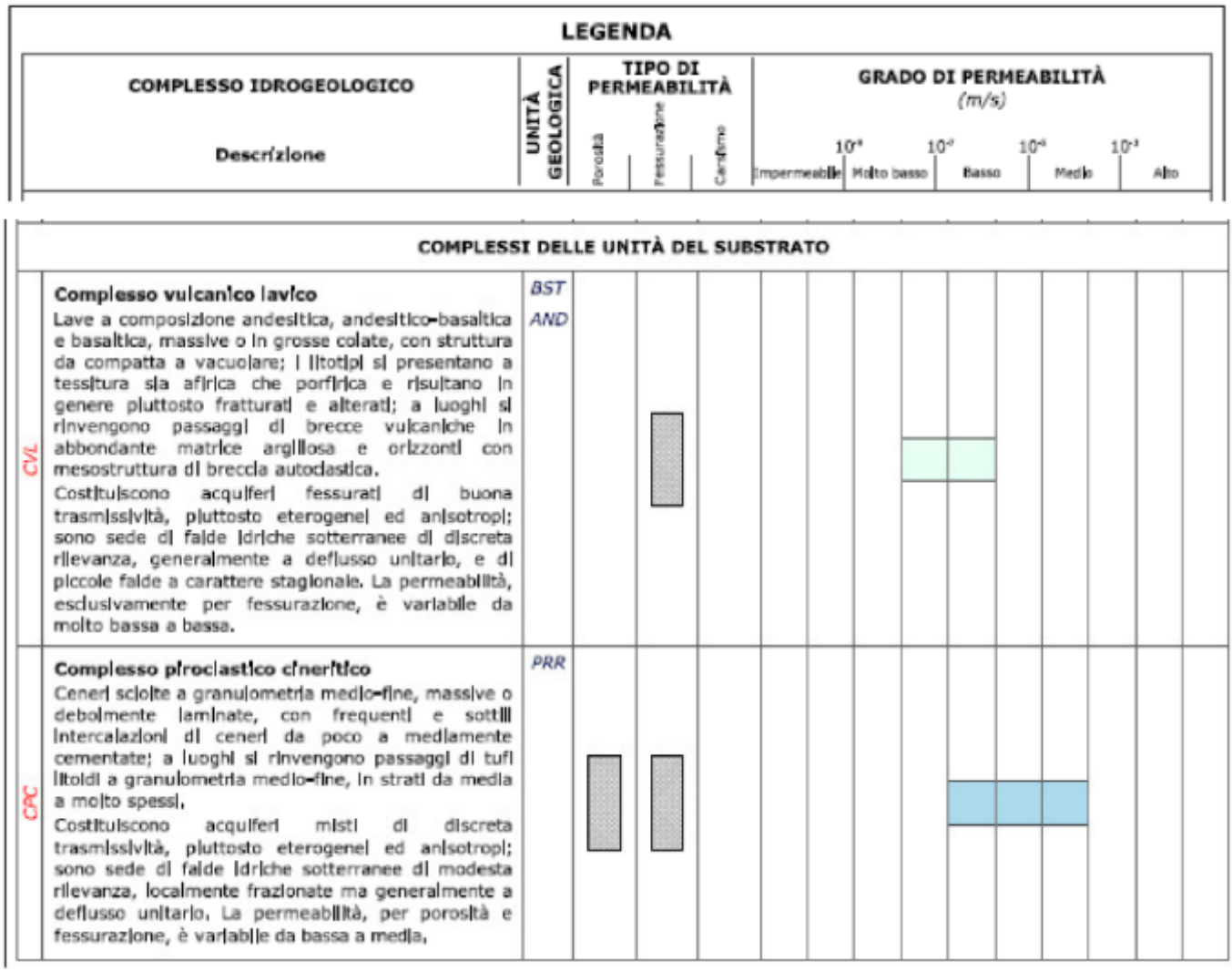
Per i CIS individuati è stata valutata la vulnerabilità intrinseca agli inquinanti, permettendo di individuare le seguenti classi di vulnerabilità.

ID CIS	Denominazione	Vulnerabilità
0111	Detritico-alluvionale plio-quaternario della Nurra settentrionale	A
0121	Detritico-alluvionale plio-quaternario della Nurra meridionale	E - A
0211	Detritico-alluvionale plio-quaternario della Marina di Sorso	E - EE
0311	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Valledoria	E - A
0411	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Olbia	A
0511	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Chilivani	A
0521	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Ozieri	A
0611	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Posada	A
0612	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Siniscola	A
0711	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Sologo	A
0712	Detritico-alluvionale plio-quaternario del Cedrino	A
0713	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Orosei	A
0811	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Tortolì	A
0911	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Barisardo	A
1011	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Quirra	A
1012	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Terlenia	A
1111	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Muravera	A - M
1121	Detritico-alluvionale plio-quaternario del Rio Picocca	E - A
1131	Detritico-alluvionale plio-quaternario del Rio Corr'e Pruna	E - A
1132	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Costa Rei	E - A
1211	Detritico-alluvionale plio-quaternario del Riu Foxi	A
1221	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Simius	A
1311	Detritico-alluvionale plio-quaternario della Piana di Pula	A
1411	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Carbonia - Golfo di Palmas	A
1421	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Gonnesa	E - A
1431	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Portoscuso	E - A
1511	Detritico-carbonatico plio-quaternario di Piscinas	EE
1512	Detritico-carbonatico plio-quaternario di Scivu	EE
1611	Detritico-alluvionale plio-quaternario del Cixerri	A
1711	Detritico-alluvionale plio-quaternario del Sinis	E - A
1712	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Oristano	A
1713	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Arborea	E - A
1714	Detritico-alluvionale plio-quaternario del Flumini Mannu di Pabillonis	A
1715	Detritico-alluvionale plio-quaternario del Rio Sitzerri	A
1721	Detritico-alluvionale plio-quaternario del Campidano di Cagliari	A
1722	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Macchiareddu	A
1723	Detritico-alluvionale plio-quaternario di Sarroch	A
1811	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Padria	M
1821	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Torralba	A
1831	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Bono	A
1841	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Ploaghe	A
1911	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Campeda	A
1912	Vulcaniti plio-pleistoceniche del Tirso	A
1913	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Mare Foghe	A - M
1914	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Cuglieri	A - M
2011	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Dorgali	M
2021	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Orosei	M
2111	Vulcaniti plio-pleistoceniche del M. Arci	M
2121	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Mogoro	M
2131	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Ollastra Simaxis	M
2211	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Gesturi	A

ID CIS	Denominazione	Vulnerabilità
2221	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Nurri	M
2231	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Serri	A
2241	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Orroli	M
2251	Vulcaniti plio-pleistoceniche di Escalaplano	M
2311	Detritico-carbonatico oligo-miocenico del Sassarese Settentrionale	M
2312	Detritico-carbonatico oligo-miocenico del Sasserese Meridionale	M
2313	Detritico-carbonatico oligo-miocenico di Porto Torres	M
2314	Detritico-carbonatico oligo-miocenico di Fiume Santo	M
2321	Detritico-carbonatico oligo-miocenico di Chilivani-Mores	M - B
2331	Detritico-carbonatico oligo-miocenico di Giave-Semestene	M - B
2341	Detritico-carbonatico oligo-miocenico di Perfugas	M - B
2351	Detritico Carbonatico Oligo-Miocenici di Oschiri-Berchidda	M
2411	Detritico-carbonatico oligo-miocenico del Golfo di Quartu	M
2412	Detritico-carbonatico oligo-miocenico del Parteolla-Trexenta	M - B
2413	Detritico-carbonatico oligo-miocenico della Marmilla-Sarcidano	M - B
2511	Detritico-carbonatico eocenico del Monte Cardiga	M
2521	Detritico-carbonatico eocenico di Baliao	M
2531	Detritico-carbonatico eocenico di Escalaplano	M
2611	Detritico-carbonatico eocenico di Carbonia	M - B
2711	Vulcaniti oligo-mioceniche di Osilo-Perfugas	M - B
2712	Vulcaniti oligo-mioceniche di Ozieri-Bonorva	M
2713	Vulcaniti oligo-mioceniche di Macomer-Bortigali	M
2721	Vulcaniti oligo-mioceniche di Bosa	M - B
2731	Vulcaniti oligo-mioceniche di Ottana	M
2741	Vulcaniti oligo-mioceniche di Samugheo	M
2811	Vulcaniti oligo-mioceniche dell'Arcuentu	M - B
2911	Vulcaniti oligo-mioceniche di Serrenti-Furtei	B
3011	Vulcaniti oligo-mioceniche del Sulcis	M - B
3012	Vulcaniti oligo-mioceniche di Portoscuso	M
3021	Vulcaniti oligo-mioceniche di S.Pietro	M
3031	Vulcaniti oligo-mioceniche di S.Antioco	A - M
3111	Vulcaniti oligo-mioceniche di Pula-Sarroch	M
3211	Carbonati mesozoici della Nurra Settentrionale	A
3221	Carbonati mesozoici della Nurra Meridionale	A
3311	Carbonati mesozoici del Monte Albo	A
3411	Carbonati mesozoici di Ollena	A
3421	Carbonati mesozoici di Baunei	A
3431	Carbonati mesozoici di Tuttavista	A
3511	Carbonati mesozoici del Tacco di Laconi	E
3521	Carbonati mesozoici del Tacco di Nurri	E
3531	Carbonati mesozoici del Tacco di Sadali	EE
3541	Carbonati mesozoici del Tacco di Seui	E
3551	Carbonati mesozoici del Tacco di Gairo-Ulassai-Osini	E
3561	Carbonati mesozoici del Tacco di Tertenia-Jerzu	E
3571	Carbonati mesozoici del Tacco di Perdasdefogu	E
3581	Carbonati mesozoici del tacco di Escalaplano	E
3611	Carbonati mesozoici di S. Antioco	A
3621	Carbonati mesozoici di Punta Menga	A
3711	Carbonati paleozoici di Monteponi	A
3712	Carbonati paleozoici di S.Giovanni	A
3713	Carbonati paleozoici dell'Iglesiente settentrionale	A
3714	Carbonati paleozoici di Buggerru	A

L'approfondimento eseguito a supporto del progetto definitivo, contenuto nell'elaborato "Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica" – RR150BEZZRGGE0001001A al quale si rimanda per ulteriori dettagli, individua due macro-complessi differenziati in base alla profondità:

- Complessi delle unità del substrato: rappresentato da due distinti complessi idrogeologici, costituiti da successioni vulcaniche oligo-mioceniche e plio-pleistoceniche di natura sia lavica che piroclastica, a cui sono associati i seguenti complessi:
    - Complesso piroclastico cineritico;
    - Complesso vulcanico lavico.



- Complessi dei depositi di copertura:
- Complesso alluvionale grossolano;
- Complesso detritico colluviale.

LEGENDA

	COMPLESSO IDROGEOLOGICO Descrizione	UNITÀ GEOLOGICA	TIPO DI PERMEABILITÀ: Porosità	Fessurazione	Carsismo	GRADO DI PERMEABILITÀ (m/s): Impermeabile	10^{-9} Molto basso	10^{-7} Basso	10^{-5} Medio	10^{-3} Alto
	COMPLESSI DEI TERRENI DI COPERTURA									
CDC	**Complesso detritico-colluviale** Sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta, con diffusi resti vegetali e abbondanti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; ghiaie poligeniche ed eterometriche, da angolose a sub-angolose, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa generalmente abbondante; a luoghi si rinvengono passaggi di argille limose e limi argilloso-sabbiosi a struttura indistinta, con diffusi resti vegetali e sporadiche ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate. Costituiscono acquiferi porosi di scarsa trasmissività, moderatamente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media.	b2 a									
CAR	**Complesso alluvionale grossolano** Ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa generalmente abbondante e talora da mediamente a ben cementata; a luoghi si rinvengono lenti e/o livelli di ghiaie fini sub-angolose e passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate. Costituiscono acquiferi porosi di ridotta trasmissività, moderatamente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza, generalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da media ad alta.	b bn									

Si riportano di seguito alcuni stralci dell'elaborato Carta idrogeologica (elaborato n. RR0H01D69N5GE0002001A) oggetto di eventuale aggiornamento in sede di avanzamento della progettazione esecutiva.

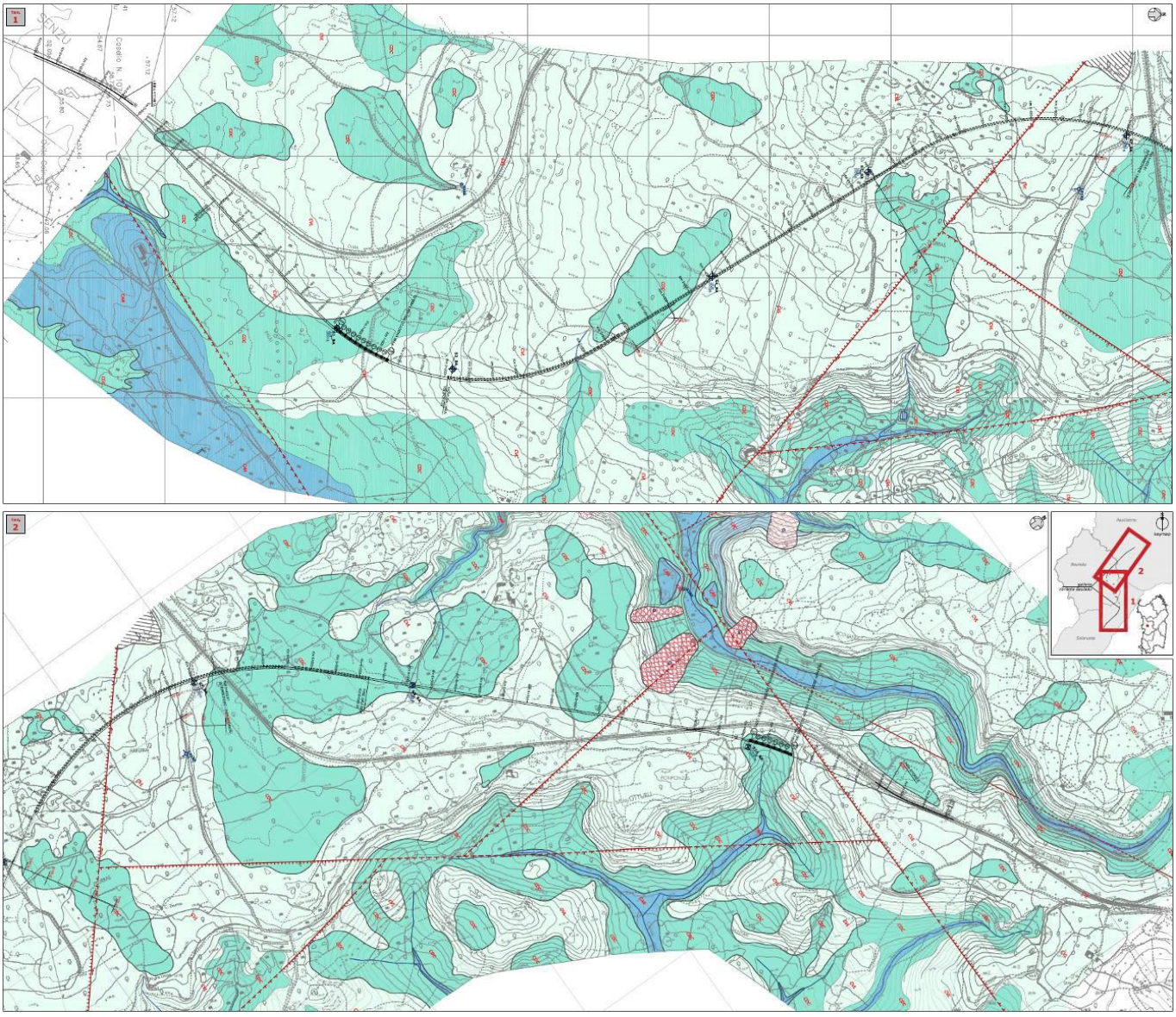


Figura 57 - Stralci dall'elaborato Carta idrogeologica RR0H1D69N5GE0002001A

Buona parte dei corpi idrogeologici individuati rappresentano, nello schema di circolazione idrica dell'area, degli acquiferi di importanza più o meno significativa, a seconda delle locali caratteristiche di permeabilità dei litotipi e della estensione latero-verticale dei depositi. Al loro interno si rinvengono locali orizzonti a bassa permeabilità e di discreto spessore che, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli acquitard di importanza più o meno significativa, in quanto tamponano parzialmente gli acquiferi principali portando alla formazione di differenti corpi idrici sotterranei.

L'assetto idrogeologico locale è quindi influenzato dalla presenza di una estesa falda in rete posta in corrispondenza delle successioni laviche di substrato. Tale falda si estende all'interno di tutta la dorsale morfologica interessata dalla realizzazione delle opere in progetto, anche se risulta fortemente condizionata dalla presenza di elementi strutturali e zone tettonizzate. La falda mostra un carattere chiaramente perenne e risulta alimentata sia dalle precipitazioni meteoriche che dal deflusso idrico

sotterraneo proveniente dalla porzione più settentrionale dell'Altopiano di Abbasanta. Nel tratto più settentrionale dell'area di studio, la falda di base mostra un andamento quasi tabulare e risulta posta a profondità variabili tra i 6 ed i 40 m dal p.c.. Nel tratto più a sud, invece, la falda è posta a profondità comprese tra i 5 ed i 30 m circa dal p.c. e defluisce chiaramente verso il margine meridionale della dorsale, in direzione della piana alluvionale Fiume Tirso. I gradienti idraulici evidenziati dalle ricostruzioni della superficie freatica risultano tendenzialmente in aumento verso i settori meridionali della zona di studio e, in generale, pienamente compatibili con quelli caratteristici di acquiferi fessurati. I dati piezometrici a disposizione evidenziano la presenza di diverse falde idriche sotterranee all'interno dei differenti acquiferi individuati lungo il tracciato ferroviario in esame. Tali falde, infatti, potrebbero rappresentare dei potenziali elementi di criticità per le opere in progetto, sia per le possibili venute d'acqua lungo i fronti di scavo che per la notevole influenza esercitata sul comportamento meccanico dei

termini litologi ci attraversati; inoltre sono possibili interferenze dirette o indirette tra le opere in progetto e gli acquiferi locali.

Gli acquiferi presenti nel settore di studio non sono oggetto di sfruttamento intensivo o di rilevanza strategica, ma va comunque segnalata la presenza di sporadici pozzi ad uso irriguo/allevamento. In relazione a tale contesto di riferimento la progettazione degli interventi dovrà consentire di minimizzare l'impatto sugli acquiferi, sia in fase di cantierizzazione sia in fase di esercizio, e in particolare nei settori di fondovalle dove la vulnerabilità degli acquiferi risulta più elevata in relazione alla ridotta soggiacenza.

6.1.6 Stato qualitativo

Il Piano di Gestione del Distretto idrografico della Sardegna, approvato con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 ottobre 2016 e pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n.25 del 31 gennaio 2017 individua una rete di monitoraggio dei corpi idrici significativi, superficiali e sotterranei.

La prima attività di caratterizzazione dei corpi idrici fluviali, effettuata ai sensi del D.M. 131 del 2008 "Caratterizzazione dei Corpi idrici della Sardegna –Relazione generale", 6.1.a è stata approvata con Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità del Bacino della Sardegna n. 4 del 13/10/2009 e successivamente dalla Regione Sardegna con Delibera della Giunta Regionale n. 53/24 del 04/12/2009).

Nell'ambito del Piano di gestione e del successivo aggiornamento, sono stati individuati un totale di 726 corpi idrici fluviali. Per le attività di monitoraggio è stata definita una "tipizzazione" dei corpi idrici in base alla persistenza di acqua in alveo, così da poter discernere i corpi idrici "Perenni" o "Temporanei", questi ultimi sono stati ulteriormente caratterizzati in "Intermittenti", "Effimeri", ed "Episodici".

La Regione Sardegna, in conformità a quanto previsto dal decreto n. 56 del 2009 del 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 delle acque Superficiali della Regione Sardegna si distingue in "Programma di monitoraggio di Sorveglianza", per i corpi idrici " non a rischio" e "probabilmente a rischio" e in "programma di monitoraggio operativo" per i corpi idrici" a rischio".

Nello schema di seguito si descrivono i passaggi necessari per giungere alla classificazione dello Stato Ecologico a livello di Corpi Idrici partendo da ognuno degli Elementi di Qualità.

Passaggi	LIMeco	SQA	Singola metrica biologica	Idromorfologia
Indice annuale per stazione	Media dei campionamenti	Media dei campionamenti	Media dei campionamenti	
Indice annuale per CI	Media ponderata dei risultati singola stazione	Valore peggiore dei risultati medi annuali singola stazione	Media ponderata dei risultati singola stazione	Classe derivante dall'unica indagine prevista per il CI
Indice triennale per CI	Media dei valori dei tre anni riferiti al CI	Valore medio peggiore riferito al CI	Media dei valori annuali riferiti al CI	Classe derivante dall'unica indagine prevista per il CI

Acque superficiali

La stazione di monitoraggio delle acque superficiali rappresentativa per l'area di studio è codificata 0221-CF000101-ST01 ubicata nel comune di Bauladu, collocata lungo il corso del fiume Riu di Mare Foghe, come riportato nello stralcio di seguito.

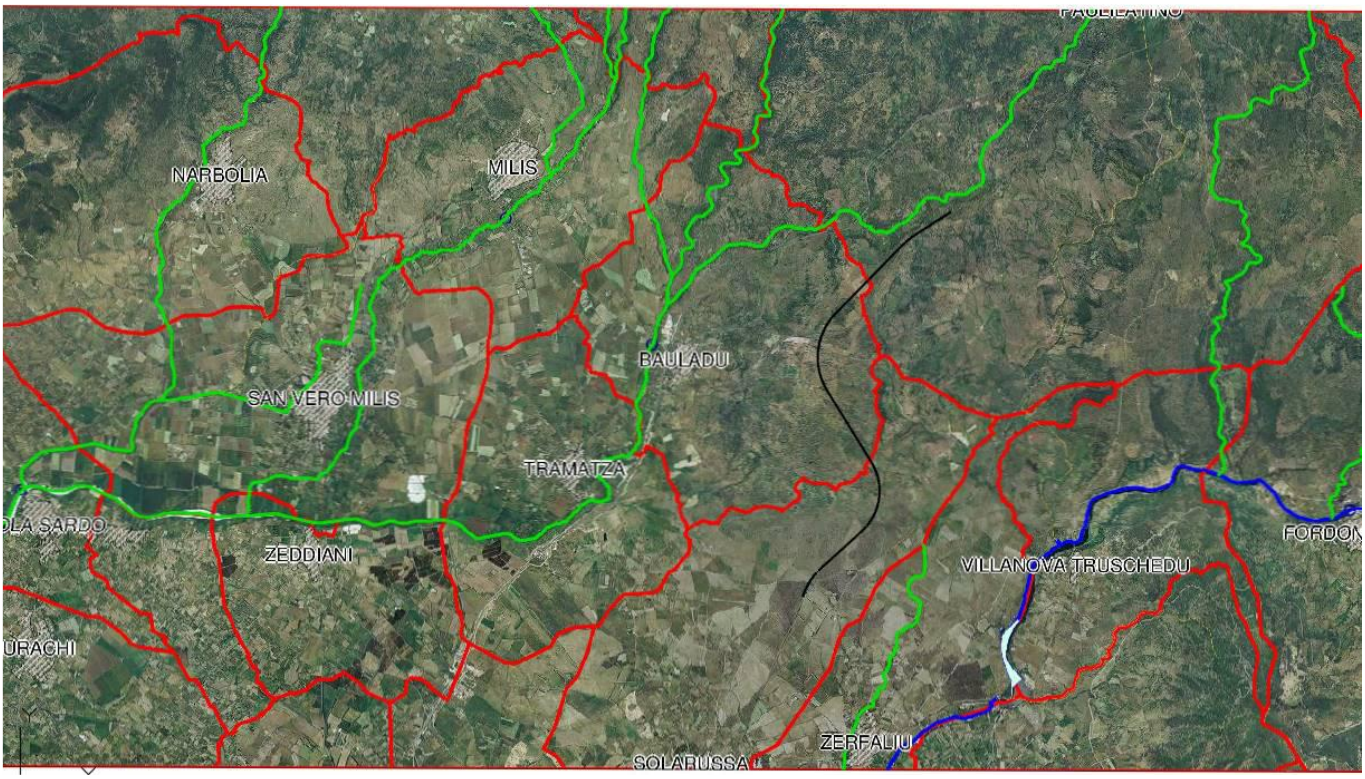


Figura 58 - Cedoc Sardegna Reticolo Idrografico D.Lgs. 152/06 e Stazioni di monitoraggio presenti

La classificazione dello stato ecologico è stata effettuata tenendo conto di quanto previsto dal DM 260/10, nelle tabelle di seguito si riportano i giudizi di qualità dei corpi idrici, rappresentati da un colore specifico di qualità rappresentato da un colore specifico per classe di qualità secondo i criteri previsti dal DM 260/10.

Anagrafica						Classificazione da EQ			Classificazione finale
Tipo 2015	Bacino idrografico	Denominazione	ID_CI_WISE	id_stazione	Classe di rischio	CLASSIFICAZIONE EQB 2015	LIMeco 2011-2014	stato 2011-2014 NP	STATO ECOLOGICO
EFF	Fiume Padrongianu	Riu de su Piricone	0129-CF002200	012900220001	PR	BUONO	BUONO	BUONO	BUONO
EFF	Fiume Padrongianu	Riu de su Piricone*	0129-CF002200	012900220002	PR	SCARSO	ELEVATO		SCARSO
EFF	Riu Vignola	Riu Vignola	0174-CF000100	017400010001	PR	BUONO	ELEVATO	ELEVATO	BUONO
EFF	Fiume Coghinas	Fiume Coghinas	0176-CF000103	017600010301	PR	SUFFICIENTE	BUONO	BUONO	SUFFICIENTE
INT	Fiume Coghinas	Fiume Coghinas	0176-CF000104	017600010401	PR	SUFFICIENTE	BUONO	BUONO	SUFFICIENTE
EFF	Rio Barca	Riu Serra	0191-CF000400	019100040001	PR	SUFFICIENTE	ELEVATO	BUONO	SUFFICIENTE
EFF	Rio Barca	Riu su Mattone	0191-CF001400	019100140001	PR	SCARSO	SUFFICIENTE	BUONO	SCARSO
EFF	Riu de Calvia	Riu de Calvia	0192-CF000100	019200010001	PR	BUONO	BUONO		BUONO
EFF	Riu di Mare Foghe	Riu di Mare Foghe	0221-CF000101	022100010101	PR	SUFFICIENTE	ELEVATO	ELEVATO	SUFFICIENTE

Tabella 13 - Classificazione Stato ecologico (Fonte:Riesame e aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto idrografico della Sardegna 2° Ciclo di Pianificazione 2016-2021)

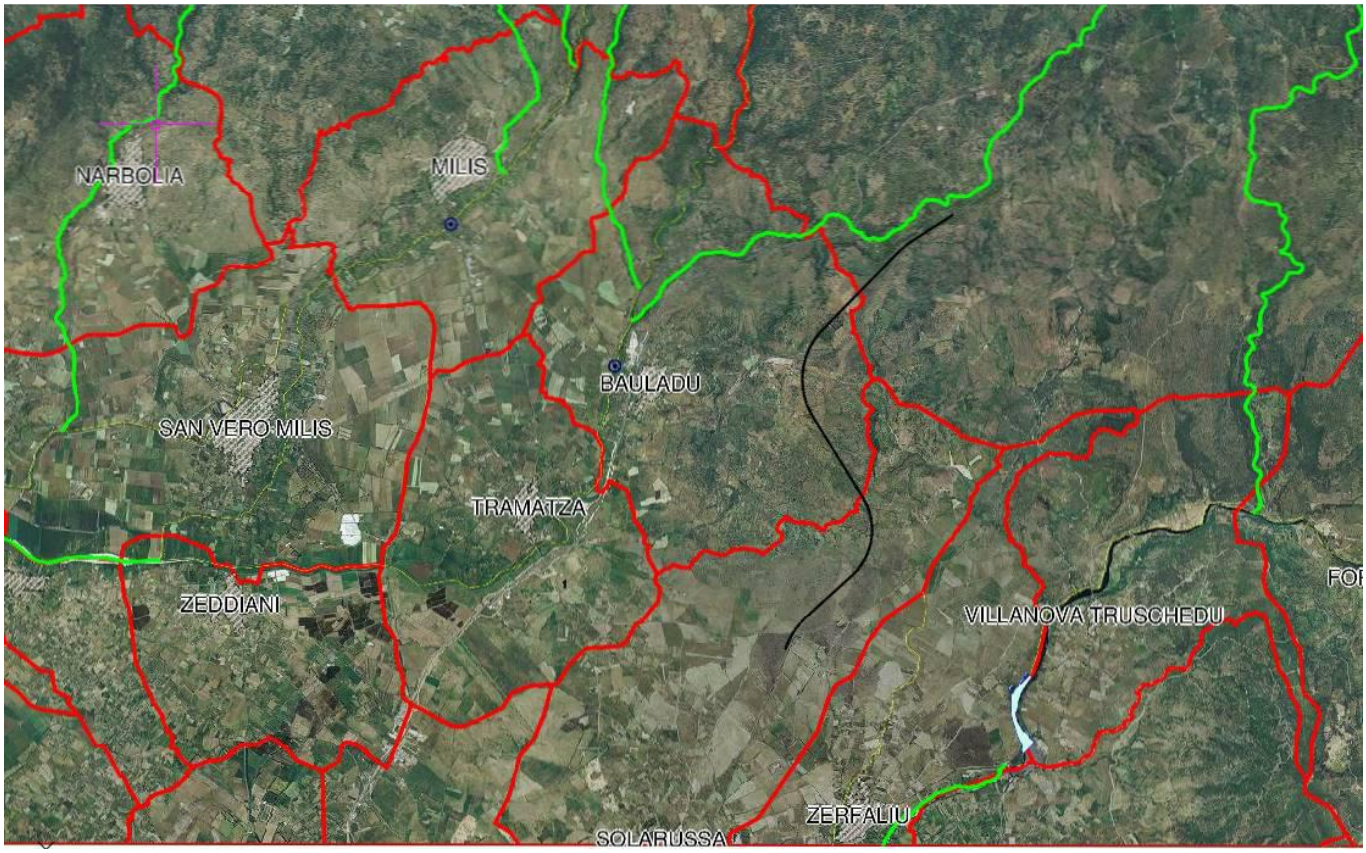


Figura 59 - Cedoc Sardegna Classificazione Stato Ecologico 2016

Come è possibile osservare dallo stralcio e dalle tabelle precedenti, lo stato ecologico del fiume Riu Mare Foghe in corrispondenza della stazione 0221-CF000101-ST01 risulta sufficiente, mentre il suo affluente di sinistra idrografica il Riu Pizziu, che confluisce nel Riu Mare Foghe a monte dell'abitato di Bauladu risulta in Buono stato ecologico.

In riferimento allo stato Chimico del fiume Riu Mare Foghe, si riscontra per la stazione monitorata lo stato "Buono".

ID_CI_WISE	id_stazione	Bacino idrografico	Denominazione	Classe di rischio	Monitoraggio	Sostanze che superano lo SQA-MA	stato per SQA-CMA 75° percentile	STATO CHIMICO
0182-CF000102	018200010202	Riu Mannu	Riu Mannu di Porto Torres*	R	O	N.C.	N.C.	N.C.
0182-CF000103	018200010301	Riu Mannu	Riu Mannu di Porto Torres*	R	O	BUONO	BUONO	BUONO
0182-CF000200	018200020001	Riu Mannu	Riu Ottava	R	O	BUONO	BUONO	BUONO
0183-CF000101	018300010101	Flumen Santu	Flumen Santu - Riu d'Astimin	R	O	Hg	Hg	NON BUONO
0183-CF000102	018300010201	Flumen Santu	Flumen Santu - Riu d'Astimin	R	O	BUONO	Hg	NON BUONO
0191-CF000100	019100010001	Rio Barca	Rio Barca*	R	O	N.C.	N.C.	N.C.
0191-CF000400	019100040001	Rio Barca	Riu Serra	PR	S	Hg	BUONO	NON BUONO
0191-CF001400	019100140001	Rio Barca	Riu su Mattone	PR	S	BUONO	BUONO	BUONO
0192-CF000100	019200010001	Riu de Calvia	Riu de Calvia	PR	S	U	U	U
0211-CF000103	021100010301	Fiume Temo	Fiume Temo	R	O	N.C.	N.C.	N.C.
0211-CF005000	021100500001	Fiume Temo	Riu Badu e Poscu	NR	S	BUONO	BUONO	BUONO
0215-CF000102	021500010201	Riu Mannu	Riu Mannu	R	O	U	U	U
0221-CF000101	022100010101	Riu di Mare Foghe	Riu di Mare Foghe	PR	S	BUONO	BUONO	BUONO
0221-CF000600	022100060001	Riu di Mare Foghe	Riu Mannu	R	O	BUONO	BUONO	BUONO
0222-CF000102	022200010201	Fiume Tirso	Fiume Tirso	PR	S	BUONO	BUONO	BUONO

Tabella 14 - Classificazione Stato Chimico (Fonte: Riesame aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna 2° Ciclo di Pianificazione 2016-2021)

Osservando lo stralcio di seguito viene confermato lo stato Chimico buono nella stazione considerata.

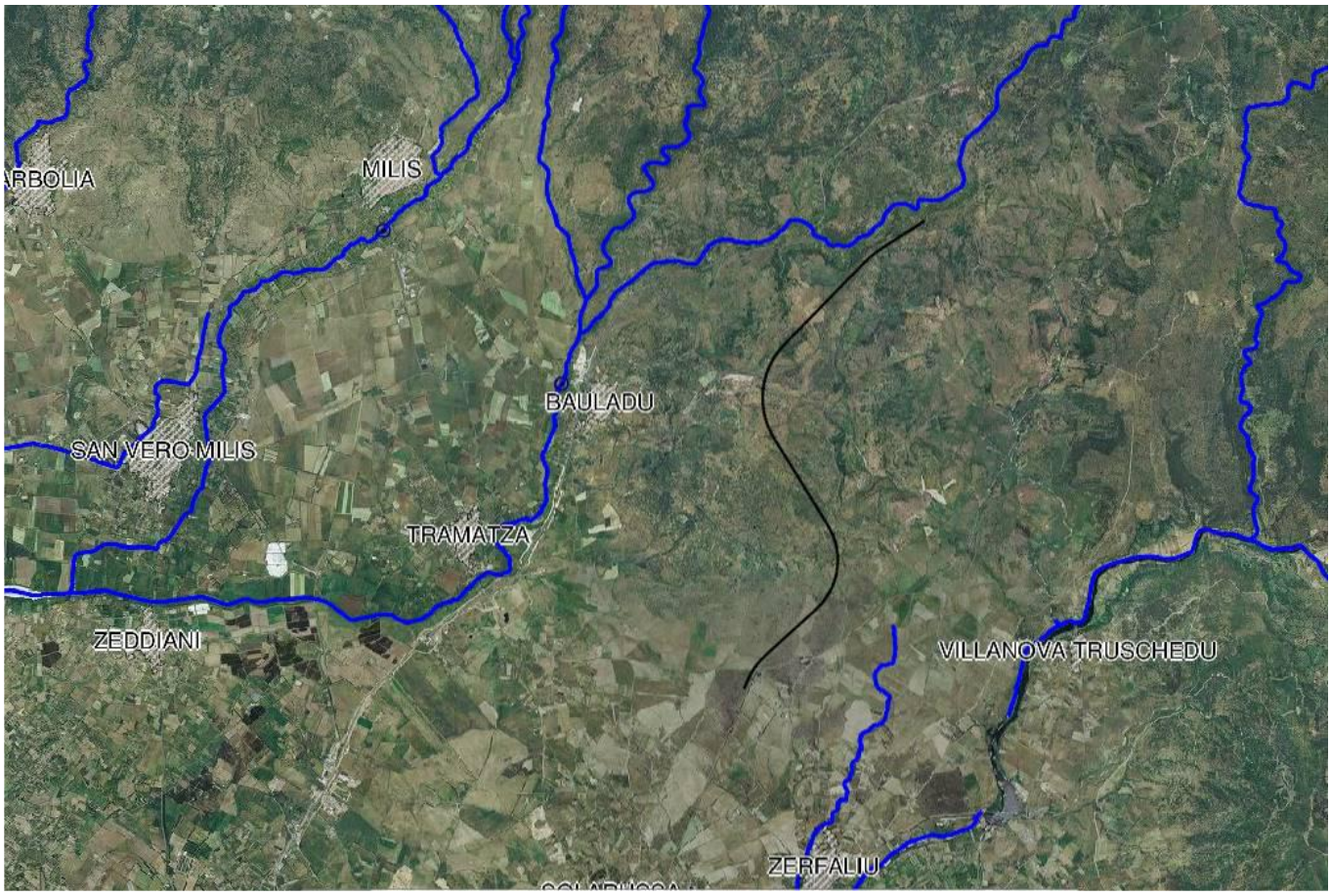


Figura 60 - Cedoc Sardegna Classificazione Stato Chimico 2016

Il fiume Riu Pizziu, più prossimo al tracciato risulta avere sia stato ecologico che chimico buono, in ogni caso non si prevede nessuna interferenza diretta.

Acque sotterranee

L'attività di individuazione dei corpi idrici sotterranei approvata nel 2011 ha permesso di selezionare 114 corpi idrici sui quali è stata eseguita la classificazione dello stato chimico, quantitativo e complessivo.

In seguito all'analisi di rischio del non raggiungimento del buono stato al 2015 del precedente ciclo di pianificazione, 66 corpi idrici erano stati definiti come "non a rischio", 46 "a rischio" e 2 "probabilmente a rischio". Sono stati quindi individuati (per quanto riguarda lo stato chimico) i corpi idrici su cui effettuare il solo monitoraggio di Sorveglianza e quelli su cui effettuare il monitoraggio Operativo. La scelta dei parametri da monitorare, su ciascun sito di monitoraggio, è stata effettuata sulla base delle pressioni insistenti sul corpo idrico monitorato, sui risultati ottenuti da monitoraggi pregressi, sulla posizione e le caratteristiche del punto di monitoraggio.

Per la variante Bauladu si rileva uno stato chimico buono per tutti i corpi idrici sotterranei, in particolare si evidenzia un miglioramento sia dello stato chimico che quantitativo per il CIS 1712, rispetto al precedente ciclo di pianificazione.

		stato CHIMICO			stato QUANTITATIVO			stato COMPLESSIVO		
cod cis		stato CHIMICO 2015	livello di confidenza	confronto con lo stato CHIMICO definito nel 2011	stato QUANTITATIVO	livello di confidenza	confronto con lo stato QUANTITATIVO definito nel 2011	stato COMPLESSIVO 2015	livello di confidenza	confronto con lo stato COMPLESSIVO definito nel 2011
1712	Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario di Oristano	buono	alta	▲	buono	media	▲	buono	media	▲
1913	Vulcaniti Plio-Pleistoceniche di Mare Foghe	buono	alta	↔	buono	media	↔	buono	media	↔
2741	Vulcaniti Oligo-Mioceniche di Samugheo	buono	media	↔	buono	media	↔	buono	media	↔

6.1.7 Descrizione degli impatti potenziali

Come anticipato, le opere da realizzare non interferiscono direttamente con i corpi idrici superficiali. La scelta di realizzare due viadotti è stata dettata dalla conformazione orografica del territorio. L'unica interferenza idrografica presente, tra le opere in progetto e un corso d'acqua superficiali, è localizzata in un tratto in cui il tracciato ferroviario è in galleria naturale; tuttavia, il ricoprimento al di sopra della galleria è tale (oltre 20 m) da lasciare rendere tale interferenza trascurabile. In particolare, come evidente nel profilo geotecnico, la falda è posizionata oltre i 28 m da piano campagna; pertanto, è tale da non interessare le opere in imbocco in progetto.

Andamento della falda nell'ambito della variante

Nella Relazione Geologica Geomorfologica ed Idrogeologica (RR150BEZZRGGE001001, par. 12.5) viene indicato che l'assetto idrogeologico locale è influenzato dalla presenza di una estesa falda in rete posta in corrispondenza delle successioni laviche di substrato. Tale falda si estende all'interno di tutta la dorsale morfologica interessata dalla realizzazione delle opere in progetto, anche se risulta fortemente condizionata dalla presenza di elementi strutturali delle zone tettonizzate e degli orizzonti maggiormente fratturati presenti all'interno del substrato roccioso. La falda mostra un carattere chiaramente perenne e risulta alimentata sia dalle precipitazioni meteoriche che dal deflusso idrico sotterraneo proveniente dalla porzione più settentrionale dell'Altopiano di Abbasanta.

Nel tratto più settentrionale dell'area di studio, la falda di base mostra un andamento quasi tabulare e risulta posta a profondità variabili tra 6m e 40m da p.c. Nel tratto più a sud, invece, la falda è posta a profondità comprese tra 5m e 30m circa da p.c. e defluisce chiaramente verso il margine meridionale della dorsale, in direzione della piana alluvionale Fiume Tirso. I gradienti idraulici evidenziati dalle ricostruzioni della superficie freatica risultano tendenzialmente in aumento verso i settori meridionali della zona di studio e, in generale, pienamente compatibili con quelli caratteristici di acquiferi fessurati.

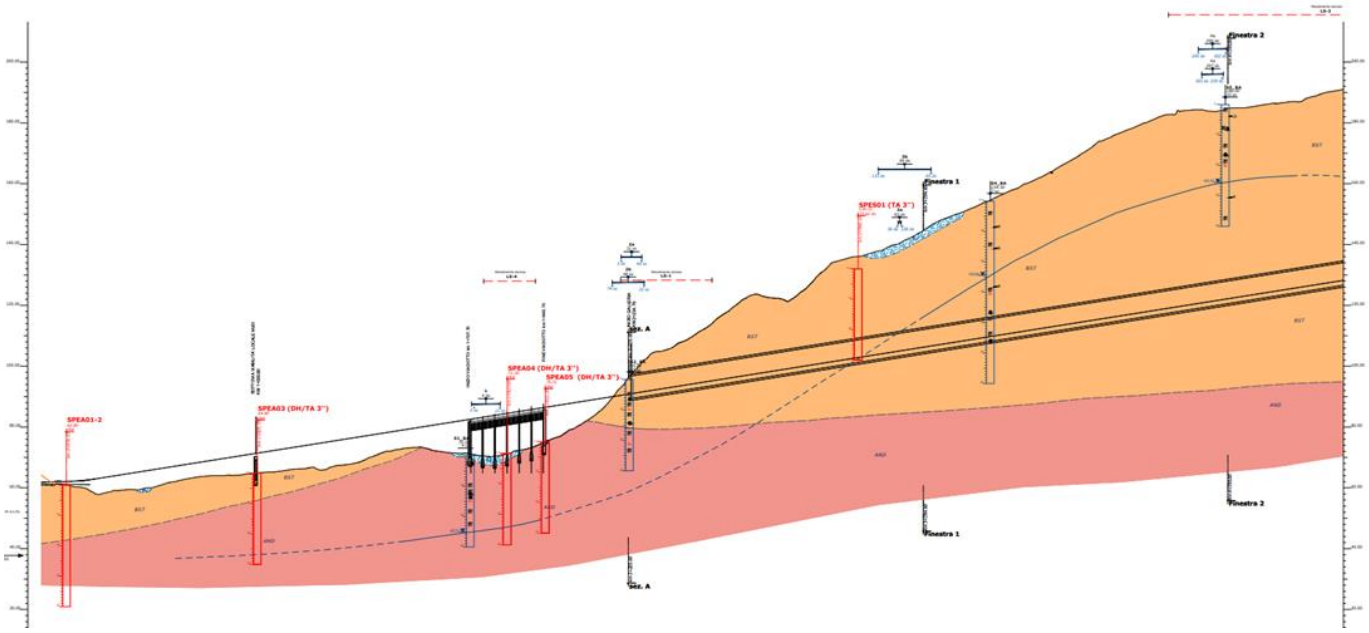


Figura 61 - Stralcio profilo geologico con andamento della falda e posizione dei piezometri installati nella parte Sud

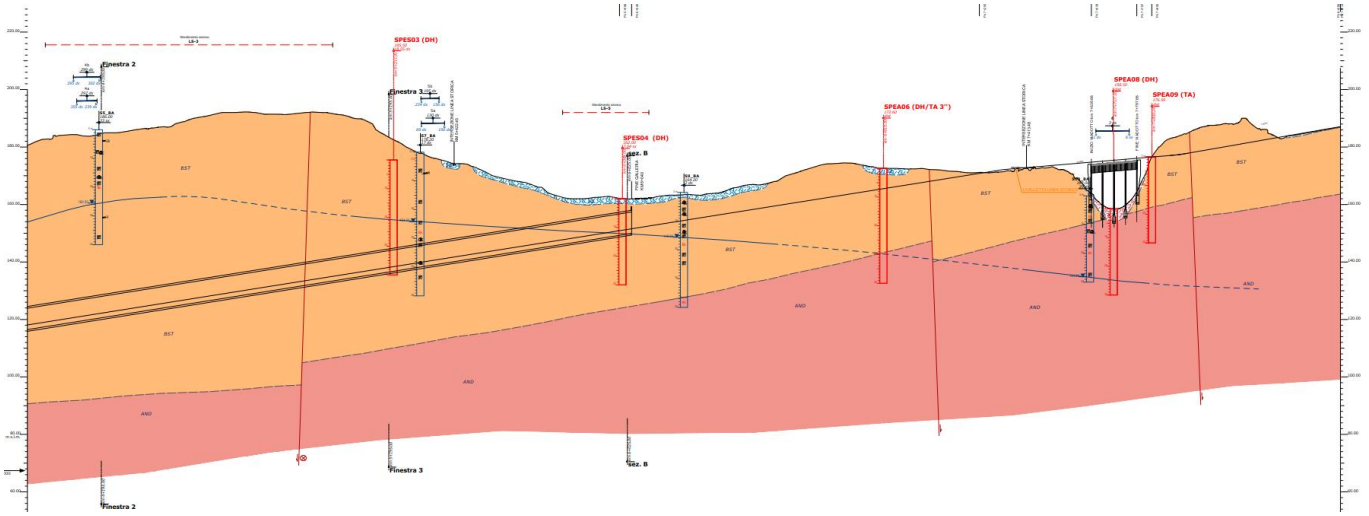


Figura 62 - Stralcio profilo geologico con andamento della falda e posizione dei piezometri installati nella parte Nord

Nel profilo idrogeologico, la falda nell'area e nel versante sud del rilievo è posizionata oltre i 28 m da piano campagna e pertanto, è tale da non interessare le fondazioni delle opere e la trincea di imbocco lato Oristanto. Per quanto concerne gli aspetti connessi con la circolazione delle acque nel sottosuolo, il livello della falda è risultato nel piezometro S5_BA soggiacente di circa 25m ma si è ipotizzata la presenza di

diverse falde idriche sotterranee all'interno dei differenti acquiferi individuati lungo il tracciato ferroviario in esame.

La falda nel versante nord risulta decrescente fino alla trincea di imbocco dove potrebbe interferire con lo scavo della trincea limitatamente all'ambito dell'imbocco e del primo tratto della trincea nord per poi tornare ad immergersi al di sotto dei 26m nell'ambito delle opere all'aperto (rilevati e viadotto VI02) oltre la trincea nord.

Rete di monitoraggio della falda nell'ambito della variante

La tabella seguente riassume il quadro dei piezometri installati nelle fasi di PD (campagna 2018) e PE (campagna 2024) monitorati per valutare gli effetti sulla falda nei depositi di copertura e negli ammassi rocciosi profondi e le relative variazioni stagionali.

Codice	Fase	Profondità strumento	Ubicazione coordinate GAUSS BOAGA		Quota boccaforo	Piezometro	Campagna	Opera
		(m)	X	Y	(m s.l.m)			
S1_BA	PD	30,0	1475200	4427212	70,560	NORTON 3"	2018	VI01
S4_BA	PD	60,0	1474996	4428762	154,300	NORTON 3"	2018	GN01
S5_BA	PD	40,0	1474564	4429404	186,000	NORTON 3"	2018	GN01
S7_BA	PD	50,0	1474413	4430474	178,200	NORTON 3"	2018	GN01
S9_BA	PD	50,0	1474944	4431202	164,200	NORTON 3"	2018	TR03
S10_BA	PD	30,0	1475957	4432191	163,000	NORTON 3"	2018	VI02
SPEA03_PZ	PE	30,0	1474713	4426707	62,549	TA 3"	2024	RI01
SPEA05 (PZ)	PE	30,0	1475341	4427409	73,939	TA 3"	2024	VI01/RI02
SPEA06_PZ	PE	40,0	1475457	4431671	173,211	TA 3"	2024	TR03
SPEA09 (PZ)	PE	40,0	1476091	4432360	176,279	TA 3"	2024	VI02/RI04
SPES1 (PZ)	PE	40,0	1475284	4428436	134,760	TA 3"	2024	GN01

Codice	Quota boccaforo	Misure di soggiacenza della falda (m da piano campagna)																
	(m slm)	02/03/2018	16/04/2018	11/05/2018	25/06/2018	23/07/2018	07/08/2018	11/09/2018	23/10/2018	10/01/2024	12/01/2024	13/01/2024	23/01/2024	25/01/2024	03/02/2024	04/02/2024	22/02/2024	23/02/2024
S1_BA	70,56	25,01	24,47	24,2	24,52	24,8	25,15	26,3	25,5								23,71	
S4_BA	154,30	24,49	24,09	23,87	24,15	24,45	24,9	25,3	24,7								23,75	
S5_BA	186,00	25,50	24,68	24,55	24,72	25,4	26,15	26,8	25,95								18,9	
S7_BA	178,20	24,17	24,27	23,89	24,38	24,6	24,9	25,25	24,85								occluso	
S9_BA	164,20	15,60	non eseguita														6,02	
S10_BA	163,00	28,12	28,32	28,43	28,85	28,8	28,9	29,3	28,45									occluso
SPEA03_PZ	62,55													4,1		16	22,71	
SPEA05_PZ	73,94													0	6,6		24,53	
SPEA06_PZ	173,21											13,28	27,11			26		26,24
SPEA09_PZ	176,28									22,1	28,9					29,8		29,72
SPES1_PZ	134,76															6,8	9,84	

Tabella 15 - Elenco piezometri posizionati nell'ambito del PD e del PE e letture del livello della falda

Si deve considerare che le misure sui piezometri del PE mostrano una graduale decrescita (legata alla bassa permeabilità delle rocce) mentre in quelli del PD le nuove misure mostrano un incremento che è maggiore nel tratto in sotterraneo e in corrispondenza della trincea Nord.

I possibili elementi di criticità derivanti dal rapporto tra le opere in progetto e le falde, sono assenti per le opere all'aperto proprio in virtù della distanza intercorrente tra le opere in progetto ed i livelli di falda più superficiali monitorati.

Per poter ricostruire con maggior dettaglio l'andamento e le caratteristiche delle falde idriche presenti nell'area, nel corso dello studio geologico e idrogeologico è stato effettuato un censimento (Censimento dei punti d'acqua e misure piezometriche, elaborato RR1500EZZRGGE0002001). Nella tabella seguente sono stati individuati i pozzi registrati nella zona:

Codice	Fase censimento	Comune	Distanza da tracciato	Ubicazione coordinate Gauss Boaga		Quota assoluta
			(km)	X	Y	(m slm)
P1BA	PD	Bauladu	0,08	1474552	4430083	178
P2BA	PD	Bauladu	1,04	1473275	4430260	155
197381	PE	Solarussa	0,69	1474622	4425469	40
196437	PE	Bauladu	0,30	1474332	4430556	168
197383	PE	Solarussa	1,69	1476909	4428513	57
196436	PE	Bauladu	2,17	1472078	4430102	46
197167	PE	Paulilatino	2,49	1477922	4434492	180

Figure 49 - Pozzi individuati fino a una distanza di circa 2km dal tracciato ferroviario

Fra questi n.2 pozzi più prossimi realizzati per il prelievo delle acque dal sottosuolo, ad uso prevalentemente irriguo/allevamento. In particolare, si tratta di un pozzo cisterna (P1BA) e di un abbeveratoio con probabile pozzo (P2BA), quest'ultimo ricade fuori dall'area di studio ad est di Bauladu a circa 1km ad est del tracciato.

I punti di prelievo, sono riportati di seguito:

Sigla	Longitudine	Latitudine	Quota *m s.l.m.*	Profondità *m*	Falda *m da p.c.*	Destinazione d'uso
P1BA	1474635	4430277	178	-	-	irriguo
P2BA	1473275	4430260	155	-	-	irriguo/abbeveratoio

P1BA

P2BA

Inoltre, sono state censite due emergenze sorgentizie captate (S1BA e S2BA), asciutte. Tutti i dati raccolti sono riassunti nella seguente tabella, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singolo pozzo (Sigla, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Ovest (Roma 40), quota e portata).

Sigla	Longitudine	Latitudine	Quota *m s.l.m.*	Portata *l/min*
S1BA	1474615	4427727	90	-
S2BA	1475270	4432346	95	-

S1BA

S2BA

Per verificare il rischio di impatto sulle risorse idriche, sarà previsto il monitoraggio piezometrico dei pozzi presenti lungo la tratta. Tale monitoraggio dovrà essere condotto prima, durante e dopo dello scavo delle gallerie.

Di fatto è previsto nel Piano di Monitoraggio Ambientale che i punti di monitoraggio “acque sotterranee” saranno determinati individuando per ogni area critica una coppia di punti di rilevazione che consentano di valutare in dettaglio le caratteristiche quali-quantitative delle acque di falda unitamente alle condizioni di deflusso sotterraneo.

Le coppie di punti saranno posizionate secondo la direzione di deflusso prima e dopo quelle opere o aree di cantiere che possono provocare interferenza con la falda. Qualora emergesse la necessità di installare ulteriori punti, l’esatta ubicazione dovrà essere decisa in situ tenendo conto di tutte le operazioni che

verranno effettuate nel tempo in tale area. Si prevede un'intensificazione del monitoraggio nel caso di eventi piovosi di particolare intensità, quando il livello della falda possa risalire fino a raggiungere il livello delle lavorazioni; tale accorgimento è di carattere puntuale, in base alle valutazioni in corso d'opera.

Le misure saranno condotte con durata e frequenza come di seguito riportato.

FASE AO:

- Durata 6 mesi;
- Frequenza: due volte all'anno precedente l'inizio lavori per postazione (relativamente ai punti per cui si prevede monitoraggio Monte – Valle).

Fase CO:

- Durata: per tutta la durata dei lavori; ovvero circa 4,5 anni;
- Frequenza: quattro volte l'anno per tutta la durata dei lavori, con le misure svolte negli analoghi periodi, estivi e invernali, in cui sono state svolte le rilevazioni ante operam;

Fase PO:

- Durata: 6 mesi;
- Frequenza: trimestrale, per un totale di due campagne da eseguirsi nei mesi successivi all'entrata in esercizio dell'infrastruttura.

Parallelamente al monitoraggio della componente "acque sotterranee", il PMA prevederà anche il monitoraggio della componente "acque superficiali". Tali attività prevedono controlli mirati all'accertamento dello stato quali-quantitativo delle risorse idriche superficiali. Tali controlli consistono in indagini del seguente tipo:

- Indagini quantitative: misure di portata;
- Indagini qualitative: specifici parametri chimico – fisici, chimici e batteriologici.

Il monitoraggio verrà eseguito in 3 fasi:

- Ante – Operam (AO);
- Corso d'Operam (CO);
- Post – Operam (PO).

Il Monitoraggio Ante Operam (AO) delle acque superficiali ha lo scopo di definire le condizioni esistenti e le caratteristiche dei corsi d'acqua, in termini qualitativi, in assenza dei disturbi provocati dalle lavoraioni e dalle opere in progetto.

Il Monitoraggio AO ha infine lo scopo di definire gli interventi possibili per ristabilire condizioni di disequilibrio che dovessero verificarsi in fase CO o PO, garantendo un quadro di base delle conoscenze delle caratteristiche dei corsi d'acqua tale da evitare soluzioni non compatibili con il particolare ambiente

idrico. A tal fine saranno eseguite misure in situ e saranno prelevati campioni d'acqua da analizzare in laboratorio sotto il profilo fisico-chimico-batteriologico e sotto il profilo biologico.

La fase di monitoraggio AO si prevede con durata e frequenza di seguito riportata:

- Durata 6 mesi;
- Frequenza (trimestrale) 2 volte nell'anno precedente l'inizio lavori per postazione.

Gli indici IFF, ISECI e STAR-ICMI, oltre ad il rilievo della portata, saranno valutati una sola volta nella fase di AO su tutte le sezioni di monitoraggio.

Il monitoraggio in Corso d'Opera (CO), ha lo scopo di controllare che l'esecuzione dei lavori per la realizzazione dell'opera non induca alterazioni dei caratteri idrologici e qualitativi del sistema delle acque superficiali.

La fase di monitoraggio CO si prevede con durata e frequenza di seguito riportata:

- Durata per tutta la durata dei lavori, circa 4,5 anni;
- Frequenza (trimestrale): quattro volte l'anno per tutta la durata dei lavori (4,5 anni), con le misure svolte negli analoghi periodi, estivi e invernali, in cui saranno svolte le rilevazioni ante operam.

Gli indici IFF, ISECI e STAR-ICMI, oltre ad il rilievo della portata, saranno valutati con frequenza semestrale su tutte le sezioni di monitoraggio.

Il Monitoraggio Post Operam (PO), ha lo scopo di evidenziare eventuali alterazioni subite dal corso d'acqua a seguito delle attività dei cantieri e avrà la seguente durate e frequenza:

- Durata: 6 mesi;
- Frequenza (trimestrale): due volte nei mesi successivi all'entrata in esercizio dell'infrastruttura.

Gli indici IFF, ISECI e STAR-ICMI, oltre ad il rilievo della portata, saranno valutati una sola volta nella fase PO su tutte le sezioni di monitoraggio.

Il Monitoraggio su un corso d'acqua, in ognuna delle suddette fasi, si esegue attraverso una sezione, composta da due punti di monitoraggio, uno a monte ed un a valle idrologico rispetto alle opere da realizzare, nonché rispetto alle aree di cantiere prossime al corso d'acqua in oggetto. I due punti di monitoraggio a monte ed a valle saranno sempre gli stessi nelle tre fasi AO, CO e PO, previa verifica che nel tratto compreso tra esse non vi siano derivazioni, scarichi o immissioni d'acqua.

Oltre alle potenziali interferenze con le risorse idriche sotterranee, altri potenziali danni alla componente ambientale in esame possono essere dovuti alle seguenti motivazioni:

- lo sversamento accidentale di fluidi inquinanti sul suolo o direttamente in un corpo idrico;
- l'inquinamento da particolato solido in sospensione causato dai lavori di sterro e scavo, dal lavaggio delle superfici di cantiere e degli automezzi e dal dilavamento ad opera delle acque di pioggia;

- inquinamento dovuto alla dispersione nella rete idrografica di componenti cementizi, durante le attività connesse alla lavorazione di calcestruzzi, sia in fase di confezionamento di conglomerati cementizi, sia nel lavaggio dei mezzi di produzione;
- l'inquinamento da idrocarburi ed oli, causato da perdite da mezzi di cantiere in cattivo stato e dalla manipolazione di carburanti e lubrificanti in aree prossime ai corsi d'acqua;
- lo scarico accidentale in acque superficiali o sul suolo dalle aree di cantiere.

Analizzato l'assetto idrogeologico locale in coincidenza delle principali aree di cantiere, non si prevedono, in prima approssimazione, contaminazioni della falda legate alla percolazione di inquinanti dai piazzali di lavorazione, poiché si rileva una soggiacenza della falda a oltre 10 metri dal p.c. I possibili impatti sulla qualità delle acque superficiali sono in generale reversibili: essi non determinano infatti una perdita della risorsa o una sua modifica sostanziale a lungo termine.

6.1.8 VALUTAZIONE

6.1.9 Impatto legislativo

Gli impatti sulla componente in oggetto sopra illustrati sono da considerarsi potenziali e generati unicamente da situazioni accidentali all'interno del cantiere.

L'aspetto ambientale in esame va comunque considerato significativo in termini di impatto legislativo, data la presenza di limiti prefissati per la contaminazione delle acque e per il controllo degli scarichi. A riguardo sono pertanto previste una serie di procedure operative da adottare durante le attività di costruzione e di controllo cantieri.

6.1.10 Interazione opera - ambiente

L'impatto ambientale sulla componente è costituito dalle modifiche indotte su di essa dalle attività di costruzione. L'analisi dell'impatto ambientale viene condotta analizzando le ripercussioni in termini di: quantità (il livello di superamento eventualmente riscontrato rispetto alla situazione ante-operam), di severità (la frequenza e la durata degli eventuali impatti e la loro possibile irreversibilità) e di sensibilità (in termini di presenza di ricettori naturali, quali pozzi ed acquiferi che subiscono gli impatti).

Dal punto di vista quantitativo, dal momento che gli impatti attesi durante la fase di cantiere sono legati essenzialmente a fenomeni accidentali, non si prevede che la loro magnitudo possa essere elevata.

Per quanto concerne le acque superficiali non sono emerse particolari criticità legate alla realizzazione delle opere in progetto. Si prevede una possibile interferenza, nei confronti dello scavo in galleria, per i punti d'acqua che si trovano lungo il tracciato; in questo caso i punti più a rischio sono quelli maggiormente prossimi al tracciato mentre allontanandosi dal tracciato stesso il rischio di interferenza decresce. Gli acquiferi presenti nel settore di studio non sono oggetto di sfruttamento intensivo o di rilevanza strategica, ma va comunque segnalata la presenza di sporadici pozzi ad uso irriguo/allevamento. La sensibilità degli impatti è, quindi, trascurabile. Tuttavia, sulla base delle considerazioni espresse in precedenza, si ritiene che l'impatto su tale componente ambientale sia da considerarsi significativo.

6.1.11 Percezione delle parti interessate

Le parti interessate sono costituite dagli Enti Locali, dai soggetti istituzionali dell'Autorità di Bacino Regionale della Sardegna.

Dato il livello dell'interferenza si ritiene che l'aspetto ambientale in esame sia da ritenersi significativo nella fase di cantiere, fatto salvo la messa in opera degli accorgimenti necessari alla salvaguardia qualitativa della risorsa idrica.

Si ritiene, tuttavia, che nei confronti dell'ambiente idrico sotterraneo, le modalità di approvvigionamento idrico ipotizzate per il cantiere (tramite allacciamento all'acquedotto comunale, qualora possibile, oppure tramite autobotte) e lontananza da pozzi/captazioni con le aree di lavoro, determinino una sostanziale assenza di parti terze che possano risentire degli impatti.

6.1.12 MITIGAZIONI AMBIENTALI

Gli impatti sull'ambiente idrico sotterraneo non costituiscono impatti "certi" e di dimensione valutabile in maniera precisa a priori, ma piuttosto impatti potenziali.

Per minimizzare le potenzialità d'impatto si prevedono i seguenti accorgimenti in corrispondenza delle aree di cantiere attivate per la Fase A dei lavori:

- impermeabilizzazione mediante soletta in calcestruzzo e sistema di recupero e trattamento acque per le aree dedicate al deposito di oli e carburanti coinvolte, al fine di scongiurare possibili infiltrazioni in falda di fluidi inquinanti;
- realizzazione di adeguate opere di raccolta e smaltimento delle acque, in particolare:

<u>Acque meteoriche</u>

- prima della realizzazione delle pavimentazioni dei piazzali del cantiere saranno predisposte tubazioni e pozzetti della rete di smaltimento delle acque meteoriche;
- le acque meteoriche saranno convogliate nella rete di captazione costituita da pozzetti e caditoie collegati ad un cunettone in c.a. e da una tubazione interrata che convoglia tutte le acque nella vasca di accumulo di prima pioggia, dimensionata per accogliere i primi 15 minuti dell'evento meteorico;
- un deviatore automatico, collocato all'ingresso della vasca di raccolta dell'acqua di prima pioggia, invia l'acqua in esubero (oltre i primi 15 minuti) direttamente in fognatura, mediante una apposita canalizzazione aperta.

<u>Acque nere</u>

- gli impianti di trattamento delle acque assicureranno un grado di depurazione tale da renderle idonee allo scarico secondo le norme vigenti; pertanto, le stesse potranno essere impiegate per eventuali usi industriali oppure immesse direttamente in fognatura.

<u>Acque industriali</u>

- L'acqua necessaria per il funzionamento degli impianti tecnologici potrà essere prelevata dalla rete acquedottistica comunale o, se necessario, trasportata tramite autobotti e convogliata in un serbatoio dal quale sarà distribuita alle utenze finali. L'impianto di trattamento delle acque industriali prevede apposite vasche di decantazione per l'abbattimento dei materiali fini in sospensione e degli oli eventualmente presenti.

Inoltre, una riduzione del rischio di impatti significativi sull'ambiente idrico in fase di costruzione dell'opera può essere ottenuta applicando adeguate procedure operative nelle attività di cantiere, relative alla gestione e lo stoccaggio delle sostanze inquinanti e dei prodotti di natura cementizia, alla prevenzione dallo sversamento di oli ed idrocarburi.

Tali procedure operative sono analoghe anche per la componente suolo e sottosuolo.

Di seguito sono illustrate una serie di procedure operative che dovranno essere seguite a questo scopo dall'impresa esecutrice nel corso dei lavori.

Lavori di movimento terra - L'annaffiatura delle aree di cantiere attivate per la Fase A dei lavori, tesa a prevenire il sollevamento di polveri, deve essere eseguita in maniera tale da evitare che le acque fluiscano direttamente verso una canalizzazione superficiale, trasportandovi dei sedimenti (a questo fine occorrerà in generale realizzare un fosso di guardia a delimitazione dell'area di lavoro).

Costruzione di fondazioni e interventi di consolidamento dei terreni di fondazioni - La contaminazione delle acque sotterranee durante le attività di realizzazione degli interventi di consolidamento dei terreni può essere originata da:

- danneggiamento di sottoservizi esistenti, sia in maniera diretta per perforazione degli stessi, sia in maniera indiretta a causa di cedimenti indotti dal peso dei macchinari impiegati per la perforazione;
- perdite dei fanghi di perforazione e/o di miscela cementizia all'interno dei terreni permeabili;
- contaminazione per dilavamento incontrollato delle acque dal sito di cantiere;
- perdite di oli e carburante da parte dei macchinari impiegati nei lavori.

In generale tali rischi possono essere evitati tramite un'accurata organizzazione dell'area di cantiere, comprendente: un rilievo dei sottoservizi e dei manufatti interrati esistenti nell'area di lavoro, la realizzazione di fossi di guardia intorno all'area di lavoro e la predisposizione di apposite procedure di emergenza.

Operazioni di casseratura a getto - Le casserature da impiegare per la costruzione delle opere in c.a. devono essere progettate e realizzate in maniera tale che tutti i pannelli siano adeguatamente a contatto con quelli accanto o che gli stessi vengano sigillati in modo da evitare perdite di calcestruzzo durante il getto. Le casserature debbono essere ben mantenute in modo che venga assicurata la perfetta aderenza delle loro superfici di contatto. Durante le operazioni di getto in corrispondenza del punto di consegna occorrerà prendere adeguate precauzioni al fine di evitare sversamenti dalle autobetoniere, che potrebbero tradursi in contaminazione delle acque sotterranee.

Trasporto del calcestruzzo - Al fine di prevenire fenomeni di inquinamento delle acque e del suolo è necessario che la produzione, il trasporto e l'impiego dei materiali cementizi siano adeguatamente pianificate e controllate.

I rischi di inquinamento indotti dall'impiego delle autobetoniere possono essere limitati applicando le seguenti procedure:

- il lavaggio delle autobetoniere dovrà essere effettuato presso l'impianto di produzione del calcestruzzo;
- nel caso in cui l'appaltatore scelga di svolgere in sito il lavaggio delle autobetoniere, esso dovrà provvedere a realizzare un apposito impianto collegato ad un sistema di depurazione; - secchioni, pompe per calcestruzzo ed altre macchine impiegate per i getti dovranno essere anch'esse lavate presso lo stesso impianto;
- gli autisti delle autobetoniere, qualora non dipendenti direttamente dall'appaltatore, dovranno essere informati delle procedure da seguire per il lavaggio delle stesse;
- tutti i carichi di calcestruzzo dovranno essere trasportati con la dovuta cautela al fine di evitare perdite lungo il percorso; per lo stesso motivo, le autobetoniere dovranno sempre circolare con un carico inferiore di almeno il 5% al massimo della loro capienza;
- in aree a particolare rischio, quali quelle in vicinanza di corsi d'acqua, occorrerà usare particolare prudenza durante il trasporto, tenendo una velocità particolarmente moderata; nelle stesse aree l'appaltatore dovrà curare la manutenzione delle piste di cantiere e degli incroci con la viabilità esterna.

Utilizzo di sostanze chimiche - La possibilità d'inquinamento dei corpi idrici da parte delle sostanze chimiche impiegate sul sito di cantiere deve essere prevenuta da parte dell'Appaltatore tramite apposite procedure che comprendono:

- la scelta, tra i prodotti che possono essere impiegati per uno stesso scopo, di quelli più sicuri (ad esempio l'impiego di prodotti in matrice liquida in luogo di solventi organici volatili);
- la scelta della forma sotto cui impiegare determinate sostanze (prediligendo ad esempio i prodotti in pasta a quelli liquidi o in polvere);
- la definizione di metodi di lavoro tali da prevenire la diffusione nell'ambiente di sostanze inquinanti (ad esempio tramite scelta di metodi di applicazione a spruzzo di determinate sostanze anziché metodi basati sul versamento delle stesse);
- la delimitazione con barriere di protezione (formate da semplici teli o pannelli di varia natura) delle aree dove si svolgono determinate lavorazioni;

- l'utilizzo dei prodotti potenzialmente nocivi per l'ambiente ad adeguata distanza da aree sensibili del territorio come i corsi d'acqua;
- la limitazione dei quantitativi di sostanze mantenuti nei siti di lavoro al fine di ridurre l'impatto in caso di perdite (ciò si può ottenere ad esempio acquistando i prodotti in recipienti di piccole dimensioni);
- la verifica che ogni sostanza sia tenuta in contenitori adeguati e non danneggiati, contenenti all'esterno una chiara etichetta per l'identificazione del prodotto;
- lo stoccaggio delle sostanze pericolose in apposite aree controllate;
- lo smaltimento dei contenitori vuoti e delle attrezzature contaminate da sostanze chimiche secondo le prescrizioni della vigente normativa;
- la definizione di procedure di bonifica per tutte le sostanze impiegate nel cantiere;
- la formazione e l'informazione dei lavoratori sulle modalità di corretto utilizzo delle varie sostanze chimiche;
- la pavimentazione delle aree circostanti le officine dove si svolgono lavorazioni che possono comportare la dispersione di sostanze liquide nell'ambiente esterno.

Modalità di stoccaggio delle sostanze pericolose - Qualora occorra provvedere allo stoccaggio di sostanze pericolose, il Responsabile del cantiere, di concerto con il Direttore dei Lavori e con il Coordinatore per la Sicurezza in fase di esecuzione, provvederà ad individuare un'area adeguata. Tale area dovrà essere recintata e posta lontano dai baraccamenti e dalla viabilità di transito dei mezzi di cantiere; essa dovrà inoltre essere segnalata con cartelli di pericolo indicanti il tipo di sostanze presenti.

Lo stoccaggio e la gestione di tali sostanze verranno effettuati con l'intento di proteggere il sito da potenziali agenti inquinanti. Le sostanze pericolose dovranno essere contenute in contenitori non danneggiati; questi dovranno essere collocati su un basamento in calcestruzzo o comunque su un'area pavimentata e protetti da una tettoia.

Modalità di stoccaggio temporaneo dei rifiuti prodotti – al fine di salvaguardare la contaminazione delle acque l'impresa appaltatrice dovrà attenersi alle disposizioni generali contenute nella Delibera 27 luglio 1984 smaltimento rifiuti "Disposizioni per la prima applicazione dell'articolo 4 del DPR 10 settembre 1982, n. 915, concernente lo smaltimento dei rifiuti".

Drenaggio delle acque e trattamento delle acque reflue - I piazzali del cantiere dovranno essere provvisti di un sistema di adeguata capacità per la raccolta delle acque meteoriche. Inoltre, per l'area destinata a cantiere operativo, dove sono installati i magazzini, le officine e gli impianti di lavaggio dei mezzi e di distribuzione del carburante potranno essere realizzate una vasca per la sedimentazione dei materiali in sospensione ed una vasca per la disoleazione prima dello scarico in fognatura delle acque di piazzale.

Manutenzione dei macchinari di cantiere - La manutenzione dei macchinari impiegati nelle aree di cantiere è di fondamentale importanza anche al fine di prevenire fenomeni d'inquinamento. Gli addetti alle

macchine operatrici dovranno a questo fine controllare il funzionamento delle stesse con cadenza periodica, al fine di verificare eventuali problemi meccanici.

Ogni perdita di carburante, di liquido dell'impianto frenante, di oli del motore o degli impianti idraulici deve essere immediatamente segnalata al responsabile della manutenzione. L'impiego della macchina che abbia problemi di perdite dovrà essere consentito solo se il fluido in questione può essere contenuto tramite un apposito recipiente o una riparazione temporanea ed alla sola condizione che la riparazione del guasto sia effettuata nel più breve tempo possibile. In ogni altro caso la macchina in questione non potrà operare, ed in particolare non potrà farlo in aree prossime a corsi d'acqua.

La contaminazione delle acque superficiali può avvenire anche durante operazioni di manutenzione o di riparazione. Al fine di evitare ogni problema è necessario che tali operazioni abbiano luogo unicamente all'interno del cantiere, in aree opportunamente definite e pavimentate, dove siano disponibili dei dispositivi e delle attrezzature per intervenire prontamente in caso di dispersione di sostanze inquinanti.

Il lavaggio delle betoniere, delle pompe, dei secchioni e di altre attrezzature che devono essere ripulite del calcestruzzo dopo l'uso dovrà essere svolto in aree appositamente attrezzate.

Controllo degli incidenti in sito e procedure d'emergenza - Nel caso di versamenti accidentali di sostanze inquinanti sarà cura del Responsabile del Cantiere, di concerto con il Direttore dei Lavori, mettere immediatamente in atto i provvedimenti di disinquinamento ai sensi della normativa vigente.

Piano d'intervento per emergenze d'inquinamento – Nell'elaborazione del sistema di gestione ambientale dovrà essere posta particolare attenzione al piano d'intervento per emergenze di inquinamento di corpi idrici per prevenire incidenti tali da indurre fenomeni di inquinamento durante le attività di costruzione.

Il piano dovrà definire:

- le operazioni da svolgere in caso di incidenti che possano causare contaminazione delle acque superficiali e sotterranee;
- il personale responsabile delle procedure di intervento;
- il personale addestrato per intervenire;
- i mezzi e le attrezzature a disposizione per gli interventi e la loro ubicazione;
- gli enti che devono essere contattati in funzione del tipo di evento.

Lo scopo della preparazione di tale piano è quello di ottimizzare il tempo per le singole procedure durante l'emergenza, per stabilire le azioni da svolgere e per fare in modo che il personale sia immediatamente in grado di intervenire per impedire o limitare la diffusione dell'inquinamento.

Il piano di intervento dovrà essere periodicamente aggiornato al fine di prendere in considerazione eventuali modifiche dell'organizzazione dei cantieri.

Il personale dovrà essere istruito circa le procedure previste nel piano; lo stesso piano dovrà essere custodito in cantiere in luogo conosciuto dai soggetti responsabili della sua applicazione.

Le procedure di emergenza contenute nel piano possono comprendere:

- misure di contenimento della diffusione degli inquinanti;

- elenco degli equipaggiamenti e dei materiali per la bonifica disponibili sul sito di cantiere e della loro ubicazione;
- modalità di manutenzione dei suddetti equipaggiamenti e materiali;
- nominativi dei soggetti addestrati per l'emergenza e loro reperibilità;
- procedure da seguire per la notifica dell'inquinamento alle autorità competenti;
- recapiti telefonici degli enti pubblici da contattare in caso di inquinamento (compresi i consorzi di bonifica);
- nominativi delle imprese specializzate in attività di bonifica presenti nell'area.

È necessario, inoltre, che vengano predisposte adeguate procedure per la consegna, lo stoccaggio, l'impiego e lo smaltimento di sostanze quali bentonite, liquami fognari, pesticidi ed erbicidi.

6.2 SUOLO E SOTTOSUOLO

6.2.1 Normativa di riferimento

Nel presente paragrafo si enunciano le principali Leggi e Norme a cui si fa riferimento per le caratteristiche della componente suolo e sottosuolo dell'area oggetto di studio.

Direttive comunitarie

- Direttiva del Parlamento e del Consiglio Europeo 23 ottobre 2007, n.2007/60/CE - Valutazione e gestione dei rischi di alluvioni.
- Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22/09/2006, n.232, che istituisce un quadro per la protezione del suolo e modifica la direttiva 2004/35/CE.
- Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, del 22/09/2006, n.231 – Strategia tematica per la protezione del suolo.
- Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 5 aprile 2006, n.2006/12/CE, relativa ai rifiuti.
- Comunicazione Commissione CE 16/04/2002, n.179 - Verso una strategia tematica per la protezione del suolo.

Normativa nazionale

- Decreto del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 17/01/2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». (18A00716) (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8).

- D.Lgs. 23/02/2010, n.49 - Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- D.Lgs. 16/01/2008, n.4 - Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs. 152/2006 recante norme in materia ambientale.
- D.M. 14/01/2008 e s.m.i. - Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.
- D.M. 28/11/2006, n.308 - Regolamento recante integrazioni al D.M. 18/09/2001, n.468, concernente il programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati.
- D.Lgs. 08/11/2006, n.284 - Disposizioni correttive e integrative del D.Lgs. 3/04/2006, n.152, recante norme in materia ambientale.
- D.Lgs. 03/04/2006, n.152 - Norme in materia ambientale e s.m.i
- D.M. 18/09/2001, n.468 - Regolamento recante: Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale.
- D.M. 25/10/1999, n.471 - Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'art. 17 del D.Lgs. 22/1997 e s.m.i.
- D.M. 14/02/1997 - Direttive tecniche per l'individuazione e la perimetrazione, da parte delle regioni, delle aree a rischio idrogeologico.
- D.P.R. 18/07/1995 - Approvazione dell'atto di indirizzo e di coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino.
- Legge 07/08/1990, n.253 - Disposizioni integrative alla legge 18/05/1989, n.183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 23/03/1990 - Atto di indirizzo e coordinamento ai fini della elaborazione e della adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18/05/1989, n.183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.
- Legge 18/05/1989, n. 183 - Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.
- Regio Decreto n. 1443 del 29 luglio 1927 - Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere.

Normativa regionale

- L.R. 15/12/2014, n. 33 - Norma di semplificazione amministrativa in materia di difesa del suolo;

- L.R. 29/06/2016 n.16 - Modifiche ed integrazioni alla legge regionale 27 aprile 2016, n. 8 (Legge forestale della Sardegna).

6.2.2 Inquadramento geologico e stratigrafico

Dal punto di vista geologico, la Sardegna rappresenta un blocco essenzialmente stabile della crosta continentale europea (Ricci & Sabatini 1978; Barca et al. 2016). Il basamento dell'isola è pertanto considerato come un segmento della Catena Ercinica Sud-Europea, formatosi a partire dal Paleozoico (Cocco 2013; Barca et al. 2016). Infatti, prima della rotazione del Blocco Sardo-Corso del Miocene inferiore, tale basamento risultava in continuità strutturale con i relativi basamenti del Massiccio centrale francese, dei Mauri e della Montagna Nera (Arthaud & Matte 1966; Ricci & Sabatini 1978; Cherchi & Montadert 1982; Cherchi & Trémolières 1984).

La Catena Ercinica Sud-Europea è caratterizzata da raccorciamenti e da una zonazione tettonometamorfica tipica di orogenesi da collisione continentale (Carmignani et al. 1978; Arthaud & Sauniac 1981). In generale, si ritiene che tale elemento rappresenti una catena collisionale associata a subduzione di crosta oceanica e metamorfismo di alta pressione durante il Siluriano, a cui segue una collisione continentale con ispessimento crostale, metamorfismo e magmatismo tra il Devoniano e il Carbonifero (Matte 1986; Carmignani et al. 1992a).

Il Batolite Ercinico Sardo è caratterizzato da una struttura particolarmente complessa, ad affinità prevalentemente calcoalcalina, di età compresa tra i 310 ed i 274 Ma (Di Simplicio et al. 1975; Brotzu et al. 1982; Carmignani et al. 1982; Beccaluva et al. 1985; Cocherie 1985; Del Moro et al. 1991; Castorina & Petrini 1992; Brotzu et al. 1994). Esso è formato da diversi corpi intrusivi ben distinguibili, con una gamma composizionale che si estende dai gabbri ai leucograniti, con una netta prevalenza di *facies* francamente granitiche (Ghezzo et al. 1972; Di Simplicio et al. 1974; Orsini 1976; Barca et al. 2016).

La sequenza di messa in posto inizia con intrusioni tonalitiche a cui seguono granodioriti e monzograniti e termina, quindi, con intrusioni leucogranitiche (Bralia et al. 1981). In rapporto al regime tettonico dell'area, la messa in posto dei plutoni si colloca all'interno della dinamica collisionale della catena e, quindi, è possibile suddividere i granitoidi in tre grandi famiglie: plutoni sin-tettonici, tardo-tettonici e post tettonici (Ghezzo & Orsini 1982).

Durante il Mesozoico la Sardegna costituisce una parte del Margine Passivo Sud-Europeo e mostra i caratteri di un cratone stabile soggetto a periodiche trasgressioni e regressioni (Barca et al. 2016). L'isola non è stata pienamente coinvolta negli eventi collisionali che hanno interessato le zone limitrofe durante l'orogenesi alpina, in quanto si è sempre trovata ai margini di due cinture orogeniche, quali i Pirenei nell'Eocene medio - Oligocene inferiore e l'Appennino settentrionale dell'Oligocene superiore - Miocene inferiore (Cherchi & Schroeder 1976; Barca & Costamagna 1997; Barca et al 2016).

Secondo alcuni Autori la Sardegna è stata interessata dalla tettonica collisionale dell'Appennino settentrionale, che ha portato allo sviluppo di un sistema di faglie trascorrenti a carattere sia transpressivo che transtensivo (Carmignani et al. 1992b; Oggiano et al. 1995; Pasci 1995). Tali elementi hanno portato alla creazione di bacini subsidenti a sedimentazione prevalentemente vulcano-clastica e sono localmente accompagnati da sovrascorrimenti del basamento paleozoico sulle coperture post erciniche (Barca et al. 2016).

Altri Autori ritengono, invece, che le strutture e i depositi dell'Eocene medio - Oligocene inferiore della Sardegna meridionale sono da mettere in relazione con l'evoluzione della Catena Pirenaica (Cherchi &

Schroeder 1976; Barca & Costamagna 1997, 2000), mentre il *Rift* Sardo è da correlare col regime tettonico distensivo dell'Oligocene superiore - Miocene inferiore (Cherchi & Montadert 1982).Quest'ultima struttura si inquadra nel sistema di *rift* europeo contemporaneo all'apertura del Mediterraneo Occidentale (Casula et al. 2001) e ha dato origine alla grande Fossa Sarda tra il Golfo di Cagliari e il Golfo dell'Asinara (Vardabasso 1962). In connessione con questi eventi ha luogo un'imponente attività vulcanica ad affinità calcalcalina con prodotti effusivi ed esplosivi a composizione da basaltica a riolitica, nota come "Ciclo Vulcanico Oligo-Miocenico" (Beccaluva et al. 1987; Lecca et al. 1997; Carmignani et al. 2001).

Alla fine del Burdigaliano si conclude la rotazione del Blocco Sardo-Corso e la contemporanea apertura del Bacino Balearico (Cherchi & Montadert 1982; Barca et al. 2016). Per alcuni Autori questo evento è associato a una fase tettonica compressiva a causa della collisione contro la Placca Apula (Cherchi & Montadert 1982), mentre per altri è connesso a una fase distensiva per via del collasso gravitativo del cuneo orogenico Corsica-Appennino dell'Oligocene superiore - Aquitaniano (Carmignani et al. 2001). Un nuovo episodio di *rifting* si verifica quindi tra il Miocene superiore e il Pliocene, con l'apertura del Tirreno meridionale che segue alla migrazione dell'Arco Calabro (Barca et al. 2016).

6.2.3 Assetto litostratigrafico

Il territorio della Sardegna è costituito da differenti complessi geologici, strettamente connessi con l'evoluzione stratigrafico-strutturale del Blocco Sardo-Corso (Funedda et al. 2012; Cocco 2013; Barca et al. 2016). Tali complessi sono costituiti da rocce metamorfiche, ignee e sedimentarie, con potenza ed estensione estremamente variabile. I termini ignei, sia effusi che intrusivi, si rinvengono diffusamente in gran parte dell'isola, mentre i termini metamorfici affiorano essenzialmente nei settori meridionali e settentrionali della stessa. Le rocce sedimentarie sono generalemente meno frequenti delle precedenti e si rinvengono prevalentemente nei settori centrali del territorio sardo e in corrispondenza del graben del Campidano.

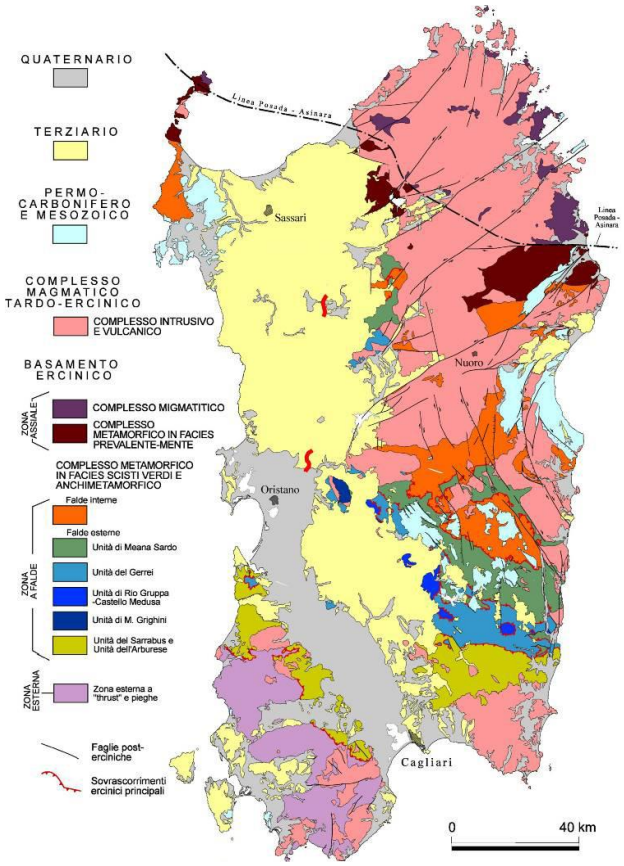


Figura 63 - Schema stratigrafico-strutturale della Sardegna, con relativo legenda (da Carmignani et al. 2001) con ubicazione dei tracciati in progetto

In generale, i complessi geologici affioranti nel territorio sardo sono suddivisi in (Carmignani et al. 2001; Funedda et al. 2012; Cocco 2013):

- Basamento metamorfico ercinico;
- Complesso magmatico tardo-paleozoico;
- Complesso vulcano-sedimentario tardo-paleozoico;
- Complesso sedimentario mesozoico;
- Complesso vulcano-sedimentario cenozoico;
- Coperture plio-pleistoceniche.

In dettaglio, nell'area di indagine, le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze vulcaniche di substrato che a successioni clastiche di copertura. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle numerose indagini geognostiche a disposizione.

Ciclo vulcanico Oligo-miocenico

Tale ciclo è rappresentato da due distinte unità vulcaniche infra-cenozoiche, ampiamente affioranti nei settori orientali e nord-occidentali della zona di studio. L'unità più antica è composta da rocce laviche a composizione andesitica e andesitico-basaltica, mentre l'unità più recente è costituita da depositi piroclastici a composizione prevalentemente riolitica.

Andesiti e andesiti basaltiche

La presente formazione affiora diffusamente nel settore orientale dell'area di studio, nei comuni di Paulilatino e Solarussa, mentre si rinviene in lembi meno estesi nella parte meridionale e nordoccidentale dell'area. Si tratta di lave a composizione andesitica e andesitico-basaltica di colore grigio, rossastro e verdastro (**AND**), massive o in grosse colate, con struttura compatta o localmente vacuolare; i litotipi si presentano a tessitura porfirica per fenocristalli di plagioclasio, clinopirosseno e ortopirosseno, e risultano in genere molto fratturati e alterati; a luoghi si rinvengono passaggi di spessore metrico con mesostruttura di breccia autoclastica. Tali litotipi poggiano in contatto stratigrafico discordante su unità non affioranti nell'area e risultano ricoperti dai termini litologici delle Piroclastiti riolitiche (**PRR**). La successione è composta da depositi vulcanici di colata o espandimento lavico con uno spessore massimo maggiore di 60 m ed è ascrivibile al periodo Oligocene superiore - Miocene inferiore.

Piroclastiti riolitiche

Questi depositi affiorano in lembi di limitata estensione unicamente nel settore nord-occidentale dell'area di studio, in località Forrus, lungo i versanti che bordano Riu Pizziu. Si tratta di ceneri di colore grigio chiaro e biancastro (**PRR**), a granulometria medio-fine, prevalentemente incoerenti, massive o debolmente laminate, con frequenti e sottili intercalazioni di ceneri grigie da poco a mediamente cementate; a luoghi si rinvengono passaggi di tufi litoidi di colore grigio chiaro, a granulometria mediofine, in strati da medi a molto spessi.

I depositi in questione poggiano in contatto stratigrafico discordante su termini delle Andesiti e andesiti basaltiche (**AND**) e sono ricoperti dai litotipi di Basalti alcalini e transizionali (**BST**). L'unità è formata da depositi vulcanici di flusso piroclastico con uno spessore massimo di circa 65 m ed è interamente riferibile al Burdigaliano.

Ciclo vulcanico plio-pleistocenico

Il presente ciclo è rappresentato da una singola unità vulcanica tardo-cenozoica, ampiamente affiorante in tutta l'area di studio. Tale unità è composta da rocce laviche a composizione prevalentemente alcalina e transizionale e ricopre in discordanza stratigrafica tutti i termini litologici più antichi.

Basalti alcalini e transizionali

Questa successione affiora diffusamente in tutta l'area di studio, in particolare lungo la parte alta della dorsale morfologica lungo cui si sviluppa il tracciato in progetto. Si tratta di lave a composizione basaltica di colore grigio e grigio scuro (**BST**), massive o grosse colate, con struttura da compatta a vacuolare; i litotipi si presentano a tessitura sia afirica che porfirica per fenocristalli di plagioclasio, clinopirosseno e olivina, e risultano in genere piuttosto fratturati con locale fessurazione colonnare; a luoghi si rinvengono passaggi di brecce vulcaniche in abbondante matrice argillosa di colore marrone, arancio e rossastro.

Questi litotipi poggiano in contatto stratigrafico discordante sui termini litologici delle Andesiti e andesiti basaltiche (**AND**) e delle Piroclastiti riolitiche (**PRR**), mentre non sono ricoperti da unità geologiche di substrato affioranti nell'area. La successione è formata da depositi vulcanici di colata o espandimento lavico con uno spessore massimo di circa 100 m ed è ascrivibile all'intervallo Pliocene – Pleistocene.

Successione continentale quaternaria

Questa successione è rappresentata da quattro unità quaternarie ampiamente affioranti in tutta la zona di studio come copertura dei termini litologici di substrato. Le unità sono prevalentemente composte da sedimenti clastici di modesto spessore, di genesi alluvionale, detritica ed eluvio-colluviale.

Depositi alluvionali terrazzati

Tali depositi affiorano diffusamente nel settore sud-orientale della zona di intervento, in località Pauli Mannu, e in lembi di ridotta estensione nella porzione nord-occidentale dell'area di studio, in località Forrus. Sono composti da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bn**), da sub-angolose a sub-arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, generalmente abbondante e da mediamente a ben cementata; a luoghi si rinvengono lenti e/o livelli di ghiaie fini sub-angolose e passaggi di sabbie e sabbie limose di colore marrone e giallastro, a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate. Tali depositi poggiano in discordanza stratigrafica sui vari termini litologici del substrato e sono a loro volta ricoperti dai depositi continentali quaternari più recenti. In generale, si tratta di depositi in *facies* di canale fluviale, argine e piana inondabile con uno spessore massimo di circa 20 m, temporalmente riferibili al periodo Pleistocene superiore – Olocene.

Depositi alluvionali recenti e attuali

Questi depositi affiorano nei settori meridionali, centro-orientali e settentrionali dell'area di studio, in corrispondenza dei fondovalle più importanti ed estesi. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche (**b**), da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro, generalmente abbondante; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone e giallastro, a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie poligeniche da subangolose ad arrotondate.

I suddetti depositi tagliano gran parte dei termini litologici più antichi e, talora, risultano parzialmente eteropici ai coevi Depositi di versante (**a**) e Coltri eluvio-colluviali (**b2**). Sono composti prevalentemente da depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile con uno spessore massimo di circa 6 m, interamente ascrivibili all'Olocene.

Depositi di versante

Tali terreni affiorano diffusamente nei settori orientale e settentrionale della zona di studio, alla base dei rilievi e delle scarpate morfologiche più acclivi ed estese. Sono formati da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**a**), da angolose a sub-angolose, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e rossastro, generalmente abbondante; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose.

I depositi in questione ricoprono i termini litologi di substrato presenti alla base dei rilievi e risultano parzialmente eteropici ai Depositi alluvionali recenti e attuali (**b**) e alle Coltri eluvio-colluviali (**b2**). Sono composti essenzialmente da depositi di versante e di falda detritica con uno spessore massimo di circa 5

m, interamente riferibili all'Olocene.

Coltri eluvio-colluviali

Questi depositi si rinvengono diffusamente in tutta l'area di studio, soprattutto corrispondenza delle depressioni impluviali o alla base dei rilievi più acclivi ed estesi. Si tratta di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e rossastro (**b2**), a struttura indistinta, con diffusi resti vegetali e locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di argille limose e limi argilloso-sabbiosi di marrone e rossastro, a struttura indistinta, con diffusi resti vegetali e sporadiche ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate.

Tali terreni ricoprono tutti i termini litologici più antichi presenti nell'area e risultano localmente eteropici ai coevi Depositi di versante (**a**) e ai Depositi alluvionali recenti e attuali (**b**). L'unità è formata da depositi di versante e di alterazione del substrato con uno spessore massimo di circa 5 m, sempre ascrivibili all'Olocene.

Alla variante Bauladu del progetto per la "*Velocizzazione linea ferroviaria S. Gavino - Sassari – Olbia*" appartengono i diversi tratti di tracciato compresi tra il km 0+550 e il km 8+506. Di seguito vengono descritti da Sud a Nord, i diversi tratti relativi alla variante del tracciato ferroviario in questione sia per la Parte A che B, opportunamente distinti in funzione della tipologia di opere in progetto e delle principali caratteristiche geologico-strutturali dell'area.

Assetto geologico locale

Rilevato (km 0+550 – km 1+703)

Il tratto in questione si colloca nella porzione più meridionale dell'area di studio, a quote comprese tra i 59.2 ed i 73.4 m circa s.l.m. Il tracciato in esame attraversa per gran parte del suo sviluppo i termini litologici della formazione dei Basalti alcalini e transizionali (**BST**), con uno spessore massimo nel tratto iniziale di circa 14 m. Tali depositi poggiano sui termini litologici delle Andesiti e andesiti basaltiche (**AND**) che affiorano direttamente nel settore finale del tratto. I litotipi presenti risultano localmente ricoperti dai terreni delle Coltri eluvio-colluviali (**b2**), con spessore generalmente ridotto, di circa 1.3 m nel tratto iniziale e inferiore al metro nel tratto finale.

Viadotto (km 1+703 – km 1+950)

Il tratto in esame si colloca nella porzione meridionale dell'area di studio, a quote comprese tra i 70.3 ed i 75.1 m circa s.l.m. Il tracciato in esame attraversa i termini litologici delle Andesiti e andesiti basaltiche (**AND**) che affiorano direttamente nel settore finale del tratto. I litotipi presenti risultano ricoperti nel tratto iniziale dai terreni delle Coltri eluvio-colluviali (**b2**), con uno spessore modesto, variabile tra 0.6 e 2.5 m.

Opere all'aperto (km 1+950 – km 2+214)

Il tratto in questione si colloca nella porzione centro-meridionale del settore di studio, a quote comprese tra i 75.1 ed i 94.5 m circa s.l.m. Il tracciato in esame attraversa inizialmente i termini litologici delle Andesiti e andesiti basaltiche (**AND**), i quali passano in contatto stratigrafico verso l'alto ai termini litologici della formazione dei Basalti alcalini e transizionali (**BST**).

Galleria (km 2+214 – km 6+040)

Il tratto in questione si colloca nella porzione centrale del settore di studio, a quote del piano ferro comprese tra i 90.6 ed i 151.5 m circa s.l.m, dove è prevista la realizzazione della galleria Altopiano Bauladu. Il tracciato in esame attraversa per gran parte del suo sviluppo i termini litologici della formazione dei Basalti alcalini e transizionali (**BST**), in contatto stratigrafico verso il basso sui termini litologici delle

Andesiti e andesiti basaltiche (**AND**). In particolare, tali litotipi risultano interessati da una faglia trastensiva sinistra intercettata dalla galleria in esame all'altezza del km 4+850 circa. I litotipi presenti risultano localmente ricoperti dai termini delle Coltri eluvio-colluviali (**b2**), con uno spessore modesto, variabile tra circa 1.0 m e 2.9 m. In generale, l'ammasso roccioso basaltico direttamente interessato dalla realizzazione dell'opera in sotterraneo presenta delle discrete caratteristiche geomeccaniche. Esso infatti si presenta moderatamente alterato e mediamente fratturato, con valori di RMRb variabili tra 45 e 67 e valori di GSI compresi tra 40 e 62. Le porzioni più profonde e meno alterate presentano ovviamente dellecaratteristiche geomeccaniche migliori, mentre i valori più bassi di RMRb e GSI si registrano in corrispondenza degli imbocchi e della faglia transtensiva che interessa la galleria all'altezza del km 4+850 circa.

Opere all'aperto (km 6+040 – km 7+640)
Tale tratto si colloca nella porzione settentrionale dell'area di studio, a quote comprese tra i 161.9 ed i 174.5 m circa s.l.m. Il tracciato in esame attraversa per gran parte del suo sviluppo i termini litologici della formazione dei Basalti alcalini e transizionali (**BST**), in contatto stratigrafico verso il basso sui termini litologici delle Andesiti e andesiti basaltiche (**AND**). In particolare, tali litotipi risultano interessati da una faglia diretta, che ribassa i settori settentrionali intercettata all'altezza del km 7+023 circa. I litotipi

presenti risultano localmente ricoperti dai termini delle Coltri eluvio-colluviali (**b2**), con uno spessore medio di circa 2 m, e nel tratto finale dai Depositi di versante (**a**) con uno spessore esiguo, variabile tra 0.5 e 1.5 m.

Viadotto (km 7+640 – km 7+812) Il tratto in questione si colloca nella porzione settentrionale dell'area di studio, a quote comprese tra i 158.4 ed i 167.5 m circa s.l.m. Il tracciato in esame attraversa i termini litologici della formazione dei Basalti alcalini e transizionali (**BST**), in contatto stratigrafico verso il basso sui termini litologici delle Andesiti e andesiti basaltiche (**AND**). I litotipi presenti risultano localmente ricoperti dai terreni dei Depositi di versante (**a**), che si rinvengono in corrispondenza dell'area impluviale, con uno spessore massimo di circa 3.2 m che diminuisce lungo il versanti.

Opere all'aperto (km 7+812 – km 8+506) Il tratto in esame si colloca nella porzione più settentrionale dell'area di studio, a quote comprese tra i 167.5 ed i 190.1 m circa s.l.m. Il tracciato in esame attraversa per gran parte del suo sviluppo i termini litologici della formazione dei Basalti alcalini e transizionali (**BST**), in contatto stratigrafico verso il basso sui termini litologici delle Andesiti e andesiti basaltiche (**AND**). In particolare, tali litotipi risultano interessati da una faglia diretta, che ribassa i settori settentrionali intercettata all'altezza del km 7+934 circa. I litotipi presenti risultano ricoperti nel tratto iniziale dai termini dei Depositi di versante (**a**),con uno spessore esiguo inferiore al metro, mentre nel tratto finale si rivengono Depositi antropici (**h**), con uno spessore medio di circa 1 m.

6.2.4 Inquadramento Geomorfologico

Dal punto di visto morfologico, la zona di intervento ricade in corrispondenza del margine meridionale dell'Altopiano di Abbasanta. Tale altopiano è situato nei settori nord-occidentali dell'isola sarda e risulta separato dall'Altopiano della Campeda dalla dorsale morfologica ad asse NE-SW che congiunge la Catena del Marghine (1200 m s.l.m.) col rilievo di Monte Ferru (1050 m s.l.m.).

Le caratteristiche morfologiche dell'area di studio, in relazione alla complessa evoluzione geologica subita, risultano direttamente influenzate dal locale assetto stratigrafico e strutturale, oltre che dai fenomeni di modellamento superficiale verificatisi durante il Quaternario e dalle importanti manifestazioni

vulcaniche succedutesi nel tempo.

L’evoluzione morfologica del territorio ed i principali elementi geomorfologici rilevati, pertanto, sono direttamente connessi al deflusso delle acque correnti superficiali ed ai fenomeni gravitativi e/o erosivi agenti lungo i versanti. Ad essi si aggiungono, inoltre, diffusi elementi di origine strutturale, forme e depositi di genesi vulcanica ed elementi di origine antropica.

Di seguito vengono descritti, nel dettaglio, i principali elementi geomorfologici presenti nell’area ed i relativi fattori morfoevolutivi, con esplicito riferimento a quanto già riportato nelle Relazione Geologica, Geomorfologica e Idrogeologica di Progetto Definitivo (R R0H01D69RGGE0001001A).

Il reticolo idrografico presenta uno sviluppo poco articolato ed un pattern sub-angolare che segue in buona sostanza le principali direttrici tettoniche dell’area. La struttura della rete idrografica, pertanto, risulta fortemente condizionata sia dall'assetto giaciturale dei termini litologici affioranti che dagli elementi strutturali che li hanno interessati. Il settore oggetto di studi è caratterizzato da alcuni corsi d'acqua a carattere stagionale e/o torrentizio, oltre che da canaloni e solchi di erosione concentrata di limitata estensione. Il principale corso d’acqua dell'area è rappresentato dal Riu Pizziu, immissario in sinistra idrografica del più importante Riu di Mare Foghe, che si sviluppa nei settori settentrionali della zona di studio in direzione circa ENE-SWS. Lungo versante orientale della dorsale morfologica su cui si sviluppa il tracciato in progetto, invece, si rinvengono diversi corsi d'acqua secondari che defluiscono, poco più a est, nel Fiume Tirso.

Un importante ruolo nell’evoluzione morfologica del territorio è svolto, ovviamente, dall’assetto strutturale dei litotipi affioranti e dal loro differente grado di permeabilità ed erodibilità. Ad essi si aggiungono locali elementi tettonici a prevalente componente distensiva, che tagliano i termini lavici del substrato e i depositi piroclastici sciolti ad essi interposti. Nelle aree di affioramento dei termini lavici, la mofogenesi selettiva ha portato allo sviluppo di forme particolarmente aspre ed evidenti, in quanto caratterizzate dalla presenza di stette vallate e versanti piuttosto acclivi, spesso tagliati da bruschi stacchi morfologici connessi con importanti elementi tettonici o con le superfici di strato dei livelli più competenti. Nei settori di affioramento dei termini piroclastici sciolti, al contrario, la morfogenesi selettiva ha portato allo sviluppo

di forme più morbide e meno evidenti, contraddistinte da pendi poco acclivi ed estesi.

Infine, gli elementi strutturali connessi con la tettonica estensionale e trascorrente ad alto angolo sono chiaramente visibili in tutta l'area di studio, soprattutto nei settori orientali e nord-occidentali. Tali elementi hanno controllato lo sviluppo di gran parte del reticolo idrografico locale, che segue in buona sostanza le principali direttrici tettoniche dell'area, oltre che delle principali scarpate morfologiche e strutturali che bordano la parte alta della dorsale su cui si sviluppa il tracciato in progetto.

Nell'attuale contesto morfoclimatico, i fenomeni gravitativi di versante rappresentano un fattore morfoevolutivo di secondaria importanza, in quanto scarsamente influenti sul modellamento dei rilievi e sull'evoluzione morfologica del territorio. Essi, infatti, sono limitati alle fasce di bordo dell'altopiano su cui si sviluppa il tracciato di progetto, in corrispondenza delle scarpate morfologiche più acclivi ed estesi. I movimenti franosi s.s. si rinvengono unicamente nella porzione nord-occidentale dell’area di studio, in corrispondenza dei versanti che bordano il fondovalle di Riu Pizziu. Si tratta di colamenti e frane complesse di modeste dimensioni, con stato quiescente e distribuzione costante. I fenomeni presentano spessori delle masse in deformazione compresi tra 2 e 8 m circa e sono originati, in generale, dal forte contrasto di competenza esistente tra i depositi piroclastici sciolti presenti alla base delle scarpate e i termini basaltici ad essi sovrapposti.

Nella restante parte dell'area di studio, i fenomeni gravitativi sono quasi del tutto assenti e per lo più limitati a piccoli sfettamenti e/o crolli di materiale detritico dalle scarpate morfologiche che bordano la parte alta dei versanti. A causa dei ridotti volumi in gioco, i suddetti fenomeni presentano sempre una bassissima intensità geomorfologica, anche se sono all'origine degli estesi accumuli detritici che ricoprono le depressioni impluviali e le parti medio-basse dei rilievi.

Le principali forme di accumulo connesse col deflusso idrico superficiale derivano, essenzialmente, dai processi deposizionali dei principali sistemi fluviali presenti, come il Riu Pizzu, il Riu Urasa e il Riu Motzipara. In corrispondenza di tali elementi, infatti, i meccanismi deposizionali risultano preponderanti sugli altri processi geomorfologici e conferiscono quindi, a tutti i settori di fondovalle, una morfologia subpianeggiante e piuttosto regolare, blandamente degradante verso i principali assi di drenaggio superficiale.

In corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area e, secondariamente, lungo gli alvei dei loro affluenti maggiori si rinvengono vistose scarpate di erosione fluviale e locali zone di erosione laterale delle sponde. In genere, tali elementi presentano altezza ed estensione piuttosto contenute, sia per la bassa intensità geomorfologica dei fenomeni erosivi che per le specifiche caratteristiche litologiche e di competenza dei termini litologici affioranti.

Lungo i versanti e in corrispondenza delle parti alte dei bacini imbriferi, si rinvengono inoltre diffusi fenomeni erosivi sia areali che lineari, connessi al deflusso non regimato delle acque correnti superficiali. Tali fenomeni generano, ovviamente, forme caratteristiche quali solchi di erosione concentrata e vallecole a V o a fondo concavo, particolarmente evidenti nei settori di affioramento delle porzioni più fratturate ed alterate degli ammassi rocciosi di substrato.

Per quanto concerne gli elementi geomorfologici connessi con l'attività vulcanica infra-cenozoica, l'area di studio è caratterizzata unicamente dalla presenza di estesi espandimenti lavici, a composizione andesitica, andesitico-basaltica e basaltica. Tali corpi costituiscono gran parte del substrato geologico dell'area e rappresentano l'ossatura della dorsale morfologica impegnata dalle opere in progetto. In corrispondenza della superficie di contatto tra le colate basaltiche plio-pleistoceniche e quelle andesitiche e andesitico-basaltiche oligo-mioceniche si registra un evidente stacco morfologico, determinato dal differente grado di fessurazione dei materiali. A monte di tale stacco sono presenti estese scarpate di genesi strutturale e gravitativa, da cui hanno origine i diffusi materiali detritici che ricoprono le parti medio-basse dei rilievi.

L'intero settore di studio è caratterizzato dalla presenza di diversi fattori morfogenetici, che interessano i termini affioranti con intensità e caratteristiche differenti, spesso sovrapponendosi e combinandosi in vario modo tra loro. Ad essi va aggiunto, inoltre, l'importante ruolo svolto dalle caratteristiche stratigrafiche e sedimentologiche dei litotipi presenti, oltre che gli elementi strutturali e tettonici che li hanno interessati.

Da questo complesso quadro geomorfologico derivano, quindi, una serie di forme poligeniche originate dalla sovrapposizione dei differenti fattori morfogenetici agenti sul territorio. Tali elementi sono rappresentati, fondamentalmente, da scarpate morfologiche di origine strutturale, attualmente in evoluzione per fenomeni di dilavamento, alterazione ed erosione. Spesso, inoltre, i suddetti elementi risultano ulteriormente rielaborati dall'attività antropica, che tende a riprendere e riadattare le forme geomorfologiche più importanti già presenti sul territorio.

Gli elementi connessi con l'attività antropica sul territorio sono piuttosto rari e, in genere, limitati ai manufatti realizzati in corrispondenza delle principali infrastrutture a rete. Ad essi si aggiunge una importante attività

estrattiva presente nei settori centrali della zona di studio, in località Arrubia, poco ad ovest della tratta ferroviaria in progetto. In corrispondenza delle principali infrastrutture a rete si rinvengono estesi terreni di riporto provenienti da cavature e sbancamenti, realizzati sia nei termini litologici del substrato che nei depositi di copertura continenti. Infine, ai suddetti elementi si aggiungono numerosi tagli e scarpate antropiche realizzate sia lungo le principali arterie stradali che in corrispondenza di alcuni insediamenti agricoli e abitativi.

Sotto il profilo geomorfologico, quindi, l'area di studio non presenta elementi di particolare criticità per le opere in progetto, in relazione alle caratteristiche dei litotipi presenti che limitano fortemente lo sviluppo di fenomeni erosivi o di dissesto di particolare rilevanza e intensità.

Le aree interessate dalla variante in esame non interferiscono con nessun corso d'acqua: tuttavia si specifica come l'ultima porzione dell'asse di progetto si sviluppi parallelamente alla fascia di rispetto di un fiume. Si sottolinea, comunque, come tale tracciato attraversi dei fossi di dimensioni e pendenza variabile.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), è stato redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione. Il P.A.I. è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006 con tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici.

Le Norme di Attuazione del P.A.I. sono state aggiornate e approvate con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 35 del 21 Marzo 2008. Il P.A.I. rappresenta 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. La consultazione della carta, sul Geoportale della Sardegna, ha permesso di evidenziare come il tracciato in progetto, le aree di cantiere/lavoro e le piste di cantiere non interessino zone a rischio frana e/o alluvione.

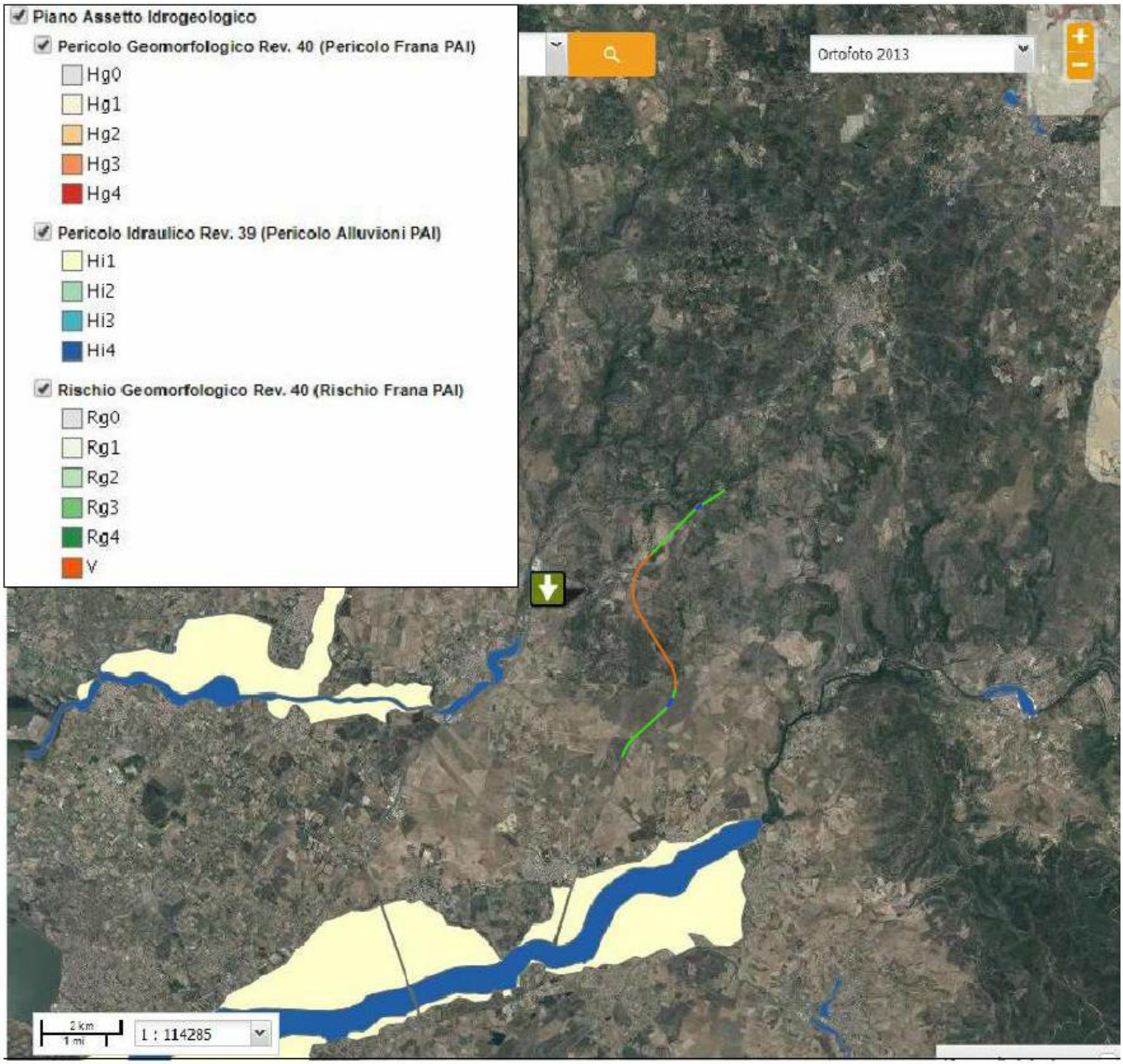


Figura 64 - PAI (da geoportale regione Sardegna)

A verifica di quanto riportato nel PAI, in merito all'assenza di fenomeni gravitativi nei pressi dell'area in esame, sono state consultate anche le seguenti cartografie tematiche:

- Inventario dei fenomeni franosi in Italia (fonte: http://www.progettoiffi.isprambiente.it);
- Catalogo frane - "Aree a franosità diffusa" (fonte: http://www.pcn.minambiente.it/viewer/);
- Catalogo frane - "Punti identificativi dei fenomeni franosi PIFF" (fonte: http://www.pcn.minambiente.it/viewer/);

- Catalogo frane – DGPV Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (fonte: http://www.pcn.minambiente.it/viewer/);
- Catalogo frane – Direzioni (fonte: http://www.pcn.minambiente.it/viewer/);
- Catalogo frane – Frane lineari (fonte: http://www.pcn.minambiente.it/viewer/);
- Catalogo frane – Frane poligonali (fonte: http://www.pcn.minambiente.it/viewer/);

che hanno confermato l'assenza di fenomeni franosi nell'area in esame.

6.2.5 Sismicità dell'area

Le caratteristiche di sismicità del Blocco Sardo-Corso sono da porre in relazione, sostanzialmente, con l'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale e delle catene montuose che lo circondano (Cherchi & Schroeder 1976; Barca & Costamagna 1997, 2000; Carmignani et al. 2001). Infatti, il basamento della Sardegna rappresenta un segmento della Catena Ercinica Sud-Europea, formatosi a partire dal Paleozoico e separatosi dalla stessa durante il Miocene inferiore (Cherchi & Montadert 1982; Cocco 2013; Barca et al. 2016).

Durante il Miocene superiore, il principale evento geodinamico dell'area è rappresentato dalla strutturazione dell'attuale margine orientale dell'isola, che si protrae fino a parte del Quaternario (Mascle & Rehault 1990). In questo periodo, i principali eventi geodinamici che hanno condizionato la tettonica distensiva della Sardegna sono rappresentati quindi dalla migrazione dell'Arco Appenninico settentrionale sull'avanfossa del margine adriatico e, soprattutto, l'apertura del Bacino Tirrenico meridionale (Carmignani et al. 2001; Barca et al. 2016).

Detto ciò, la convinzione che la Sardegna sia una regione "non sismica" è diffusa e radicata profondamente nell'opinione popolare. Tuttavia, nonostante il Blocco Sardo-Corso sia una tra le zone più antiche e stabili dell'intera area mediterranea, negli ultimi decenni non pochi sono stati i terremoti di energia non trascurabile localizzati in Sardegna o nelle sue immediate vicinanze (https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/06/04/i-terremoti-nella-storia-cagliari-adi-4-juny-erremotusfactus-est-1616/).

Comunque, allo stato attuale delle conoscenze, la consultazione del database DISS (Database of Individual Seismogenic Sources, vers. 3.2.0 - 2015), relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che entrambi i tracciati in progetto non sono interessati dalla presenza di potenziali faglie sismogenetiche. Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004) si sottolinea che l'intera isola sarda ricade al di fuori delle zone sismogenetiche definite da normativa, così come i due tracciati ferroviari in progetto.

Classificazione sismica

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia. Secondo tale normativa, i comuni di Bauladu, Paulilatino e Solarussa ricadono in **Zona simica 4**, ossia aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici molto deboli dove le possibilità di danni sismici sono basse.

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC. Detto studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.

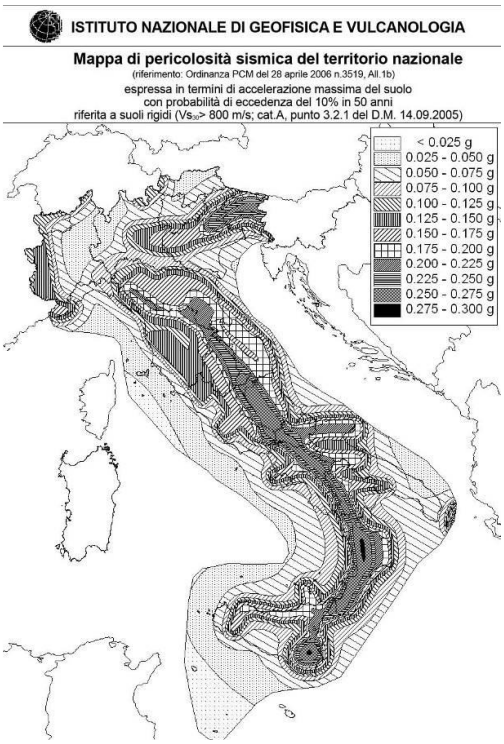


Figura 65 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (da INGV 2006)

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, soventemente, situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici che avveniva in un breve arco di territorio.Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono continue e graduali. Successivamente verrà mantenuta, infatti, la classificazione secondo la quale il territorio nazione è suddivisibile in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

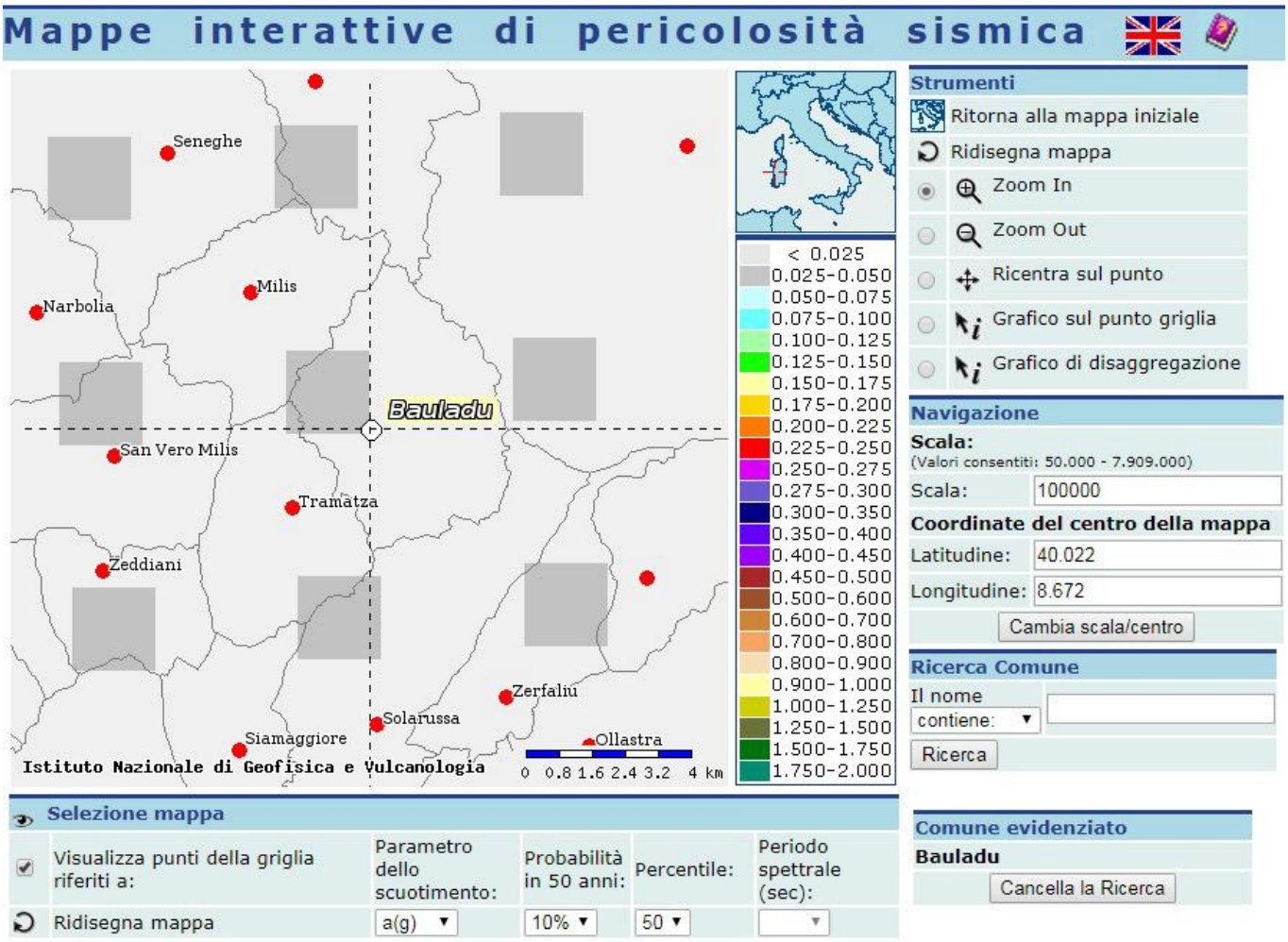


Figura 66 - Mappa interattiva di pericolosità sismica per l'area di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (http://esse1-gis.mi.ingv.it)

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione WebGIS, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (cfr. Figura 46). Nello specifico, per l'area di studio i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.025-0.050 ag (accelerazione massima del suolo).

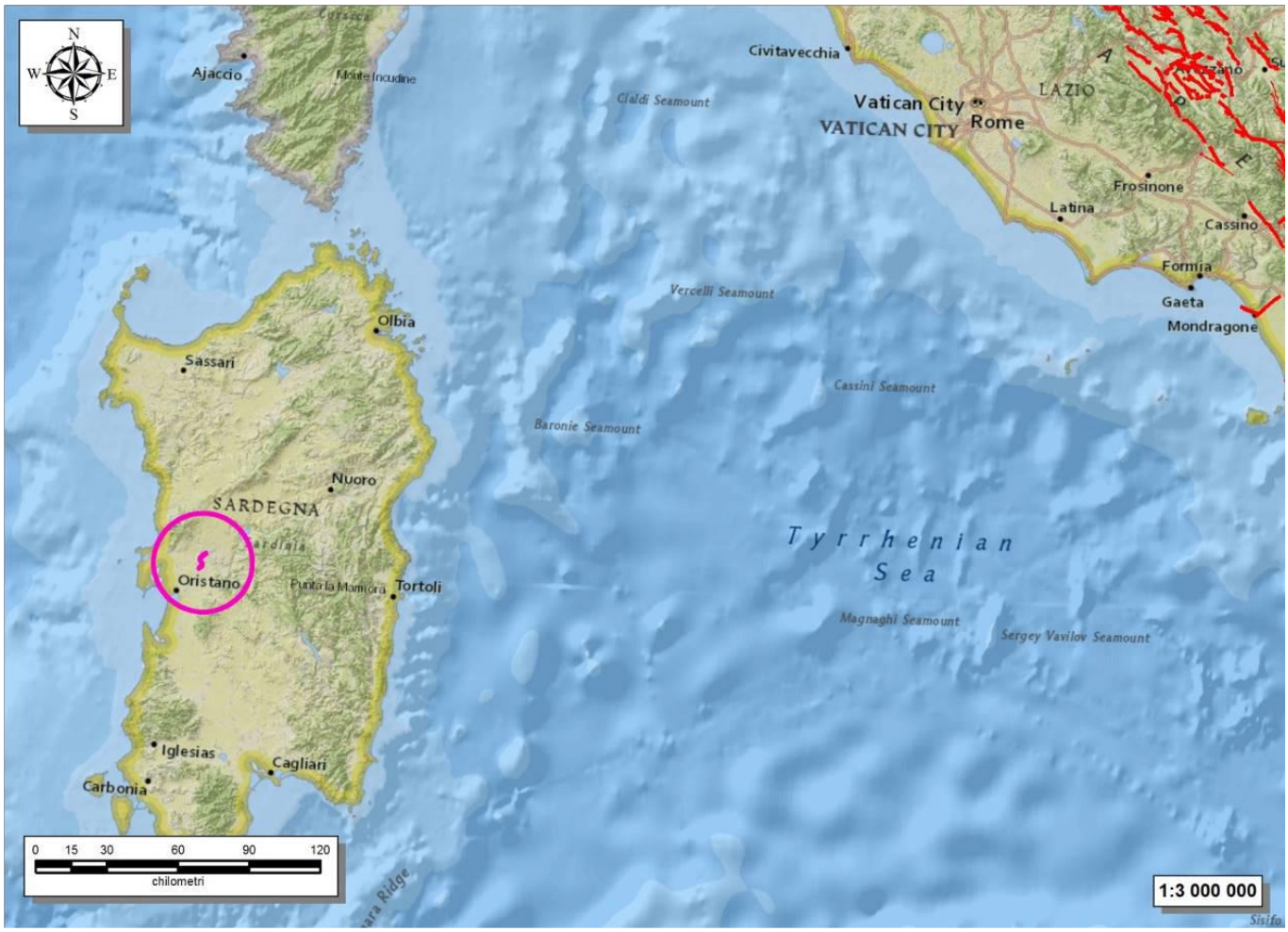


Figura 67 - Stralcio cartografico dell'area di studio con indicazione della tratta ferroviaria di progetto (in magenta) e delle faglie capaci (in rosso) (http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer).

Infine, il database del progetto ITHACA (Italy HAzard from CApable faults) non riporta la presenza di alcuna faglia capace nell'area di studio, ovvero di elementi tettonici attivi che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche.

Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGVDPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione

macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella “Mappa di Pericolosità Sismica” dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC08, per tutto il territorio della Sardegna si assumono i parametri spettrali contenuti nella tabella 2 dell’allegato Isole. I parametri forniti di seguito, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

T_R *anni*	a_g *g*	F_0 -	T_C *s*
30	0.186	2.61	0.273
50	0.235	2.67	0.296
72	0.274	2.70	0.303
101	0.314	2.73	0.307
140	0.351	2.78	0.313
201	0.393	2.82	0.322
475	0.500	2.88	0.340
975	0.603	2.98	0.372
2475	0.747	3.09	0.401

Tabella 16 - Parametri di riferimento del moto sismico in superficie per i differenti periodi di ritorno (TR) considerati validi per tutto il territorio della Sardegna (da NTC2008)

6.2.6 Siti contaminati e potenzialmente contaminati nei pressi delle aree di intervento

Al fine di verificare l’interferenza delle aree oggetto di intervento con siti contaminati e/o potenzialmente contaminati, è stato consultato il PPR.

Nell'area oggetto degli interventi non sono riportati, nel Piano Paesaggistico Regionale del 2006, siti inquinati, aree minerarie dismesse e discariche. L'assenza di siti sottoposti a procedimenti di bonifica e di aree dell'organizzazione mineraria è confermata anche da quanto riportato nella cartografia relativa alle aree protette, consultabile sempre nel geoportale della regione Sardegna (fonte: http://www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=aree_tutelate).

Aggiornamento del Piano Regionale Bonifica Siti Inquinati

Il Piano regionale di gestione dei rifiuti della Sardegna è suddiviso in diverse sezioni relative ai rifiuti urbani, ai rifiuti speciali, alla bonifica delle aree inquinate e alla bonifica dall’amianto. In tal senso, il competente Servizio dell’Assessorato della Difesa dell’Ambiente ha predisposto l’aggiornamento della sezione relativa alla bonifica delle aree inquinate. Il documento di pianificazione in materia di bonifica delle aree inquinate raccoglie ed organizza tutte le informazioni relative alle aree inquinate presenti sul territorio, ricavate dalle indagini e dagli studi effettuati negli anni passati, delinea le linee di azione da adottare per gli interventi di

bonifica e mezza in sicurezza permanente, definisce la priorità di intervento, effettua una ricognizione dei finanziamenti finora concessi e definisce una prima stima degli oneri necessari per la bonifica delle aree pubbliche.
L'obiettivo generale del Piano è quello di recuperare alcune parti del territorio della Sardegna, che presentano delle criticità ambientali, in modo che le stesse possano essere restituiti agli usi legittimi, in funzione di una migliore fruizione del territorio regionale e una ottimizzazione delle risorse in gioco.

Con l'obiettivo di definire lo stato di attuazione delle attività di bonifica, è stata organizzata e portata avanti sino a tutto il 2017, un'attività di censimento dei siti con procedimento di bonifica avviato ricompresi nel territorio regionale. Complessivamente all'interno del lavoro di aggiornamento e studio preliminare propedeutico alla redazione del Piano Regionale delle Bonifiche, sono stati censiti 1004 siti, così suddivisi:

Tipologia	Schede Censimento
Discariche RSU	404
Siti minerari	151
PV Carburante	257
Siti industriali	169
Siti militari	9
Altri siti	14
TOTALE	**1004**

Tabella 17 - Risultati attività censuaria

Tale censimento, implementato a partire da schede di sintesi in formato tabellare, successivamente inserite all'interno di una banca dati sistematizzata, è stato costruito con la finalità di disporre di uno strumento di facile consultazione. All'interno di ogni scheda sono stati raccolti dati relativi ad ognuno dei siti censiti; in particolare ognuna di esse è composta da varie sezioni all'interno delle quali sono state inserite le caratteristiche di dettaglio di ciascun sito:

- sezione anagrafica: tipologia di sito e caratteristiche generali;
- sezione descrittiva: dati relativi all'inquadramento geo-morfologico;
- sezione ambientale: sezione relativa allo stato di inquinamento del sito;
- sezione relativa all'iter procedurale: procedura in corso;
- sezione relativa alle procedure operative.

L'inclusione delle aree all'interno dei Siti di Interessa Nazionale costituisce un dato sito-specifico di cui si è tenuto conto nella definizione del calcolo delle priorità di intervento. Nel tterritorio della Sardegna sono attualmente presenti due Siti di Interesse Nazionale (S.I.N.):

1. SIN di Porto Torres, comprendente l'area industtriale di Porto Torres e le aree a mare contigue, istituito con la Legge n. 179/2002 e perimetrato con D.M. 3 agosto 2005 con l'inclusione della discarica di Calancoi;
2. SIN del Sulcis Iglesiente Guspinese, che ricomprende gli agglomerati industriali di Portovesme,

Sarroch e Macchiareddu, le aree industriali di Villacidro e San Gavino Monreale, e le aree minerarie dismesse presenti all'interno del suddetto SIN. Esso è stato istituito con D.M. n. 468/2001, perimetrato in via provvisoria con D.M. 12 marzo 2003 e in via definitiva con D.G.R. n. 27/13 del 01/06/2011, ed infine con Decreto del Ministro dell'Ambiente n. 304 del 28 ottobre 2016. A tal proposito si evidenzia che dalla perimetrazione definitiva, attraverso il medesimo Decreto, sono stati esclusi i punti vendita di carburanti e le discariche di rifiuti urbani dismesse monocomunali avulse dal contesto industriale e minerario del SIN.

Nella figura di seguito si riporta un estratto del geoportale della Regione Sardegna da quale si evince che l'area oggetto di intervento progettuale non interferisce con nessun sito inquinato da amianto dichiarato o aree di rispetto dei siti inquinati. Infatti, il sito inquinato più vicino risulta essere nelle vicinanze del comune di Oristano a circa 17km dall'asse ferroviario.

Figura 68 - Ubicazione aree recupero ambientale. Dalla cartografia non emergono aree a recupero ambientale nelle vicinanze (fonte: http://www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=ppr2006)

Rispetto ai SIN sopra elencati da analisi cartografica non emerge nessuna interferenza con l'asse ferroviario dell'opera in oggetto. Rispetto ai SIN di Porto Torres e Sulcis Iglesiente Guspinese l'area oggetto di intervento dista rispettivamente 92 km e 35 km circa: la notevole distanza conferma l'assenza di interferenze tra queste aree è l'opera in progetto.

Figura 69 - Ubicazione SIN Porto Torres e Sulcis Iglesiente Guspinese rispetto all'asse ferroviario

Rispetto ai siti contaminati/potenzialmente contaminati, per l'analisi cartografica si è proceduti ad una sovrapposizione di un buffer di 5 km, rispetto all'asse ferroviario, con l'ubicazione dei siti contaminati secondo anagrafica regionale.

Da sovrapposizione emerge quanto segue:

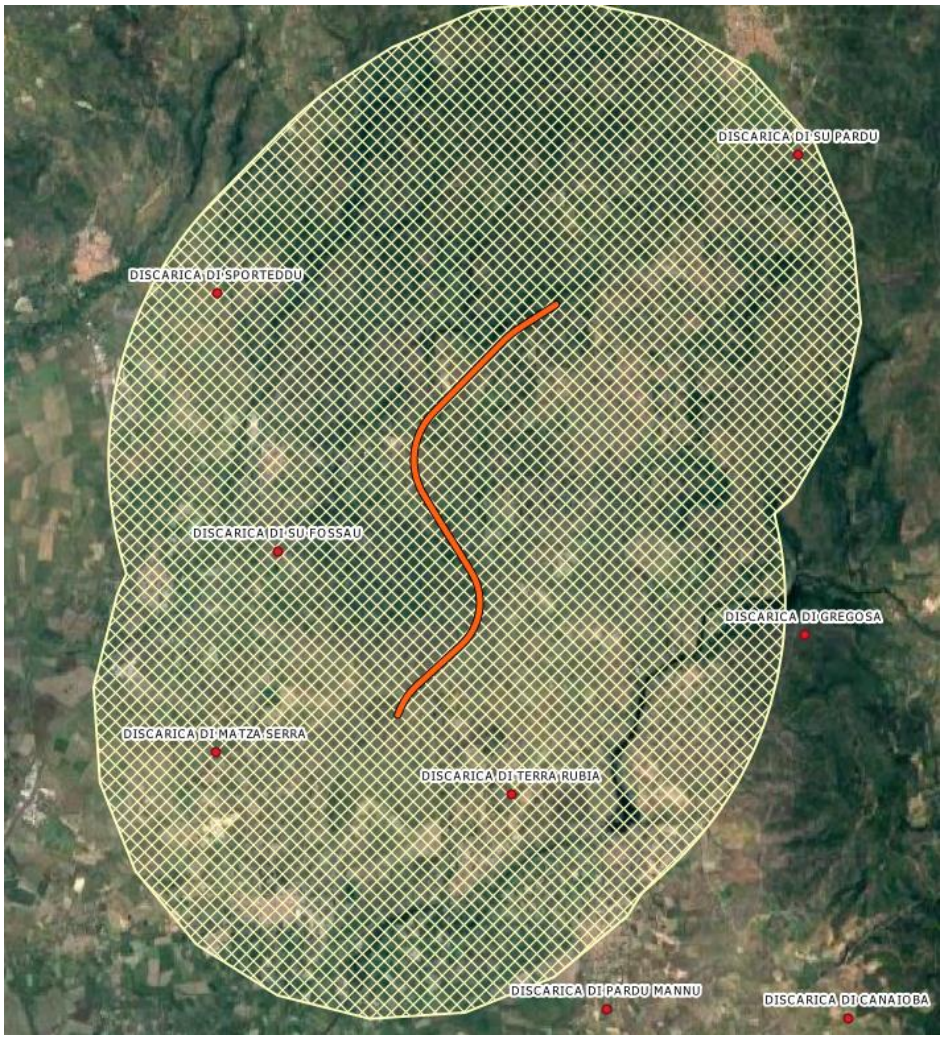


Figura 70 - Ubicazione siti contaminati rispetto ad un buffer di 5km

DENOMINAZIONE	ID_CARATTE	PROVINCIA	COMUNE	DISTANZA (km)
DISCARICA DI BAU CRABONI	7909555	OR	ORISTANO	10.7
DISCARICA DI PERDU COSSU	10735717	OR	NORBELLO	13.9
DISCARICA DI PARDU MANNU	10735741	OR	OLLASTRA	5.9
DISCARICA DI ZACCARDANI	10735543	OR	ABBASANTA	12
DISCARICA DI PRUMOSA	10735711	OR	NARBOLIA	10.4
DISCARICA DI CANAIOBA	10735987	OR	SIAPICCIA	8.8
DISCARICA DI TERRA RUBIA	10735981	OR	ZERFALIU	2.3
DISCARICA DI FUNTANEDDA	10735975	OR	ZEDDIANI	9.3
DISCARICA DI PRA PINNA	10735963	OR	VILLAURBANA	14.1
DISCARICA DI GREGOSA	10735957	OR	VILLANOVA TRUSCHEDU	5.3

DISCARICA DI TALEIDE	10735933	OR	ULA' TIRSO	15
DISCARICA DI MATZA SERRA	10735897	OR	SOLARUSSA	3
DISCARICA DI CEA ARRANAS	10735879	OR	SIMAXIS	7.2
DISCARICA DI COSTA TRATZU (TERRA MRAXNI)	10735867	OR	SIAMANNA	10.5
DISCARICA DI IS CALADEDDAS	10735861	OR	SIAMAGGIORE	14.8
DISCARICA DI SA MURTA	10735843	OR	SENEGHE	9.4
DISCARICA DI SU PARDU	10735819	OR	SAN VERO MILIS	9.9
DISCARICA DI SOS LAVROS	10735807	OR	SANTU LUSSURGIU	11.6
DISCARICA DI SU PARDU	10735765	OR	PAULILATINO	4.7
DISCARICA DI MASONGIU LUSTINCUS	10735753	OR	PALMAS ARBOREA	12.8
DISCARICA DI PARDU BINGIAS	10735747	OR	ORISTANO	8.4
DISCARICA DI CUCCURU MARE	10735729	OR	NURACHI	14.7
DISCARICA DI ROSCOLE	10735723	OR	NUGHEDU SANTA VITTORIA	9.8
DISCARICA DI SPORTEDDU	10735693	OR	MILIS	4
DISCARICA DI PRANU MAIORE	10735651	OR	FORDONGIANUS	9.8
DISCARICA DI UNGRONE	10735639	OR	BONARCADO	7.5
DISCARICA DI SU FOSSAU	10735627	OR	BAULADU	2.6
DISCARICA DI FUNTANEDDA	10735615	OR	BARATILI SAN PIETRO	10.8
DISCARICA DI SA PALA MANNA	10735573	OR	ALLAI	12.3
DISCARICA COMUNALE DISMESSA DI RSU DI 'SA MARCHESA'	10669716	OR	ORISTANO	10.2
EX DISCARICA ABUSIVA IN LOCALITA' S'ISTRAZZOLA	10662117	OR	NORBELLO	14
DISCARICA DISMESSA DI RSU PERDIGHEDDU-MALOSA	10345262	OR	GHILARZA	13.4

Tabella 18 - Discariche dismesse di RU entro i 15km. In giallo sono evidenziate quelle che ricadono nel buffer di 5km

Nella tabella 18, sono riportati le distanze rispetto all'asse ferroviario sede dei lavori oggetto di progettazione esecutiva. Rispetto al Campo Base CB.01, delocalizzato rispetto all'asse ferroviario, le discariche dismesse di RU nelle vicinanze sono:

- DISCARICA DI SPORTEDDU a 2.5 km;
- DISCARICA DI SU FOSSAU a 2 km.

DENOMINAZIONE	ID_CARATTE	PROVINCIA	COMUNE	DISTANZA (km)
PV 8466	7333965	OR	PAULILATINO	6.2
PV 8463	7333960	OR	FORDONGIANUS	8.5
PV 8466	10730627	OR	PAULILATINO	6.2
PV 6516	18945291	OR	ORISTANO	12.3
PV 6569	10581984	OR	NURACHI	13.4
PV 6007	10584905	OR	ORISTANO	12.2

PV 7587	10583888	OR	ORISTANO	12.8
PV 7642	7333905	OR	RIOLA SARDO	13.3
PV 51323	10674245	OR	ORISTANO	11.7
PV AGIP 7558	10578270	OR	ORISTANO	12.2
PV 7642	10577659	OR	RIOLA SARDO	13.3
PV 7728	10579634	OR	ABBASANTA	9.3
PV AGIP 7558	10578919	OR	ORISTANO	12.2
PV 7729	10579726	OR	ABBASANTA	9.2
PV IP 47665	10664039	OR	ORISTANO	12.2

Tabella 19 - Elenco Punti Vendita Carburanti entro i 15 km

DENOMINAZIONE	ID_CARATTERE	PROVINCIA	COMUNE	DISTANZA (km)
AREA INTERESSATA DA SVERSAMENTO ACCIDENTALE DI GASOLIO	8149406	OR	SAMUGHEO	21.5
AREA INTERESSATA DA SVERSAMENTO ACCIDENTALE DI GASOLIO	3699582	OR	SAMUGHEO	21.5

Tabella 20 - Elenco Siti incidentali provincia di Oristano

DENOMINAZIONE	ID_CARATTERE	PROVINCIA	COMUNE	DISTANZA (km)
STABILIMENTO INDUSTRIALE	8077441	OR	ORISTANO	16.4
DEPOSITO COSTIERO	8126244	OR	SANTA GIUSTA	17.5
STABILIMENTO INDUSTRIALE	10853059	OR	ORISTANO	16.4
DEPOSITO COSTIERO DI SANTA GIUSTA	10855303	OR	SANTA GIUSTA	17.4
DEPOSITO COSTIERO DI SANTA GIUSTA	10855476	OR	SANTA GIUSTA	17.4

Tabella 21 - Elenco Siti Industriali provincia di Oristano

DENOMINAZIONE	ID_CARATTERE	PROVINCIA	COMUNE	DISTANZA (km)
SA MENTA	8398387	NU	ORANI	43.8
FONTE SA CRAPA	8398281	NU	ORANI	43.7
INGURTIPANI	3819240	SU	SEULO	49
ISTELLAI	8398327	NU	ORANI	47.2
S'ARENARGIU	8398454	NU	ORANI	43.3
SA MATTA	8398374	NU	ORANI	42.6
PREDA BIANCA	8398367	NU	ORANI	43.8
SU VENOSU	8398457	NU	ORANI	40.2
GENNA ARRITZOLA	3819198	SU	ARBUS	40.8
MONTE NULE	8398364	NU	ORANI	41.7
LASASAI	8398359	NU	ORANI	47.8
COSTARVINE	8398319	NU	ORANI	41.3
SAN FRANCESCO	8398396	NU	ORANI	45.1

IS PADULEDDAS	8398322	NU	ORANI	42.8
BACINO DEL RIO IRVI E DEL RIO PISCINAS	3713832	SU	ARBUS	49.8
AREA MINERARIA DISMESSA MONTEVECCHIO	10300666	SU	ARBUS	47.3
MACRO AREA FUNTANA RAMINOSA	3806684	NU	GADONI	39.2
BACINO DI DECANTAZIONE FANGHI	10300919	SU	GUSPINI	48
MACRO AREA MINERARIA DI MONTEVECCHIO LEVANTE	10296563	SU	GUSPINI	42.2

Tabella 22 - Elenco Siti Minerari entro 50 km

6.2.7 Uso del suolo

Sulla base della Carta dell'uso del suolo (cfr. Figura 49), realizzata dalla Regione Sardegna e suddivisa in classi del Corine Land Cover, è stato analizzato il territorio interessato dalle opere di intervento.

In generale il tratto in progetto attraversa aree scarsamente antropizzate e costituite prevalentemente da ambienti semi-naturali e prati, aree boscate e zone agricole.

Da un punto di vista insediativo, in tale ambito emerge la presenza dell'abitato Bauladu, costituito da un nucleo urbano residenziale compatto e radi insediamenti industriali, artigianali e commerciali per lo più a cavallo della SS 331 "Carlo Felice".

Tra gli elementi lineari infrastrutturali, oltre la già citata SS 331 (distante poco più di 2 km dall'asse di progetto) corre con direzione Nord-Sud la linea ferroviaria esistente e un reticolo di strade secondarie bianche. Analizzando nello specifico il territorio attraversato dalle opere in progetto, la nuova tratta ferroviaria interessa diverse classi di uso del suolo distinte in funzione della tipologia di opera.

Le opere in trincea o in rilevato attraversano le seguenti classi di suolo:

- Seminativi in aree non irrigue (7,23 %);
- Fabbricati rurali (0,78 %);
- Pioppeti, saliceti, eucalitteti, etc., anche in formazioni miste (18,58%);
- Prati artificiali (22,35 %);
- Aree a pascolo naturale (6,31 %);
- Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti (4,60 %);
- Macchia mediterranea (23,06 %);
- Bosco di latifoglie (11,69 %);
- Aree agroforestali (5,41 %).

I viadotti attraversano le seguenti tipologie di uso del suolo:

- Pioppeti, saliceti, eucalipteti, etc., anche in formazioni miste (34,01 %);
- Aree a pascolo naturale (24,26 %);

- Aree agroforestali (30,16 %);
- Bosco di latifoglie (11,56 %).

La galleria si sviluppa al di sotto delle seguenti categorie di uso del suolo:

- Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti (8,68 %);
- Bosco di latifoglie (8,82 %);
- Macchia mediterranea (16,29 %);
- Aree a pascolo naturale (15,79 %);
- Aree a ricolonizzazione naturale (12,93 %);
- Prati artificiali (24,97 %);
- Aree agroforestali (12,51 %).

La viabilità di cantiere si sviluppa principalmente al di sopra di prati artificiali e macchia mediterranea. Le aree di cantiere ricadono all'interno delle seguenti classi di uso del suolo:

- Seminativi in aree non irrigue (6,34 %);
- Prati statili (2,34 %);
- Pioppeti, saliceti, eucalipteti, etc., anche in formazioni miste (26,49 %);
- Prati artificiali (27,70 %);
- Aree a pascolo naturale (14,50 %);
- Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti (5,43 %);
- Macchia mediterranea (12,24 %);
- Bosco di latifoglie (1,91 %)
- Aree agroforestali (3,04 %).

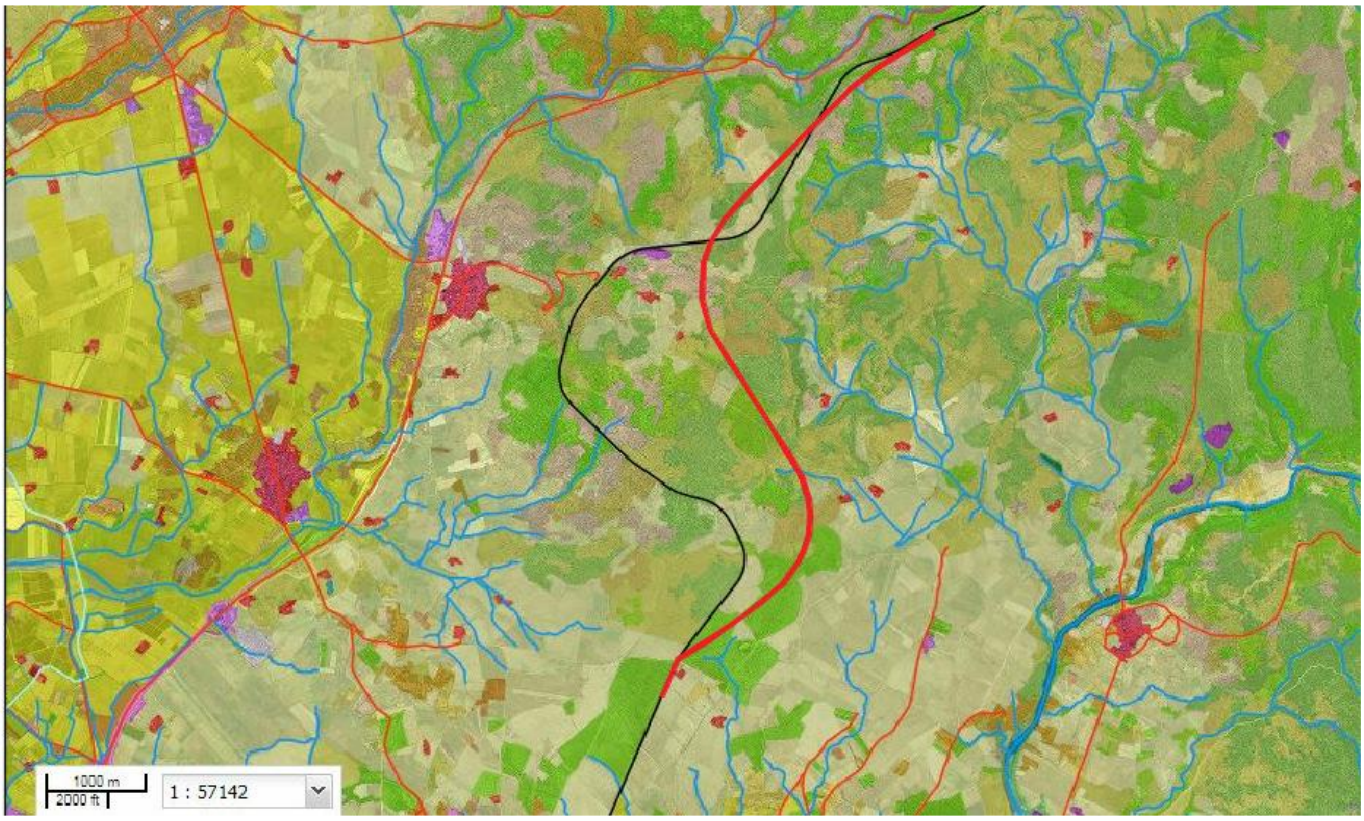
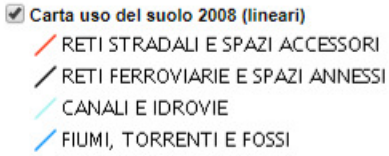


Figura 71 - Ubicazione del tratto in progetto sulla carta di uso del suolo del 2008 (fonte: http://www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=mappetematiche)

LEGENDA:



6.2.8 Valutazione

6.2.9 Impatto legislativo

Tutti gli impatti sopra illustrati sono da considerarsi potenziali, e generati da situazioni accidentali all'interno del cantiere. L'aspetto ambientale in esame va comunque considerato significativo in termini di impatto legislativo, data la presenza di limiti prefissati per il contenuto di materiali inquinanti nel suolo.

6.2.10 Interazione opera – ambiente

L'impatto ambientale sulla componente è costituito dalle modifiche indotte su di essa dalle attività di costruzione. L'analisi dell'impatto ambientale viene condotta analizzando le ripercussioni su questo aspetto ambientale in termini di quantità (il livello di superamento eventualmente riscontrato rispetto alla situazione ante-operam), di severità (la frequenza e la durata degli eventuali impatti e la loro possibile irreversibilità) e di sensibilità (in termini di presenza di suoli "di valore" per il loro utilizzo o per il loro ruolo di tutela del sottosuolo).

Dal punto di vista quantitativo, dal momento che gli impatti attesi sono legati essenzialmente a fenomeni accidentali, non si prevede che la loro magnitudo possa essere elevata.

In termini di severità, il potenziale impatto si estenderà alla durata del cantiere, e sarà, quindi, limitato nel tempo. Infine, la sensibilità del territorio può essere valutata non trascurabile, dal momento che le aree di lavoro e di cantiere ricadono in un territorio a valenza naturalistica e agricola, e quindi sensibile a possibili casi di inquinamento. In coincidenza delle principali aree di cantiere, non si prevedono, contaminazioni della falda legate alla percolazione di inquinanti dai piazzali di lavorazione, poiché si rileva una soggiacenza della falda a oltre 10 metri dal p.c. I possibili impatti sulla qualità delle acque superficiali sono

in generale reversibili: essi non determinano infatti una perdita della risorsa o una sua modifica sostanziale a lungo termine. Gli impatti sull'ambiente idrico sotterraneo non costituiscono impatti "certi" e di dimensione valutabile in maniera precisa a priori, ma piuttosto impatti potenziali. Una riduzione del rischio di impatti significativi sull'ambiente idrico in fase di costruzione dell'opera può essere ottenuta applicando adeguate procedure operative nelle attività di cantiere, relative alla gestione e lo stoccaggio delle sostanze inquinanti e dei prodotti di natura cementizia, alla prevenzione dallo sversamento di oli ed idrocarburi.

6.2.11 Percezione delle parti interessate

Le principali parti esterne coinvolte sono costituite:

- dai proprietari delle aree che subiranno occupazione temporanea per l'impianto delle opere di cantierizzazione, e che dovranno avere le stesse aree restituite dopo la costruzione alla situazione ante-operam;
- dagli enti pubblici preposti alla tutela del territorio (in particolare comuni, province, Regione ed ARPA) che saranno coinvolti nelle modalità operative di gestione delle terre da scavo e nei controlli in corso d'opera.

Inoltre, dal momento che alcuni lavori ricadono in un territorio naturale, si ritiene che vi sia una particolare sensibilità da parte della popolazione residente nei confronti degli impatti attesi su questo aspetto ambientale. Nonostante i lavori in oggetto ricadano in ambiti territoriali caratterizzati da scarsa antropizzazione, il sistema di cantierizzazione e l'opera stessa, non si esclude una particolare sensibilità da parte dei proprietari dei fondi agricoli.

6.2.12 Mitigazioni ambientali

Come evidenziato nella sezione precedente, gli impatti sull'ambiente idrico e sulla componente suolo e sottosuolo non costituiscono impatti "certi" e di dimensione valutabile in maniera precisa a priori, ma sono legati a situazioni accidentali, e non sono definibili impatti diretti e sistematici, costituendo dunque piuttosto impatti potenziali.

Una riduzione del rischio di impatti significativi sulla componente suolo e sottosuolo in fase di costruzione dell'opera, può essere ottenuta applicando adeguate procedure operative nelle attività di cantiere, relative alla gestione e lo stoccaggio delle sostanze inquinanti ed alla prevenzione dallo sversamento di oli ed idrocarburi.

Per quanto riguarda più specificatamente alla componente suolo, in fase di approntamento dell'area di cantiere, si provvederà, laddove presente, alla conservazione del terreno vegetale.

La rimozione del terreno vegetale esistente nelle zone soggette a lavorazioni avverrà evitando sia di modificarne le caratteristiche fisiche si di contaminarlo con materiali estranei (inerti) o provenienti dagli strati inferiori.

L'accantonamento del terreno vegetale avverrà in aree idonee opportunamente pulita e predisposte.

Si può distinguere tra le categorie di seguito riportate, per le quali verranno adottate differenti modalità di stoccaggio e conservazione.

Suolo vegetale da reimpiegare lungo la linea per ripristini ambientali di tipo vegetativo

Si tratta di materiale proveniente dallo scotico dei primi 30 cm di suolo e comprende gli orizzonti più fertili, caratterizzati da un buon tenore di sostanza organica. Il prelievo avverrà anticipatamente e separatamente a tutte le altre attività di movimento terra. Il materiale conservato, utilizzato per il futuro ripristino dei suoli a pieno campo, deve essere stoccato in modo idoneo, al fine di non stravolgere eccessivamente le principali proprietà fisico-chimiche. Il cumulo sarà inerbito per evitare il dilavamento della sostanza organica e l'erosione. L'inerbimento verrà messo in opera appena dopo la formazione del cumulo onde evitare l'attecchimento di specie infestanti.

Le sponde dei cumuli dovranno avere un'inclinazione intorno ai 30 gradi o un rapporto 3 a 2 per quanto riguarda larghezza e altezza; quest'ultima, infine, non dovrà superare i 3 m rispetto al piano di campagna. Il materiale così accantonato avrà caratteristiche di stoccaggio tali da favorire il suo riutilizzo nell'ambito dei ripristini vegetativi.

Suolo vegetale da riutilizzare per recuperi ambientali

A tale fattispecie, si riferiscono quei cumuli costituiti da materiale proveniente dallo scortico superficiale o prelevato a profondità superiori per esigenze costruttive. Trattandosi comunque di materiale vegetale, analogamente a quanto osservato per la tipologia precedente, il materiale accantonato deve sottostare alle stesse pratiche conservative, anche se l'altezza del cumulo può raggiungere i 4-5 m rispetto al piano di campagna. Il materiale così accantonato avrà caratteristiche di stoccaggio tali da favorire il suo utilizzo nei recuperi ambientali quali ad esempio il parziale ritombamento o recupero delle cave aperte o per la sistemazione delle sponde dei rilevati.

Suolo sterile proveniente dagli scavi profondi

Si fa riferimento al suolo prelevato al di sotto dei 50 cm di profondità. Si tratta di materiale costituito da orizzonti sotto-superficiali, generalmente orizzonti B o C, la cui destinazione prevalente è rappresentata dal ripristino dei siti di depositi finale. Le modalità di conservazione sono meno rigide rispetto a quanto osservato in precedenza, i cumuli possono, infatti, avere un'altezza variabile e non è richiesto l'inerbimento delle sponde; sono tuttavia sempre necessarie quelle pratiche volte a una corretta gestione della risorsa ed a limitare eventuali processi di degradazione fisica (erosione, eccessivo compattamento) e chimica (svernamenti accidentali di olii e/o combustibili).

6.3 VEGETAZIONE, FLORA, FAUNA ED ECOSISTEMI

Lo studio delle componenti naturalistiche e stato effettuato tramite la raccolta e l'analisi della documentazione bibliografica esistente, mediante sopralluoghi realizzati nell'area di studio e attraverso l'analisi di foto aeree.

6.3.1 Normativa di riferimento

Lo studio e stato redatto in osservanza:

- del D.Lgs 152 del 3 aprile 2006 e s.m.i.;
- del D.P.C.M. del 27 dicembre 1988;
- della Deliberazione della Regione Autonoma della Sardegna n. 34/33 del 7 agosto 2012.

6.3.2 Vegetazione e flora

Il territorio interessato dalla variante di Bauladu ricade all'interno dell'orizzonte delle foreste miste sempreverdi termoxerofile, caratterizzato da vegetazione sclerofillica, con elementi termofili e notevolmente xerofili che danno luogo a formazioni miste, per l'incapacità del leccio, in ambiente caldoarido, di formare soprassuoli arborei monospecifici.

Il clima dell'orizzonte è semiarido, con scarso surplus idrico invernale ed elevato deficit idrico estivo; il periodo arido ha una durata di circa 3 - 4 mesi, con elevate temperature massime (media dei massimi annui di circa 36-40°). Il periodo freddo raramente si protrae per più di due mesi, con una media minima del mese più freddo pari a 3-4° e media dei minimi annuali generalmente superiore a -2°. I caratteri termometrici della zona evidenziano un clima tipico mediterraneo, dove le precipitazioni medie stagionali ammontano a meno di 700 mm per anno.

Il progetto in esame ricade nei cosiddetti distretti Sinis-Arborea e Omodeo del Piano Forestale Ambientale Regionale (PFAR), redatto ai sensi del D.Lgs. 227/2001 e approvato con Delibera 53/9 del 27.12.2007.

Il Piano Forestale Ambientale Regionale (PFAR) è uno strumento quadro di indirizzo, finalizzato alla pianificazione, programmazione e gestione del territorio forestale e agroforestale regionale, per il perseguimento degli obiettivi di tutela dell'ambiente e di sviluppo sostenibile dell'economia rurale della Sardegna.

Per distretto territoriale si intende una porzione di territorio delimitata quasi esclusivamente da limiti amministrativi comunali ed entro la quale viene conseguita una sintesi funzionale degli elementi fisicostrutturali, vegetazionali, naturalistici e storico culturali del territorio su grande scala.

I distretti, con una superficie media di 95.000 ha, accolgono una varietà di ambiti di paesaggio caratterizzati da connotazioni omogenee nella loro peculiarità. Il presupposto che ha condotto al processo di definizione dei distretti si poggia sul concetto di indivisibilità delle unità fisiografiche, espressione dei caratteri fisici, geo-morfologici, pedologico-vegetazionali e paesaggistici.

Il distretto Sinis-Arborea è sostanzialmente pianeggiante o basso collinare ed è ampiamente utilizzato, nelle aree non urbanizzate o industrializzate, per colture agrarie estensive ed intensive (sia erbacee che legnose) e per attività zootecniche.

Il tracciato di progetto situato nella parte nord-est del distretto attraversa un'area dove, per morfologia e fertilità dei suoli, è presente un tipo di vegetazione forestale.

Il distretto di Omodeo è caratterizzato da specie vegetali forestali a sclerofille prevalenti, la specie arborea principale è la sughera ed a seguire il leccio e l'olivastro, nella zona troviamo anche caducifoglie con boschi di roverella e ripariali.

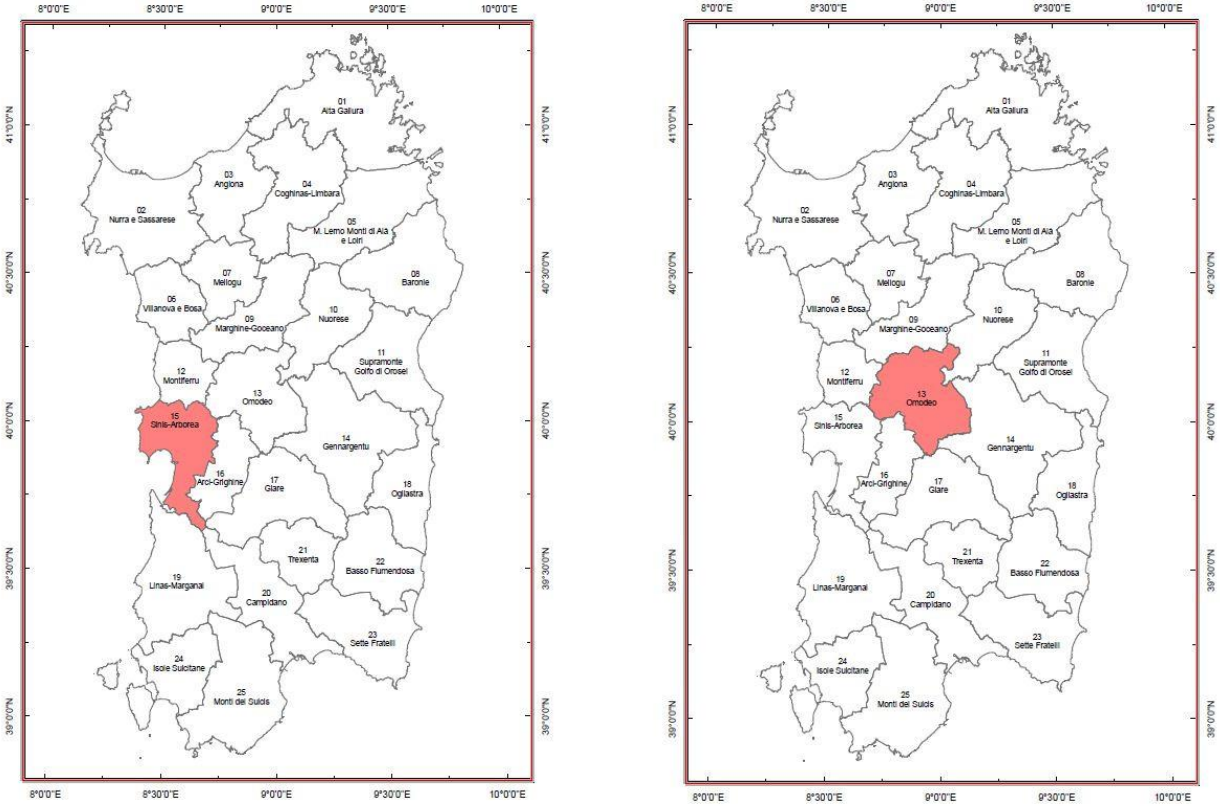


Figura 72 - Ubicazione del distretto 15 Sinis-Arborea e 13 Omodeo

Dallo stralcio riportato di seguito si evidenzia come il tracciato, attraversando i distretti sopra menzionati, interessa due serie distinte di vegetazione, in particolare:

- La serie SA12_serie sarda, termo-mesomediterranea del leccio;
- La serie SA 10_serie sarda termo-mesomediterranea dell'olivastro.

Inoltre è interessata, seppur marginalmente, la serie SA19_ serie sarda, calcifuga, termomesomediterranea della sughera.

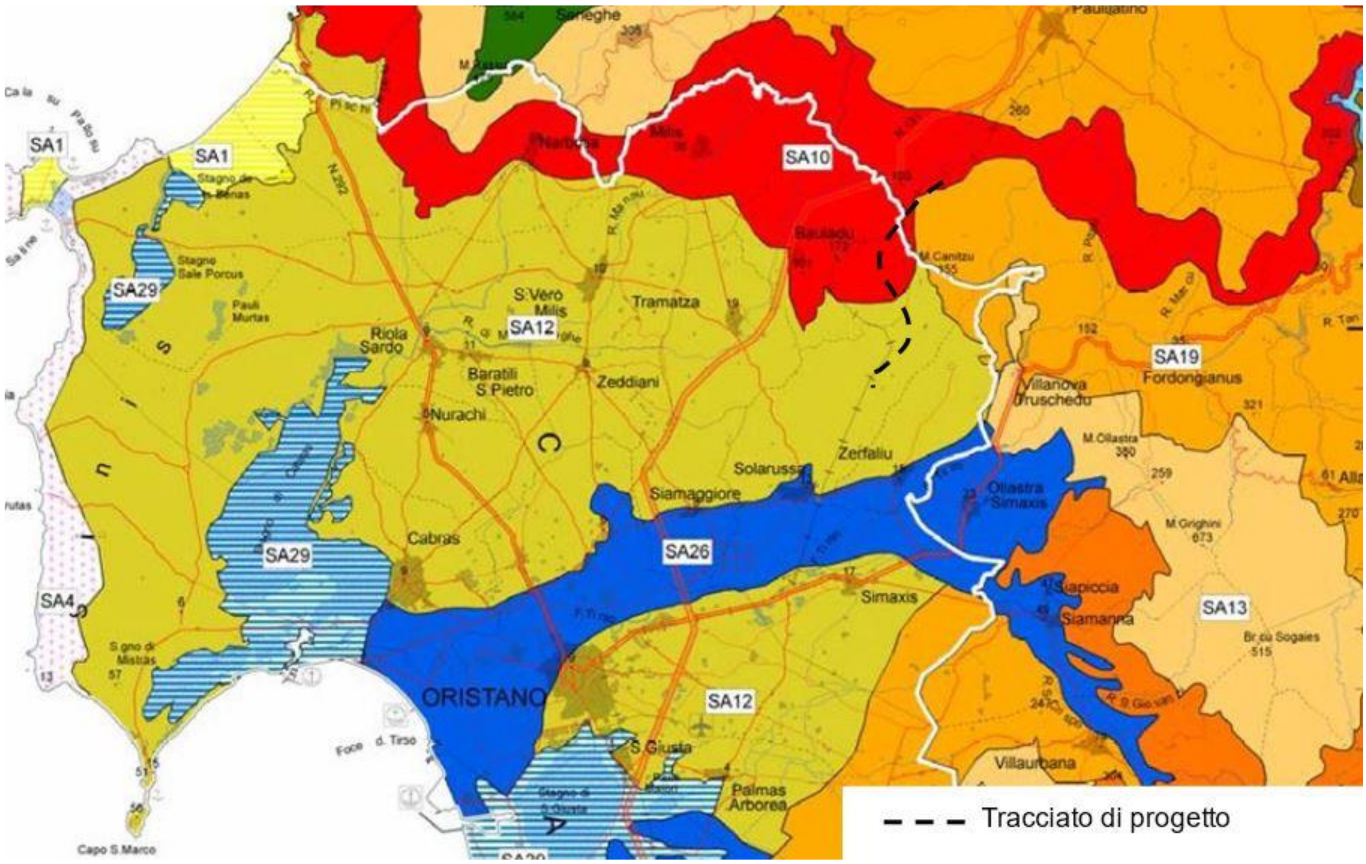


Figura 73 - Carta delle serie di vegetazione

Nel seguito, si riportano le tipologie di vegetazione ritrovate all'interno del territorio attraversato dall'opera.

Boschi e boscaglie ad olivastro

L'aspetto delle boscaglie più diffuso è quello degli oleastreti, con dominanza di oleastro, lentisco, mirto, fillirea. Si presenta più comunemente come un basso cespugliato, ma in molte zone è possibile ancora osservarne aspetti rigogliosi e una ricca componente floristica. In relazione allo stadio dinamico, al passaggio del fuoco e alle utilizzazioni silvo-pastorali si distinguono diversi tipi di macchia termo-xerofila, per la dominanza ora di una, ora del lentisco ora dell'oleastro.

Le specie dominanti oltre all'olivastro sono il lentisco e il cisto, con qualche leccio ma sporadico.

Figura 74 - Boscaglie ad olivastro

Macchie e Garighe Termofile e/o Xerofile

In questa categoria le tipologie vegetali a macchia caratteristiche sono formazioni ad alti e bassi arbusti dominati da sclerofille fra cui Olea europea/sylvestris e Pistacia lentiscus. Vengono qui incluse anche i lentisceti puri (formazioni a lentisco).

Le boscaglie ad olivastro degradano nella macchia bassa a olivastro e lentisco che per alcuni tratti si alterna con garighe e macchie mesomediterranee silicicole a lentisco e mirto, inoltre presente il cisto e la fillirea angustifolia.

Figura 75 - Macchia termofile

Boscaglie edafoigrofile

Le boscaglie edafoigrofile sono formazioni alto-arbustive ed arboree dipendenti da una buona disponibilità idrica, almeno in alcuni periodi dell'anno. Se si escludono alcuni saliceti ripariali, si tratta quasi sempre di lembi ridotti o di formazioni lineari.

L'unico corso d'acqua prossimo all'area di studio è il Rio Pizziu, nel comune di Paulilatino; la fascia riparia, risulta tuttavia, distante dal tracciato in esame.

Piantagioni di specie non autoctone ed esotiche

I rimboschimenti di eucalipti (*Eucalyptus camaldulensis*) sono estremamente presenti in tutta l'area agricola comunale, uno molto esteso nella zona di Puli Mannu e Pauli Su Senzu, nella porzione meridionale del tracciato. Negli ultimi anni sono stati realizzati numerosi impianti di eucalipteti nelle zone più marginali e meno produttive. Durante il sopralluogo, è tuttavia, emerso che tali superfici boschive si sono notevolmente ridotte.

Figura 76 - Rimboschimento di Eucalipti

Praterie Perenni a prevalenza di Asfodelo

Le praterie perenni a prevalenza di asfodelo sono quelle aree pascolate, caratterizzate dalla presenza di graminacee perenni, in cui l'asfodelo indica la discontinuità nelle lavorazioni. I prati naturali aridi mediterranei con prevalenza di specie annuali sono un insieme di tipologie vegetali molto ricco di specie annuali dei generi *Aegilops, Bromus*, *Vulpia*, *Lophocloa*, *Brachypodium*, *Phleum*, *Briza*, *Lagurus, Hordeum, Trifolium, Lotus, Medicago,* ecc. sebbene la biomassa possa essere maggiormente rappresentata da specie perenni quali *Asphodelus microcarpus*, *Carlina corymbosa*, *Cynara cardunculus*, ecc. Si estendono in gran parte del territorio in modo frammentato e risentono delle utilizzazioni a pascolo ovino e bovino, delle arature per lo più sporadiche.

Figura 77 - Praterie perenni

6.3.3 Fauna

Nella caratterizzazione dello stato attuale della componente e, soprattutto, nella valutazione della classe di idoneità del territorio ad accogliere fauna potenziale, la bibliografia assunta come riferimento è stata costituita dagli studi commissionati dalla Regione Sardegna per l'aggiornamento della carta faunistica regionale. In tale cornice, è risultato conveniente analizzare la componente in parola conservando i risultati ottenuti per specie target individuate nei gruppi di seguito riportati e distinti tra:

- avifauna migratoria nelle zone umide;
- avifauna migratoria di interesse venatorio;
- ungulati selvatici;
- fauna stanziale.

Avifauna migratoria nelle zone umide

Per quanto riguarda l'avifauna migratoria nelle zone umide, l'ambito territoriale di interesse non ha mostrato vocazione alcuna e, pertanto, appare ragionevole poter escludere la significativa presenza di tali specie tra le specie interferibili dalle opere in progetto e dalle attività di lavorazione delle stesse.

Avifauna migratoria di interesse venatorio

In relazione all'avifauna migratoria di interesse venatorio, il territorio di interesse presenta un'evidente idoneità per le seguenti specie:

- Colombaccio, Tortora e Merlo, lungo l'intero sviluppo del tratto in progetto;
- Quaglia e allodola in misura minore e in zone prossime a Paulilatino.

Ungulati selvatici

Per quanto riguarda invece gli ungulati selvatici, l'unica specie di presenza significativa in tutto l'ambito territoriale di interesse risulta il cinghiale.

Fauna stanziale

Un apprezzabile grado di idoneità e risultato associabile al territorio in trattazione con riferimento ad alcune specie di fauna stanziale, quali:

- Lepre sarda (territorio con classe di idoneità medio-alta) lungo tutto il tracciato in progetto;
- Coniglio selvatico (territorio con classe di idoneità medio-alta) lungo tutto il tracciato in progetto;
- Pernice Sarda (territorio con classe di idoneità media e medio-alta) localizzabile nel settore centrale del tracciato di progetto.

6.3.4 Valutazione

6.3.5 Impatto legislativo

La legislazione sulle componenti in esame ha in generale uno scopo essenzialmente di protezione degli elementi vegetazionali, faunistici ed ecosistemici "di valore". Il tracciato ferroviario si trova ad una distanza di oltre 4.5 km da un Sito di Interesse Comunitario (SIC ITB031104 - Media Valle del Tirso e Altopiano di Abbasanta - Rio Siddu); tale distanza consente comunque di escludere qualunque ricaduta, anche di tipo indiretto, dell'opera in progetto su tale area.

6.3.6 Interazione opera-ambiente

L'analisi dell'impatto ambientale viene condotta in termini di quantità, di severità (la frequenza e la durata degli eventuali impatti e la loro possibile irreversibilità) e di sensibilità del territorio.

Le attività e l'allestimento dei cantieri possono comportare effetti impattanti su vegetazione, flora e fauna, per i quali si è cercato di porre preventivamente rimedio nella fase di scelta delle aree di cantiere, poste, compatibilmente con la localizzazione delle opere da realizzare, prevalentemente in ambiti territoriali privi di sensibilità naturalistica e comunque oggetto di progetti per la successiva sistemazione ad uso funzionale alla linea ferroviaria (ad es. finestre delle gallerie) o di interventi di recupero della situazione preesistente.

Dall'analisi della vegetazione interferenti con le aree di cantiere si è rilevato che gli usi più compromessi si riferiscono a praterie e ad aree a macchia mediterranea.

Le aree a maggiore naturalità interferenti con i cantieri si concentrano nella parte centrale e terminale del tracciato di progetto, in coincidenza dell'area tecnica AT.01. In coincidenza di tali aree di cantiere si prevede necessariamente la perdita delle attuali presenze vegetazionali, appartenenti a arbusti e alberi della macchia mediterranea.

La realizzazione di viadotti, entrambi nella fase B dei lavori, si rende necessaria per il superamento di solchi d'incisione e scarpate morfologiche. Il viadotto VI.01 e le aree id lavorazione ad esso associate interessano per lo più prati e praterie perenni. Viceversa in coincidenza delle aree di lavorazione del viadotto VI.02 si ritrovano ecosistemi appartenenti ai boschi e boscaglie ad olivastro.

Le interferenze delle aree di lavorazione sulla componente riguardano quindi la modesta sottrazione di aree di vegetazione di interesse naturalistico.

Nel corso dei lavori potranno, comunque, prospettarsi fenomeni di alterazione delle specie vegetali e degli habitat faunistici presenti, che richiederanno l'attuazione di specifici accorgimenti atti a ridurre tali interferenze, spesso funzionali al controllo degli impatti anche su altre componenti ambientali, come di seguito esplicitato:

- bagnature periodiche per contenere la produzione di polveri, in modo tale da eliminarne la presenza sulle superfici fogliari degli esemplari arborei/arbustivi e sui prati presenti lungo il ciglio delle aree di cantiere;
- posa di reti o barriere mobili per la protezione di individui arboreo/arbustivi prossimi alle aree di lavorazione che non risulti indispensabile sottoporre a taglio;
- controllo dei punti di immissione delle acque delle aree di lavorazione in corrispondenza dei corsi d'acqua più prossimi ai cantieri, per evitare alterazioni delle caratteristiche fisico-chimiche e, conseguentemente, danneggiamenti allo sviluppo dell'ittiofauna;
- regolamentazione della tempistica di svolgimento dei lavori nell'arco della giornata, al fine di evitare il disturbo della fauna.

Alla luce delle considerazioni su esposte, la valutazione dell'interazione opera-ambiente può essere così riassunta. Nel caso in esame la quantità coincide con la dimensione quantitativa degli elementi naturalistici di valore: dato il contesto in cui va ad inserirsi il progetto, soprattutto in relazione alle interferenze con l'ecosistema boschivo e di macchia, il valore può essere considerato di media entità.

La severità indica l'arco di tempo in cui avviene l'attività di disturbo su vegetazione, flora e fauna, pari alla durata dell'intera attività di costruzione. La sensibilità viene ricondotta alla presenza o meno nel territorio di elementi naturalistici sensibili (specie od ecosistemi rari o elementi di pregio): viste le caratteristiche dello stesso la sensibilità è considerata media. L'interazione tra l'opera e l'ambiente è nel complesso significativa.

Percezione delle parti interessate

Le parti esterne coinvolte sono costituite dagli enti preposti alla tutela dell'ambiente e, più in generale, delle associazioni ambientaliste.

6.3.7 Mitigazioni ambientali

Lo studio delle mitigazioni dell'impatto dei cantieri sul sistema naturalistico viene effettuato prendendo in considerazione due fasi di vita dei cantieri:

- le ricadute indotte sulla componente durante la realizzazione dei lavori;
- la fase di ripristino delle aree di cantiere da effettuarsi al temine dei lavori.

I lavori avranno una durata complessiva di 4,5 anni, ma le singole aree di cantiere avranno una durata minore e variabile in funzione delle lavorazioni che vi saranno svolte e compatibilmente con le attività di cantiere. Non è pertanto prevedibile uno sviluppo significativo della vegetazione piantata nel terreno se

non nella fase finale degli interventi, che coincide però con l'esecuzione delle attività meno impattanti (lavori di finitura, esecuzione opere a verde di linea e di deposito, ecc …).

Si è dunque scelto di non prevedere interventi a verde per minimizzare la presenza dei cantieri durante la fase di realizzazione dei lavori, quanto piuttosto di adottare tutti i sistemi di gestione ambientale del cantiere già descritti nel paragrafo precedente e al par. 5.1.6.

Al termine dei lavori le aree di cantiere saranno oggetto di interventi di ripristino della situazione ante – operam.

Per quanto riguarda gli interventi di ripristino ambientale, oggetto di specifico progetto, si rimanda alla "Relazione tecnico descrittiva degli interventi di mitigazione/compensazione" (RR1500BEZZRHIA0000001A) oggetto di emissione in fase B della presente progettazione esecutiva.

7. EMISSIONE E PRODUZIONE

7.1 ATMOSFERA

In relazione alla natura delle opere in progetto, i potenziali impatti sono limitati alla fase di cantiere (gli impatti di una linea ferroviaria in esercizio sulla qualità dell'aria possono essere infatti considerati nulli).

Saranno pertanto di seguito analizzate le lavorazioni previste all'interno del progetto.

Nello specifico, la presente sezione del Piano Ambientale della Cantierizzazione contiene i risultati dell'applicazione modellistica relativa alla dispersione degli inquinanti generati dall'attività di cantiere relative al progetto di Velocizzazione della linea San Gavino-Sassari-Olbia, per ciò che riguarda la Variante Bauladu. Tale intervento ha un'estesa complessiva di circa 8,5 km ed interessa i comuni di Solarussa, Bauladu e Paulilatino tutti nella provincia di Oristano.

Lo studio atmosferico condotto ha lo scopo di:

- evidenziare le potenziali interferenze che le attività di cantiere possono causare sulla componente atmosfera nelle aree limitrofe alle aree interessate direttamente dai lavori previsti;
- fornire delle informazioni aggiornate relative alla caratterizzazione meteo-climatica ed allo stato della qualità dell'aria delle aree di intervento;
- verificare l'entità degli impatti atmosferici correlati alle attività di cantiere (lavorazioni, movimentazione terre, traffico indotto), definirne le condizioni di conformità rispetto alle indicazioni fornite dalla vigente normativa in materia di qualità dell'aria e definire eventuali necessità di mitigazione e contenimento di detti impatti.

Gli argomenti trattati sono i seguenti:

- caratterizzazione meteoclimatica dell'area in studio tramite l'acquisizione e l'analisi dei dati esistenti (stazioni meteorologiche, campagne di indagini);
- analisi degli impatti generati dalle attività di cantiere sulla qualità dell'aria, condotta tramite l'applicazione di metodologie basate sull'utilizzo di modelli di simulazione previsionali.

Di seguito vengono presentate le ipotesi, i dati di input ed i risultati delle simulazioni numeriche effettuate attraverso il codice di calcolo afferente al sistema di modelli CALPUFF MODEL SYSTEM, inserito dall'U.S. EPA in Appendix A di "Guideline on Air Quality Models", sviluppato da Sigma Research Corporation, ora parte di Earth Tech, Inc, con il contributo di California Air Resources Board (CARB).

Il sistema di modelli, come nel seguito dettagliato, è composto da tre componenti: il preprocessore meteorologico CALMET, il modello di dispersione CALPUFF e il postprocessore CALPOST.

7.1.1 Normativa di riferimento

Il quadro normativo nazionale di riferimento per l'inquinamento atmosferico si compone di:

- D. Lgs. 351/99: recepisce ed attua la Direttiva 96/69/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria. In particolare, definisce e riordina un glossario di definizioni chiave che devono supportare l'intero sistema di gestione della qualità dell'aria, quali ad esempio valore limite, valore obiettivo, margine di tolleranza, zona, agglomerato etc;
- D.M. 261/02: introduce lo strumento dei Piani di Risanamento della Qualità dell'Aria, come metodi di valutazione e gestione della qualità dell'aria: in esso vengono spiegate le modalità tecniche per arrivare alla zonizzazione del territorio, le attività necessarie per la valutazione preliminare della qualità dell'aria, i contenuti dei Piani di risanamento, azione, mantenimento;
- D.Lgs. n. 133 del 11.05.2005, "Attuazione della direttiva 2000/76/CE in materia di incenerimento dei rifiuti".
- D. Lgs. 152/2006, recante "Norme in materia ambientale", Parte V, come modificata dal D. Lgs. n. 128 del 2010.
- Allegato V alla Parte V del D. Lgs. 152/2006, intitolato "Polveri e sostanze organiche liquide". Più specificamente: Parte I "Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico, scarico o stoccaggio di materiali polverulenti".
- D. Lgs. 155/2010 e s.m.i.: recepisce ed attua la Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, ed abroga integralmente il D.M. 60/2002 che definiva per gli inquinanti normati (biossido di zolfo, biossido di azoto, ossidi di azoto, le polveri, il piombo, il benzene ed il monossido di carbonio) i valori limite ed i margini di tolleranza.
- D.Lgs n. 250/2012. Il nuovo provvedimento non altera la disciplina sostanziale del decreto 155 ma cerca di colmare delle carenze normative o correggere delle disposizioni che sono risultate particolarmente problematiche nel corso della loro applicazione.

Il D. Lgs. 155/2010 e s.m.i. recepisce la direttiva europea 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. A livello nazionale il D. Lgs. 155/2010 e s.m.i. conferma in gran parte quanto stabilito dal D.M. 60/2002, e ad esso aggiunge nuove definizioni e nuovi obiettivi, tra cui:

- valori limite per biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo e PM10, vale a dire le concentrazioni atmosferiche fissate in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana e sull'ambiente;
- soglie di allarme per biossido di zolfo e biossido di azoto, ossia la concentrazione atmosferica oltre, la quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunta la

quale si deve immediatamente intervenire;

- valore limite, valore obiettivo, obbligo di concentrazione dell'esposizione ed obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione per le concentrazioni nell'aria ambiente di PM2,5;
- valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene.

Le tabelle seguenti riportano i valori limite per la qualità dell'aria vigenti e fissati D. Lgs. 155/2010 e s.m.i. (esposizione acuta ed esposizione cronica).

Valori di riferimento per la valutazione della QA in vigore			
Biossido di azoto NO2	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 18 volte in un anno)	200 µg/ m3
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m3
	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	400 µg/ m3
Monossido di carbonio CO	Valore limite	Massima Media Mobile su 8 ore	10 mg/ m3
Ozono O3	Soglia di Informazione	Numero di Superamenti del valore orario	180 µg/ m3
	Soglia di Allarme	Numero di Superamenti del valore orario (3 ore consecutive)	240 µg/ m3
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana (da valutare per la prima volta nel 2013)	Numero di superamenti della media mobile di 8 ore massima giornaliera (max 25 gg/anno come media degli ultimi 3 anni)	120 µg/ m3
Biossido di Zolfo SO2	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 24 volte in un anno)	350 µg/ m3
	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 3 volte in un anno)	125 µg/ m3
	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	500 µg/ m3
Particolato Atmosferico PM10	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 35 volte in un anno)	50 µg/ m3
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m3
Benzene C6H6	Valore limite annuale	Media annua	5 µg/ m3

Tabella 23 - Valori limite D.Lgs. 155/2010 e smi

Per quanto riguarda strettamente la trattazione si riportano di seguito i principali strumenti legislativi regionali che insieme alla normativa nazionale compongono la cornice giuridica in materia atmosfera:

- D.G.R. n. 1523 del 13/01/2020, "Disposizioni in materia di pianificazione sulla tutela della qualità

dell'aria";

- D.G.R. n. 33 del 02/11/2021, "Disposizioni straordinarei in materia di tutela della qualità dell'aria";
- D.G.R. n. 2130 del 13/12/2021, "Ulteriori misure straordinarie in materia di tutela della qualità dell'aria e proroga del Piano Aria Intergrato regionale;
- D.G.R. n. 189 del 15/02/2021, "Ulteriori disposizioni straordinarie in materia di tutela della qualità dell'aria".

7.1.2 Caratterizzazione meteoclimatica a scala regionale

La caratterizzazione meteorologica viene effettuata sulla base dei dati messi a disposizione dalla stazione meteorologica di Capo Frasca, localizzata nel comune di Arbus. Questa stazione ha disponibilità di dati orari elaborabili sull'orizzonte di tempo dell'anno preso a riferimento il 2022.

Essa dista dall'area di studio circa 35km e può essere ritenuta significativa e rappresentativa delle condizioni meteoclimatiche dell'area in esame, in quanto, come riporta il documento dell'ARPAT "*Dati e informazioni per la caratterizzazione della componente Atmosfera e prassi corrente di utilizzo dei modelli di qualità dell'aria nell'ambito della procedura di V.I.A.*", le osservazioni rilevate dalle stazioni meteo dell'Aeronautica Militare sono rappresentative di un'area di circa 70 chilometri di raggio.

Di seguito si riportano le serie temporali dei principali parametri meteorologici misurati dalla stazione al fine di caratterizzare l'area di studio.

Si mostra la rosa dei venti per l'anno 2022 che descrive il regime anemologico per la stazione considerata. Le direzioni prevalenti sono venti da NORD-OVEST e SUD-EST. L'intensità del vento, come mostrata nelle figure seguenti di serie temporale dei dati sono comprese tra 1 e 12 m/s.

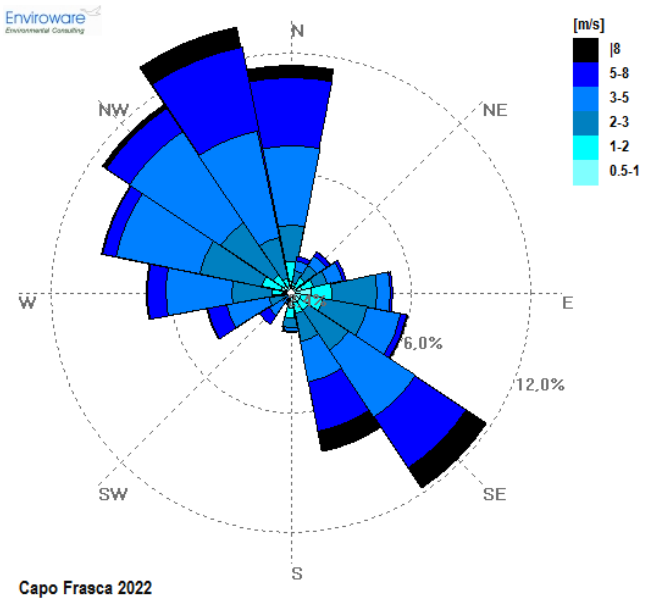


Figura 78 - Rosa dei venti dell'anno 2022 per la stazione di Capo Frasca

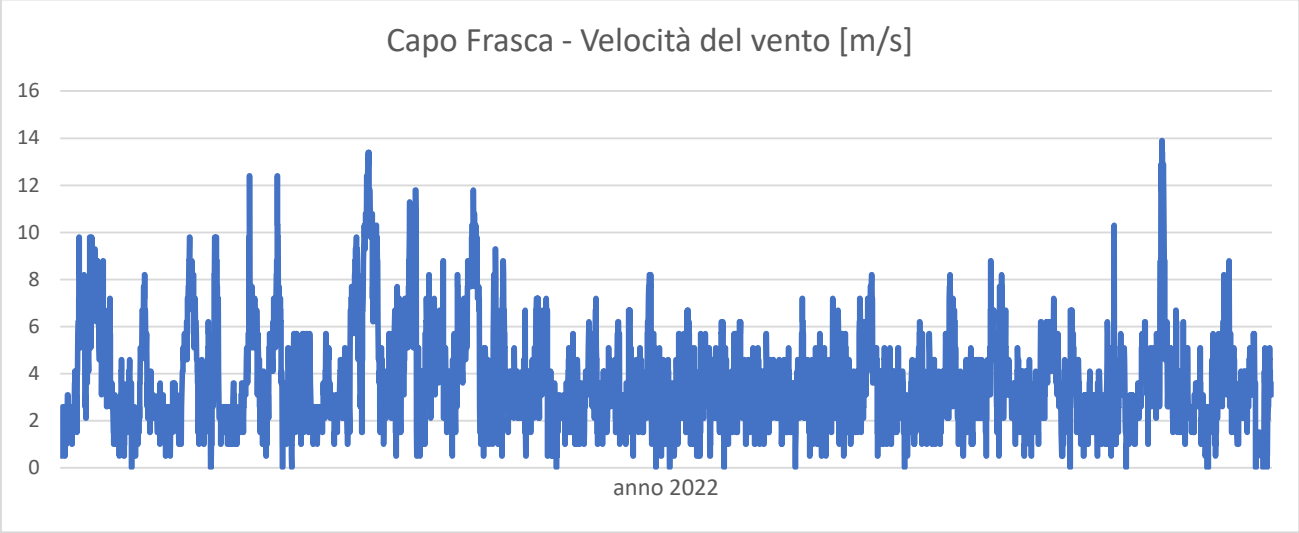


Figura 79 - Serie temporale orarie della velocità dei venti dell'anno 2022 per la Stazione di Capo Frasca

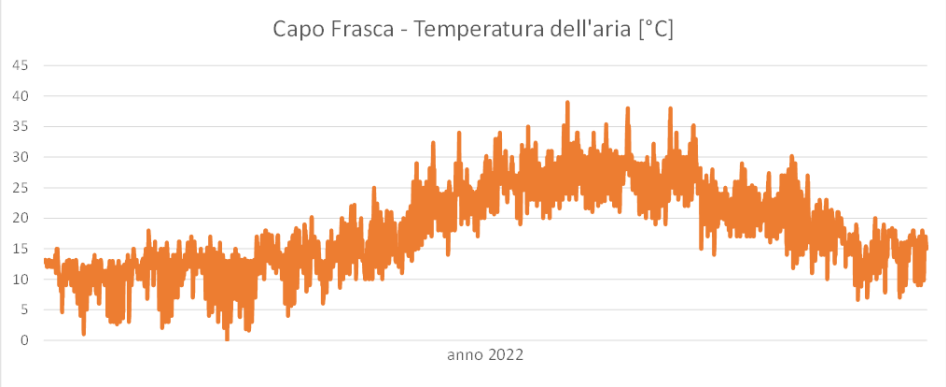


Figura 80 - Serie temporale orarie della velocità dei venti dell'anno 2022 per la stazione dell'aeroporto di Capo Frasca

Il valore medio della velocità del vento è pari a 3,5 m/s mentre quello della temperatura dell'aria è pari a circa 18,5° C su base annuale. I valori massimi del vento risultano pari a 15,5 m/s e quelli della temperatura rivelano escursioni termiche contenute da valori di circa 0°C al massimo a 40°C.

Stazione	nord	nord-est	est	sud-est	sud	sud-ovest	ovest	nord-ovest	direzione variabile o calma di vento
Capo Frasca (Arbus)	10.41	3.97	9.62	15.94	2.00	9.72	19.83	28.26	0.26
Decimomannu	10.94	2.10	2.78	23.17	14.71	3.62	9.10	32.97	0.62
Elmas	14.68	0.84	4.35	17.68	20.85	2.36	11.98	27.11	0.15
Spalmatoreddu (Carloforte)	15.02	3.83	6.42	10.62	8.98	6.68	10.31	38.14	0.00
Fonni	6.79	6.60	7.94	6.58	5.40	16.00	33.60	16.41	0.67
Capo Bellavista (Arbatax)	8.34	15.07	10.94	7.98	15.45	5.23	15.70	21.19	0.10
Perdasdefogu	2.05	6.28	22.53	11.63	1.20	10.13	39.10	6.44	0.63
Guardiavecchia (La Maddalena)	4.41	10.53	15.95	5.51	0.72	6.64	51.07	4.99	0.19
Asinara	3.07	3.02	22.68	4.29	3.77	9.16	40.84	13.03	0.13
Alghero	6.85	11.57	4.24	0.73	16.65	12.05	27.76	19.97	0.19

Tabella 24 - Direzione di provenienza del vento massimo (%) (Fonte: ARPAS)

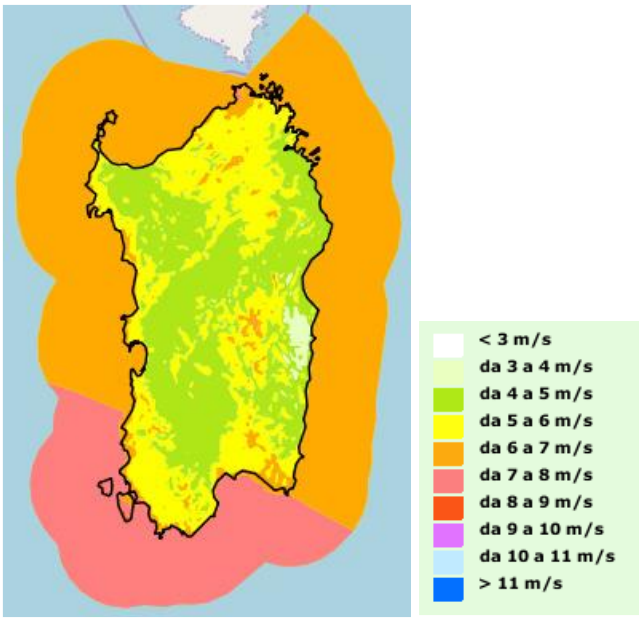


Figura 81 - Velocità del vento media annua a 25m (m/s). Fonte: Atlante eolico nazionale

7.1.3 Stato qualità dell'atmosfera

L'atmosfera ricopre un ruolo centrale nella protezione dell'ambiente che deve passare attraverso una conoscenza approfondita e definita in un dominio spazio-temporale, da un lato delle condizioni fisicochimiche dell'aria e delle sue dinamiche di tipo meteorologico, dall'altro delle emissioni di inquinanti in atmosfera di origine antropica e naturale.

La conoscenza dei principali processi responsabili dei livelli di inquinamento è un elemento indispensabile per definire le politiche da attuare in questo settore. In tal senso uno degli strumenti conoscitivi principali è quello di avere e mantenere un sistema di rilevamento completo, affidabile e rappresentativo.

La valutazione della qualità dell'aria viene effettuata mediante la verifica del rispetto dei valori limite degli inquinanti, ma anche attraverso la conoscenza delle sorgenti di emissione e della loro dislocazione sul territorio, tenendo conto dell'orografia, delle condizioni meteoclimatiche, della distribuzione della popolazione, degli insediamenti produttivi. La valutazione della distribuzione spaziale delle fonti di

pressione fornisce elementi utili ai fini dell'individuazione delle zone del territorio regionale con regime di qualità dell'aria omogeneo per stato e pressione.

La valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente in Italia sono attualmente regolamentate dal D.Lgs 155/2010, recepimento della Direttiva Europea 2008/50/CE, che ha modificato in misura strutturale, e da diversi punti di vista, quello che è l'approccio a questa tematica.

Il decreto legislativo n. 155 del 13 agosto 2010, "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" ha ridefinito i criteri che le Regioni sono tenute a seguire per la suddivisione dei territori di competenza in zone di qualità dell'aria, allo scopo di assicurare omogeneità alle procedure applicate su tutto il territorio nazionale.

7.1.4 Zonizzazione

Il decreto legislativo n. 155 del 13 agosto 2010, "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" ha ridefinito i criteri che le Regioni sono tenute a seguire per la suddivisione dei territori di competenza in zone di qualità dell'aria, allo scopo di assicurare omogeneità alle procedure applicate su tutto il territorio nazionale.

Al fine di conformarsi alle disposizioni del decreto e collaborare al processo di armonizzazione messo in atto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare tramite il coordinamento istituito all'articolo 20 del D.Lgs. 155/2010, la Regione Sardegna ha provveduto ad elaborare la zonizzazione e classificazione del territorio regionale, approvata con la deliberazione della Giunta Regionale del 10/12/2013, n. 52/19, recante "D.Lgs. 13/08/2010 n. 155, articoli 3 e 4. Zonizzazione e classificazione del territorio regionale".

Successivamente, con la deliberazione della Giunta Regionale n.52/42 del 23/12/2019, la Regione Sardegna ha provveduto ad aggiornare la classificazione col documento "Riesame della classificazione delle zone e dell'agglomerato ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e ss.mm.ii."

La zonizzazione vigente, relativa alla protezione della salute umana, individua le zone e gli agglomerati ai sensi dell'art. 3, commi 2 e 4, e secondo i criteri specificati nell'appendice 1 del D.Lgs. 155/2010.

Le zone e gli agglomerati sono classificati ai sensi dell'articolo 4 del D.Lgs. 155/2010, il quale prescrive che "ai fini della valutazione della qualità dell'aria, la classificazione delle zone e degli agglomerati è effettuata, per ciascun inquinante di cui all'articolo 1, comma 2, sulla base delle soglie di valutazione superiori e inferiori previste dall'allegato II, sezione I, e secondo la procedura prevista dall'allegato II, sezione II".

Si è pervenuti ad una suddivisione del territorio regionale in zone di qualità dell'aria, atte alla gestione delle criticità ambientali grazie all'accorpamento di aree il più possibile omogenee in termini di tipologia di pressioni antropiche sull'aria ambiente.

La zonizzazione è stata realizzata per la protezione della salute umana per gli inquinanti di seguito indicati: materiale particolato (PM10 e PM2,5), biossido di azoto (NO_2), biossido di zolfo (SO_2), monossido di carbonio (CO), piombo (Pb), benzene, arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni), benzo(a)pirene (BaP) e ozono (O_3).

Nelle tabelle seguenti sono elencate e descritte le zone degli agglomerati. I codici delle zone sono stati determinati sulla base delle indicazioni delle Linee guida Europee "Guideline to Commission Decision 2004/461/EC".

Codice zona	Nome zona
IT2007	Agglomerato di Cagliari
IT2008	Zona urbana
IT2009	Zona industriale
IT2010	Zona rurale
IT2011	Zona Ozono

Tabella 25 - Zone ed agglomerati di qualità dell'aria individuati ai sensi del D.Lgs. 155/2010 (Fonte ARPAS)

Nella Tabella 26 di seguito è sintetizzata la composizione dell'agglomerato di Cagliari (IT2007).

Codice ISTAT Comune	Nome Comune	Popolazione (dati ISTAT al 01/01/2018)
092009	Cagliari	154.106
092051	Quartu S. Elena	70.879
092068	Selargius	28.986
092109	Monserrato	19.771
092105	Quartucciu	13.234
092108	Elmas	9.546
Totale		**296.522**

Tabella 26 - Composizione dell'agglomerato di Cagliari (IT2007)(Fonte: Relazione annuale sulla qualità dell'aria)

Di seguito si descrivono le rimanenti zone.

Codice zona	Nome zona	Codice ISTAT Comune	Nome Comune
IT2008	Zona urbana	104017	Olbia
		090064	Sassari (esclusa l'area industriale di Fiume Santo)
IT2009	Zona industriale	092003	Assemini
		092011	Capoterra
		092066	Sarroch
		107016	Portoscuso
		090058	Porto Torres (più l'area industriale di Fiume Santo)
IT2010	Zona rurale		Rimanente parte del territorio regionale
IT2011	Zona Ozono		Comprende tutte le zone escluso l'agglomerato

Tabella 27 - Composizione delle zone di qualità dell'aria individuate ai sensi del D.Lgs. 155/2010 (Fonte: Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021 - Arpa Sardegna)

L'agglomerato di Cagliari (IT2007) è stato individuato in base a quanto stabilito dall'Appendice I del D.Lgs. 155/2010, secondo cui una zona è definita agglomerato se ha una popolazione superiore a 250.000 abitanti o una densità abitativa superiore a 3.000 abitanti per chilometro quadro.

Sono state quindi identificate le aree urbane minori, correlate al comune di Cagliari sul piano demografico e dei servizi, individuate in continuità territoriale con esso e caratterizzate dalle stesse sorgenti dominanti di emissione, nonché di eventuali ulteriori conurbazioni significative, che potessero raggiungere, nel loro complesso, le caratteristiche dell'agglomerato, in base ai criteri legislativi.

Dall'analisi si evince che nella regione Sardegna è presente un unico agglomerato costituito dai comuni di: Cagliari (154.106 abitanti), Quartu S. E. (70.879 abitanti), Selargius (28.986 abitanti), Monserrato (19.771 abitanti), Quartucciu (13.234 abitanti) ed Elmas (9.546 abitanti), per un totale di 296.522 abitanti, e con una densità abitativa pari a 1.184 abitanti per km2.

La zona urbana (IT2008) è invece costituita dalle aree urbane rilevanti di Sassari e Olbia, la cui individuazione è stata effettuata a partire dall'analisi dei carichi emissivi; è stato possibile accorpare le aree che presentano maggiori analogie anche in termini di livelli degli inquinanti. Si tratta di centri urbani sul cui territorio si registrano livelli emissivi significativi, principalmente prodotti dal trasporto stradale e dal riscaldamento domestico. Nel Comune di Olbia, in particolare, a tali sorgenti emissive si aggiungono anche le attività portuali e aeroportuali.

La zona industriale (IT2009) è costituita dai comuni in cui ricadono aree industriali, il cui carico emissivo è determinato prevalentemente da più attività energetiche e/o industriali localizzate nel territorio, caratterizzate prevalentemente da emissioni puntuali. Non sono stati inclusi in questa zona i Comuni sul cui territorio ricadono solo impianti isolati (quali Samatzai, Ottana, Serramanna, Siniscola e Nuraminis).

La rimanente parte del territorio è stata accorpata nella zona rurale (IT2010) dal momento che, nel complesso, risulta caratterizzata da livelli emissivi dei vari inquinanti piuttosto contenuti, dalla presenza di poche attività produttive isolate e generalmente con un basso grado di urbanizzazione.

La mappa di zonizzazione per la Regione Sardegna è riportata in Figura 70, nella quale sono evidenziati l'agglomerato di Cagliari e le zone individuate ai sensi del decreto legislativo 155 del 2010.

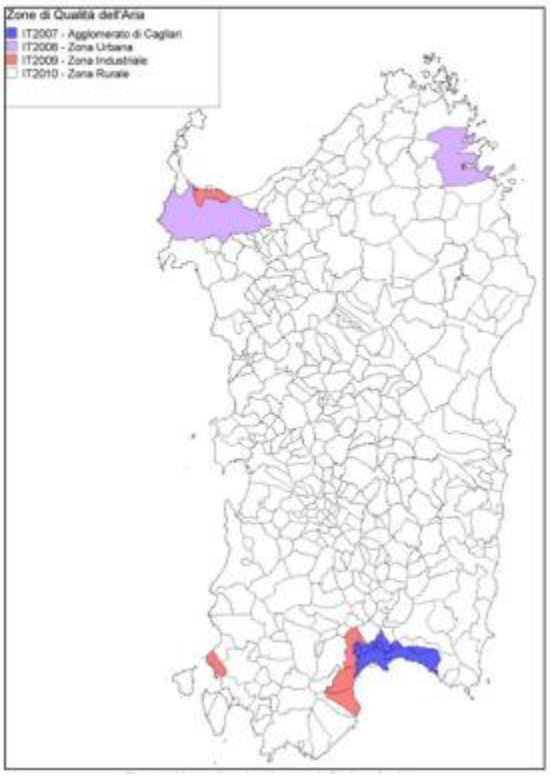


Figura 82 - Mappa di zonizzazione per la Regione Sardegna (Fonte: Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021 - Arpa Sardegna)

Per l'ozono, è prevista una zona unica denominata IT2011 comprendente le zone già individuate IT2008, IT2009 e IT2010. È escluso l'agglomerato IT2007 in quanto già monitorato per questo inquinante.

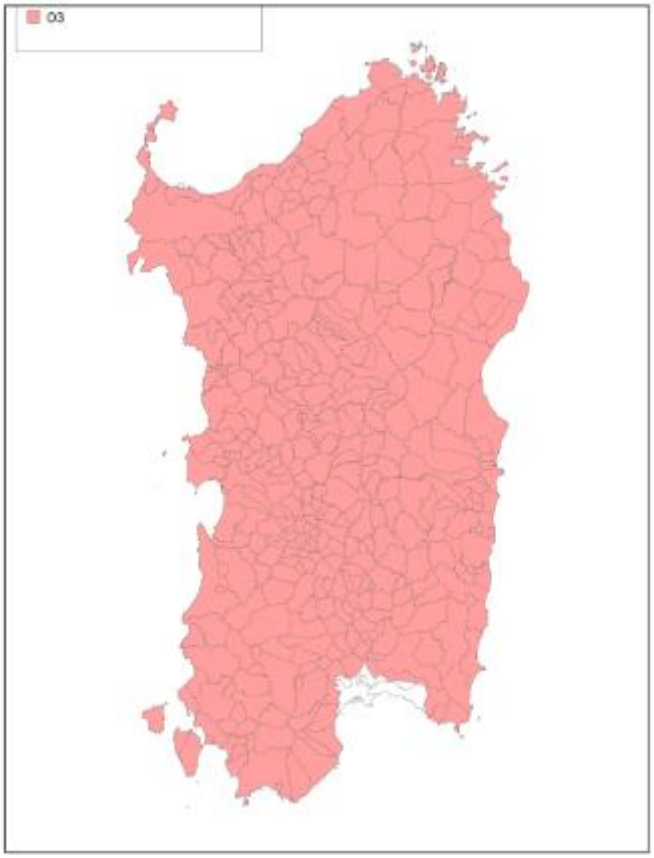


Figura 83 - Zona Ozono (Fonte: Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021- Arpa Sardegna)

In virtù di quanto fin qui esposto l'intervento in oggetto, estendendosi su un'ampia porzione del territorio sardo, ricade sia nell'agglomerato di Cagliari (IT2007) che nella Zona rurale (IT2010).

7.1.5 Meteorologia e caratteristiche diffusive dell'atmosfera nell'area d'intervento

Per la valutazione della qualità dell'aria è necessario considerare ed analizzare le variabili meteorologiche che più influenzano l'accumulo, il trasporto, la diffusione, la dispersione e la rimozione degli inquinanti nell'atmosfera.

Sono parametri rilevanti:

- l'altezza dello strato di rimescolamento (m), che dà la misura della turbolenza (di origine termica, dovuta al riscaldamento della superficie, e di origine meccanica, dovuta al vento) nello strato di atmosfera più vicino al suolo, esprimendo l'intensità dei meccanismi di dispersione verticale;
- la percentuale di condizioni atmosferiche stabili (%), che esprime con quale frequenza lo strato superficiale risulta stabile e quindi meno favorevole alla dispersione degli inquinanti;
- la velocità del vento (m/s), determinante per la dispersione, e la direzione del vento (gradi), utile per valutare il trasporto degli inquinanti.

Da una ricognizione effettuata risultano a disposizione i dati metereologici relativi alla stazione dell'aeroporto di Alghero, che sebbene sia distante diversi chilometri dal sito in studio, in questa fase di screening è stata presa a riferimento per le simulazioni modellistiche.

Tabella 31 - Specifiche delle stazioni meteorologiche Aeroporto di Alghero

Stazione meteorologica Alghero Fertilia	
Lon. E (Greenwich)	8°17'33.12"E.
Lat. N	40°38'22.74"N
Quota stazione s.l.m.(m)	23 m s.l.m.
Codice WMO 16520 Codice ICAO LIEA	

Nelle successive fasi progettuali, qualora si dovessero rendere necessarie, si potranno affinare le simulazioni previsionali elaborando dati metereologici riferiti al sito di progetto.
Dalla osservazione della rosa dei venti (vedi figura successiva) è possibile individuare nella direttrice NNE e N la direttrice dei venti prevalenti insieme a quella dei venti da S-SW. I venti provenienti da N-NE sono i venti più frequenti (circa il 18% dei casi annuali) mentre i settori di provenienza caratterizzati dalle maggiori intensità di vento raggiunte nel corso dell'anno solare sono quelli da S-SW che raggiungono velocità medie per il settore anche superiori a 5 m/s con punte di oltre 10 m/s.

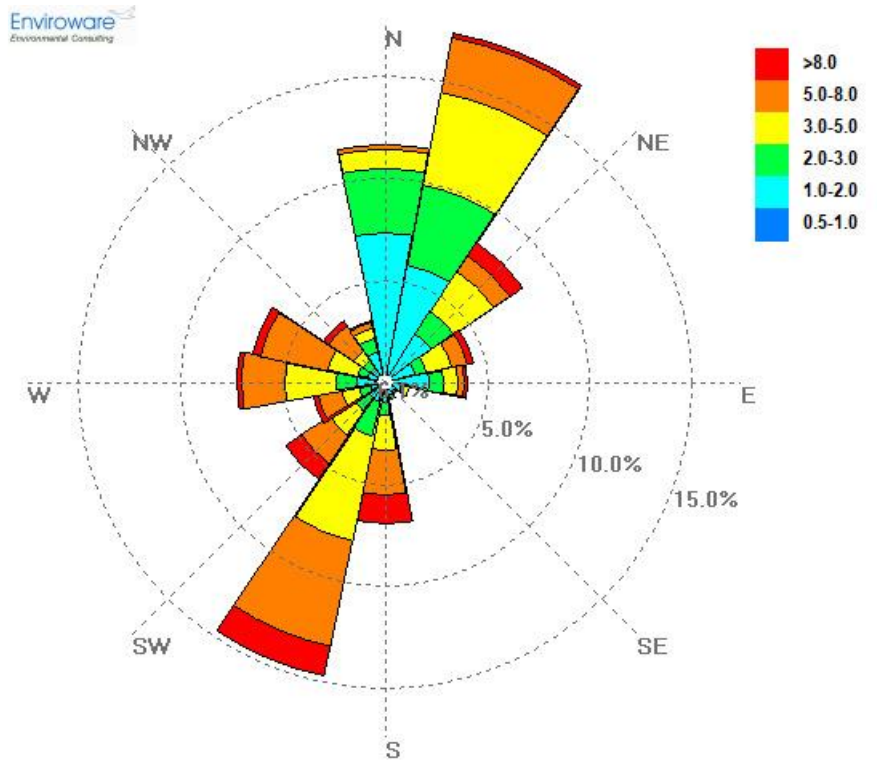


Figura 84 - Rosa dei venti e distribuzione delle velocità (Stazione Alghero Aeroporto anno 2017)

7.1.6 Rete di monitoraggio della qualità dell'aria

Il D.Lgs. 155/2010, art. 5 comma 6, prevede che le Regioni trasmettano al MATTM a ISPRA ed ENEA un progetto volto ad adeguare la propria rete di misura della qualità dell'aria alle prescrizioni del decreto, in conformità alla zonizzazione del territorio.

In ossequio a tale obbligo di legge la Regione Sardegna ha predisposto, il "Progetto di adeguamento della rete regionale di misura della qualità dell'aria ai sensi del D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.", trasmesso al Ministero dell'Ambiente nel novembre 2014 e che è stato da quest'ultimo licenziato positivamente nel dicembre del 2015.

La Giunta Regionale, con la Delibera del 7 novembre 2017, n. 50/18, ha approvato il progetto, che ha l'obiettivo di razionalizzare la rete attuale e procedere, nel contempo, a dismettere le stazioni che non risultano più conformi ai criteri localizzativi di cui al d.lgs. 155/2010 e, se necessario, all'implementazione della strumentazione di misura al fine di adeguare le stazioni ai criteri previsti dalla norma, per la valutazione della qualità dell'aria ambiente nella regione Sardegna ai sensi del D.Lgs.155 del 13/08/2010 e secondo le linee guida del D.M. Ambiente 22 febbraio 2013 "Formato per la trasmissione del progetto di adeguamento della rete di misura ai fini della valutazione della qualità dell'aria".

La procedura per la progettazioen della rete ha comportato:

- l'individuazione dei punti di monitoraggio per le emissioni diffuse, costituita dai punti minimi e quelli aggiuntivi, così come individuati nel sopracitato D.Lgs. 155 del 13/08/2010;
- l'individuazione dei puntidi misura a supporto, onde garantire l'acquisizione delle misure, qualora venissero a mancare le misure della rete minima.

Il progetto di adeguamento ha previsto inoltre le stazioni di misurazione per le fonti puntuali, individuate in base ai livelli delle emissioni delle fonti industriali, alle modalità di distribuzione degli inquinanti nell'aria ambiente e alla possibile esposizione della popolazione in prossimità dei centri urbani maggiormente esposti.

Nelle zone in cui si sono registrati valori inferiori alla soglia di valutazione, le misurazioni con stazioni fisse saranno integrate e combinate con tecniche di modellizzazione o misure indicative.

Sulla base della metodologia utilizzata, nel rispetto di rigidi criteri di economicità, efficienza ed efficacia, è stato individuato il set di stazioni rappresentative del territorio regionale, che costituisce la rete di misura per la valutazione della qualità dell'aria.

L'adeguamento della Rete ha previsto pertanto un programma graduale di dismissione delle stazioni che non rientrano nella Rete regionale di valutazione sopra citata, e nel contempo l'installazione di idonea strumentazione di misura, anche per la determinazione dei metalli e del benzo(a) pirene nel PM10, presso alcune stazioni che ne erano sprovviste.

L'assetto della Rete di monitoraggio regionale relativo all'anno 2021 è riepilogato nella Figura 73, mentre la configurazione strumentale, con gli inquinanti rilevati da ciascuna centralina, è mostrata nella successiva Figura 73.

Area	Stazioni
Agglomerato di Cagliari	**CENCA1 - CENMO1 - CENQU1**
Zona Urbana - Sassari (esclusa l'area industriale di Fiume Santo)	**CENS12 - CENS16**
Zona Urbana - Olbia	**CENS10 - CEOLB1**
Zona Industriale - Assemini	**CENAS8 - CENAS9** - CENAS6
Zona Industriale - Sarroch	**CENSA2 - CENSA3**
Zona Industriale - Portoscuso	**CENPS4 - CENPS6 - CENPS7**
Zona Industriale - Porto Torres (più l'area industriale di Fiume Santo)	**CENPT1 - CENSS3 - CENSS4** - CENSS2
Zona Rurale - Sulcis-Iglesiente	CENCB2 - CENIG1 - CENNF1
Zona Rurale - Campidano Centrale	**CENNM1** - CENSG3
Zona Rurale - Oristano	**CESGI1** - CENOR1 - CENOR2
Zona Rurale - Nuoro	CENNU1 - CENNU2
Zona Rurale - Sardegna Centro-Settentrionale	**CEALG1 - CENMA1 - CENOT3 - CENSN1**
Zona Rurale - Seulo - Stazione di Fondo Regionale	**CENSE0**

N.B.: le stazioni appartenenti alla Rete di misura per la valutazione della qualità dell'aria sono evidenziate in grassetto

Tabella 8

Tabella 28 - Rete di monitoraggio della qualità dell'aria per l'anno 2021 della regione Sardegna (Fonte: Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021 – Arpa Sardegna)

Area	Stazione	C_6H_6	CO	NO_2	O_3	PM10	SO_2	PM2,5
Agglomerato di Cagliari	**CENCA1**	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	CENMO1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	CENQU1	✓		✓	✓	✓	✓	
Zona Urbana Sassari	**CENS12**		✓	✓	✓	✓	✓	
	CENS16	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Zona Urbana Olbia	**CEOLB1**	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	CENS10		✓	✓		✓	✓	
Zona Industriale Assemini	**CENAS8**		✓	✓	✓	✓	✓	
	CENAS9			✓	✓	✓	✓	
	CENAS6			✓		✓	✓	
Zona Industriale Sarroch	**CENSA2**	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	CENSA3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Zona Industriale Portoscuso	**CENPS4**		✓	✓		✓	✓	
	CENPS6			✓		✓	✓	✓
	CENPS7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Zona Industriale Porto Torres	**CENPT1**	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	CENSS3		✓	✓	✓	✓	✓	
	CENSS4	✓		✓		✓	✓	
	CENSS2			✓	✓	✓	✓	
Zona Rurale Sulcis Iglesiente	CENCB2	✓		✓	✓	✓	✓	
	CENIG1			✓	✓	✓	✓	
	CENNF1			✓		✓	✓	
Zona Rurale Campidano Centrale	**CENNM1**			✓	✓	✓	✓	
	CENSG3			✓		✓	✓	
Zona Rurale Oristano	**CESGI1**		✓	✓		✓	✓	
	CENOR1			✓	✓	✓	✓	
	CENOR2	✓		✓	✓	✓	✓	
Zona Rurale Nuoro	CENNU1	✓		✓		✓	✓	
	CENNU2		✓	✓	✓	✓	✓	
Zona Rurale Sardegna Centro Settentrionale	**CENMA1**	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	CENOT3	✓		✓	✓	✓	✓	
	CENSN1			✓		✓	✓	
	CEALG1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Zona Rurale Seulo	**CENSE0**		✓	✓	✓	✓	✓	✓

N.B.: le stazioni appartenenti alla Rete di misura per la valutazione della qualità dell'aria sono evidenziate in grassetto

Tabella 9

Tabella 29 - Inquinanti monitorati dalle stazioni appartenenti alla rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Regione Sardegna (Le stazioni appartenenti alla rete di misura per la valutazione della qualità dell'aria sono evidenziate in grassetto)(Fonte: Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021 – Arpa Sardegna)

La scelta della centralina per le simulazioni modellistiche

Posto che lo studio modellistico risulta inerente all'analisi della diffusione degli inquinanti relativi alla realizzazione della linea di velocizzazione e che tali interventi avvengono in condizione di prossimità e/o attraversamento delle aree protette in corrispondenza dei Comuni di Bauladu, Paulilatino e Solarussa, la

scelta delle centraline della qualità dell'aria è ricaduta su due stazioni, una localizzata a Macomer ed una nell'intorno del Comune di Oristano.

Relativamente alla Zona rurale, ed in particolare alla tratta ricadente nell'area del Comune di Oristano, si registra un carico inquinante proveniente principalmente dal traffico veicolare e dalle altre fonti di inquinamento urbano (impianti di riscaldamento, attività artigianali). Le stazioni dell'area di Oristano comprendono due stazioni di fondo, CENOR1 e CESGI1, ubicate rispettivamente nel comune di Oristano e Santa Giusta, ed una di traffico, CENOR2, a Oristano (Figura 74).

Figura 85 - Posizione delle stazioni di misura nell'area di Oristano (Fonte: Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021 - Arpa Sardegna)

Tra le centraline mostrate nella figura precedente è stata selezionata, quale stazione di riferimento per lo studio della qualità dell'aria, la stazione di fondo CESGI1 situata nel Comune di Santa Giusta. Gli inquinanti monitorati dalla suddetta centralina sono il Monossido di Carbonio, NO_2, PM_{10} ed SO_2.

Per quanto concerne la seconda centralina questa è ubicata, in area periferica, in Via G. Caria (CENMA1) ed è di tipologia fondo.

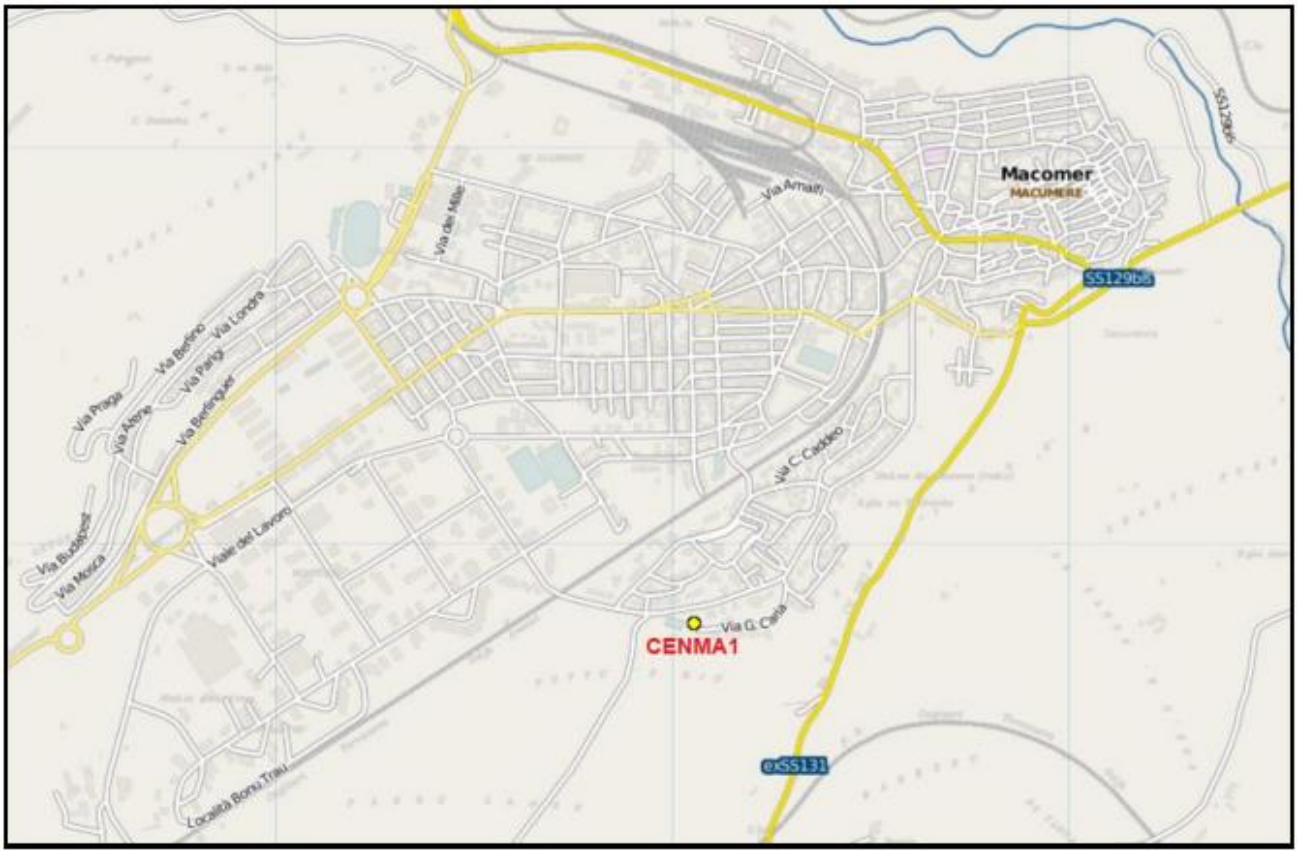


Figura 86 - Posizione della stazione di misura di Macomer (Fonte: Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021 - Arpa Sardegna)

Gli inquinanti monitorati dalla suddetta centralina sono Benzene, Monossido di Carbonio, NO_2, Ozono, PM_{10}, $PM_{2,5}$ ed SO_2.

Stato qualità dell'aria

Nel seguito si riporta una tabella riepilogativa delle concentrazioni degli inquinanti di interesse ai fini della presente analisi, registrati nel 2021, rispettivamente dalla centralina Santa Giusta (CESGI1) e di Macomer (CENMA1).

Comune	Stazione	Tipo	PM_{10}		$PM_{2,5}$ *	NO_2	
			Media annua 2021 [µg/m³]	N° medie giornaliere >50 µg/m3 (V.L. 35 giorni)	Media annua 2021 [µg/m³]	Media annua 2021 [µg/m³]	N° medie orarie >200 µg/m3 (V.L. 18)
Santa Giusta	CESGI1	Stazione di fondo	21,7	10	13,0	9,2	--

* La concentrazione media annua per il PM2,5, non essendo disponibile il dato fornito dalla centralina, è stata assunta pari al 60% del valore medio annuo rilevato per il PM10.

Tabella 30 - Valori di concentrazione registrati dalla centralina di Santa Giusta nel 2021 (Fonte: Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021 – Arpa Sardegna)

Comune	Stazione	Tipo	PM_{10}		$PM_{2,5}$	NO_2	
			Media annua 2021 [µg/m³]	N° medie giornaliere >50 µg/m3 (V.L. 35 giorni)	Media annua 2021 [µg/m³]	Media annua 2021 [µg/m³]	N° medie orarie >200 µg/m3 (V.L. 18)
Macomer	CENMA1	Stazione di fondo	15,6	12	7,8	6,1	--

Tabella 31 - Valori di concentrazione registrati dalla centralina di Macomer – Via G. Caria nel 2021 (Fonte: Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021 – Arpa Sardegna)

Analizzando la Tabella 30 e Tabella 31, si evidenzia come, per entrambe le centraline, si registra una situazione entro la norma per tutti gli inquinanti monitorati nell'anno 2021. In particolare, in relazione al PM10, la media annuale risulta inferiore ai limiti normativi, con 10 e 12 superamenti registrati rispettivamente a Santa Giusta e Macomer rispetto ai 35 ammessi dalla normativa.

Relativamente al biossido di azoto (NO2) la media annua registrata risulta rispettivamente pari a 9,2 e 6,1 µg/m3, non evidenziando superamenti della soglia limite per la protezione della salute umana pari a 40 µg/m3.

7.1.7 Analisi sviluppate

Descrizione degli scenari di riferimento

La presente analisi atmosferica ha lo scopo di stimare la quantità di inquinante prodotta durante le lavorazioni al fine di valutare la sua dispersione in atmosfera. Per le lavorazioni previste nella relazione di cantierizzazione si è provvedo dapprima ad identificare e stimare i fattori di emissione specifici e applicarli poi alla stima delle emissioni per singola area di cantiere.

L'assetto progettuale comprende principalmente:

- nuova linea all'aperto a singolo binario (in rilevato o trincea) pari a circa 4.280 m;
- due viadotti di complessivi 420 m;
- una galleria naturale di sviluppo pari a circa 3.800 m;
- due viabilità di ripristino stradale locale per soppressione PL (km 107.885 LS e 115.853 LS);
- viabilità di accesso alltri (km 3+194; km 4+197; km 6+040) ai chilometri (km 3+194; km 4+197; km 6+040).

L'intervento comprende oltre alle opere civili, le opere di armamento e segnalamento ed i fabbricati tecnologici (dei piazzali di imbocco e finestre) ed il relativo allestimento.

Al fine di avviare la realizzazione dell'intervento nel suo complesso, la Committenza ha richiesto la predisposizione della documentazione progettuale necessaria per l'avvio in aticipo rispetto alla procedura di gara delle opere contrattualmente in Parte A, comprendendo anche gli annessi piazzali e fabbricati tecnologici.

Si fornisce la descrizione del sistema di cantierizzazione previsto per la realizzazione delle opere anticipate parte A:

Imbocco Sud (lato Oristano)

- NV02 - Viabilità di accesso area di sicurezza imbocco Sud Galleria Bauladu km 2+234,76
- IN04 - Tombino stradale
- RI56 - Area di sicurezza Imbocco Sud Galleria Bauladu km 2+234,76 (AT01.b) su NV02
- RI51 - Area di sicurezza Imbocco Sud Galleria Bauladu km 2+234,76 (AT01.a)
- TR02 trincea Galleria Bauladu - imbocco Oristano
- GA01 (GI01) Galleria Bauladu - imbocco Oristano

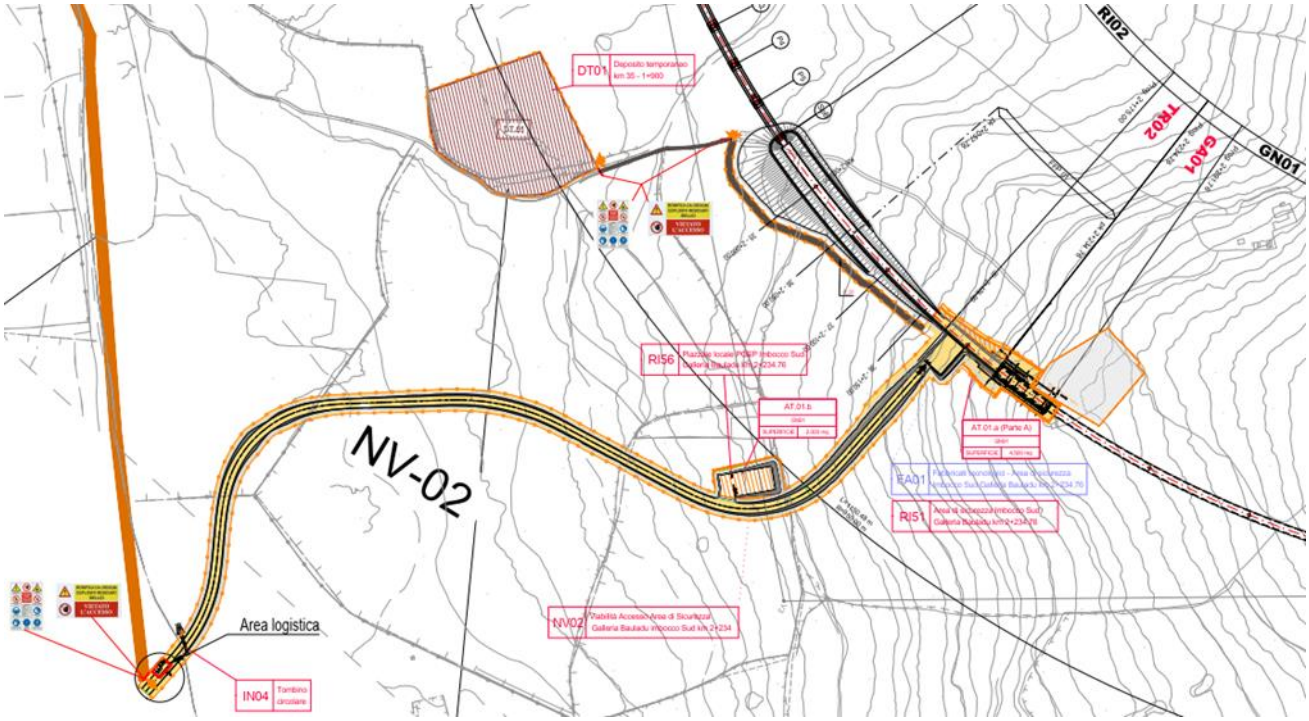


Figura 87 - Planimetria Imbocco Sud

Imbocco Nord (lato Bonorva)

- NV06AA - Viabilità accesso Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco Nord – da km 0+145 a km 0+665
- IN08, IN09 Tombini ferroviari scatolari
- IN07 Tombino stradale
- RI52 - Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco nord km 6+040 (AT.05)
- TR03AA - Trincea 3 Galleria Bauladu - imbocco Bonorva - da km 6+040.00 a km 6+110.00
- GA05 (GI05) Galleria Bauladu - imbocco Bonorva

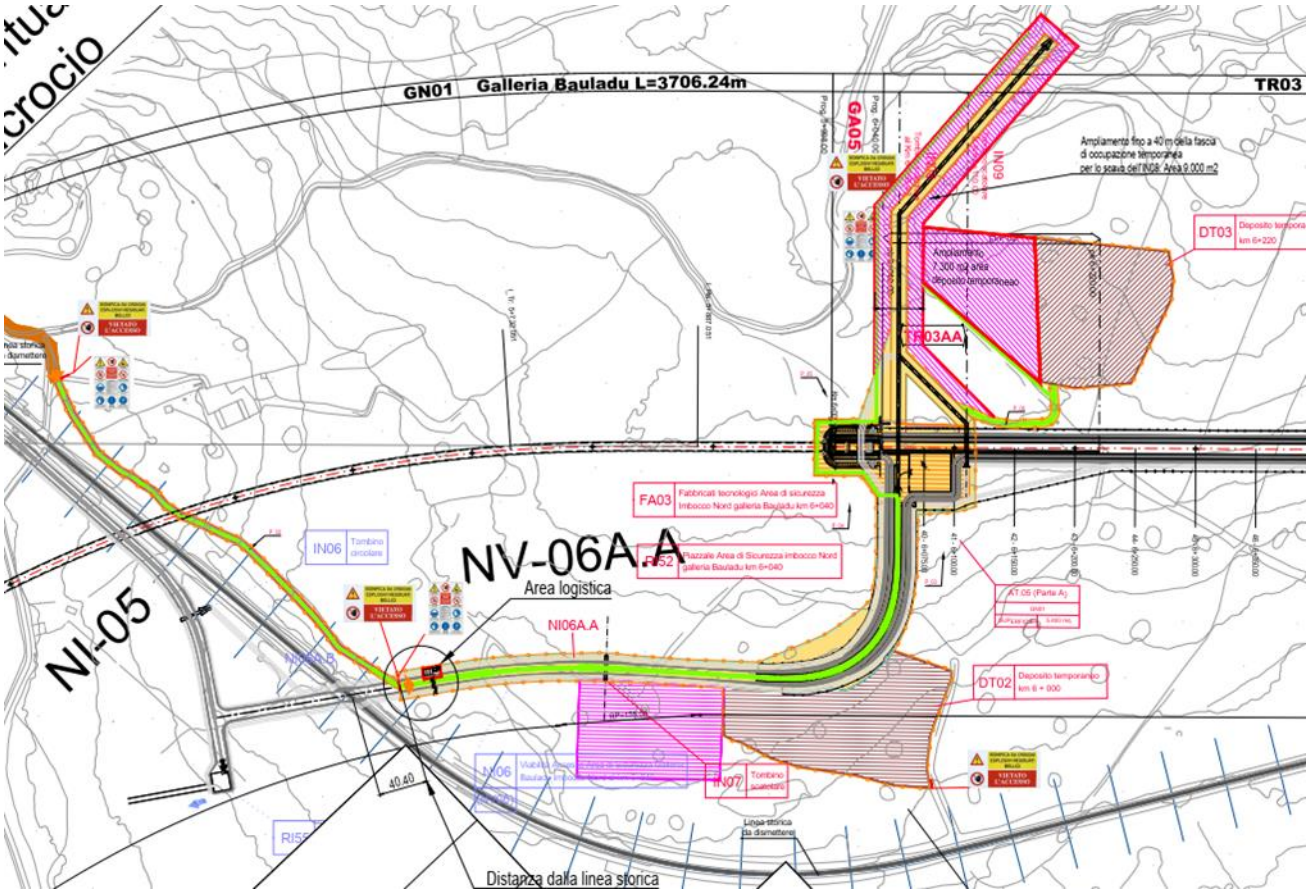


Figura 88 - Planimetria Imbocco Nord

7.1.8 Modellistica

Modelli di dispersione

Scelta e tipologie di modelli diffusionali

Quando gas o particelle vengono immessi in atmosfera si disperdono per opera del moto caotico dell'aria; tale fenomeno è noto come diffusione turbolenta. Scopo dello studio del comportamento degli inquinanti in atmosfera è la conoscenza della loro distribuzione spaziale e temporale.

Nella maggior parte dei casi si ricorre alla descrizione matematica dei processi di trasporto, reazione chimica e rimozione attraverso l'ausilio di modelli matematici di simulazioni (detti modelli di diffusione) atti a descrivere la distribuzione di una determinata sostanza in atmosfera.

La scelta dello strumento modellistico adeguato alle esigenze dello specifico caso di studio necessita di un'attenta fase di valutazione di applicabilità, da espletarsi attraverso la verifica del problema:

- scala spaziale, temporale, dominio, tipo di inquinante, tipo di sorgenti, finalità delle simulazioni;
- dell'effettiva disponibilità dei dati di input;
- delle risorse di calcolo disponibili;
- del grado di complessità dei vari strumenti disponibili e delle specifiche competenze necessarie per la sua applicazione;

- delle risorse economico-temporali disponibili.

Naturalmente, la complessità della realtà fisica fa sì che nessun modello possa rappresentare la situazione reale nella sua completezza: ciascun modello rappresenta necessariamente una semplificazione e un'approssimazione della realtà.

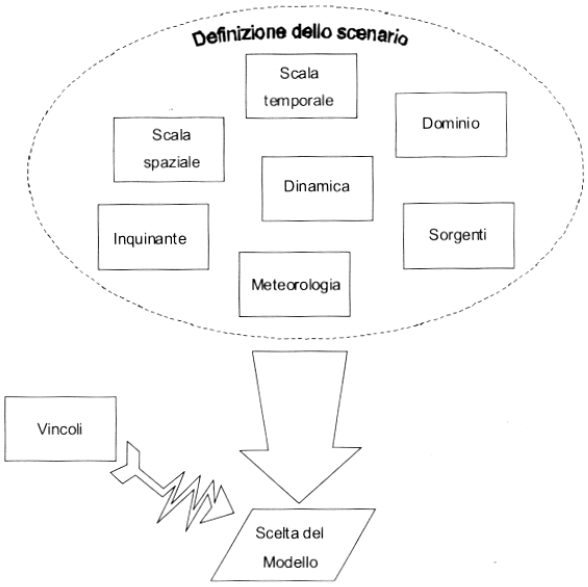


Figura 89 - Criteri che concorrono alla scelta del modello

In generale, i modelli matematici diffusionali si possono dividere in due categorie:

- modelli deterministici;
- modelli statistici.

I modelli deterministici si basano su equazioni che si propongono di descrivere in maniera quantitativa i fenomeni che determinano il comportamento dell'inquinante in atmosfera.

Si dividono a loro volta in due classi:

- modelli euleriani: riferiti ad un sistema di coordinate fisse;
- modelli lagrangiani: riferiti ad un sistema di coordinate mobile, che segue gli spostamenti degli elementi di cui si desidera riprodurre il comportamento in atmosfera.

I modelli euleriani si suddividono, a loro volta, in:

- modelli analitici,
- modelli a box,
- modelli a griglia.

I modelli analitici si basano sull'integrazione, in condizioni semplificate, dell'equazione generale di trasporto e diffusione. Le condizioni meteoclimatiche possono considerarsi stazionarie (plume models) oppure dipendenti dal tempo (puff models).

I modelli a box suddividono il dominio in celle, all'interno delle quali si assume che l'inquinante sia perfettamente miscelato. È inoltre possibile tenere conto di eventuali termini di trasformazione chimica e di rimozione dovuta a fenomeni di deposizione.

I modelli a griglia si basano sulla soluzione dell'equazione di diffusione atmosferica tramite tecniche alle differenze finite. Prendono il nome dalla suddivisione del dominio in un grigliato tridimensionale e sono in grado di tener conto di tutte le misure meteorologiche disponibili e delle loro variazioni spaziali e temporali, nonché di trasformazioni quali le reazioni chimiche, la deposizione secca o umida.

I modelli lagrangiani si suddividono in:

- modelli a box,
- modelli a particelle.

I modelli lagrangiani a box, differentemente dai corrispondenti modelli euleriani, ottengono una risoluzione spaziale lungo l'orizzontale, non possibile nei primi a causa dell'ipotesi di perfetto miscelamento. La dimensione verticale del box è posta uguale all'altezza di miscelamento. L'ipotesi semplificatrice più significativa consiste nell'assumere la dispersione orizzontale nulla (assenza di scambio con l'aria circostante).

Nei modelli a particelle la dispersione dell'inquinante viene schematizzata attraverso pseudo-particelle di massa nota, che evolvono in un dominio tridimensionale. Il moto delle particelle viene descritto mediante la componente di trasporto, espressa attraverso il valore medio del vento, e quella turbolenta, espressa attraverso le fluttuazioni dello stesso intorno al valore medio. Questo approccio permette di tener conto delle misure meteorologiche disponibili, anche relative a situazioni spaziali e temporali complesse, evitando parametrizzazioni sulla turbolenza (classi di stabilità e coefficienti di diffusione semi-empirici).

I modelli statistici si basano su relazioni statistiche fra insiemi di dati misurati e possono suddividersi, a seconda delle tecniche statistiche implementate, in:

- modelli di distribuzione,
- modelli stocastici,
- modelli di recettore.

Tutti i modelli statistici non prevedono l'utilizzo delle equazioni che descrivono la realtà fisica, ma utilizzano i soli dati misurati nel passato dalla rete di monitoraggio e forniscono le previsioni dei valori di concentrazione nei soli punti della rete stessa. Nelle loro forme più semplici, questi modelli si basano su espressioni lineari formate dal termine che esplicita la relazione tra dati passati e dato previsto e dal termine stocastico vero e proprio; le ulteriori affinazioni possono derivare con l'apporto esplicito o implicito di altre variabili, meteorologiche o emissive.

7.1.9 Approccio metodologico CALPUFF Model System

Il sistema di modelli CALPUFF MODEL SYSTEM[1], inserito dall'U.S. EPA in Appendix A di "Guideline on

Air Quality Models", è stato sviluppato da Sigma Research Corporation, ora parte di Earth Tech, Inc, con il contributo di California Air Resources Board (CARB).

Il sistema di modelli è composto da tre componenti:

- Il preprocessore meteorologico CALMET: utile per la ricostruzione del campo tridimensionale di vento e temperatura all'interno del dominio di calcolo;
- Il processore CALPUFF: modello di dispersione, che 'inserisce' le emissioni all'interno del campo di vento generato da Calmet e ne studia il trasporto e la dispersione;
- Il postprocessore CALPOST: ha lo scopo di processare i dati di output di CALPUFF, in modo da renderli nel formato più adatto alle esigenze dell'utente.

CALMET è un preprocessore meteorologico di tipo diagnostico, in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura e campi bidimensionali di parametri descrittivi della turbolenza. È adatto a simulare il campo di vento su domini caratterizzati da orografia complessa. Il campo di vento viene ricostruito attraverso stadi successivi, in particolare un campo di vento iniziale viene rielaborato per tenere conto degli effetti orografici, tramite interpolazione dei dati misurati alle centraline di monitoraggio e tramite l'applicazione di specifici algoritmi in grado di simulare l'interazione tra il suolo e le linee di flusso. Calmet è dotato, infine, di un modello micrometeorologico per la determinazione della struttura termica e meccanica (turbolenza) degli strati inferiori dell'atmosfera.

CALPUFF è un modello di dispersione 'a puff' multi-strato non stazionario. È in grado di simulare il trasporto, la dispersione, la trasformazione e la deposizione degli inquinanti, in condizioni meteorologiche variabili spazialmente e temporalmente. CALPUFF è in grado di utilizzare campi meteorologici prodotti da CALMET, oppure, in caso di simulazioni semplificate, di assumere un campo di vento assegnato dall'esterno, omogeneo all'interno del dominio di calcolo. CALPUFF contiene diversi algoritmi che gli consentono, opzionalmente, di tenere conto di diversi fattori, quali: l'effetto scia dovuto agli edifici circostanti (building downwash) o allo stesso camino di emissione (stack-tip downwash), shear verticale del vento, deposizione secca ed umida, trasporto su superfici d'acqua e presenza di zone costiere, presenza di orografia complessa, ecc. CALPUFF è infine in grado di trattare diverse tipologie di sorgente emissiva, in base essenzialmente alle caratteristiche geometriche: sorgente puntiforme, lineare, areale, volumetrica.

CALPOST consente di elaborare i dati di output forniti da CALPUFF, in modo da ottenere i risultati in un formato adatto alle esigenze dell'utente. Tramite Calpost si possono ottenere dei file di output direttamente interfacciabili con software grafici per l'ottenimento di mappe di concentrazione.

7.1.10 Approccio allo studio dell'impatto di cantiere

Al fine di caratterizzare correttamente il dominio spaziale e temporale per configurare le simulazioni per la stima dell'impatto sulla qualità dell'aria durante le lavorazioni si è proceduto allo studio delle seguenti variabili e parametri:

- Caratteristiche tecniche dei singoli cantieri in programma
- Cronoprogramma delle fasi e lavorazioni

- Elaborati tecnici di progetto

Le valutazioni fatte sono di tipo cautelativo, a vantaggio di sicurezza e hanno permesso di individuare sull'intero arco temporale in cui avviene la realizzazione del progetto, "*l'anno tipo*", ossia il periodo a cui corrisponde il massimo impatto potenziale sulle matrici ambientali e, in particolare, sulla qualità dell'aria per le emissioni di polveri e gas. Nei seguenti paragrafi viene dettagliata la stima delle emissioni di polveri e gas effettuata per la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria.

Descrizione degli impatti potenziali

Si riporta di seguito la descrizione delle principali sorgenti connesse alle attività di cantiere previste in progetto. Lo scopo primario dell'individuazione delle sorgenti e la conseguente quantificazione dell'impatto è quello di valutare l'effettiva incidenza delle emissioni delle attività di cantiere sullo stato di qualità dell'aria complessivo.

In relazione alla natura delle sorgenti possono essere individuati, quali indicatori del potenziale impatto delle stesse sulla qualità dell'aria, i seguenti parametri:

- polveri: PM10 (polveri inalabili, le cui particelle sono caratterizzate da un diametro inferiore ai 10 µm) e PTS (polveri totali sospese). Le polveri sono generate sia dalla combustione incompleta all'interno dei motori, che da impurità dei combustibili, che dal sollevamento da parte delle ruote degli automezzi e da parte di attività di movimentazione di inerti
- inquinanti gassosi generati dalle emissioni dei motori a combustione interna dei mezzi di trasporto e dei mezzi di cantiere in genere (in particolare NOX).

Rimandando a quanto ampiamente descritto nella sezione precedente, le attività più significative in termini di emissioni sono costituite:

- dalle attività di realizzazione della Linea di contatto ed in particolare dello scavo per le opere di fondazione;
- dalle attività di realizzazione dello scavo di sbancamento per i piazzali e per le opere di fondazione;
- dalla movimentazione dei materiali all'interno dei cantieri fissi, in particolare delle aree di stoccaggio.

Inquinanti considerati nell'analisi modellistica

Le operazioni di lavorazione, scavo e movimentazione dei materiali possono comportare potenziali impatti sulla componente in esame in termini di emissione e dispersione di inquinanti.

In particolare, nel presente studio, in riferimento alla loro potenziale significatività, sono stati analizzati:

- polveri (il parametro assunto come rappresentativo delle polveri è il PM10, ossia la frazione fine delle polveri, di granulometria inferiore a 10 µm, il cui comportamento risulta di fatto assimilabile a quello di un inquinante gassoso);

- ossidi di azoto (NO_x).

Nella presente analisi modellistica è stata analizzata la dispersione e la diffusione in atmosfera dei parametri sopra elencati, con riferimento alle attività di cantiere previste dal progetto, al fine di verificarne i potenziali effetti ed il rispetto dei valori limite sulla qualità dell'aria previsti dalla normativa vigente.

Meccanismi di formazione del biossido di azoto

Gli ossidi di azoto NO_x sono presenti in atmosfera sotto diverse specie, di cui le due più importanti, dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico sono l'ossido di azoto, NO, ed il biossido di azoto, NO_2, la cui origine primaria nei bassi strati dell'atmosfera è costituita dai processi di combustione e, nelle aree urbane, dai gas di scarico degli autoveicoli e dal riscaldamento domestico. La loro somma pesata prende il nome di NO_x e la loro origine deriva dalla reazione di due gas (N_2 e O_2) comunemente presenti in atmosfera.

L'inquinante primario (per quanto riguarda gli NO_x) prodotto dalle combustioni dei motori è l'ossido di azoto (NO); la quantità di NO prodotta durante una combustione dipende da vari fattori:

- temperatura di combustione: più elevata è la temperatura di combustione maggiore è la produzione di NO;
- tempo di permanenza a tale temperatura dei gas di combustione: maggiore è il tempo di permanenza, più elevata è la produzione di NO;
- quantità di ossigeno libero contenuto nella fiamma: più limitato è l'eccesso d'aria della combustione, minore è la produzione di NO a favore della produzione di CO.

Il meccanismo di formazione secondaria di NO_2 dai processi di combustione prevede che, una volta emesso in atmosfera, l'NO prodotto si converte parzialmente in NO_2 (produzione di origine secondaria) in presenza di ozono (O_3). L'insieme delle reazioni chimiche che intervengono nella trasformazione di NO in NO_2 è detto ciclo fotolitico e può essere così schematizzato:

l'O_3 reagisce con l'NO emesso per formare NO_2 e O_2

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

le molecole di NO2 presenti nelle ore diurne e soleggiate assorbono energia dalla radiazione ultravioletta (fotoni hv di lunghezza d'onda inferiore a 430 nm). L'energia assorbita scinde la molecola di NO2 producendo una molecola di NO e atomi di ossigeno altamente reattivi.

$$NO_2 + hv \rightarrow NO + O$$

Gli atomi di ossigeno sono altamente reattivi e si combinano con le molecole di O_2 presenti in aria per generare ozono (O_3) che quindi è un inquinante secondario:

$$O_2 + O \rightarrow O_3$$

Le reazioni precedenti costituiscono un ciclo che, però, rappresenta solo una porzione ridotta della complessa chimica che ha luogo nella parte bassa dell'atmosfera. Infatti, se in aria avessero luogo solo queste reazioni, tutto l'ozono prodotto verrebbe distrutto, e l'NO_2 si convertirebbe in NO per convertirsi

nuovamente in NO_2 senza modifiche nella concentrazione delle due specie, mantenendo costante il rapporto tra NO_2 e NO in aria.

Tuttavia, in condizioni di aria inquinata da scarichi veicolari (fonte di NO primario e NO_2 secondario) in presenza di COV incombusti e forte irraggiamento, il monossido d'azoto NO non interagisce più solo con ozono nel ciclo di distruzione, ma viene catturato e contemporaneamente trasformato in NO_2, con conseguente accumulo di NO_2 e O_3 in atmosfera.

I fattori di emissione per gli ossidi di azoto forniti dagli inventari delle emissioni sono espressi in termini di NO_X e non NO_2. Al contrario la vigente normativa sulla qualità dell'aria prevede dei valori limite (media annua e massima oraria) espressi come NO_2 e non come NO_X.

Poiché il modello di simulazione utilizzato per l'analisi della dispersione delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera non tiene conto dei vari meccanismi chimici di trasformazione che portano alla formazione secondaria degli NO_2 a partire dagli NO, l'analisi modellistica eseguita è stata effettuata per l'NO_X. È difficile prevedere la percentuale di NO_2 contenuta negli NO_X, in quanto come riportato precedentemente questa dipende da molteplici fattori, come la presenza di Ozono (O_3) e di luce. Inoltre, i casi in cui si verificano tali condizioni, generalmente sono caratterizzate da condizioni meteo tali da favorire la dispersione degli inquinanti.

Tuttavia, come è possibile riscontrare nei paragrafi che seguono, anche si assumesse che il rapporto NO_2/NO_X è pari a 1 (situazione limite poco probabile), ovvero che tutti gli NOx sono costituiti interamente da NO_2, i valori di concentrazione degli ossidi di azoto stimati con il modello di dispersione in atmosfera risultano al di sotto dei valori limite previsti dalla normativa.

Identificazione delle aree di cantiere

Si riporta di seguito una breve sintesi delle principali informazioni relative alla cantierizzazione che hanno rappresentato i presupposti per l'identificazione delle aree di cantiere a priori potenzialmente interessate da interazioni con la componente atmosfera e per la scelta degli scenari di impatto implementati all'interno del modello numerico.

Per informazioni di dettaglio sul sistema di cantierizzazione previsto si rimanda ovviamente alle relazioni specialistiche del progetto, in particolare la relazione di cantierizzazione.

Potenzialmente più impattanti sono le aree tecniche-operative in corrispondenza delle quali avvengono le principali operazioni di scavo, movimentazione dei materiali polverulenti e le aree di stoccaggio che saranno impiegate per lo stoccaggio in cumulo dei materiali di risulta dalle lavorazioni, in attesa della caratterizzazione chimica indispensabile per l'individuazione della loro destinazione finale (riutilizzo in cantiere, recupero o smaltimento etc.)

Assumendo che l'impatto più significativo esercitato dai cantieri di costruzione sulla componente atmosfera sia generato dal sollevamento di polveri (indotto direttamente dalle lavorazioni o indirettamente dal transito degli automezzi sulle aree di cantiere non pavimentate), si è quindi ritenuto di considerare all'interno degli scenari di impatto tutte le aree di cantiere interessate dalle operazioni di scavo, movimentazione e stoccaggio terre, accumulo e stoccaggio degli inerti provenienti dall'esterno, interessate al contempo dal transito di mezzi su aree e/o piste non pavimentate.

Una volta individuata per ciascuna fase l'insieme delle aree di cantiere, si è provveduto all'analisi di dettaglio dei due fattori sinergici che contribuiscono alla definizione del cosiddetto scenario di massimo impatto: il cronoprogramma dei lavori e il bilancio dei materiali.

Il cronoprogramma dei lavori consente, infatti, di verificare la durata della singola lavorazione o opera e di valutarne le eventuali sovrapposizioni temporali (e, conseguentemente, le possibili sovrapposizioni degli effetti laddove le aree di lavorazione siano fra loro relativamente vicine e poste all'interno della cosiddetta area di potenziale influenza, soggetta agli impatti cumulativi).

Il bilancio dei materiali consente, di verificare le quantità di materiale movimentato, opportunamente suddivise in materiali di scavo, di demolizione e materiali movimentati. In tal modo si è dapprima associato il relativo quantitativo di materiale movimentato (espresso nella forma standardizzata sotto forma di mc/g) e successivamente si è provveduto, sulla base del cronoprogramma a verificare, il periodo di durata annuale corrispondente alla sequenza di mesi consecutivi caratterizzati dal maggior quantitativo di materiale movimentato al giorno.

Da ultimo, si è introdotto il criterio finale della localizzazione delle aree di cantiere e della relativa definizione dei domini di calcolo da introdurre all'interno delle simulazioni.

Analizzando in dettaglio il processo valutativo volto alla definizione degli scenari di impatto da verificare mediante l'applicazione modellistica, il primo passo è stato, pertanto, quello di definire, per ciascuna area di cantiere, le volumetrie di materiale movimentato, scavato o approvvigionato nonché la durata delle attività, così da poter definire, su base mensile (e conseguentemente su base annuale), il volume giornaliero movimentato (indicatore idoneo a rendere fra loro confrontabili le varie aree di cantiere). Si è quindi fatto riferimento ai dati desunti dal computo metrico di progetto relativo al bilancio dei materiali, riferiti alle singole opere civili, strutture, e suddivisi nelle macro-voci di "produzione" (da attività di scavo), e stoccaggio. Per ciascuna opera si è considerato, inoltre, il relativo periodo di lavoro come desunto dal programma lavori di progetto e ciò ha consentito di stimare, per ciascuna opera/lavorazione e per ciascuna area di cantiere, la volumetria media giornaliera dei materiali di risulta. L'analisi della cantierizzazione e dei volumi di terre considerati, ha portato alla definizione di uno "scenario worst case" in cui si ha la configurazione emissiva più critica facendo riferimento alla contemporaneità delle lavorazioni nelle aree di scavo delle gallerie e ai quantitativi di materiali movimentati e stoccati.

Il quadro delle aree di cantiere fisso previste è riportato nella tabella seguente:

Imbocco Sud	**Descrizione**	
	Aree Tecniche e di deposito provvisorio	**Superficie (m2)**
AT.01b	Piazzale locale PGEP Imbocco Sud km 2+234,76	2.000
AT.01a	Area di sicurezza Imbocco Sud Galleria Bauladu km 2+234,76	6.500
DT.01	Area di deposito	12.500

Tabella 36 - Aree di cantiere fisso Imbocco Sud

	Descrizione	
Imbocco Nord	**Aree Tecniche e di deposito provvisorio**	**Superficie (m2)**
AT05	Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco nord km 6+040	7.500

DT.02	Area di deposito GN.01	12.500
DT.03	Area di deposito TR.03	11.000

Tabella 32 - Aree di cantiere fisso Imbocco Nord

In merito alle produzioni, la realizzazione delle opere previste determina la produzione di circa 172.922 m^3 di materiale di risulta prodotti dagli scavi e dalle attività di demolizioni.

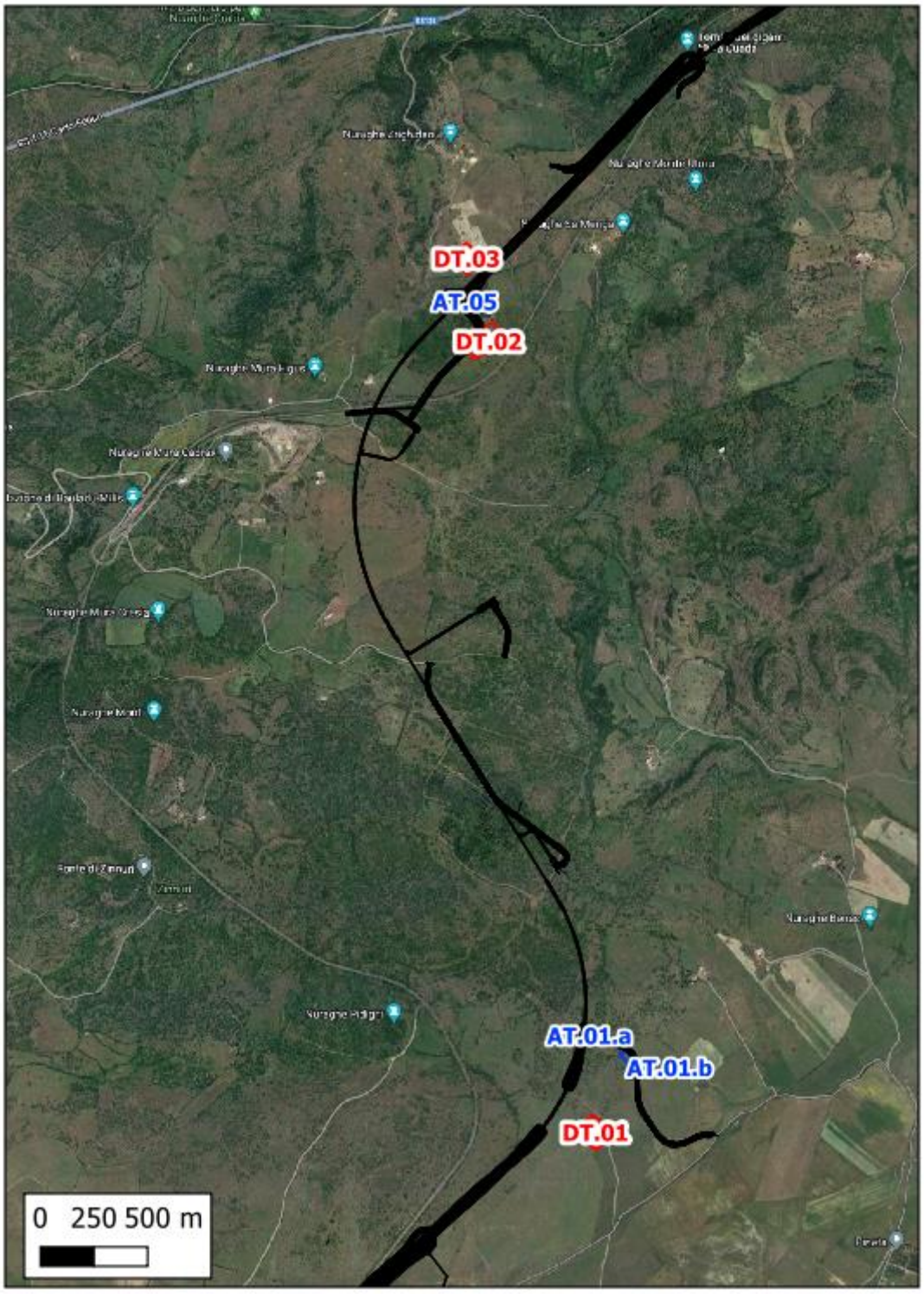


Figura 90 - Dominio di calcolo per la dispersione

Stima dei fattori di emissione

Per la valutazione degli impatti in fase di esercizio dei cantieri si è fatto riferimento al Draft EPA dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Statunitense (rif. http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/), il quale,

nella sezione AP 42, Quinta Edizione, Volume I Capitolo 13 – "Miscellaneous Sources" Paragrafo 13.2 – "Introduction to Fugitive Dust Sources" presenta le seguenti potenziali fonti di emissione:

1. Unpaved Roads: transito dei mezzi nell'ambito dell'area di cantiere (EPA, AP-42 13.2.2);
2. Heavy Construction Operations (EPA, AP-42 13.2.3);
3. Aggregate Handling and Storage Piles: accumulo e movimentazione delle terre nelle aree di deposito e nel cantiere operativo (EPA AP-42 13.2.4);
4. Wind Erosion: erosione del vento dai cumuli (EPA AP-42 13.2.5);
5. Escavazione (EPA AP-11.9.2).

Al fine di valutare gli impatti di cantiere nel modello di calcolo sono state considerate tutte le sorgenti di polvere sopra esposte.

Sono state inoltre considerate le attività di escavatori, pale e trivelle all'interno dell'area di cantiere, e le emissioni dei gas di scarico sia dei mezzi meccanici di cantiere (assimilabili a sorgenti di emissione puntuali) sia dei mezzi pesanti in transito sui tronchi di viabilità principale (intesi come sorgenti di emissione lineari).

Per la stima delle emissioni si è fatto ricorso ad un approccio basato su un indicatore che caratterizza l'attività della sorgente (A in eq.1) e di un fattore di emissione specifico per il tipo di sorgente (Ei in eq.1). Il fattore di emissione Ei dipende non solo dal tipo di sorgente considerata, ma anche dalle tecnologie adottate per il contenimento/controllo delle emissioni. La relazione tra l'emissione e l'attività della sorgente è di tipo lineare:

$$Q(E)i = A * Ei \qquad \text{(eq.1)}$$

dove:

- **Q(E)i**: emissione dell'inquinante i (ton/anno);
- **A**: indicatore dell'attività (ad es. consumo di combustibile, volume terreno movimentato, veicolo-chilometri viaggiati);
- **Ei**: fattore di emissione dell'inquinante i (ad es. g/ton prodotta, kg/kg di solvente, g/abitante).

La stima è tanto più accurata quanto maggiore è il dettaglio dei singoli processi/attività. Come già accennato per la stima dei diversi fattori di emissione sono state utilizzate le relazioni in merito suggerite dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (E.P.A., AP-42, Fifth Edition, Compilation of air pollutant emission factors, Volume I, Stationary Points and Area SouRes) e dall'Inventario Nazionale degli Inquinanti australiano (National Pollutant Inventory, N.P.I., Emission Estimation Technique Manual). Per ogni tipologia di sorgente considerata si illustrano di seguito le stime dei fattori di emissione.

Per seguire tale approccio di valutazione è necessario conoscere diversi parametri relativi a:

- sito in esame (umidità del terreno, contenuto di limo nel terreno, regime dei venti);
- attività di cantiere (quantitativi di materiale da movimentare ed estensione delle aree di cantiere);

- mezzi di cantiere (tipologia e n. di mezzi in circolazione, chilometri percorsi, tempi di percorrenza, tempo di carico/scarico mezzi, ecc...).

Mentre alcune di queste informazioni sono desumibili dalle indicazioni progettuali, per altre è stato necessario fare delle assunzioni il più attinenti possibili alla realtà.

Le ipotesi cantieristiche assunte per la stima delle emissioni e l'analisi modellistica sono le seguenti:

- Simulazione delle aree di lavorazione previste;
- Aree di movimentazione e stoccaggio dei materiali;
- Attività di scavo gallerie e caricamento dei materiali sui camion;
- Transito mezzi su piste non asfaltate: ai fini della simulazione si considera che tutte le piste di cantiere percorse dai mezzi di interne al cantiere siano non pavimentate, non è prevista asfaltatura delle strade interne al cantiere.
- N.ro 8 ore lavorative / giorno per 180 giorni

Per la stima delle emissioni derivanti da ogni cantiere simulato si rimanda al dettaglio in allegato delle schede di emissione.

Caratteristica delle Aree di Cantiere allo Studio

Di seguito si caratterizzano le aree di cantiere allo studio con le informazioni utilizzate per la stima delle emissioni che si riportano in allegato. L'eventuale contestuale presenza di altre attività secondarie viene trascurata in questa fase.

Applicazione del Codice CALPUFF

In relazione all'estensione del dominio di calcolo si è proceduto ad individuare una area per la descrizione dell'area relativa alle opere.

L'applicazione del codice di calcolo CALPUFF MODEL SYSTEM è stata sviluppata secondo quanto riportato di seguito per la parte di dispersione degli inquinanti. Nella tabella sono mostrate le principali impostazioni ed i necessari dati di ingresso per le simulazioni del periodo solare dell'anno 2022 per il codice CALPUFF. Ai fini del calcolo della concentrazione delle polveri e dei gas, il dominio di calcolo è stato suddiviso in una griglia di maglie quadrate di passo pari a 200m sia in direzione nord-sud che in direzione est-ovest per una estensione pari a 8km in direzione N-S e 8km in direzione E-W.

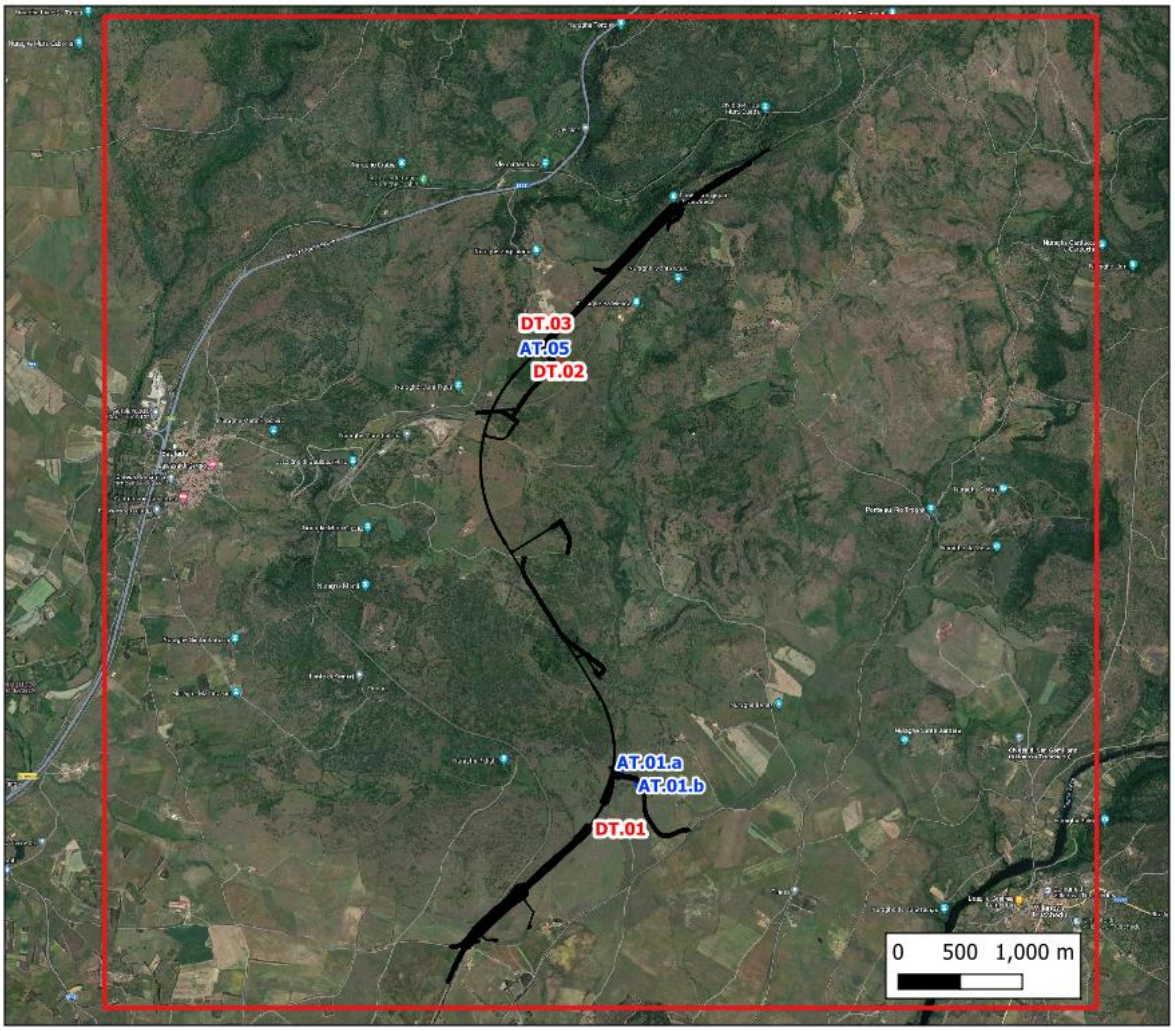


Figura 91 - Dominio di calcolo

Input	Simulazioni
Periodo	anno solare 2022
Meteorologia	Input ISC3 file con dati della stazione a terra di
Dominio di calcolo	COMPUTATIONAL GRID: griglia di calcolo di 16 celle per 16 celle di passo 0.5 km per una estensione del dominio di 8 km in direzione E-W e 8 km in direzione N-S. SAMPLING GRID: griglia di campionamento dei risultati è di 80 celle per 80 celle di passo 0.100 km per una estensione del dominio di 8 km in direzione E-W e 8 km in direzione N-S.
Sorgenti Emissive	Le sorgenti di emissione sono state rappresentate sotto forma di sorgenti volumetriche per le aree di cantiere.
Simulazioni	

Input	Simulazioni
CALPUFF	Sono state effettuate simulazioni sulla base del campo di vento su scala temporale oraria per il periodo di riferimento (anno 2022: 8760 ore) per la determinazione delle concentrazioni in aria degli inquinanti.

Tabella 33 - Configurazione CALPUFF MODEL SYSTEM - Dispersione CALPUFF

7.1.11 Stima dei fattori di emissione

Per stimare i fattori di emissione relativi alle sorgenti caratterizzanti lo scenario A sono state considerate:

- Le lavorazioni previste in ogni area di cantiere lavoro considerata, associando ciascuna di esse alla classificazione contenuta nel documento dell'US-EPA "AP-42: *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*";
- L'erosione del vento sui cumuli stoccati (documento dell'US-EPA "AP-42);
- Le attività dei mezzi d'opera all'interno delle aree di cantiere (escavatori, etc.) in termini di emissioni dei gas di scarico dei motori, assimilate a sorgenti emissive areali.

Nello specifico, per quanto riguarda la stima dei fattori di emissione relativi alle lavorazioni ed all'erosione del vento, come detto, si è fatto riferimento al Draft EPA dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Statunitense (rif. http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/), il quale, nella sezione AP 42, Quinta Edizione, Volume I Capitolo 13 – "Miscellaneous Sources" Paragrafo 13.2 – "Introduction to Fugitive Dust Sources" presenta le seguenti potenziali fonti di emissione:

1. Aggregate Handling and Storage Piles: accumulo e movimentazione delle terre (EPA AP-42 13.2.4);
2. Wind Erosion: erosione del vento sui cumuli (EPA AP-42 13.2.5).

La stima delle emissioni è stata effettuata sulla base di un indicatore, che caratterizza l'attività della sorgente (A), e di un fattore di emissione specifico del tipo di sorgente (Ei). Il fattore di emissione Ei dipende non solo dal tipo di sorgente considerata, ma anche dalle tecnologie adottate per il contenimento/controllo delle emissioni.

La relazione tra l'emissione e l'attività della sorgente è di tipo lineare:

$$\mathbf{Q(E)i = A * Ei} \quad \text{(eq.1)}$$

dove:

- **Q(E)i**: emissione dell'inquinante i (ton/anno);
- **A**: indicatore dell'attività (ad es. consumo di combustibile, volume terreno movimentato, veicolo-chilometri viaggiati);
- **Ei**: fattore di emissione dell'inquinante i (ad es. g/ton prodotta, kg/kg di solvente, g/abitante).

La stima è tanto più accurata quanto maggiore è il dettaglio dei singoli processi/attività.

Per seguire tale approccio di valutazione è necessario conoscere diversi parametri relativi a:

- sito in esame (umidità del terreno, contenuto di limo nel terreno, regime dei venti);
- attività di cantiere (quantitativi di materiale da movimentare ed estensione delle aree di cantiere);
- mezzi di cantiere (n. di mezzi in circolazione);

Mentre alcune di queste informazioni sono desumibili dalle indicazioni progettuali, per altre è stato necessario fare delle assunzioni il più attinenti possibili alla realtà.

Le ipotesi cantieristiche assunte per la stima delle emissioni e l'analisi modellistica sono le seguenti:

- Simulazione delle aree di lavorazione previste;
- Simulazione delle aree di movimentazione e stoccaggio dei materiali;
- N.ro 8 ore lavorative/giorno;

Per la stima dei fattori di emissione delle macchine e dei mezzi d'opera impiegati si è fatto riferimento al database del programma di calcolo COPERT III ed all'Atmospheric Emission Inventory Guidebook dell'EEA. All'interno del documento è possibile individuare dati relativi ai seguenti macchinari principali (Other Mobile SouRes and Machinery – SNAP 0808XX).

sorgenti emissive	PM10	NOX	U.M.	Fonte
Macchine operatrici	0.28	3.5	gr/h*kW	EEA-BV810v3-Other Mobile SouRes and Machinery – SNAP 0808XX tabella 8.5a

Tabella 34 - Stima fattori di emissione

Per la stima delle emissioni dei mezzi operatrici, è stato fatto uso dei fattori di emissione della tabella precedente considerando un fattore specifico, Load-specific fuel consumption, riferito alle modalità di lavoro delle machine pari al 30% come riportato in letteratura (fonte: Fuel consumption and engine load factors of equipment in quarrying of crushed stone Tomislav Korman, Trpimir Kujundžić Mario Klanfar February 2016 https://www.researchgate.net/publication/296573614).

Attività di escavazione e sbancamento

Nella fase di scotico una ruspa rimuove circa 12 m³/h di materiale ed il fattore di emissione delle operazioni di scotico previsto in "13.2.3 Heavy construction operation", pari a **3.42 kg/km** di PM10. L'emissione oraria stimata per questa fase è quindi pari a **0.02394 kg/h** di PM10. Le ore di lavorazione sono poi calcolate in base al quantitativo giornaliero di materiale previsto dal programma dei lavori. Questo determina direttamente il numero di mezzi che contemporaneamente lavorano nella singola area di cantiere.

Il sollevamento di particolato dalle attività dei mezzi di cantiere è pari al prodotto del fattore di emissione E così calcolato per il numero di ore lavorative giornaliere, assunto pari a 8 h/d.

Per la fase di sbancamento o estrazione non è presente uno specifico fattore di emissione; considerando che il materiale estratto è bagnato, si considera cautelativamente il fattore di emissione associato al SCC 3-05-027-60 Sand Handling, Transfer, and Storage in "Industrial Sand and Gravel", pari a 1.30x10-3

lb/tons di PTS equivalente **a 3.9x10-4 kg/Mg** di PM10 avendo considerato il 60% del particolato come PM10.

Unpaved Roads – mezzi in transito su strade non pavimentate

Per la stima delle emissioni di polvere generate dal traffico veicolare per azione del risollevamento nelle aree non pavimentate è stato utilizzato il seguente fattore di emissione:

$$E = k \cdot (\frac{s}{12})^a \cdot (\frac{W}{3})^b \quad \text{[kg/km]}$$

dove:

- W = peso medio dei mezzi di cantiere che percorrono le aree considerate (t)
- S = contenuto del limo dello strato superficiale delle aree non pavimentate (%)

Il contenuto di limo è stato assunto pari al 14 %, conforme all'intervallo di valori compresi tra l'1,8% e il 25,2% e coerente con quanto indicato nelle Linee Guida ARPAT. I valori di K, a e b sono stati assunti:

per PM10

- K= 0.423
- a= 0.900
- b= 0.450

Si riportano di seguito i fattori di emissione associati al passaggio su aree non pavimentate: i Km medi percorsi sono stati stimati a partire dall'estensione media del percorso nelle aree non pavimentate secondo la viabilità ipotizzata (desunta a partire dalla consultazione congiunta degli elaborati grafici di progetto), moltiplicata per il numero dei mezzi stimati durante la specifica attività in esame. Il peso medio dei mezzi di cantiere (W) che percorrono le aree considerate viene considerato apri a 28.5 t.

Andando a considerare un abbattimento dell'80% grazie al bagnamento delle strade non pavimentate, il fattore di emissione per le polveri PM10 che si può utilizzare è pari a:

- FE passaggio su piste non pavimentate (PM10) = **0.268 kg/Km**

Carico e scarico del materiale

Carico del materiale

Per le operazioni relative al "carico camion" del materiale corrisponde la fase classificata come SCC 3-05-020-33, non è disponibile un fattore di emissione. Può essere eventualmente utilizzato quello del SCC 3-05-010-37 "Truck Loading: Overburden" presente per il settore "Coal Mining, Cleaning and Material Handling, corrispondente alla fase di carico del materiale superficiale rimosso dallo scotico. Osservando i rapporti tra i fattori di emissione di PM10 e PTS, si può ritenere cautelativo considerare una componente PM10 dell'ordine del 60% del PTS. Il fattore di emissione espresso in kg per ogni tonnellata di materiale caricato è pari a **0.0075 kg/t** per il PM10.

Scarico del materiale

Per la fase di scarico è stato considerato il fattore SCC 3-05-010-42 “Truck unloading: Buttom-Dump-Overburden” pari a **0,0005 kg/t** di PM10 per tonnellata di materiale scaricato.

Aggregate Handling and Storage Pilesi (EPA AP-42 13.2.4)

La produzione totale di polvere legata all’attività di movimentazione dei materiali è relativa all’attività di carico e scarico dei mezzi.

La quantità di polveri generate da tale attività viene stimata utilizzando la seguente formula empirica:

$$EF_i(kg/Mg) = k_i(0.0016)\frac{\left(\frac{u}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$$

dove:

- E = fattore di emissione di particolato (kg/Mg);
- k = parametro dimensionale (dipende dalla dimensione del particolato);
- U = velocità media del vento (m/s);
- M = umidità del terreno (%).

Il parametro k varia a seconda della dimensione del particolato come riportato nella tabella sottostante:

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k)				
<30 µm	<15 µm	<10 µm	<5 µm	<2.5 µm
0,74	0,48	0,35	0,20	0,053

Tabella 35 - Valori coefficienti aerodimanico (Fonte: EPA AP42)

Mentre per il range di validità degli altri parametri è possibile fare riferimento alla tabella di seguito:

Ranges Of Source Conditions			
Silt Content (%)	Moisture Content (%)	Wind speed	
		m/s	mph
0,44 – 19	0,25 – 4,8	0,6 – 6,7	1,3 – 15

Tabella 36 - Range di validità dei coefficienti per il calcolo di EF (Fonte: EPA AP42)

Con riferimento ai valori dei coefficienti assunti per l’analisi si è considerato:

- U =velocità media del vento considerando la configurazione più conservativa pari a 6,7 m/s;
- M = percentuale di umidità considerata pari a 4%;
- k = pari a 0,35 per considerare l’apporto del PM_{10}.

La diffusione di particolato legata alle attività di movimentazione e stoccaggio di materiale è pari al prodotto del fattore di emissione E per le tonnellate di materiale movimentate giornalmente.

Si trova quindi un fattore di emissione pari a:

- FE formazione e stoccaggio di cumuli (PM10) = **9.03x10-4 kg/t**

Wild Erosion: erosione del vento sui cumuli (EPA AP-42 13.2.5)

Le emissioni causate dall'erosione del vento sono dovute all'occorrenza di venti intensi su cumuli soggetti a movimentazione. Nell'AP-42 (paragrafo 13.2.5 "*Industrial Wind Erosion*") queste emissioni sono trattate tramite la potenzialità di emissione del singolo cumulo in corrispondenza di certe condizioni di vento.

In considerazione dell'attività di erosione del vento sui cumuli, il modello fa dipendere il fattore di emissione da due fattori che concorrono alla possibile emissione di particolato da parte del cumulo:

- il numero di "movimentazioni" ovvero di interferenze intese come deposito e scavo di materiale sul/dal cumulo;
- la velocità del vento a cui è sottoposto il cumulo stesso.

La formula per il calcolo del fattore di emissione è data pertanto:

$$E_i(kg/h) = EF_i \cdot a \cdot movh$$

Il fattore di emissione che corrisponde alla tipologia di "cumulo alto" è a pari a **7.9x10-6 kg/m2**.

Emissioni dai gas di scarico di macchine e mezzi d'opera nelle aree di cantiere

Con riferimento all'emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi meccanici operanti lungo il fronte avanzamento lavori, oltre al parametro PM10 si aggiungono anche gli NOx, tipici inquinanti da traffico veicolare. In particolare, la stima del fattore di emissione riguarda esclusivamente i gas di scarico associati all'escavatore con nastro di carico.

Per la suddetta stima si è fatto riferimento al database del programma di calcolo COPERT III ed all'Atmospheric Emission Inventory Guidebook dell'EEA. All'interno del documento è possibile individuare dati relativi ai seguenti macchinari principali (Other Mobile SouRed and Machinery – SNAP 0808XX).

Si precisa che i mezzi su elencati non funzioneranno mai tutti contemporaneamente, ma si alterneranno durante le varie fasi di lavoro e le attività previste.

Sorgenti emissive	PM10	NOX	U.M.	Fonte
Macchine operatrici	0.28	3.5	gr/h*kW	EEA-BV810v3-Other Mobile SouRes and Machinery – SNAP 0808XX tabella 8.5a

Tabella 37 - Fattori di emissione per mezzi d'opera di cantiere

Per la stima delle emissioni dei mezzi operatrici, è stato fatto uso dei fattori di emissione della tabella precedente considerando un fattore specifico, Load-specific fuel consumption, riferito alle modalità di lavoro delle macchine pari al 30% come riportato in letteratura (fonte: Fuel consumption and engine load

factors of equipment in quarrying of crushed stone Tomislav Korman, Trpimir Kujundžić Mario Klanfar February 2016 https://www.researchgate.net/publication/296573614).

7.1.12 Risultati

Mappe di Isoconcentrazione

I risultati delle simulazioni effettuate per la stima della dispersione degli inquinanti in atmosfera legata alle attività di cantiere sono riportati negli allegati cartografici al seguente studio. Le mappe di concentrazione prodotte rappresentano la previsione delle concentrazioni per i parametri PM10, in condizioni post-mitigazione e NOX. Nello specifico le mappe allegate riportano le seguenti mappe:

- Concentrazione media annua e 90.4°percentile delle medie giornaliere di PM10;
- Concentrazione media annua e 99.8°percentile delle medie orarie di NOx;

Nei paragrafi che seguono si riporta una stima degli impatti in fase di cantiere per ogni dominio di studio individuato. La stima deriva dall'analisi modellistica effettuata. Dalle simulazioni effettuate nella presente fase di progettazione, considerando la messa in opera delle misure di mitigazione previste (bagnatura delle piste di cantiere non pavimentate), è possibile affermare che per tutti i parametri inquinanti sono stati simulati dei livelli di concentrazione inferiori al limite di legge.

Per tutti i parametri, le concentrazioni massime stimate sono localizzate in corrispondenza delle aree di cantiere.

Recettore	NOx		PM10	
	Media anno (µg/m3)	99.8° Perc delle medie orarie (µg/m³)	Media anno (µg/m3)	90.4° Perc delle medie giorno (µg/m³)
R1	0.218	4.078	0.011	0.024
R2	0.212	6.522	0.026	0.071
R3	0.220	10.469	0.038	0.103
R4	0.167	6.074	0.024	0.064
R5	0.124	2.998	0.016	0.044
R6	0.219	8.962	0.043	0.126
R7	0.120	3.778	0.021	0.047
R8	0.113	4.520	0.021	0.060
R9	0.323	12.666	0.058	0.156
R10	0.169	4.444	0.019	0.057
R11	0.320	5.887	0.018	0.038
R12	0.182	8.167	0.031	0.091
R13	0.352	15.002	0.044	0.144

Tabella 38 - Risultati delle stime modellistiche cantiere

Mappe di Isoconcentrazione

I risultati delle simulazioni effettuate per la stima della dispersione degli inquinanti in atmosfera legata alle attività di cantiere è riportata negli allegati cartografici al seguente studio.

Le mappe di concentrazione prodotte rappresentano la previsione delle concentrazioni per i parametri PM10, in condizioni post-mitigazione e NOX. Nello specifico le mappe allegate riportano le seguenti mappe:

- Concentrazione media annua di PM10;
- Concentrazione media annua di NOX;

Dalle simulazioni effettuate nella presente fase di progettazione, considerando la messa in opera delle misure di mitigazione previste (bagnatura delle piste di cantiere non pavimentate e dei cumuli di deposito dei materiali di scavo), è possibile affermare che per tutti i parametri inquinanti sono stati simulati dei livelli di concentrazione inferiori al limite di legge.

Il contributo legato alle sorgenti lineari da traffico è da ritenersi irrilevante rispetto a quello legato alle attività di movimentazione dei materiali in corrispondenza dell'area di cantiere.

Per tutti i parametri, le concentrazioni massime stimate sono localizzate in corrispondenza delle aree di cantiere. Sebbene i valori di concentrazione stimati siano ampiamente sotto i limiti normativi, in fase di realizzazione si provvederà al monitoraggio delle polveri in coincidenza del fronte di avanzamento lavori (durante i periodi di lavorazione) in vicinanza di alcuni ricettori isolati.

7.1.13 Valutazione

Impatto legislativo

I valori di PM10 derivati dalle analisi e dal monitoraggio in corso d'opera dovranno essere confrontati con i valori prefissati D.Lgs. n.155 del 13/08/2010, che sono riepilogati nella tabella seguente.

Parametro	Riferimento normativo	Denominazione	Tipologia di valutazione dei dati	Valore
PM_{10}	D.lgs. n.155 del 13/08/2010	Valore limite	Periodo di mediazione: 1h	50 µg/m3 da non superare più di 35 volte per anno civile
		Valore limite	Periodo di mediazione: anno civile	40 µg/m3

Per quanto detto nei paragrafi precedenti non si attendono superamenti dei limiti normativi.

7.1.14 Interazione opera-ambiente

Secondo quanto emerso anche dai paragrafi precedenti, le simulazioni effettuate nella presente fase di progettazione del lotto 4, hanno restituito per tutti i parametri inquinanti dei livelli di concentrazione ampiamente inferiori ai limiti di legge. Si sottolinea che le curve di iso-concentrazione prodotte

rappresentano esclusivamente il contributo sull'atmosfera legato alle attività di cantiere, e non tengono conto del livello di qualità dell'aria ante operam.

	NOx		PM10	
	Media anno ($\mu g/m^3$)	**99.8° Perc ($\mu g/m^3$)**	**Media anno ($\mu g/m^3$)**	**90.4° Perc ($\mu g/m^3$)**
DOMINIO di CALCOLO	11.3	135	3.7	7.5
Limiti di legge (155/2010 e smi)	**40**	**200**	**40**	**50**

Tabella 39 - Risultati delle stime modellistiche. Valori massimi sui recettori

I valori stimati massimi si riscontrano all'interno delle aree di cantiere e considerando che sono per tutti i domini e per tutti gli inquinati al di sotto dei limiti di legge si ritiene che per come sono state impostate le simulazioni, non impattano significativamente sulla qualità dell'aria esistente, sebbene non siano valori trascurabile.

Considerando il tempo di lavoro delle attività di cantiere, pari a circa 6 mesi la stima delle ricadute è da considerarsi particolarmente cautelativa. Infatti, la simulazione è stata configurata come se l'emissione oraria stimata fosse attiva per 365 giorni all'anno contrariamente alla realtà. I valori di concentrazione attesi sono quindi inferiori alla metà di quelli riportati in tabella precedente.

Per quanto riguarda lo stato della qualità dell'aria per le polveri e per NO2 non si rilevano criticità anche per lo scenario in corso d'opera ovvero considerando i valori di fondo misurati dalle stazioni di qualità dell'aria prese a riferimento.

Lo stato futuro di qualità dell'aria durante le operazioni di cantiere e per tutto il periodo è descritto nella tabella seguente. Ai valori di massima ricaduta, stimati dal modello di dispersione, si sono sommati i valori di fondo di qualità dell'aria desunti dalle stazioni prese a riferimento. In particolare, per la localizzazione delle aree di cantiere si sono privilegiate le stazioni di "FONDO" che rappresentano un territorio più ampio.

Valori	**NOx**	**PM10**
	Media anno ($\mu g/m^3$)	**Media anno ($\mu g/m^3$)**
DOMINIO di CALCOLO (massimo valore sul dominio di calcolo)	11.3	3.7
Valore di Fondo della stazione di Macomer	6.1	15.6
Stato futoro della qualità dell'aria durante il cantiere	**17.4**	**19.3**
Limiti di legge (155/2010 e smi)	**40**	**40**

Valori	NOx	PM10
	Media anno ($\mu g/m^3$)	Media anno ($\mu g/m^3$)
DOMINIO di CALCOLO (massimo valore sul dominio di calcolo)	11.3	3.7
Valore di Fondo della stazione di Santa Giusta	9.2	21.7
Stato futuro della qualità dell'aria durante il cantiere	**20.5**	**25.4**
Limiti di legge (155/2010 e smi)	**40**	**40**

In entrambi gli scenari stimati, anche considerando i valori di fondo delle stazioni prese a riferimento si rispettano ampiamente i limiti di legge per i parametri PM10 e NO_2.

I valori attesi di qualità dell'aria, nelle aree di massima ricaduta che sono stati individuati all'interno delle aree di cantiere sono inferiori di circa il 50% al limite previsto dal Decreto 155/2010 e smi.

Pertanto, si può concludere la piena compatibilità ambientale del progetto di cantiere.

7.1.15 Percezione delle parti interessate

L'impatto legato all'eventuale produzione di polveri ed alla loro dispersione è un aspetto che colpisce ed infastidisce molto le popolazioni residenti, anche in considerazione del fatto che, quando l'inquinamento è elevato, se ne riscontra testimonianza anche visivamente, senza il ricorso a misurazioni specifiche ed il fastidio che ne consegue è elevato.

Si ritiene che, da questo punto di vista, l'impatto legato all'atmosfera potenzialmente generato durante le fasi di realizzazione, possa essere considerato non significativo, vista anche la sostanziale assenza di ricettori prossimi le aree di lavorazione.

7.1.16 Mitigazioni ambientali e procedure operative

Le principali problematiche indotte dalla fase di realizzazione delle opere in progetto sulla componente ambientale in questione riguardano essenzialmente la produzione di polveri che si manifesta principalmente nelle aree di cantiere.

In virtù della presenza di diversi ricettori nei pressi delle aree di intervento, si prevede la necessità di introdurre adeguate misure di mitigazione.

La definizione delle misure da adottare per la mitigazione degli impatti generati dalle polveri sui ricettori circostanti le aree di cantiere è stata basata sul criterio di impedire il più possibile la fuoriuscita delle polveri dalle stesse aree ovvero, ove ciò non riesca, di trattenerle al suolo impedendone il sollevamento tramite impiego di processi di lavorazione ad umido (sistematica bagnatura dei cumuli di materiale sciolto e delle aree di cantiere non impermeabilizzate) e pulizia delle strade esterne impiegate dai mezzi di cantiere.

Le mitigazioni previste all'interno dei cantieri sono illustrate nelle tavole allegate alla presente relazione "RR150AEZZP6CA0000003÷6E – Planimetria localizzazione interventi di mitigazione (Tav. 1÷4) Parte A".

Impianti di lavaggio delle ruote degli automezzi

Si tratta di impianti costituiti da una griglia sormontata da ugelli disposti a diverse altezze che spruzzano acqua in pressione con la funzione di lavare le ruote degli automezzi in uscita dai cantieri e dalle aree di lavorazione, per prevenire la diffusione di polveri, come pure l'imbrattamento della sede stradale all'esterno del cantiere.

L'appaltatore provvederà all'installazione di tali tipologie di impianti immediatamente all'uscita dalle aree di cantiere nelle quali le lavorazioni eseguite potrebbero comportare la diffusione di polveri, tramite le ruote degli automezzi, all'esterno delle aree stesse.

L'installazione di tali impianti è compresa e compensata negli oneri della cantierizzazione.

Bagnatura delle piste e delle aree di cantiere

Saranno predisposti gli opportuni interventi di bagnatura delle superfici di cantiere e delle aree di stoccaggio terreni che consentiranno di contenere la produzione di polveri.

Tali interventi saranno effettuati tenendo conto del periodo stagionale con incremento della frequenza delle bagnature durante la stagione estiva. Si osserva che l'efficacia del controllo delle polveri con acqua dipende essenzialmente dalla frequenza delle applicazioni e dalla quantità d'acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario ed al potenziale medio di evaporazione giornaliera del sito. Si prevede di impiegare circa 1 l/m2 per ogni trattamento di bagnatura.

In maniera indicativa, è possibile prevedere un programma di bagnature articolato su base annuale che tenga conto del periodo stagionale, ovvero:

- Gennaio 2 giorni /settimana
- Febbraio 2 giorni / settimana
- Marzo 3 giorni / settimana
- Aprile 4 giorni / settimana
- Maggio 5 giorni / settimana
- Giugno 5 giorni / settimana
- Luglio 5 giorni / settimana
- Agosto 5 giorni / settimana
- Settembre 4 giorni / settimana
- Ottobre 3 giorni / settimana
- Novembre 2 giorni / settimana
- Dicembre 2 giorni / settimana

Per contenere le interferenze dei mezzi di cantieri sulla viabilità sarà necessario prevedere la copertura dei cassoni dei mezzi destinati alla movimentazione dei materiali con teli in modo da ridurre eventuali dispersioni di polveri durante il trasporto dei materiali. Al fine di evitare il sollevamento delle polveri i mezzi di cantiere dovranno viaggiare a velocità ridotta.

Le aree destinate allo stoccaggio dei materiali dovranno essere bagnate o in alternativa coperte al fine di evitare il sollevamento delle polveri.

Spazzolatura del primo tratto di strada impegnato dal passaggio dei mezzi in uscita dal cantiere

Si prevede la periodica spazzolatura ad umido di un tratto della viabilità esterna in uscita dal cantiere per una estensione, calcolata dal punto di accesso del cantiere, di media 150 metri, per una sezione media di 7,5 m (per una superficie complessiva di intervento pari a 1125 mq) per tutto il periodo in cui tali viabilità saranno in uso da parte dei mezzi di cantiere. I mezzi di cantiere dovranno essere provvisti di sistema di abbattimento del particolato a valle del motore, di cui occorrerà prevedere idonea e frequente manutenzione e verifica dell'efficienza anche attraverso misure dell'opacità dei fumi.

Spazzolatura della viabilità ordinaria impiegata dai mezzi di cantiere

Mentre l'intervento sopra descritto di bagnatura verrà operato sulle piste sterrate ed all'interno delle aree di cantiere, sulla viabilità esterna interessata dal traffico dei mezzi di cantiere, nei tratti prossimi alle aree di cantiere, si adotteranno misure di abbattimento della polverosità tramite spazzolatura ad umido.

Tale operazione verrà condotta in maniera sistematica su tutte le viabilità interessate da traffico di mezzi pesanti che si dipartono dalle piste o dai cantieri operativi, per tutto il periodo in cui tali viabilità saranno in uso da parte dei mezzi di cantiere. I tratti di strada interessati si estenderanno per circa 9.300 m complessivi, che considerando due viaggi (A/R) sarà pari ad una lunghezza di 18.600 m.

La cadenza prevista sarà pari a circa 2 giorni lavorativi (nell'arco della settimana), ovvero, considerando una durata dei cantieri pari a circa 1.765 giorni (252 settimane), circa 500 volte nell'arco della durata dei lavori.

Procedure operative

Oltre agli interventi di mitigazione sopra descritti, durante la fase di realizzazione delle opere verranno applicate misure a carattere generale e procedure operative che consentono una riduzione della polverosità in fase di cantiere, oltre ad una "buona prassi di cantiere". In particolare, verranno adottate misure che riguardano l'organizzazione del lavoro e del cantiere, verrà curata la scelta delle macchine e delle attrezzature e verranno previste opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature.

Organizzazione del cantiere

L'Appaltatore dovrà applicare tutte le misure possibili al fine di limitare la generazione di polveri durante le lavorazioni di cantiere e la diffusione di polveri all'esterno del cantiere.

A questo fine, in particolare:

- le aree interessate da lavorazioni che generano polveri dovranno essere periodicamente innaffiate: ciò vale in particolare per le aree dove si eseguono attività di movimento terra e di demolizione;
- i cumuli di terre di scavo verranno realizzati in aree lontane da possibili ricettori;
- i piazzali di cantiere verranno realizzati con uno strato superiore in misto cementato o misto stabilizzato al fine di ridurre la generazione di polveri;
- gli stessi piazzali e le piste interne ai cantieri verranno sistematicamente irrorati con acqua; lo stesso verrà fatto anche per la viabilità immediatamente esterna ai cantieri, sulla quale si procederà anche a spazzolatura.

La pavimentazione prevista nelle aree di cantiere è la seguente:

- area pavimentata in conglomerato bituminoso per transito/parcheggio mezzi;
- area di cantiere impermeabilizzata con guaina impermeabile e strato materiale terroso compattato;
- area moduli abitativi in materiale granulare compattato con trattamento antipolvere.

Sulle pavimentazioni è previsto un trattamento consolidante antipolvere in dispersione acquosa, specifico per l'applicazione su pavimentazioni in inerte naturale legato e stabilizzato. L'azione di specifici trattamenti si sviluppa attraverso la saturazione e la consolidazione della frazione fine degli aggregati costituenti la pavimentazione, abbattendo il distacco superficiale di materiale polveroso.

Tale trattamento presenta i seguenti vantaggi:

- solida, incremento di circa il 70% delle resistenze meccaniche ottenibili con l'uso di leganti tradizionali;
- immediatamente praticabile, rapida messa in esercizio della pavimentazione grazie alla riduzione dei tempi per il raggiungimento delle massime prestazioni meccaniche (da 30gg a 7gg);
- durevole, il miglioramento dei requisiti meccanico-prestazionali aumentano sensibilmente la durabilità della pavimentazione;
- funzionale, eliminazione dei difetti tipici delle strade bianche come la polverosità, il fango, la presenza di buche e di ormaie tracciate nel tempo dal passaggio dei mezzi;
- economica e a basso impatto ambientale, l'utilizzo di inerti locali abbinato a tecnologie performanti consente di ridurre notevolmente gli spessori utili, con conseguente riduzione dei costi per il trasporto e delle emissioni nell'atmosfera;
- ecocompatibile, non rilascia sostanze inquinanti ed è riciclabile al 100%;
- esteticamente piacevole, mantiene la colorazione naturale della terra utilizzata e si inserisce perfettamente in contesti architettonici da preservare.

<u>Impianto abbattimento polveri</u>

Nel caso dell'area DT01 e nelle aree di stoccaggio provvisorio per la parte A (DT03, DT03bis, DT02, AS02, AT05,) verranno predisposti impianti di abbattimento polveri.

Si tratta di cannoni di nebulizzazione con gittata da 20 a 50m e con sistema di rotazione automatizzato o gestibile da remoto. Destinato all'abbattimento delle polveri nell'industria mineraria e nella frantumazione degli inerti provenienti da cave, demolizioni e riciclaggio il sistema di abbattimento poveri è indicato sia per applicazioni su impianti completi che su macchine singole, previo sopralluogo in cantiere per definire l'applicazione più idonea alle specificità dell'impianto. Gli impianti completi saranno installati in container di varie misure coibentati per l'impiego anche in condizioni climatiche estreme.

<u>Prescrizioni per i mezzi di cantiere</u>

I mezzi di cantiere dovranno essere provvisti di sistemi di abbattimento del particolato a valle del motore, di cui occorrerà prevedere idonea e frequente manutenzione e verifica dell'efficienza anche attraverso misure dell'opacità dei fumi.

I mezzi di cantiere destinati al trasporto di materiali di risulta dalle demolizioni, terre da scavo e inerti in genere dovranno essere coperti con teli aventi adeguate caratteristiche di impermeabilità e resistenza allo strappo.

I mezzi di cantiere dovranno tenere velocità ridotta sulle piste di servizio; a questo fine l'Appaltatore dovrà installare cartelli segnaletici indicanti l'obbligo di procedere a passo d'uomo all'interno dei cantieri.

Gli autocarri e gli altri macchinari impiegati nelle aree di cantiere dovranno risultare conformi ai limiti di emissione previsti dalle norme vigenti.

Misure di ottimizzazione per l'inquinamento atmosferico a carico dell'Appaltatore

Di seguito vengono prescritti provvedimenti, sotto forma di una lista di controllo, generali e specifici in funzione del metodo di costruzione per la riduzione delle emissioni di sostanze nocive nell'aria sui cantieri.

Altri provvedimenti ed altre soluzioni non sono esclusi purché sia comprovato che comportano una riduzione delle emissioni almeno equivalente.

La maggior parte dei provvedimenti comprende requisiti base e corrisponde ad una "buona prassi di cantiere", altri consistono in misure preventive specifiche.

Processi di lavoro meccanici

Le polveri e gli aerosol in cantieri prodotti da sorgenti puntuali o diffuse (impiego di macchine ed attrezzature, trasporti su piste di cantiere, lavori di sterro, estrazione, trattamento e trasbordo di materiale, dispersione tramite il vento ecc.) sono da ridurre alla fonte mediante l'adozione di adeguate misure. In particolare, per le attività che producono polvere, come smerigliatura – fresatura – foratura – sabbiatura – sgrossatura – lavorazione alla punta e allo scalpello, spaccatura – frantumazione – macinatura – getto – deposizione – separazione -crivellatura – carico/scarico – presa con la benna – pulizia a scopa – trasporto, vanno adottati i seguenti provvedimenti:

MOVIMENTAZIONE DEL MATERIALE	M1	Agglomerazione della polvere mediante umidificazione del materiale, per esempio mediante un'irrorazione controllata.
	M2	Impiego di sminuzzatrici che causano scarsa abrasione di materiale e che riducono il materiale di carico mediante pressione anziché urto.
	M3	Ridurre al minimo i lavori di raduno, ossia la riunione di materiale sciolto nei luoghi di trasbordo, risp. proteggere i punti di raduno dal vento.

DEPOSITI DEL MATERIALE	M4	I depositi di materiale sciolto e macerie come materiale non bituminoso di demolizione delle strade, calcestruzzo di demolizione, sabbia ghiaiosa riciclata con frequente movimentazione del materiale vanno adeguatamente protetti dal vento per es. mediante una sufficiente umidificazione, pareti/valli di protezione o sospensione dei lavori in caso di condizioni climatiche avverse.
	M5	Proteggere adeguatamente i depositi di materiale sciolto con scarsa movimentazione dall'esposizione al vento mediante misure come la copertura con stuoie, teli o copertura verde.

AREE DI CIRCOLAZIONE NEI CANTIERI	M6	Sulle piste non consolidate legare le polveri in modo adeguato mediante autocisterna a pressione o impianto d'irrigazione.
	M7	Limitazione della velocità massima sulle piste di cantiere a per es. 30 km/h.
	M8	Munire le piste di trasporto molto frequentate con un adeguato consolidamento, per es. una pavimentazione o una copertura verde. Le piste vanno periodicamente pulite e le polveri legate per evitare depositi di materiali sfusi sulla pista.
	M9	Munire le uscite dal cantiere alla rete stradale pubblica con efficaci vasche di pulizia, come per esempio impianti di lavaggio delle ruote.

DEMOLIZIONE E SMANTELLAMENTO	M10	Gli oggetti da demolire o da smantellare vanno scomposti possibilmente in grandi pezzi con adeguata agglomerazione delle polveri (per es. umidificazione).
OPERE DI PAVIMENTAZIONE E IMPERMEABILIZZAZIONE Mastice d' asfalto, materiale di tenuta a caldo, bitume a caldo (riscaldatore mobile)	T3	Impiego di mastice d'asfalto e bitume a caldo con bassa tendenza di esalazione di fumo. Le temperature di lavorazione non devono superare i seguenti valori: - mastice d'asfalto, posa a macchina: 220°C - mastice d'asfalto, posa a mano: 240°C - bitume a caldo: 190°C
	T4	Impiego di caldaie chiuse con regolatori della temperatura.

Processi di lavoro termici e chimici

Durante i processi di lavoro termici nei cantieri (riscaldamento - pavimentazione – taglio – rivestimento a caldo – saldatura) si sprigionano gas e fumi. Sono prioritarie misure in relazione alla lavorazione a caldo di bitume (pavimentazione stradale, impermeabilizzazioni, termoadesione) nonché ai lavori di saldatura.

Nella lavorazione di prodotti contenenti solventi (attività: rivestire – incollare – decapare – schiumare – pitturare – spruzzare) o nei processi chimici (di indurimento) vengono sprigionate sostanze solventi. L'Appaltatore valuterà le azioni di seguito proposte evidenziando se esistano impedimenti tecnici alla loro attuazione. Qualora così non fosse, sarà sua cura darne attuazione.

Opere di pavimentazione ed impermeabilizzazione Trattamento di materiali per la pavimentazione stradale	T1	Impiego di bitume con basso tasso di emissione d'inquinanti atmosferici (tendenza all'esalazione di fumo).
	T2	Riduzione della temperatura di lavorazione mediante scelta di leganti adatti.

Opere di impermeabilizzazione	T5	Impiego di stuoie di bitume con scarsa tendenza all'esalazione di fumo.

	T6	Procedimento di saldatura: evitare il surriscaldamento delle stuoie di bitume.

Saldatura (ad arco ed autogena) di metalli	T7	I posti di lavoro di saldatura vanno attrezzati in modo che il fumo di saldatura possa essere captato, aspirato ed evacuato (per es. con un'aspirazione puntuale).

Processi di lavoro chimici	T8	Utilizzare prodotti ecologici per il trattamento delle superfici (mani di fondo, prime mani, strati isolanti, stucchi, vernici, intonaci, ponti di aderenza, primer ecc.) come pure per incollare e impermeabilizzare i giunti.

Requisiti di macchine ed attrezzature	G1	Impiegare attrezzature di lavoro a basse emissioni, per es. con motore elettrico.
	G2	Equipaggiamento e periodica manutenzione di macchine e attrezzature con motore a combustione secondo le indicazioni del fabbricante.
	G3	Per macchine e attrezzature con motori a combustione <18 kW la periodica manutenzione deve essere documentata, per es. con un adesivo di manutenzione.
	G4	Tutte le macchine e tutti le attrezzature con motori a combustione ≥18 kW devono: - essere identificabili; - venire controllati periodicamente ed essere muniti di un corrispondente documento di manutenzione del sistema antinquinamento; - essere muniti di un adeguato contrassegno dei gas di scarico.
	G5	Le attrezzature di lavoro con motori a benzina a 2 tempi e con motori a benzina a 4 tempi senza catalizzatore vanno alimentati con benzina giusta.
	G6	Per macchine e attrezzature con motore diesel vanno utilizzati carburanti a basso tenore di zolfo (tenore in zolfo < 50ppm).
	G7	Per i lavori con elevata produzione di polveri con macchine e attrezzature per la lavorazione meccanica dei materiali (come per es. mole per troncare, smerigliatrici), vanno adottate misure di riduzione delle polveri (come per es. bagnare, captare, aspirare, separare).

Per un dettaglio relativo alle misure di mitigazione da adottare in fase di cantierizzazione si rimanda alle planimetrie a corredo della presente Relazione. In particolare, si rimanda agli elaborati denominati "Planimetrie localizzazione interventi di mitigazione Tav. (1÷4) parte A" (elaborati n. RR150AEZZP6CA0000003÷6E).

7.2 RUMORE

La valutazione degli impatti da rumore per la fase di lavorazione tiene conto degli approfondimenti progettuali e delle specifiche ottimizzazioni tecniche del progetto esecutivo, del sistema di cantierizzazione ad esse connesso e delle prescrizioni ricevute in sede di approvazione del Progetto.

In particolare, lo studio risponde a quanto indicato nelle seguenti prescrizioni:

Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale – VIA e VAS – parere n. 3383 del 8 maggio 2020: Condizione Ambientale 6 - Si prescrive di presentare un progetto che contenga:

- una tabella con i livelli di emissione/immissione sonori stimati in corrispondenza dei ricettori interessati dalle attività dei cantieri stessi, con l'indicazione della classe acustica di appartenenza in cui ricadono detti ricettori;
- le simulazioni e le caratterizzazioni acustiche per tutti i cantieri;
- una valutazione del criterio differenziale in corrispondenza dei ricettori interessati dalla fase di cantiere (è necessaria una valutazione preliminare del rispetto dei valori limite differenziali di immissione in prossimità dei ricettori ritenuti più influenzati dalle attività di cantiere al fine di
- individuare le situazioni più critiche);
- una stima dei livelli di immissione assoluti e di emissione acustici dei cantieri ai ricettori, valutandoli su tutto il tempo TR diurno e non solamente nell'arco delle 8 ore in cui si svolgono le lavorazioni, caratterizzando anche il clima acustico delle restanti 8 ore;

7.2.1 Riferimenti normativi

Per la componente ambientale in esame la normativa di riferimento, rappresentata dal D.P.C.M. 01/03/1991, dalla Legge 26/10/1995 n. 447, dal D.P.C.M. 14/11/1997, dal D.P.R. 18/11/1998 n. 459, dal D.P.R. 30/03/2004, n. 142 e dalla zonizzazione acustica, prefissa, tra gli aspetti principali, i limiti di rumore da non superare in corrispondenza dei ricettori.

Sono definiti ricettori, ai sensi del D.P.R. del 18/11/98 n. 459, tutti gli edifici adibiti ad ambiente abitativo, comprese le relative aree esterne di pertinenza ove, per ambiente abitativo, si intende ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fermo restando che per gli ambienti destinati ad attività produttive vale la disciplina di cui al Decreto Legislativo 15/8/91 n. 277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive. Sono dunque definiti ricettori anche tutti gli edifici adibiti ad attività lavorativa o ricreativa, le aree naturalistiche vincolate, i parchi pubblici, le aree esterne destinate ad attività ricreativa ed allo svolgimento della vita sociale della collettività, le aree territoriali edificabili (aree di espansione) già individuate dai vigenti PRG.

Al fine di poter successivamente delineare gli obiettivi di mitigazione è stato definito e classificato il sistema ricettore.

Per una descrizione più dettagliata del sistema ricettore si rimanda agli elaborati dello studio acustico appositamente predisposti per il progetto, all'interno del quale è stato riportato anche il censimento di tutti i ricettori.

7.2.2 Classificazione acustica del territorio

Le classi acustiche di appartenenza delle diverse tipologie di aree sono quelle introdotte dal DPCM 1 Marzo 1991 e confermate nella Tab. A del DPCM 14 Novembre 1997 "Determinazione dei valori limiti delle sorgenti sonore".

In particolare si riportano di seguito alcune specificazioni relative al Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 14 novembre 1997 sulla “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore” il quale fissa, in relazione alle classi di destinazione d’uso del territorio, i valori limite di emissione delle singole sorgenti sonore - siano esse fisse o mobili (tabella B del decreto), i valori limite di immissione - riferiti al rumore immesso nell’ambiente esterno dall’insieme di tutte le sorgenti sonore (tabella C del decreto, tabella seguente) ed, infine, i valori di attenzione. Tutti i valori sono espressi come “livelli continui equivalenti di pressione sonora ponderata A”, riferiti a specifici intervalli temporali.

Classe	**Aree**
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 e allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.
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 indistriali ed artigianali.
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.
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.
V	***Aree prevalentemente industriali:*** rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.
VI	***Aree esclusivamente industriali:*** rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

Tabella 40 - Descrizione delle classi acustiche (Tabella A del DPCM 14/11/1997)

Zonizzazione	**Limiti e periodi di rifermento**	
	Limite Leq dB(A) **Diurno (6:00-22:00)**	**Limite Leq dB(A)** **Notturno (22:00-6:00)**
I – Aree particolarmente protette	45	35
II – Aree prevalentemente residenziali	50	40
III – Aree di tipo misto	55	45
IV – Aree di intensa attività umana	60	50
V – Aree prevalentemente industriali	65	55
VI – Aree esclusivamente industriali	65	65

Tabella 41 - Valori limite di emissione - Leq in dBA (art. 2)(Tabella B del DPCM 14/11/1997)

Zonizzazione	Limiti e periodi di rifermento	
	Limite Leq dB(A) Diurno (6:00-22:00)	Limite Leq dB(A) Notturno (22:00-6:00)
I – Aree particolarmente protette	50	40
II – Aree prevalentemente residenziali	55	45
III – Aree di tipo misto	60	50
IV – Aree di intensa attività umana	65	55
V – Aree prevalentemente industriali	70	60
VI – Aree esclusivamente industriali	70	70

Tabella 42 - Valori limite assoluti di immissione - Leq in dBA (art. 3)(Tabella C del DPCM 14/11/1997)

Zonizzazione	Limiti e periodi di rifermento	
	Limite Leq dB(A) Diurno (6:00-22:00)	Limite Leq dB(A) Notturno (22:00-6:00)
I – Aree particolarmente protette	47	37
II – Aree prevalentemente residenziali	52	42
III – Aree di tipo misto	57	47
IV – Aree di intensa attività umana	62	52
V – Aree prevalentemente industriali	67	57
VI – Aree esclusivamente industriali	70	70

Tabella 43 - Valori di qualità - Leq in dBA (art.7)(Tabella D del DPCM 14/11/1997)

Le aree di cantiere funzionali alla realizzazione delle opere di parte A oggetto di studio risultano collocate all'interno della Provincia di Oristano (OR) e precisamente all'interno dei Comuni di:

- Solarussa (OR);
- Bauladu (OR)

Il Comune Solarussa (OR) e il Comune di Bauladu (OR) come previsto dalla Legge n°447 del 26 ottobre 1995 hanno provveduto ad approvare il PCCA. Per questi comuni sono vigenti limiti di emissione ed immissione fissati dal DPCM del 14 novembre 1997.

Si riportano di seguito gli stralci del PCCA del Comune di Bauladu e di Solarussa con indicazione delle aree di cantiere oggetto di studio:

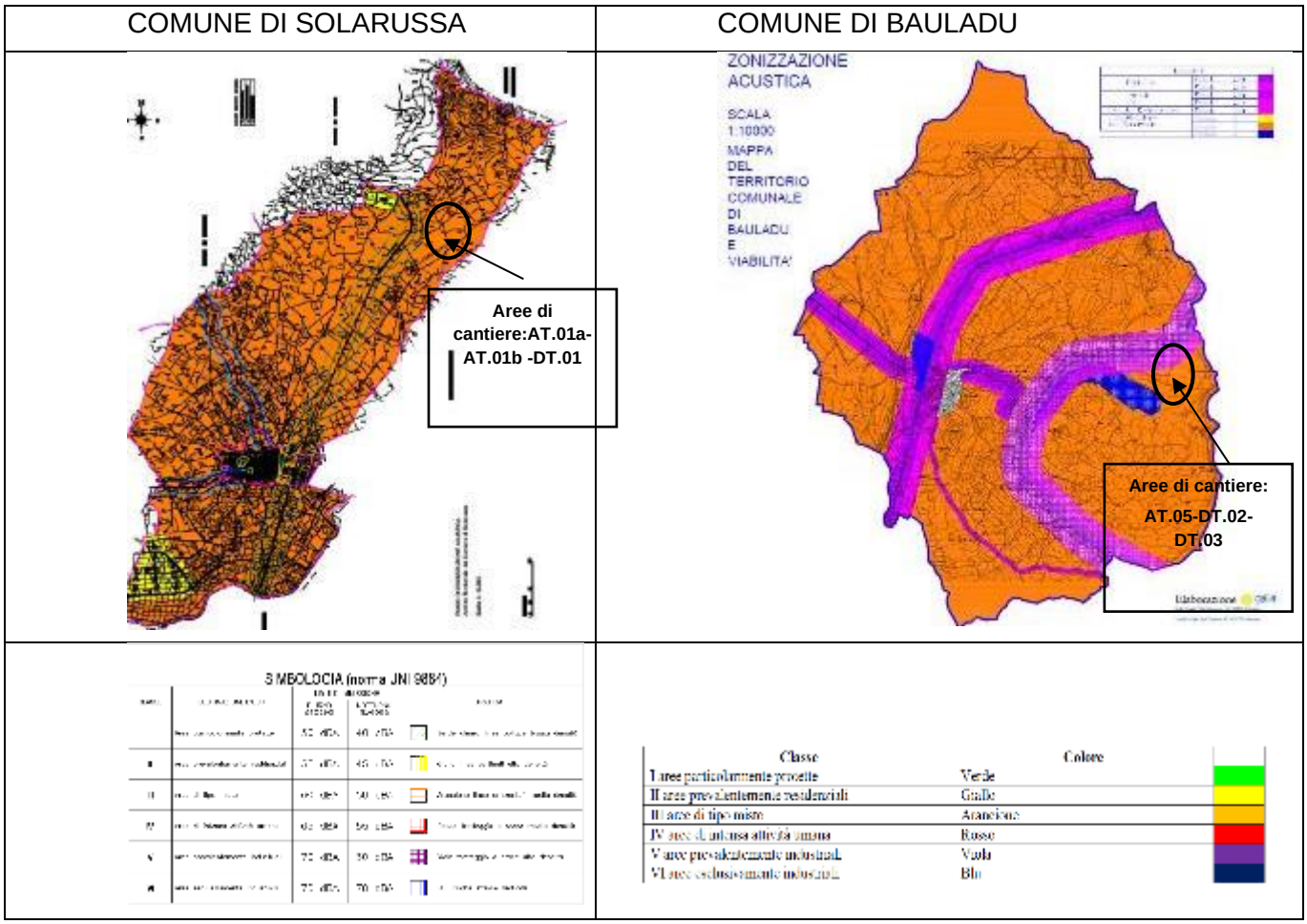


Figura 81 - Stralci del PCCA del Comune di Bauladu e di Solarussa

Le aree di cantiere DT.02 nel Comune di Bauladu ricadono all'interno della fascia di pertinenza acustica della ferrovia, limiti esclusivamente per le immissioni sonore prodotte dall'infrastruttura stessa; quindi per tali aree si applicano i limiti di emissione definiti dal piano di classificazione acustica del Comune.

7.2.3 Definizione dei ricettori acustici

L'analisi delle problematiche relative al rumore generato dai cantieri ha richiesto la preventiva definizione e classificazione del sistema ricettore, al fine di poter successivamente delineare gli obiettivi di mitigazione.

Sono definiti ricettori tutti gli edifici adibiti ad ambiente abitativo, comprese le relative aree esterne di pertinenza ove, per ambiente abitativo, si intende ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane.

Sono inoltre definiti ricettori tutti gli edifici adibiti ad attività lavorativa o ricreativa, le aree naturalistiche vincolate, i parchi pubblici, le aree esterne destinate ad attività ricreativa ed allo svolgimento della vita sociale della collettività, le aree territoriali edificabili (aree di espansione) già individuate dai vigenti PRG.

7.2.4 Monitoraggio fonometrico

Al fine di caratterizzare il clima acustico dell'area oggetto di indagine si è condotto un monitoraggio fonometrico in data 21/09/2023 effettuando due misure della durata di 30 minuti rappresentative del clima acustico dell'area corrispondente all'imbocco nord e all'imbocco sud rispettivamente.

Parametri rilevati

Per ciascuna postazione sono stati rilevati i seguenti parametri:

- Livello equivalente di pressione sonora pesato A (Leq) con scansione temporale di 1 sec;
- Livello massimo di pressione sonora pesato A (Lmax);
- Livello minimo di pressione sonora pesato A (Lmin);
- Analisi statistica della misura nel tempo (Livelli percentili L10, L50, L90, …);
- Leq progressivo pesato A della misura nel tempo

Metodo di Misura

La misurazione, del livello di rumore e degli altri livelli ambientali, è stata effettuata secondo quanto indicato dal Decreto Ministeriale 16/03/98:

- La misura è stata effettuata in modo continuativo;
- La lettura è stata effettuata in dinamica fast e ponderazione A;
- Il microfono del fonometro, munito di cuffia antivento, è stato posizionato ad un'altezza di 1,5 mt dal piano di campagna;
- Il fonometro è stato collocato su apposito sostegno (treppiede telescopico) per consentire per consentire all'operatore di stare ad una distanza superiore ai 3 metri.

Immediatamente prima e dopo ciascuna misura si è proceduto alla calibrazione della strumentazione di misura: la deviazione non è risultata essere superiore a 0,5 dB(A) in nessuno dei due casi.

Descrizione della strumentazione

Analizzatori in tempo reale Larson Davis 831 (Fonometri integratori di precisione in classe 1 IEC60651 / IEC60804 / IEC61672 con dinamica superiore ai 125 dB) dotati di Preamplificatore tipo PRM-831 con attacco Switchcraft TA5M e Microfono a condensatore da 1/2" a campo libero tipo PCB 377B02, le cui caratteristiche principali sono:

- Misura simultanea del livello di pressione sonora con costanti di tempo Fast, Slow, Impulse, Leq, Picco e con ponderazioni in frequenza secondo le curve A, C e LIN (nelle configurazioni ISM, LOG e SSA).
- Elevato range dinamico di misura (> 125 dBA, in linearità >116dBA).
- Correzione elettronica di 'incidenza casuale' per microfoni a campo libero.
- Sensibilità nominale 50mV/Pa. Capacità: 18 pF.

- Analizzatore in frequenza Real-Time in 1/1 e 1/3 d'ottava IEC1260 con gamma da 6.3 Hz a 20 kHz e dinamica superiore ai 110 dB.
- Memorizzazione automatica della Time History per tutti i parametri fonometrici ed analisi in frequenza a partire da 20ms.
- Registratore grafico di livello sonoro con possibilità di selezione di 58 diversi parametri di misura; contemporanea memorizzazione di spettri ad 1/1 e 1/3 d'ottava.
- Analizzatore statistico per LAF, LAeq, spettri ad 1/1 o 1/3 d'ottave, con sei livelli percentili definibili tra LN-0.01 e LN-99.99.
- Rispetto della IEC 60651-1993, la IEC 60804-1993, la Draft IEC 1672 e la ANSI S1.4-1985.

Si riporta certificato di taratura dello strumento utilizzato.

Calibration Certificate

Certificate Number 2023007335
Customer:
Spectra
Via J.F. Kennedy, 19
Vimercate, MB 20871, Italy

Model Number	831C	***Procedure Number***	D0001.8384
Serial Number	12259	***Technician***	Jacob Cannon
Test Results	**Pass**	***Calibration Date***	12 Jun 2023
Initial Condition	As Manufactured	***Calibration Due***	
Description	Larson Davis Model 831C Class 1 Sound Level Meter Firmware Revision: 04.8.2R227	***Temperature***	23,82 °C ± 0,25 °C
		Humidity	50,2 %RH ± 2,0 %RH
		Static Pressure	85,78 kPa ± 0,13 kPa

Evaluation Method — ***Tested with:*** — ***Data reported in dB re 20 µPa.***

Larson Davis CAL200, S/N 9079
Larson Davis CAL291, S/N 0108
Larson Davis PRM831, S/N 077445
PCB 377B02, S/N 347948

Compliance Standards Compliant to Manufacturer Specifications and the following standards when combined with Calibration Certificate from procedure D0001.8378:

IEC 60651:2001 Type 1	ANSI S1.4-2014 Class 1
IEC 60804:2000 Type 1	ANSI S1.4 (R2006) Type 1
IEC 61260:2014 Class 1	ANSI S1.11-2014 Class 1
IEC 61672:2013 Class 1	ANSI S1.43 (R2007) Type 1

Issuing lab certifies that the instrument described above meets or exceeds all specifications as stated in the referenced procedure (unless otherwise noted). It has been calibrated using measurement standards traceable to the International System of Units (SI) through the National Institute of Standards and Technology (NIST), or other national measurement institutes, and meets the requirements of ISO/IEC 17025:2017.
Test points marked with a ‡ in the uncertainties column do not fall within this laboratory's scope of accreditation.

The quality system is registered to ISO 9001:2015.

This calibration is a direct comparison of the unit under test to the listed reference standards and did not involve any sampling plans to complete. No allowance has been made for the instability of the test device due to use, time, etc. Such allowances would be made by the customer as needed.

The uncertainties were computed in accordance with the ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). A coverage factor of approximately 2 sigma (k=2) has been applied to the standard uncertainty to express the expanded uncertainty at approximately 95% confidence level.

This report may not be reproduced, except in full, unless permission for the publication of an approved abstract is obtained in writing from the organization issuing this report.

Correction data from Larson Davis SoundAdvisor Model 831C Reference Manual, L831C.01 Rev M, 2019-09-10

For 1/4" microphones, the Larson Davis ADP024 1/4" to 1/2" adaptor is used with the calibrators and the Larson Davis ADP043 1/4" to 1/2" adaptor is used with the preamplifier.

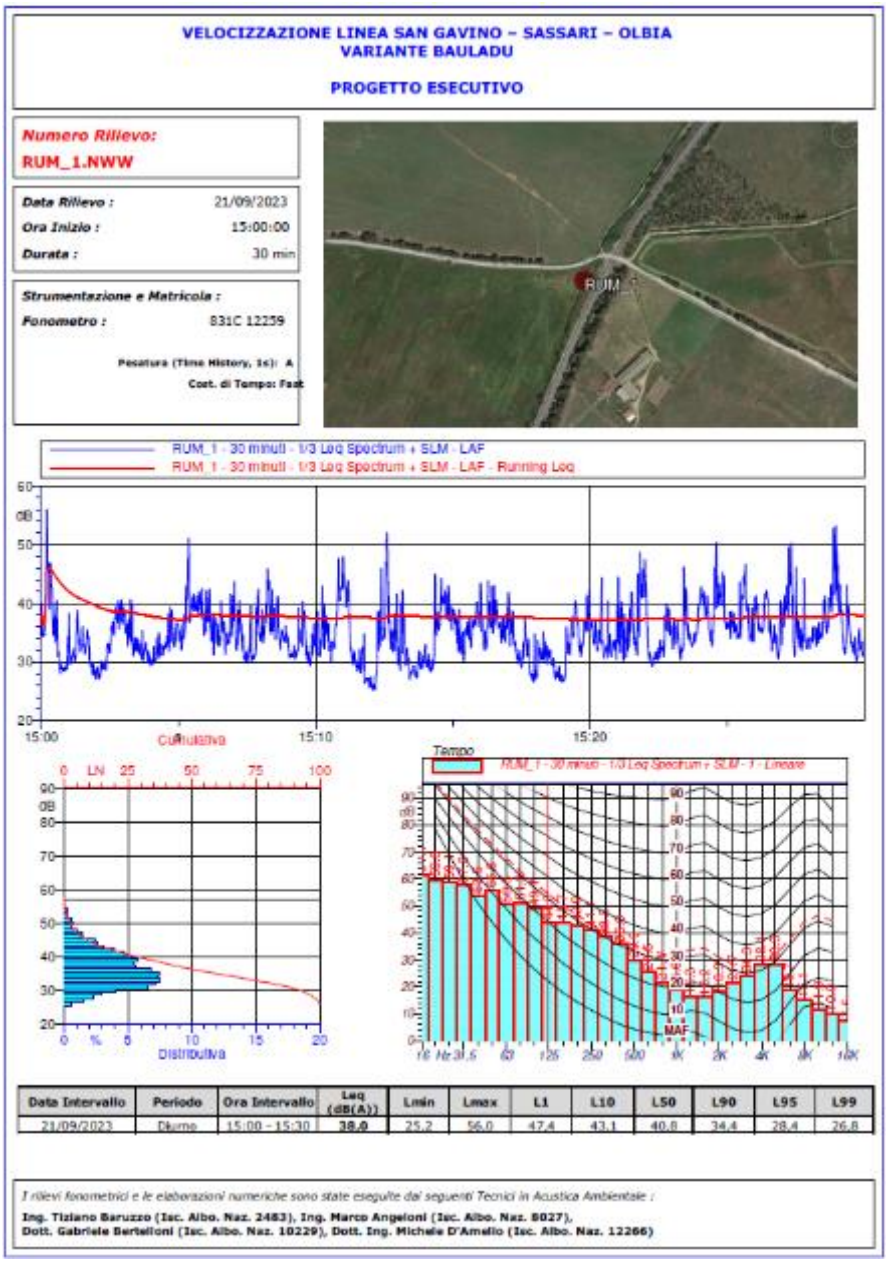
LARSON DAVIS – A PCB DIVISION
1681 West 820 North
Provo, UT 84601, United States
716-684-0001

ISO-MRA ACCREDITED CAL LABS

LARSON DAVIS A PCB DIVISION

Risultati dei rilievi fonometrici

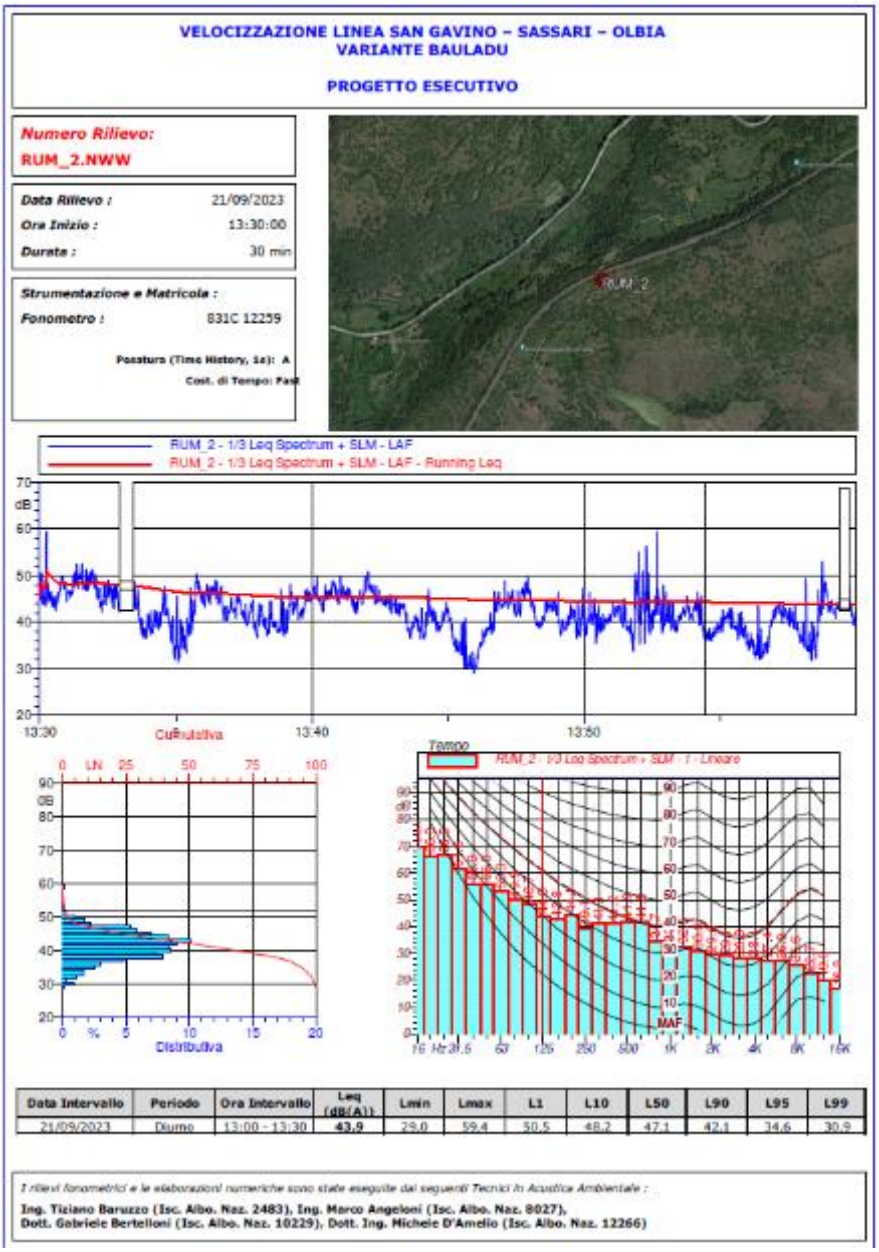
RUM_1 – Imbocco Sud



Si riporta una tabella riassuntiva dei livelli misurati presso la postazione di misura.

Postazione	Livello residuo misurato [dB(A)]
RUM_1	38,0

RUM_2 – Imbocco nord



Si riporta una tabella riassuntiva dei livelli misurati presso la postazione di misura.

Postazione	Livello residuo misurato [dB(A)]
RUM_2	43,9

7.2.5 Descrizione degli impatti potenziali

Caratteristiche fisiche del rumore

Il rumore è un fenomeno fisico, definibile come un'onda di pressione che si propaga attraverso un gas.

Nell'aria le onde sonore sono generate da variazioni della pressione sonora sopra e sotto il valore statico della pressione atmosferica, e proprio la pressione diventa quindi una grandezza fondamentale per la descrizione di un suono.

La gamma di pressioni è però così ampia da suggerire l'impiego di una grandezza proporzionale al logaritmo della pressione sonora, in quanto solamente una scala logaritmica è in grado di comprendere l'intera gamma delle pressioni.

In acustica, quando si parla di livello di una grandezza, si fa riferimento al logaritmo del rapporto tra questa grandezza ed una di riferimento dello stesso tipo.

Al termine livello è collegata non solo l'utilizzazione di una scala logaritmica, ma anche l'unità di misura, che viene espressa in decibel (dB). Tale unità di misura indica la relazione esistente tra due quantità proporzionali alla potenza.

Si definisce, quindi, come livello di pressione sonora, corrispondente ad una pressione p, la seguente espressione:

$$Lp = 10 \log (P/p_0)^2 \text{ dB} = 20 \log (P/p_0) \text{ dB}$$

dove p_0 indica la pressione di riferimento, che nel caso di trasmissione attraverso l'aria è di 20 micro pascal, mentre P rappresenta il valore RMS della pressione.

I valori fisici riferibili al livello di pressione sonora non sono, però, sufficienti a definire l'entità della sensazione acustica. Non esiste, infatti, una relazione lineare tra il parametro fisico e la risposta dell'orecchio umano (sensazione uditiva), che varia in funzione della frequenza.

A tale scopo, viene introdotta una grandezza che prende il nome di intensità soggettiva, che non risulta soggetta a misura fisica diretta e che dipende dalla correlazione tra livello di pressione e composizione spettrale.

I giudizi di eguale intensità a vari livelli e frequenze hanno dato luogo alle curve di iso-rumore, i cui punti rappresentano i livelli di pressione sonora giudicati egualmente rumorosi da un campione di persone esaminate.

Dall'interpretazione delle curve iso-rumore deriva l'introduzione di curve di ponderazione, che tengono conto della diversa sensibilità dell'orecchio umano alle diverse frequenze; tra queste, la curva di ponderazione A è quella che viene riconosciuta come la più efficace nella valutazione del disturbo, in quanto è quella che si avvicina maggiormente alla risposta della membrana auricolare.

In acustica, per ricordare la curva di peso utilizzata, è in uso indicarla tra parentesi nell'unità di misura adottata, che comunque rimane sempre il decibel, vale a dire dB(A).

Allo scopo di caratterizzare il fenomeno acustico, vengono utilizzati diversi criteri di misurazione, basati sia sull'analisi statistica dell'evento sonoro, che sulla quantificazione del suo contenuto energetico nell'intervallo di tempo considerato.

Il livello sonoro che caratterizza nel modo migliore la valutazione del disturbo indotto dal rumore è rappresentato dal livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A, Leq, definito dalla relazione analitica:

$$Leq = 10 \cdot Log[1/T \int_0^T (p(t)/p_0)^2 dt]$$

essendo:

- p(t) = valore istantaneo della pressione sonora seconda la curva A;
- p_0 = valore della pressione sonora di riferimento, assunta uguale a 20 micro pascal in condizioni standard;
- T = intervallo di tempo di integrazione.

Il Leq costituisce la base del criterio di valutazione proposto sia dalla normativa italiana che dalla raccomandazione internazionale I.S.O. n. 1996 sui disturbi arrecati alle popolazioni, ed inoltre viene adottato anche dalle normative degli altri paesi.

Il livello equivalente continuo costituisce un indice dell'effetto globale di disturbo dovuto ad una sequenza di rumore compresa entro un dato intervallo di tempo; esso corrisponde cioè al livello di rumore continuo e costante che nell'intervallo di tempo di riferimento possiede lo stesso "livello energetico medio" del rumore originario.

Il criterio del contenuto energetico medio è basato sull'individuazione di un indice globale, rappresentativo dell'effetto sull'organo uditivo di una sequenza di rumori entro un determinato intervallo di tempo; esso in sostanza commisura, anziché i valori istantanei del fenomeno acustico, l'energia totale in un certo intervallo di tempo.

Il Leq non consente di caratterizzare le sorgenti di rumore, in quanto rappresenta solamente un indicatore di riferimento; pertanto, per meglio valutare i fenomeni acustici è possibile considerare i livelli percentili, i livelli massimo e minimo, il SEL.

I livelli percentili (L1, L5, L10, L33, L50, L90, L95, L99) rappresentano i livelli che sono stati superati per una certa percentuale di tempo durante il periodo di misura:

- l'indice percentile L1 connota gli eventi di rumore ad alto contenuto energetico (livelli di picco);
- l'indice percentile L10 è utilizzato nella definizione dell'indicatore "clima acustico", che rappresenta la variabilità degli eventi di rumore rilevati;
- l'indice L50 è utilizzabile come indice di valutazione del flusso autoveicolare;
- l'indice percentile L95 è rappresentativo del rumore di fondo dell'area;
- il livello massimo (Lmax), connota gli eventi di rumore a massimo contenuto energetico;
- il livello minimo (Lmin), consente di valutare l'entità del rumore di fondo ambientale;
- il SEL rappresenta il livello sonoro di esposizione ad un singolo evento sonoro.

Cenni sulla propagazione

Nella propagazione del suono avvengono più fenomeni che contemporaneamente provocano l'abbassamento del livello di pressione sonora e la modifica dello spettro in frequenza.

Principale responsabile dell'abbassamento del livello di pressione sonora è la divergenza del campo acustico, che porta in campo libero (propagazione sferica) ad una riduzione di un fattore quattro dell'intensità sonora (energia per secondo per unità di area) per ogni raddoppio della distanza. Di minore importanza, ma capace di grandi effetti su grandi distanze, è l'assorbimento dovuto all'aria, che dipende

però fortemente dalla frequenza e dalle condizioni meteorologiche (principalmente dalla temperatura e dall'umidità).

Vi sono poi da considerare l'assorbimento da parte del terreno, differente a seconda della morfologia (suolo, copertura vegetativa ed altimetria) dell'area in analisi, inoltre l'effetto dei gradienti di temperatura, della velocità del vento ed effetti schermanti vari causati da strutture naturali e create dall'uomo.

La differente attenuazione delle varie frequenze costituenti il rumore da parte dei fattori citati e la contemporanea tendenza all'equipartizione dell'energia sonora tra le stesse portano ad una modifica dello spettro sonoro "continua" all'aumentare della distanza da una sorgente, specialmente se questa è complessa ed estesa come una struttura stradale o ferroviaria.

Influenza dell'orografia sulla propagazione sonora

La presenza di ostacoli modifica la propagazione teorica delle onde sonore generando sia un effetto di schermo e riflessione, sia un effetto di diffrazione, ovvero di instaurazione di una sorgente secondaria. Quindi colli o, in alcuni casi, semplici dossi o trincee sono in grado di limitare sensibilmente la propagazione del rumore, o comunque di variarne le caratteristiche. Tale attenuazione aumenta al crescere della dimensione dell'ostacolo e del rapporto tra dimensione dell'ostacolo e la distanza di questo dal ricettore; in particolare le metodologie di analisi più diffuse utilizzano il cosiddetto "numero di Fresnel" che prende in considerazione parametri come la lunghezza d'onda del suono e la differenza del cammino percorso dall'onda sonora in presenza o meno dell'ostacolo.

Infine, si segnala tra gli altri, il fenomeno della concentrazione dell'energia sonora che può essere determinato da riflessioni multiple su ostacoli poco fonoassorbenti. Tipicamente tale fenomeno può creare un effetto di amplificazione con le sorgenti poste nelle gole.

7.2.6 Metodologia per la valutazione dell'impatto acustico mediante il modello di simulazione SoundPLAN

La determinazione dei livelli di rumore indotti è stata effettuata con l'ausilio del modello previsionale di calcolo SoundPLAN della soc. Braunstein + Bernt GmbH.

La scelta di applicare tale modello di simulazione è stata effettuata in considerazione delle caratteristiche del modello, del livello di dettaglio che è in grado di raggiungere e, inoltre, della sua affidabilità ampiamente garantita dalle applicazioni già effettuate in altri studi analoghi.

SoundPLAN è un modello previsionale ad "ampio spettro" in quanto permette di studiare fenomeni acustici generati da rumore stradale, ferroviario, aeroportuale e industriale utilizzando di volta in volta gli standard internazionali più ampiamente riconosciuti.

Per il calcolo del rumore emesso durante la realizzazione delle opere in progetto sono state valutate le relative fasi di lavoro sulla base del cronoprogramma, individuando quella più gravosa in termini di potenziali impatti e per contemporaneità delle lavorzioni; per tale fase sono state individuate le sorgenti sonore attive con i relativi livelli di potenza sonora, ed inserite nel modello di simulazione SoundPLAN per i quali sono state effettuate simulazioni per consentire la determinazione dell'impatto acustico provocato nell'intorno delle stesse.

I dati di input funzionali alla definizione del modello di simulazione derivano dall'analisi congiunta dei seguenti elaborati:

- Relazione di cantierizzazione;

- Programma dei lavori;
- Tavole di progetto (comprendenti tracciati planimetrici, profili altimetrici ed elaborati di cantierizzazione);

Per la realizzazione del modello sono poi stati utilizzate informazioni derivanti da:

- cartografia numerica digitale 3D ed ortofoto geo riferite dell'area di studio;
- livelli di pressione sonora o dati di targa delle sorgenti inserite.

L'analisi congiunta dei seguenti dati di input ha permesso di giungere alla definizione dello scenario maggiormente critico. Ovvero quello che prevede:

- Contemporaneità delle lavorazioni
- Massima vicinanza ricettori
- Maggiore presenza di macchinari e mezzi d'opera.

Il materiale documentale è stato integrato da sopralluoghi in sito mirati a definire le porzioni di territorio interessate dallo studio, di analizzarne la relativa morfologia e corografia e in particolar modo di individuare i principali recettori.

Sulla scorta del materiale disponibile si è proceduto all'inserimento nel software dei seguenti elementi:

- modello digitale del terreno (DGM Digital Ground Model) ottenuto sulla base di punti di elevazione provenienti dal rilievo plano-altimetrico, che descrive con sufficiente accuratezza la morfologia del terreno, opportunamente modificata tenendo conto degli interventi sul terreno previsti dal progetto stesso;
- modelli tridimensionali degli edifici ottenuti sulla base delle quote della cartografia digitale e mediante integrazioni dovute a sopraluoghi;
- modello tridimensionale del progetto;
- caratterizzazione delle sorgenti.

La disponibilità di dati cartografici in formato numerico permette di ottenere un controllo completo ed un'accuratezza elevata nella modellazione dello stato reale. Inoltre, ciascuno degli elementi è caratterizzato mediante l'attribuzione di tutte le grandezze e le caratteristiche d'esercizio idonee per simulare con accuratezza lo stato reale. Considerate le condizioni conservative adottate per la realizzazione del modello e la scelta di considerare i risultati delle simulazioni entro i limiti solo nel caso di un livello calcolato sempre minore e mai uguale al limite vigente, si può ritenere di aver adoperato impostazioni modellistiche di tipo ampiamente cautelativo. Altri parametri impostati nel modello di calcolo sono l'imposizione di calcolare almeno una riflessione, l'imposizione di un campo libero davanti alle superfici di almeno 1 mt lineare, la condizione di propagazione sottovento, la predisposizione di una griglia i cui elementi hanno dimensioni 5 m x 5 m.

Impatto acustico dei cantieri fissi

Nella valutazione dell'impatto acustico generato dai cantieri, è stata tenuta in considerazione la presenza di ricettori sia ad uso residenziale sia non residenziale.

Per il calcolo del rumore indotto sui ricettori è stato ipotizzato il posizionamento delle singole sorgenti valutando il livello di potenza sonora delle sorgenti previste distribuito sull'intero periodo di riferimento diurno (8 ore).

Per il calcolo del rumore emesso durante la realizzazione delle diverse opere ferroviarie sono state valutate le relative **fasi di lavoro**, individuando quelle **più rumorose;** per tali fasi sono state individuate le sorgenti sonore attive con i relativi livelli di potenza sonora, ed inserite nel modello di simulazione SoundPLAN per consentire la determinazione dell'impatto acustico nell'intorno delle stesse.

La stima dei livelli di pressione sonora indotti sui ricettori è stata effettuata con una simulazione di dettaglio, predisponendo un apposito modello tridimensionale semplificato; per quanto riguarda gli ostacoli diversi dal terreno si è ritenuto, in favore di sicurezza, di inserire solamente gli edifici maggiormente esposti.

Impatto acustico dei cantieri mobili

Per quanto riguarda i cantieri mobili del fronte di avanzamento lavori sono state valutate le principali tipologie di opere previste per la realizzazione della sede ferroviaria e delle opere connesse.

Per il calcolo del rumore emesso durante la realizzazione delle diverse opere ferroviarie sono state valutate le relative fasi di lavoro, individuando quelle più rumorose; per tali fasi sono state individuate le sorgenti sonore attive con i relativi livelli di potenza sonora, ed inserite nel modello di simulazione SoundPLAN per consentire la determinazione dell'impatto acustico nell'intorno delle stesse.

Per la determinazione del livello di emissione sonora prodotta dalla realizzazione delle opere (come viadotti, rilevati e altre O.C.) e le conseguenti opere di mitigazione è stato considerato un fronte di lavorazione come sorgente aerale calcolata come la totalità delle macchine utilizzate per la realizzazione dell'opera ipotizzate in fronti di 50 metri ciascuno.

Alla luce di quanto ipotizzato per il calcolo della potenza sonora distribuita Lw/mq si applicherà la formula:

$$Lw/m^2 = 10 * \log\left(\frac{10^{\frac{Lw}{10}}}{A}\right))$$

dove:

- Lw: potenza sonora totale realizzazione opera
- A: Area fronte di lavorazione

Pertanto, ipotizzando la realizzazione di un'opera e stimando il livello Lw totale con area di lavorazione di 300 metri quadrati otterremo:

$$Lw/m^2 = 10 * \log\left(\frac{10^{\frac{Lwtot}{10}}}{300}\right))$$

La determinazione dei livelli di rumore indotti è stata effettuata con l'ausilio del software SoundPLAN della soc. Braunstein + Bernt GmbH, che consente di predisporre un DGM (Digital Ground Model) a partire da input in formati CAD - compatibili con informazioni vettoriali, implementando un sistema di coordinate

tridimensionale. Il modello consente di inserire gli edifici con le relative quote rispetto al piano campagna e di caratterizzare le sorgenti, in termini di geometria, caratteristiche spettrali e parametri di emissione.

L'orografia è stata ottenuta dalla CTR disponibile in rete, opportunamente corretta ed implementata sulla base di immagini satellitari recenti. In Figura 81 sono mostrate alcune restituzioni grafiche del modello.

Tutte le simulazioni sono state effettuate nella seguente configurazione di calcolo:

1. Riflessioni: sono state considerate riflessioni di ordine adeguato;
2. Fattore di assorbimento del suolo (Ground factor): 0.6;
3. Raggio di ricerca delle sorgenti: 1000 metri;
4. Angolo di ricerca delle sorgenti: 360°;
5. Incremento angolare: 1°;
6. Diffrazione: abilitata l'opzione che tiene conto della diffrazione laterale;
7. Calcolo di mappe isofoniche in pianta: maglia quadrata a passo 10x10 metri con metodo di calcolo grid noise map;

La mappatura al continuo presenta la distribuzione dei livelli di emissione istantanea all'altezza standard di 4 metri dal piano campagna locale, con campiture a colori a passo 5 dB(A). Il contributo della riflessione di facciata è inglobato nella restituzione effettuata dal modello. I risultati delle simulazioni saranno confrontati con i limiti imposti dal DPCM del 14 novembre 1997, laddove presente, o in alternativa con ilimiti imposti dal DPCM 1 marzo 1991.

Caratterizzazione acustica dei cantieri e sorgenti sonore

L'alterazione del clima acustico dell'area durante la realizzazione delle opere è riconducibile, a carattere generale, alle diverse fasi di lavorazione che caratterizzano i lavori previsti.

Le emissioni acustiche durante le lavorazioni possono essere di tipo continuo, legate agli impianti fissi nei diversi cantieri stabili, e discontinue, dovute alle lavorazioni sulla linea ed al transito dei mezzi per la movimentazione dei materiali.

L'entità degli impatti è molto variabile in relazione alla conformazione del territorio, alle opere accessorie che vengono costruite, agli eventuali ostacoli presenti.

La molteplicità delle sorgenti, degli ambienti e delle posizioni di lavoro tipiche in cantieri di questo genere individua numerose tipologie di macchinari ed attività la cui contemporaneità, oltre che intensità, determina un certo grado di complessità nel poter rappresentare con precisione l'impatto acustico indotto dalla realizzazione delle opere sui ricettori presenti nella zona di studio.

Per il caso in esame, l'analisi della componente rumore nell'ambito delle attività di cantiere può essere svolta rispetto a due macrotipologie di lavorazioni: quelle relative ai cantieri fissi e quelle relative ai cantieri mobili.

All'interno di ogni cantiere sono state ipotizzate le tipologie di lavorazioni previste, i macchinari utilizzati, la loro percentuale di utilizzo nell'arco della lavorazione e l'eventuale contemporaneità di lavorazione. Come anticipato sopra, poiché le tipologie di cantieri previsti, la loro organizzazione interna, i macchinari

e gli impianti presenti al loro interno sono solo ipotizzati nella presente fase progettuale, si è operato in maniera quanto più realistica possibile nel ricostruire i vari scenari, con ipotesi adeguatamente cautelative, sulla base di analisi pregresse di cantieri analoghi a quelli qui considerati per la costruzione di opere ferroviarie.

Ai fini dell'analisi delle interferenze di tipo acustico, si considerano le fasi di lavoro e le sorgenti di maggiore emissione rumorosa in zone con presenza di ricettori abitativi. Si ritengono dunque non impattanti tutte le fasi di lavoro e le aree di cantiere dove non vi sia presenza costante di macchinari rumorosi o che si trovino a distanza tale dai ricettori da essere ininfluenti sul clima acustico. Ciò premesso, si ipotizza pertanto che le sorgenti di rumore presenti sui cantieri, ed i rispettivi valori di emissione sonora, siano quelle indicate nella Tabella seguente. I dati di potenza sonora delle macchine sono desunti da misure effettuate presso analoghi cantieri ferroviari, da dati bibliografici, da dati tecnici delle macchine, o da valori massimi prescritti dalla normativa (D. Lgs. 262/2002).

Mezzi		Lw dB(A)	Percentuale (h lavoro) TR diurno						
			100%	75%	62,5%	50%	37,50%	25,00%	12,50%
			16,0	12,0	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
			Lw	Lw	Lw	Lw	Lw	Lw	Lw
A	Apripista Dozer	108	108,0	106,8	106,0	105,0	103,7	102,0	99,0
B	Escavatori	108	108,0	106,8	106,0	105,0	103,7	102,0	99,0
C	Escavatori con martellone	120	120,0	118,8	118,0	117,0	115,7	114,0	111,0
D	Pale gommate	103	103,0	101,8	101,0	100,0	98,7	97,0	94,0
E	Pale cingolate	108	108,0	106,8	106,0	105,0	103,7	102,0	99,0
F	Autocarri e dumper	106	106,0	104,8	104,0	103,0	101,7	100,0	97,0
G	Sonde di perforazione per micropali	110	110,0	108,8	108,0	107,0	105,7	104,0	101,0
H	Rock drilll per chiodature scarpate	110	110,0	108,8	108,0	107,0	105,7	104,0	101,0
I	Motocompressori	105	105,0	103,8	103,0	102,0	100,7	99,0	96,0
L	Impianti di miscelazione	96	96,0	94,8	94,0	93,0	91,7	90,0	87,0
M	Pompe per acqua	86	86,0	77,0	76,2	75,2	74,0	72,2	69,2
N	Autobotti	92	92,0	90,8	90,0	89,0	87,7	86,0	83,0
O	Autobetoniere	100	100,0	98,8	98,0	97,0	95,7	94,0	91,0
P	Auto Pompe per calcestruzzo e spritz-beton	106	106,0	104,8	104,0	103,0	101,7	100,0	97,0
Q	Vibratori per cls	60	60,0	58,8	58,0	57,0	55,7	54,0	51,0
R	Grader	106	106,0	104,8	104,0	103,0	101,7	100,0	97,0
S	Rulli compattatori	103	103,0	101,8	101,0	100,0	98,7	97,0	94,0
T	Vibrofinitrici	106	106,0	104,8	104,0	103,0	101,7	100,0	97,0
U	Autogrù idrauliche ed a traliccio	96	96,0	94,8	94,0	93,0	91,7	90,0	87,0
V	Autocarro ribaltabile 4 assi	92	92,0	90,8	90,0	89,0	87,7	86,0	83,0
Z	Carrelli elevatori	92	92,0	90,8	90,0	89,0	87,7	86,0	83,0

Tabella 44 - Sorgenti di rumore e potenza sonora

Impianti fissi	Lw dB(A)	Percentuale (h lavoro) TR diurno						
		100%	75%	62,5%	50%	37,50%	25,00%	12,50%

			16,0	12,0	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
			Lw	Lw	Lw	Lw	Lw	Lw	Lw
X	Generatori corrente	76	76,0	74,8	74,0	73,0	71,7	70,0	67,0
Y	Impianti trattamento acque	92	92,0	90,8	90,0	89,0	87,7	86,0	83,0
W	Impianti lavaggio ruote	96	96,0	94,8	94,0	93,0	91,7	90,0	87,0

Tabella 45 - Sorgenti di rumore e potenza sonora impianti fissi

Di seguito si riportano i dati di input utilizzati per determinare l'impatto acustico nei diversi scenari nei quali è stata suddivisa la realizzazione dei lavori in progetto relativi alla parte A, determinati usando assunzioni cautelative per i ricettori esposti. In particolare, in funzione della tipologia delle sorgenti, del numero dei macchinari presenti e della rumorosità degli stessi, nonché della presenza contemporanea di diverse aree di cantiere, si riportano di seguito le configurazioni di sorgenti maggiormente impattanti, che saranno inserite negli scenari di modellazione acustica.

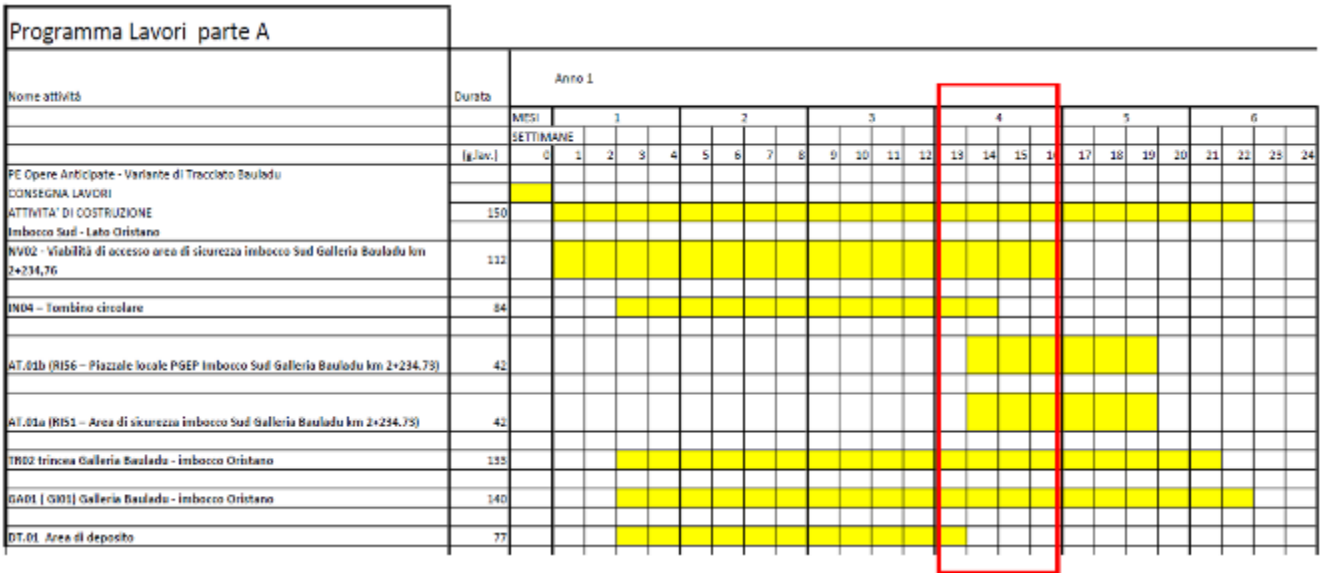
- I **cantieri fissi** (aree di stoccaggio, Aree tecniche) sono stati simulati considerando tutte le singole sorgenti, schematizzate come di tipo puntiforme ed inserite nella configurazione di massimo avvicinamento ai ricettori. Per ciascuna sorgente sono state effettuate stime cautelative in merito ai tempi di utilizzo (percentuale sul tempo di riferimento). In riferimento alle aree tecniche a supporto delle lavorazioni, quali rilevato, trincea, ecc., si precisa che non sono state implementate sorgenti puntiformi al loro interno poiché i mezzi operativi sono stati già considerati all'interno dei cantieri mobili (FAL), con ipotesi adeguatamente cautelative e quanto più realistiche e come meglio dettagliato nelle tabelle precedenti.
- I **cantieri mobili** (Fronte Avanzamento Lavori) sono stati schematizzati come sorgenti di tipo aerale. La potenza sonora distribuita (Lw/m^2) è stata calcolata considerando il contributo di tutte le singole sorgenti presenti, mediato sul tempo di impegno delle stesse, e distribuendolo su un fronte di avanzamento standard di 50 metri.
- In maniera cautelativa nel modello è stata considerata la totalità dell'opera come sorgente di lunghezza pari all'intera opera. La reale emissione sonora prodotta dal fronte di lavorazione prevederebbe un avanzamento dei lavori per sezioni, le quali sono state considerate di 50 metri ciascuna per la stima del livello di potenza sonora Lw/m^2. La lavorazione eseguita in sezioni oltre a garantire un livello Lw inferiore a quanto simulato permette di utilizzare le eventuali mitigazioni spostandole in concomitanza con le lavorazioni in esecuzione.

Al fine di caratterizzare lo scenario potenzialmente più critico in termini di impatto acustico ai ricettori, sono state elencate le macchine in attività contemporaneamente all'interno delle aree di lavoro, la loro percentuale di impiego durante il periodo di riferimento, le ore di lavoro corrispondenti e la loro posizione potenzialmente più impattante all'interno del modello di simulazione. I valori di potenza acustica sono pesati sulle percentuali di impiego del singolo macchinario rispetto al periodo di riferimento Diurno (16 ore), pertanto i livelli risultanti, successivamente confrontati con i limiti, sono relativi a tutto il periodo di

riferimento Diurno coerentemente con quanto richiesto dall'ultimo punto della Condizione Ambientale 6. Dall'analisi del cronoprogramma si è individuato il periodo più gravoso in termini di sovrapposizione delle lavorazioni, individuando due scenari di emissione:

Scenario 1 – Imbocco Sud

Si riporta in basso stralcio del cronoprogramma con individuazione del periodo più gravoso in termini di sovrapposizione delle lavorazioni, questo risulta essere per lo scenario 1 un periodo di 4 settimane corrispondente al quarto mese di lavoro.



All'interno dello ***Scenario 1 – Imbocco sud*** è stato previsto l'utilizzo dei seguenti mezzi, all'interno delle aree di cantiere e di lavoro corrispondenti alle lavorazioni, durante lo scenario di lavoro maggiormente impattante, considerando la contemporaneità durante tutto il periodo di riferimento e desunte dalla relazione di cantierizzazione.

I valori di potenza acustica sono pesati sulle percentuali di impiego del singolo macchinario rispetto al periodo di riferimento Diurno (16 ore), pertanto i livelli risultanti, successivamente confrontati con i limiti, sono relativi a tutto il periodo di riferimento Diurno coerentemente con quanto richiesto dall'ultimo punto della condizione Condizione Ambientale 6.

Si ricorda che le lavorazioni sono previste unicamente nel periodo diurno.

FAL - NV02 - Viabilità di accesso area di sicurezza imbocco Sud Galleria Bauladu						
Lavorazioni	**Macchinari impiegati**	**Lw [dB(A)]**	**n°**	**Ore di lavoro**	**% utilizzo**	**Lw[dB(A)]**
Canalette	Escavatori con martellone	120	1	2	12,5%	111,0
	Autobetoniere	100	1	8	50%	97,0
	Auto Pompe per calcestruzzo e spritz-beton	106	1	8	50%	103,0
	Vibratori per cls	60	1	8	50%	57,0
Lw tot						111,8

Area	300,0
Lw/m^2	87,0

FAL - IN04 - Tombino stradale						
Lavorazioni	**Macchinari impiegati**	**Lw [dB(A)]**	**n°**	**Ore di lavoro**	**% utilizzo**	**Lw[dB(A)]**
Ritombamento	Escavatori	108	1	8	50%	105,0
	Pale gommate	103	1	8	50%	100,0
	Autocarri e dumper	106	1	8	50%	103,0
	Rulli compattatori	103	1	4	25%	97,0
Lw tot						108,2
Area						300,0
Lw/m^2						83,5

FAL - TR02 - Trincea Galleria Bauladu - imbocco Oristano						
Lavorazioni	**Macchinari impiegati**	**Lw [dB(A)]**	**n°**	**Ore di lavoro**	**% utilizzo**	**Lw[dB(A)]**
Chiodatura scarpate	Rock drilll per chiodature scarpate	110	1	2	12,5%	101,0
	Motocompressori	105	1	2	12,5%	96,0
	Impianti di miscelazione	96	1	8	50%	93,0
	Pompe per acqua	86	1	8	50%	83,0
	Autobotti	92	1	8	50%	89,0
Spritz-beton scarpate	Autobetoniere	100	1	8	50%	97,0
	Auto Pompe per calcestruzzo e spritz-beton	106	1	8	50%	103,0
	Vibratori per cls	60	1	8	50%	57,0
Cordoli e Canalette	Escavatori con martellone	120	1	2	12,5%	111,0
	Autobetoniere	100	1	8	50%	97,0
	Auto Pompe per calcestruzzo e spritz-beton	106	1	8	50%	103,0
	Vibratori per cls	60	1	8	50%	57,0
Lw tot						112,9
Area						300,0
Lw/m^2						88,1

FAL - GA01 - Galleria Bauladu - imbocco Oristano						
Lavorazioni	**Macchinari impiegati**	**Lw [dB(A)]**	**n°**	**Ore di lavoro**	**% utilizzo**	**Lw[dB(A)]**
Sterro	Apripista Dozer	108	1	4	25%	102,0
	Escavatori	108	1	8	50%	105,0
	Escavatori con martellone	120	1	2	12,5%	111,0
	Pale gommate	103	1	4	25%	97,0
	Pale cingolate	108	1	4	25%	102,0
Micropali	Sonde di perforazione per micropali	110	1	4	12,5%	101,0
	Impianti di miscelazione	96	1	8	50%	93,0

	Pompe per acqua	86	1	8	50%	83,0
	Autobotti	92	1	8	50%	89,0
Scavo e chiodatura scarpate	Rock drilll per chiodature scarpate	110	1	2	12,5%	101,0
	Motocompressori	105	1	2	12,5%	96,0
	Impianti di miscelazione	96	1	8	50%	93,0
	Pompe per acqua	86	1	8	50%	83,0
	Autobotti	92	1	8	50%	89,0
Lw tot						113,6
Area						300,0
Lw/m^2						88,8

AT.01b - RI56 Piazzale locale PGEP Imbocco Sud - cantiere fisso						
Lavorazioni	**Macchinari impiegati**	**Lw [dB(A)]**	**n°**	**Ore di lavoro**	**% utilizzo**	**Lw[dB(A)]**
Scavo	Apripista Dozer	108	1	4	25%	102,0
	Escavatori	108	1	8	50%	105,0
	Escavatori con martellone	120	1	2	12,5%	111,0
	Pale gommate	103	1	4	25%	97,0
	Pale cingolate	108	1	4	25%	97,0
	Autocarri e dumper	106	1	8	50%	103,0
Sottofondo	Pale gommate	103	1	4	25%	97,0
	Autobotti	92	1	8	50%	89,0
	Rulli compattatori	103	1	4	25%	97,0
Gestione accumuli temporanei	Pale cingolate	108	1	4	25%	102,0
	Autobotti	92	1	8	50%	89,0
	Autocarri e dumper	106	1	8	50%	103,0

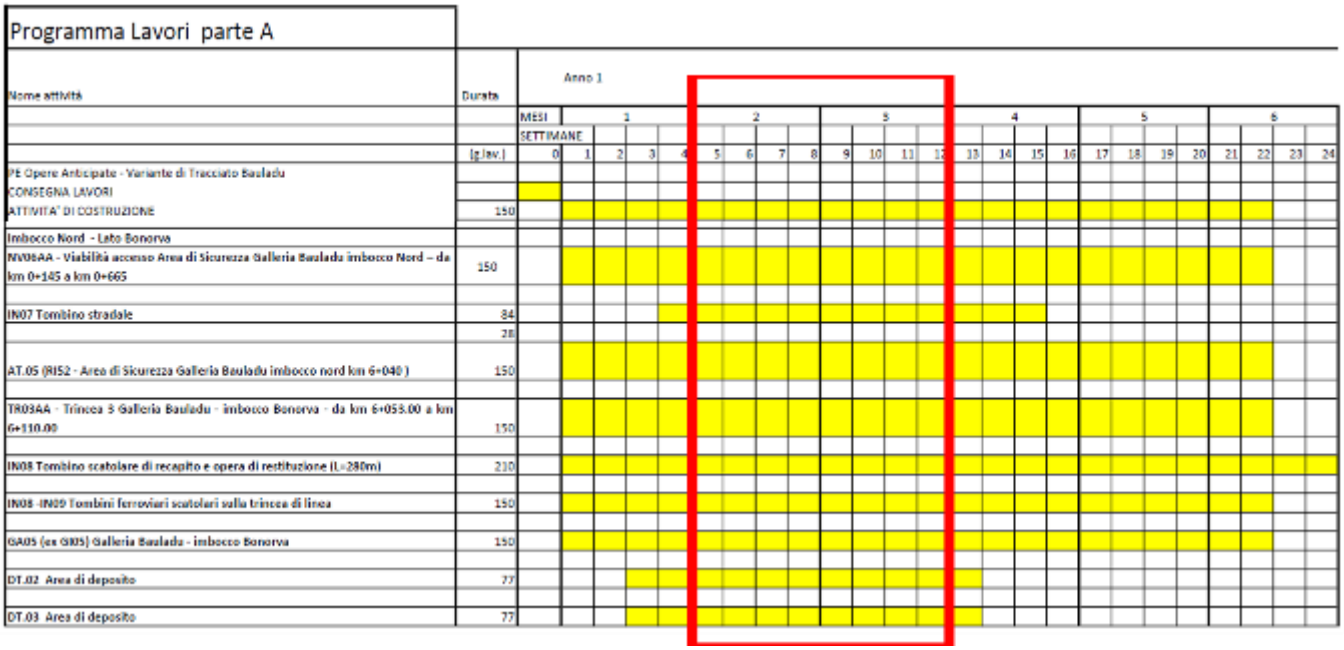
AT.01a - RI51 Area di sicurezza Imbocco Sud Galleria Bauladu - cantiere fisso						
Lavorazioni	**Macchinari impiegati**	**Lw [dB(A)]**	**n°**	**Ore di lavoro**	**% utilizzo**	**Lw[dB(A)]**
Scavo	Apripista Dozer	108	1	4	25%	102,0
	Escavatori	108	1	8	50%	105,0
	Escavatori con martellone	120	1	2	12,5%	111,0
	Pale gommate	103	1	4	25%	97,0
	Pale cingolate	108	1	4	25%	97,0
	Autocarri e dumper	106	1	8	50%	103,0
Sottofondo	Pale gommate	103	1	4	25%	97,0
	Autobotti	92	1	8	50%	89,0
	Rulli compattatori	103	1	4	25%	97,0
Gestione accumuli temporanei	Pale cingolate	108	1	4	25%	102,0
	Autobotti	92	1	8	50%	89,0
	Autocarri e dumper	106	1	8	50%	103,0

DT01 - Deposito temporaneo - cantiere fisso						
Lavorazioni	**Macchinari impiegati**	**Lw [dB(A)]**	**n°**	**Ore di lavoro**	**% utilizzo**	**Lw[dB(A)]**
Gestione accumuli temporanei	Pale cingolate	108	1	4	25%	102,0
	Autobotti	92	1	8	50%	89,0
	Autocarri e dumper	106	1	8	50%	103,0

AT.01a - AT.01b - DT01 - impianti fissi						
Lavorazioni	**Macchinari impiegati**	**Lw [dB(A)]**	**n°**	**Ore di lavoro**	**% utilizzo**	**Lw[dB(A)]**
Impianti fissi	Generatori corrente	76	1	8	8	73
	Impianti trattamento acque	92	1	8	8	89
	Impianti lavaggio ruote	96	1	8	8	93

Scenario 2 – Imbocco Nord

Si riporta in basso stralcio del cronoprogramma con individuazione del periodo più gravoso in termini di sovrapposizione delle lavorazioni, questo risulta essere per lo scenario 2 il periodo corrispondente al secondo e terzo mese di lavoro.



All'interno dello ***Scenario 2 – Imbocco Nord*** è stato previsto l'utilizzo dei seguenti mezzi, all'interno delle aree di cantiere e di lavoro corrispondenti alle lavorazioni, durante lo scenario di lavoro maggiormente impattante, considerando la contemporaneità durante tutto il periodo di riferimento e desunte dalla relazione di cantierizzazione. I valori di potenza acustica sono pesati sulle percentuali di impiego del singolo macchinario rispetto al periodo di riferimento Diurno (16 ore), pertanto i livelli risultanti, successivamente confrontati con i limiti, sono relativi a tutto il periodo di riferimento Diurno coerentemente con quanto richiesto dall'ultimo punto della condizione Condizione Ambientale 6.

Si ricorda che le lavorazioni sono previste unicamente nel periodo diurno.

FAL - NV06 AA - Viabilità accesso Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco Nord						
Lavorazioni	**Macchinari impiegati**	**Lw [dB(A)]**	**n°**	**Ore di lavoro**	**% utilizzo**	**Lw[dB(A)]**
Canalette	Escavatori con martellone	120	1	2	12,5%	111,0
	Autobetoniere	100	1	8	50%	97,0
	Auto Pompe per calcestruzzo e spritz-beton	106	1	8	50%	103,0
	Vibratori per cls	60	1	8	50%	57,0
Lw tot						111,8
Area						300,0
Lw/m^2						87,0

FAL - TR03 AA - Trincea 3 Galleria Bauladu – imbocco Bonorva						
Lavorazioni	**Macchinari impiegati**	**Lw [dB(A)]**	**n°**	**Ore di lavoro**	**% utilizzo**	**Lw[dB(A)]**
Scavo e Chiodatura scarpate	Rock drilll per chiodature scarpate	110	1	2	12,5%	101,0
	Motocompressori	105	1	2	12,5%	96,0
	Impianti di miscelazione	96	1	8	50%	93,0
	Pompe per acqua	86	1	8	50%	83,0
	Autobotti	92	1	8	50%	89,0
Spritz-beton scarpate	Autobetoniere	100	1	8	50%	97,0
	Auto Pompe per calcestruzzo e spritz-beton	106	1	8	50%	103,0
	Vibratori per cls	60	1	8	50%	57,0
Lw tot						106,5
Area						300,0
Lw/m^2						81,7

FAL - GA05 - Galleria Bauladu – imbocco Bonorva						
Lavorazioni	**Macchinari impiegati**	**Lw [dB(A)]**	**n°**	**Ore di lavoro**	**% utilizzo**	**Lw[dB(A)]**
Sterro	Apripista Dozer	108	1	4	25%	102,0
	Escavatori	108	1	8	50%	105,0
	Escavatori con martellone	120	1	2	12,5%	111,0
	Pale gommate	103	1	4	25%	97,0
	Pale cingolate	108	1	4	25%	102,0
Micropali	Sonde di perforazione per micropali	110	1	2	12,5%	101,0
	Impianti di miscelazione	96	1	8	50%	93,0
	Pompe per acqua	86	1	8	50%	83,0
	Autobotti	92	1	8	50%	89,0
	Rock drilll per chiodature scarpate	110	1	2	12,5%	101,0
	Motocompressori	105	1	2	12,5%	96,0

Scavo e chiodatura scarpate	Impianti di miscelazione	96	1	8	50%	93,0
	Pompe per acqua	86	1	8	50%	83,0
	Autobotti	92	1	8	50%	89,0
Lw tot						113,6
Area						300,0
Lw/m^2						88,8

FAL - IN08 - IN09 - Tombino ferroviario						
Lavorazioni	**Macchinari impiegati**	**Lw [dB(A)]**	**n°**	**Ore di lavoro**	**% utilizzo**	**Lw[dB(A)]**
Scavo	Apripista Dozer	108	1	4	25%	102,0
	Escavatori	108	1	8	50%	105,0
	Escavatori con martellone	120	1	2	12,5%	111,0
	Pale gommate	103	1	4	25%	97,0
	Pale cingolate	108	1	4	25%	97,0
	Autocarri e dumper	106	1	8	50%	103,0
Armatura e getto	Auto Pompe per calcestruzzo e spritz-beton	106	1	8	50%	103,0
	Pompe per acqua	86	1	8	50%	83,0
	Autobotti	92	1	8	50%	89,0
	Autobetoniere	100	1	8	50%	97,0
	Vibratori per cls	60	1	8	50%	57,0
Lw tot						113,6
Area						300,0
Lw/m^2						88,8

FAL - AT.05 - RI52 Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco nord						
Lavorazioni	**Macchinari impiegati**	**Lw [dB(A)]**	**n°**	**Ore di lavoro**	**% utilizzo**	**Lw[dB(A)]**
Scavo	Apripista Dozer	108	1	4	25%	102,0
	Escavatori	108	1	8	50%	105,0
	Escavatori con martellone	120	1	2	12,5%	111,0
	Pale gommate	103	1	4	25%	97,0
	Pale cingolate	108	1	4	25%	97,0
	Autocarri e dumper	106	1	8	50%	103,0
Sottofondo	Pale gommate	103	1	4	25%	97,0
	Autobotti	92	1	8	50%	89,0
	Rulli compattatori	103	1	4	25%	97,0
Gestione accumuli temporanei	Pale cingolate	108	1	4	25%	102,0
	Autobotti	92	1	8	50%	89,0
	Autocarri e dumper	106	1	8	50%	103,0

DT02 - DT.03 - Deposito temporaneo - cantiere fisso						
Lavorazioni	**Macchinari impiegati**	**Lw [dB(A)]**	**n°**	**Ore di lavoro**	**% utilizzo**	**Lw[dB(A)]**
Gestione accumuli temporanei	Pale cingolate	108	1	4	25%	102,0
	Autobotti	92	1	8	50%	89,0
	Autocarri e dumper	106	1	8	50%	103,0

Aree Tecniche e di deposito provvisorio Imb. Sud - impianti fissi						
Lavorazioni	**Macchinari impiegati**	**Lw [dB(A)]**	**n°**	**Ore di lavoro**	**% utilizzo**	**Lw[dB(A)]**
Impianti fissi	Generatori corrente	76	1	8	8	73,0
	Impianti trattamento acque	92	1	8	8	89,0
	Impianti lavaggio ruote	96	1	8	8	93,0

7.2.7 Risultati delle simulazioni acustiche

Si riportano alle pagine successive i risultati delle simulazioni acustiche per ogni singolo scenario, effettuate secondo i criteri descritti nei paragrafi precedenti. Tali risultati si riferiscono alle condizioni di emissione maggiormente penalizzanti in termini di impegno delle sorgenti ed avvicinamento ai ricettori; questa situazione costituisce di fatto un caso limite che si verificherà in periodi estremamente circoscritti, mentre per la maggior parte della durata delle attività di cantiere i livelli saranno più contenuti. I risultati proposti nelle mappature, riferiti alla situazione estrema di cui sopra, mostrano gli scenari corrispondenti alle lavorazioni di parte A oggetto di studio livelli di pressione sonora presso i ricettori entro i limiti, come sarà di volta in volta segnalato nei commenti dedicati ai singoli scenari.

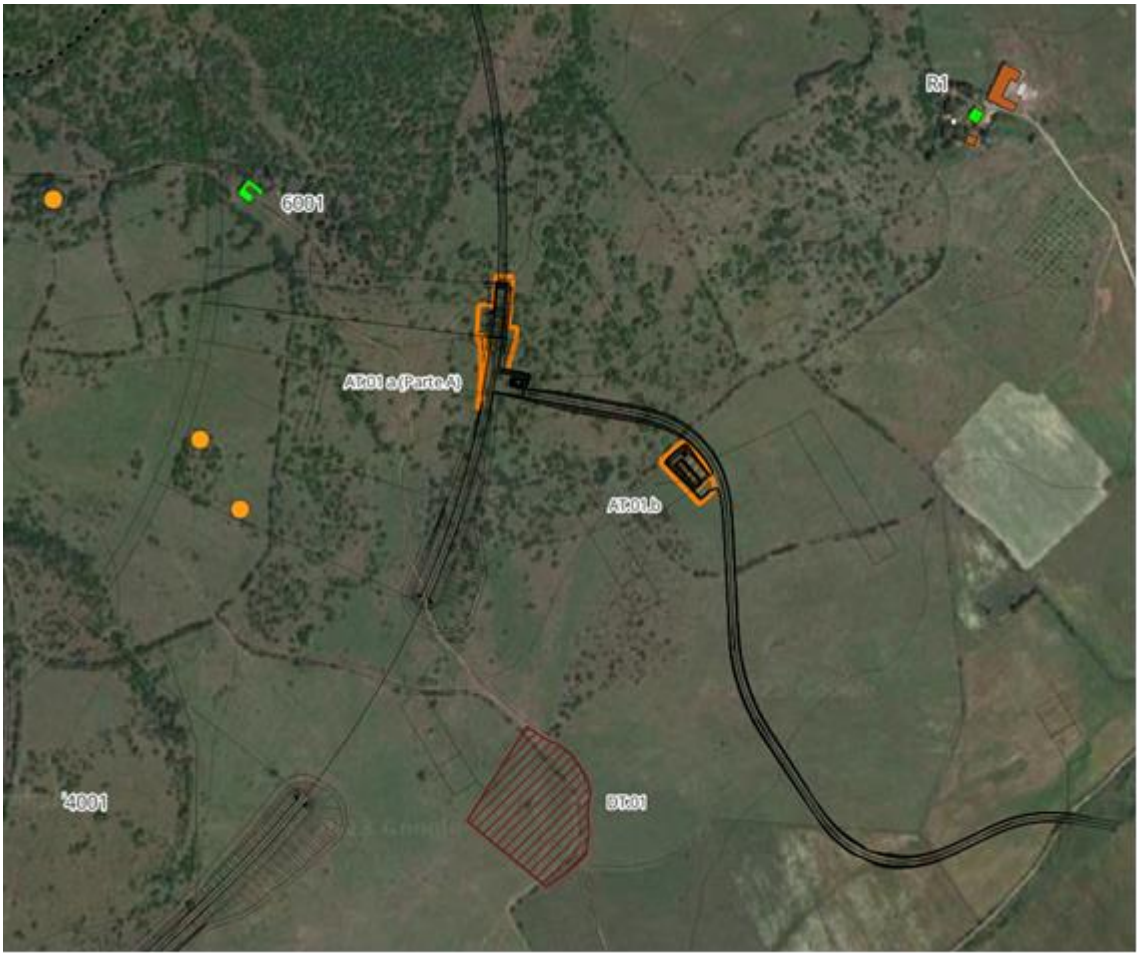
La modifica dell'ubicazione dell'area del Campo Base CB.01, rispetto all'ubicazione individuata in Progetto Definitivo non è di tipo funzionale. La nuova area di occupazione, ubicata nelle vicinanze di alcuni ricettori abitativi, non sarà caratterizzata dalla presenza di sorgenti e pertanto non andrà ad alterare il clima acustico attualmente presente. Diversamente tutti gli altri cantieri sono stati valutati negli scenari in conformità alla condizione ambientale 6.

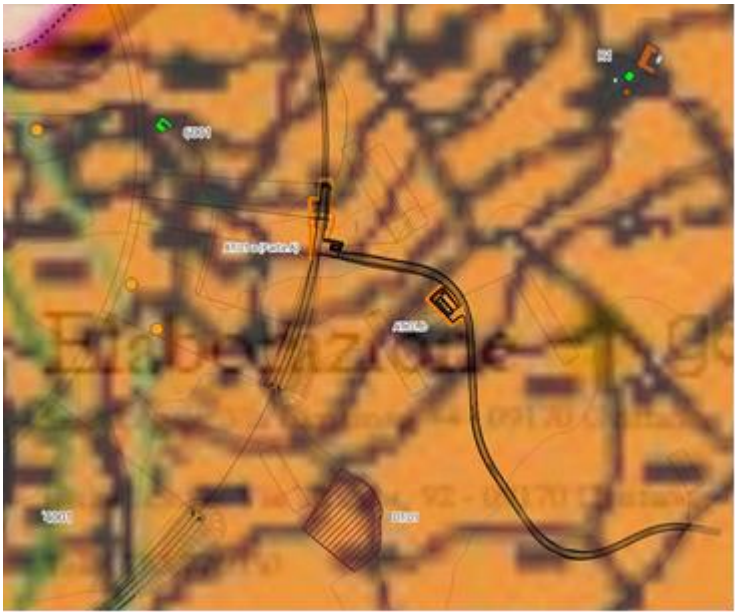
La legenda per la classificazione degli edifici è mostrata di seguito.

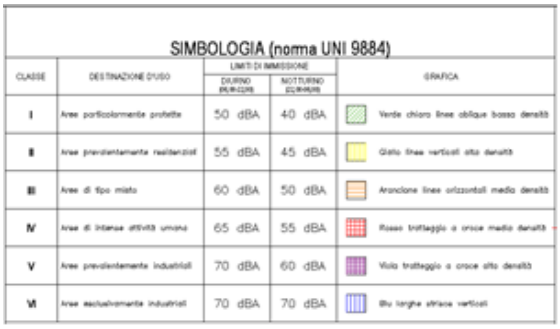
RICETTORI			
Colore	**Descrizione**	**Colore**	**Descrizione**
	COMMERCIALE E SERVIZI		RESIDENZIALE
	PERTINENZA F.S.		RUDERI, DISMESSI, BOX E DEPOSITI
	FABBRICATI ESPROPRIATI/IN DEMOLIZIONE		INDUSTRIALE ED ARTIGIANALE

Scenario 1 – Imbocco Sud

Codice	Descrizione	Comune	Superficie
AT.01a (Parte A)	Area Tecnica	Solarussa (OR)	4.500 mq
AT.01b	Area Tecnica	Solarussa (OR)	2.500 mq
DT.01	Deposito TEMPORANEO	Solarussa (OR)	12.500 mq







Comune	***Limite di riferimento diurno*** ***DPCM 14 Novembre 1997***
Solarussa (OR)	Classe III 55 dB(A)

Di seguito si riporta la mappa isolivello in planimetria della pressione sonora simulata con le ipotesi indicate, con evidenziate le aree di cantiere.

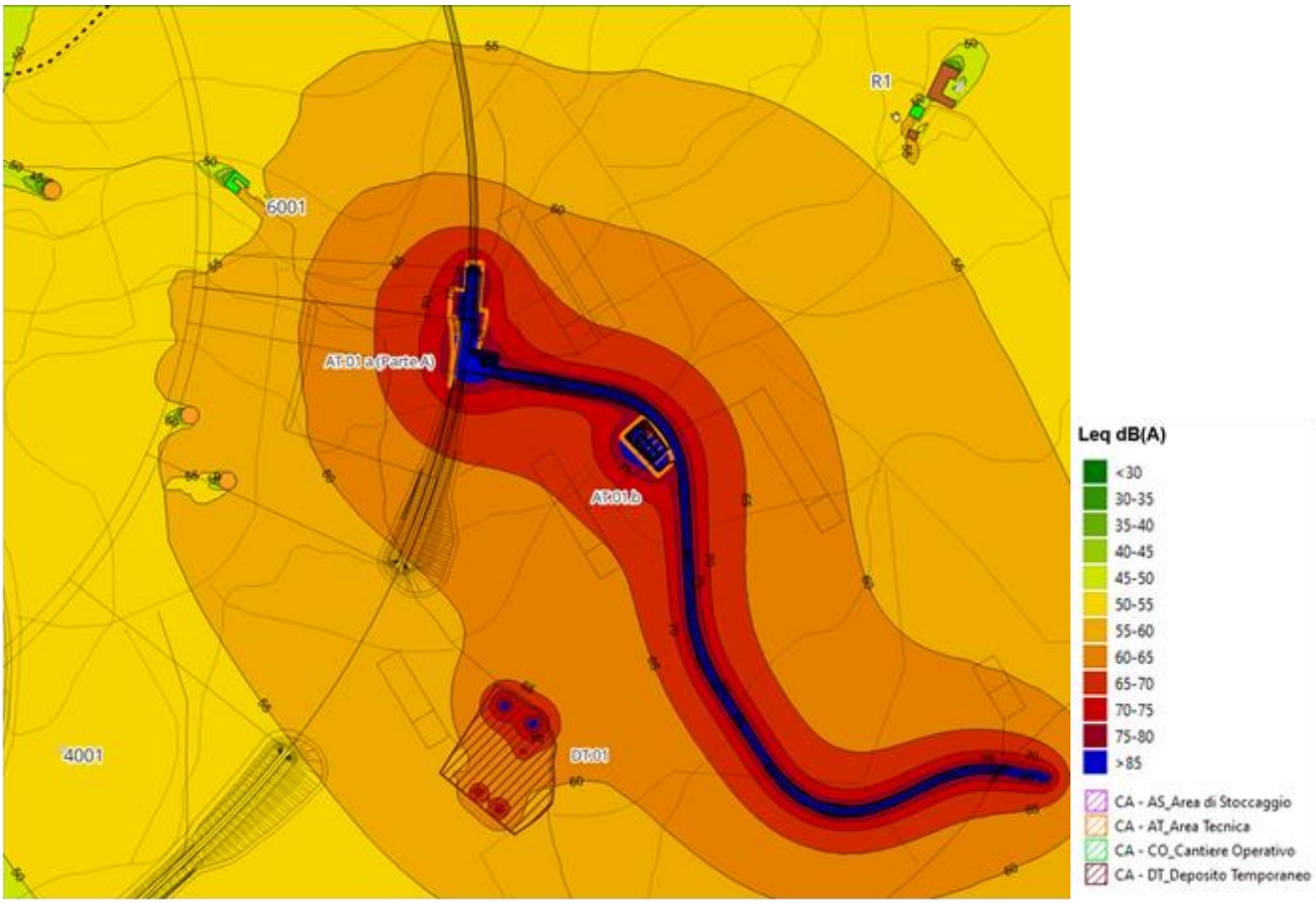


Figura 92 - Mappatura acustica, h=4 metri, in assenza di elementi mitigativi

I ricettori limitrofi al cantiere risultano collocati all'interno del Comune di Solarussa (OR). Questo comune come previsto dalla Legge n°447 del 26 ottobre 1995 ha provveduto ad approvare il PCCA. per questo comuni sono vigenti limiti di emissione fissati dal DPCM del 14 novembre 1997. Le aree di cantiere ricadono all'interno di una zona classificata in classe III con limite di emissione diurno pari a 55 dB(A).

Come si può notare dalla figura sopra riportata, l'insieme delle lavorazioni previste nelle aree considerate genera emissioni inferiori al limite normativo. Per tale motivo, non è stato necessario prevedere l'adozione di barriere antirumore.

Si riporta di seguito la tabella con i livelli in facciata presso i ricettori più prossimi alle aree di cantiere, per la determinazione del livello di immissione è stato utilizzato come valore di residuo il valore misurato nella compagna di misura nella postazione RUM_1:

ID	Destinazione d'uso	Leq Emissione Diurno Simulato	Leq Immissione Diurno Calcolato
4001	Ruderi edif. dismessi	**51,7 dB(A)**	**51,9 dB(A)**

ID	Destinazione d'uso	Leq Emissione Diurno Simulato	Leq Immissione Diurno Calcolato
6001	Residenziale	**54,3 dB(A)**	**54,4 dB(A)**
R1	Residenziale	**51,0 dB(A)**	**51.2 dB(A)**

Verifica del rispetto dei limiti Normativi

Nelle seguenti tabelle, si effettua un confronto tra i valori simulati ed i limiti di zona imposti dal Piano di Classificazione Acustica Comunale (ai sensi della Legge n°447 del 26 ottobre 1995).

Emissione

Nella tabella seguente si effettua il confronto tra i livelli di emissione calcolati ai ricettori, con i limiti di legge vigenti.

Ricettore	Destinazione	L_{eq} Emissione Diurno Simulato [dB(A)]	Classificazione acustica e limite di EMISSIONE DIURNO DPCM 14/11/97 e PCCA	Confronto
4001	Ruderi edif. dismessi	**51,7**	Classe III - 55 dB(A)	Entro i limiti
6001	Residenziale	**54,3**	Classe III - 55 dB(A)	Entro i limiti
R1	Residenziale	**51,0**	Classe III - 55 dB(A)	Entro i limiti

Immissione Assoluta

Nella tabella seguente si effettua il confronto tra i livelli di immissione calcolati ai ricettori, con i limiti di legge vigenti.

Ricettore	Leq Emissione Diurno Simulato [dB(A)]	L_R Residuo Diurno Misurato [dB(A)]	Leq Immissione Diurno Calcolato [dB(A)]	Classificazione acustica e limite di IMMISSIONE DIURNO DPCM 14/11/97 e PCCA	Confronto
4001	51,7	38,0	**51,9**	Classe III - 60 dB(A)	Entro i limiti
6001	54,3	38,0	**54,4**	Classe III - 60 dB(A)	Entro i limiti
R1	51,0	38,0	**51,2**	Classe III - 60 dB(A)	Entro i limiti

Criterio differenziale

Il D.P.C.M. 14/11/97, come il D.P.C.M. 01/03/91, prescrive che, per zone non esclusivamente industriali, non devono essere superate, all'interno degli ambienti abitativi, differenze massime tra il livello di rumore ambientale ed il livello del rumore residuo pari a 5 dB(A) di giorno e 3 dB(A) di notte.

La corretta applicazione del criterio differenziale prevede che i rilievi fonometrici con e senza la sorgente sonora oggetto di verifica siano effettuati all'interno di ambienti abitativi.

Nel presente caso, il contributo della sorgente principale e delle sorgenti concorrenti sono definite dalle misure condotte e da una elaborazione successiva per la determinazione del livello ed eseguite sostanzialmente in prossimità dei fabbricati più vicini confine dell'area dello stabilimento, ma non all'interno degli stessi. Si ricorda inoltre che sulla base del D.P.C.M. 14/11/97 la non applicabilità del criterio differenziale sussiste in periodo diurno se:

- il livello ambientale interno misurato con finestre aperte risulta inferiore ai 50 dB(A);
- il livello ambientale interno misurato con finestre chiuse risulta inferiore ai 35 dB(A);

ed in periodo notturno se:

- il livello ambientale interno misurato con finestre aperte risulta inferiore ai 40 dB(A);
- il livello ambientale interno misurato con finestre chiuse risulta inferiore ai 25 dB(A).

Per la stima dei livelli in ambiente abitativo a finestre aperte e chiuse si è ipotizzato un potere di fonoisolante della facciata pari a 21 dB a finestre chiuse e una riduzione dei livelli a finestre aperte (fattore di forma) pari a 5 dBA.

Considerando quindi una riduzione di 5 dB dei livelli all'interno delle abitazioni a finestre aperte, e 21 dB a finestre chiuse, si è ritenuto applicabile il limite differenziale quando il livello di immissione dato dalla somma energetica del livello di emissione del cantiere derivante dalla simulazione e del livello di rumore residuo derivante dalla campagna di monitoraggio fonometrico risulti maggiore o uguale a 55.

Di seguito si riportano le tabelle con i valori di differenziale che si riscontrano in base ai dati di input caricati all'interno del modello di calcolo.

Si procede alla verifica del criterio differenziale valutando la differenza tra i livelli di immissione (somma livelli di residuo e livelli emissione simulati) ed i livelli di rumore residuo.

Nella valutazione del differenziale verrà utilizzato come valore di residuo, il valore misurato nella compagna di misura nella postazione RUM_1.

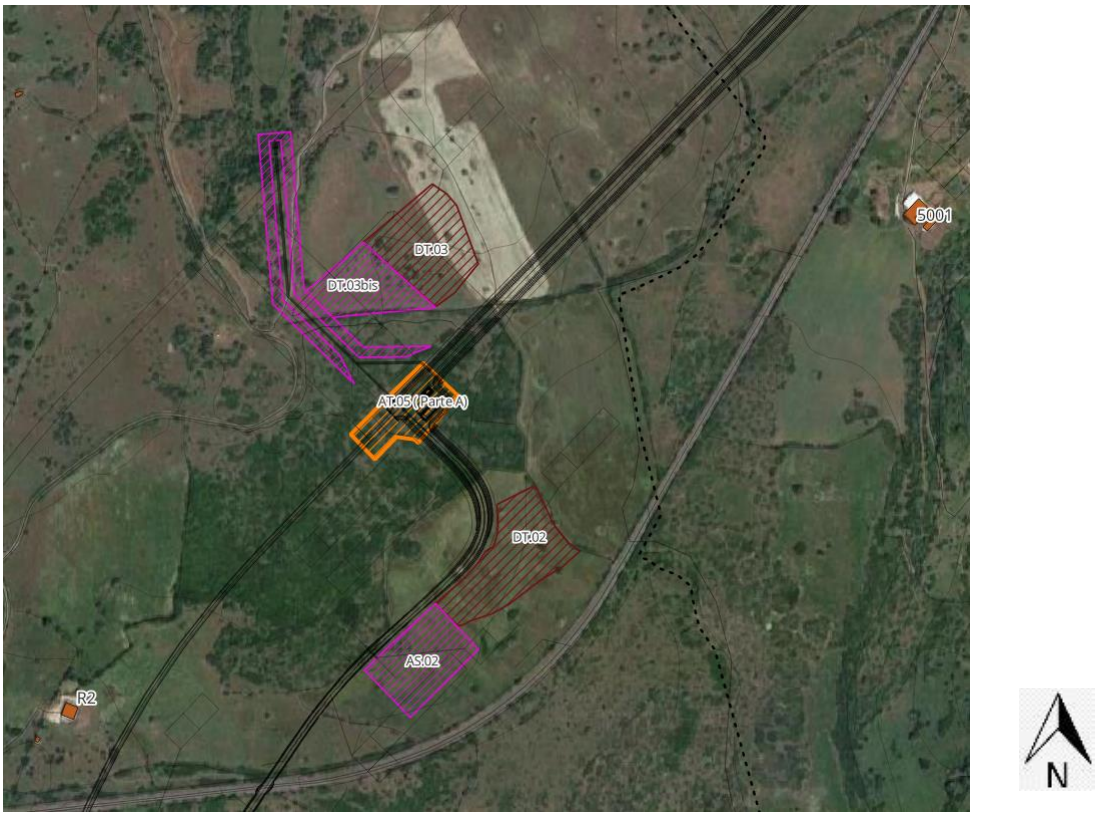
Ricettore	L_{eq} Immissione Diurno Calcolato [dB(A)]	L_R Residuo Diurno Misurato [dB(A)]	L_A Differenziale	Limite Diurno	Confronto
4001	51,9	38,0	Non applicabile	5 dB(A)	**Non applicabile**
6001	54,4	38,0	Non applicabile	5 dB(A)	**Non applicabile**
R1	51,2	38,0	Non applicabile	5 dB(A)	**Non applicabile**

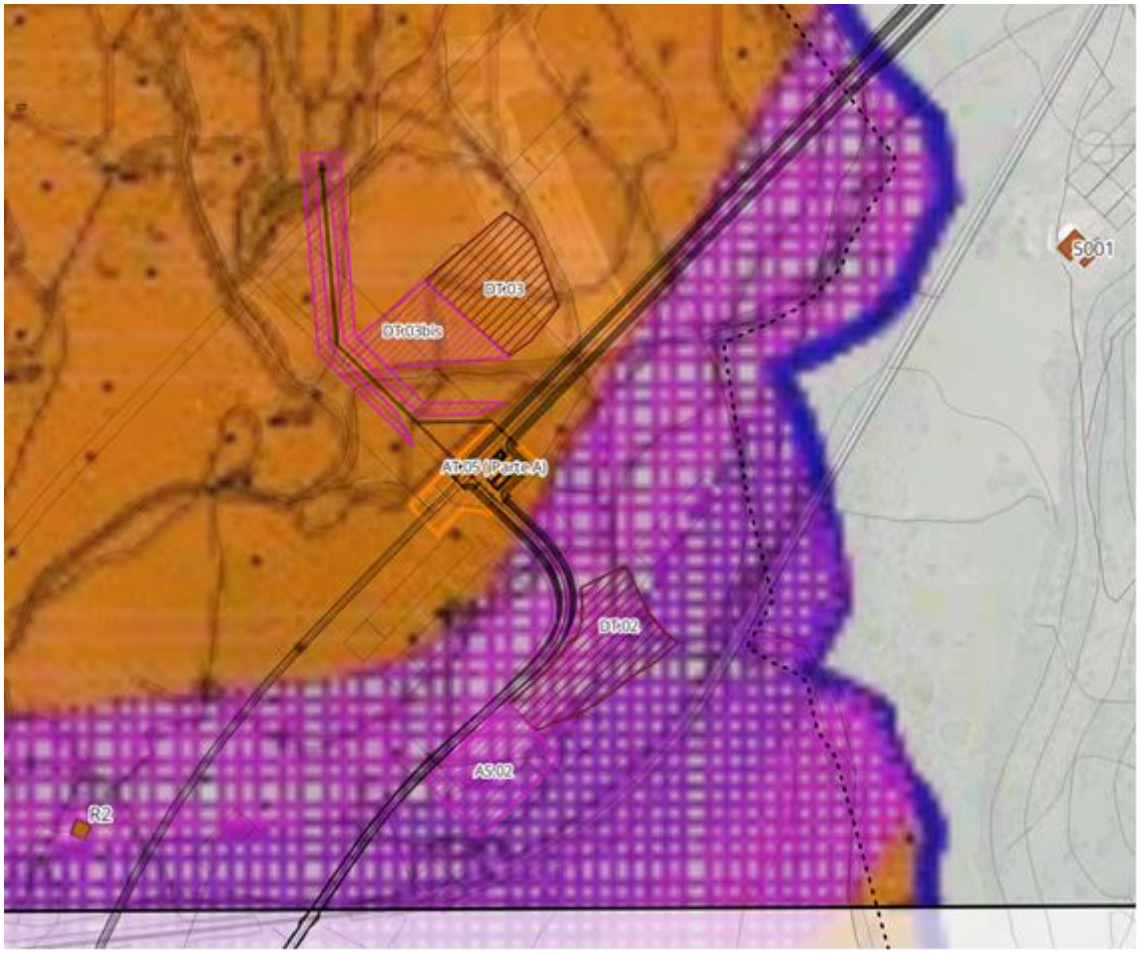
Il criterio differenziale risulta non applicabile per i ricettori dello scenario 1 in quanto i livelli equivalenti di immissione diurni, dato dalla somma energetica del livello di emissione del cantiere derivante dalla

simulazione e del livello di rumore residuo derivante dalla campagna di monitoraggio fonometrico, risultano inferiori a 55 dB(A) in condizioni di finestre aperte e 35 dB (A) in condizioni di finestre chiuse.

Scenario 2 – Imbocco Nord

Codice	Descrizione	Comune	Superficie
AT.05	Area Tecnica	Bauladu (OR)	5.400 mq
DT.02	Deposito Temporaneo	Bauladu (OR)	12.500 mq
AS.02	Area di Stoccaggio	Bauladu (OR)	8.400 mq
DT.03	Deposito Temporaneo	Bauladu (OR)	11.000 mq
DT.03bis	Deposito Temporaneo	Bauladu (OR)	7.300 mq
Ampliamento a 40 m occupazione temporanea in asse a IN08	Deposito Temporaneo	Bauladu (OR)	9.000 mq

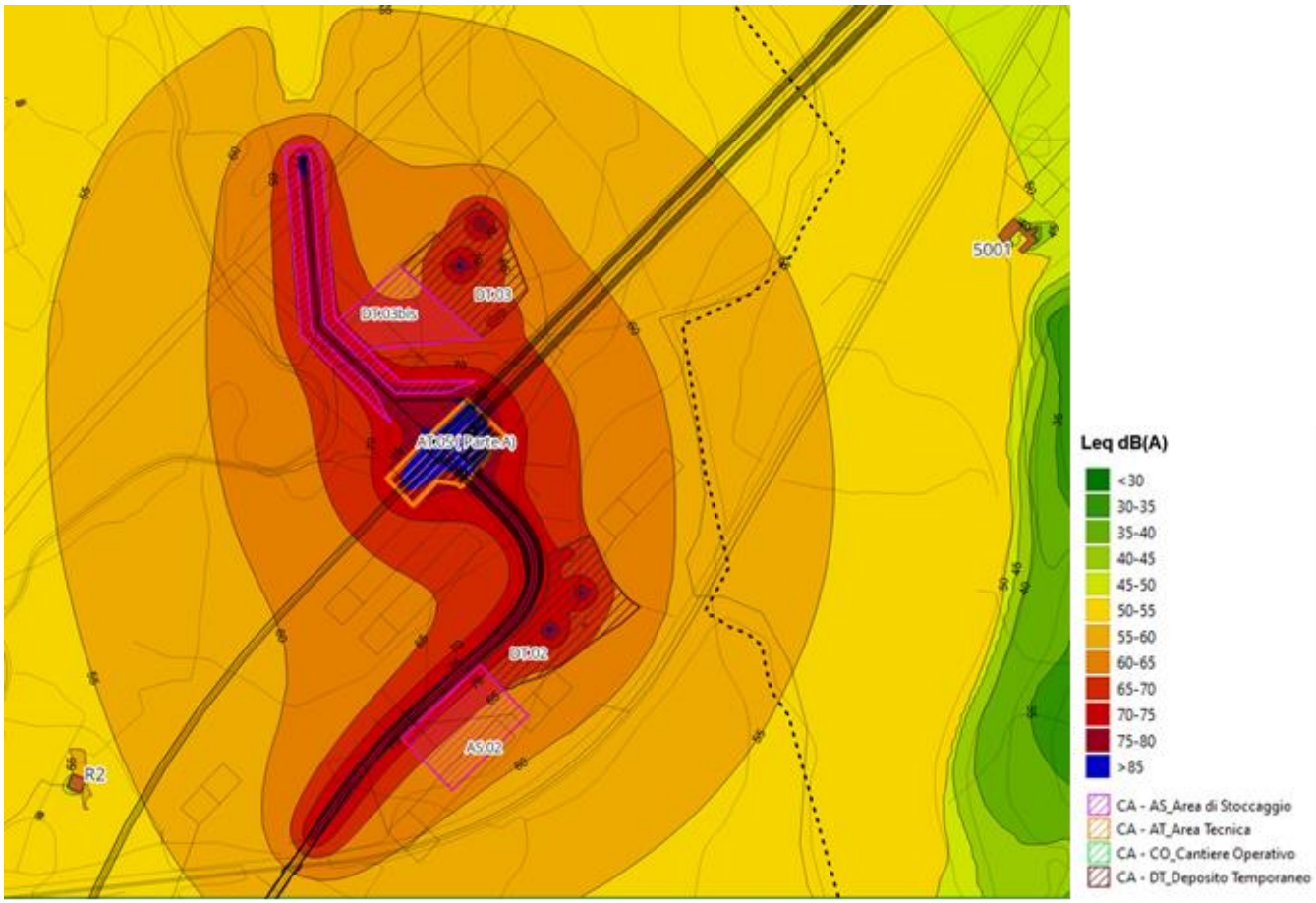




Classe	Colore	
I aree particolarmente protette	Verde	
II aree prevalentemente residenziali	Giallo	
III aree di tipo misto	Arancione	
IV aree di intensa attività umana	Rosso	
V aree prevalentemente industriali	Viola	
VI aree esclusivamente industriali	Blu	

Comune	***Limite di riferimento diurno*** ***DPCM 14 Novembre 1997- DPCM 1° marzo 1991***
Bauladu (OR)	Classe III 55 dB(A)
Paulilatino	Ter. Nazionale 70 dB(A)

Di seguito si riporta la mappa isolivello in planimetria della pressione sonora simulata con le ipotesi indicate, con evidenziate le aree di cantiere.



I ricettori limitrofi al cantiere risultano collocati all'interno del Comune di Bauladu e Paulilatino (OR). Il comune di Bauladu come previsto dalla Legge n°447 del 26 ottobre 1995 ha provveduto ad approvare il PCCA, per questo comuni sono vigenti limiti di emissione fissati dal DPCM del 14 novembre 1997, ne è sprovvisto il comune di Paulilatino dove sono vigenti i limiti DPCM 1° marzo 1991. Le aree di cantiere ricadono all'interno di una zona classificata in classe III con limite di emissione diurno pari a 55 dB(A).

Come si può notare dalla figura sopra riportata, l'insieme delle lavorazioni previste nelle aree considerate genera emissioni inferiori al limite normativo. Per tale motivo, non è stato necessario prevedere l'adozione di barriere antirumore.

Si riporta di seguito la tabella con i livelli in facciata presso i ricettori più prossimi alle aree di cantiere, per la determinazione del livello di immissione è stato utilizzato come valore di residuo il valore misurato nella compagna di misura nella postazione RUM_2:

ID	Destinazione d'uso	Leq Emissione Diurno Simulato	Leq Immissione Diurno Calcolato
5001	Artigianale industriale	**50,7 dB(A)**	**51,5 dB(A)**

ID	Destinazione d'uso	Leq Emissione Diurno Simulato	Leq Immissione Diurno Calcolato
R2	Artigianale industriale	**53,8 dB(A)**	**54,2 dB(A)**

Verifica del rispetto dei limiti Normativi

Nelle seguenti tabelle, si effettua un confronto tra i valori simulati ed i limiti di zona imposti dal Piano di Classificazione Acustica Comunale (ai sensi della Legge n°447 del 26 ottobre 1995).

Emissione

Nella tabella seguente si effettua il confronto tra i livelli di emissione calcolati ai ricettori, con i limiti di legge vigenti.

Ricettore	Destinazione	L_{eq} Emissione Diurno Simulato [dB(A)]	Classificazione acustica e limite di EMISSIONE DIURNO DPCM 14/11/97 e PCCA	Confronto
5001	Artigianale industriale	**50,7**	Classe III - 55 dB(A)	Entro i limiti
R2	Artigianale industriale	**53,8**	Ter. Nazionale 70 dB(A)	Entro i limiti

Immissione Assoluta

Nella tabella seguente si effettua il confronto tra i livelli di immissione calcolati ai ricettori, con i limiti di legge vigenti.

Ricettore	Leq Emissione Diurno Simulato [dB(A)]	L_R Residuo Diurno Misurato [dB(A)]	Leq Immissione Diurno Calcolato [dB(A)]	Classificazione acustica e limite di IMMISSIONE DIURNO DPCM 14/11/97 e PCCA	Confronto
5001	**50,7**	43,9	**51,5**	Classe III - 60 dB(A)	Entro i limiti
R2	**53,8**	43,9	**54,2**	Ter. Nazionale 70 dB(A)	Entro i limiti

Criterio differenziale

Il D.P.C.M. 14/11/97, come il D.P.C.M. 01/03/91, prescrive che, per zone non esclusivamente industriali, non devono essere superate, all'interno degli ambienti abitativi, differenze massime tra il livello di rumore ambientale ed il livello del rumore residuo pari a 5 dB(A) di giorno e 3 dB(A) di notte.

La corretta applicazione del criterio differenziale prevede che i rilievi fonometrici con e senza la sorgente sonora oggetto di verifica siano effettuati all'interno di ambienti abitativi.

Nel presente caso, il contributo della sorgente principale e delle sorgenti concorrenti sono definite dalle misure condotte e da una elaborazione successiva per la determinazione del livello ed eseguite

sostanzialmente in prossimità dei fabbricati più vicini confine dell'area dello stabilimento, ma non all'interno degli stessi. Si ricorda inoltre che sulla base del D.P.C.M. 14/11/97 la non applicabilità del criterio differenziale sussiste in periodo diurno se:

- il livello ambientale interno misurato con finestre aperte risulta inferiore ai 50 dB(A);
- il livello ambientale interno misurato con finestre chiuse risulta inferiore ai 35 dB(A);

ed in periodo notturno se:

- il livello ambientale interno misurato con finestre aperte risulta inferiore ai 40 dB(A);
- il livello ambientale interno misurato con finestre chiuse risulta inferiore ai 25 dB(A).

Per la stima dei livelli in ambiente abitativo a finestre aperte e chiuse si è ipotizzato un potere di fonoisolante della facciata pari a 21 dB a finestre chiuse e una riduzione dei livelli a finestre aperte (fattore di forma) pari a 5 dBA.

Considerando quindi, cautelativamente, una riduzione di 5 dB dei livelli all'interno delle abitazioni a finestre aperte, e 21 dB a finestre chiuse, si è ritenuto applicabile il limite differenziale quando il livello di immissione dato dalla somma energetica del livello di emissione del cantiere derivante dalla simulazione e del livello di rumore residuo derivante dalla campagna di monitoraggio fonometrico, risulti maggiore o uguale a 55.

Di seguito si riportano le tabelle con i valori di differenziale che si riscontrano in base ai dati di input caricati all'interno del modello di calcolo. Si procede alla verifica del criterio differenziale valutando la differenza tra i livelli di immissione (somma livelli di residuo e livelli emissione simulati) ed i livelli di rumore residuo.

Nella valutazione del differenziale verrà utilizzato come valore di residuo, il valore misurato nella compagna di misura nella postazione RUM_2.

Ricettore	L_{eq} Immissione Diurno Calcolato [dB(A)]	L_R Residuo Diurno Misurato [dB(A)]	L_A Differenziale	Limite Diurno	Confronto
5001	**51,5**	43,9	Non applicabile	5 dB(A)	**Non applicabile**
R2	**54,2**	43,9	Non applicabile	5 dB(A)	**Non applicabile**

Il criterio differenziale risulta non applicabile per i ricettori dello scenario 2 in quanto i livelli equivalenti di immissione diurni, dato dalla somma energetica del livello di emissione del cantiere derivante dalla simulazione e del livello di rumore residuo derivante dalla campagna di monitoraggio fonometrico, risultano inferiori a 55 dB(A) in condizioni di finestre aperte e 35 dB(A in condizioni di finestre chiuse.

7.2.8 Valutazione

7.2.9 Impatto legislativo

Per la componente ambientale in esame la normativa di riferimento rappresentata dal D.P.C.M. 01/03/1991, dalla Legge 26/10/1995 n. 447, dal D.P.C.M. 14/11/1997 individua i valori limiti di rumore da non superare in corrispondenza dei ricettori.

L'impatto legislativo è comunque non trascurabile, dal momento che, in fase di esecuzione potrebbero essere rilevati, in alcuni periodi, livelli di rumore superiori ai limiti di normativa in corrispondenza degli edifici più prossimi alle aree di cantiere.

7.2.10 Interazione opera – ambiente

L'impatto ambientale sulla componente è costituito dalle modifiche indotte su di essa dalle attività di costruzione.

L’analisi dell’impatto ambientale, ossia dell’interazione opera-ambiente, viene condotta analizzando le ripercussioni su questo aspetto ambientale in termini di quantità (il livello di superamento eventualmente riscontrato rispetto alla situazione ante-operam), di severità (la frequenza e la durata degli eventuali impatti e la loro possibile irreversibilità) e di sensibilità (in termini di presenza di ricettori che subiscono gli impatti).

In termini di severità, l’impatto atteso si estenderà alla durata complessiva dei lavori; inoltre il tempo di permanenza delle diverse sorgenti acustiche in corrispondenza dei singoli ricettori è in funzione della velocità di avanzamento del fronte del cantiere mobile stesso.

In termini di sensibilità del territorio, anche se le aree interessate dagli interventi sono caratterizzate generalmente dalla presenza di un numero di ricettori piuttosto limitato, data la loro ubicazione a distanze relativamente ridotte dalle aree di lavoro, la sensibilità del territorio può essere valutata come significativa.

Non si registra la presenza di ricettori sensibili in corrispondenza delle aree maggiormente impattate dalla realizzazione degli interventi previsti.

7.2.11 Percezione delle parti interessate

Il rumore costituisce uno dei problemi di maggiore rilievo per la popolazione residente in prossimità delle aree di cantiere e di lavoro, ed uno dei maggiori motivi di lamentele e proteste nei riguardi delle imprese di costruzione.

I soggetti interessati non sono però costituiti unicamente dai cittadini, ma anche dai Comuni, responsabili della verifica che i livelli di rumore siano tali da garantire i livelli di normativa prefissati per tutelare la salute dei cittadini, e dagli Organi di Controllo (ARPA).

L'impatto su tali parti è pertanto da considerarsi significativo.

7.2.12 Mitigazioni ambientali

Nelle fasi di realizzazione delle opere verranno applicate generiche procedure di natura logistica/organizzativa per il contenimento dell'impatto acustico generato dalle attività di cantiere. In particolare verranno adottate misure che riguardano l’organizzazione del lavoro e del cantiere, verrà curata la scelta delle macchine e delle attrezzature e verranno previste opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature.

Per quanto riguarda l’organizzazione del lavoro si seguiranno in genere le seguenti indicazioni generali:

- Entro le rispettive aree tecniche, l'Impresa avrà cura di localizzare gli impianti fissi più rumorosi (betonaggio, officine meccaniche, elettrocompessori, ecc…) alla massima distanza dai ricettori;
- Gli impianti che hanno un'emissione direzionale saranno orientati in direzione opposta rispetto ai ricettori, in modo da ottenere, lungo l'ipotetica linea congiungente la sorgente con il ricettore stesso, il livello minimo di pressione sonora.

Saranno inoltre adottati i seguenti accorgimenti:

- **Mascheramento della rumorosità**: le attività a maggiore impatto acustico saranno concentrate in intervalli temporali diurni caratterizzati da condizioni di maggiore rumorosità di fondo (presumibilmente nei due archi temporali 10-12 e 15-18), affinché il contributo del cantiere possa essere mascherato quanto più possibile dal residuo preesistente;
- **Informazione alla popolazione**: sarà data preventiva informazione alla popolazione esposta in termini di durata delle attività, al fine di circostanziare la cognizione del disturbo a intervalli noti;
- **Limitazione del periodo di accensione dei mezzi**: tutti i dispositivi di cantiere saranno accesi per la durata strettamente necessaria allo svolgersi delle attività. Saranno inoltre implementati mezzi dotati di meccanismo che spenga il motore in caso di inattività, limitando pertanto la finestra di emissioni di rumore ai periodi di effettivo utilizzo.
- **Utilizzo di mezzi conformi alla normativa in materia**: saranno utilizzati macchinari e attrezzature idonei a funzionare all'aperto (secondo D.P.R. 24 luglio 1996, n. 459) provvisti di marcatura CE relativamente alle emissioni acustiche. In particolare tali dispositivi risponderanno alle prescrizioni della Direttiva 2000/14/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 08 maggio 2000 "Ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri concernenti l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto" (G.U.C.E. L 162 del 3 luglio 2000)", nonché delle successive modifiche ed integrazioni e decreti attuativi della medesima, riassunti di seguito:
    - Commissione Europea/D.G. Ambiente/Gruppo di Lavoro 7 "*Linee guida per l'applicazione della direttiva 2000/14/CE*" (anno 2001);
    - D. Lgs. 4 settembre 2002, n. 262 "*Attuazione della Direttiva 2000/14/CE*" (Suppl. Ord. Alla G.U.R.I. n. 273 del 21 novembre 2002);
    - Commissione Europea/D.G. Ambiente "EC Declaration of Conformity for 2000/14 – Advice for the manufacturer of equipment covered by European Directive 2000/14/EC" (2003);
    - Direttiva 2005/88/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, 14 dicembre 2005 "che modifica la direttiva 2000/14/CE sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri

concernenti l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto" (G.U.C.E. L 344 del 27 dicembre 2005);

- D.M.A. 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." (G.U. n. 182 del 7 agosto 2006)"
- D.M.T. 4 aprile 2008: "Rettifica del decreto 14 dicembre 2007 di recepimento della direttiva 2007/34/CE della Commissione del 14 giugno 2007, che modifica, ai fini dell'adattamento al progresso tecnico, la direttiva 70/157/CEE del Consiglio relativa al livello sonoro ammissibile e al dispositivo di scappamento dei veicoli a motore". (G.U. n. 135 del 11 giugno 2008).
- D.Lgs. 17 febbraio 2017, n. 41 - Disposizioni per l'armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico con la direttiva 2000/14/CE e con il regolamento (CE) n. 765/2008, a norma dell'articolo 19, comma 2, lettere i), l) e m) della legge 30 ottobre 2014, n. 161. (17G00054)

- Utilizzo di mezzi ad elevata efficienza e buon contenimento delle emissioni acustiche: saranno utilizzati dispositivi in grado di garantire prestazioni elevate, riducendo la durata delle lavorazioni e pertanto l'inquinamento acustico connesso alle stesse. Si prediligerà l'impiego di attrezzature e tecniche in grado di minimizzare l'impatto acustico; ad esempio:
  - sarà valutato l'impiego di tecniche di convogliamento e di stoccaggio di materiali terrosi diverse dalle macchine di movimento terra, quali nastri trasportatori e tramogge;
  - sarà privilegiato l'utilizzo di macchine movimento terra ed operatrici gommate, piuttosto che cingolate;
  - gli scarichi saranno dotati di silenziatori;
  - gli impianti fissi, quali gruppi elettrogeni e compressori, saranno provvisti di dotazioni fonoisolanti.
- Corretta manutenzione delle attrezzature e delle aree di cantiere: le attività di manutenzione consentiranno di evitare emissioni rumorose legate allo stato di usura e danneggiamento delle componenti. Saranno ad esempio previste le seguenti operazioni manutentive:
  - eliminazione degli attriti attraverso operazioni di lubrificazione;
  - sostituzione dei pezzi usurati e che lasciano giochi;
  - controllo e serraggio delle giunzioni;
  - bilanciatura delle parti rotanti delle apparecchiature per evitare vibrazioni eccessive;

- verifica della tenuta dei pannelli di chiusura dei motori;
- svolgimento di manutenzione alle sedi stradali interne alle aree di cantiere e sulle piste esterne, mantenendo la superficie stradale livellata per evitare la formazione di buche.

- Imposizione di direttive agli operatori al fine di evitare comportamenti inutilmente rumorosi: gli operatori saranno formati in relazione all'esigenza di adottare buone pratiche e comportamenti corretti per quanto riguarda il controllo delle emissioni rumorose. Ad esempio saranno fornite istruzioni in merito al corretto utilizzo dei segnalatori acustici, sarà specificato che si dovrà evitare di far cadere da altezze eccessive i materiali o di trascinarli quando possono essere sollevati, ecc.

Deroga

In fase di costruzione, dopo avere messo in atto tutti i provvedimenti possibili qualora non risultasse possibile ridurre il livello di rumore al di sotto della soglia prevista, l'Appaltatore richiederà al Comune una deroga ai valori limite dettati dal D.P.C.M. 14 dicembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".

Il valore del livello di rumore da definire nella richiesta di deroga dovrà essere stabilito dall'Appaltatore a seguito di ulteriori approfondimenti in fase esecutiva, in funzione delle caratteristiche dei propri macchinari, delle modalità di lavoro, del programma lavori e dell'effettiva organizzazione interna dei cantieri.

7.3 VIBRAZIONI

7.3.1 Descrizione

La valutazione delle vibrazioni ha lo scopo di stimare gli effetti sull'ambiente circostante delle vibrazioni emesse dai macchinari di cantiere impiegati per la realizzazione dell'opera in oggetto.

In dettaglio si procederà analizzando le principali sorgenti previste in funzione delle attività lavorative che saranno sostanzialmente raggruppabili in macchine operatrici (escavatore, macchine per pali, macchine per ecc.) ed in mezzi adibiti al trasporto (autocarri, autobetoniera, ecc.). Verrà descritto il metodo adottato per la previsione dei livelli vibrazionali indotti durante realizzazione delle opere e tali livelli saranno confrontati con i limiti della normativa in materia per ciò che riguarda l'effetto delle vibrazioni sulle persone e sulle strutture.

Lo studio vibrazionale per la fase di cantiere è volto, in particolare, per all'accertamento del disturbo alle persone, il quale ha limiti più restrittivi rispetto a quelli determinati sugli edifici. Pertanto, qualora si verifichi dall'esame della previsione di propagazione delle vibrazioni la presenza di edifici nelle zone più critiche, tale elemento non costituisce un fattore per la stima di un possibile danno alle strutture, evidenziando unicamente il superamento di una soglia di disturbo per i residenti dell'edificio stesso. Tale soglia, pur ricavata dalle normative tecniche esistenti in sede nazionale ed internazionale, non risulta fissata da alcun atto legislativo.

Per quanto riguarda gli effetti sulle strutture, in presenza di livelli elevati e prolungati di vibrazioni, sono stati osservati danni strutturali a edifici e/o strutture. È da notare, però, che tali livelli sono più alti di quelli normalmente tollerati dagli esseri umani, i cui livelli sono riportati nelle norme ISO 2631 e UNI 9614. Tale

considerazione è facilmente deducibile dal confronto dei valori riportati nelle norme che riportano i danni sull'uomo (ISO 2631 e UNI 9614) con i valori nelle norme che riguardano i danni strutturali (UNI 9916 ed ISO 4866), pertanto le prime sono state scelte quale riferimento, poiché riportano dei valori limite più restrittivi.

In definitiva, soddisfatto l'obiettivo di garantire livelli di vibrazione accettabili per le persone, risulta automaticamente realizzata l'esigenza di evitare danni strutturali agli edifici, almeno per quanto concerne le abitazioni civili. Come unica eccezione sono da annoverare le vibrazioni che incidono su monumenti e beni artistici di notevole importanza storico-monumentale, i quali devono essere trattati come punti singolari con studi e valutazioni mirate.

Per lo studio dell'impatto vibrazionale si è proceduto con le operazioni seguenti:

- analisi del territorio in cui si colloca l'opera e delle caratteristiche dei ricettori;
- definizione degli scenari critici in termini di impatto vibrazionale;
- valutazione delle vibrazioni previste sui ricettori prossimi.

7.3.2 Inquadramento normativo

La caratterizzazione delle emissioni di vibrazioni da parte di veicoli non è soggetta alle rigorose normative e disposizioni legislative che normano invece l'emissione del rumore. Pertanto, in questo caso non si ha una caratterizzazione dell'emissione in condizioni standardizzate e una garanzia del costruttore del mezzo a non superare un preciso valore dichiarato. Non si hanno nemmeno valori limite da rispettare per quanto riguarda i livelli di accelerazione comunicati ai recettori e quindi ovviamente non è possibile specificare la produzione di vibrazioni con lo stesso livello di dettaglio con cui è possibile operare per il rumore.

Norma UNI 9614 – Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo

Le norme tecniche di riferimento sono le DIN 4150 (tedesca) e la UNI 9614 che definiscono:

- i tipi di locali o edifici,
- i periodi di riferimento,
- i valori che costituiscono il disturbo,
- il metodo di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne.

Le vibrazioni immesse in un edificio si considerano:

- di livello costante: quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza rilevato mediante costante di tempo "slow" (1 s) varia nel tempo in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB;
- di livello non costante: quando il livello suddetto varia in un intervallo di ampiezza superiore a 5 dB;
- impulsive: quando sono originate da eventi di breve durata costituiti da un rapido innalzamento del livello di accelerazione sino ad un valore massimo seguito da un decadimento che può comportare o meno, a seconda dello smorzamento della struttura, una serie di oscillazioni che tendono ad estinguersi nel tempo.

La direzione lungo le quali si propagano le vibrazioni sono riferite alla postura assunta dal soggetto esposto. Gli assi vengono così definiti: asse Z passante per il coccige e la testa, asse X passante per la schiena ed il petto, asse Y passante per le due spalle. Per la valutazione del disturbo associato alle vibrazioni di livello costante, i valori delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza, corrispondenti ai più elevati riscontrati sui tre assi, possono essere confrontati con i valori di riferimento riportati nelle tabelle successive. Tali valori sono espressi mediante l'accelerazione complessiva ponderata in frequenza a(w) e del suo corrispondente livello L(w). Quando i valori delle vibrazioni in esame superano i livelli di riferimento, le vibrazioni possono essere considerate oggettivamente disturbanti per il soggetto esposto. Il giudizio sull'accettabilità (tollerabilità) del disturbo oggettivamente riscontrata dovrà ovviamente tenere conto di fattori quali la frequenza con cui si verifica il fenomeno vibratorio, la sua durata, ecc.

Tipo di edificio	**a (m/s^2)**	**La,w (dB)**
aree critiche	$5.0\ 10^{-3}$	74
abitazioni (notte)	$7.0\ 10^{-3}$	77
abitazioni (giorno)	$10.0\ 10^{-3}$	80
uffici	$20.0\ 10^{-3}$	86
fabbriche	$40.0\ 10^{-3}$	92

Tipo di edificio	**a (m/s^2)**	**La,w (dB)**
aree critiche	$3.6\ 10^{-3}$	71
abitazioni (notte)	$5.0\ 10^{-3}$	74
abitazioni (giorno)	$7.2\ 10^{-3}$	77
uffici	$14.4\ 10^{-3}$	83
fabbriche	$28.8\ 10^{-3}$	89

La norma UNI 9614:2017, aggiornamento della precedente UNI 9614:1990 che generalmente rispetto la ISO 2631-2 si configura come più restrittiva, prende a riferimento la ISO 2631-2:2003 – "Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)" e la norma norvegese NS 8176E – "Vibration and shock - Measurement of vibration in buildings from landbased transport and guidance to evaluation of effects on human beings".

Alle citate norme sono inoltre considerate la:

- UNI 11568:2017 – "Vibrazioni – Strumentazione e analisi per la misura delle vibrazioni – Strumenti di misura";
- ISO 8041-1:2017 – "Risposta degli esseri umani alle vibrazioni – Strumenti di misurazione – Parte 1: Strumenti per la misura di vibrazioni per uso generale"
- ISO 5348 – "Vibrazioni meccaniche ed urti – Monitoraggio meccanico degli accelerometri".

L'insieme delle norme citate definiscono:

- i tipi di locali o edifici;
- i periodi di riferimento;
- i valori che costituiscono il disturbo;
- il metodo di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti esterne o interne.

Le sorgenti di vibrazioni si considerano:

- rispetto alla posizione (interno o esterno agli edifici);
- rispetto alla funzione (per “attività essenziali di servizio pubblico”, per “attività non interrompibili”, di “altra natura”);
- rispetto alla caratteristica di durata delle vibrazioni prodotta (periodo di attività della sorgente: continue o semi-continue; intermittenti presenti per gran parte della giornata; intermittenti presenti per una parte limitata della giornata; temporanee presenti per gran parte della giornata; temporanee presenti per una parte limitata della giornata).

Tale classificazione è proposta come descrittore univoco per l’identificazione dei fenomeni vibrazionali.

La UNI 9614:2017 prevede che le vibrazioni siano calcolate simultaneamente lungo i tre assi di propagazione e che il sistema di essi sia riferito o alla struttura dell’edificio o al corpo umano. Le vibrazioni associate alla sorgente ritenuta fonte di disturbo devono, successivamente, essere quantificate mediante l’accelerazione ponderata calcolata come differenza vettoriale tra il “vettore di immissione”, ottenuto da un numero rappresentativo di eventi della sorgente in valutazione, ed il “vettore di vibrazione rappresentate il residuo”, quindi in assenza della specifica sorgente in indagine.

Per la valutazione del disturbo associato alle vibrazioni la norma prevede il confronto del parametro descrittore della “vibrazione della sorgente” in esame con determinati valori limiti di disturbo differenziati per tipo di ambiente e per i diversi periodi della giornata. In particolare, per gli edifici destinati ad abitazione sono individuati, al pari della normativa acustica, un periodo diurno, dalle 6:00 alle 22:00, e un periodo notturno dalle 22:00 alle 6:00. Nella seguente tabella si riportano i limiti massimi per la massima accelerazione ponderata della vibrazione della sorgente previsti. Qualora le vibrazioni residue abbiamo un valore maggiore del 50% di quelle immesse, il disturbo prodotto dalle vibrazioni della sorgente è da considerarsi trascurabile.

Destinazione d’uso	**Accelerazione Vettore Vsorg (m/s^2)**
Abitazioni (periodo notturno dalle 22:00 alle 6:00)	$3{,}6\ 10^{-3}$
Abitazioni (periodo diurno dalle 6:00 alle 22:00)	$7{,}2\ 10^{-3}$
Abitazioni (periodo diurno festivo dalle 6:00 alle 22:00)	$5{,}4\ 10^{-3}$
Luoghi di lavoro	$14\ 10^{-3}$
Ospedali, case di cura e affini (indipendentemente dal periodo)	$2\ 10^{-3}$
Asili e case di riposo (valido anche nel periodo diurno in caso sia previsto il riposo delle persone)	$3{,}6\ 10^{-3}$
Scuole di ogni ordine e grado (limitatamente al periodo di utilizzo)	$5{,}4\ 10^{-3}$

Come precedentemente evidenziato nella valutazione ed in particolare nella fase modellistica si farà riferimento alla UNI 9614:2017.

Norma UNI 9916 – Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici

Fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratori allo scopo di permettere la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica. Altro scopo della norma è quello di ottenere dati comparabili sulle caratteristiche delle vibrazioni rilevate in tempi diversi su uno stesso edificio, o su edifici diversi a parità di sorgente di eccitazione, nonché di fornire criteri di valutazione degli effetti delle vibrazioni medesime. Per semplicità, la presente norma considera gamme di frequenza variabili da 0,1 a 150 Hz. Tale intervallo interessa una grande casistica di edifici e di elementi strutturali di edifici sottoposti ad eccitazione naturale (vento, terremoti, ecc.), nonché ad eccitazione causata dall'uomo (traffico, attività di costruzione, ecc.). In alcuni casi l'intervallo di frequenza delle vibrazioni può essere più ampio (per esempio vibrazioni indotte da macchinari all' interno degli edifici): tuttavia eccitazioni con contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono tali da influenzare significativamente la risposta dell'edificio. Gli urti direttamente applicati alla struttura attraverso macchine industriali, gli urti prodotti dalle esplosioni, dalla battitura dei pali e da altre sorgenti immediatamente a ridosso dei ristretti limiti della struttura non sono inclusi nella gamma di frequenza indicata, ma lo sono i loro effetti sulla struttura.

Nell'Appendice D della norma UNI 9916-2014 sono indicate nel Prospetto D.1 le velocità ammissibili per tipologia di edificio. I valori di riferimento sono riportati nella tabella seguente.

Classe	**Tipo di edificio**	**Fondazione**			**Piano alto**	**Solai componete verticale**
		f=1-10 Hz	f=10-50 Hz	f=50-100 Hz (*)	Tutte le frequenze	Tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	20	da 20 (per f=10Hz) a 40 (per f=50Hz)	da 40 (per f=50Hz) a 50 (per f=100Hz)	40	20
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5	da 5 (per f=10Hz) a 15 (per f=50Hz)	da 15 (per f=50Hz) a 20 (per f=100Hz)	15	20
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (p.es. monumenti)	3	da 3 (per f=10Hz) a 8 (per f=50Hz)	da 8 (per f=50Hz) a 10 (per f=100Hz)	8	3/4
(*) Per frequenze oltre 100 Hz possono essere usati valori di riferimento per 100 Hz						

7.3.3 Riferimenti bibliografici

Al fine della redazione del presente studio, per le assunzioni e comprovare le ipotesi tecniche sono state prese in considerazioni, oltre la normativa tecnica, la seguente bibliografia corrente:

- Lamberto Tronchin, Angelo Farina, Valerio Tarabusi – "Studio di impatto acustico e vibrazionale nella realizzazione di infrastrutture viarie e ferroviarie" - 31° Convegno Nazionale AIA, Venezia, 5-7 Maggio 2004.

- Angelo Farina – "Valutazione dei livelli di vibrazioni in edifici residenziali - Normativa, tecniche di misura e di calcolo" - http://pcfarina.eng.unipr.it/Public/Papers/216-EUBIOS06.pdfRivista Neo-EUBIOS, n. 16. Maggio 2006 - ISSN 1825-5515.
- Hal Amick and Michael Gendreau (2000) – "Construction Vibrations and Their Impact on Vibration-Sensitive Facilities"- Colin Gordon & Associates, San Mateo, California 94402
- Aki, K., and Richards, P.G. (1980). "Quantitative Seismology: Theory and Methods.", W.H. Freeman and Company, San Francisco, 932 pp.
- Ishihara, K. (1996). "Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics.", Oxford Science Publications, Oxford, UK, pp. 350.
- Hal Amick, Colin Gordon & Associates (1999), "A Frequency-Dependent Soil Propagation Model" - Presented at SPIE Conference on Current Developments in Vibration Control for Optomechanical Systems - Denver, Colorado, July 20, 1999 San Mateo, California USA.
- Dong-Soo Kim, Jin-Sun Lee1 (1999), "Propagation and attenuation characteristics of various ground vibrations" - Department of Civil Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Taejon – pp 305-701
- L.H. Watkins - "Environmental impact of roads and traffic" - Appl. Science Publ.
- Ohta, Y. and N. Goto. (1978), Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes. Earthq. Eng. Struct. Dyn., 6:167-187.

7.3.4 Definizione del disturbo vibrazionale

La caratterizzazione del disturbo vibrazionale è effettuata in termini di valore medio efficace (r.m.s.) della velocità (in mm/s) per valutare gli effetti delle vibrazioni sugli edifici e l'accelerazione (in mm/s^2) per valutare la percezione umana. È tuttavia agevole convertire i valori di velocità v nei corrispondenti valori di accelerazione a, nota la frequenza f, tramite la relazione:

$$v = \frac{a}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

Convenzionalmente, in analogia con le analisi del rumore, sia i valori di velocità che quelli di accelerazione vengono valutati sulla scala dei dB, tramite le relazioni:

$$L_{acc} = 20 \cdot \lg\left[\frac{a}{a_0}\right] \qquad L_{vel} = 20 \cdot \lg\left[\frac{v}{v_0}\right]$$

in cui compaiono i valori di riferimento a_0 = 0.001 mm/s^2 e $v_0 = 1 \cdot 10^{-6}$ mm/s.

7.3.5 Metodologia per la valutazione dei livelli vibrazionali indotti dal cantiere e dai mezzi di trasporto

Il fenomeno con cui un prefissato livello di vibrazioni imposto sul terreno si propaga nelle aree circostanti è correlato alla natura del terreno, alla frequenza del segnale e alla distanza fra il punto di eccitazione e

quello di valutazione dell'effetto. Il metodo previsionale dei livelli di vibrazione ha impiegato simulazioni numeriche.

In dettaglio si illustrano i passi seguiti nell'elaborazione. La valutazione dei livelli vibrazionali è stata condotta a fronte dell'acquisizione degli spettri di emissione dei fenomeni considerati (attività dei mezzi di cantiere e per il trasporto dei materiali nonché impianti fissi), utilizzando sia dati bibliografici che rilievi strumentali. Gli spettri impiegati sono riferiti a misure eseguite ad una distanza nota dalla sorgente vibratoria e sono afferenti alla componente verticale. In particolare, si assume nello studio che la componete vettoriale che origina il Vettore Immissione e conseguentemente il Vettore Sorgente, sia la componente verticale.

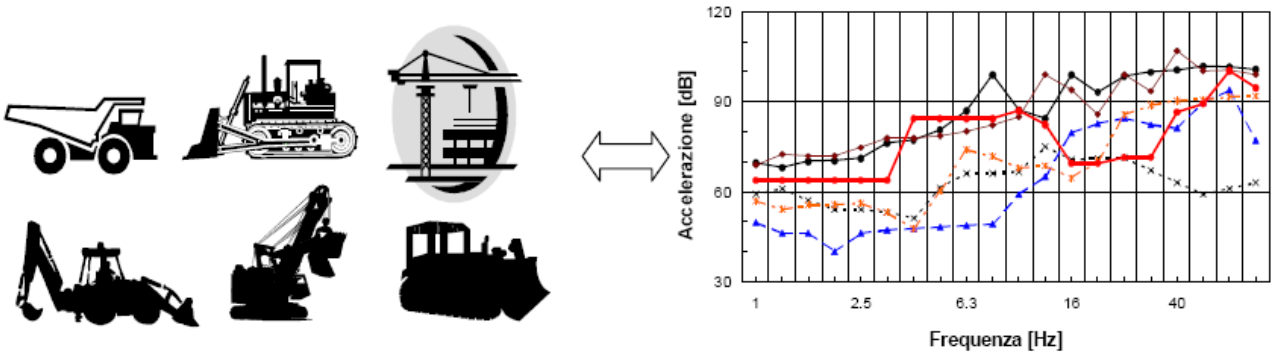


Figura 93 - Relazione tra mezzi d'opera e spettro di emissione di vibrazioni

Dagli spettri delle sorgenti si determina il livello di accelerazione non ponderato a distanze crescenti dalla sorgente mediante una legge di propagazione. Nel caso di sorgenti superficiali, ad esempio, si precisa che l'espressione con cui si esprime l'accelerazione ad una certa distanza d è basata sulla seguente formulazione:

$$a(d,f) = a(d_0,f)\cdot\left(\frac{d_0}{d}\right)^n \cdot e^{-2\pi\cdot f(\eta/c)\cdot(d-d_0)}$$

I livelli complessivi di accelerazione non pesati a distanze crescenti dalla sorgente corrispondenti agli scenari analizzati sono dati dalla combinazione, frequenza per frequenza, degli spettri di vibrazione relativi alle singole macchine previste. Come legge di combinazione degli spettri è stata adottata la regola SRSS (Square-Root-of-the-Sum-of-the-Squares) che consiste nell'eseguire la radice quadrata della somma dei quadrati delle ordinate spettrali relative alle singole macchine. Per ciascuna frequenza si è quindi ottenuto quindi un valore complessivo non pesato di tutte le macchine attive ($A_{TOT,f}$) sotto forma di matrice.

$$A_{TOT,f} = \sqrt{A_1(f,d)^2 + A_2(f,d)^2 + \ldots + A_N(f,d)^2} \quad \text{(SRSS)}$$

Relativamente ad ogni scenario modellizzato, si è applicato alla matrice citata la curva di attenuazione definita per postura non nota (o asse generico) dalla UNI 9614.

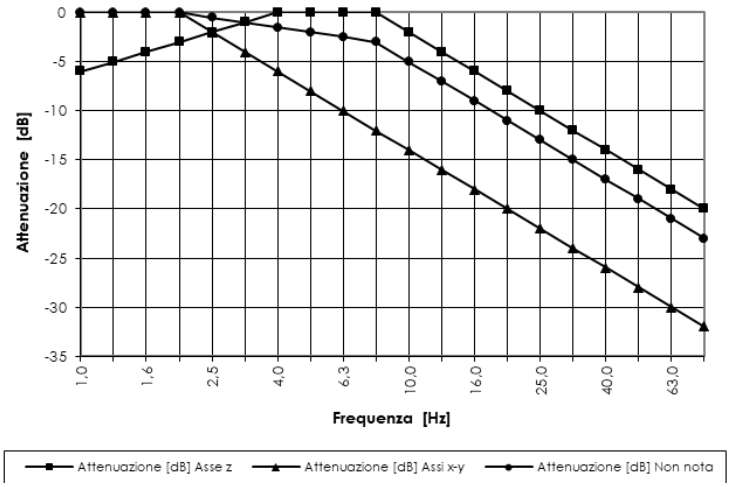


Figura 94 - Filtri di ponderazione per i diversi assi di riferimento

Si è quindi ottenuta la matrice dei livelli ponderati di accelerazione complessiva per singola frequenza e distanza, con cui è stato possibile realizzare specifici grafici di propagazione dello spetto della somma delle sorgenti analizzate.

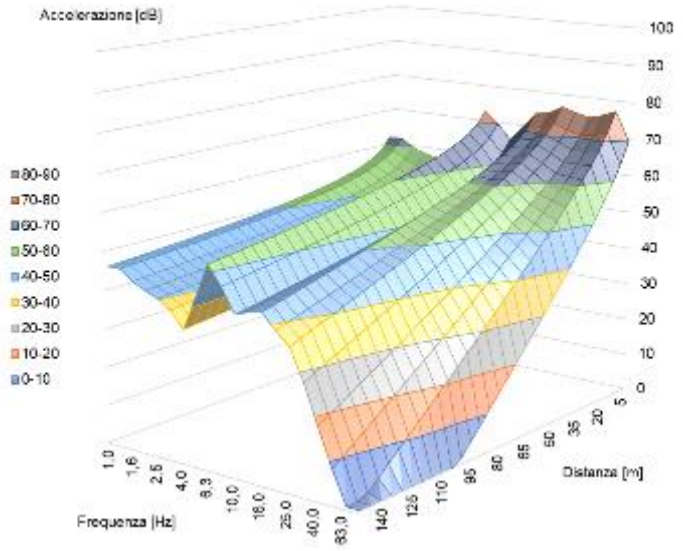


Figura 95 - Propagazione dello spettro di vibrazione

Il livello totale di accelerazione ponderata in funzione della distanza, aw,d, è ottenuto sommando tutti i corrispondenti valori per frequenza $A_{TOT,f}$. Il numero ottenuto è rappresentativo dell'accelerazione complessiva ponderata sul vettore di riferimento, il quale individua il Vettore Immissione ad una determinata distanza. Ripetendo questa operazione per una griglia di distanze si è ottenuto il profilo di attenuazione dell'accelerazione ponderata e complessiva di tutti i Vettori di Immissione. Per la definizione del Vettore Sorgente sarà necessario stabilire il Vettore Residuo. In particolare, se il Vettore Residuo è molto basso il Vettore Immissione sarà molto prossimo, se non coincidente al Vettore Sorgente. Nella

valutazione si procederà ad una valutazione del Vettore Residuo o tramite indagini sperimentali o in base a dati noti di letteratura basati sulla fruizione dei luoghi relativamente alla destinazione d'uso.

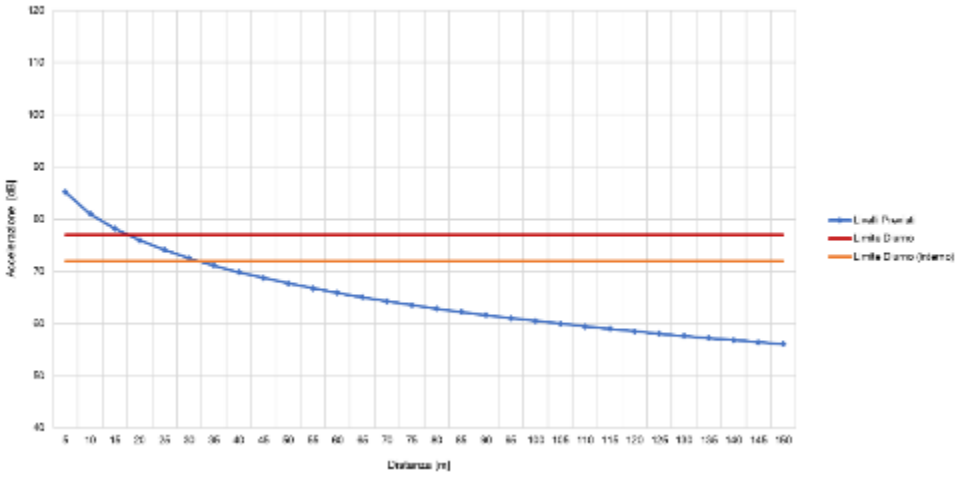


Figura 96 - Valutazione della propagazione del livello di vibrazione a diverse distanze

Ai fini del confronto con i livelli di riferimento della norma UNI 9614:2017 si procederà al confronto con il Vettore Sorgente determinato, in funzione dell'ubicazione del ricettore e della destinazione d'uso.

7.3.6 Modello di calcolo

Al fine dell'esecuzione del calcolo della propagazione delle vibrazioni saranno presi in considerazione due posizioni che possono assume le sorgenti: sarà identificato il caso in cui le sorgenti sono in superficie (sorgenti superficiali) ed in profondità (sorgenti profonde).

Sorgenti superficiali

Parlando della trasmissione di vibrazioni nel terreno, è necessario distinguere tra tre tipi principali di onde che trasportano energia vibrazionale: onde di compressione (onda P), onde di taglio (onda S) e onde di superficie (orizzontali, onde R, e verticali, onde L), le quali hanno velocità di propagazione differente in funzione del modulo di Poisson del terreno.

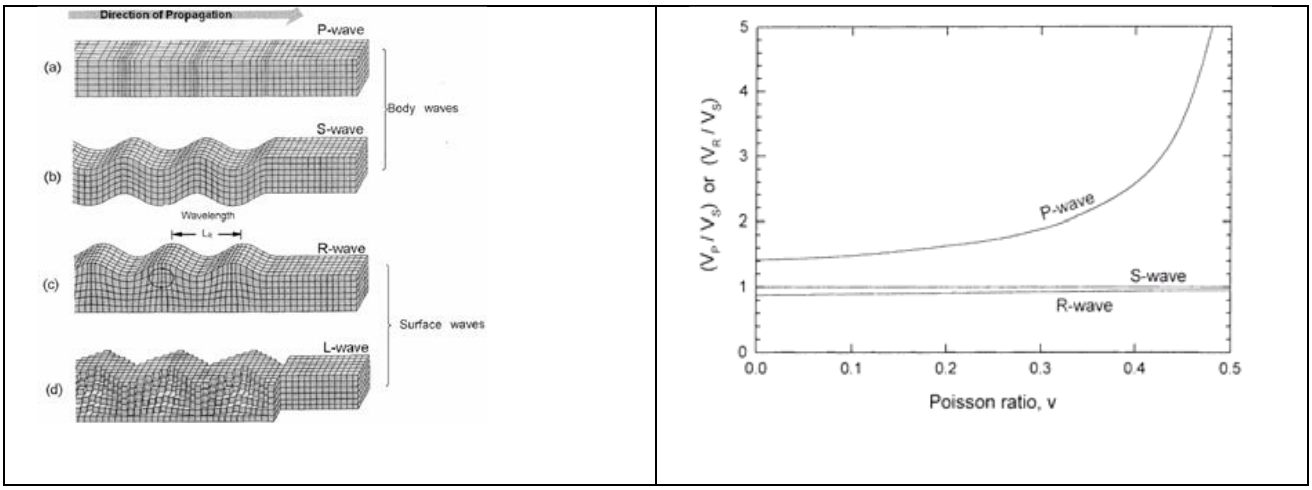


Figura 97 - Tipi di onda di volume e di superficie (a sinistra) e velocità relativa delle onde P,R rispetto onde S (a destra)

L'espressione con cui si esprime l'accelerazione ad una certa distanza d, per tutti tre i tipi di onde considerati (P, S, R), è basata sulla seguente formulazione:

$$a(d, f) = a(d_0, f) \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^n \cdot e^{-2\pi \cdot f(\eta/c)\cdot(d-d_0)}$$

dove η è il fattore di perdita del terreno, c la velocità di propagazione in m/s, f la frequenza in Hz, d la distanza in m, e d_0 la distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione, assunta pari a 5m. L'esponente n varia a seconda del tipo di onda e di sorgente di vibrazioni. Ai fini dell'analisi dei livelli massimi, si è preceduto prendendo a riferimento una sorgente concentrata, fissando l'esponente n a 0.5 per le onde di superficie (predominanti in caso di sorgente posta in superficie), e 1 per le onde di volume (predominanti in caso di sorgente profonda). Risulta pertanto evidente come la propagazione a partire da una sorgente posta in profondità sia dotata, anche nel caso di terreno omogeneo, di molta più rapida attenuazione al crescere della distanza dalla sorgente.

Tipo di sorgente	Onda	Strato	n
Linea	Superfice	Superfice	0
	Volume	Superfice	1.0
Punto	Rayleight	Superfice	0.5
	Volume	Superfice	2.0
Linea Sotterranea	Volume	Profondo	0.5
Punto Sotterraneo	Volume	Profondo	1.0

Tabella 46 - Definizione dell'esponente n in base al tipo di sorgente e onda

Il termine esponenziale rappresenta i fenomeni di dissipazione di energia meccanica in calore, che, come si vede, va crescendo proporzionatamente alla frequenza. Ciò fa sì che le alte frequenze si estinguano dopo un breve percorso, mentre le frequenze più basse si propagano a distanze maggiori.

Il rapporto η/c (indicato anche come ρ) dipende, infine, dal particolare tipo di terreno considerato, ed assume valori elevati nel caso di terreno coltivato soffice, mentre assume valori molto modesti nel caso di pavimentazioni rigide.

Classe	Descrizione del materiale	Coefficiente di attenuazione	ρ
I	Cedevole o tenero (terreno che può essere scavato facilmente)	0.003-0.01	$2x10^{-4}$ – $6x10^{-4}$
II	Consolidato (terreno che può essere scavato utilizzando una pala)	0.001-0.003	$6x10^{-5}$ – $2x10^{-4}$
III	Duro (terreno che non può essere scavato con una pala ma necessità di un piccone)	0.0001-0.001	$6x10^{-6}$ - $6x10^{-5}$
IV	Duro consolidato (terreno che scavato difficilmente utilizzando un martello)	<0.0001	$<6x10^{-6}$

Tabella 47 - coefficienti di attenuazione

Il modello semplificato di propagazione illustrato considera i soli fenomeni previsti in un terreno supposto omogeneo ed isotropo, nel caso si abbia propagazione in presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante sistemi di fondazione, è evidente che i livelli di accelerazione riscontrabili all'interno risultino "filtrati" dalla funzione di trasferimento del sistema struttura edilizia.

In particolare, diversi sistemi di fondazione producono una attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante; tale aspetto è legato al fatto che l'interfaccia terreno-struttura non è perfettamente solidale, e pertanto genera fenomeni dissipativi o di amplificazione.

Sorgenti in profondità

Nel caso dell'attività di cantiere ove intervenga necessità di realizzazioni di opere in profondità (palificazione, ecc.), la valutazione della legge di propagazione delle vibrazioni con la distanza è più complessa, in quanto non si ha più la semplice legge di propagazione delle onde superficiali, ma si ha a che fare con una sorgente posta in profondità, che dà luogo alla propagazione di onde di volume. Si consideri ora lo schema di emissione illustrato nella seguente figura:

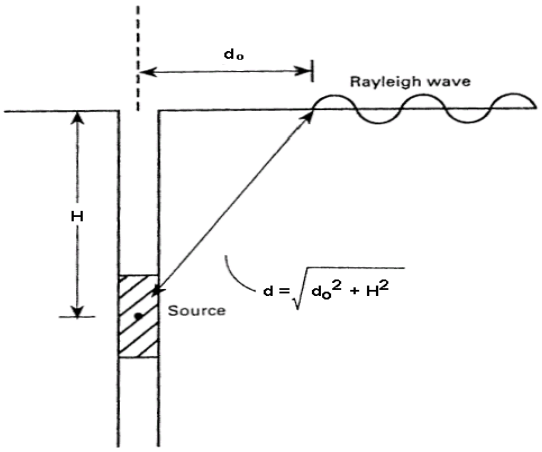


Figura 98 - Schema della propagazione a partire da una sorgente profonda

Si può notare che, rispetto all'emissione di onde di superficie da parte di una sorgente concentrata posta sulla sommità del suolo, al recettore arrivano onde che hanno compiuto un percorso più lungo, e che si sono maggiormente attenuate lungo tale percorso a causa della legge di divergenza volumetrica anziché superficiale.

Considerando che l'epicentro di emissione si collochi circa ad 1/2 della lunghezza dell'elemento infisso, ovvero, per un palo di 9 m, a circa 5 m di profondità, si ha la seguente espressione relativa alla propagazione delle vibrazioni con cui è possibile calcolare il livello di accelerazione sulla superficie del suolo in funzione della distanza d0 (misurata in orizzontale, sulla superficie) fra l'asse del palo ed il recettore.

$$a(d_0, f) = a(d_0, f) \cdot \left[\frac{d_0}{\sqrt{D^2 + H^2}} \cdot e^{-2 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{\eta}{c} \cdot \left(\sqrt{D^2 + H^2} - d_0 \right)} \right]$$

Il calcolo verrà eseguito assumendo che:

- il recettore si trovi ad una profondità di 3 m sotto il piano di campagna, poiché questa è la quota a cui si trovano in media le basi delle fondazioni degli edifici;
- rispetto a tale posizione, poiché l'epicentro di emissione è posto a 5 m di profondità, H assume un valore pari a 2 m;
- la distanza D a cui si è rilevato strumentalmente lo spettro di vibrazioni dovuto alla lavorazione in profondità è 5 m.

Sintesi delle ipotesi assunte

Il calcolo dei livelli vibrazionali ai ricettori, in condizioni di campo libero, risultanti dalle configurazioni dei macchinari da cantiere previsti negli scenari analizzati è stato condotto considerando una legge di attenuazione stabilita sulla base delle seguenti assunzioni:

- le macchine da cantiere sono assunte come sorgenti puntuali;

- l'attenuazione dissipativa del mezzo è stata calcolata secondo un approccio teorico semplificato basato sull'ipotesi di mezzo debolmente dissipativo e campo vibratorio costituito in prevalenza da onde di superficie del tipo di Rayleight;
- il terreno si ipotizza di tipo consolidato, appartenente alla Classe II (ρ<1.5x10-4), e di categoria C (c=300m/s; η=0.04);
- l'attenuazione geometrica afferente alla sorgente puntuale che lavora in superficie (escavatore, autocarro, pala, autocarro, ecc.) è stata assunta proporzionale a r-1, mentre quella che opera in profondità è stata considerata con una legge di attenuazione proporzionale a r-0.5;
- l'epicentro di emissione, nel caso di sorgenti profonde, si collochi circa ad 1/2 della lunghezza dell'elemento infisso nel terreno;
- i livelli vibrazionali a distanze crescenti dalla sorgente corrispondenti agli scenari analizzati sono dati dalla combinazione, frequenza per frequenza, degli spettri di vibrazione relativi alle singole macchine di cantiere, mediante radice quadrata della somma dei quadrati delle ordinate spettrali relative alle singole macchine.

7.3.7 Fase di cantiere

Con riferimento alle vigenti normative, le attività di cantiere possono essere definite come sorgenti di vibrazione intermittente. Un ricettore adiacente all'area di cantiere è infatti soggetto ad una serie di eventi di breve durata, separati da intervalli in cui la vibrazione ha una ampiezza significativamente più bassa. In relazione alle attività lavorative di cantiere previste per la realizzazione dell'opera in esame, sono stati individuati scenari di cantiere critici per il potenziale impatto in termini di vibrazioni sull'ambiente circostante.

In particolare, le emissioni vibrazionali durante le lavorazioni possono legate agli impianti fissi/semifissi nei diversi cantieri stabili, e discontinue, dovute alle lavorazioni nelle aree di cantiere e nei fronti di avanzamento.

Lo studio, di seguito riportato relativamente alla fase di cantiere, analizza le lavorazioni propedeutiche alla realizzazione degli imbocchi delle gallerie e le attività a supporto di esse.

Si rammenta come l'impatto vibrazionale nelle simulazioni numeriche sarà valutato secondo al UNI 9614:2017 con il confronto con i valori di riferimento per il disturbo alle persone.

Definizione del tipo di sorgente

Analizzando le principali sorgenti previste in funzione delle attività lavorative, si conviene come esse siano sostanzialmente raggruppabili in macchine operatrici ed in mezzi adibiti al trasporto, le prime hanno una distribuzione spaziale abbastanza prevedibile e delimitata all'interno dell'area di lavoro e stoccaggio mentre, i secondi si distribuiscono lungo il percorso che collega il fronte di avanzamento lavori ai luoghi di approvvigionamento o di stoccaggio.

Gli scenari in esame sono stati definiti considerando quelli che interessano la realizzazione delle Opere di Parte A oggetto di tale studio. Si sottolinea tuttavia come le situazioni esaminate non possano comunque rappresentare tutti i macchinari potenzialmente presenti in contemporanea all'interno dell'area di cantiere. La valutazione dei livelli vibrazionali è stata quindi condotta a fronte dell'acquisizione degli spettri di emissione dei macchinari di cantiere sopra citati utilizzando dati bibliografici o rilevati. Gli spettri impiegati sono riferiti a misure eseguite ad una distanza di circa 5m dalla sorgente vibratoria e sono afferenti alla componente verticale.

Il calcolo del livello di vibrazione in condizioni di campo libero sarà definito nell'intorno del cantiere con una risoluzione di circa 5 m nelle direzioni orizzontali (piano di campagna), ottenendo il grafico della propagazione delle vibrazioni in funzione della distanza.

Data la differente localizzazione spaziale delle principali aree di lavoro, e in considerazione che in prossimità di alcune realizzazioni sono presenti ricettori, analogamente a quanto riportato per la componente rumore, lo studio delle vibrazioni prende in considerazione i seguenti scenari:

- Scenario 1 – Imbocco sud;
- Scenario 2 – Imbocco nord.

Per ciascuno scenario è stata considerata la condizione operativa potenzialmente più impattante definita sulla scorta dei ricettori presenti, lavorazioni previste contemporaneamente da cronoprogramma, impianti e macchinari presenti, caratteristiche emissive.

Nello specifico, in ciascuno scenario sono state valutate le vibrazioni prodotte dalle aree di cantiere e dalle aree di lavoro interessate dalle lavorazioni di parte A.

Nella tabella sottostante la definizione dei mezzi per ogni scenario individuato per la valutazione delle vibrazioni.

Scenario 1 – Imbocco sud

Lavorazioni cantieri Scenario 1

NV02 - Viabilità di accesso area di sicurezza imbocco Sud Galleria Bauladu	
Lavorazioni	Macchinari impiegati
Canalette	Escavatori con martellone
	Autobetoniere
	Auto Pompe per calcestruzzo e spritz-beton
	Vibratori per cls

IN04 - Tombino stradale	
Lavorazioni	Macchinari impiegati
Ritombamento	Escavatori
	Pale gommate
	Autocarri e dumper
	Rulli compattatori

AT.01b - RI56 Piazzale locale PGEP Imbocco Sud	
Lavorazioni	Macchinari impiegati
Scavo	Apripista Dozer
	Escavatori
	Escavatori con martellone
	Pale gommate
	Pale cingolate
	Autocarri e dumper
Sottofondo	Pale gommate
	Autobotti
	Rulli compattatori
Gestione accumuli temporanei	Pale cingolate
	Autobotti
	Autocarri e dumper

AT.01a - RI51 Area di sicurezza Imbocco Sud Galleria Bauladu	
Lavorazioni	Macchinari impiegati
Scavo	Apripista Dozer
	Escavatori
	Escavatori con martellone
	Pale gommate
	Pale cingolate
	Autocarri e dumper
Sottofondo	Pale gommate
	Autobotti
	Rulli compattatori
Gestione accumuli temporanei	Pale cingolate
	Autobotti
	Autocarri e dumper

TR02 - Trincea Galleria Bauladu - imbocco Oristano	
Lavorazioni	Macchinari impiegati
Chiodatura scarpate	Rock drilll per chiodature scarpate
	Motocompressori
	Impianti di miscelazione
	Pompe per acqua
	Autobotti
Spritz-beton scarpate	Autobetoniere
	Auto Pompe per calcestruzzo e spritz-beton
	Vibratori per cls

Cordoli e Canalette	Escavatori con martellone
	Autobetoniere
	Auto Pompe per calcestruzzo e spritz-beton
	Vibratori per cls

GA01 - Galleria Bauladu - imbocco Oristano	
Lavorazioni	Macchinari impiegati
Sterro	Apripista Dozer
	Escavatori
	Escavatori con martellone
	Pale gommate
	Pale cingolate
Micropali	Sonde di perforazione per micropali
	Impianti di miscelazione
	Pompe per acqua
	Autobotti
Scavo e chiodatura scarpate	Rock drilll per chiodature scarpate
	Motocompressori
	Impianti di miscelazione
	Pompe per acqua
	Autobotti

DT01 - Deposito temporaneo	
Lavorazioni	Macchinari impiegati
Gestione accumuli temporanei	Pale cingolate
	Autobotti
	Autocarri e dumper

AT.01a - AT.01b - DT01	
Lavorazioni	Macchinari impiegati
Impianti fissi	Generatori corrente
	Impianti trattamento acque
	Impianti lavaggio ruote

La valutazione dei livelli vibrazionali è stata quindi condotta a fronte dell'acquisizione degli spettri di emissione dei macchinari di cantiere utilizzando dati bibliografici e misure dirette in campo. Gli spettri impiegati sono riferiti a misure eseguite ad una distanza di circa 5m dalla sorgente vibratoria e sono afferenti alla sola componente verticale considerata quella che fornisce il contributo maggiore.

Si precisa infine che stante l'indisponibilità di dati sperimentali per tutti i macchinari presenti nel cantiere in esame, si è proceduto utilizzando quelli di macchine in grado di trasmettere al terreno sollecitazioni di simile entità, ma di cui sia noto lo spettro.

Di seguito le tabelle ed i grafici di caratterizzazione delle sorgenti di vibrazioni[1] riferite ai mezzi di lavoro impiegati nelle due aree di cantiere che compongono gli scenari di riferimento. I valori seguenti sono espressi in mm/s^2.

NV02 - Viabilità di accesso area di sicurezza imbocco Sud Galleria Bauladu

Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Martello idraulico in attività su fondazione profonda	5	2,55	3,98	3,17	2,82	3,77	7,94	14,13	17,78	25,12	56,23	25,16	17,98	31,62	59,31	82,91	100,00	113,48	89,13	79,43	74,99
Autobetoniere, Auto pompe e vibratori per cls assimilati ad Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33

IN04 - Tombino stradale

Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Escavatore cingolato (tipo Fiat-Hitachi FH300 o similari)	5	0,32	0,20	0,19	0,12	0,20	0,26	0,24	0,25	0,28	0,30	0,98	1,88	9,89	13,34	16,79	12,59	12,02	28,84	51,88	8,41
Pala gommata assimilata a Pala cingolata	5	0,71	0,50	0,63	0,67	0,60	0,45	0,24	1,12	5,62	3,98	2,51	2,99	1,58	3,98	19,95	29,85	35,48	37,58	39,81	42,17
Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33
Rullo (tipo Dynapac FD25 o similari)	5	2,24	3,98	3,55	3,76	5,62	7,94	7,94	9,44	10,59	12,59	16,79	100,00	53,09	19,95	89,13	50,12	251,19	141,25	125,89	112,20

AT.01b - RI56 Piazzale locale PGEP Imbocco Sud

Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Autocarro, Autobotti assimilati a Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33
Pala Gommata, Dozer, pala cingolata assimilati a Pala Cingolata	5	0,71	0,50	0,63	0,67	0,60	0,45	0,24	1,12	5,62	3,98	2,51	2,99	1,58	3,98	19,95	29,85	35,48	37,58	39,81	42,17
Escavatore cingolato (tipo Fiat-Hitachi FH300 o similari)	5	0,32	0,20	0,19	0,12	0,20	0,26	0,24	0,25	0,28	0,30	0,98	1,88	9,89	13,34	16,79	12,59	12,02	28,84	51,88	8,41
Martello idraulico in attività su fondazione profonda	5	2,55	3,98	3,17	2,82	3,77	7,94	14,13	17,78	25,12	56,23	25,16	17,98	31,62	59,31	82,91	100,00	113,48	89,13	79,43	74,99

AT.01a - RI51 Area di sicurezza Imbocco Sud Galleria Baulad

Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Autocarro, Autobotti assimilati a Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33
Pala Gommata, Dozer, pala cingolata assimilati a Pala Cingolata	5	0,71	0,50	0,63	0,67	0,60	0,45	0,24	1,12	5,62	3,98	2,51	2,99	1,58	3,98	19,95	29,85	35,48	37,58	39,81	42,17
Escavatore cingolato (tipo Fiat-Hitachi FH300 o similari)	5	0,32	0,20	0,19	0,12	0,20	0,26	0,24	0,25	0,28	0,30	0,98	1,88	9,89	13,34	16,79	12,59	12,02	28,84	51,88	8,41
Martello idraulico in attività su fondazione profonda	5	2,55	3,98	3,17	2,82	3,77	7,94	14,13	17,78	25,12	56,23	25,16	17,98	31,62	59,31	82,91	100,00	113,48	89,13	79,43	74,99

TR02 - Trincea Galleria Bauladu - imbocco Oristano

Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Rock drilll per chiodature scarpate e escavatore con martellone assimilato a martello idraulico in attività su fondazione profonda	5	2,55	3,98	3,17	2,82	3,77	7,94	14,13	17,78	25,12	56,23	25,16	17,98	31,62	59,31	82,91	100,00	113,48	89,13	79,43	74,99
Motocompressori, impianti di miscelazione, pompe acqua, autobotte, auto pompa per cls, vibratori cls, autobetoniera assimilati ad Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33

GA01 - Galleria Bauladu - imbocco Oristano

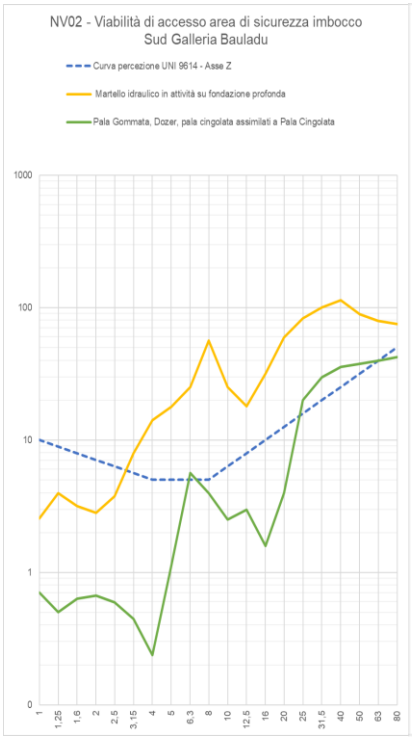
Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Dozer, pala gommata, Pala Cingolata assimilati a pala cingolata	5	0,71	0,50	0,63	0,67	0,60	0,45	0,24	1,12	5,62	3,98	2,51	2,99	1,58	3,98	19,95	29,85	35,48	37,58	39,81	42,17
Escavatore cingolato (tipo Fiat-Hitachi FH300 o similari)	5	0,32	0,20	0,19	0,12	0,20	0,26	0,24	0,25	0,28	0,30	0,98	1,88	9,89	13,34	16,79	12,59	12,02	28,84	51,88	8,41
impianto di miscelazione, pompa acqua, autobotte, motocompressori assimilati a Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33
Sonde di perforazione micropali e escavatore con martellone assimilato a martello idraulico in attività su fondazione profonda	5	2,55	3,98	3,17	2,82	3,77	7,94	14,13	17,78	25,12	56,23	25,16	17,98	31,62	59,31	82,91	100,00	113,48	89,13	79,43	74,99

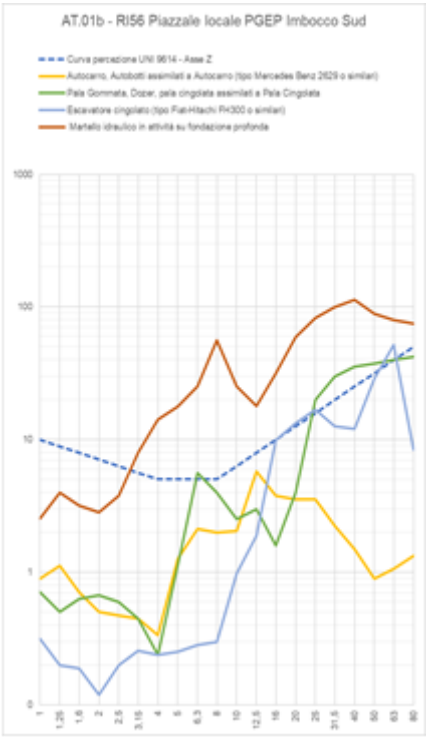
DT01 - Deposito temporaneo

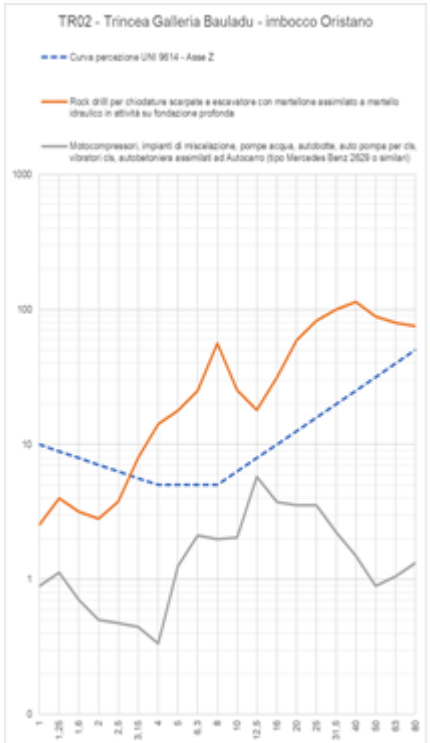
Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Pala Cingolata	5	0,71	0,50	0,63	0,67	0,60	0,45	0,24	1,12	5,62	3,98	2,51	2,99	1,58	3,98	19,95	29,85	35,48	37,58	39,81	42,17
Autobotti e autocarro. assimilati ad Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33

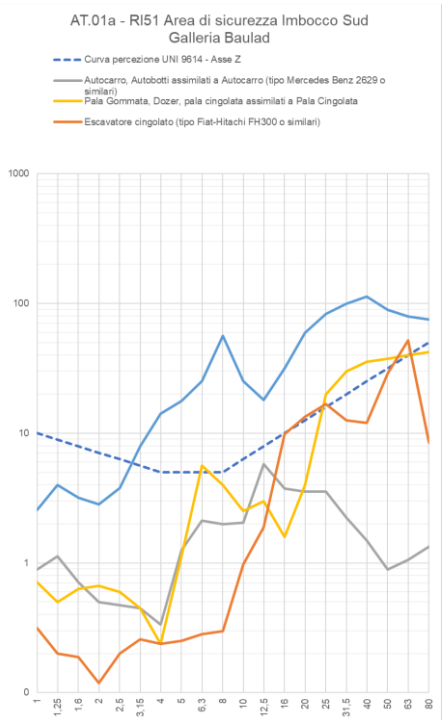
[1] Fonte: L.H. Watkins - "Environmental impact of roads and traffic" - Appl. Science Publ.

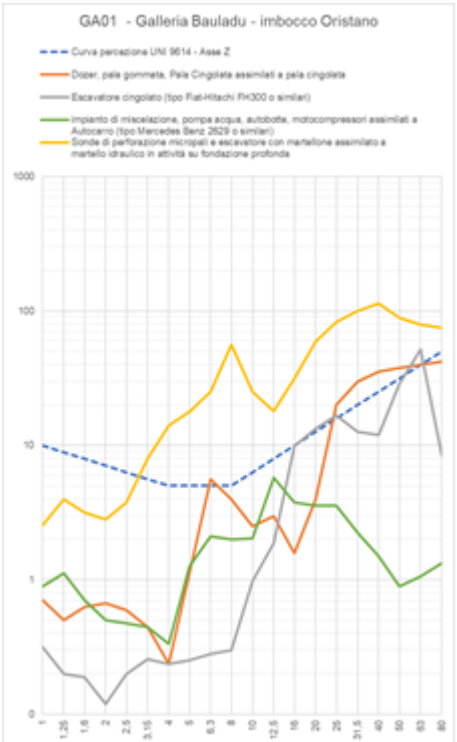
Di seguito i grafici degli spettri delle sorgenti dei macchinari con confronto con curva di percezione della UNI 9614 per l'asse Z.











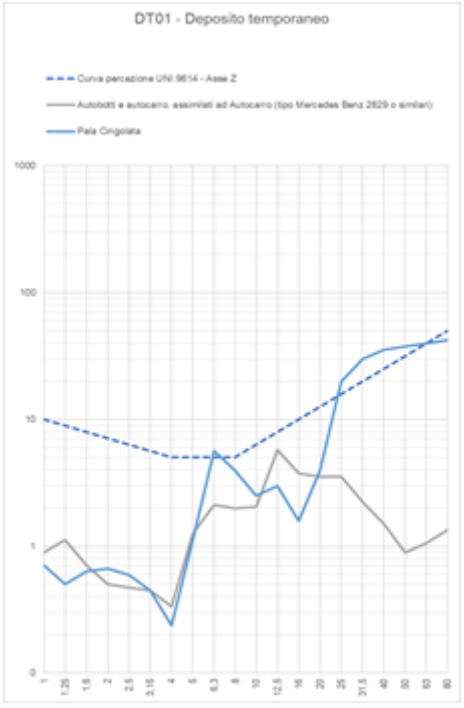


Figura 99 - Spettri delle sorgenti dei macchinari con confronto con curva di percezione della UNI 9614 per l'asse Z – Scenario 1

Scenario 2 – Imbocco sud

NV06 AA - Viabilità accesso Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco Nord	
Lavorazioni	Macchinari impiegati
Canalette	Escavatori con martellone
	Autobetoniere
	Auto Pompe per calcestruzzo e spritz-beton
	Vibratori per cls

AT.05 - RI52 Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco nord	
Lavorazioni	Macchinari impiegati
Scavo	Apripista Dozer
	Escavatori
	Escavatori con martellone
	Pale gommate
	Pale cingolate
	Autocarri e dumper
Sottofondo	Pale gommate
	Autobotti
	Rulli compattatori
	Pale cingolate
	Autobotti

Gestione accumuli temporanei	Autocarri e dumper

TR03 AA - Trincea 3 Galleria Bauladu – imbocco Bonorva	
Lavorazioni	Macchinari impiegati
Scavo e Chiodatura scarpate	Rock drilll per chiodature scarpate
	Motocompressori
	Impianti di miscelazione
	Pompe per acqua
	Autobotti
Spritz-beton scarpate	Autobetoniere
	Auto Pompe per calcestruzzo e spritz-beton
	Vibratori per cls

GA05 - Galleria Bauladu – imbocco Bonorva	
Lavorazioni	Macchinari impiegati
Sterro	Apripista Dozer
	Escavatori
	Escavatori con martellone
	Pale gommate
	Pale cingolate
Micropali	Sonde di perforazione per micropali
	Impianti di miscelazione
	Pompe per acqua
	Autobotti
Scavo e chiodatura scarpate	Rock drilll per chiodature scarpate
	Motocompressori
	Impianti di miscelazione
	Pompe per acqua
	Autobotti

IN08 - IN09 - Tombino ferroviario	
Lavorazioni	Macchinari impiegati
Scavo	Apripista Dozer
	Escavatori
	Escavatori con martellone
	Pale gommate
	Pale cingolate
	Autocarri e dumper

Armatura e getto	Auto Pompe per calcestruzzo e spritz-beton
	Pompe per acqua
	Autobotti
	Autobetoniere
	Vibratori per cls

DT02 - DT.03 - Deposito temporaneo	
Lavorazioni	Macchinari impiegati
Gestione accumuli temporanei	Pale cingolate
	Autobotti
	Autocarri e dumper

Aree Tecniche e di deposito provvisorio Imb. Sud	
Lavorazioni	Macchinari impiegati
Impianti fissi	Generatori corrente
	Impianti trattamento acque
	Impianti lavaggio ruote

La valutazione dei livelli vibrazionali è stata quindi condotta a fronte dell'acquisizione degli spettri di emissione dei macchinari di cantiere utilizzando dati bibliografici e misure dirette in campo. Gli spettri impiegati sono riferiti a misure eseguite ad una distanza di circa 5m dalla sorgente vibratoria e sono afferenti alla sola componente verticale considerata quella che fornisce il contributo maggiore.

Si precisa infine che stante l'indisponibilità di dati sperimentali per tutti i macchinari presenti nel cantiere in esame, si è proceduto utilizzando quelli di macchine in grado di trasmettere al terreno sollecitazioni di simile entità, ma di cui sia noto lo spettro.

Di seguito le tabelle ed i grafici di caratterizzazione delle sorgenti di vibrazioni[2] riferite ai mezzi di lavoro impiegati nelle due aree di cantiere che compongono gli scenari di riferimento. I valori seguenti sono espressi in mm/s^2.

[2] Fonte: L.H. Watkins - "Environmental impact of roads and traffic" - Appl. Science Publ.

NV06 AA - Viabilità accesso Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco Nord

Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Martello idraulico in attività su fondazione profonda	5	2,55	3,98	3,17	2,82	3,77	7,94	14,13	17,78	25,12	56,23	25,16	17,98	31,62	59,31	82,91	100,00	113,48	89,13	79,43	74,99
Autobetoniere, Auto pompe e vibratori per cls assimilati ad Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33

IN08 - IN09 - Tombino ferroviario

Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Escavatore cingolato (tipo Fiat-Hitachi FH300 o similari)	5	0,32	0,20	0,19	0,12	0,20	0,26	0,24	0,25	0,28	0,30	0,98	1,88	9,89	13,34	16,79	12,59	12,02	28,84	51,88	8,41
Dozer, Pala gommata, pala cingolata assimilata a Pala cingolata	5	0,71	0,50	0,63	0,67	0,60	0,45	0,24	1,12	5,62	3,98	2,51	2,99	1,58	3,98	19,95	29,85	35,48	37,58	39,81	42,17
Autocarro, auto pompa cls, pompa acqua, autobotte, autobetoniera, vibratori cls assimilati a Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33
Martello idraulico in attività su fondazione profonda	5	2,55	3,98	3,17	2,82	3,77	7,94	14,13	17,78	25,12	56,23	25,16	17,98	31,62	59,31	82,91	100,00	113,48	89,13	79,43	74,99

AT.05 - RI52 Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco nord

Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Autocarro, Autobotti assimilati a Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33
Pala Gommata, Dozer, pala cingolata assimilati a Pala Cingolata	5	0,71	0,50	0,63	0,67	0,60	0,45	0,24	1,12	5,62	3,98	2,51	2,99	1,58	3,98	19,95	29,85	35,48	37,58	39,81	42,17
Escavatore cingolato (tipo Fiat-Hitachi FH300 o similari)	5	0,32	0,20	0,19	0,12	0,20	0,26	0,24	0,25	0,28	0,30	0,98	1,88	9,89	13,34	16,79	12,59	12,02	28,84	51,88	8,41
Martello idraulico in attività su fondazione profonda	5	2,55	3,98	3,17	2,82	3,77	7,94	14,13	17,78	25,12	56,23	25,16	17,98	31,62	59,31	82,91	100,00	113,48	89,13	79,43	74,99
Rullo (tipo Dynapac FD25 o similari)	5	2,24	3,98	3,55	3,76	5,62	7,94	7,94	9,44	10,59	12,59	16,79	100,00	53,09	19,95	89,13	50,12	251,19	141,25	125,89	112,20

TR03 AA - Trincea 3 Galleria Bauladu – imbocco Bonorva

Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Rock drilll per chiodature scarpate e escavatore con martellone assimilato a martello idraulico in attività su fondazione profonda	5	2,55	3,98	3,17	2,82	3,77	7,94	14,13	17,78	25,12	56,23	25,16	17,98	31,62	59,31	82,91	100,00	113,48	89,13	79,43	74,99
Motocompressori, impianti di miscelazione, pompe acqua, autobotte, auto pompa per cls, vibratori cls, autobetoniera assimilati ad Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33

GA05 - Galleria Bauladu – imbocco Bonorva

Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Dozer, pala gommata, Pala Cingolata assimilati a pala cingolata	5	0,71	0,50	0,63	0,67	0,60	0,45	0,24	1,12	5,62	3,98	2,51	2,99	1,58	3,98	19,95	29,85	35,48	37,58	39,81	42,17
Escavatore cingolato (tipo Fiat-Hitachi FH300 o similari)	5	0,32	0,20	0,19	0,12	0,20	0,26	0,24	0,25	0,28	0,30	0,98	1,88	9,89	13,34	16,79	12,59	12,02	28,84	51,88	8,41
impianto di miscelazione, pompa acqua, autobotte, motocompressori assimilati a Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33
Sonde di perforazione micropali e escavatore con martellone assimilato a martello idraulico in attività su fondazione profonda	5	2,55	3,98	3,17	2,82	3,77	7,94	14,13	17,78	25,12	56,23	25,16	17,98	31,62	59,31	82,91	100,00	113,48	89,13	79,43	74,99

DT02 - DT03 - Deposito temporaneo

Mezzi attivi	D. (m)	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
Pala Cingolata	5	0,71	0,50	0,63	0,67	0,60	0,45	0,24	1,12	5,62	3,98	2,51	2,99	1,58	3,98	19,95	29,85	35,48	37,58	39,81	42,17
Autobotti e autocarro. assimilati ad Autocarro (tipo Mercedes Benz 2629 o similari)	5	0,89	1,12	0,71	0,50	0,47	0,45	0,33	1,26	2,11	2,00	2,04	5,75	3,76	3,55	3,55	2,24	1,50	0,89	1,06	1,33

Di seguito i grafici degli spettri delle sorgenti dei macchinari con confronto con curva di percezione della UNI 9614 per l'asse Z.

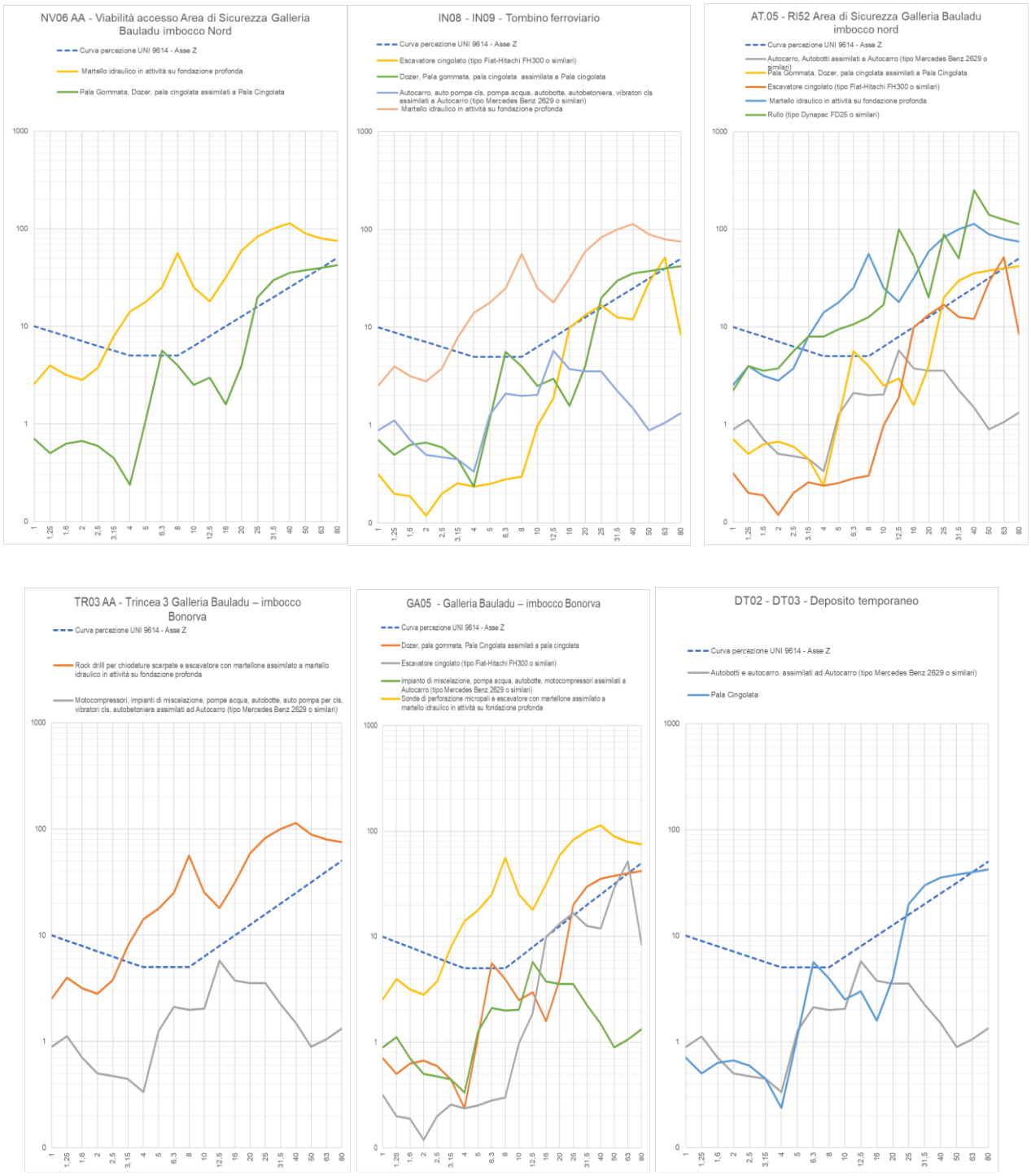


Figura 100 - Spettri delle sorgenti dei macchinari con confronto con curva di percezione della UNI 9614 per l'asse Z - Scenario 2

Valutazione della propagazione delle vibrazioni

Dall'analisi della propagazione dello spettro, per ogni distanza della sede dell'attività di lavoro, è agevole calcolare il livello complessivo di accelerazione ponderata, come somma dei livelli delle singole frequenze. In questo modo è stata calcolata la legge di variazione del livello di accelerazione ponderata in funzione della distanza, la quale è mostrata graficamente di seguito.

Nelle figure seguenti sono riportate la propagazione dello spettro nel terreno per i due scenari.

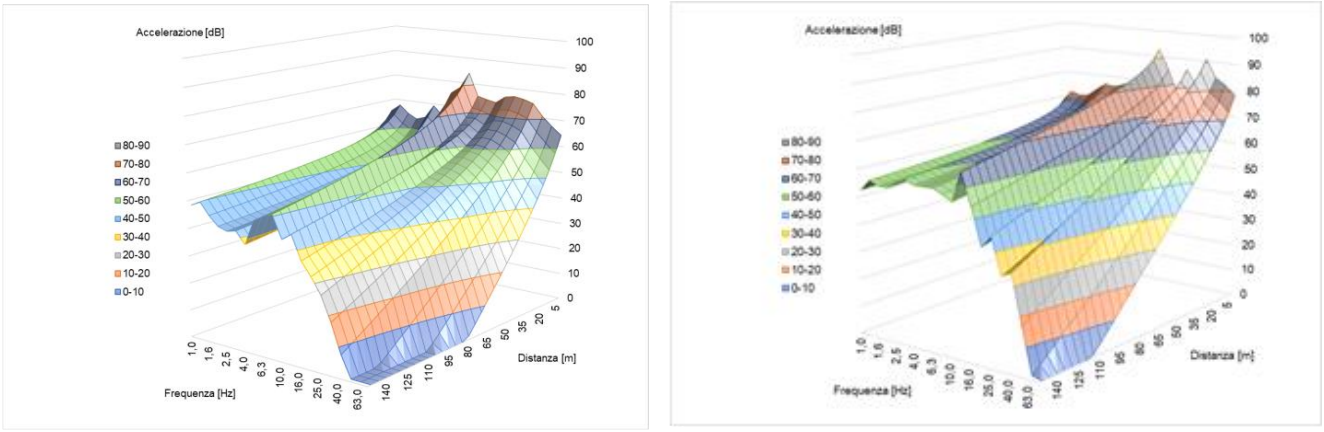


Figura 101 - Propagazione dei livelli di accelerazione in dB per singola frequenza, per NV02 e IN04 - Scenario 1

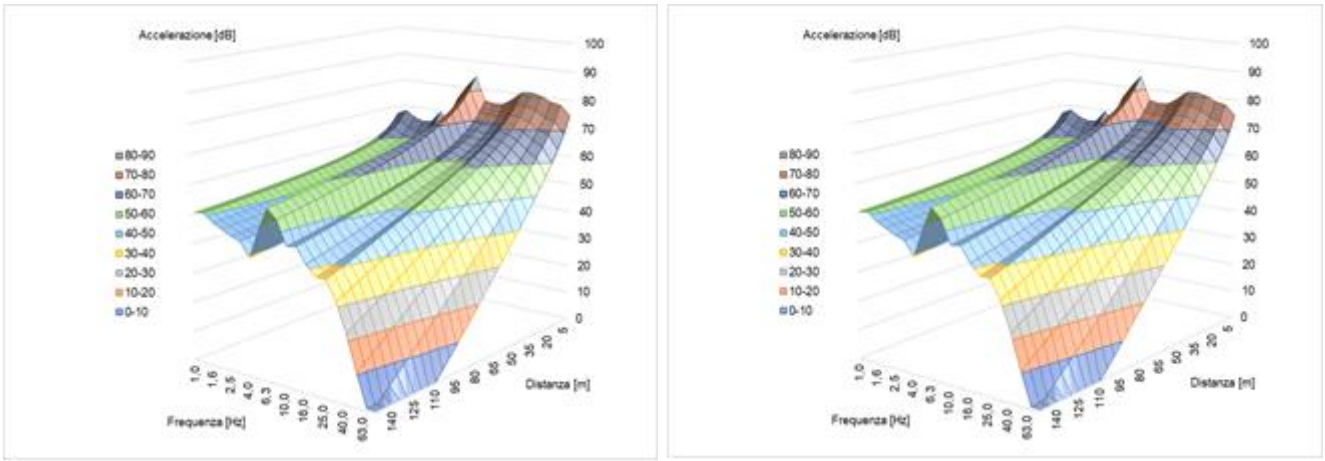


Figura 102 - Propagazione dei livelli di accelerazioni in dB per singola frequenza, per AT.01b e AT.01a - Scenario 1

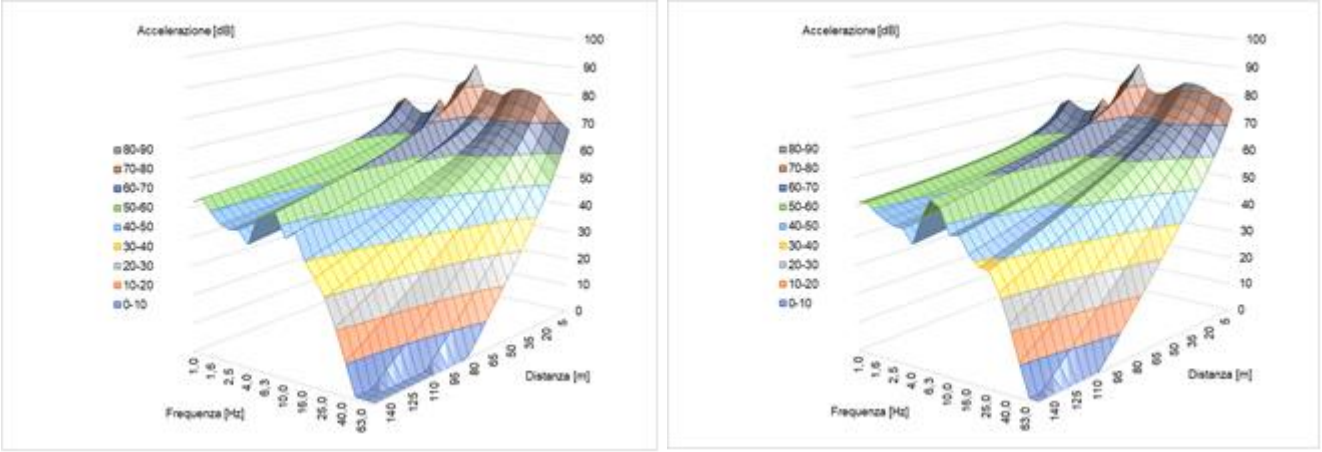


Figura 103 - Propagazione dei livelli di accelerazione in dB per singola frequenza, per TR02 e GA01 - Scenario 1

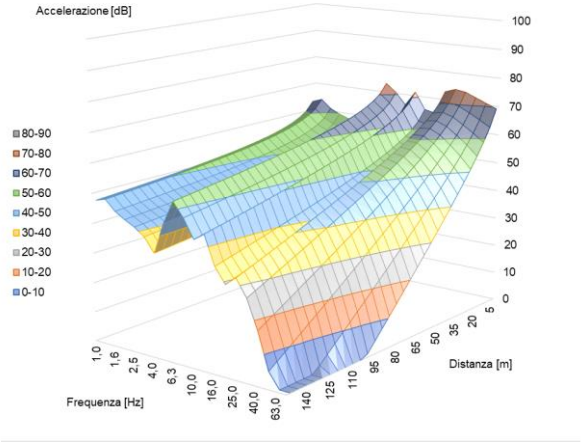


Figura 104 - Propagazione dei livelli di accelerazione in dB per singola frequenza, per DT01 - Scenrio 1

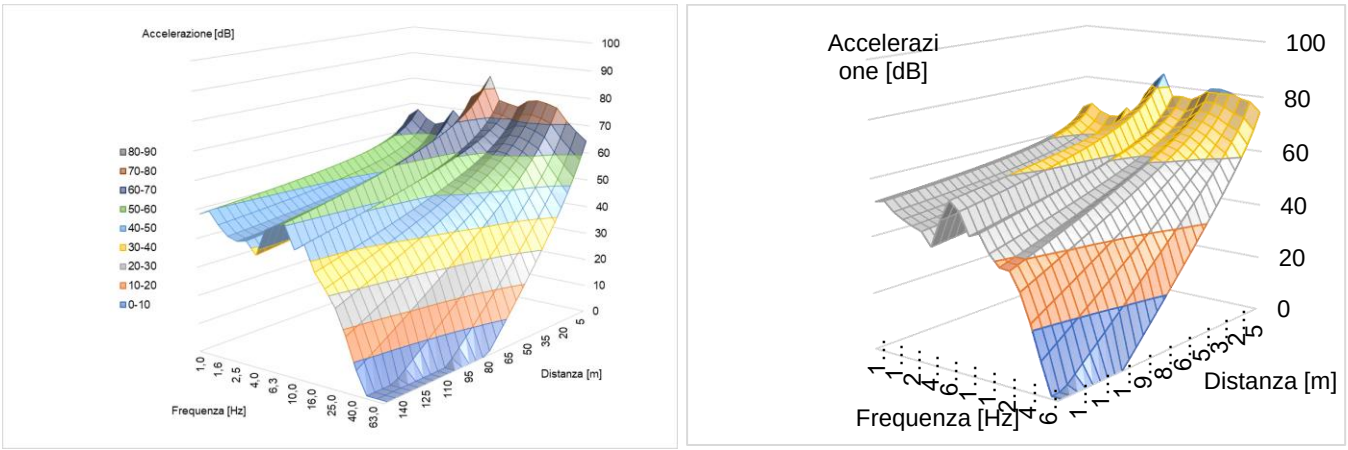


Figura 105 – Propagazione dei livelli di accelerazione in dB per singola frequenza, per NV06 AA e IN08/IN09 – Scenario 2

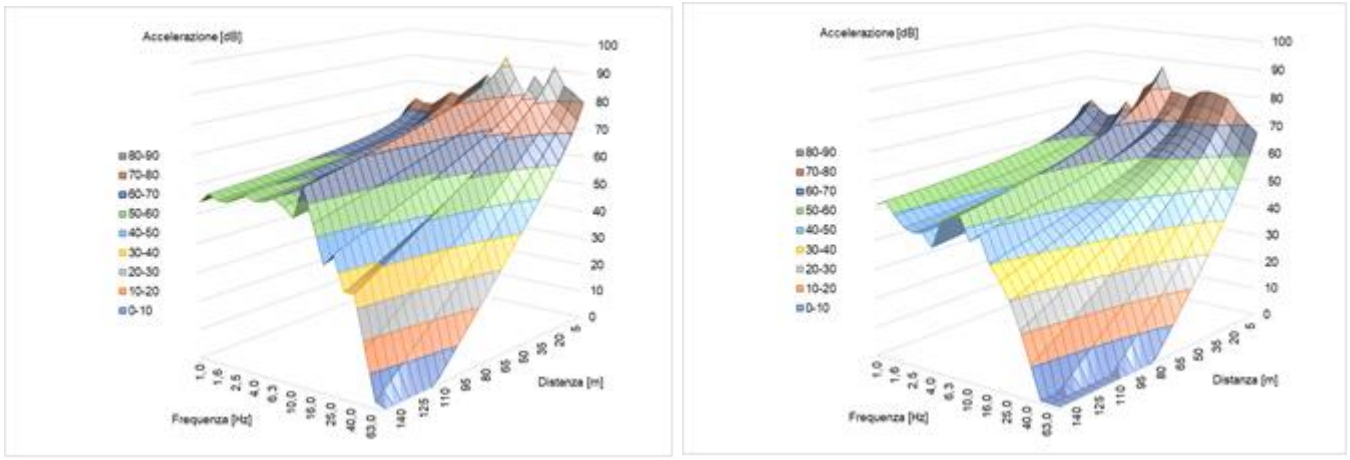


Figura 106 - Propagazione dei livelli di accelerazione in dB per singola frequenza, per AT05 e TR03 AA – Scenario 2

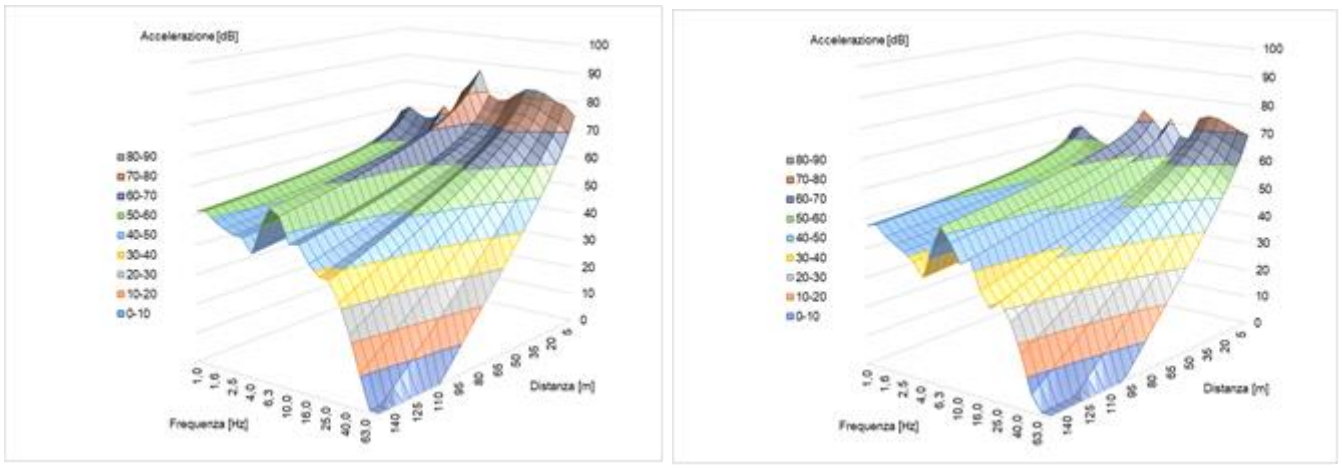


Figura 107 - Propagazione dei livelli di accelerazione in dB per singola frequenza, per GA05 e DT02/DT03 – Scenario 2

Stima dei futuri livelli vibrazionali

Il modello di propagazione illustrato fa riferimento ai soli fenomeni che avvengono nel terreno, supposto omogeneo ed isotropo (perlomeno all'interno di ogni strato), senza tenere in considerazione per il momento la presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante sistemi di fondazione che possono comportare variazioni dei livelli di accelerazione riscontrabili all'interno degli edifici stessi.

I sistemi fondazione in generale producono, in modo condizionato alla tipologia, un'attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante.

Inoltre, si rammenta il fenomeno della risonanza strutturale di elementi dei fabbricati, con particolare riferimento ai solai: quando infatti la frequenza dell'evento eccitante coincide con la frequenza naturale di oscillazione libera della struttura, quest'ultima registra un significativo incremento dei livelli di vibrazione rispetto a quelli registrabili sull'interfaccia terreno - costruzione.

Una stima dell'effetto locale di riduzione/amplificazione di ciascun edificio è possibile parametrizzando gli effetti combinati secondo curve empiriche che consentono la stima dei livelli di vibrazione in funzione dei livelli di vibrazione del terreno.

Sulla base di tali ipotesi, diviene possibile stimare in maniera approssimata per ogni edificio, note le sue caratteristiche costruttive, l'eventuale variazione massima sul solaio più sfavorito.

In merito alla previsione relativamente alla UNI 9614:2017 nelle seguenti considerazioni sull'entità dell'impatto vibrazionale presso i ricettori, avendo assunto per edifici residenziali un valore limite ammissibile pari a 7,2 mm/s^2 in virtù del periodo di lavoro diurno, si applicherà un fattore che tenga conto della possibile sovramplificazione da parte della struttura dell'edificio ricettore (assunta mediamente pari a +5dB[3]) permettendo così la valutazione all'interno degli edifici.

In relazione al Vettore Residuo, esso sarà determinato da dati di letteratura e/o da indagini in luoghi analoghi. Da analisi sperimentali si rileva che il vettore residuo a circa 15 m da una infrastruttura possa essere circa 0,8 mm/s^2. Nel modello, al fine della determinazione di Vsorg ed in modo da individuare una predizione conservativa, sarà usato il valore di residuo pari a 0,4 mm/s^2.

Dall'analisi della propagazione spaziale del valore complessivo ponderato dell'accelerazione (Vettore Immissione) per le aree individuate e considerando il Vettore residuo, si determina il Vettore Sorgente. Di seguito l'analisi per le due aree di cantiere individuate.

NV02 - Viabilità di accesso area di sicurezza imbocco Sud Galleria Bauladu: per l'area in esame, il limite del periodo diurno di 77 dB per i ricettori residenziali è raggiunto ad una distanza di circa 25 m ed il limite interno di 72 dB, per tenere conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 40 m.

[3] VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI VIBRAZIONI IN EDIFICI RESIDENZIALI Normativa, tecniche di misura e di calcolo di Angelo Farina Università degli Studi di Parma, Dipartimento di Ingegneria Industriale.

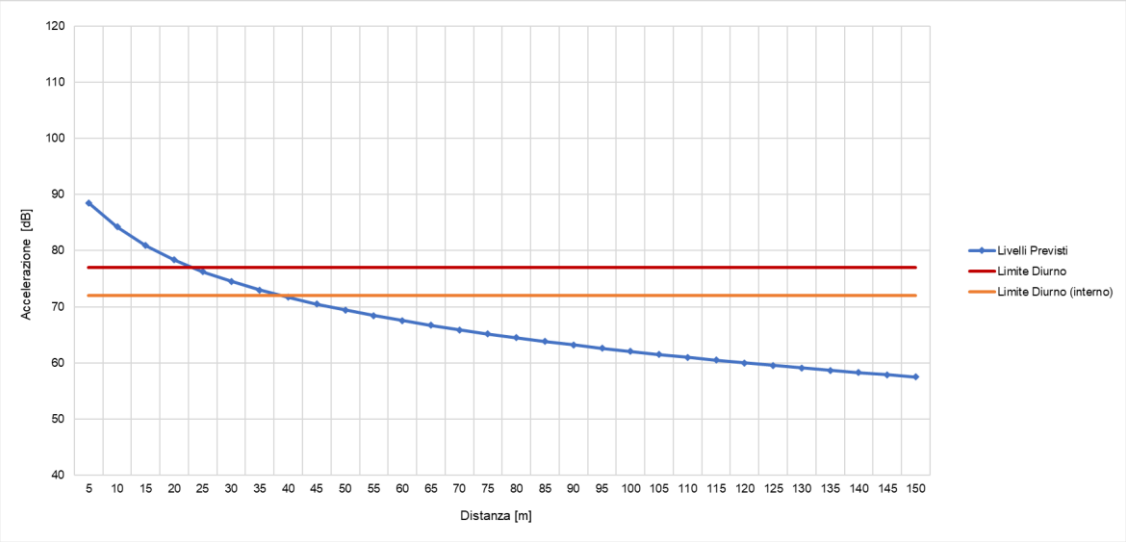


Figura 108 – Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per le lavorazioni - NV02

IN04 - Tombino stradale: per l'area in esame, il limite del periodo diurno di 77 dB per i ricettori residenziali è raggiunto ad una distanza di circa 80 m ed il limite interno di 72 dB, per tenere conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 120 m.

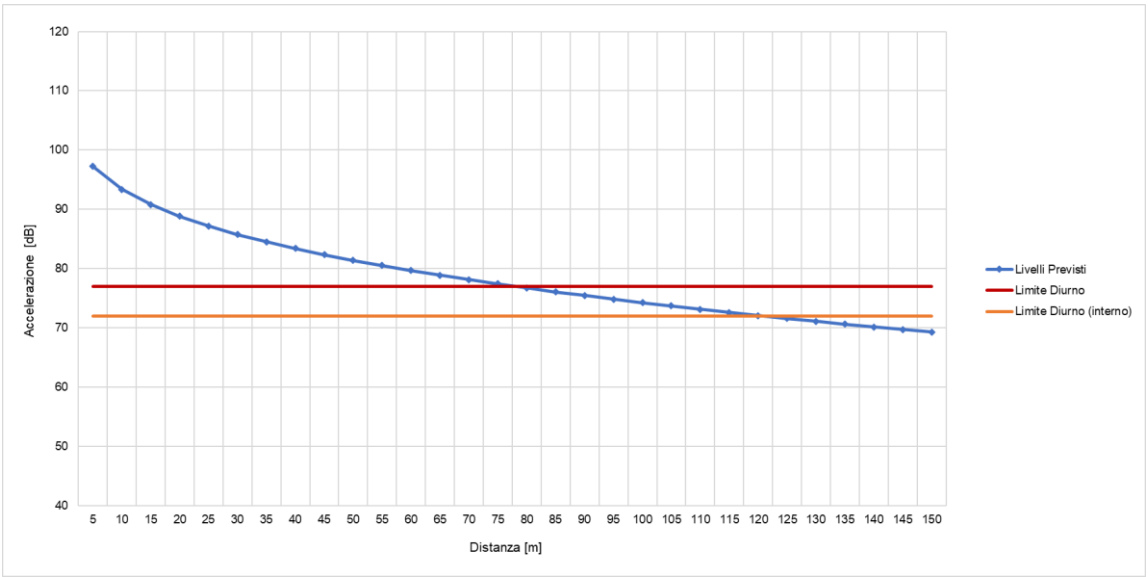


Figura 109 - Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per le lavorazioni – IN04

AT.01b - RI56 Piazzale locale PGEP Imbocco Sud: per l'area in esame, il limite del periodo diurno di 77 dB per i ricettori residenziali è raggiunto ad una distanza di circa 35 m ed il limite interno di 72 dB, per tenere conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 55 m.

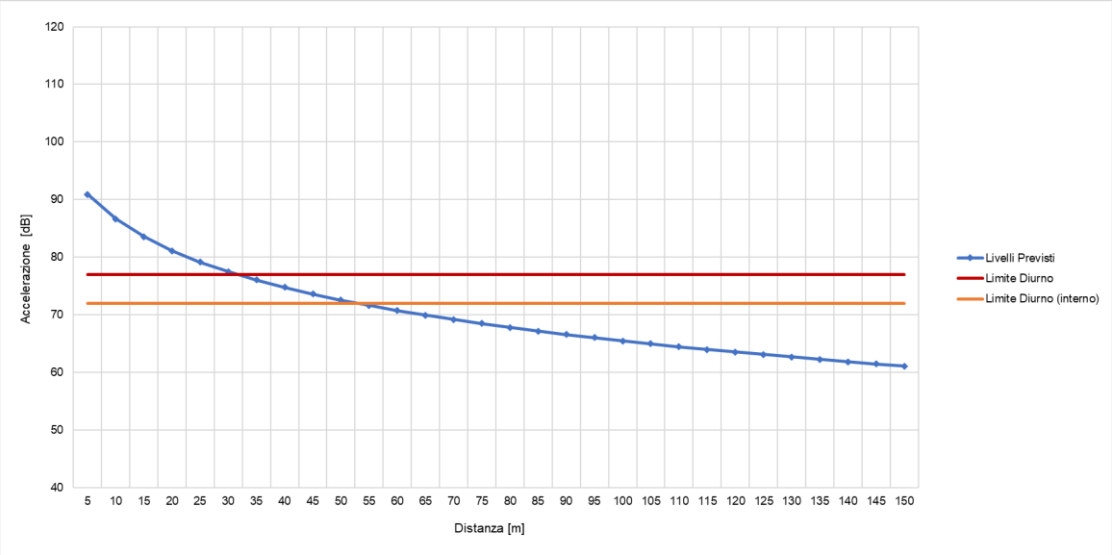


Figura 110 - Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per le lavorazioni – AT.01b

AT.01a - RI51 Area di sicurezza Imbocco Sud Galleria Bauladu: per l'area in esame, il limite del periodo diurno di 77 dB per i ricettori residenziali è raggiunto ad una distanza di circa 35 m ed il limite interno di 72 dB, per tenere conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 55 m.

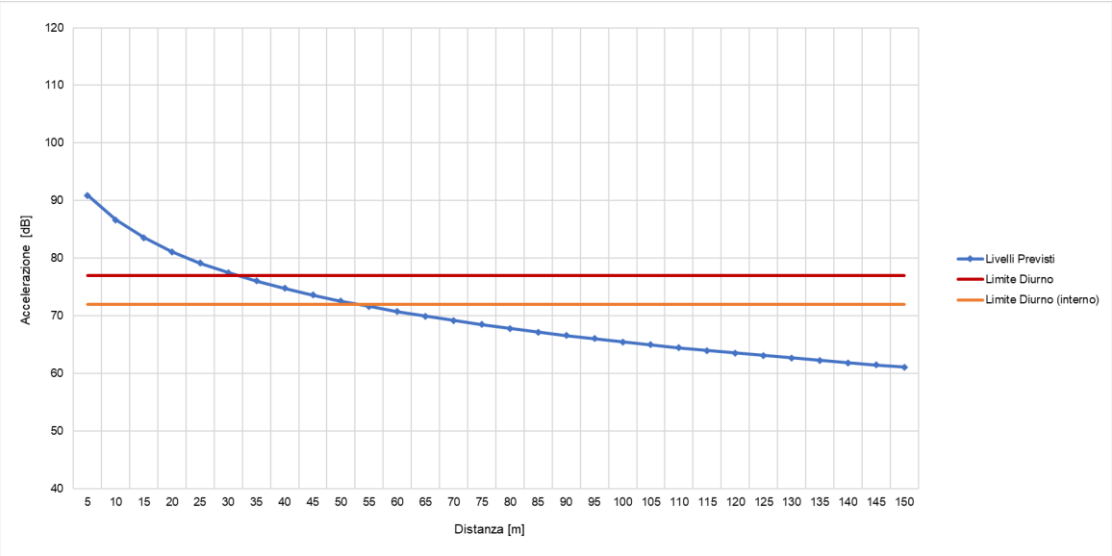


Figura 111 - Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per le lavorazioni – AT.01a

TR02 - Trincea Galleria Bauladu - imbocco Oristano: per l'area in esame, il limite del periodo diurno di 77 dB per i ricettori residenziali è raggiunto ad una distanza di circa 35 m ed il limite interno di 72 dB, per tenere conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 55 m.

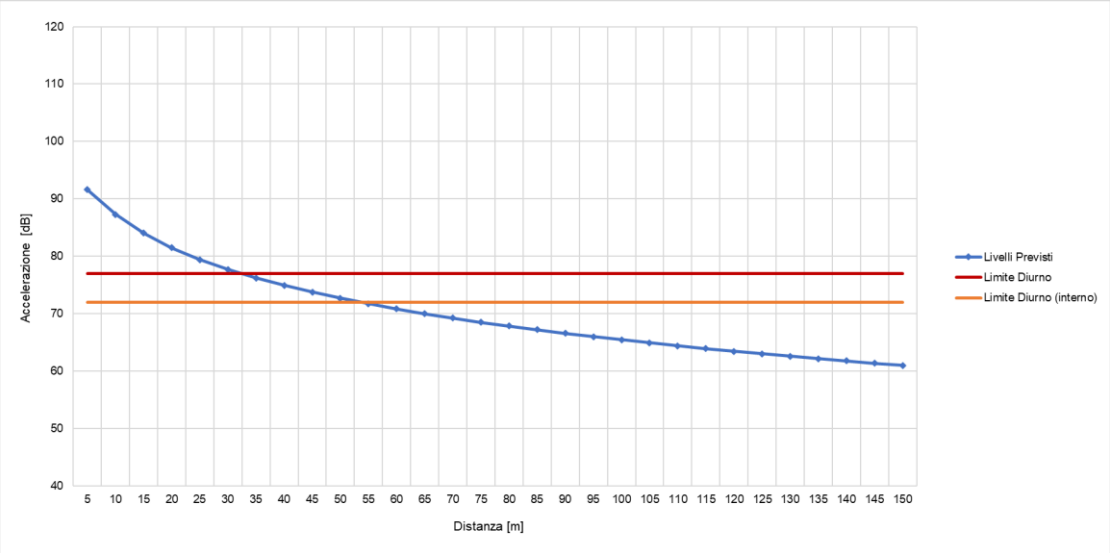


Figura 112 - Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per le lavorazioni – TR02

GA01 - Galleria Bauladu - imbocco Oristano: per l'area in esame, il limite del periodo diurno di 77 dB per i ricettori residenziali è raggiunto ad una distanza di circa 40 m ed il limite interno di 72 dB, per tenere conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 60 m.

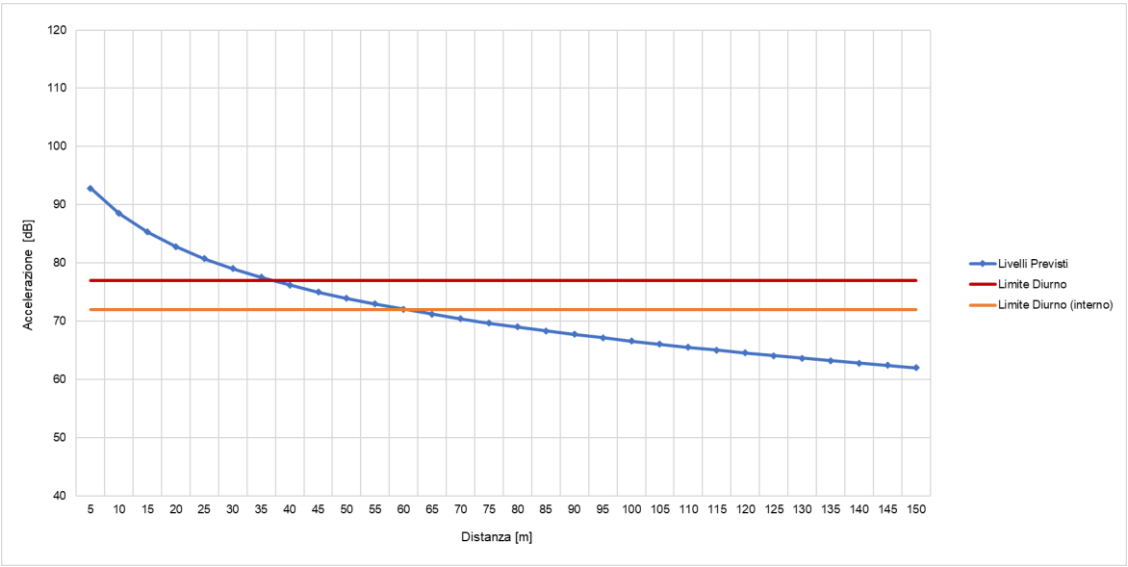


Figura 113 - Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per le lavorazioni – GA01

DT01 - Deposito temporaneo: per l'area in esame, il limite del periodo diurno di 77 dB per i ricettori residenziali è raggiunto ad una distanza di circa 15 m ed il limite interno di 72 dB, per tenere conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 30 m.

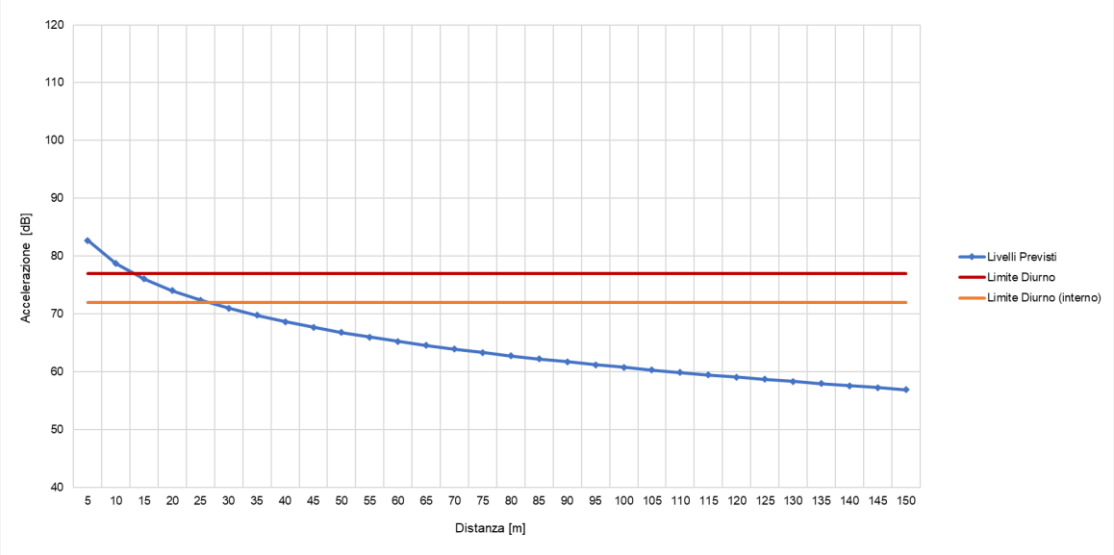


Figura 114 - Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per le lavorazioni – GA01

NV06 AA - Viabilità accesso Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco Nord: per l'area in esame, il limite del periodo diurno di 77 dB per i ricettori residenziali è raggiunto ad una distanza di circa 25 m ed il limite interno di 72 dB, per tenere conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 40 m.

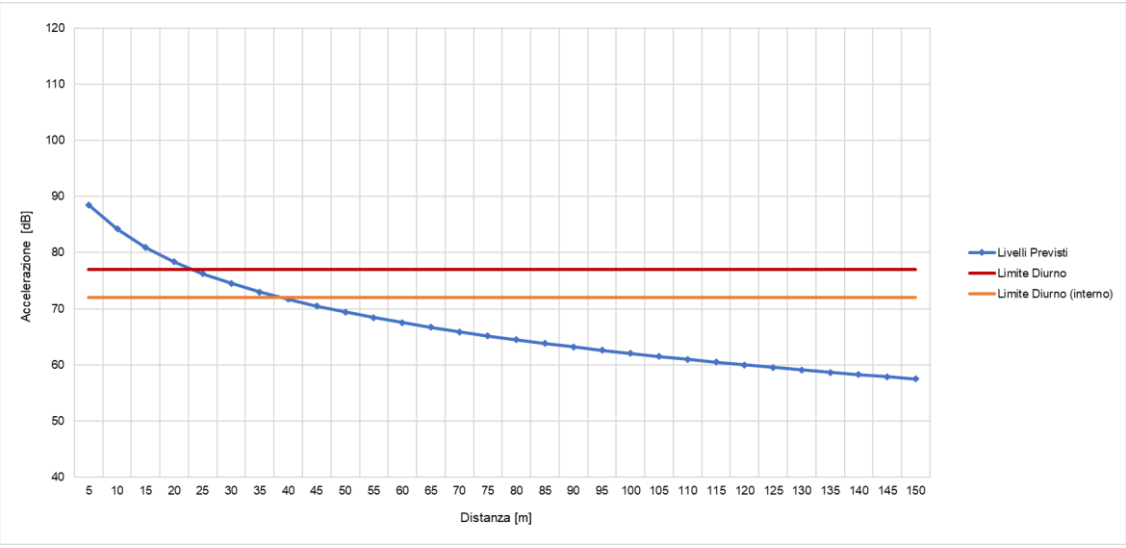


Figura 115 - Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per le lavorazioni – NV06AA

IN08/IN09 - Tombino Ferroviario: per l'area in esame, il limite del periodo diurno di 77 dB per i ricettori residenziali è raggiunto ad una distanza di circa 35 m ed il limite interno di 72 dB, per tenere conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 55 m.

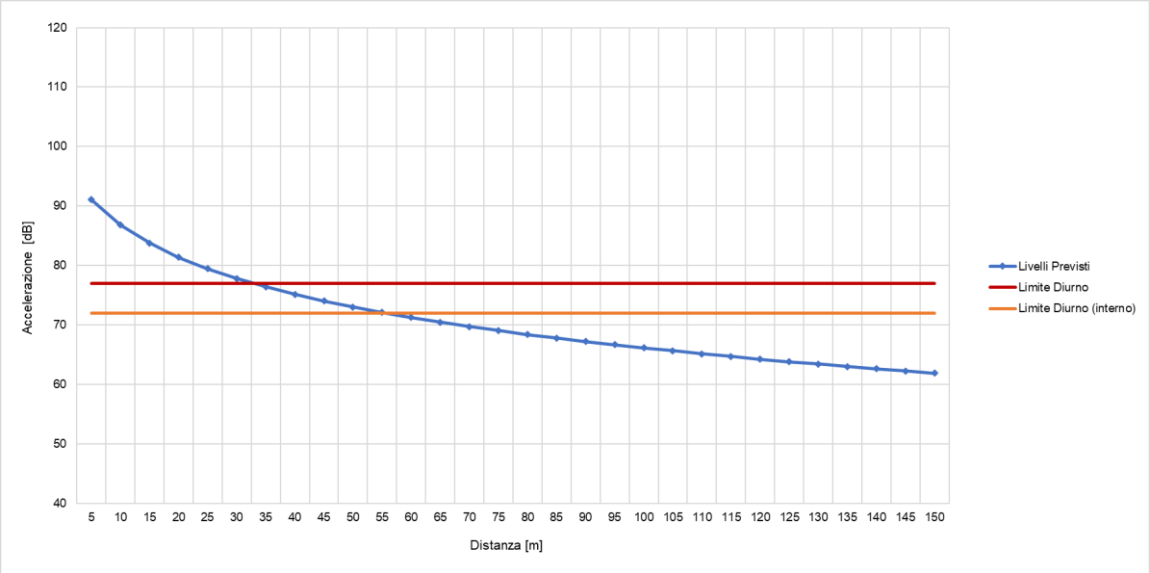


Figura 116 - Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per le lavorazioni – IN08/IN09

AT.05 - RI52 Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco nord: per l'area in esame, il limite del periodo diurno di 77 dB per i ricettori residenziali è raggiunto ad una distanza di circa 80 m ed il limite interno di 72 dB, per tenere conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 125 m.

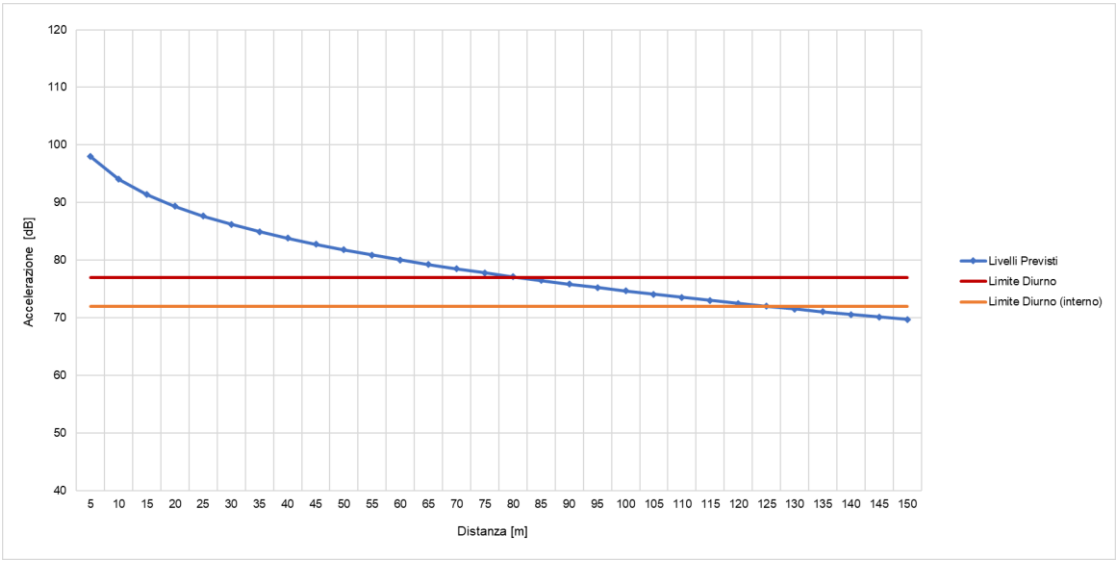


Figura 117 - Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per le lavorazioni – AT.05

TR03 AA - Trincea 3 Galleria Bauladu – imbocco Bonorva: per l'area in esame, il limite del periodo diurno di 77 dB per i ricettori residenziali è raggiunto ad una distanza di circa 35 m ed il limite interno di 72 dB, per tenere conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 55 m.

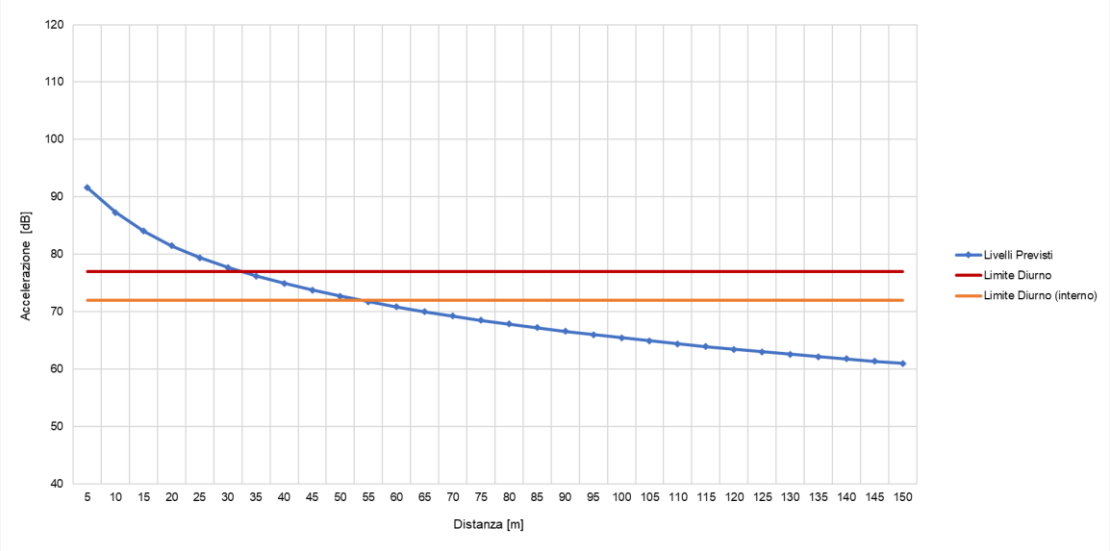


Figura 118 - Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per le lavorazioni – TR02

GA05 - Galleria Bauladu – imbocco Bonorva: per l'area in esame, il limite del periodo diurno di 77 dB per i ricettori residenziali è raggiunto ad una distanza di circa 40 m ed il limite interno di 72 dB, per tenere conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 60 m.

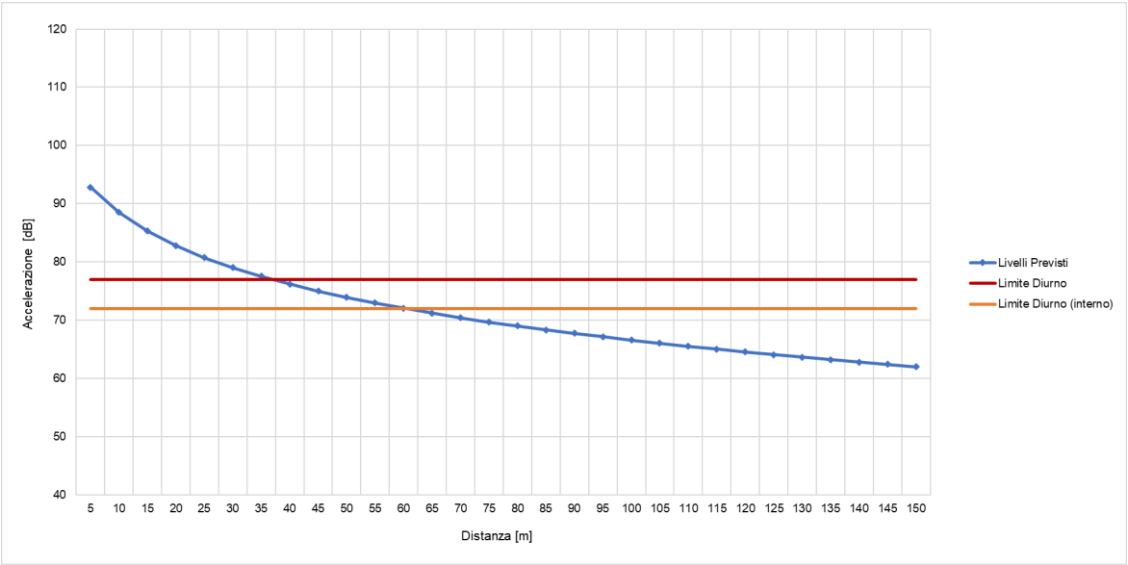


Figura 119 - Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per le lavorazioni – GA05

DT02/DT03 - Deposito temporaneo: per l'area in esame, il limite del periodo diurno di 77 dB per i ricettori residenziali è raggiunto ad una distanza di circa 15 m ed il limite interno di 72 dB, per tenere conto dei possibili effetti di amplificazioni prodotti dagli edifici (qui assunti mediamente pari a 5 dB), è raggiunto a una distanza di circa 30 m.

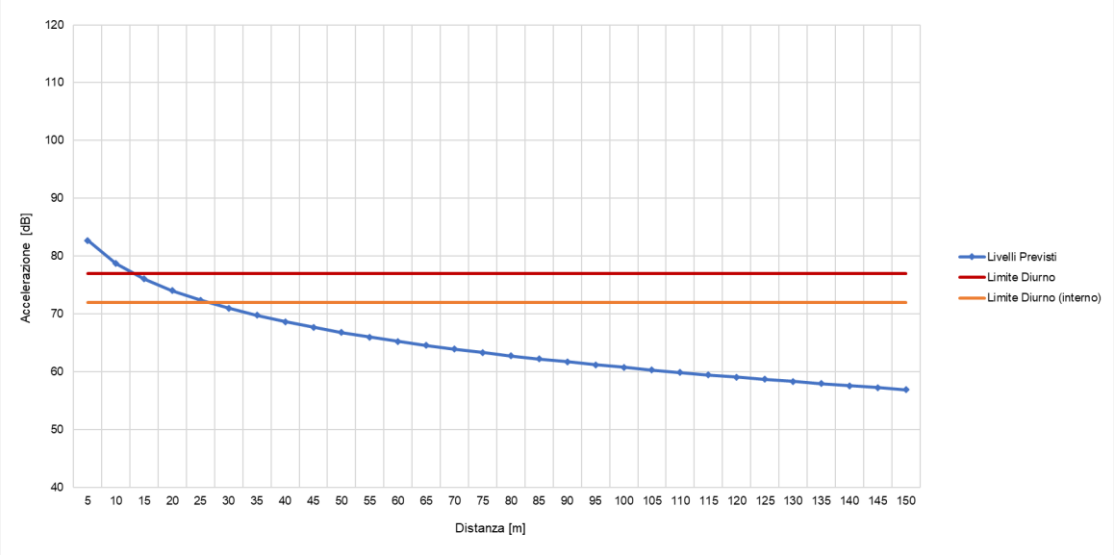


Figura 120 - Propagazione dei livelli di accelerazione stimati sui ricettori residenziali per le lavorazioni – DT02/DT03

Gruppo lavorazioni	Distanza del limite di 77 dB	Distanza del limite di 72 dB (interno)
NV02 - Viabilità di accesso area di sicurezza imbocco Sud Galleria Bauladu	25	40
IN04 - Tombino stradale	80	120
AT.01b - RI56 Piazzale locale PGEP Imbocco Sud	35	55
AT.01a - RI51 Area di sicurezza Imbocco Sud Galleria Bauladu	35	55
TR02 - Trincea Galleria Bauladu - imbocco Oristano	35	55
GA01 - Galleria Bauladu - imbocco Oristano	40	60
DT01 - Deposito temporaneo:	15	30
NV06 AA - Viabilità accesso Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco Nord	25	40
IN08/IN09 - Tombino Ferroviario	35	55
AT.05 - RI52 Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco nord	80	125
TR03 AA - Trincea 3 Galleria Bauladu – imbocco Bonorva	35	55
GA05 - Galleria Bauladu – imbocco Bonorva	40	60

Gruppo lavorazioni	Distanza del limite di 77 dB	Distanza del limite di 72 dB (interno)
DT02/DT03 - Deposito temporaneo	15	30

Tabella 48 - Sintesi distanze dal confine dell'area di cantiere per cui si hanno valori di vibrazioni eccedenti i limiti (77dB e limite interno di 72dB)

Considerando la vicinanza alle lavorazioni si segnala l'eventualità di alcune criticità legate al possibile superamento della soglia di disturbo in dipendenza dalla distanza dei potenziali ricettori nel periodo di riferimento.

A seguito di ciò si dovranno adottare le misure al fine del contenimento delle vibrazioni, quale la buona pratica di conduzione delle attività di cantiere ed eventualmente procedere ad una valutazione di maggior dettaglio con la redazione del "piano di gestione dell'impatto vibrazionale di cantiere" e la predisposizione di un monitoraggio per la verifica puntuale dei risultati predetti.

Di seguito si riportano alcuni stralci planimetrici in cui è possibile individuare la tipologia e numero di ricettori per i quali è stato stimato un probabile superamento del limite interno all'edificio.

Le valutazioni sono eseguite in base all'individuazione delle opere di cui è prevista la realizzazione con l'applicazione delle ampiezze di propagazione delle vibrazioni, in base agli scenari di lavorazione individuati in precedenza.

Di seguito la legenda dei tipologici di ricettore.

Individuazione degli scenari maggiormente critici

L'individuazione degli scenari di cantiere maggiormente critici è stata basata sull'analisi del cronoprogramma delle lavorazioni. In particolare, sono stati individuati 12 scenari rappresentativi, riassunti nella tabella seguente. Gli scenari includono il momento di maggiore sovrapposizione delle sorgenti di ciascuna fase.

Scenario	Lavorazione
Scenario 1	NV02 - Viabilità di accesso area di sicurezza imbocco Sud Galleria Bauladu
	IN04 - Tombino stradale
	AT.01b - RI56 Piazzale locale PGEP Imbocco Sud
	AT.01a - RI51 Area di sicurezza Imbocco Sud Galleria Bauladu
	TR02 - Trincea Galleria Bauladu - imbocco Oristano
	GA01 - Galleria Bauladu - imbocco Oristano
	DT01 - Deposito temporaneo:
Scenario 2	NV06 AA - Viabilità accesso Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco Nord
	IN08/IN09 - Tombino Ferroviario
	AT.05 - RI52 Area di Sicurezza Galleria Bauladu imbocco nord
	TR03 AA - Trincea 3 Galleria Bauladu – imbocco Bonorva
	GA05 - Galleria Bauladu – imbocco Bonorva

Tabella 49 - Sinottico scenari di cantiere

Scenario 1 – Imbocco Sud

Figura 121 - Stralcio con ampiezza dell'aree di superamento interno agli edifici del limite delle vibrazioni per lo Scenario 1: Imbocco sud

Si evidenzia che l'ampiezza delle vibrazioni durante le lavorazioni non comprenderà nessun ricettore prossimo alle lavorazioni.

Scenario 2 – Imbocco Nord

Figura 122 - Stralcio con ampiezza dell'aree di superamento interno agli edifici del limite delle vibrazioni per lo Scenario 2: Imbocco nord

Si evidenzia che l'ampiezza delle vibrazioni durante le lavorazioni non comprenderà nessun ricettore prossimo alle lavorazioni.

7.3.8 Valutazione

7.3.9 Impatto legislativo

A causa delle mancanze di prescrizioni legali di riferimento, tale aspetto ambientale non è significativo in relazione all'impatto legislativo.

7.3.10 Interazione opera - ambiente

L'analisi dell'impatto ambientale viene condotta analizzando le ripercussioni su questo aspetto ambientale in termini di quantità (il livello vibrazionale atteso sui ricettori), di severità (la frequenza e la durata degli eventuali impatti) e di sensibilità (in termini di presenza di ricettori residenziali e sensibili che subiscono gli impatti).

Considerato che non vi sono ricettori posti ad una distanza inferiore al limite interno diurno si può considerare non significativo l'impatto vibrazionale.

7.3.11 Percezione delle parti interessate

L'impatto legato alle vibrazioni si manifesta sostanzialmente sui soggetti residenti nelle aree prossime alle aree di cantiere e di lavoro, su cui viene esercitato un disturbo diretto. Ci si attende dunque che le parti coinvolte saranno interessate a monitorare l'andamento degli impatti legati all'aspetto ambientale vibrazioni, e dunque l'aspetto ambientale è da considerarsi significativo.

7.3.12 Mitigazioni ambientali

Per la componente in esame non sono prevedibili interventi di mitigazione propriamente detti, dal momento che le attività previste a progetto non determineranno un impatto significativo nel territorio limitrofo.

Procedure operative

Al fine di contenere i livelli vibrazionali generati dai macchinari, è necessario agire sulle modalità di utilizzo dei medesimi, sulla loro tipologia e adottare semplici accorgimenti, quali quelli di tenere gli autocarri in stazionamento a motore acceso il più possibile lontano dai ricettori.

La definizione di misure di dettaglio è demandata all'Appaltatore, che per definirle dovrà basarsi sulle caratteristiche dei macchinari da lui effettivamente impiegati e su apposite misure. In linea indicativa, l'Appaltatore dovrà:

- rispettare la norma di riferimento ISO 2631 con i livelli massimi ammissibili delle vibrazioni sulle persone;
- contenere i livelli vibrazionali generati dai macchinari agendo sulle modalità di utilizzo dei medesimi e sulla loro tipologia;
- definire le misure di dettaglio basandosi sulle caratteristiche dei macchinari da lui effettivamente impiegati;
- posizionare impianti fissi lontano dai ricettori sensibili;
- mantenere la buona cura delle aree di cantiere, come conservare in buono stato le strade di cantiere ed eliminare avvallamenti o buche.
- per i ricettori sensibili, dove presumibilmente le attività legate alle lavorazioni più impattanti saranno incompatibili con la fruizione del ricettore, dovrà essere attuare procedure operative che consentano di evitare lavorazioni impattanti negli orari e nei tempi di utilizzo dei ricettori e nel periodo di riposo degli occupanti. Infine, nei casi in cui non sia possibile mantenere entro i limiti i livelli vibrazionali, pur avendo messo in atto tutte le pratiche al fine di ridurle e solo per attività

temporanee, si ricorrerà alla stesura del “piano di gestione dell’impatto vibrazionale di cantiere” di dettaglio.

7.4 RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE NEI CANTIERI

7.4.1 Acque meteoriche

Prima della realizzazione delle pavimentazioni dei piazzali del cantiere saranno predisposte tubazioni e pozzetti della rete di smaltimento delle acque meteoriche.

Le acque meteoriche saranno convogliate nella rete di captazione costituita da pozzetti e caditoie collegati ad un cunettone in c.a. e da una tubazione interrata che convoglia tutte le acque nella vasca di accumulo di prima pioggia, dimensionata per accogliere i primi 15 minuti dell’evento meteorico.

Un deviatore automatico, collocato all’ingresso della vasca di raccolta dell’acqua di prima pioggia, invia l’acqua in esubero (oltre i primi 15 minuti) direttamente al recapito, mediante una apposita canalizzazione aperta.

7.4.2 Acque nere

Gli impianti di trattamento delle acque assicureranno un grado di depurazione tale da renderle idonee allo scarico secondo le norme vigenti, pertanto le stesse potranno essere impiegate per eventuali usi industriali oppure immesse direttamente al recapito.

7.4.3 Acque industriali

L’acqua necessaria per il funzionamento degli impianti di cantiere potrà essere approvvigionata da pozzi, o qualora possibile prelevata dalla rete acquedottistica comunale o, se necessario, trasportata tramite autobotti e convogliata in un serbatoio dal quale sarà distribuita alle utenze finali. L’impianto di trattamento delle acque industriali prevede apposite vasche di decantazione per l’abbattimento dei materiali fini in sospensione e degli oli eventualmente presenti.

8 RISULTATI

8.1 BILANCIO DEI MATERIALI DI SCAVO E DI RISULTA IN FASE DI REALIZZAZIONE

8.1.1 Bilancio materiali da scavo prodotti in fase di costruzione

I materiali di scavo che verranno prodotti dagli interventi di realizzazione della parte A del Progetto di "Velocizzazione della Linea San Gavino – Sassari – Olbia". Variante Bauladu", nell'ottica del rispetto dei principi ambientali di favorire il riutilizzo piuttosto che lo smaltimento saranno, ove possibile, reimpiegati nell'ambito delle lavorazioni in qualità di sottoprodotti a fronte di un'ottimizzazione negli approvvigionamenti esterni e, in subordine, conferiti ad impianti esterni in qualità di rifiuti. Si precisa infatti che, in riferimento ai fabbisogni delle opere in progetto, i materiali di risulta disponibili localmente presentano caratteristiche geotecniche ed ambientali idonee per possibili utilizzi interni quali la costruzione di rilevati, ritombamenti e riempimenti vari, l'inerbimento delle scarpate e gli interventi di ripristino a verde. Si evidenzia infine che, in riferimento ai fabbisogni dell'opera in progetto, solo una minima quota parte dei materiali di scavo prodotti dalle lavorazioni presentano caratteristiche geotecniche e chimiche non idonee per possibili utilizzi interni quali formazione di rilevati, rinterri, riempimenti e coperture vegetali, e pertanto saranno gestiti in qualità di rifiuti. Nella tabella di seguito si riporta una sintesi del bilancio dei materiali connessi alla realizzazione delle opere in progetto di Parte A e delle modalità di gestione dei materiali di risulta prodotti in funzione di quelli che sono i possibili riutilizzi di materiali all'interno delle stesse lavorazioni ed i fabbisogni del progetto in raffronto alle quantità emerse da affinamento dovuto a Progettazione Esecutiva.

Produzione complessiva (m^3 in banco)	Esubero esterno come sottoprodotto (m^3)	Riutilizzo stessa WBS + Riutilizzo diversa WBS	Fabbisogno (m^3)	Approvv. Utilizzo interno dalla stessa WBS (m^3)	Approvv. Utilizzo interno da diversa WBS (m^3)	Approvv. Esterno (m^3)	Esubero esterno (m^3)
175.189	0	77.089+98.100	79.006	77.089	98.100	0	0
	175.189			175.189			

Tabella 50 - Tabella riepilogativa bilancio complessivo dei materiali di scavo per la Parte A

Pertanto, in riferimento alla tabella sopra riportata, l'esecuzione degli interventi previsti in parte A porterà alla produzione complessiva di **175.189 mc** di materiali definibili terre e rocce da scavo che saranno gestiti secondo quanto riportato:

- riutilizzo interno all'opera nell'ambito del DPR 120/2017: di cui **77.089 mc** riutilizzabili all'interno della stessa WBS;
- deposito temporaneo in attesa di riutilizzo WBS parte B o per rimodellamento di cave dismesse nell'ambito del DPR 120/2017 (in parte B): **98.100 mc**.

Per ulteriori dettagli circa la gestione delle Terre e Rocce da scavo in qualità di sottoprodotto si rimanda direttamente al PUT approvato con Parere MATTM n. 3354 del 24 aprile 2020 (elaborato RR0H01D69RGTA0000001B).

8.1.2 Tipologie e gestione materiali di risulta prodotti in fase di costruzione

In riferimento alle modalità realizzative adottate ed alla natura dei materiali movimentati, nel rispetto dei principi generali di tutela ambientale, la gestione dei materiali di risulta dell'appalto avverrà nel **regime rifiuti (ai sensi della Parte IV D. Lgs. 152/06 e smi**) privilegiando ove possibile il conferimento presso siti esterni autorizzati al recupero e, secondariamente, prevedendo lo smaltimento finale in discarica autorizzata. Il cantiere dovrà gestire il conferimento dei rifiuti speciali con modalità temporale e l'invio dei rifiuti a recupero o smaltimento con cadenza almeno trimestrale (rispettivamente per i rifiuti pericolosi e quelli non pericolosi), ovvero l'invio connesso al raggiungimento dei 30 m^3 dei rifiuti in deposito, di cui al massimo 10 m^3 di rifiuti pericolosi.

Il deposito temporaneo di eventuali materiali di risulta dovrà essere fatto per tipi omogenei (i rifiuti misti derivanti da attività di demolizioni e costruzioni costituiscono un'unica categoria) e nel rispetto delle relative norme tecniche, nonché, per i rifiuti pericolosi, nel rispetto delle norme che disciplinano il deposito delle sostanze pericolose in esse contenute; in tal senso devono essere rispettate le norme che disciplinano l'imballaggio e l'etichettatura delle sostanze pericolose.

Per ulteriori dettagli si rimanda al Piano Gestione Materiali di Risulta, elaborato n. RR1500EZZRGTA0000002A.

8.1.3 Modalità di gestione e deposito temporaneo dei materiali di risulta prodotti

Per la gestione dei materiali di risulta dell'appalto si prediligerà il riutilizzo dei materiali in qualità di sottoprodotti, ove possibile, piuttosto che lo smaltimento degli stessi in qualità di rifiuti.

Come anticipato sopra, si prevede di allocare presso i siti di deposito in attesa interni alle aree di cantiere e poi riutilizzare nell'ambito delle lavorazioni in qualità di sottoprodotti **80.492 mc** (in banco) di materiali da scavo di cui:

- **78.078 mc** da riutilizzare nell'ambito della stessa WBS e, quindi, nello stesso sito in cui sono stati prodotti, previo eventuale deposito in sito e previo eventuale trattamento di normale pratica industriale;
- **2.414 mc** da riutilizzare nell'ambito dell'appalto in WBS diverse rispetto a quelle di produzione previo eventuale trasporto in siti di deposito in attesa di utilizzo dai siti di produzione e sottoposti, ove necessario, a trattamenti di normale pratica industriale;

Si ricorda che, viste le caratteristiche geologiche/geomeccaniche dei materiali scavati al fine di renderne l'utilizzo maggiormente efficace per rinterri/rilevati si procederà a sottoporre la totalità dei materiali prodotti a trattamenti di normale pratica industriale (riduzione volumetrica e selezione granulometrica) con le modalità precedentemente descritte.

8.1.4 **Valutazione**

8.1.5 Impatto legislativo

L'aspetto ambientale esaminato è significativo in termini di impatto legislativo in quanto disciplinato da specifiche norme di riferimento.

8.1.6 Interazione opera – ambiente

La valutazione viene condotta tenendo presenti tre criteri differenti: la quantità, la severità e la sensibilità. Nel caso in esame, si prevede di riutilizzare la maggior parte (circa il 82%) del materiale di risulta prodotti nell'ambito delle lavorazioni all'interno dello stesso appalto, mentre, circa il 18% per rimodellamento morfologico di siti di cava esterni. In qualità di rifiuto saranno trattati soli i volumi provenienti dalla dismissione della linea storica.

La severità indica l'arco di tempo in cui avviene l'attività di smaltimento/recupero. Poiché i lavori si svolgono su un arco temporale complessivo di circa 4,5 anni, ed i quantitativi di materiale in gioco sono controllati e limitati ad intervalli di tempo regolari, la durata dell'attività di conferimento esterno/smaltimento/recupero non è un parametro da ritenersi significativo.

La sensibilità viene ricondotta alla presenza o meno nel territorio di un numero adeguato di siti di conferimento/recupero/smaltimento per rispondere ai fabbisogni del progetto.

Per procedere all'analisi della sensibilità, nell'ambito della redazione del Progetto Esecutivo è stata accertata la disponibilità degli impianti per il recupero/smaltimento dei rifiuti come riportato in dettaglio nell'elaborato specialistico "Piano Gestione Materiali di Risulta" (elaborato n. RR1500EZZRGTA0000002A). Parallelamente, per i dettagli sui siti di destinazione finale dei materiali di scavo da gestire in qualità di sottoprodotti si rimanda a quanto riportato nel PUT approvato con Parere MATTM n.3354 del 24 aprile 2020 (elaborato RR0H01D69RGTA0000001B).

Dalle considerazioni sopra esposte, nonostante gli ingenti volumi di materiali in gioco si ritiene che l'impatto ambientale possa essere considerato scarsamente significativo.

8.1.7 Percezione delle parti interessate

Per l'aspetto ambientale in esame, in ragione della sua tipologia, non sono previsti interventi di mitigazione propriamente detti. Tuttavia, il riutilizzo pressoché integrale del materiale di risulta per la realizzazione di rinterri e rilevati e come terreno vegetale nell'ambito degli stessi interventi, riduce significatemene i quantitativi di materiale da approvvigionare dall'esterno.

8.2 SOSTANZE PERICOLOSE

Per le attività previste all'interno delle diverse aree di lavorazione e di cantiere è possibile avere la necessità di utilizzare e stoccare sostanze pericolose quali sostanze chimiche, olii, vernici, solventi, carburanti. Gli impatti relativi a questo aspetto ambientale sono più apprezzabili in corrispondenza delle aree di cantiere ove vengono stoccate le sostanze stesse. Vista la tipologia di opere da realizzare e l'assenza di depositi di grandi dimensioni per lo stoccaggio di sostanze pericolose, si rileva che l'impatto della fase di realizzazione su questo aspetto ambientale è da considerarsi solo limitatamente ad eventuali sversamenti accidentali di tali sostanze.

8.2.1 Valutazione

8.2.2 Impatto legislativo

La legislazione prefissa le modalità di gestione all'interno del cantiere di molte sostanze chimiche pericolose, comprese le sostanze infiammabili e quelle tossiche. L'aspetto risulta di conseguenza significativo.

8.2.3 Interazione opera-ambiente

L'impatto ambientale sulla componente è costituito dalle modifiche indotte su di essa dalle attività di costruzione. Tale valutazione viene condotta tenendo presenti tre criteri differenti: la quantità, la severità e sensibilità. Nel caso delle sostanze pericolose la quantità coincide con i volumi di sostanze che occorre approvvigionare e stoccare per la realizzazione delle opere. Tale quantità non è al momento stimabile, in quanto dipenderà unicamente dall'organizzazione dell'Appaltatore; essa risulta comunque estremamente limitata, vista la natura delle opere da realizzare.

La severità indica l'arco di tempo in cui avviene l'attività di stoccaggio, ed è dunque limitata nel tempo.

La sensibilità viene ricondotta alla presenza o meno nel territorio di terreni particolarmente sensibili all'inquinamento (terreni permeabili) ed alla presenza di eventuale falda acquifera: in tal senso, nel caso specifico, la sensibilità risulta essere significativa in quanto le opere da realizzare potrebbero interferire con la falda idrica.

In linea generale, vista la tipologia di opere da realizzare e l'assenza di depositi di grandi dimensioni per lo stoccaggio di sostanze pericolose, l'impatto della fase di realizzazione su questo aspetto ambientale è da considerarsi solo limitatamente ad eventuali sversamenti accidentali di tali sostanze. Nel complesso l'impatto ambientale può essere considerato poco significativo.

8.2.4 Percezione delle parti interessate

Nel caso in questione, per quanto valutato precedentemente, non si ritiene questo aspetto significativo nei confronti degli impatti attesi. Si ritiene quindi che l'aspetto non sia significativo.

8.2.5 Mitigazioni ambientali

Come anticipato, gli impatti connessi all'utilizzo di sostanze pericolose non costituiscono impatti "certi" e di dimensione valutabile in maniera precisa a priori, ma piuttosto impatti potenziali. Una riduzione del rischio di impatti significativi connessi all'utilizzo di sostanze pericolose in fase di costruzione dell'opera può essere ottenuta applicando adeguate procedure operative nelle attività di cantiere, relative alla gestione e lo stoccaggio delle sostanze inquinanti e dei prodotti di natura cementizia, alla prevenzione dallo sversamento di oli ed idrocarburi. Tali procedure operative sono dettagliate nel paragrafo delle mitigazioni riferito alla componente acque.

8.3 MATERIE PRIME

8.3.1 Materiali impiegati per la costruzione dell'opera

La realizzazione delle opere in progetto comporta un fabbisogno di circa 21.357 m^3 dei seguenti materiali principali:

- inerti per calcestruzzo e anticapillare: circa 1.927 m^3;
- materiale per rilevati e supercompattato: circa 18.408 m^3;
- rinterri/ritombamenti sottoposti ad azioni ferroviarie e/o stradali: 0 m^3;
- rinterri/ritombamenti non sottoposti ad azioni ferroviarie e/o stradali: 0 m^3;
- terreno vegetale 1.022 m^3.

Tale fabbisogno sarà, quasi completamente, compensato dal materiale generato dalla realizzazione delle opere in progetto e che si prevede di riutilizzare in qualità di sottoprodotto. In definitiva, quindi, si prevede la produzione di circa 176.085 m^3, che sarà impiegato come a seguire:

- utilizzo interno in qualità di sottoprodotto: circa 96.572 m^3;
- utilizzo esterno in qualità di sottoprodotto: circa 79.513 m^3.

Per maggiori dettagli sui quantitativi si rimanda agli elaborati specialistici di riferimento delle opere civili.

Un elenco delle cave attive individuate in prossimità delle aree di intervento per la fornitura di inerti è indicato nella tabella seguente, per ulteriori informazioni riguardo agli impianti di approvvigionamento individuati si rimanda all'elaborato Relazione Generale – Siti di approvvigionamento e smaltimento RR0H01D69RGCA0000002B di Progetto Definitivo.

ID*	Nome Cava	Nome società	Comune	Località	Distanza (km)
C1	Mura Cabras (1081_O) basalto	ICAS srl	Bauladu (OR)	Mur'E Crabas	0
C2	Su Barroccu (1212_C) Depositi alluvionali		Siamaggiore (OR)	Su Barroccu	8.5
C3	Ussei (333_C) Granito		Busachi (OR)	Busachi	20
C4	Sa Tanca S'Oreri (241_C) Depositi alluvionali	CESPO srl	Simaxis (OR)	Sa Tanca Soreri	10
C5	Sa Bia de Tramatza (271_C) Depositi alluvionali	Guido Ruggiu srl	Solarussa (OR)	Bia de Tramatza	6

Tabella 51 - Siti di approvvigionamento inerti

** Il Codice dell'impianto corrisponde a quello riportato nella Tavola "Corografia siti di approvvigionamento e smaltimento" (RR0H01D69CZCA0000001B.*

8.3.2 Valutazione

8.3.3 Impatto legislativo

Per la componente in oggetto, non esiste una normativa di riferimento che determina eventuali limiti da rispettare o adempimenti da attuare. Per cui, in relazione alla normativa, tale aspetto non è significativo.

8.3.4 Interazione opera – ambiente

L'impatto ambientale sulla componente è costituito dalle modifiche indotte su di essa dalle attività di costruzione. La valutazione viene condotta tenendo presenti tre criteri differenti: la quantità, la sensibilità e la severità.

Nel caso delle materie prime la quantità coincide con i volumi di materiale che occorre approvvigionare per la realizzazione delle opere.

La sensibilità viene ricondotta alla presenza o meno nel territorio di un numero adeguato di impianti di approvvigionamento per rispondere ai fabbisogni del progetto.

Appare evidente come entrambi i parametri, quantità e sensibilità, siano strettamente correlati alla possibilità, soprattutto per quanto riguarda gli inerti, di recuperare i materiali necessari direttamente in cantiere (es: ghiaia, sabbia, etc).

L'analisi della sensibilità è stata condotta verificando nel territorio circostante le aree di lavoro al fine di verificare la capacità delle cave di prestito di fornire gli inerti necessari per la realizzazione delle opere e per il confezionamento dei calcestruzzi e per la realizzazione dei rilevati.

I risultati dell'analisi relativa alle cave (insieme a quella sui potenziali siti di smaltimento/recupero dei materiali di risulta) sono presentati nella specifica relazione di Progetto Definitivo RR0H01D69RGCA0000002B. I principali siti di approvvigionamento dei materiali e di conferimento delle terre e rocce da scavo sono stati scelti al fine di minimizzare le interferenze con le aree a destinazione d'uso residenziale, coinvolgere le strade a maggior capacità di traffico, eseguire percorsi più rapidi per il collegamento tra cantieri, aree di lavoro e siti di approvvigionamento dei materiali da costruire e di conferimento dei materiali di risulta, minimizzare le interferenze con la rete viaria locale.

Nel caso in esame, i quantitativi in gioco non sono significativi. In più in considerazione delle soluzioni di gestione individuate, e della disponibilità dei soggetti esterni presenti nel territorio a fornire i quantitativi di materie prime necessarie alla realizzazione dell'opera, non sembrano emergere particolari criticità.

Nello specifico i quantitativi di materiale da impiegare prevalentemente per la formazione dei calcestruzzi saranno ricavati in massima parte dal riutilizzo dei materiali di scavo ed in minor parte (qualora necessario) da cave operanti sul territorio. I quantitativi di materiali da approvvigionare dall'esterno risultano comunque compatibili con le disponibilità dei diversi siti di cava presenti nel territorio limitrofo.

L'analisi della sensibilità è stata condotta verificando, nel territorio circostante le aree di lavoro, la capacità delle cave di prestito di fornire gli inerti necessari per la realizzazione delle opere e per il confezionamento dei calcestruzzi.

A seguito di tali considerazioni si ritiene che la sensibilità indotta dalle problematiche in questione possa essere considerata trascurabile.

La severità indica invece l'arco di tempo in cui avviene l'attività di approvvigionamento, che è strettamente correlata alla durata delle attività di cantiere (circa 4,5 anni). L'acquisizione delle diverse materie prime necessarie alla realizzazione dell'opera è controllata e limitata ad intervalli di tempo regolari. Tuttavia, anche la durata dell'approvvigionamento è un parametro trascurabile.

8.3.5 Percezione delle parti interessate

Pur essendo i quantitativi in gioco non significativi, i soggetti esterni presenti nel territorio (fornitori di materiali inerti e calcestruzzo) si sono dimostrati interessati a fornire i quantitativi di materie prime necessarie alla realizzazione dell'opera.

8.3.6 MITIGAZIONI AMBIENTALI

Si prevede il massimo riutilizzo delle terre provenienti dalla realizzazione delle opere, riducendo al massimo il quantitativo di materiale da approvvigionare da siti esterni.

9 ASPETTI AMBIENTALI DI PROCESSO

Si riportano nella tabella che segue, a scopo riepilogativo, i risultati della fase di identificazione degli aspetti ambientali di processo (AAPC) scaturiti a seguito della valutazione di significatività.

ASPETTII AMBIENTALI	Programmazione e pianificazione territoriale	Sistema dei vincoli e delle aree protette	Beni storici e architettonici	Paesaggio e visualità	Archeologia	Acque	Suolo e sottosuolo	Vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi	Emissioni in atmosfera	Rumore	Vibrazioni	Rifiuti e materiali di risulta	Sostanze pericolose	Materie prime	Emissioni ionizzanti e non ionizzanti	Consumi energetici	Ambiente sociale
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Impatto legislativo				X		X	X			X		X	X				
Interazione opera – ambiente				X			X	X	X	X	X			X			
Percezione delle parti interessate				X		X	X										
Valutazione complessiva di significatività	N	N	N	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	N	N

Tabella 52 - Aspetti ambientali di processo (AAPC) dei cantieri per le opere da realizzarsi