



Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben
 Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee



AUSBAU EISENBAHNACHSE MÜNCHEN-VERONA BRENNER BASISTUNNEL

Vorplanung

POTENZIAMENTO ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA

GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

Progettazione preliminare

Baulos H81 Bahnhof Franzenfeste

Lotto H81 Stazione Fortezza

Sub-Baulos

SANIERUNG DER BAUSTELLENFLÄCHEN
 „NEUE ZUFAHRTSSTRASSE RIOL“

Dokumentenart

Vorentwurf

Titel

Einstellung in ständiger Sicherheit

Sublotto

BONIFICA AREE DI CANTIERE
 “NUOVA VIABILITÀ DI ACCESSO RIOL”

Tipo Documento

Progetto Definitivo

Titolo

Messa in Sicurezza Permanente [MISP]

Il progettista / Der Projektant



	Datum/dat	Name/nome
Bearbeitet / Elaborato	16.03.2020	M. Pagano
Geprüft / Verificato	18.03.2020	F. Caridei
Freigegeben Autorizzato	25.03.2020	C. Mosangini
Gesehen BBT Visto BBT		

Projektkilometer / Progressiva di progetto

von / da
bis / a
bei / al

Baukilometer / Chilometro opera

von / da
bis / a
bei / al

Status Dokument / Stato documento

Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Dokumentenart Tipo Documento	Vertrag Contratto	Nummer Codice	Revision Revisione
02	H81	PE	001	UTB	D1344	P19038	00

Bearbeitungsstand			
Stato di elaborazione			
Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
01			
00	Erstversion Prima Versione	C.Mosangini	25.03.2020

INHALTSVERZEICHNIS INDICE

1.	10
1. INTRODUZIONE.....	10
1.1. 10	
1.1. PREMessa.....	10
1.2. 11	
1.2. SCOPO DEL LAVORO	11
1.3. 15	
1.3. BIBLIOGRAFIA.....	15
2. 16	
2. INQUADRAMENTO DELL'AREA.....	16
2.1. 17	
2.1. GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA.....	17
2.2. 18	
2.2. PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO.....	18
3. 18	
3. SINTESI PROGETTO PRELIMINARE.....	18
3.1. 18	
3.1. ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE	18
3.1.1. 19	
3.1.1. <i>Modello stratigrafico</i>	19
3.1.2. 22	
3.1.2. <i>Modello geologico e idrogeologico</i>	22
3.1.3. 22	
3.1.3. <i>Caratterizzazione ambientale</i>	22
3.2. 23	
3.2. ANALISI DI RISCHIO SANITARIA ED AMBIENTALE.....	23
3.2.1. 24	
3.2.1. <i>Modello concettuale Analisi di Rischio</i>	24
3.2.2. 24	
3.2.2. <i>Sorgenti di potenziale contaminazione nei terreni</i>	24
3.2.3. 25	
3.2.3. <i>Bersagli e vie di esposizione</i>	25
3.2.4. 26	
3.2.4. <i>Sintesi del modello concettuale</i>	26
3.2.5. 27	
3.2.5. <i>Sorgente di contaminazione</i>	27
3.2.6. 27	
3.2.6. <i>Calcolo del rischio – Modalità Diretta</i>	27
3.2.7. 29	
3.2.7. <i>Calcolo della concentrazione soglia di rischio – modalità inversa</i>	29
3.3. 30	
3.3. CONCLUSIONI PROGETTO PRELIMINARE.....	30
4. 30	
4. INDAGINI AMBIENTALI.....	30
4.1. 31	
4.1. INDAGINI AMBIENTALI GENNAIO	31
4.2. 33	
4.2. RISULTATI DELLE INDAGINI AMBIENTALI 2020	33
4.3. 44	
4.3. AGGIORNAMENTO DEL MODELLO CONCETTUALE DEL SITO	44
5. 48	

5.	CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA.....	48
5.1.	49	
5.1.	RISULTATI DI LABORATORIO GEOTECNICO.....	49
6.	51	
6.	CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA	51
6.1.	52	
6.1.	INDAGINE SISMICA MASW	52
6.1.1.	xx.....	52
6.1.1.	<i>Descrizione attività</i>	<i>52</i>
6.1.2.	xx.....	53
6.1.2.	<i>Risultati dell'indagine MASW</i>	<i>53</i>
6.1.3.	54	
6.1.3.	<i>Classificazione sismica del sottosuolo</i>	<i>54</i>
6.2.	55	
6.2.	TOMOGRAFIA SISMICA.....	55
6.2.1.	55	
6.2.1.	<i>Descrizione attività</i>	<i>55</i>
6.2.2.	xx.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
6.2.2.	<i>Risultati della tomografia sismica</i>	<i>58</i>
6.3.	62	
6.3.	TOMOGRAFIA ELETTROMAGNETICA	62
6.3.1.	62	
6.3.1.	<i>Descrizione attività</i>	<i>62</i>
6.3.2.	64	
6.3.2.	<i>Risultati della tomografia elettromagnetica.....</i>	<i>64</i>
6.4.	66	
6.4.	INDAGINE CON ELETTROMAGNETOMETRO PROFILER	66
6.4.1.	67	
6.4.1.	<i>Descrizione attività</i>	<i>67</i>
6.4.2.	67	
6.4.2.	<i>Risultati dell'indagine con elettromagnetometro Profiler</i>	<i>67</i>
6.5.	68	
6.5.	INDAGINE GEORADAR GPR.....	68
6.5.1.	68	
6.5.1.	<i>Descrizione attività</i>	<i>68</i>
6.5.2.	71	
6.5.2.	<i>Risultati dell'indagine GPR</i>	<i>71</i>
7.	77	
7.	MODELLO GEOTECNICO E SISMICO DI PROGETTO.....	77
7.1.	79	
7.1.	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	79
7.1.1.	82	
7.1.1.	<i>Azione sismiche di progetto.....</i>	<i>82</i>
7.2.	86	
7.2.	ANALISI DELLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	86
8.	88	
8.	REALIZZAZIONE DELL'OPERA.....	88
8.1.	90	
8.1.	REQUISITI PER GLI ELEMENTI DI RINFORZO	90
8.2.	92	
8.2.	REQUISITI PER IL RILEVATO STRUTTURALE.....	92
8.3.	92	
8.3.	ISTRUZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL RILEVATO.....	92
8.3.1.	93	
8.3.1.	<i>Preparazione dell'area.....</i>	<i>93</i>
8.3.2.	93	

8.3.2.	<i>Posa in opera</i>	93
8.3.3.	94	
8.3.3.	<i>Compattazione dei materiali di riporto</i>	94
8.3.4.	95	
8.3.4.	<i>Reinverdimento e Idrosemina</i>	95
8.4.	98	
8.4.	PROVE DI CONTROLLO E COLLAUDO	98
8.4.1.	100	
8.4.1.	<i>Controlli in corso d'opera</i>	100
9.	102	
9.	VERIFICHE GEOTECNICHE E DI STABILITÀ	102
9.1.	103	
9.1.	COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI	103
9.2.	104	
9.2.	IPOTESI DI CALCOLO	104
9.3.	105	
9.3.	METODO DI CALCOLO	105
9.3.1.	105	
9.3.1.	<i>Metodo semplificato di Bishop</i>	105
9.3.2.	106	
9.3.2.	<i>Metodo semplificato di Janbu</i>	106
9.3.3.	106	
9.3.3.	<i>Verifica di stabilità globale</i>	106
9.3.4.	106	
9.3.4.	<i>Verifica di stabilità interna</i>	106
9.3.5.	107	
9.3.5.	<i>Modello rigido</i>	107
9.3.5.1.	107	
9.3.5.1.	<i>Sfilamento esterno (tratto di ancoraggio)</i>	107
9.3.5.2.	108	
9.3.5.2.	<i>Sfilamento interno</i>	108
9.3.6.	109	
9.3.6.	<i>Generazione delle superfici di rottura</i>	109
9.3.7.	109	
9.3.7.	<i>Carichi dinamici dovuti a forze di natura sismiche</i>	109
9.4.	112	
9.4.	ESITO DELLE VERIFICHE	112
9.4.1.	112	
9.4.1.	<i>Coefficienti di sovradimensionamento e valori minimi ottenuti</i>	112
10.	113	
10.	GESTIONE DEI MATERIALI IN SITO	113
10.1.	114	
10.1.	CALCOLO DEI VOLUMI	114
10.2.	114	
10.2.	RIEPILOGO DEI VOLUMI DI STERRO/SCAVO	114
10.3.	116	
10.3.	RIUTILIZZO DEI MATERIALI IN SITO	116
10.3.1.	119	
10.3.1.	<i>Aree di deposito temporaneo</i>	119
10.3.2.	120	
10.3.2.	<i>Vallo barriera verde</i>	120
10.3.3.	120	
10.3.3.	<i>Vasca di varo</i>	120
10.3.4.	122	
10.3.4.	<i>Ritombamento delle aree di cantiere</i>	122
10.4.	124	
10.4.	ASPETTI LEGATI ALLA REALIZZAZIONE DEGLI SCAVI	124
10.4.1.	125	
10.4.1.	<i>Produzione</i>	125

10.4.1. Produzione	125
10.4.2. Volume di movimento	125
10.4.2. Volume di movimento	125
11. 127	
11. PIANO TEMPORALE E GESTIONE DEGLI INTERVENTI	127
12. 129	
12. REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE	129
12.1. 129	
12.1. DEFINIZIONE DELLA SUPERFICE DI ORIGINE.....	129
12.2. 130	
12.2. MISURE DI GESTIONE	130
13. 131	
13. OPERE ACCESSORIE.....	131
13.1. 131	
13.1. PAVIMENTAZIONE	131
13.2. 132	
13.2. STACCIONATA	132
13.3. 133	
13.3. RAMPA DI ACCESSO	133
13.4. 133	
14. ZUBEHÖR.....	134
14. ALLEGATI.....	134
Allegato A - Tavole	
Allegato B - Certificati analitici	
Allegato C - Calcolo geotecnico	
Allegato D - Schede tecniche	
Allegato E - Prescrizioni generali di sicurezza	
Allegato F – Costi	

FIGURE

Figura 1: Deposito locomotive di Fortezza,1975	11
Figura 2: Barriera verde e sottopasso Via Riol.....	12
Figura 3: Sezione litologica tipo	13
Figura 4: Corografia generale area di intervento.....	17
Figura 5: Aree di rinvenimento dei materiali di riporto (estratta da Progetto Preliminare di bonifica).....	20
Figura 6: Sezioni litologiche (estratta da Progetto Preliminare di bonifica)	21
Figura 7: Sorgente di contaminazione	27
Figura 8: Ubicazione indagini ambientali gennaio 2020.....	31
Figura 9: Schema campionamento UNI10802	33
Figura 10: Risultati indagine terreno tal quale (2020).....	47
Figura 11: Ubicazione indagini geotecniche.....	49
Figura 12: Schema di acquisizione di un profilo MASW	53
Figura 13: Diagramma "Frequenza / Velocità di fase	54
Figura 14: Curva delle dispersioni "picking	54
Figura 15: Profilo velocità onde di taglio	54
Figura 16: Ubicazione basi sismiche L1, L2 e L3.....	57
Figura 17: Legenda modello sismostratigrafico L1.....	59
Figura 18: Legenda modello sismostratigrafico L2.....	60
Figura 19: Legenda modello sismostratigrafico L3.....	61
Figura 20: Ubicazione profili elettromagnetici Lz1, Lz2 Lz3, Lz4, Lz5 e Lz6 con Legenda sezioni.....	64

Figura 21: Tomografia elettrica LZ1.....	65
Figura 22: Tomografia elettrica LZ2.....	65
Figura 23: Tomografia elettrica LZ3.....	66
Figura 24: Tomografia elettrica LZ4.....	66
Figura 25: Tomografia elettrica LZ5.....	66
Figura 26: Tomografia elettrica LZ6.....	66
Figura 27: Ubicazione anomalie indagine elettromagnetica con Profiler.....	68
Figura 28: Scansioni GPR indagine georadar.....	71
Figura 29: Radogrammi longitudinali da 1 a 4 indagine GPR.....	72
Figura 30: Radogrammi longitudinali da 5 a 8 indagine GPR.....	72
Figura 31: Radogramma longitudinale 9 indagine GPR.....	73
Figura 32: Radogrammi trasversali da 1 a 8 indagine GPR.....	73
Figura 33: Radogrammi trasversali da 9 a 16 indagine GPR.....	74
Figura 34: Radogrammi trasversali da 17 a 24 indagine GPR.....	74
Figura 35: Ubicazione sottoservizi da indagine GPR.....	76
Figura 36: Planimetria di progetto.....	78
Figura 37: Modello geotecnico di progetto Sez F-F1.....	79
Figura 38: Modello geotecnico di progetto Sez G-G1.....	79
Figura 39: Maglia di appartenenza dell'area di indagine con indicazione dei vertici di riferimento.....	83
Figura 40: Schema struttura di sostegno.....	89
Figura 41: Specifiche tecniche e tolleranza armature di rinforzo.....	91
Figura 42: Rinforzi strutturali Sez. tipo G-G1.....	92
Figura 43: Posa in opera terre rinforzate.....	94
Figura 44: Schema di rinverdimento mediante idrosemina.....	96
Figura 45: Schema distribuzione essenze vegetali e biodiversità.....	97
Figura 46: Vista nel 2020 e simulazione con vallo nel 2021 e 2031.....	98
Figura 47: Modello per analisi di stabilità globale e interna al manufatto.....	107
Figura 48: Fattore di sicurezza complessivo.....	111
Figura 49: Schema planimetrico ritombamenti.....	116
Figura 50: Area di stoccaggio temporaneo.....	120
Figura 51: Riutilizzo terreni nella Vasca di varo.....	122
Figura 52: Rinterri di cantiere sottovia lato Est e lato Ovest.....	123
Figura 53: Infiltrazione superficiale in superfici piane.....	131
Figura 54: Pavimentazione con strato di binder trattato superficialmente.....	132

ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Franzensfeste Lokdepot, 1975.....	11
Abbildung 2:.....	12
Abbildung 3:.....	13
Abbildung 4:.....	17
Abbildung 5:.....	20
Abbildung 6:.....	21
Abbildung 7: Kontaminationsquelle.....	27
Abbildung 8:.....	31
Abbildung 9:.....	33
Abbildung 10:.....	47
Abbildung 11:.....	49
Abbildung 12:.....	53
Abbildung 13:.....	54
Abbildung 14:.....	54
Abbildung 15:.....	54
Abbildung 16:.....	57
Abbildung 17:.....	59
Abbildung 18:.....	60
Abbildung 19:.....	61
Abbildung 20:.....	64
Abbildung 21:.....	65
Abbildung 22:.....	65
Abbildung 23:.....	66
Abbildung 24:.....	66
Abbildung 25:.....	66
Abbildung 26:.....	66
Abbildung 27:.....	68
Abbildung 28:.....	71
Abbildung 29:.....	72
Abbildung 30:.....	72
Abbildung 31:.....	73

Abbildung 32:.....	73
Abbildung 33:.....	74
Abbildung 34:.....	74
Abbildung 35:.....	76
Abbildung 36:.....	78
Abbildung 37:.....	79
Abbildung 38:.....	79
Abbildung 39:.....	83
Abbildung 40:.....	89
Abbildung 41:.....	91
Abbildung 42:.....	92
Abbildung 43:.....	94
Abbildung 44:.....	96
Abbildung 45:.....	97
Abbildung 46:.....	98
Abbildung 47:.....	107
Abbildung 48:.....	111
Abbildung 49:.....	116
Abbildung 50:.....	120
Abbildung 51:.....	122
Abbildung 52:.....	123
Abbildung 53:.....	131
Abbildung 54:.....	132

TABELLE

Tabella 1: Sorgente di potenziale contaminazione.....	25
Tabella 2: Percorsi di esposizione.....	26
Tabella 3: Schema modello concettuale.....	26
Tabella 4: Geometria sorgente di contaminazione.....	27
Tabella 5: Concentrazione rappresentativa sorgente (SS_EST_Industriale).....	27
Tabella 6: Calcolo del rischio On-site e Off-site.....	29
Tabella 7: Calcolo della concentrazione soglia di rischio.....	29
Tabella 8: Risultati terreni tal quale.....	34
Tabella 9: Risultati eluato e cfr acque sotterranee.....	35
Tabella 10: Risultati Test di cessione (DM 27.09.2010).....	40
Tabella 11: Risultati Test di cessione (DM 05.02.1998).....	44
Tabella 12: Esiti dei risultati di laboratorio geotecnico.....	50
Tabella 13: Classificazione UNI 11531-1 per terre e aggregati.....	50
Tabella 14: Parametrizzazione delle unità litotecniche.....	51
Tabella 15: Categorie sismiche di sottosuolo da NTC 2018.....	55
Tabella 16: Caratteristiche del sismografo Ambrogeo a 24 canali.....	56
Tabella 17: Geometria di acquisizione tomografia sismica.....	57
Tabella 18: Risultati analitici sezione sismica L1.....	59
Tabella 19: Risultati analitici sezioni sismiche L2.....	59
Tabella 20: Risultati analitici sezioni sismiche L3.....	60
Tabella 21: Parametri elastico-dinamici dell'indagine sismica.....	62
Tabella 22: Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss.....	80
Tabella 23: Coefficiente di amplificazione topografica ST.....	81
Tabella 24: Vita nominale in relazione al tipo di costruzione.....	81
Tabella 25: Classi di uso in relazione al tipo di costruzione.....	82
Tabella 26: Classe d'uso e Coefficiente Cu.....	82
Tabella 27: Coordinate reticolo di riferimento.....	83
Tabella 28: Coefficienti sismici.....	84
Tabella 29: Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.....	85
Tabella 30: Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.....	86
Tabella 31: Spettro di progetto e parametri sismici per lo stato limite SLO.....	86
Tabella 32: Frequenza delle prove di collaudo.....	102
Tabella 33: Coefficienti parziali γ_R	104
Tabella 34: Coefficienti parziali γ_M	104
Tabella 35: Coefficienti parziali γ_F	104
Tabella 36: Carichi di progetto.....	105
Tabella 37: Fattori parziali di sicurezza.....	111
Tabella 38: Terramesh-Verde, caratteristiche tecniche.....	112
Tabella 39: Esiti delle verifiche geotecniche e sismiche.....	112
Tabella 40: Volumi attesi dei materiali di riporto.....	115
Tabella 41: Conformità ambientale dei terreni di riporto.....	117

Tabella 42: Potenziale riutilizzo dei materiali in sito	118
Tabella 43: Rriutilizzo dei materiali in sito	118
Tabella 44: Specifiche tecniche telo HDPE	124
Tabella 45: Cronoprogramma attività	128

TABELLEN

Tabelle 1: Mögliche Kontaminationsquelle.....	25
Tabelle 2: Expositionswege	26
Tabelle 3: Konzeptschema	26
Tabelle 4: Geometrie der Kontaminationsquellen	27
Tabelle 5: Maßgebende Konzentration der Quelle (OB_OSTEN_Industriezone).....	27
Tabelle 6: On- und Off-Site-Risikoberechnung	29
Tabelle 7: Berechnung der Risikogrenzwerte	29
Tabelle 8:.....	34
Tabelle 9:.....	35
Tabelle 10:.....	40
Tabelle 11:.....	44
Tabelle 12:.....	50
Tabelle 13:.....	50
Tabelle 14:.....	51
Tabelle 15:.....	55
Tabelle 16:.....	56
Tabelle 17:.....	57
Tabelle 18:.....	59
Tabelle 19:.....	59
Tabelle 20:.....	60
Tabelle 21:.....	62
Tabelle 22:.....	80
Tabelle 23:.....	81
Tabelle 24:.....	81
Tabelle 25:.....	82
Tabelle 26:.....	82
Tabelle 27:.....	83
Tabelle 28:.....	84
Tabelle 29:.....	85
Tabelle 30:.....	86
Tabelle 31:.....	86
Tabelle 32:.....	102
Tabelle 33:.....	104
Tabelle 34:.....	104
Tabelle 35:.....	104
Tabelle 36:.....	105
Tabelle 37:.....	111
Tabelle 38:.....	112
Tabelle 39:.....	112
Tabelle 40:.....	115
Tabelle 41:.....	117
Tabelle 42:.....	118
Tabelle 43:.....	118
Tabelle 44:.....	124
Tabelle 45:.....	128

1.

Das Unternehmen Ecosurvey® wurde von der Gesellschaft „Galleria di Base del Brennero - Brenner Basistunnel (BBT-SE)“ damit beauftragt, das Vorprojekt zur Bodensanierung gemäß BLR Bozen Nr. 1072/05 für den Bereich zu erstellen, in dem die neue Unterführung der Rioldstraße am Bahnhof Franzensfeste (BZ) entstehen soll, in dem mit Abfällen verunreinigte Böden vorhanden sind, die Kohlerückstände und teilweise glasige Schlacken enthalten.

1.1.

Für den Bereich wurde ein Umweltcharakterisierungsplan gemäß BLR Nr. 1072/2005 erstellt, der von der Landesagentur für Umwelt mit dem Schreiben mit der Protokollnummer 9297 vom 8.01.2014 genehmigt und zwischen Oktober und Dezember 2014 realisiert wurde. Im Rahmen der Maßnahme für die „Neue Zufahrtsstraße Riold“ wurden zusätzliche ergänzende Untersuchungen durchgeführt, die in diesem Dokument zusammengefasst sind und dem zuständigen Amt für Abfallwirtschaft der Autonomen Provinz Bozen am 12.06.2019 übermittelt wurden.

1. INTRODUZIONE

La società Ecosurvey® è stata incaricata dalla società Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel (BBT-SE) per la redazione delle Misure di messa in sicurezza permanente per l'area destinata alla realizzazione del nuovo sottopasso Via Riold presso la Stazione di Fortezza (BZ), ai sensi della DGP di Bolzano n. 1072/05, dove è stata riscontrata nel sottosuolo la presenza di terreni frammisti a rifiuti contenenti residui carboniosi e scorie parzialmente vetrificate.

1.1. Premessa

I terreni frammisti a rifiuti contenenti residui carboniosi e scorie parzialmente vetrificate sono assimilabili a residui della combustione delle caldaie di locomotori a vapore, un tempo operativi sulla tratta ferroviaria del Brennero.

Tale materiale si configura come un riporto storico, antecedente al DPR 915/82, e quindi escludibile dall'ambito dell'abbandono di rifiuti/discarica abusiva. Il materiale è stato assimilato ad un riporto inerte, anche ai fini dell'applicazione dell'art.185, c.1, lettera b) e c) del D.lgs 152/06, in quanto non determina rischi di contaminazione delle acque né altri rischi per l'ambiente e la salute umana.

Lo stato del sito e l'analisi di rischio sanitaria ed ambientale è stata approvata dall'Agenzia Provinciale per l'ambiente con Nota del 10.02.2020 con le seguenti prescrizioni:

- [1] larghezza minima della parte sommitale del vallo barriera verde lungo buona parte del suo sviluppo, non inferiore a 7,5 m;
- [2] possibilità di futuro utilizzo del vallo barriera verde da parte della cittadinanza;
- [3] massima cura nella progettazione paesaggistica del vallo barriera verde.



Il Deposito locomotive di Fortezza nel 1975. All'esterno della rimessa vediamo la locomotiva 740.161, all'interno una automotrice ALn 668. Accanto alla locomotiva il signor Arturo Strapazon, indimenticabile Capo Deposito.

Abbildung 1: Franzensfeste Lokdepot, 1975

Figura 1: Deposito locomotive di Fortezza, 1975

1.2.

1.2. Scopo del lavoro

E' scopo del documento descrivere le Misure di messa in sicurezza permanenti dei terreni frammisti ai rifiuti riscontrati nel sottosuolo dell'area ferroviaria di Fortezza stazione, coordinate con le prescrizioni degli Enti esposte in Premessa, incluso gli aspetti di interesse paesaggistico.

Segue la figura con l'ubicazione della barriera verde per la mitigazione acustica (colore verde), nel contesto dell'area ferroviaria della Stazione di Fortezza con la traccia del nuovo tratto stradale "Nuova viabilità Riol" in sottopasso (colore bianco).

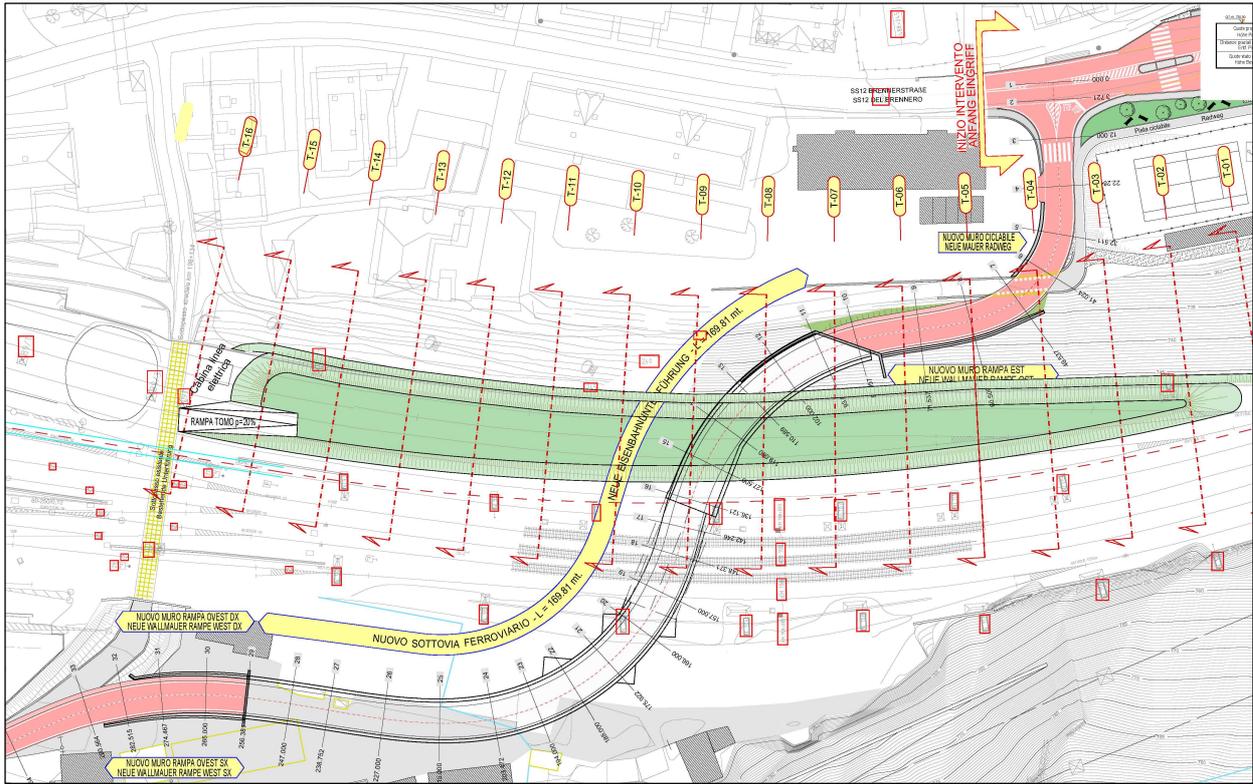


Abbildung 2:

Figura 2: Barriera verde e sottopasso Via Rioli

Segue la figura con una sezione rappresentativa dell'intervento di Messa in sicurezza permanente dove si osserva che l'area di intervento è posta ad una quota di circa 746 m s.l.m. e le acque sotterranee a circa 17,90 – 20,21 m dal piano di campagna.

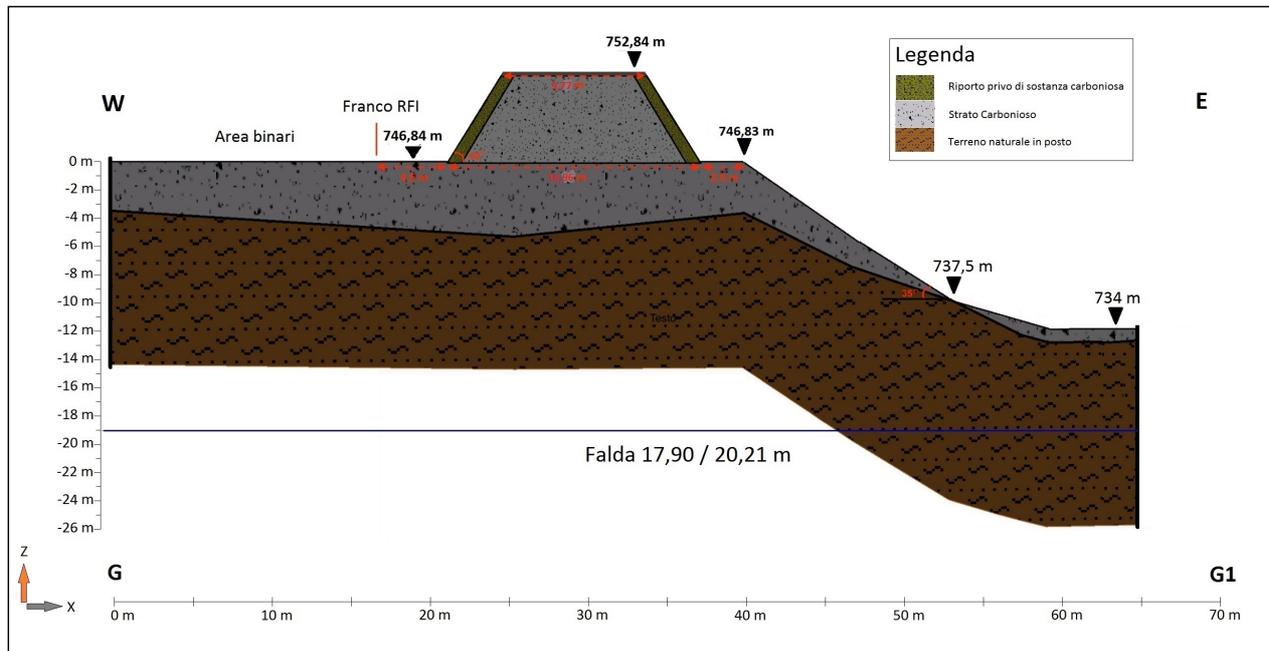


Abbildung 3:

Figura 3: Sezione litologica tipo

Le coordinate del baricentro dell'area di intervento nel sistema ED50 sono:

- Latitudine: 46,7863057
- Longitudine: 11,613512

Le coordinate del baricentro dell'area di intervento nel sistema WGS84 sono:

- Latitudine: 45,785427
- Longitudine: 11,612484.
- Normativa di riferimento

La destinazione d'uso dell'area è esclusivamente ferroviaria, quindi le concentrazioni limite accettabile nel suolo e nel sottosuolo sono definite dall'allegato 1, tabella 1, colonna B della DGP 1072/05 (commerciale-industriale). Per le acque sotterranee le concentrazioni limite accettabili sono indicate dall'allegato 1, tabella 2, della DGP 1072/05

- Circolare 21.01.2019 n.7 " Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17.01.2018".
- Decreto Ministeriale 17.01.2018. Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Norma UNI 11531-1:2014. Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture - Criteri per l'impiego dei materiali - Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati.

- Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione. Settembre 2013.
- Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907 del 13.11.2010. Attuazione dell'art. 11 del Decreto legge 28.04.2009 n. 39 convertito con modificazioni, dalla Legge n. 77 del 24.06.2009.
- Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519/2006. Primi elementi in materia di criteri generali per le costruzioni in zona sismica.
- Regolamento di esecuzione alla legge provinciale 8/2002 in materia tutela delle acque, Decreto del Presidente della Provincia n. 6 del 21.01.2008.
- D.P.C.M. del 12.10.2007. Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni (G. U. 29.01.2007 n. 24).
- Delibera della Giunta Provinciale della Provincia Autonoma di Bolzano n. 4047 del 06.11.2006. Classificazione dei comuni sismici.
- D.Lgs. n. 152 del 3.04.2006. Testo Unico Ambientale.
- D.G.R. n° 431 del 19.06.2006. Riclassificazione sismica del territorio regionale: Attuazione del D.M. 14.09.2005 e Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri 3519 del 28.04.2006 pubblicata sulla G.U. dell'11.05.2006.
- CEI 306 - 8/2004 "Impiego del radar per introspezione del suolo per prospezioni preliminari ad opere di posa di servizi ed infrastrutture sotterranee".
- Regolamento edilizio del Comune di Bolzano: procedura per la riduzione dell'impatto edilizio (procedura RIE). Febbraio 2014.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Norma UNI 10802/2003. Rifiuti liquidi, pastosi e fanghi. Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati.
- ASTM 2002 e s.m. American Society for Testing Materials "Standard D6432-99 Standard Guide for Using the surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation".

- Legge provinciale n. 8 del 18.06.2002. - "Disposizioni sulle acque".
- Circolare Consiglio Superiore Lavori Pubblici n. 30483 del 24.09.1988, Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno sulle terre e delle opere di fondazione.
- Eurocodice 7. Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. UNI 1997;
- Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- UNI EN 10223-3:2013: Steel wire and wire products for fencing and netting - Part 3: Hexagonal steel wire mesh products for civil engineering purposes.
- UNI EN 14475 - Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Terra rinforzata.
- UNI 10006 - Costruzione e manutenzione delle strade - Tecniche di impiego delle terre.
- UNI EN 13242 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade.
- AGI (1977), Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- ASG (San Giovanni Valdarno) Linee guida per indagini geofisiche.
- RINA RC/C18 Metodologia di II Livello GPR; dal cert. 14VE00597PO4 in conformità alle norme UNI EN ISO 9712.
- ASTM D 5777-95 - Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation.
- ASTM D6432-99 - Standard Guide for Using the Surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation.
- ASTM D 4748-87 American Society for Testing and Materials.

1.3.

1.3. Bibliografia

- "Stazione ferroviaria di Fortezza - Report di indagine di caratterizzazione e progetto di bonifica - DGP 1072/05".
- "Fernheizwerk Franzensfeste - Charakterisierungsplan - gemäß Beschluss der Landesregierung Nr. 1072 vom 4. April 2005".

- “Centrale di teleriscaldamento di Fortezza (BZ) - Analisi di rischio sanitario ambientale sito-specifica relativa ad uno strato di materiale di riporto per valutarne la compatibilità ambientale in relazione al progetto “Centrale di Teleriscaldamento di Fortezza” in località Fortezza (BZ)“.
- Potenziamento asse ferroviario Monaco-Verona - Galleria di base del Brennero - Progetto esecutivo Nuova viabilità di accesso Riol.
- Esiti analitici campagne di indagine BBT-SE.
- Ecosurvey®, Preliminare delle Misure di Messa in sicurezza permanente, 04.11 2019.

2.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA

L'area ferroviaria della stazione di Fortezza risale al 1867, occupa circa 15 ettari e nel corso del tempo ha subito ammodernamenti e modifiche strutturali. Ad oggi sono cessate le attività di rimessaggio, rifornimento, manutenzione e stoccaggio e gran parte del dismesso areale ferroviario è in fase di demolizione. Sono attivi i binari da 1 a 6 e il binario della linea della Val Pusteria per il passaggio dei treni, il cui sottosuolo è risultato parzialmente costituito da terreni frammisti a rifiuti.

In corrispondenza del rilevato ferroviario è previsto il sottoattraversamento dell'attuale sede stradale per il transito dei mezzi di soccorso da via di rio Riol alla SS12. L'area è ubicata alla base del versante destro della valle d'Isarco in adiacenza al centro abitato, alla quota compresa tra 745 e 746 m s.l.m. Sono presenti inoltre masi ed edifici sparsi nella zona ad Ovest della linea ferroviaria storica. A circa 200 m dal limite meridionale della stazione si trova il lago artificiale di Fortezza, il Fiume Isarco è ubicato a circa 200 m ad Est del sito, a circa 75 m dal limite orientale è ubicata la SS12 dell'Abetone e del Brennero. L'autostrada A22 è ubicata a circa 300 m ad Est del sito.

L'area è parzialmente occupata anche da una zona di proprietà delle FFSS che ospitava l'ex scalo bestiame costituito da edifici abbandonati e in parte pericolanti. Sul rilevato ferroviario destinato ai lavori per il previsto attraversamento sono presenti ed attivi tre binari. Il resto del rilevato è in disuso. È previsto un limitato spostamento del binario della direttrice Fortezza-San Candido della Val Pusteria verso Est.

Le opere del sub-lotto “Nuova viabilità di accesso Riol” consistono nella realizzazione del tratto stradale di ca. 750

m, dalla SS12, all'inizio dell'abitato a sud di Fortezza, fino al collegamento con l'esistente via di rio Riol, con un sotto passaggio ferroviario di lunghezza 169,81 m, incluso le rampe. Il sedime delle nuove opere è parzialmente occupato da una strada comunale esistente a servizio dell'abitato di via Riol che, mediante un prolungamento su sottofondo sterrato, raggiunge l'ex caserma Polfer come indicato nella figura che segue.

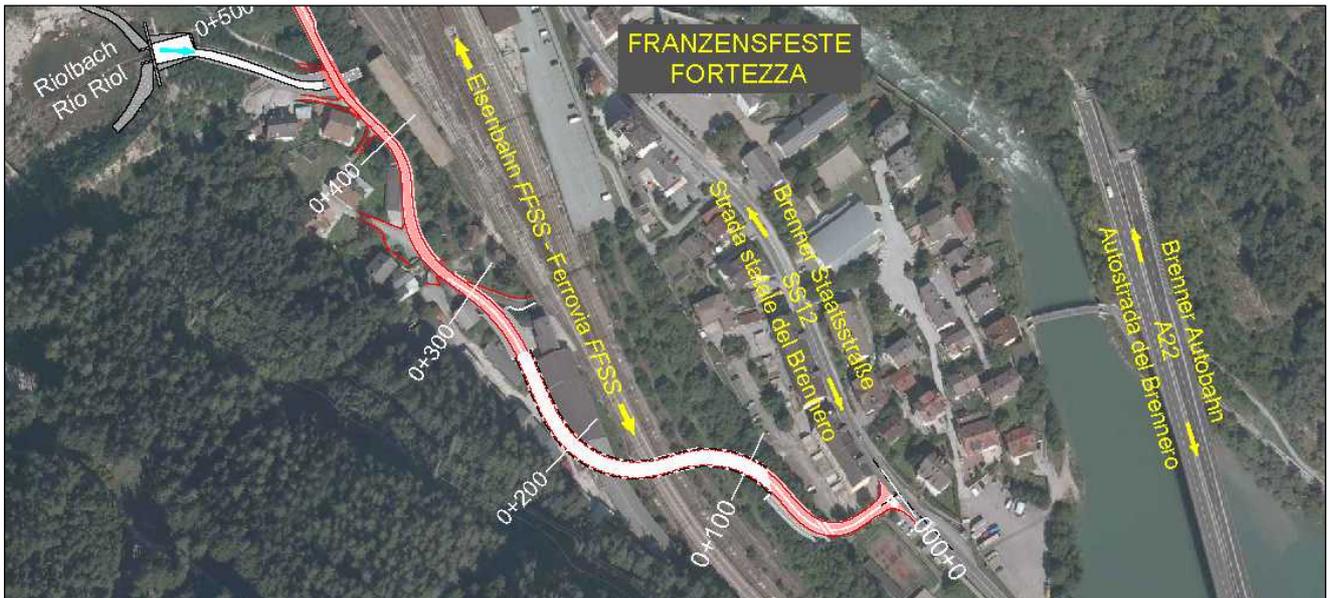


Abbildung 4:

Figura 4: Corografia generale area di intervento

2.1.

2.1. Geologia e idrogeologia

Il quadro geologico dell'area di intervento è esposto nella Tavola 3 dell'Allegato A del Progetto Preliminare di Bonifica. L'area di interesse è caratterizzata dalla presenza diffusa in superficie di unità litologiche di copertura del quaternario, si possono inoltre riscontrare depositi antropici eterometrici ed eterogenei costituiti da materiali di riporto e da coltri alluvionali e detritico/alluvionali, costituite da sabbie e sabbie ghiaiose e da depositi alluvionali di ghiaie e ghiaie con ciottoli e blocchi pluridecimetrici, poligenici di prevalente litologia granitica, con subordinata matrice sabbiosa.

Nell'area di progetto i depositi antropici costituiscono gran parte del rilevato ferroviario dell'area di stazione e scalo, nonché il rilevato della strada Statale e riporti e strutture superficiali del nucleo abitato. Il rilievo più vicino all'area di progetto è il Monte Riol (1547 m), con fianco ripido rivolto verso Sud e SE noto come "Hohe Wand". L'aspetto attuale della Val d'Isarco si è sviluppato nel più recente passato geologico ed è caratterizzato da forme d'accumulo e di erosione glaciali e fluviali. Le forme d'accumulo (conoidi di

versante e da debris flow, falde detritiche a blocchi, terrazzi detritici subattuali e alluvioni attuali di fondovalle) sono limitate al fondovalle e nelle zone ai margini della valle. Le forme d'erosione si trovano soprattutto sui versanti e nelle zone altimetricamente più elevate. Tipiche forme sono le valli a V, i dossi montonati, strie glaciali sulla roccia, altipiani e valli sospese (Valle del Rio Riol). In Tavola 3 in allegato A del Progetto preliminare di bonifica è riportata la Carta Geologica dell'area di interesse.

Dal punto di vista idrogeologico l'area è caratterizzata dalla presenza di un acquifero superficiale costituito dai depositi quaternari con permeabilità per porosità di grado medio-elevato ($1,0E-05 < K < 1,0E-06$ m/s) e soggiacenza di falda freatica a circa 17-20 m dal piano campagna (stazione di Fortezza). La base dell'acquifero è ipotizzata coincidente con la superficie del substrato roccioso, a circa 28/30 m dal piano campagna. La direzione di falda è stata indicata da Nord-Ovest verso Sud-Est.

2.2.

2.2. Pericolosità e classificazione sismica del territorio

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, classifica il territorio del Comune di Fortezza dal punto di vista sismico come in **Zona 4** ovvero "zona con pericolosità sismica molto bassa" a cui corrisponde un valore di accelerazione orizzontale massima convenzionale [ag] pari a 0,05 g. In queste zone è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. La Delibera della Giunta Provinciale n. 4047 del 6.11.2006 della Provincia autonoma di Bolzano, indica inoltre che tutti i comuni della provincia di Bolzano sono classificati in **Zona 4** ai sensi dell'OPCM 3274/2003 e che solo per i comuni della Val Venosta (in cui non è compreso il comune di Fortezza) è previsto un valore di accelerazione orizzontale massima convenzionale [ag] pari a 0,1 g.

3.

3. SINTESI PROGETTO PRELIMINARE

3.1.

3.1. Attività di caratterizzazione

Il Progetto Preliminare ha incluso l'esame delle attività di caratterizzazione del sito che sono state eseguite dal 2010 al 2019, tra cui 29 trincee, 2 pozzi, varie campagne foto-

grafiche, 135 campioni di terreno/rifiuto prelevati dalle trincee e analizzati in laboratorio chimico e 1 campione di acque sotterranee.

Le analisi chimiche hanno incluso i seguenti esami:

- Analisi sui campioni di terreno tal quale e confronto con le concentrazioni accettabili indicate dalla DGP 1072/2005;
- Analisi sull'eluato e confronto con le concentrazioni accettabili indicate dalla DGP 1072/2005;
- Analisi per determinare la pericolosità del rifiuto (profilo base);
- Analisi sull'eluato e confronto con le concentrazioni accettabili del DM 05.02.1998;
- Analisi acque sotterranee e confronto con Tab.2, Allegato 5, D.Lgs152/2006.

3.1.1.

3.1.1. Modello stratigrafico

Le attività di caratterizzazione ambientale hanno permesso di definire il modello concettuale del sito descritto nel Progetto Preliminare di bonifica, in cui vengono individuate preliminarmente tre zone di interesse identificate come Area Est, Area Ovest ed Area sottopasso caratterizzate dal rinvenimento di terreni a matrice carboniosa o con scorie vetrificate che potrebbero interferire con la realizzazione della nuova viabilità Riol, evidenziate dalle aree in colore viola nella figura che segue.

- Zona sottopasso Es (4.320 m²);
- Zona sottopasso Ovest (6.695 m²);
- Zona sottopasso ferroviario (500 m²).

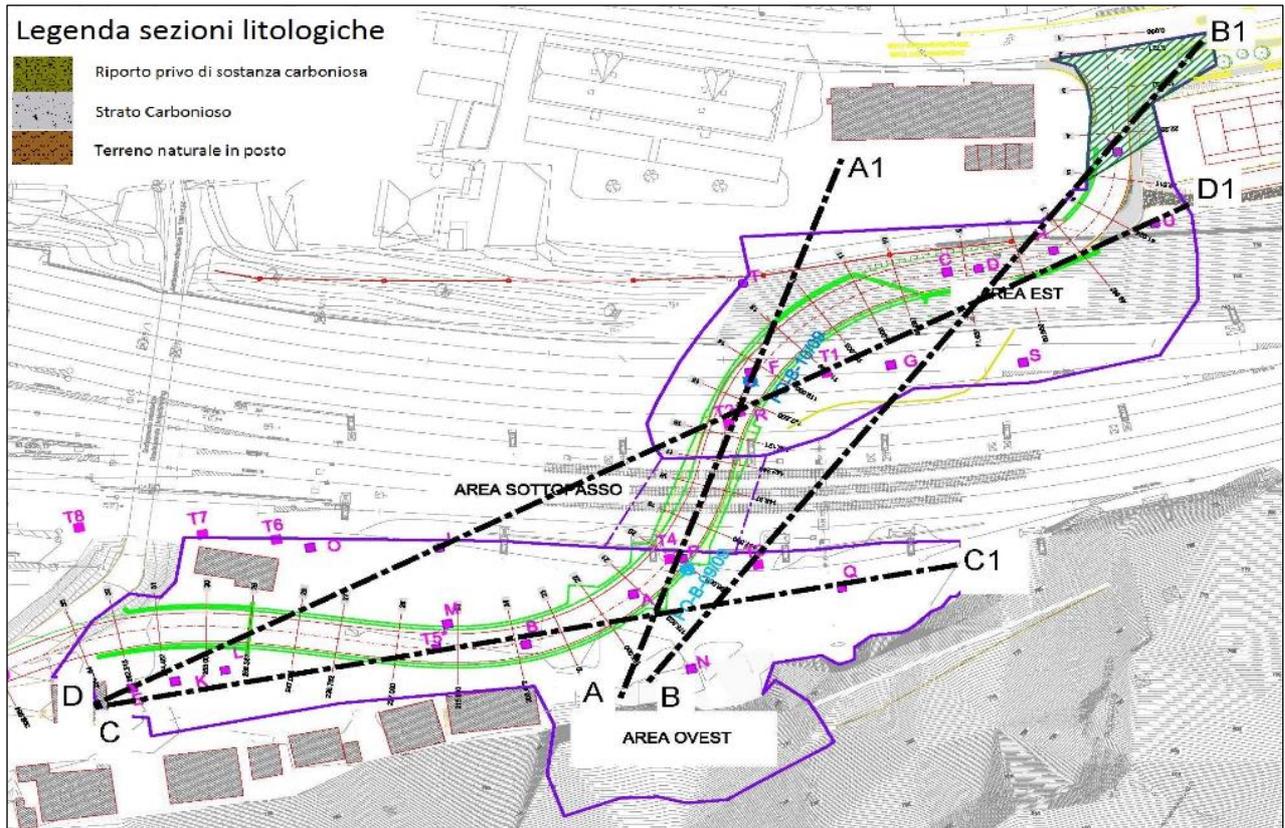
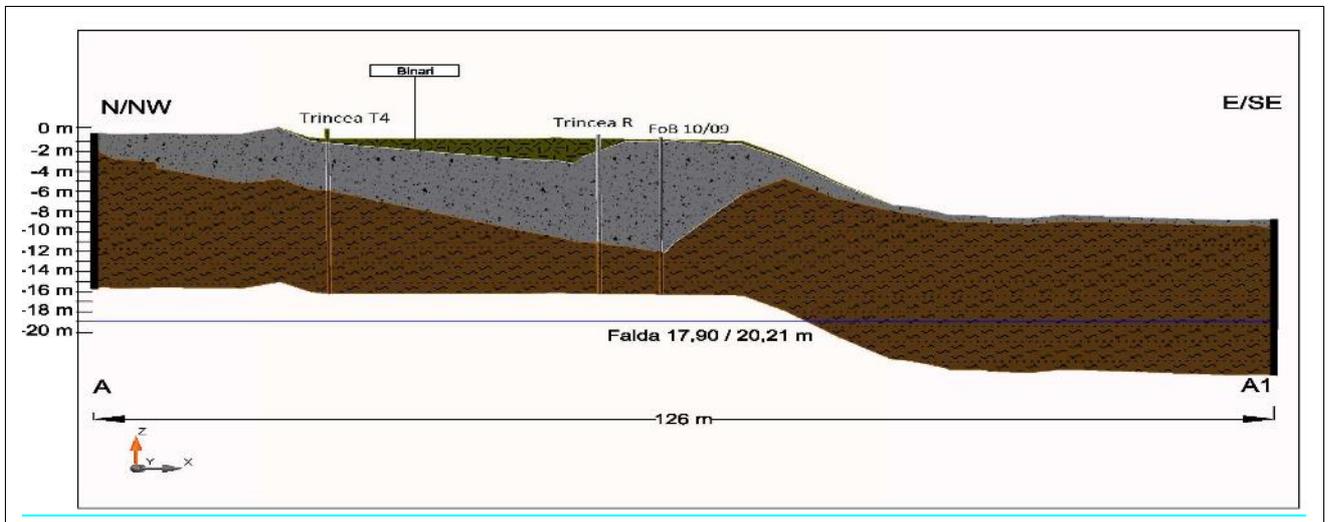


Abbildung 5:

Figura 5: Aree di rinvenimento dei materiali di riporto (estratta da Progetto Preliminare di bonifica)

Le sezioni litologiche espone nelle figure che seguono indicano la distribuzione nel primo sottosuolo dei materiali di riporto (colore grigio) rinvenuti ed il livello a contatto con i terreni naturali in posto (colore marrone). I terreni frammisti a residui carboniosi (colore grigio) hanno uno spessore medio di circa 2 metri e raggiungono lo spessore massimo di 10 m nella zona Est.



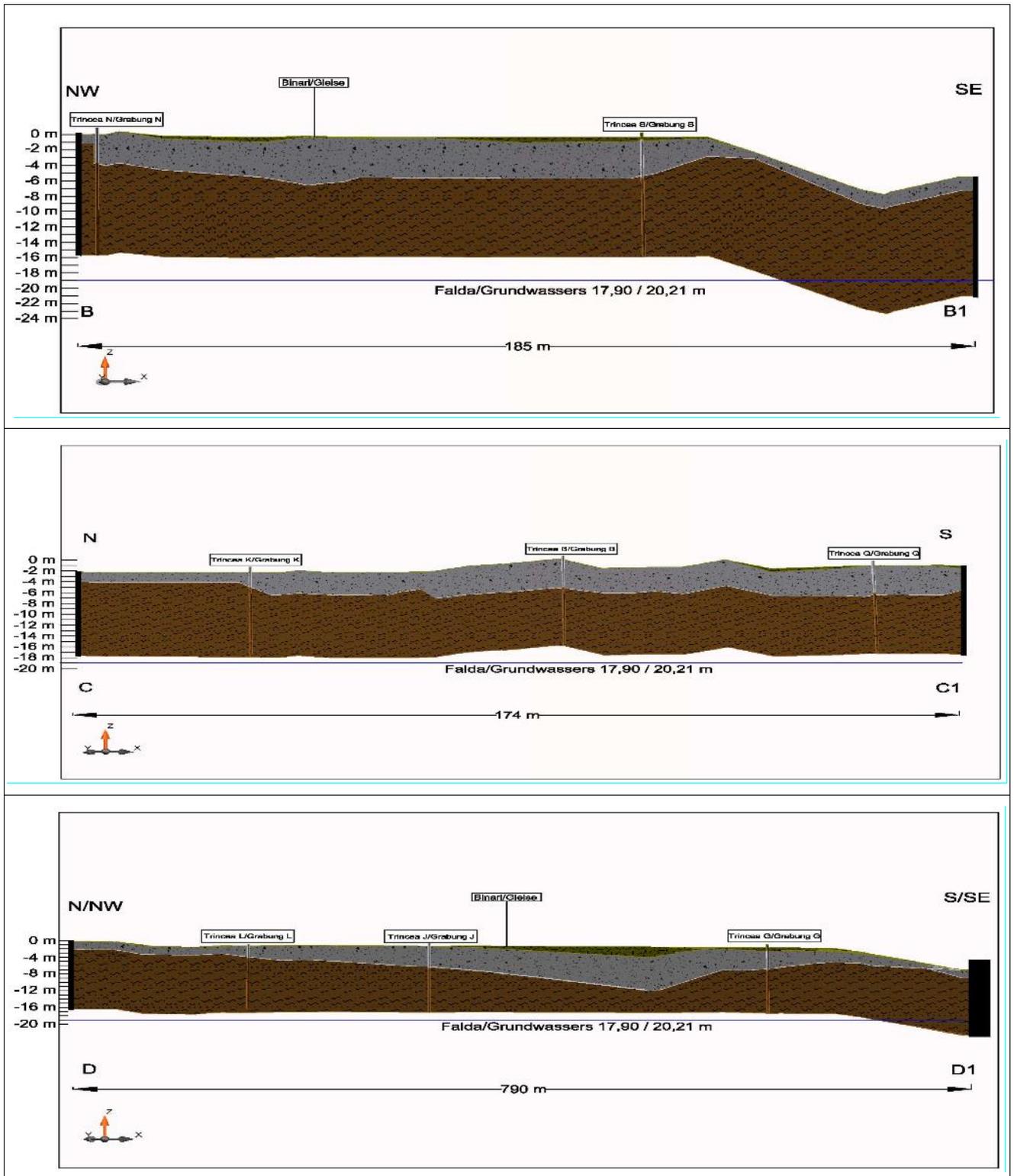


Abbildung 6:

Figura 6: Sezioni litologiche (estratta da Progetto Preliminare di bonifica)

3.1.2.

3.1.2. Modello geologico e idrogeologico

L'area di interesse è caratterizzata dalla presenza diffusa in superficie di coltri alluvionali e detritico/alluvionali, costituite da sabbie e sabbie ghiaiose e da depositi alluvionali di ghiaie e ghiaie con ciottoli e blocchi pluridecimetrici, poligenici di prevalente litologia granitica, con subordinata matrice sabbiosa. Il rilevato ferroviario dell'area ferroviaria in esame è caratterizzato da depositi antropici eterometrici ed eterogenei costituiti da materiali di riporto in prevalenza a clasti angolosi e con frazione fine sabbioso ghiaiosa, con frequenti tracce e resti di materiali contenenti una rilevante frazione percentuale di carbone e materiale antropico sotto forma di scorie parzialmente vetrificate.

L'area è caratterizzata dalla presenza di un acquifero superficiale costituito dai depositi quaternari con permeabilità per porosità di grado medio-elevato ($1,0E-05 < K < 1,0E-06$ m/s) e soggiacenza di falda freatica a circa 17-20 m dal piano campagna (stazione di Fortezza). La base dell'acquifero è ipotizzata coincidente con la superficie del substrato roccioso, a circa 30 m dal piano campagna. La direzione di falda è stata indicata da Nord-Ovest verso Sud-Est.

3.1.3.

3.1.3. Caratterizzazione ambientale

TERRENI

La destinazione d'uso attuale del sito è di tipo ferroviario e non si prevedono variazioni della destinazione d'uso dell'area. Conseguentemente, i valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e nel sottosuolo di riferimento per i terreni sono quelli per siti ad uso "Commerciale ed Industriale", elencati nell'allegato 1, tabella 1, colonna B della DGP 1072/05.

I risultati analitici indicano che tutti i parametri esaminati sono conformi ai limiti considerati ad eccezione del parametro Antimonio che risulta con la concentrazione di 35 mg/kg (limite 30 mg/kg) in F2 e G2 entrambi ubicati in Area Est rispetto al sottopasso di progetto.

Il dato del parametro Antimonio in corrispondenza dei campioni F2 e G2 appare isolato e l'estensione localizzata in un intorno molto prossimo alla ubicazione delle trincee esplorative F2 e G2.

Sui campioni A1, A2, B1, B2, C1, C2 e D1 prelevati rispettivamente delle trincee esplorative A, B, C e D è stato eseguito un Test di cessione in conformità al D.M 5.02.1998 Allegato 3.

Sui campioni A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1, F1, F2, F4, F5, G2, G3 e H1 prelevati rispettivamente delle trincee esplorative A, B, C, D, F, G e H è stato eseguito un Test di cessione i cui esiti analitici sono stati confrontati con i limiti delle acque sotterranee in conformità alla Tabella 2 del DGP del 4.4.2005 n. 1072. I risultati in dettaglio sono riassunti nel Progetto Preliminare.

Gli esiti dei Test di Cessione indicano che tutti i parametri analitici esaminati sono conformi ai limiti previsti dal DGP del 4.04.2005 n. 1072 ad eccezione del parametro Arsenico risultato con concentrazione pari a 76,1 µg/l (10 µg/l) in uno dei 15 campioni esaminati (F5 Area Est). La concentrazione media del parametro Arsenico, risultante dalle 15 determinazioni eseguite risulta <10 µg/l. Durante le campagne di indagine sono state condotte anche analisi con riferimento al D.Lgs. 152/2006, al DGP 1072/2005 e al DM 27.09.2010.

ACQUE SOTTERRANEE

Nell'area di interesse erano presenti due piezometri FoB 09/09 e FoB 10/09, in Allegato C del Progetto Preliminare sono esposte le stratigrafie e l'esame del livello di falda. Nel documento di analisi di rischio del 2018 inerente al progetto "Centrale di Teleriscaldamento di Fortezza" è stata accertata anche la presenza di un piezometro denominato "S3", prossimo all'area di indagine e ubicato a valle del flusso idrico di falda. I risultati analitici del piezometro "S3".

I risultati analitici degli esami eseguiti in S3, indicati nella tabella sopra esposta, indicano che il campione di acqua sotterranea analizzato è conforme ai limiti di riferimento normativi indicati nella DGP 1072/2005.

3.2.

3.2. **Analisi di Rischio sanitaria ed ambientale**

L'analisi di rischio sanitaria e ambientale è stata condotta per lo scenario espositivo attuale per valutare la compatibilità ambientale dello strato dei terreni frammisti ai materiali di riporto storico con matrice carboniosa, considerando l'ipotesi di riutilizzo in sito del materiale di riporto, per complessivi 16.000 m³, indicata come Alternativa 2 nel Progetto Preliminare.

L'analisi di rischio è stata condotta in conformità ai requisiti del D.Lgs. 152/2006, Parte IV, Allegato 1, "Criteri generali per l'Analisi di Rischio sanitario ambientale sito-specifica" e in conformità alla DGP 1072/2005, Allegato 4.

L'implementazione dell'analisi di rischio è stata eseguita utilizzando il software di modellazione Risk-net v. 3.0", segue una sintesi.

3.2.1.

3.2.1. Modello concettuale Analisi di Rischio

Il modello concettuale ha definito:

- le caratteristiche specifiche del sito in termini di stato delle potenziali fonti della contaminazione;
- il grado ed estensione della contaminazione del suolo, del sottosuolo, delle acque superficiali e sotterranee del sito e dell'ambiente da questo influenzato;
- i percorsi di migrazione dalle sorgenti di contaminazione ai bersagli individuati.

La definizione del modello concettuale si è basata sulla descrizione del sistema "sorgente – trasporto – bersaglio", con la finalità di rappresentare l'interazione tra lo stato di contaminazione delle matrici indagate e l'ambiente naturale (ecosistema) e/o quello costruito (bersaglio umano).

Il modello concettuale descritto nei seguenti paragrafi ha definito:

- le sorgenti di contaminazione secondaria;
- le vie di migrazione della contaminazione;
- i bersagli della contaminazione.

3.2.2.

3.2.2. Sorgenti di potenziale contaminazione nei terreni

La sorgente secondaria di contaminazione nei terreni coinvolge:

- il Suolo Superficiale SS, con profondità da 0 a 1 m da p.c.;
- il Suolo Profondo SP, con profondità maggiore di 1m da p.c..

Le indagini ambientali hanno evidenziato che lo strato di riporto costituito da materiale carbonioso, con spessore massimo di 5,20 m in trincea "S", è caratterizzato dalla presenza di metalli, idrocarburi pesanti (C>12) ed IPA. In particolare i dati indicano:

Suolo superficiale (SS) – zona sottopasso Est: con riferimento ai limiti industriali la presenza di anomalie per il parametro Antimonio.

Suolo superficiale (SS) – zona sottopasso Ovest: con riferimento ai limiti industriali nessuna anomalia.

Suolo profondo (SP): con riferimento ai limiti industriali nessuna anomalia.

Sulla base della destinazione d'uso industriale del sito la seguente sorgente di contaminazione risulta confinata in: SS_EST INDUSTRIALE.

Segue una tabella di riepilogo delle caratteristiche della sorgente individuata.

ID der Quelle / Id Sorgente	Fläche / Area	ID der Erkundungs- grabungen / Id.Trincee	ID der anomalen Probe / Id.Campione anomalo	Probentiefe / Profondità campione	Verunreinigun- gen / Contami- nanti
SS_EST_INDUSTRIALE	1172 m ²	F	F2	0 – 80 cm	Antimon / Anti- monio
		G	G2	0 – 100 cm	

Tabelle 1: Mögliche Kontaminationsquelle

Tabella 1: Sorgente di potenziale contaminazione

3.2.3.

3.2.3. Bersagli e vie di esposizione

Il sito in esame è ubicato in area ferroviaria/industriale. I bersagli umani individuati sono rappresentati dai lavoratori dell'area ferroviaria (bersaglio on-site). Anche lo scenario futuro non prevede modifiche della destinazione d'uso.

Le aree d'interesse confinano con aree residenziali e pertanto sono stati individuati bersagli umani residenziali (bersaglio off-site). Per lo scenario attuale, le vie di migrazione, che si ritengono attive per gli inquinanti presenti sono esposti nella tabella che segue. La distanza del recettore off site (ADF) è stata ubicata in via conservativa a 5 m dall'area di interesse.

Expositionswege / Percorso di esposizione	Ingestione di suolo e contatto dermico / Aufnahme von Erde in den Körper und Hautkontakt	Inalazione polveri outdoor / Einatmung Staub Außenbereich	Inalazione polveri indoor / Einatmung Staub Innenbereich	Inalazione polveri outdoor / Einatmung Staub Außenbereich	Inalazione polveri indoor / Einatmung Staub Innenbereich	Lisciviazione in falda / Auswaschen in Grundwasser
AUF DER BAUSTELLE / ON-SITE Arbeiter / Lavoratori Oberboden (OB) / Suolo Superficiale (SS)	Möglich / Possibile	Möglich / Possibile	Möglich / Possibile	Nicht möglich / non possibile	Nicht möglich / non possibile	Möglich / Possibile
AUSSERHALB DER BAUSTELLE / OFF-SITE Wohnen / Residenziale Oberboden (OB) / Suolo Superficiale (SS)	Nicht möglich / non possibile	Möglich / Possibile	non possibile/ nicht möglich	Nicht möglich / non possibile	Nicht möglich / non possibile	Möglich / Possibile

Tabelle 2: Expositionswege

Tabella 2: Percorsi di esposizione

Nella tabella di riepilogo sopra esposta si osserva che la via di esposizione on-site per inalazione di vapori indoor e outdoor è esclusa dall'esame poiché il parametro Antimonio non è un composto volatile.

3.2.4.

3.2.4. Sintesi del modello concettuale

Segue lo schema del modello concettuale.

Quelle / Sorgente	Verunreinigungen / Contaminanti	Expositionswege / Percorso di esposizione	Rezeptor / Recettore	Auf der Bau- stelle / On-Site	Außer- halb der Bau- stelle / Off-Site
SS_EST_INDUSTRIALE (0,00-1,00 m p.c.)	Antimon / Antimonio	Aufnahme von Erde in den Körper und Hautkontakt / In- gestione di suolo e contatto dermico	Erwachsener (Arbeiter) / Adulto (lavoratore)	X	---
		Einatmung Staub Innenbe- reich und Außenbereich / Inal- azione di polveri outdoor e in- door	Erwachsener (Arbeiter) / Adulto (lavoratore)	X	---
			Erwachsener + Kinder (Wohnen) / Adulto + bambini (residenziale)	---	X
		Auswaschen / Lisciviazione	Grundwasser / Falda	X	X

Tabelle 3: Konzeptschema

Tabella 3: Schema modello concettuale

Il modello concettuale è stato definito in base alle caratteristiche litologiche, idrogeologiche, chimiche e meteorologiche sito specifiche descritte nel Progetto Preliminare.

3.2.5.

3.2.5. Sorgente di contaminazione

Nella tabella e nella figura che segue sono esposte le dimensioni della sorgente di contaminazione.

Quelle / Sorgenti	Tiefe (m ab Geländeoberkante) / Profondità (m da p.c.)	Zum Grundwasser (Richtung NW-SO) Rispetto alla falda (dir. NO-SE)		Zur Windrichtung (Westen) Rispetto al vento (Dir. Ovest)	
		Längsrichtung W Longitudinale W	Transversale Sw Trasversale Sw	Längsrichtung W' Longitudinale W'	Transversale Sw' Trasversale Sw'
SS_EST_INDUSTRIALE	0.00-1.00 m p.c.	36 m	30 m	34 m	36 m

Tabelle 4: Geometrie der Kontaminationsquellen

Tabella 4: Geometria sorgente di contaminazione

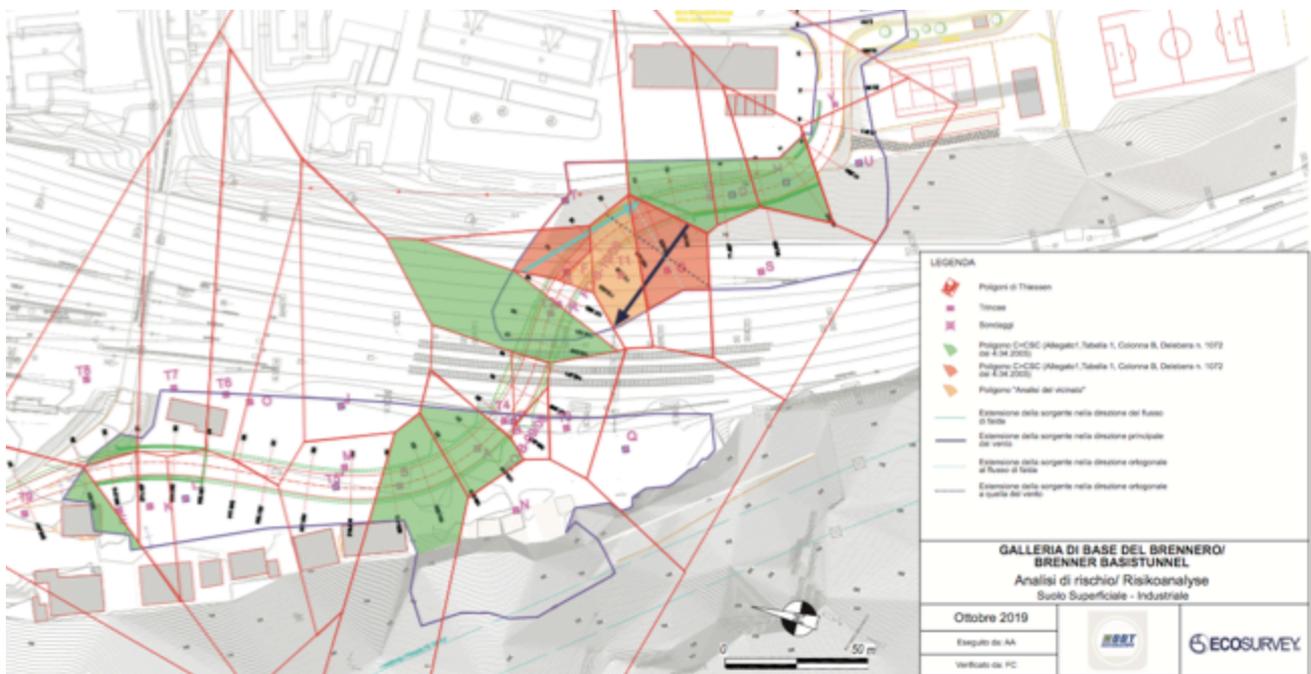


Abbildung 7: Kontaminationsquelle

Figura 7: Sorgente di contaminazione

La concentrazione rappresentativa della sorgente è stata considerata pari al massimo valore per l'anomalia rilevata come esposto nella tabella che segue.

Sorgente /Quelle	Bodenproben	Anomalia / Anomalia	Konzentration / Concentrazione	max. Konz. / C max
SS_EST_INDUSTRIALE	F2 (0-80 cm)	Antimon / Antimonio	35 mg/kg	35 mg/kg
	G2 (0-100 cm)			

Tabelle 5: Maßgebende Konzentration der Quelle (OB_OS-TEN_Industriezone)

Tabella 5: Concentrazione rappresentativa sorgente (SS_EST_Industriale)

3.2.6.

3.2.6. Calcolo del rischio – Modalità Diretta

Per quantificare il rischio, per la salute umana, dovuto dall'esposizione alla contaminazione, e valutarne l'accettabilità, si calcolano i quozienti di pericolo HI (Hazard Index) per le sostanze non cancerogene e i valori di rischio incrementale R per le sostanze cancerogene. Il rischio è accettabile se:

- Rischio cancerogeno R per singola sostanza < 10⁻⁶ (non c'è rischio per le sostanze cancerogene);
- Rischio cancerogeno R cumulato < 10⁻⁵ (non c'è rischio per le sostanze cancerogene);
- Indice di Pericolo HI per singola sostanza < 1 (non c'è rischio per le sostanze non cancerogene);
- Indice di Pericolo HI cumulato < 1 HI (non c'è rischio per le sostanze non cancerogene).

Le simulazioni di rischio eseguite sono raccolte nell'Allegato D. I risultati sono riassunti nella tabella che segue.

	Verunreinigung / Contaminante	Antimon / Antimonio				Annehmbarkeit / Accettabilità
	CRS	3.50e+1				
Risiken – Oberboden [OB] Rischi - Suolo Superficiale [SS]	Am Standort On-Site	Gesundheitsrisiko / Rischio per la salute	Aufnahme von Erde in den Körper Ingestione di suolo	R	---	---
				HI	4.28e-2	1,00E+00
			Hautkontakt Contatto Dermico	R	---	---
				HI	5.65e-3	1,00E+00
			Staub in Außenbereichen Polveri Outdoor	R	---	---
				HI	2.69e-7	1,00E+00
			Kumuliertes Risiko Außenbereiche Cumulato outdoor	R	---	---
				HI	4.85e-2	1,00E+00
			Staub in Innenbereichen Polveri Indoor	R	---	---
				HI	2.69e-7	1,00E+00
	Kumuliertes Risiko Innenbereiche Cumulato indoor	R	---	---		
		HI	2.69e-7	1,00E+00		
	Risiko für Wasserressourcen / Rischio per la risorsa idrica	Auswaschen Lisciviazione	Rgw	1.57e-1	1,00E+00	
	Außerhalb der Baustelle Off-Site	Gesundheitsrisiko / Rischio per la salute	Staub in Außenbereichen Polveri Outdoor	R	---	---
HI				1.13e-6	1,00E+00	
Kumuliertes Risiko Außenbereiche Cumulato outdoor			R	---	---	
			HI	1.13e-6	1,00E+00	

	Verunreinigung / Contaminante	Antimon / Antimonio				Annehmbarkeit / Accettabilità
	CRS	3.50e+1				
		Risiko für die Wasserressourcen / Rischio per la risorsa idrica	Auswaschen Lisciviazione	Rgw	6.66e-02	1,00E+00

Tabelle 6: On- und Off-Site-Risikoberechnung

Tabella 6: Calcolo del rischio On-site e Off-site

I risultati delle simulazioni svolte in modalità diretta indicano:

- Bersaglio "on-site" Lavoratore: ^{SEP}Assenza di Rischio per i percorsi di esposizione attivi;
- Bersaglio "off-site" Residenziale: ^{SEP}Assenza di Rischio per i percorsi di esposizione attivi.

Per la lisciviazione e trasporto in falda la concentrazione di Antimonio calcolata al punto di esposizione (0,33 µg/l) è inferiore alla CSC per le acque sotterranee (5 µg/l).

Poiché il rischio per le acque sotterranee è calcolato come rapporto tra la concentrazione disciolta al POC e la CSC, ed il relativo valore accettabile è pari a 1, si evince che per l'area di interesse non sono presenti rischi per lisciviazione e trasporto.

Il calcolo delle concentrazioni al punto di esposizione sono esposte in Allegato D.

3.2.7.

3.2.7. Calcolo della concentrazione soglia di rischio – modalità inversa

La Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) è la concentrazione il cui superamento richiede interventi di messa in sicurezza e la bonifica. La CSR rappresenta un livello di accettabilità sito specifico. Le Concentrazioni soglia di rischio calcolate sono esposte nella tabella che segue.

Risikogrenzwert für den Oberboden / CSR per il Suolo Superficiale					
Verunreinigung / Contaminante	CRS	CSC	CSR (HH)	CSR (GW)	CSR
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Antimon / Antimonio	35	30	722	223	223

Tabelle 7: Berechnung der Risikogrenzwerte

Tabella 7: Calcolo della concentrazione soglia di rischio

Le Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) calcolata mediante simulazione inversa, sulla base delle caratteristiche geologiche e morfologiche sito specifiche utilizzate, **è superiore alla Concentrazione Rappresentativa della Sorgente (CRS) pertanto è garantita la tutela per la salute dei lavoratori on-site e residenziali off-site.**

3.3.

3.3. Conclusioni Progetto Preliminare

Lo studio svolto, comprensivo di una Analisi di Rischio sanitaria ed ambientale sito specifica, ha consentito di esaminare una prima ipotesi di intervento, denominata **Alternativa 1**, che prevede lo smaltimento completo dei terreni frammisti a rifiuti contenenti residui carboniosi e scorie è caratterizzata da significative difficoltà realizzative e non trascurabili impatti ambientali.

E' stata inoltre esaminata una seconda opzione di intervento, denominata **Alternativa 2** e suggerita dalla società BBT SE, che prevede il riutilizzo dei materiali in situ per la realizzazione di un vallo barriera verde finalizzata ad implementare la separazione dell'area residenziale dall'area ferroviaria e fungere da protezione antirumore dell'abitato di Fortezza. Il vallo risulterebbe sostitutivo di una misura di compensazione ambientale, a suo tempo valutata positivamente nell'ambito del programma delle misure di compensazione ambientale della Galleria di Base del Brennero proprio nell'area in esame, che prevedeva la realizzazione di una barriera antirumore a protezione dell'abitato di Fortezza.

Dalla disamina condotta nel presente progetto preliminare si conclude che l'opzione di intervento, denominata **Alternativa 2**, risulta preferibile in quanto consente di:

- assicurare il rispetto dei requisiti ambientali e sanitari applicabili alla destinazione d'uso del sito ferroviario;
- garantire la reale fattibilità in tempi certi;
- implementare mitigazioni ambientali particolarmente utili per il territorio e per l'abitato di Fortezza (protezione antirumore e paesaggistica);
- consente di salvaguardare ingenti risorse pubbliche utilizzandole in maniera più efficiente e razionale;
- risparmiare volumi di smaltimento nelle discariche;
- limitare la circolazione dei camion nei centri abitati e sulle vie di comunicazione mitigando il disturbo della popolazione.

4.

4. INDAGINI AMBIENTALI

4.1.

4.1. Indagini ambientali gennaio

Nel gennaio 2020 sono state realizzate ulteriori 6 trincee esplorative, denominate TI, TII, TIIIa e TIIIb, TIV e TV, spinte fino alla profondità massima di 3,5 m dal p.c. di cui, TI e TII ubicate in area Ovest (rispettivamente in area ovest I ed area ovest II), TIV e TV in area Est (rispettivamente in area est I ed area est II) e TIIIa e TIIIb in area sottopasso, come indicato nella figura che segue

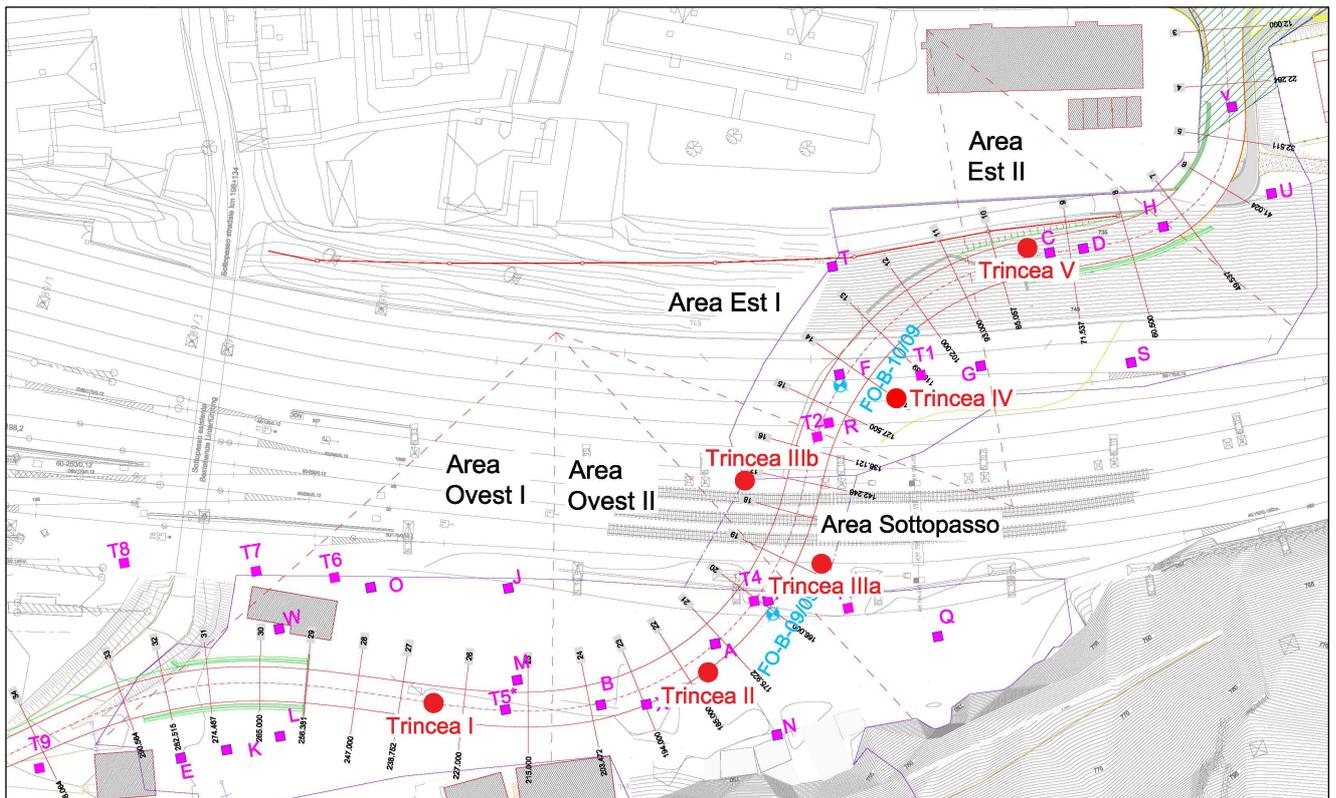


Abbildung 8:

Figura 8: Ubicazione indagini ambientali gennaio 2020.

Dalle trincee esplorative sono stati prelevati campioni dei terreni frammenti a rifiuto su cui sono stati eseguiti i seguenti esami:

- Analisi sui campioni di terreno tal quale con confronto con i limiti suoli secondo Deliberazione della Giunta Provinciale 4 aprile 2005, n. 1072 (equivalente a Tabella 1B parametri: Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Piombo, Rame, Zinco, Amianto, Idrocarburi C<12 e C>12), per i campioni prossimi al fascio binari sono stati inoltre aggiunti i Fenoli volatili per valutazione della possibile presenza di resine fenoliche idrocarburiche;
- Analisi sull'eluato del terreno con confronto con i limiti acque sotterranee secondo Deliberazione della Giunta Provinciale 4 aprile 2005, n. 1072 (equivalente

a Tabella 2 parametri: Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Piombo, Rame, Zinco, Amianto, Fenoli volatili, Idrocarburi);

- Analisi di caratterizzazione chimico fisica al fine di determinare se rifiuto pericoloso o non pericoloso e analisi dei inquinanti organici persistenti (POP);
- Test di cessione aggiuntivo all'analisi di caratterizzazione chimico fisica al fine dell'ammissibilità in discarica del rifiuto (DM 27.09.2010);
- Test di cessione aggiuntivo all'analisi di caratterizzazione chimico fisica ai fini del recupero (DM 5.02.1998).

Il prelievo dei campioni destinati alle analisi indicate ai primi due punti è stato eseguito in conformità all'allegato IV del D.Lgs. n. 152 del 3.04.2006 ed ha previsto il prelievo dei seguenti campioni:

- Area ovest I → campione tal quale C1;
- Area ovest II → campione tal quale C2;
- Area sottopasso → campione tal quale C3;
- Area est I → campione tal quale C4;
- Area est II → campione tal quale C5.

Segue lo schema di campionamento adottato per ciascuna area investigata:

- Volume complessivo terreno delle 5 aree investigate: circa 18.500 m³;
- N. incrementi eseguiti per ciascuna area 8, per complessivi 40 incrementi;
- Quantità di campione per singolo incremento: circa 2 kg;
- N. campioni primari per ciascuna area: 1 rappresentativo mediamente di circa 3.700 m³ di terreno di riporto;
- Quantità singolo campione primario: circa 16 kg ridotto a 2 kg
- N. campioni composti per ciascuna area: 1 di circa 2 kg ottenuto per quartatura e riduzione volumetrica del campione primario.

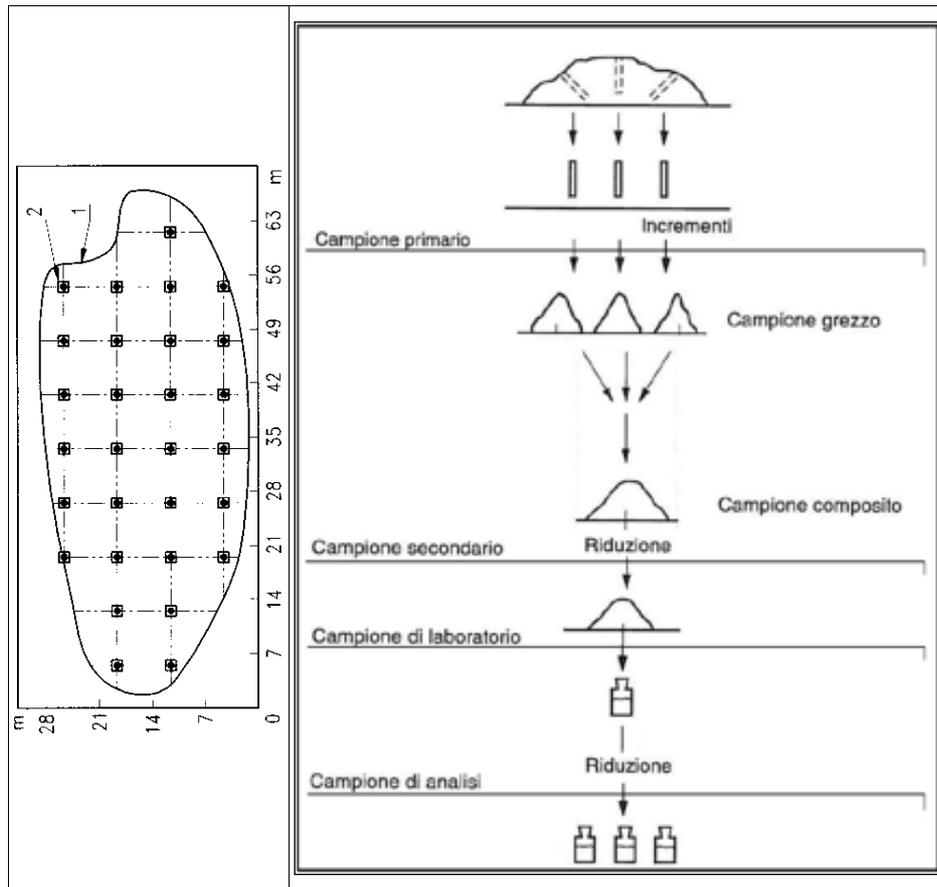


Abbildung 9:

Figura 9: Schema campionamento UNI10802

4.2.

4.2. Risultati delle indagini ambientali 2020

Nelle tabelle che seguono sono riepilogati i risultati analitici dei campioni di terreno tal quale C1, C2, C3, C4 e C5 prelevati rispettivamente dalle trincee TI, TII, TIIIa e TIIIb, TIV e TV, con indicazione delle concentrazioni dei parametri esaminati in riferimento ai limiti accettabili nel suolo e nel sottosuolo di riferimento per i terreni ad uso "Commerciale ed Industriale". I certificati analitici sono esposti in Allegato B.

Analyte	Units	Leg Lim Max	A_Ovet I - C1 N	A_Ovet II - C2 N	A_SP - C3 N	A_Est I - C4 N	A_Est II - C5 N
Residuo a 105°C	%		71	75	78	87	88
Frazione Setacciata a 2 mm	%		83	64	54	52	70
Amianto	mg/kg	1000	<58	<45	<45	<44	<46
Antimonio	mg/kg	30	1,8	1,6	2,1	110	7,1
Arsenico	mg/kg	50	22	16	15	15	15
Berillio	mg/kg	10	1,5	1,4	1,1	1	0,95

Analyte	Units	Leg Lim Max	A_Ovet I - C1 N	A_Ovet II - C2 N	A_SP - C3 N	A_Est I - C4 N	A_Est II - C5 N
Cadmio	mg/kg	15	0,31	0,32	0,88	1,1	0,74
Cobalto	mg/kg	250	11	11	8	8,3	7,5
Piombo	mg/kg	1000	26	26	110	460	160
Rame	mg/kg	600	98	55	69	110	90
Zinco	mg/kg	1500	76	69	140	190	210
Idrocarburi Leggeri < C12	mg/kg	250	<2,90	<0,220	0,44	<0,230	<0,170
Idrocarburi Pesanti >C12 (C12-C40)	mg/kg	750	99	49	46	240	230
Fenoli Totali	mg/kg				<0,04	<0,03	
2,4,6-Triclorofenolo	mg/kg	5			<0,023	<0,018	
2,4-Diclorofenolo	mg/kg	50			<0,035	<0,027	
2-Clorofenolo	mg/kg	25			<0,026	<0,020	
Pentaclorofenolo	mg/kg	5			<0,0037	<0,00280	
Somma IPA	mg/kg	100	2	0,21	0,097	1,7	1,2
Benzo[A]Antracene	mg/kg	10	0,52	0,05	0,028	0,36	0,25
Benzo[A]Pirene	mg/kg	10	0,39	0,041	0,011	0,28	0,24
Benzo[B]Fluorantene	mg/kg	10	0,33	0,031	0,018	0,29	0,17
Benzo[G,H,I]Perilene	mg/kg	10	0,1	0,014	0,006	0,14	0,096
Benzo[K]Fluorantene	mg/kg	10	0,17	0,02	0,012	0,18	0,088
Crisene	mg/kg	50	0,4	0,048	0,022	0,34	0,22
Dibenzo[A,E]Pirene	mg/kg	10	0,017	<0,00260	<0,00230	0,027	0,019
Dibenzo[A,H]An- tracene	mg/kg	10	0,054	0,0067	<0,00190	0,064	0,033
Dibenzo[A,H]Pirene	mg/kg	10	<0,0052	<0,0036	<0,00330	<0,00250	<0,0034
Dibenzo[A,I]Pirene	mg/kg	10	<0,0035	<0,00250	<0,00220	0,016	<0,00230
Dibenzo[A,L]Pirene	mg/kg	10	0,096	0,01	<0,00280	0,027	0,078
Indeno[1,2,3-Cd]Pi- rene	mg/kg	5	0,12	0,016	0,0057	0,13	0,094
Pirene	mg/kg	50	0,73	0,07	0,037	0,42	0,28

Tabelle 8:

Tabella 8: Risultati terreni tal quale

I risultati analitici delle tabelle sopra esposte indicano che tutti i parametri esaminati sono conformi ai limiti dell'allegato 1, tabella 1, colonna B della DGP 1072/05 ad ecce-

zione del parametro Antimonio che risulta con la concentrazione di 110 mg/kg (limite 30 mg/kg) in corrispondenza del campione C4 ubicato in Area Est I.

Sui campioni di terreno tal quale C1, C2, C3, C4 e C5 prelevati rispettivamente dalle trincee TI, TII, TIIIa e TIIIb, TIV e TV, è stato eseguito un Test di cessione i cui esiti analitici sono stati confrontati con i limiti delle acque sotterranee in conformità alla Tabella 2 del DGP del 4.4.2005 n. 1072. I risultati sono riassunti nella tabella che segue.

Analyte	Units	Leg Lim Max	06/214244 A_ Ovet I - C1 N	07/214244 A_ Ovet I I- C2 N	08/214244 A_SP - C3 N	09/214244 A_ Est I - C4 N	10/214244 A_ Est II - C5 N
amianto su test di cessione (sem)	µg/L		<580	<580	<580	<580	<580
antimonio	µg/L	5	0,93	0,99	1,7	5,9	4,8
arsenico	µg/L	10	1,2	3,3	1,1	5,5	5,1
berillio	µg/L	4	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150	<0,150
cadmio	µg/L	5	<0,075	<0,075	<0,075	<0,075	0,14
cobalto	µg/L	50	<0,057	0,11	<0,057	0,084	0,19
piombo	µg/L	10	0,62	2,2	1	17	40
rame	µg/L	1000	1,9	4,4	0,94	11	26
zinco	µg/L	3000	3,1	4,6	4,8	25	35
idrocarburi totali come n-esano	µg/L	350	<29	<29	<29	150	130
idrocarburi frazione volatile (C6-C10) come n-esano	µg/L		<29	<29	<29	<29	<29
idrocarburi frazione estraibile (C10-C40) come n-esano	µg/L		<24,0	<24,0	<24,0	150	130
fenoli totali	µg/L				<0,02	<0,02	
2,4,6-triclorofenolo	µg/L	5			<0,0099	<0,0099	
2,4-diclorofenolo	µg/L	110			<0,021	<0,021	
2-clorofenolo	µg/L	180			<0,019	<0,019	
pentaclorofenolo	µg/L	0,5			<0,00270	<0,00270	

Tabelle 9:

Tabella 9: Qualità eluato e limiti acque sotterranee

Gli esiti dei Test di Cessione indicano che tutti i parametri analitici esaminati sono conformi ai limiti previsti dal DGP del 4.4.2005 n. 1072 ad eccezione del parametro Antimonio risultato con concentrazione pari a 5,9 µg/l (5 µg/l) in corrispondenza del campione C4, Piombo risultato con concentrazione pari a 17 µg/l (10 µg/l) in corrispondenza

del campione C4 e con concentrazione pari a 40 µg/l (10 µg/l) in corrispondenza del campione C5. I certificati sono esposti in Allegato B.

Sui campioni composti di terreno CC1, CC2, CC3, CC4 e CC5 prelevati rispettivamente dalle trincee TI, TII, TIIIa e TIIIb, TIV e TV, è sono state eseguite le Analisi di caratterizzazione per esaminare l'eventuale pericolosità del rifiuto e la verifica degli inquinanti organici persistenti (POP). Inoltre sono stati eseguiti i Test di cessione aggiuntivi al fine dell'ammissibilità in discarica del rifiuto (DM 27.09.2010) e ai fini dell'eventuale recupero (DM 05.02.1998). I certificati sono esposti in Allegato B.

Parameter Parametro	U.M.	Leg Max	Lim	Limite 1	Limite 2	Limite 3	Sample- Type	A. OVEST I - CC1	A. OVEST II - CC2	A. SP - CC3	A. EST I - CC4	A. EST II - CC5
CARATTERISTICHE ORGANOLETTICHE												
Aspetto							S	Miscela ter- rosa	Miscela terrosa	Triturato d'asfalto	Miscela terrosa	Miscela terrosa
Colore							S	Nero	Nero	Nero	Nero	Nero
Stato fisico							S	Solido non polverulento	Solido non polver- ulento	Solido non polver- ulento	Solido non polver- ulento	Solido non pol- verulento
Odore							S	Tipico debole	Tipico	Tipico	Tipico	Tipico
CHIMICO - FISICI												
pH							S	7,5	7,4	7,3	7,4	7,6
Residuo secco a 105 °C							S	71,6	69	67,9	82,1	89,9
Residuo a 600 °C							S	55,6	57,7	45,6	66,3	83,7
Infiammabilità							S	Non fac. Inf.	Non fac. Inf.	Non fac. Inf.	Non fac. Inf.	Non fac. Inf.
Carbonio organico totale (TOC)							S					
Fenolo							S	< 0,1	1,8	2	2,2	1,3
Acidità Titolabile (HCl)	mg/kg	< 10000					S	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Alcalinità Titolabile (NaOH)	mg/kg	< 10000					S	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
METALLI												
Arsen (As) Arsenico	mg/kg	< 1000					S	17,4	13,7	23,5	14,6	14,2
Cadmium (Cd) Cadmio	mg/kg	< 1000					S	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Chrom gesamt (Cr) Cromo totale	mg/kg						S	12,7	< 0,1	11,4	16,7	17,6

Parameter Parametro	U.M.	Leg Max	Lim	Limite 1	Limite 2	Limite 3	Sample- Type	A. OVEST I - CC1	A. OVEST II - CC2	A. SP CC3	A. EST I - CC4	A. EST II - CC5
Quecksilber (Hg) Mercurio	mg/kg	< 2500					S	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nickel (Ni) Nichel	mg/kg	< 1000					S	24,6	24,3	16,6	36,1	16,3
Blei (Pb) Piombo	mg/kg	< 2500					S	15,9	32,9	62,6	134,8	95,6
Kupfer (Cu) Rame	mg/kg	< 2500					S	133,1	51,9	86,4	115,9	113
Selenio e suoi com- posti come Se	mg/kg	< 25000					S	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Zink (Zn) Zinco	mg/kg	< 2500					S	67,7	97,6	207	280,9	184
SOLVENTI ORGANICI AROMATICI E NON AROMATICI												
Benzol Benzene	mg/kg	< 1000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Isopropilbenzene (cumene)	mg/kg	< 25000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Styrol Stirene	mg/kg	< 10000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Toluol Toluene	mg/kg	< 30000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Xylol Xilene	mg/kg	< 225000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ethylbenzol Etilbenzene	mg/kg	< 100000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Chetoni ed esteri ir- ritanti (sommatoria)	mg/kg	< 200000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
SOLVENTI ORGANICI ALOGENATI												
Clorometano	mg/kg	< 10000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cloruro di vinile	mg/kg	< 1000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1-Dicloroetano	mg/kg	< 200000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1-Dicloroetilene	mg/kg	< 10000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2-Cloroetanolo	mg/kg	< 1000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Diclorobenzene	mg/kg	< 250000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dicloroetano	mg/kg	< 1000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Diclorometano	mg/kg	< 10000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dicloropropano	mg/kg	< 1000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Clorobenzene	mg/kg	< 250000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,1-Tricloroetano	mg/kg	< 250000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2,2-Tetracloro- etano	mg/kg	< 2500					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Parameter Parametro	U.M.	Leg Max	Lim	Limite 1	Limite 2	Limite 3	Sample- Type	A. OVEST I - CC1	A. OVEST II - CC2	A. SP CC3	A. EST I - CC4	A. EST II - CC5
1,2-Dicloroetilene	mg/kg	< 250000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tetracloroetilene (PCE)	mg/kg	< 10000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tetraclorometano	mg/kg	< 30000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2-Tricloroetano	mg/kg	250000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tricloropropano	mg/kg	< 250000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tricloroetilene	mg/kg	< 10000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Triclorometano	mg/kg	< 250000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tribromometano (Bromoformio)	mg/kg	< 30000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dibromoetano	mg/kg	< 1000					S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibromoclorome- tano	mg/kg						S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Bromodiclorome- tano	mg/kg						S	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
IDROCARBURI TOTALI ED OLI, POLICICLICI AROMATICI, MARKER												
Idrocarburi leggeri (C5 - C8)	mg/kg	< 2500					S	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Idrocarburi (C10 - C40)	mg/kg						S	92	750	79	75	278
Dipentene	mg/kg	< 2500					S	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
1,3 Butadiene	mg/kg	< 1000					S	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Benzo(a)antracene	mg/kg	<100					S	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Benzo(b)fluoran- tene	mg/kg	< 1000					S	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Benzo(k)fluorantene	mg/kg	< 1000					S	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Benzo(j)fluorantene	mg/kg	< 1000					S	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Benzo(e)pirene	mg/kg	< 1000					S	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Crisene	mg/kg	< 1000					S	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Benzo(a)pirene	mg/kg	< 100					S	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Dibenzo(a,h)an- tracene	mg/kg	< 100					S	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Naftalene	mg/kg	< 2500					S	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sommatoria IP A (markers)	mg/kg	< 250					S	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90
PARAMETRI AGGIUNTIVI REG. 997/17												
Bromometano	mg/kg	< 1000					S	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Tetracloruro di car- bonio	mg/kg	< 1000					S	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Parameter Parametro	U.M.	Leg Max	Lim	Limite 1	Limite 2	Limite 3	Sample- Type	A. OVEST I - CC1	A. OVEST II - CC2	A. SP CC3	A. EST I - CC4	A. EST II - CC5
1,1 Dicloro -1- Fluoroetano	mg/kg	< 1000					S	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
VALUTAZIONI E PARAMETRI AGGIUNTIVI (Reg. 1357/2014/Ue)												
Esplosività							S	non applicabile	non applicabile	non applicabile	non applicabile	non applicabile
Comburezza	%						S	non applicabile	non applicabile	non applicabile	non applicabile	non applicabile
Idroreattività							S	nessuna	nessuna	nessuna	nessuna	nessuna
Piroforicità/autoriscaldamento							S	nessuna	nessuna	nessuna	nessuna	nessuna
Liberazione di gas	L/kg.h						S	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Viscosità a 40°C	mm2/s						S	> 20,5	> 20,5	> 20,5	> 20,5	> 20,5
PREPARAZIONE ELUATO SECONDO UNI EN 12457-2:2004												
Massa campione di Laboratorio	kg						S	> 2,1	> 2,1	> 2,1	> 2,1	> 2,1
Frazione maggiore di 4 mm	%						S	16	23	4	25	38
Frazione non macinabile	%						S	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Massa grezza pesata	kg						S	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106
Umidità	%						S	28,4	31	32,1	17,9	10,1
Data effettuazione eluato	data						S	16/01/20	16/01/20	16/01/20	16/01/20	16/01/20
Volume di liscivante	l						S	0,738	0,731	0,697	0,855	0,944
pH fine eluizione.	upH						S	7,46	7,39	7,3	7,38	7,55
Conducibilità.	microS/cm						S	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Temperatura	°C						S	20	20	20	20	20
Data ultima prova in bianco	data						S	16/01/20	16/01/20	16/01/20	16/01/20	16/01/20
PROVE SU ELUATO DA TEST DI CESSIONE IN ACQUA DEIONIZZATA (DM 27/09/2010)												
Arsenico	mg/l			< 0,2	< 0,2	< 2,5	L	< 0,001	0,003	< 0,001	0,003	0,002
Bario	mg/l			< 10	< 10	< 30	L	< 0,002	0,137	0,005	0,048	0,019
Cadmio	mg/l			< 0,1	< 0,1	< 0,5	L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Rame	mg/l			< 5	< 5	< 10	L	< 0,001	0,002	0,001	0,001	0,008
Mercurio	mg/l			< 0,02	< 0,02	< 0,2	L	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
Molibdeno	mg/l			< 1	< 1	< 3	L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cromo totale	mg/l			< 1	< 1	< 7	L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Parameter Parametro	U.M.	Leg Max	Lim	Limite 1	Limite 2	Limite 3	Sample- Type	A. OVEST I - CC1	A. OVEST II - CC2	A. SP CC3	A. EST I - CC4	A. EST II - CC5
Nichel	mg/l			< 1	< 1	< 4	L	< 0,001	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Piombo	mg/l			< 1	< 1	< 5	L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Antimonio	mg/l			< 0,07	< 0,07	< 0,5	L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Selenio	mg/l			< 0,05	< 0,05	< 0,7	L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Zinco	mg/l			< 5	< 5	< 20	L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cloruri	mg/l			< 2500	< 1500	< 2500	L	1,1	0,9	1,6	1,5	0,6
Fluoruri	mg/l			< 15	< 15	< 50	L	0,4	0,3	0,4	0,2	0,1
Solfati	mg/l			< 5000	< 2000	< 5000	L	7,7	12,9	9,9	9,3	5,7
DOC	mg/l			< 100	< 80	< 100	L	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
TDS	mg/l			< 10000	< 6000	< 10000	L	41	64	45	51	60

Tabelle 10:

Tabella 10: Risultati Test di cessione (DM 27.09.2010)

Gli esiti delle verifiche analitiche indicano che i campioni possono essere classificati con il codice europeo dei rifiuti EER 17 05 04 Rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione (compreso il terreno proveniente da siti contaminati): terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03.

Parameter Parametro	U.M.	Leg Lim Max	SampleType	A. OVEST I - CC1	A. OVEST II - CC2	A. SP - CC3	A. EST I - CC4	A. EST II - CC5
CARATTERISTICHE ORGANOLETTICHE								
Aspetto			S	Miscela terrosa	Miscela terrosa	Triturato d'asfalto	Miscela terrosa	Miscela terrosa
Colore			S	Nero	Nero	Nero	Nero	Nero
Stato fisico			S	Solido non polverulento				
Odore			S	Tipico debole	Tipico	Tipico	Tipico	Tipico
CHIMICO - FISICI								
pH	upH		S	7,5	7,4	7,3	7,4	7,6
Residuo secco a 105 °C	% m/m		S	71,6	69	67,9	82,1	89,9
Residuo a 600 °C	% m/m		S	55,6	57,7	45,6	66,3	83,7
Infiammabilità	sec		S	Non fac. Inf.				
Fenolo	mg/kg		S	<0,1	1,8	2	2,2	1,3
Acidità Titolabile (HCl)	mg/kg	< 10000	S	<10	< 10	< 10	< 10	< 10

Parameter Parametro	U.M.	Leg Lim Max	SampleType	A. OVEST I - CC1	A. OVEST II - CC2	A. SP - CC3	A. EST I - CC4	A. EST II - CC5
Alcalinità Titolabile (NaOH)	mg/kg	< 10000	S	<10	< 10	< 10	< 10	< 10
METALLI								
Arsen (As) Arsenico	mg/kg	< 1000	S	17,4	13,7	23,5	14,6	14,2
Cadmium (Cd) Cadmio	mg/kg	< 1000	S	<1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Chrom gesamt (Cr) Cromo totale	mg/kg		S	12,7	< 0,1	11,4	16,7	17,6
Mercurio (e suoi com- posti)	mg/kg	< 2500	S	<0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Nichel e suoi composti espressi come Ni	mg/kg	< 1000	S	24,6	24,3	16,6	36,1	16,3
Piombo e i suoi com- posti come Pb	mg/kg	< 2500	S	15,9	32,9	62,6	134,8	95,6
Rame e i suoi com- posti come Cu	mg/kg	< 2500	S	133,1	51,9	86,4	115,9	113
Selenio e suoi com- posti come Se	mg/kg	< 25000	S	<0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Zinco e i suoi composti come Zn	mg/kg	< 2500	S	67,7	97,6	207	280,9	184
SOLVENTI ORGANICI AROMATICI E NON AROMATICI								
Benzene	mg/kg	< 1000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Isopropilbenzene (cumene)	mg/kg	< 25000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Stirene	mg/kg	< 10000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Toluene	mg/kg	< 30000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Xilene	mg/kg	< 225000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Etilbenzene	mg/kg	< 100000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Chetoni ed esteri irri- tanti (sommatoria)	mg/kg	< 200000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
SOLVENTI ORGANICI ALOGENATI								
Clorometano	mg/kg	< 10000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cloruro di vinile	mg/kg	< 1000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1-Dicloroetano	mg/kg	< 200000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1-Dicloroetilene	mg/kg	< 10000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
2-Cloroetanolo	mg/kg	< 1000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Diclorobenzene	mg/kg	< 250000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dicloroetano	mg/kg	< 1000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Parameter Parametro	U.M.	Leg Lim Max	SampleType	A. OVEST I - CC1	A. OVEST II - CC2	A. SP - CC3	A. EST I - CC4	A. EST II - CC5
Diclorometano	mg/kg	< 10000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dicloropropano	mg/kg	< 1000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Clorobenzene	mg/kg	< 250000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,1-Tricloroetano	mg/kg	< 250000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2,2-Tetracloro- etano	mg/kg	< 2500	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dicloroetilene	mg/kg	< 250000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tetracloroetilene (PCE)	mg/kg	< 10000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tetraclorometano	mg/kg	< 30000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,1,2-Tricloroetano	mg/kg	250000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tricloropropano	mg/kg	< 250000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tricloroetilene	mg/kg	< 10000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Triclorometano	mg/kg	< 250000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tribromometano (Bro- moformio)	mg/kg	< 30000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1,2-Dibromoetano	mg/kg	< 1000	S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibromoclorometano	mg/kg		S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Bromodiclorometano	mg/kg		S	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
IDROCARBURI TOTALI ED OLI, POLICICLICI AROMATICI, MARKER								
Idrocarburi leggeri (C5 - C8)	mg/kg	< 2500	S	<10	< 10	< 10	< 10	< 10
Idrocarburi (C10 - C40)	mg/kg		S	92	750	79	75	278
Dipentene	mg/kg	< 2500	S	<10	< 10	< 10	< 10	< 10
1,3 Butadiene	mg/kg	< 1000	S	<10	< 10	< 10	< 10	< 10
Benzo(a)antracene	mg/kg	<100	S	<1	< 1	< 1	< 1	< 1
Benzo(b)fluorantene	mg/kg	< 1000	S	<1	< 1	< 1	< 1	< 1
Benzo(k)fluorantene	mg/kg	< 1000	S	<10	< 10	< 10	< 10	< 10
Benzo(j)fluorantene	mg/kg	< 1000	S	<10	< 10	< 10	< 10	< 10
Benzo(e)pirene	mg/kg	< 1000	S	<10	< 10	< 10	< 10	< 10
Crisene	mg/kg	< 1000	S	<10	< 10	< 10	< 10	< 10
Benzo(a)pirene	mg/kg	< 100	S	<1	< 1	< 1	< 1	< 1
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg	< 100	S	<10	< 10	< 10	< 10	< 10
Naftalene	mg/kg	< 2500	S	<10	< 10	< 10	< 10	< 10

Parameter Parametro	U.M.	Leg Lim Max	SampleType	A. OVEST I - CC1	A. OVEST II - CC2	A. SP - CC3	A. EST I - CC4	A. EST II - CC5
Sommatoria IP A (mar- kers)	mg/kg	< 250	S	<90	< 90	< 90	< 90	< 90
PARAMETRI AGGIUNTIVI REG. 997/17								
Bromometano	mg/kg	< 1000	S	<1	< 1	< 1	< 1	< 1
Tetracloruro di carbo- nio	mg/kg	< 1000	S	<1	< 1	< 1	< 1	< 1
1,1 Dicloro -1- Fluoro- etano	mg/kg	< 1000	S	<1	< 1	< 1	< 1	< 1
VALUTAZIONI E PARAMETRI AGGIUNTIVI (Reg. 1357/2014/Ue)								
Esplosività			S	Non applicabile	non appli- cabile	non appli- cabile	non appli- cabile	non appli- cabile
Comburezza	%		S	Non applicabile	non appli- cabile	non appli- cabile	non appli- cabile	non appli- cabile
Idroreattività			S	Nessuna	nessuna	nessuna	nessuna	nessuna
Piroforicità/autoris- caldamento			S	Nessuna	nessuna	nessuna	nessuna	nessuna
Liberazione di gas	L/kg.h		S	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Viscosità a 40°C	mm2/s		S	> 20,5	> 20,5	> 20,5	> 20,5	> 20,5
PREPARAZIONE ELUATO SECONDO UNI EN 12457-2:2004								
Massa campione di Laboratorio	kg		S	>2,1	> 2,1	> 2,1	> 2,1	> 2,1
Frazione maggiore di 4 mm	%		S	16	23	4	25	38
Frazione non ma- cinabile	%		S	<1	< 1	< 1	< 1	< 1
Massa grezza pesata	kg		S	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106
Umidità	%		S	28,4	31	32,1	17,9	10,1
Data effettuazione eluato	data		S	16/01/20	16/01/20	16/01/20	16/01/20	16/01/20
Volume di liscivante	l		S	0,738	0,731	0,697	0,855	0,944
pH fine eluizione.	upH		S	7,46	7,39	7,3	7,38	7,55
Conducibilità.	microS/c m		S	<100	< 100	< 100	< 100	< 100
Temperatura	°C		S	20	20	20	20	20
Data ultima prova in bi- anco	data		S	16/01/20	16/01/20	16/01/20	16/01/20	16/01/20
PROVE SU ELUATO DA TEST DI CESSIONE IN ACQUA DEIONIZZATA (DM 05/02/98-DM186/06)								
Arsenico	mg/l	< 0,05	L	<0,001	0,003	< 0,001	0,003	0,002

Parameter Parametro	U.M.	Leg Lim Max	SampleType	A. OVEST I - CC1	A. OVEST II - CC2	A. SP - CC3	A. EST I - CC4	A. EST II - CC5
Bario	mg/l	< 1	L	0,005	0,137	0,005	0,048	0,019
Berillio	mg/l	< 0,01	L	<0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cadmio	mg/l	< 0,005	L	<0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cobalto	mg/l	< 0,25	L	<0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cromo totale	mg/l	< 0,05	L	0,022	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Rame	mg/l	< 0,05	L	0,002	0,002	0,001	0,001	0,008
Mercurio	mg/l	< 0,001	L	<0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
Nichel	mg/l	< 0,01	L	0	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Piombo	mg/l	< 0,05	L	<0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Selenio	mg/l	< 0,01	L	<0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Vanadio	mg/l	< 0,25	L	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Zinco	mg/l	<3	L	<0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cloruri	mg/l	< 100	L	1,1	0,9	1,6	1,5	0,6
Fluoruri	mg/l	< 1,5	L	0,4	0,3	0,4	0,2	0,1
Solfati	mg/l	< 250	L	7,7	12,9	9,9	9,3	5,7
Cianuri	mg/l	< 0,05	L	<0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Nitrati	mg/l	< 50	L	0,6	5,9	2,1	0,4	1,3
Amianto	mg/l	< 30	L	<0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
COD	mg/l	< 30	L	<1	1	1	< 1	2
pH.	mg/l	5,5÷12	L	7,5	7,4	7,3	7,4	7,6

Tabella 11:

Tabella 11: Risultati Test di cessione (DM 05.02.1998)

4.3.

4.3. Aggiornamento del Modello concettuale del sito

Le indagini di caratterizzazione ambientale e classificazione del rifiuto eseguite a gennaio 2020 confermano il modello concettuale del sito descritto nel Progetto Preliminare di bonifica ed hanno permesso di suddividere le tre Aree principali individuate nel Progetto Preliminare di Bonifica (Est, Ovest e Sottopasso), in cinque subaree funzionali alle previste attività di Messa in Sicurezza Peramente come di seguito descritto.

Zona realizzazione sottopasso Est

Il sottosuolo è costituito da strati di terreno di riporto di spessore limitato da 0,1 a 0,2 m frammisto con ghiaie grossolane e ciottoli, alternati a strati di terreno contenenti residui di carbone frammisti a scorie parzialmente vetrificate e ballast. La presenza di rifiuti frammisti ai terreni è maggiore nella parte superiore del rilevato rispetto alla base.

Il sondaggio trasformato in piezometro FoB 10/09, profondo 23,50 m da p.c., indica la presenza di materiale carbonioso fino alla profondità massima di 11 m da p.c.

- Subarea Area est I

Le analisi di caratterizzazione sul campione di terreno tal quale C4, hanno evidenziato il rispetto dei valori di concentrazione limite accettabili della colonna B della DGP 4 aprile 2005, n. 1072 per tutti i parametri analizzati ad eccezione del parametro Antimonio pari a 110 mg/kg.

L'analisi sull'eluato del terreno in corrispondenza del campione C4 con confronto con i limiti per le acque sotterranee secondo Deliberazione della Giunta Provinciale 4 aprile 2005, n. 1072 ha evidenziato il rispetto dei valori di concentrazione limite accettabili per tutti i parametri analizzati ad eccezione del parametro Antimonio risultato con concentrazione pari a 5,9 µg/l (5 µg/l) e del parametro Piombo risultato con concentrazione pari a 17 µg/l (10 µg/l).

- Subarea Area est II

Le analisi di caratterizzazione sui campioni di terreno tal quale C5, hanno evidenziato il rispetto dei valori di concentrazione limite accettabili della colonna B della DGP 4 aprile 2005, n. 1072 per tutti i parametri analizzati.

L'analisi sull'eluato del terreno in corrispondenza del campione C5 con confronto con i limiti per le acque sotterranee secondo Deliberazione della Giunta Provinciale 4 aprile 2005, n. 1072 ha evidenziato il rispetto dei valori di concentrazione limite accettabili per tutti i parametri analizzati ad eccezione del parametro Piombo risultato con concentrazione pari a 40 µg/l (10 µg/l).

Zona realizzazione sottopasso Ovest

Il sottosuolo è costituito da uno strato di materiale omogeneo costituito da terreno mescolato con residui carboniosi. Lo spessore è variabile e raggiunge la profondità massima di 4 m da piano campagna nella parte centrale e si riduce ai lati e verso i binari ad Est (profondità 2-2,5 m) e in adiacenza al versante montuoso (profondità 0,5-1 m). Al di sotto di questo strato è stato rinvenuto terreno naturale granulare con ciottoli e blocchi rocciosi di dimensione variabile.

- Subarea Area ovest I

Le analisi di caratterizzazione sui campioni di terreno tal quale C1, hanno evidenziato il rispetto dei valori di concentrazione limite accettabili della colonna B della DGP 4 aprile 2005, n. 1072 per tutti i parametri analizzati.

L'analisi sull'eluato del campione di terreno C1 indicano il rispetto dei limiti di riferimento per le acque sotterranee secondo Deliberazione della Giunta Provinciale 4 aprile 2005, n. 1072 per tutti i parametri analizzati.

- Subarea Area ovest II

Le analisi di caratterizzazione sui campioni di terreno tal quale C2, hanno evidenziato il rispetto dei valori di concentrazione limite accettabili della colonna B della DGP 4 aprile 2005, n. 1072 per tutti i parametri analizzati.

L'analisi sull'eluato del campione di terreno C2 indicano il rispetto dei limiti di riferimento per le acque sotterranee secondo Deliberazione della Giunta Provinciale 4 aprile 2005, n. 1072 per tutti i parametri analizzati.

Zona sottopasso ferroviario

In corrispondenza del fascio di binari della linea ferroviaria Verona-Brennero che sarà oggetto di sotto-attraffamento stradale per un tratto di circa 15 m dalla progressiva n. 17 alla progressiva n. 19 del progetto "Nuova viabilità Riol" dall'interpolazione dei dati ricavati dalle trincee esplorative TIIIa, TIIIb e dall'adiacente sondaggio/piezometro FoB 10/09 (Area est I), è stato possibile ricostruire la stratigrafia di questa, da cui si deduce la presenza di materiali carboniosi e/o materiale antropico anche in corrispondenza del primo sottosuolo del fascio di binari della linea ferroviaria fino alla profondità di 11 m dal p.c.

Le analisi di caratterizzazione sui campioni di terreno tal quale C3, hanno evidenziato il rispetto dei valori di concentrazione limite accettabili della colonna B della DGP 4 aprile 2005, n. 1072 per tutti i parametri analizzati.

L'analisi sull'eluato del campione di terreno C3 indicano il rispetto dei limiti di riferimento per le acque sotterranee secondo Deliberazione della Giunta Provinciale 4 aprile 2005, n. 1072 per tutti i parametri analizzati.

Segue la figura con il riepilogo delle anomalie rinvenute sui terreni di riporto tal quale a seguito delle attività di caratterizzazione ambientale eseguite sul sito negli anni 2014, 2019 e 2020. Le anomalie rinvenute in corrispondenza delle trincee esplorative F, G e TIV risultano tutte localizzate all'interno dell'area Est I.

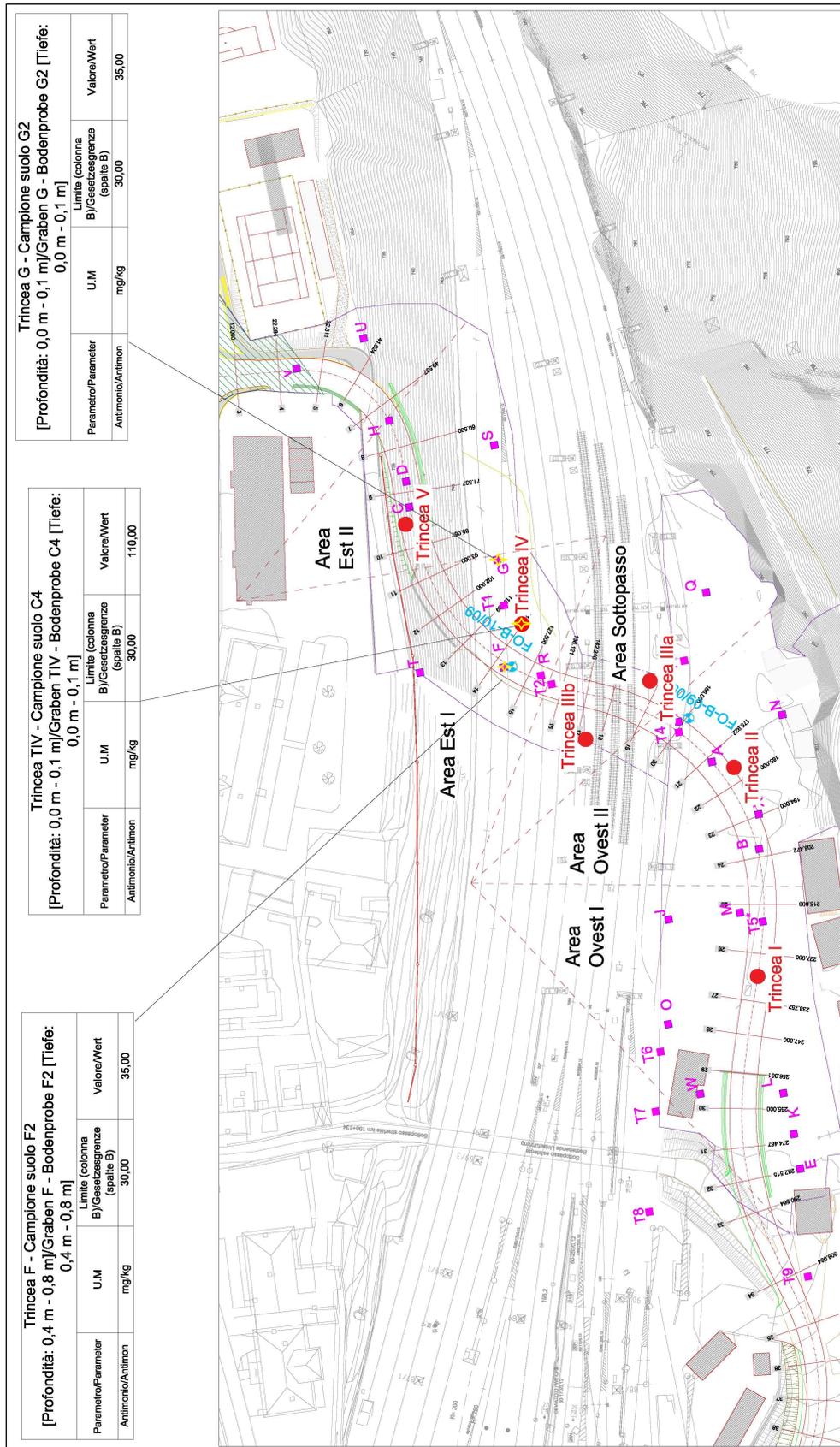


Abbildung 10:

Figura 10: Risultati indagine terreno tal quale (2020).

5.

5. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA

Il progetto che segue propone la gestione del materiale di riporto rinvenuto, nelle medesime aree di cantiere in coerenza con la destinazione d'uso ferroviaria e le opere di progetto previste per il sito, mediante un intervento di Messa in Sicurezza Permanente che permetta la realizzazione di opere accessorie agli interventi BBT, incluso la realizzazione di una barriera verde per la mitigazione dei rumori ed alcuni rinterrati, come esposto al Capitolo 9.

Si prevede che il vallo barriera antirumore sarà realizzato in terra battuta con i materiali di scavo necessari per la realizzazione della Nuova viabilità Riol e posato in opera secondo le modalità delle terre armate per costituire una struttura rinforzata con elementi in grado di resistere agli sforzi di taglio, compressione e trazione agenti naturalmente o generati da carichi indotti sulla struttura. Gli strati da mettere in posa saranno opportunamente compattati, per singoli livelli di circa 35 cm di spessore, fino alla compattazione finale che non sarà inferiore al 95% dello standard Proctor di riferimento.

In corrispondenza delle aree interessate dalla realizzazione del vallo e dalla rimozione del terreno necessario per la realizzazione della nuova viabilità Riol, nel gennaio 2020 sono state eseguite specifiche indagini di caratterizzazione geotecnica, mediante la realizzazione di 4 trincee esplorative denominate SI, SII, SIII e SIV, spinte fino alla profondità massima di 2,0 m dal p.c. di cui: SI e SII ubicate in area Est in corrispondenza del primo sottosuolo che ospiterà il vallo in progetto e SIII e SIV in area Ovest, in corrispondenza delle aree interessate dalla rimozione di terreno necessaria per la realizzazione della nuova viabilità.

Dalle trincee sono stati prelevati campioni dei terreni indisturbati e rimaneggiati, frammentati ai materiali di rifiuto identificati come segue: SIC11, SICR1, SIIC12, SIICR2, SIIICR3 e SIVCR4. Su ciascun campione sono stati eseguiti i seguenti esami di laboratorio geotecnico/geomeccanico:

- [1] Determinazione Contenuto in acqua - UNI CEN ISO/TS 17892-1;
- [2] Determinazione massa volumica - UNI CEN ISO/TS 17892-2;
- [3] Analisi Granulometrica per vagliatura su terre - UNI CEN ISO/TS 17892-4;

- [4] Determinazione Limite Liquido e Limite Plastico UNI CEN ISO/TS 17892-12;
- [5] Peso specifico dei grani - UNI CEN ISO/TS 17892-3;
- [6] Classificazione UNI 11531-1;
- [7] Prova di costipamento Proctor Modificata-UNI EN 13286-2;
- [8] Prova di taglio diretto CD, eseguita su tre provini ricostruiti- UNI CEN ISO/TS 17892-10;
- [9] Determinazione contenuto in solfati come SO_3 (%) solubili in acido - UNI EN 1744-1.

Le attività di campo sono state coordinate da un geologo, con il compito di provvedere all'individuazione e classificazione dei terreni oggetto d'indagine nonché alla definizione degli aspetti geologici, idrogeologici e geotecnici, alle installazioni di strumentazione ed all'esecuzione delle prove in sito. Le determinazioni analitiche di laboratorio sono state eseguite presso il laboratorio geotecnico Gunderlab di Bazzano (BO).

Nella figura che segue è indicata l'ubicazione delle indagini geotecniche.

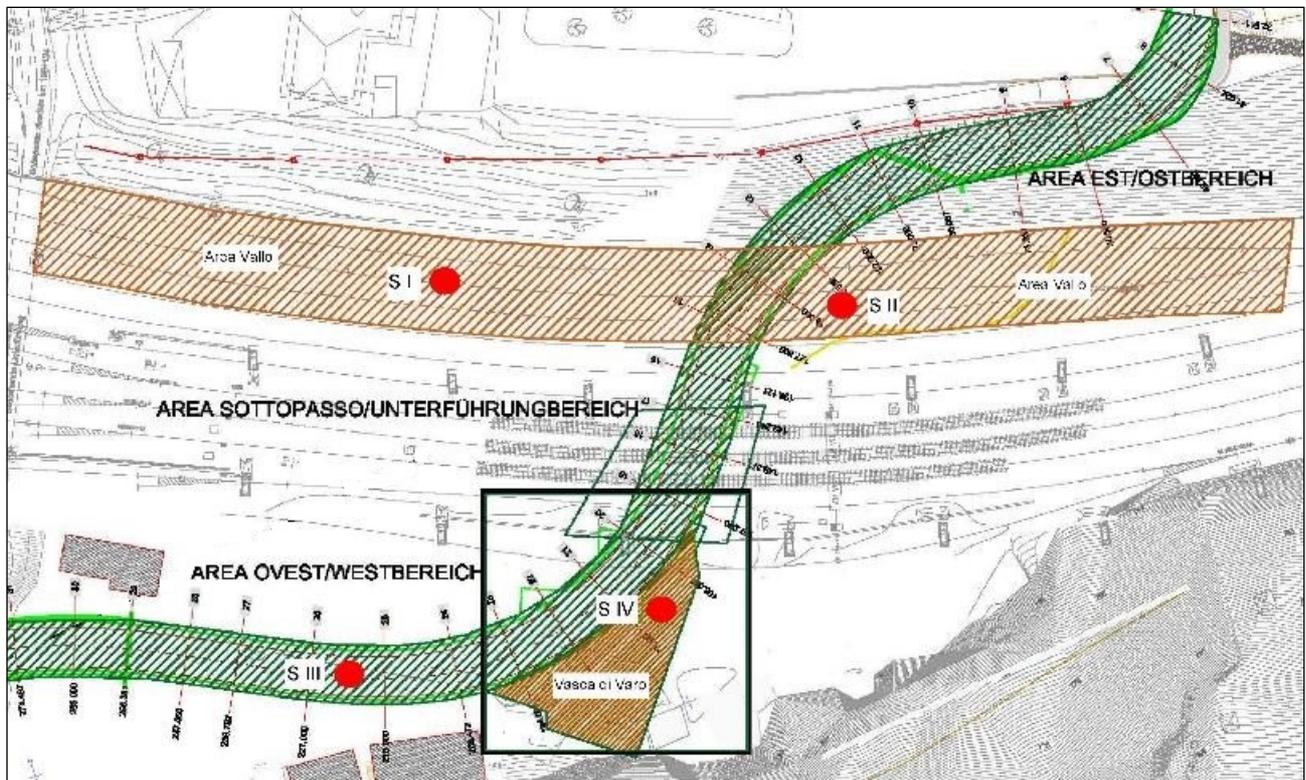


Abbildung 11:

Figura 11: Ubicazione indagini geotecniche.

5.1.

5.1. Risultati di laboratorio geotecnico

I parametri fisico volumetrici e di resistenza meccanica ottenuti dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni di terreno SICR1, SICR2, SIICR1, SIICR2, SIIICR3 e SIVCR4 estratti dalle trincee esplorative SI, SII, SIII e SIV sono riassunti nella tabella che segue, i certificati analitici sono esposti in Allegato B.

Id.	Prof. (m da p.c.)	Densità naturale γ_n (Mg/m ³)	Contenuto naturale di acqua W _n (%)	Limite liquido WL / Indice plastico IP (%)	Angolo di attrito interno φ'	Umidità Ottima W (% in peso)	Massa volumica totale all'umidità ottima (Mg/m ³)	Classificazione UNI 11531-1	Contenuto in solfati SO ₃ (%)
SICR1/SICR1	1,50-1,80	1,300	12,54	47 / 0	36°	14,10	1,694	A 2-5	0,009
SIICR2/SIICR2	1,50-1,80	1,593	15,62	48 / 0	31°	16,30	1,679	A 2-5	0,007
SIIICR3	1,50-2,00	1,180	26,68	71 / 0	34°	23,10	1,598	A 2-5	0,013
SIV/CR4	1,50-2,00	1,247	23,25	73 / 4	38°	25,00	1,615	A 2-5	0,008

Tabelle 12:



Tabella 12: Esiti dei risultati di laboratorio geotecnico

Non sono stati considerati i valori della coesione "C" compresa tra 8,08 e 0,94 kN/m² perchè cautelativamente trascurabili. I terreni di natura granulare sono stati classificati secondo la Norma UNI 11531-1 come di tipo A2-5.

Classificazione generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante allo staccio 0.063 mm ≤ 35%						Terre limo-argillose Frazione passante allo staccio 0.063 mm > 35%					Torbe e terre organiche palustri		
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8	
Gruppo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6		
Frazione passante allo staccio														
2 mm	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.4 mm	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.063 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0.4 mm														
LL (Limite liquido)	-	-	-	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	> 40	
IP (Indice di plasticità)	≤ 6	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	IP ≤ LL-30	IP > LL-30		
Indice di gruppo	0		0	0				≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20	
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fina	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressibili	Limi molto compressibili	Argille poco compressibili	Argille molto compressibili e mediamente plastiche	Argille molto compressibili e molto plastiche	Torbe di recente o remota formazione e, detriti organici	
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellente a buono						Da mediocre a scadente					Da scartare		
Azione del gelo sulle qualità portanti	Nessuna o lieve			Media				Moito elevata	Media	Elevata	Media			
Ritiro e rigonfiamento	Nulla			Nulla o lieve				Lieve o medio	Elevato	Elevato	Moito elevato			
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa					Scarsa o nulla					

Tabelle 13:

Tabella 13: Classificazione UNI 11531-1 per terre e aggregati

Gli aggregati di Gruppo A2 dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 per cui il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO_3) dovrà risultare inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se l'aggregato è grosso oppure fine.

I valori di resistenza meccanica ottenuti a partire dalle prove eseguite in laboratorio hanno permesso di definire la natura granulare dei terreni costituenti il primo sottosuolo e di suddividere i terreni in unità litotecniche ovvero in corpi geologici a medesimo comportamento fisico e meccanico come di riassunto nella tabella che segue.

Unità litotecnica	Densità naturale γ_n (Mg/m ³)	Contenuto naturale di acqua W_n (%)	Limite liquido W_L / Indice plastico IP (%)	Angolo di attrito interno ϕ'	Umidità Ottima W (% in peso)	Massa volumica totale all'umidità ottima (Mg/m ³)	Classificazione UNI 11531-1	Contenuto in solfati SO_3 (%)
VALLO	1,340	21,85	64	35	21,50	1,630	A 2-5	0,009
FONDAZIONE	1,446	14,08	47,5	34	15,20	1,684	A 2-5	0,008

Tabelle 14:

Tabella 14: Parametrizzazione delle unità litotecniche

Per la caratterizzazione geomeccanica dei terreni che andranno a costituire il rilevato strutturale (vallo) sono stati considerati i valori medi ottenuti dai risultati dalle prove di laboratorio eseguite dai terreni estartti dai dalle trincee SII, SIII ed SIV. Per la caratterizzazione geomeccanica dei terreni di fondazione sono stati considerati i valori medi ottenuti dai risultati dalle prove di laboratorio eseguite dai terreni estartti dai dalle trincee SI e SII.

Per garantire un grado di compattazione non inferiore al 95% dello standard Proctor, la posa in opera dei terreni costituenti il vallo dovrà essere eseguita con un'umidità W pari a ca. il 21,50% (umidità ottimale) e con un'energia di compattazione tale da generare una massa volumica finale pari a 1,630 Mg/m³.

Prima della posa in opera del vallo i terreni di fondazione dovranno essere compattati con un'energia di compattazione tale da generare una massa volumica finale non inferiore a 1,684 Mg/m³.

6.

6. CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA

In data 29, 30 e 31 gennaio 2020 è stata eseguita una campagna di indagine geofisica sull'area destinata alla costruzione del vallo con l'obiettivo di ricostruire l'assetto geo-litologico e stratigrafico locale, verificare la presenza e la profondità della falda acquifera, determinare la V_{seq} ,

verificare la presenza/assenza di sottoservizi o strutture interrate ed acquisire tutti quei parametri sismici utili per la progettazione geotecnica del manufatto.

Segue il riepilogo delle indagini geofisiche eseguite:

- indagini sismica MASW per la definizione della V_{seq} e della categoria di sottosuolo sismico;
- tomografie sismiche a rifrazione in onde P ed SH mediante 3 stendimenti sismici della lunghezza di ca. 195 m ciascuno che ha permesso la verifica dei sismostati fino a 52 m di profondità e la presenza/assenza di eventuali anomalie nella propagazione delle onde sismiche;
- tomografie elettromagnetiche con metodo Transceiver a penetrazione profonda, mediante la restituzione di 6 profili elettromagnetici della lunghezza media di ca. 200 m ciascuno per la verifica dello spessore del corpo rifiuti e l'analisi nel campo della retrodeformazione;
- indagini con elettromagnetometro Profiler, allo scopo di misurare i campi magnetici indotti per esaminare la presenza nel sottosuolo di eventuali anomalie da attribuire a fusti metallici interrati o altri rifiuti seppelliti con caratteristiche di suscettibilità elettromagnetica;
- indagini Georadar con metodologia GPR ad alta risoluzione per la verifica della presenza/assenza di anomalie dovute alla presenza di fusti, tubi, serbatoi e cisterne interrate nonché di cavità naturali e/o artificiali.

6.1.

6.1. Indagine sismica Masw

6.1.1. xx

6.1.1. Descrizione attività

E' stata eseguita una indagine sismica con metodologia MASW attiva e passiva in corrispondenza dell'area di intervento per la determinazione del parametro $V_{s,eq}$ secondo la normativa vigente (OPCM, NTC 2018 e Eurocodice 8). Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) si basa sulla misura delle onde superficiali (prevalentemente di Rayleigh) in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo, tale indagine permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (onde S) in funzione della profondità, attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Le attività sono state svolte secondo i metodi che seguono:

- Attivo: i geofoni rilevano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva (massa battente) disposta a piano campagna e sono registrate da uno stendimento lineare composto dai ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica); le frequenze che interessano l'analisi sono generalmente comprese tra 5 e 70 Hz;
- Passivo: i geofoni rilevano il rumore naturale o di fondo; le frequenze che interessano l'analisi generalmente comprese tra 0 e 10 Hz.

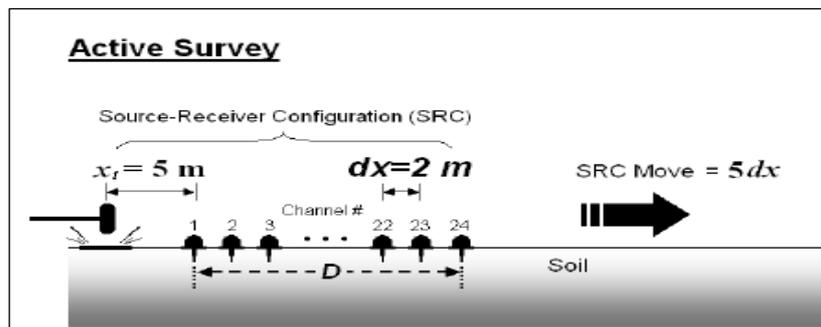


Abbildung 12:

Figura 12: Schema di acquisizione di un profilo MASW

La prospezione sismica MASW è stata eseguita utilizzando 12 geofoni verticali con frequenza naturale di 4,5 Hz fissati al terreno ad intervalli regolari di 3,0 metri ed una massa battente da 12 kg. I dati sono stati registrati mediante un sismografo Ambrogeo a 24 canali con filtri disinseriti e velocità di campionamento (sample rate) di 0,296 millisecondi.

I dati acquisiti sono stati esportati nei grafici di seguito esposti:

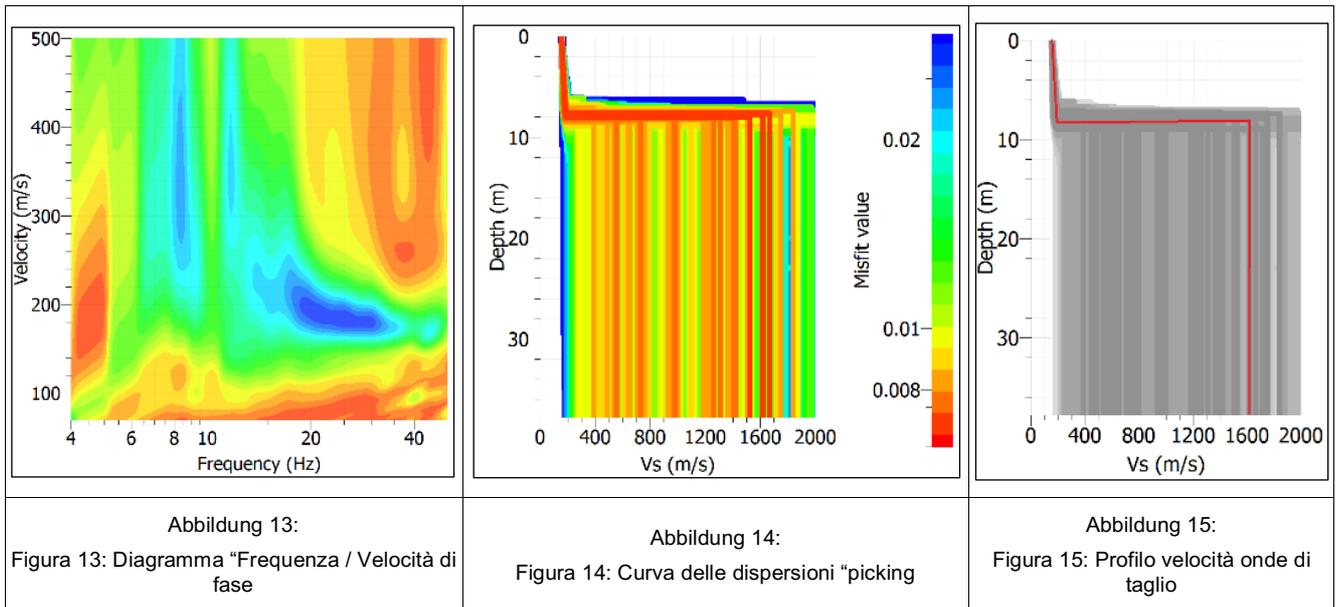
- Frequenza /Velocità di fase;
- Curva delle dispersioni;
- Profilo della velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

6.1.2. xx

6.1.2. Risultati dell'indagine MASW

L'elaborazione di dati acquisiti ha consentito la determinazione della V_{seq} in corrispondenza dell'area di indagine fino ad almeno i primi 30 m di sottosuolo dal piano campagna.

Nelle figure che seguono è esposto il grafico relativo al diagramma della velocità delle onde di taglio V_s in funzione della frequenza ed il diagramma del profilo delle velocità delle stesse onde in funzione della profondità, ottenuto per interpretazione dei dati al termine del calcolo di inversione delle curve di picking.



Il grafico del Profilo delle velocità ha permesso in ultimo la determinazione della velocità delle V_{seq} , ricavata dall'algoritmo indicato nel D.M. del 17.01.2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" risultante pari a **$V_{seq} = 426$ m/s**. Si nota che la velocità delle onde S presenta valori costanti fino a circa 8 m di profondità per poi subire un salto fino a ca. 1500 m/s in corrispondenza del bedrock sismico.

6.1.3.

6.1.3. Classificazione sismica del sottosuolo

Al fine della progettazione sismica il D.M. 17.01.2018 prevede la classificazione del profilo stratigrafico del sottosuolo nei primi 30 metri al di sotto del piano di posa delle fondazioni. Parametro fondamentale per la suddetta classificazione risulta la " $V_{s,eq}$ ", ossia la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri, che viene definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = H / (\sum_{i=1, N} h_i / V_{s,i})$$

con:

- h_i = spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N = numero di strati;
- H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II del D.M. 17.01.2018.

La $V_{s,eq}$ ricavata dall'indagine MASW eseguita risulta pari a:

$$V_{s,eq} = 426 \text{ m/s}$$

Il valore di $V_{s,eq}$ ottenuto permette di definire la Categoria di sottosuolo sito specifica; nel caso in oggetto l'area di studio è caratterizzata da terreni appartenenti alla **Categoria B**: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabelle 15:

Tabella 15: Categorie sismiche di sottosuolo da NTC 2018

6.2.

6.2. Tomografia sismica

6.2.1.

6.2.1. Descrizione attività

È stata eseguita una indagine sismica tomografica a rifrazione in onde P e SH mediante tre stendimenti simici orientati circa Nord-Sud in corrispondenza dell'area destinata alla costruzione del vallo barriera. Gli stendimenti denominati L1, L2 e L3 sono stati estesi fino alla lunghezza di circa 200 m ciascuno ed hanno consentito la ricostruzione sismostratigrafica del primo sottosuolo e l'individuazione di sismostrati fino a ca. 52 m di profondità dal piano campagna, nonché la verifica della presenza/assenza di eventuali anomalie nella propagazione delle onde sismiche.

Per l'indagine è stato utilizzato un sismografo Ambrogeo a 24 canali con le seguenti caratteristiche:

Number of channels	24
Sampler interval	0,296 msec
A/D Conversion	16 bit
Amplifiers	
Input impedance	1 KOhm
Gain	10 dB - 100 dB, step 1 dB
Saturation tension	+/- 2,3 V
Saturation level	100 dB
Distorsion	0,01%
Sampler	25 msec (191 points) 50 msec (383 points) 100 msec (756 points) 200 msec (1530 points) 400 msec (3060 points) 800 msec (6121 points)
Sampling	130 micro/sec
Record lenght	25-50 - 10 -20 -400-800 millisec
Filter low pass	from 50 to 950 Hz, step 1 Hz
Digital Filter (Fir) low pass	1000-900-800-700-600-500-400-300-200-100-50 Hz
Digital Filter (Fir) high pass	0-25-50-75- 100- 125- 150-175-200-225-250 Hz
Frequency response	7-950 Hz, filter at 950 Hz
Dynamic range	93 dB
Noise	0,66 uV rms, gain = 55 dB
Crosstalk	52 dB, gain = 55 dB
Power	12 V

Tabelle 16:

Tabella 16: Caratteristiche del sismografo Ambrogeo a 24 canali

Nella figura che segue è indicata l'ubicazione delle 3 basi sismiche L1, L2 ed L3.

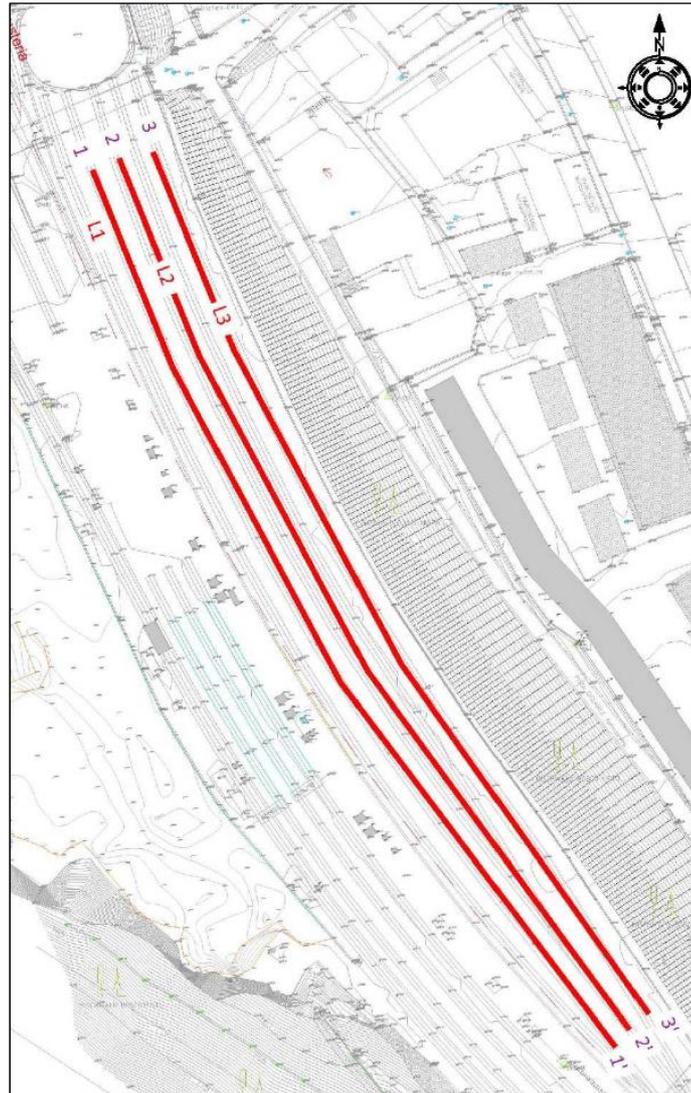


Abbildung 16:

Figura 16: Ubicazione basi sismiche L1, L2 e L3.

Nella tabella che segue è riepilogata la geometria di acquisizione della tomografia sismica

Basi sismiche	Sismica a rifrazione	Numero di geofoni	Tipo geofoni	Spaziatura intergeofonica	Numero di scoppi	Tipo energizzatore	Lunghezza utile profilo
Linea sismica L1	Per onde SH	12	Orizzontali 40 Hz	12.5 m	7	Trave acciaio + hammer blow 15 kg	195
Linea sismica L2	Per onde P	12	Verticali 14 Hz	12.5 m	7	Massa battente 15 kg, piastra duralluminio	195
Linea sismica L3	Per onde P	12	Verticali 14 Hz	12.5 m	7	Massa battente 15 kg, piastra duralluminio	195

Tabella 17:

Tabella 17: Geometria di acquisizione tomografia sismica

L'elaborazione è stata condotta con il metodo tomografico ed ha permesso di ottenere sezioni sismiche ad alta risoluzione che ha consentito una caratterizzazione dell'ammasso. La profondità d'indagine è funzione della lung-

hezza dello stendimento e di quella dei «tiri» di registrazione degli impulsi sismici (circa 1/4-1/5 dell'array) nonché della velocità del materiale. Inoltre l'applicazione di procedure S.I.R.T. (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique) forniscono i valori di velocità sismica per partizioni unitarie. I dati ottenuti sono elaborati mediante la definizione della scala, sezione, frequenza delle linee di countouring e campiture di colore per produrre il plot finale della sezione con la distribuzione areale del parametro considerato e delle velocità sismiche. Note le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione ed i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, sono calcolate le dromocrone (curve tempi-distanze) per definire le velocità reali nei singoli strati, lo spessore, la profondità, la forma e l'inclinazione.

In Tavola 5 dell'Allegato A sono esposti i dati acquisiti e la relativa interpretazione e sono riportate le ubicazioni, le dromocrone sperimentali e la sezione con il raypath (percorso del raytracing curvilineo), assieme ai tra loro sismogrammi concatenati.

6.2.2.

6.2.2. Risultati della tomografia sismica

Nelle figure e nelle tabelle che seguono sono riassunti i risultati dell'interpretazione delle sezioni sismiche L1 (in onde SH), L2 e L3 (in onde P) acquisite. La categorie di terreno esaminate sono state mediamente associate ai seguenti valori di velocità delle onde sismiche rilevate alle diverse profondità misurate dal piano di campagna; inoltre è stata indicata la percentuale di confidenza dei dati acquisiti. Per ciascun profilo è inoltre associato il modello sismostratigrafico corrispondente.

I dati delle tomografie sismiche a rifrazione in onde P ed SH consentono di definire il modello sismostratigrafico del sottosuolo fino alla profondità di 52 m dal piano di campagna e identificare 4 categorie di suolo sismico associate alla diversa velocità delle onde sismiche. In particolare è stata confermata ed individuata la distribuzione verticale ed areale dei materiali di riporto superficiali a matrice carboniosa ed il loro confinamento verticale entro i primi 15 m di profondità.

Inferiormente ai materiali di riporto è stata confermata la presenza di terreni prevalentemente detricici e la sottostante presenza, da ca. 28 m di profondità, del substrato roccioso da alterato ad integro con generale inclinazione verso sud.

Sezione sismica L1 in onde SH				
Sismostrato	Lithologie / Litologia	Velocità media onde SH	Prof. min –	% di confidenza dei
1	Terreni detritici di riporto frammisti a	310 m/s	0- 12	90%
2	Copertura detritica di riporto	500 m/s	5 - 25	90%
3	Roccia in posto alterata/ fratturata	880 m/s	23 - 52	90%
4	Substrato roccioso (bedrock sismico)	1.500 m/s	> 52	90%

Tabelle 18:

Tabella 18: Risultati analitici sezione sismica L1

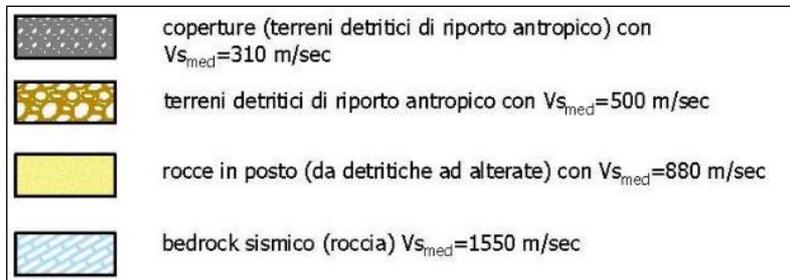
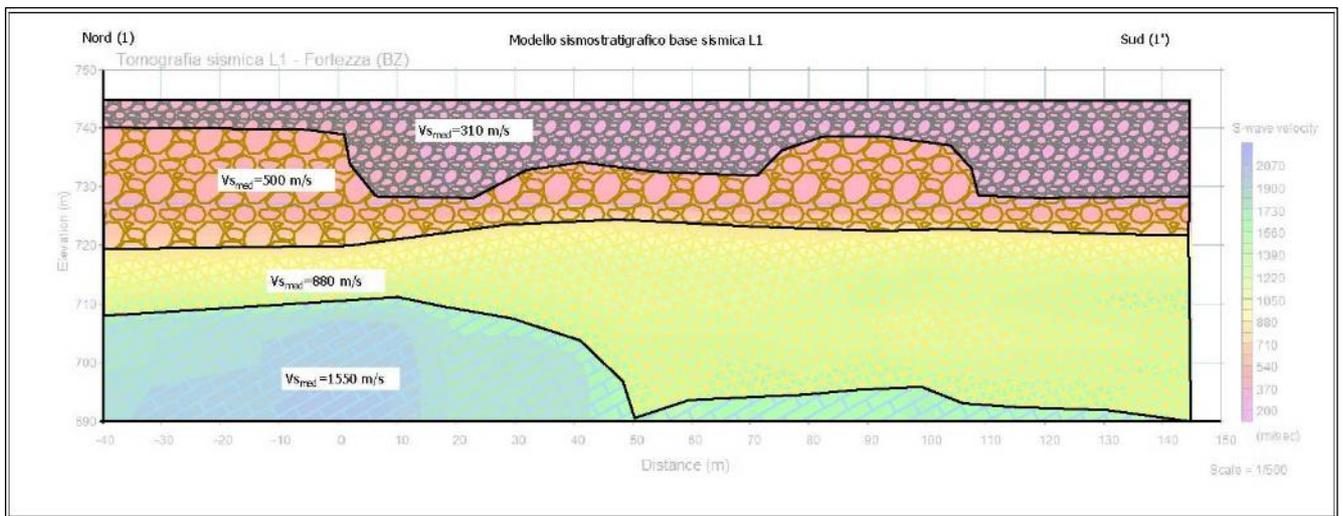


Abbildung 17:

Figura 17: Legenda modello sismostratigrafico L1.

Sezione sismica L2 in onde P				
Sismostrato	Lithologie / Litologia	Velocità media onde P	Prof. min – max da p.c.	% di confidenza dei dati
1	Terreni detritici di riporto	480 m/s	0- 12	90%
2	Copertura detritica di ri-	1025 m/s	9 - 25	90%
3	Roccia in posto alterata/ fratturata	1950 m/s	25 - 50	90%
4	Substrato roccioso	2.750 m/s	> 30	90%

Tabelle 19:

Tabella 19: Risultati analitici sezioni sismiche L2

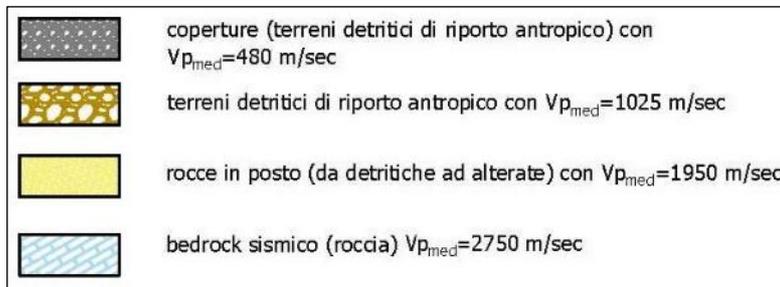
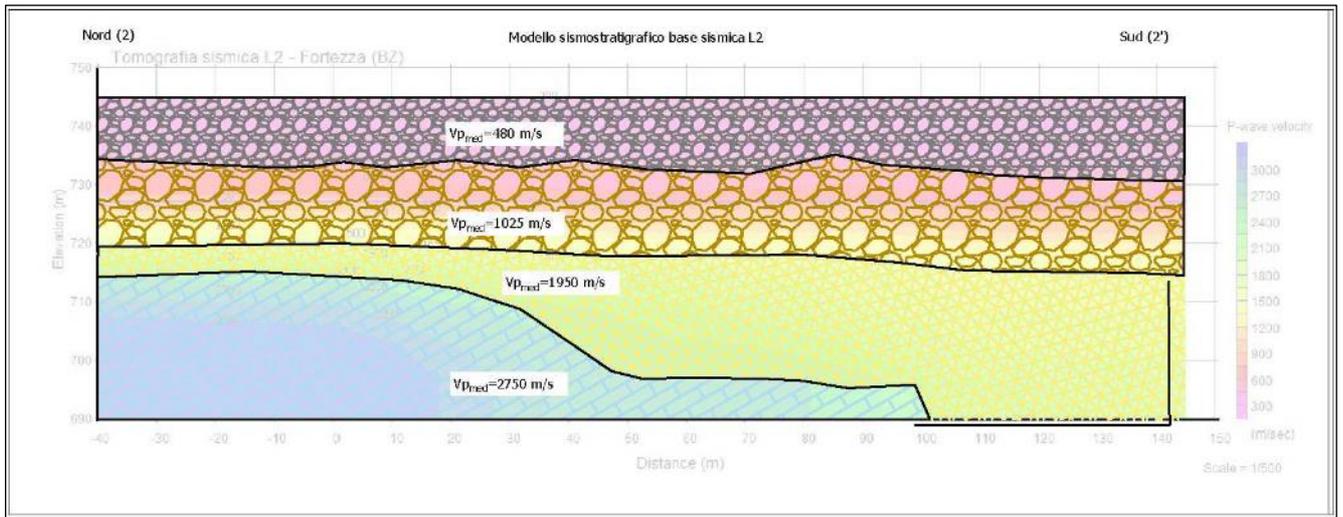


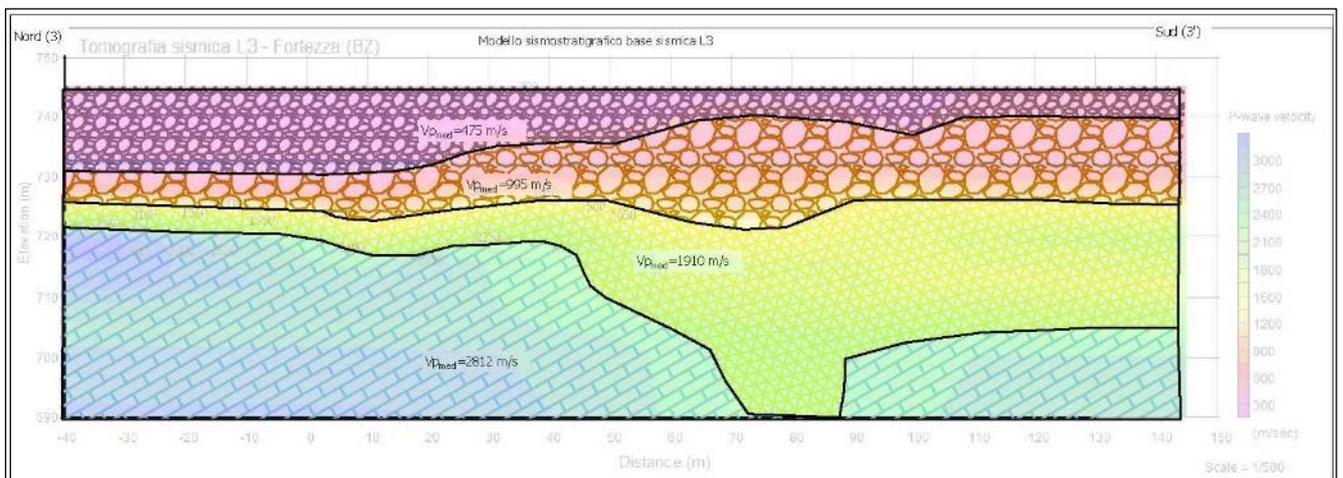
Abbildung 18:

Figura 18: Legenda modello sismostratigrafico L2.

Sezione sismica L3 (in onde P)				
Sismostrato	Litologia	Velocità media onde P	Prof. min – max da p.c.	% di confidenza dei dati
1	Terreni detritici di riporto	480 m/s	0- 13	90%
2	Copertura detritica di ri-	1025 m/s	5 - 23	90%
3	Roccia in posto alterata/	1950 m/s	20 - 45	90%
4	Substrato roccioso	2.750 m/s	> 25	90%

Tabelle 20:

Tabella 20: Risultati analitici sezioni sismiche L3



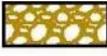
	coperture (terreni detritici di riporto antropico) con $V_{p_{med}}=480$ m/sec
	terreni detritici di riporto antropico con $V_{p_{med}}=1025$ m/sec
	rocce in posto (da detritiche ad alterate) con $V_{p_{med}}=1950$ m/sec
	bedrock sismico (roccia) $V_{p_{med}}=2750$ m/sec

Abbildung 19:

Figura 19: Legenda modello sismostratigrafico L3.

Nella tabella che segue sono riepilogati per ciascun sismostrato, i valori dei parametri elastico-dinamici dei sismostrati dealiniati.

In particolare per i terreni di fondazione al rilevato strutturale (vallo), corrispondenti al „sismostrato 1“ rinvenuto fino a 12 m di profondità dal p.c. in corrispondenza dei materiali di riporto a matrice carboniosa e scorie vetrificate, la correlazione empirica tra i parametri elastico-dinamici e quelli meccanici ha permesso la stima „in grande“ della:

- densità geofisica (compresa tra 1,55 e 1,69 Mg/m³);
- capacità portante ultima di Winkler (compresa tra 303 e 533 KN/m²);
- carico ammissibile ipotizzando con coefficiente di sicurezza $F_s > 3$ (compreso tra 87 e 150 KN/m²);
- angolo di attrito interno φ compreso tra 33° e 40°.

I risultati, a supporto di quelli ottenuti dalle prove di laboratorio eseguite su campioni puntuali di terreno di riporto, hanno permesso di definire il modello geologico e sismico di progetto, come indicato al capitolo 6.

	sismostrato1		sismostrato2		sismostrato3		sismostrato4	
	min	max	min	max	min	max	min	max
Vp (da rifraz) (m/s)	350	550	560	1030	1035	1950	1975	3100
Vs (da MASW_rifra_Re.MI...) (m/s)	190	300	310	650	650	1200	1230	1900
Profondità bottom (m)	7	12	11	22	18	45	25	55
Coefficiente di Poisson (ν) <i>adim.</i>	0,29	0,29	0,28	0,17	0,17	0,20	0,18	0,20
Modulo compressibilità volumetrica E_v o K_{dm} (Bulk) kN/cm^2	1281	3266	3442	9721	10332	39351	19205	48911
Modulo di contrasto (rigidità a compressione) o incompressibilità edometrica E_{ed} kN/cm^2	2110	5413	5820	20727	21792	79485	39774	97991
Modulo di deformabilità o di Young E_{dm} kN/cm^2	1605	4150	4562	19300	20187	71956	36506	88284
Modulo di deformazione al Taglio G_{max} (Rigidità al taglio) kN/cm^2	622	1611	1783	8254	8595	30101	15427	36810
Densità geofisica δ_m ton/m^3	1,55	1,69	1,70	1,91	1,91	2,15	2,16	2,35
Indice disomogeneità a <i>adim</i>	1,8	1,8	1,8	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Indice di Qualità Iq <i>adim</i>	5,4	8,5	8,6	15,8	15,9	30,0	30,4	47,7
Modulo elasticità statico E_{stat} MPa	4	20	23	216	231	1679	583	2310
Impedenza sismica I_s $kN/m^2 \cdot sec = ton/m^2 \cdot sec$	321	527	564	1245	1297	2460	1230	1900
Rapporto d'impedenza Zi (Z_2/Z_1) impedenza destinaz_imped. provenienza)	1,76	2,37	2,30	1,98	0,95	0,77	-	-
Coefficiente di riflessione (da impedenza) R	0,27	0,41	0,39	0,33	-0,03	-0,13	-1	-1
Coefficiente di trasmissione (da impedenza) T	0,73	0,59	0,61	0,67	1,03	1,13	2	2
<i>Parametri ingegneristici</i>								
Capacità portante ultima di Winkler (kPa)	303	537	559	1411	-	-	-	-
Carico ammissibile (kN/m^2)	87	154	160	404	-	-	-	-
Coeff. Di Winkler (kw cost. Sottofondo) (kg/cm^3)	15	20	30	45	-	-	-	-
<i>Parametri della storia tensionale</i>								
σ_v (da penetrometrie) (kPa)	-	-	-	-	-	-	-	-
Pressione di preconsolidazione Kpa	-	-	-	-	-	-	-	-
stima grado sovraconsolidazione OCR	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Parametri della risposta sismica locale</i>								
Vs_{eq} (da MASW) m/sec	426							
Fattore amplificazione litologica Fa_{max}	1,55							
Risonanza di sito (frequenza e periodo)	F=4,41 (T=0,23)							
<i>Parametri geotecnici</i>								
Resistenza al taglio (Φ' °)	33,5	40,1	-	-	-	-	-	-
Coesione non drenata (Cu) kPa								
per argille debolm. Consol.	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 21:

Tabella 21: Parametri elastico-dinamici dell'indagine sismica

6.3.

6.3. Tomografia elettromagnetica

6.3.1.

6.3.1. Descrizione attività

E' stata eseguita una indagine tomografica di tipo elettromagnetica ultradeep con metodo Transceiver monopulse di alta potenza "Loza 2N" a penetrazione profonda, mediante la restituzione di 6 profili elettromagnetici orientati ca. Nord-Sud denominati Lz1, Lz2 Lz3, Lz4, Lz5 e Lz6 della lunghezza massima di 220 m per la verifica dello spessore del corpo rifiuti e l'analisi nel campo della retro-

deformazione. In Tavola 6 dell'Allegato A è indicata l'ubicazione dei profili tomografici con le relative sezioni dove sono indicati i livelli litologici riscontrati.

Per garantire il rilevamento di profondità è stato utilizzato un trasmettitore compatto, con potenza dell'impulso da 20 MW con principali elementi radianti costituiti da antenne dipoli a carico resistivo in cui una parte dell'energia dell'impulso è assorbita lungo le sue resistenze ed armature. Appositamente selezionati, i valori di resistenza forniscono lo smorzamento delle oscillazioni parassite dell'impulso. Questo garantisce l'assenza di un segnale ricevuto tipo "squillo o ringing" che è sempre presente nel tipo più comune di antenna "butterfly". In sito sono state usate due antenne:

- Antenna con una frequenza centrale di 15 MHz (lunghezza totale di 20 m) con 20 MW Tx;
- Antenna con una frequenza centrale di 25 MHz (lunghezza totale di 12 m) con 20 MW Tx.

Nella planimetria che segue è indicata l'ubicazione di ciascuna delle sei basi tomografiche da Lz01 a Lz06 ed in legenda l'interpretazione delle sezioni tomografiche ottenute dall'interpretazione delle tomografiche elettromagnetiche.

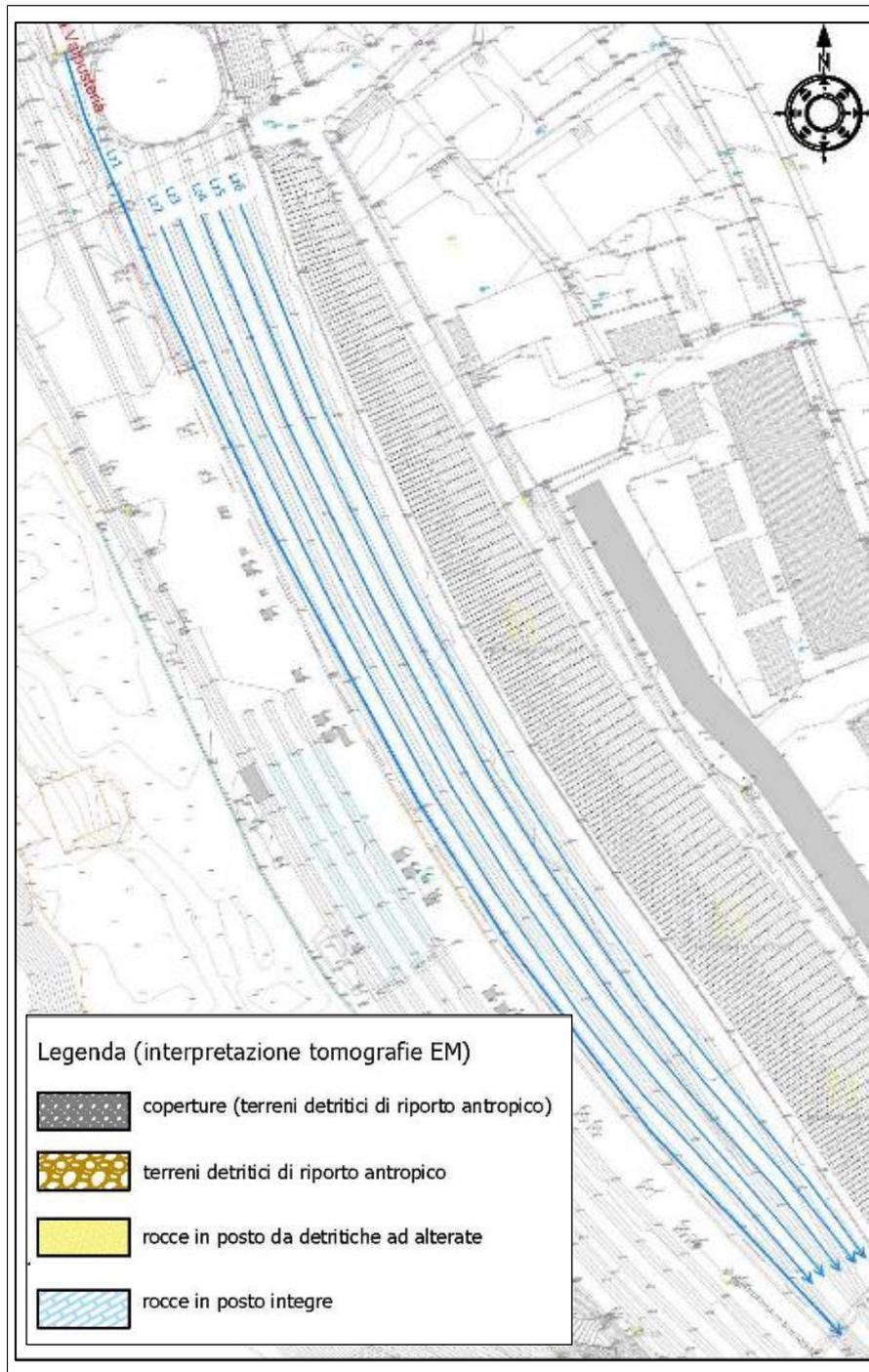


Abbildung 20:

Figura 20: Ubicazione profili elettromagnetici Lz1, Lz2 Lz3, Lz4, Lz5 e Lz6 con Legenda sezioni

6.3.2.

6.3.2. Risultati della tomografia elettromagnetica

Nelle figure che seguono per ciascuna base sono riassunti i risultati dell'interpretazione tomografica di tipo elettromagnetico acquisita mediante i profili Lz1, Lz2 Lz3, Lz4, Lz5 e Lz6. In ciascun profilo sono marcati i livelli litologici rinvenuti nel sito investigato che hanno confermato le informazioni

acquisite dalla tomografia sismica e permesso la definizione ad alta risoluzione dell'andamento nello spazio dello spessore dei materiali di riporto ed in particolare di quelli più superficiali a matrice carboniosa che presentano un approfondimento nella parte centrale dell'area così come rinvenuto dai sondaggi geognostici.

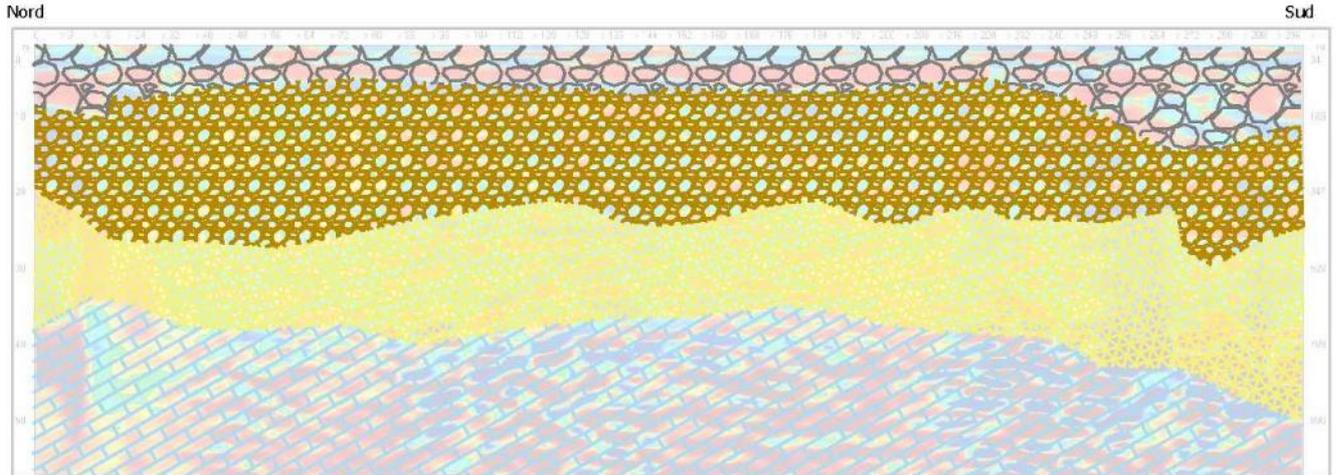


Abbildung 21:

Figura 21: Tomografia elettrica LZ1.

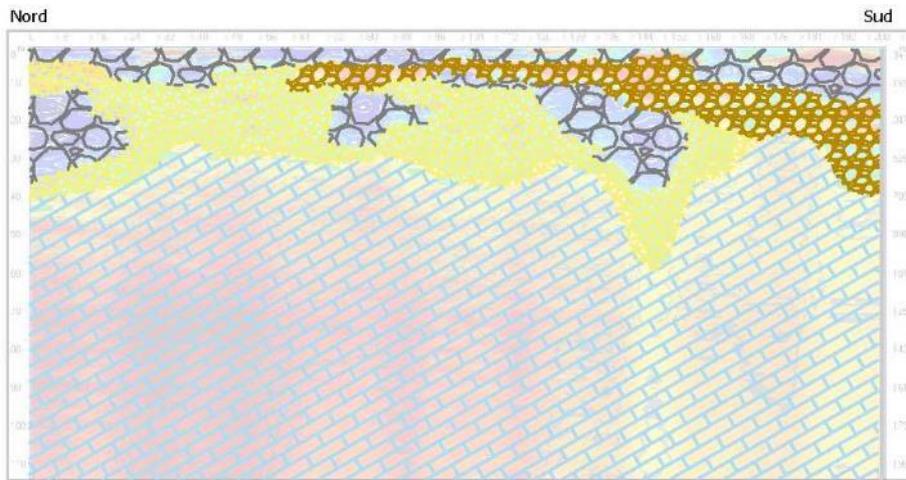


Abbildung 22:

Figura 22: Tomografia elettrica LZ2

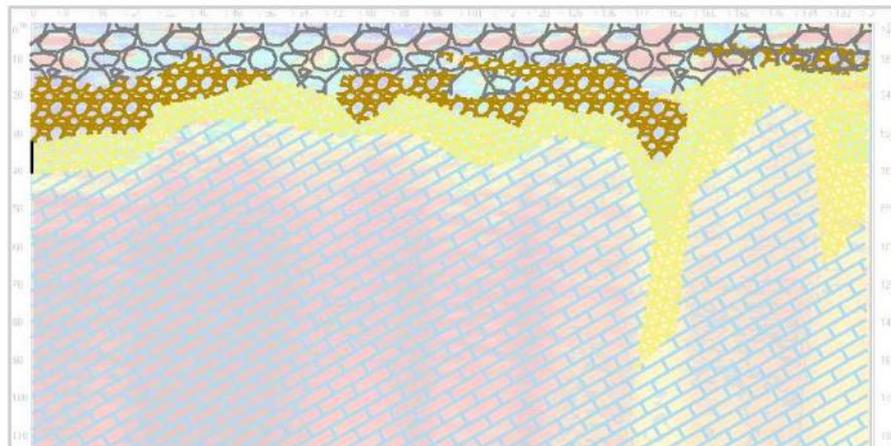


Abbildung 23:

Figura 23: Tomografia elettrica LZ3

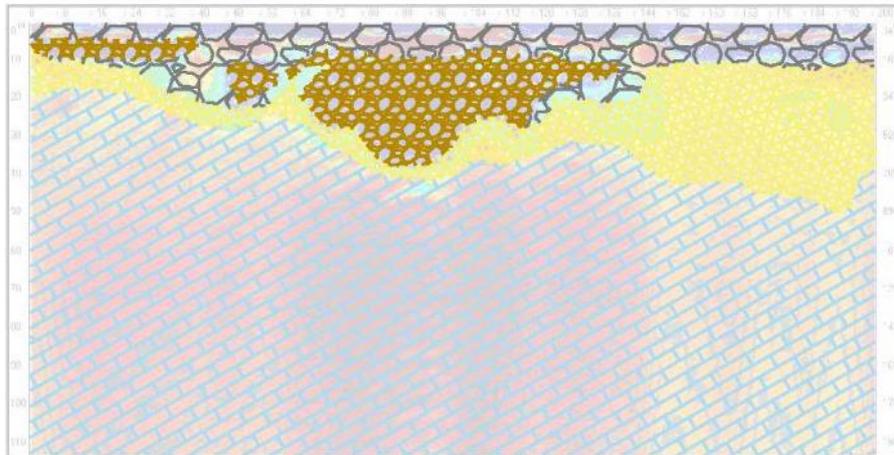


Abbildung 24:

Figura 24: Tomografia elettrica LZ4

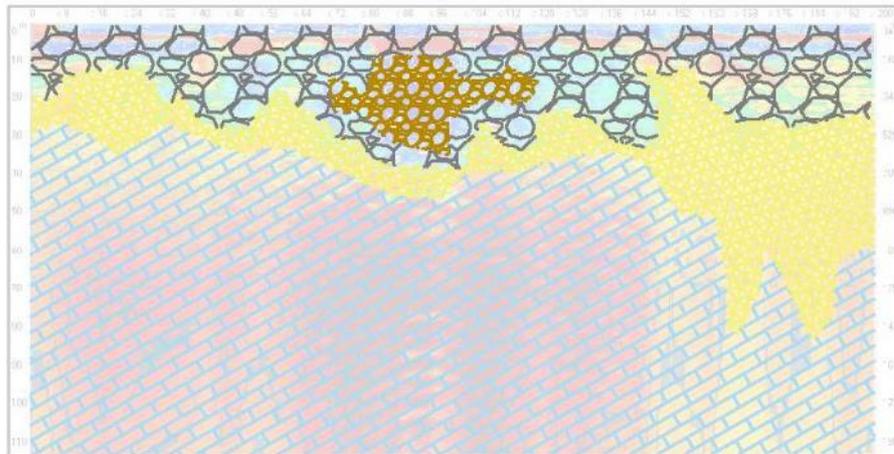


Abbildung 25:

Figura 25: Tomografia elettrica LZ5.

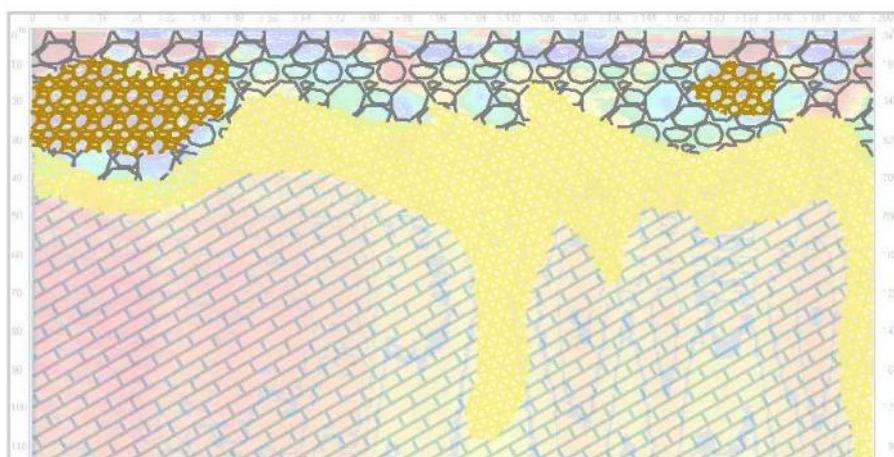


Abbildung 26:

Figura 26: Tomografia elettrica LZ6

6.4.

6.4. Indagine con elettromagnetometro Profiler

6.4.1.

6.4.1. Descrizione attività

In corrispondenza dell'area che ospiterà il vallo barriera è stata eseguita inoltre una indagine elettromagnetica con un "Profiler" GSSI, per la verifica della presenza/assenza di eventuali masse metalliche interrate nei primi 8 m di profondità. Lo strumento consente di rilevare segnali (campi) artificiali prodotti dal conduttivimetro e diretti nel terreno sollecitano una risposta attraverso un segnale radio diverso a seconda del materiale attraversato. La quantità con cui il segnale ritorna (conduttività elettrica) consente di discriminare la presenza nel primo sottosuolo di eventuali anomalie (fusti e/o rifiuti interrati) con conduttività specifica diversa dai terreni, rocce, sabbie o limi. Lo strumento utilizzato è il Profiler EMP-400 (ground conductivity meter) un sensore di induzione elettromagnetica digitale, portatile a multifrequenza. Lo strumento è in grado di acquisire simultaneamente dati relativi a tre frequenze con larghezza di banda compresa tra 1 KHz e 16 KHz con steps da 1 KHz, è inoltre equipaggiato con una stazione GPS integrata che consente di posizionare i dati acquisiti con precisione fino a 0,5 metri.

Prima del rilievo è stata eseguita la pre-acquisizione dei dati per la taratura dello strumento e sono state ritenute adeguate le seguenti frequenze di indagine:

- 14.000 Hz per esaminare il livello superiore;
- 9.000 Hz per esaminare il livello medio;
- 3.000 Hz per esaminare il livello inferiore.

Sono state eseguite due serie di misurazioni in continuo come segue:

- con cadenza di 1 registrazione ogni 2 secondi, risposta slow, precision high e massima penetrazione (depth range entro 6 m in relazione alla distanza tra i due dipoli magnetici) e massimo rapporto risoluzione/sensibilità a partire da -1 m dalla superficie;
- con cadenza di 1 registrazione ogni 2 secondi, risposta fast, precision high e low penetration (depth range entro 3 m in relazione alla distanza tra i due dipoli magnetici) e massimo rapporto risoluzione/sensibilità a partire dalla superficie.

6.4.2.

6.4.2. Risultati dell'indagine con elettromagnetometro Profiler

In Tavola 8 dell'Allegato A sono esposti i risultati acquisiti nella campagna di indagine con elettromagnetometro Profiler. I risultati sono inoltre riassunti nella figura che segue.

L'indagine ha rilevato la presenza nei primi 8 m di profondità di 10 anomalie elettromagnetiche puntuali, dovute alla presenza nel primo sottosuolo di corpi metallici di dimensioni ridotte di probabile origine ferroviaria come chiodi e bulloni escludendo la presenza di masse metalliche interrate di volume più significativo: fusti o cisterne.

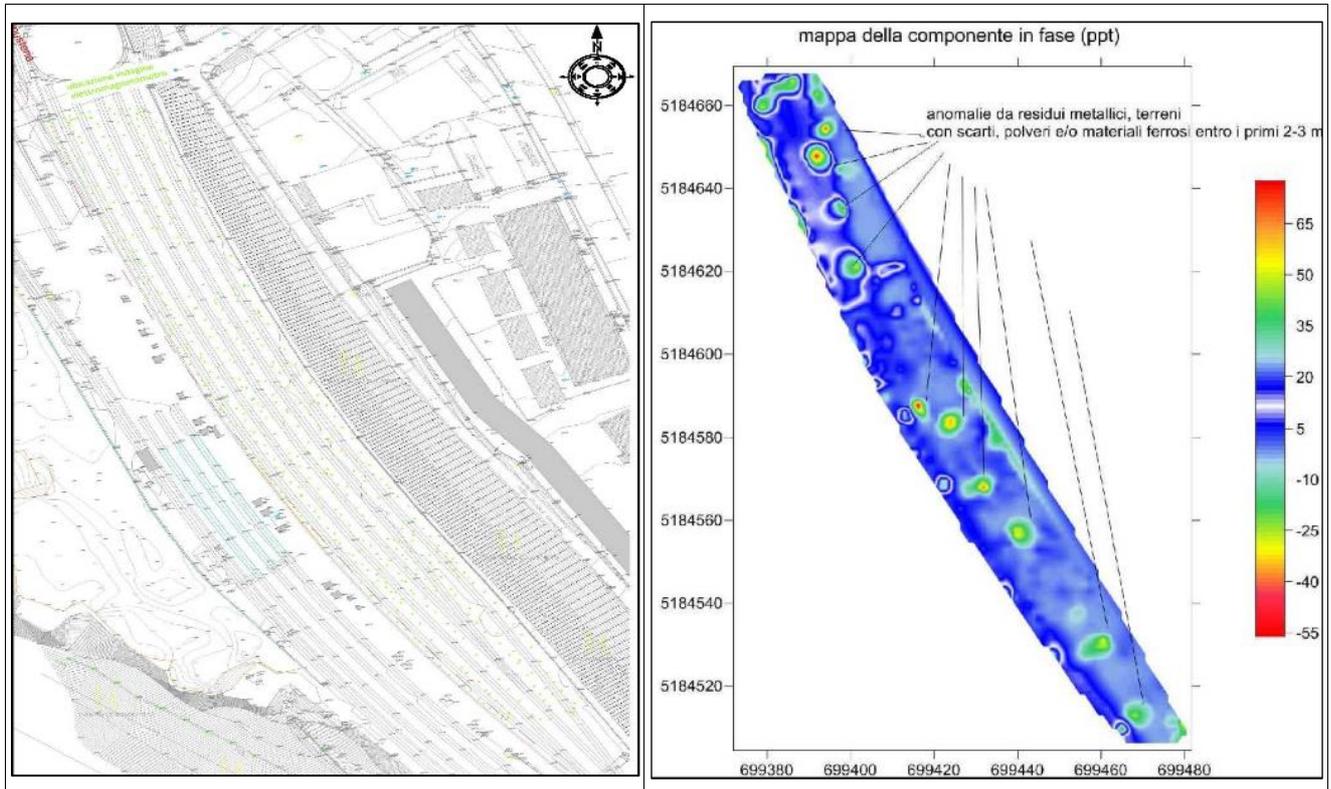


Abbildung 27:

Figura 27: Ubicazione anomalie indagine elettromagnetica con Profiler.

6.5.

6.5. Indagine Georadar GPR

6.5.1.

6.5.1. Descrizione attività

In corrispondenza dell'area che ospiterà il vallo barriera è stata eseguita una indagine con Georedr GPR ad impulsi. La metodologia GPR, attraverso l'utilizzo di onde elettromagnetiche, consente la definizione delle caratteristiche interne al mezzo indagato. In particolare è possibile identificare interfacce tra livelli con differente resistività e costante dielettrica. Tali parametri sono correlabili a fattori fisici quali il grado di compattazione, la posizione e le caratteristiche di eventuali manufatti sepolti, la presenza di zone umide o di zone non cementate.

Gli strumenti attualmente prodotti sono del tipo ad impulsi (monostratici e bistaci a bassa potenza di trasmissione) con antenne UWB, ad impulsi con hyperstacking (somma di tracce dell'ordine di migliaia al secondo per migliorare la

penetrazione e risoluzione in profondità), a step di frequenza (FMCW), Music, Monopulse ad alta potenza di trasmissione ed a penetrazione profonda. Un impulso elettromagnetico della durata di pochi nanosecondi, inviato nel mezzo tramite un'antenna trasmittente, è in parte riflesso dalle interfacce tra livelli in contrasto elettromagnetico ed in parte trasmesso nei livelli sottostanti. I segnali riflessi sono captati in superficie tramite un'antenna ricevente; quest'ultima può essere la stessa utilizzata per la trasmissione (configurazione monostatica) o separata da questa di una certa distanza (configurazione bistatica).

La configurazione dello strumento, e la scelta della frequenza dell'antenna, dipendono dalla profondità massima di indagine e livello di dettaglio richiesto: a bassa frequenza corrisponde una elevata penetrazione del segnale in profondità con minor dettaglio delle anomalie riscontrabili (risoluzione bassa), ad alta frequenza corrisponde maggior risoluzione e minor penetrazione del segnale. La generazione e la ricezione dei segnali a radiofrequenza è operata da una o più antenne che scorrono sul materiale da indagare. I dati acquisiti sono memorizzati e rappresentati su una unità di controllo che genera anche gli impulsi necessari al funzionamento delle antenne. Mediante questa tecnica di indagine gli oggetti presenti sotto le superfici rilevate sono evidenziati attraverso immagini radar (radargrammi). I profili, generalmente acquisiti con reticoli ortogonali a distanze variabili, consentono la ricostruzione dell'andamento dei livelli dotati di differenti caratteristiche elettromagnetiche tramite sezioni verticali radar-stratigrafiche. La riflessione dell'onda radar emessa avviene a causa delle differenti caratteristiche "elettriche" dei materiali attraversati che assorbono diversamente le onde elettromagnetiche. In generale un mezzo omogeneo è definito, da un punto di vista elettrico da due parametri che consentono di risalire al comportamento del mezzo nei confronti della propagazione delle onde elettromagnetiche:

- costante dielettrica relativa (ϵ_r)
- conduttività (σ)

Un trasmettitore (TX) genera un segnale di tipo impulsivo con una determinata frequenza di ripetizione. La successione di questi impulsi genera un segnale di durata dell'ordine dei nanosecondi irradiato nel mezzo da un'antenna a larga banda. La forma dell'impulso trasmesso è opportunamente calibrata in modo da ottenere una distribuzione spettrale di tipo gaussiano dove il valore centrale rappresenta la frequenza caratteristica, (o frequenza centrale) dell'antenna, che corrisponde alla frequenza dominante dell'impulso. La frequenza centrale dell'antenna de-

termina le caratteristiche di risoluzione e di massima profondità di esplorazione. Il segnale elettromagnetico ricavato è caratterizzato da una serie di picchi. La loro ampiezza dipende principalmente da tre fattori:

- natura del riflettore;
- natura del mezzo tra riflettore ed antenna;
- curva di amplificazione applicata.

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sistema radar Zond12 costituito da:

- acquirente-calcolatore dati;
- unità di controllo antenne pluricanale (time range: 1-2000 nsec 1 nsec step transmit rate 115 khz; scan rate 360 scan/sec; campioni per scan 1024 a 16 bit; input power 10,5 ÷ 13 Volt DC 0,4 A);
- GPS connesso al laptop;
- antenne separate in configurazione bistatica, trasmettente e ricevente, 500 Mhz.

L'unità di controllo genera il segnale inviato alla sezione trasmittente ed elabora il segnale ricevuto dalla sezione ricevente dell'antenna. All'unità centrale sono collegate, tramite un cavo multipolare, le antenne che trasmettono i segnali elettromagnetici all'interno della struttura da indagare e di ricevere le riflessioni dovute alle interfacce elettromagnetiche presenti alle diverse profondità di indagine.

Preliminarmente all'indagine è controllata la qualità e continuità degli eventi riflessi in modo da discriminare le riflessioni causate da anomalie locali, dal "rumore di fondo" causato essenzialmente da variazioni geolitologiche del sottosuolo. Successivamente è stato verificato lo stato di penetrazione ed assorbimento del segnale su un punto al fine di definire le antenne da utilizzare e settarne i parametri.

Per il sito oggetto di indagine sono state eseguite 9 scansioni parallele ad andamento longitudinale e 24 scansioni parallele ad andamento perpendicolare all'asse del manufatto in progetto. L'ubicazioni delle scansioni GPR ed i relativi radargrammi sono esposti nelle figure che seguono. La profondità di indagine è stata spinta fino a 7 m con buono stato di penetrazione del segnale elettromagnetico.

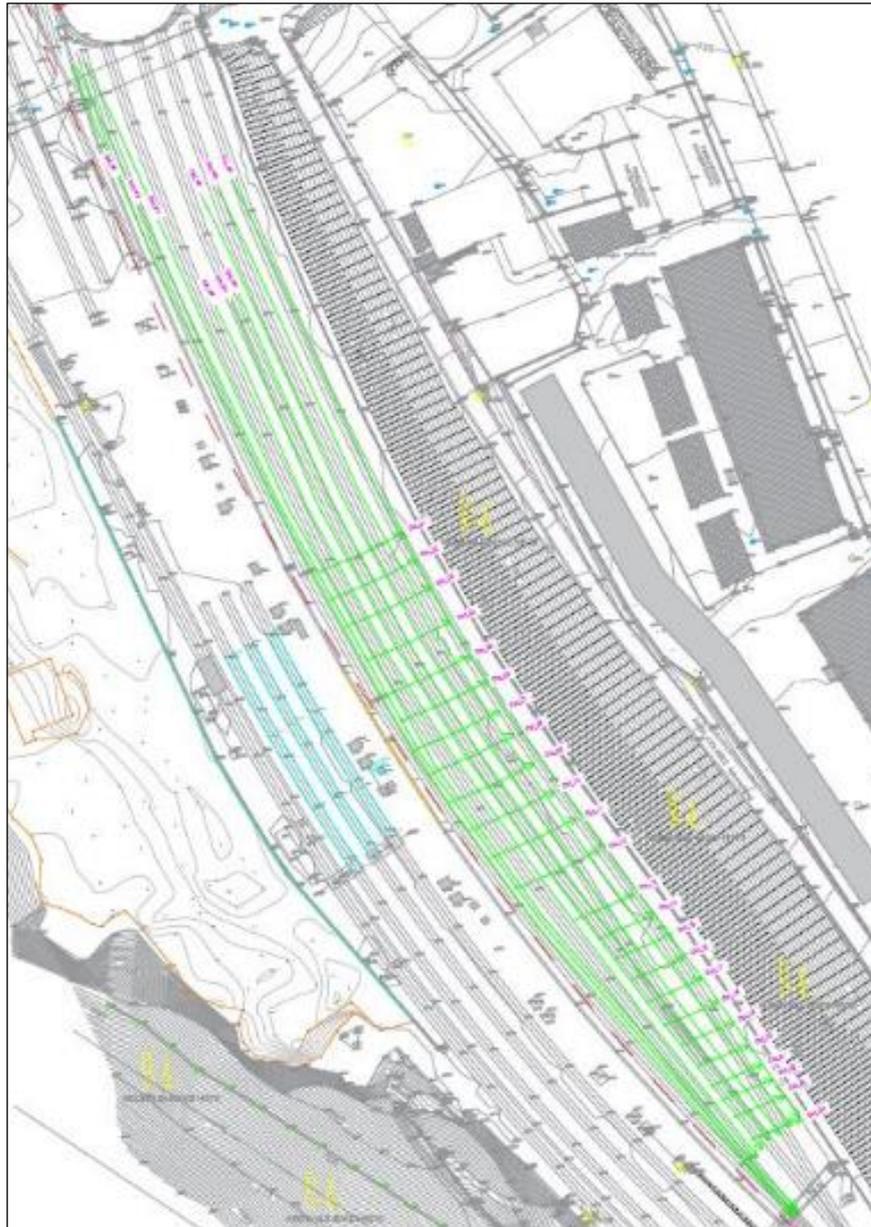


Abbildung 28:

Figura 28: Scansioni GPR indagine georadar

6.5.2.

6.5.2. Risultati dell'indagine GPR

I dati acquisiti in campo consentono un'accurata analisi delle variazioni di fase e di intensità dei segnali riflessi che sono stati riassunti nei 9 radargrammi longitudinali e nei 24 radargrammi trasversali per complessivi 33 radargrammi, esposti nelle figure che seguono in cui in colore rosso sono marcate le principali anomalie rinvenute. Tutti i radargrammi intercettano lo strato di materiale di riporto antropico superficiale presente.

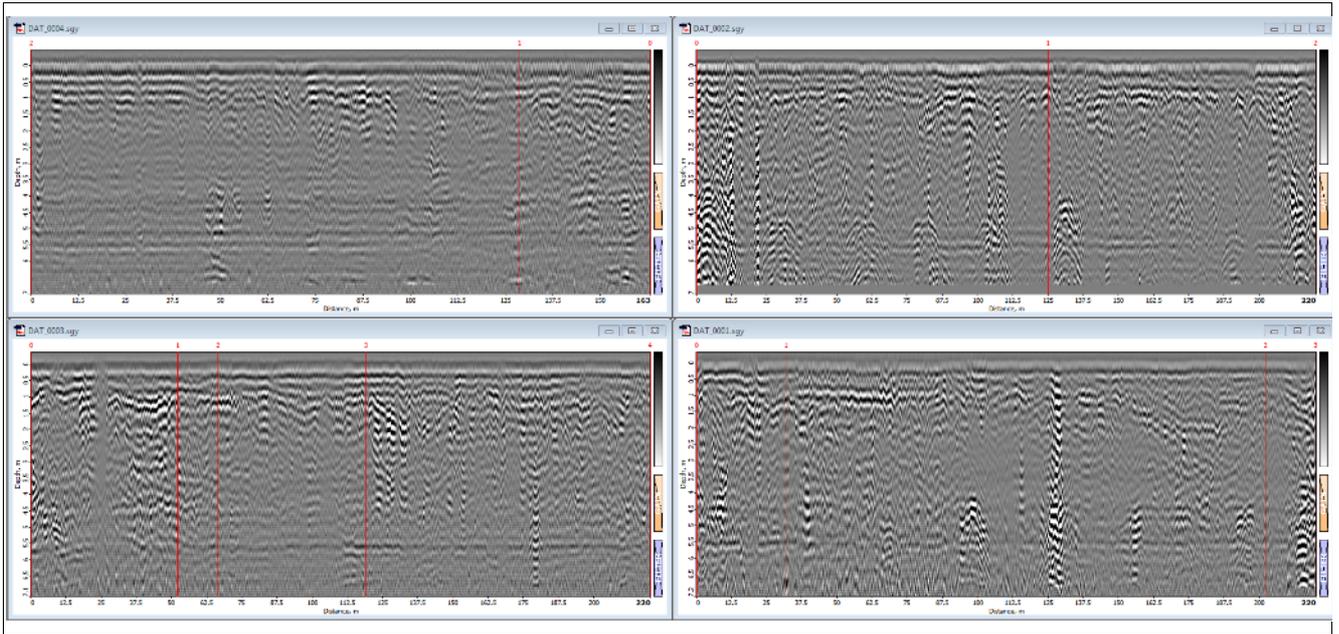


Abbildung 29:

Figura 29: Radargrammi longitudinali da 1 a 4 indagine GPR

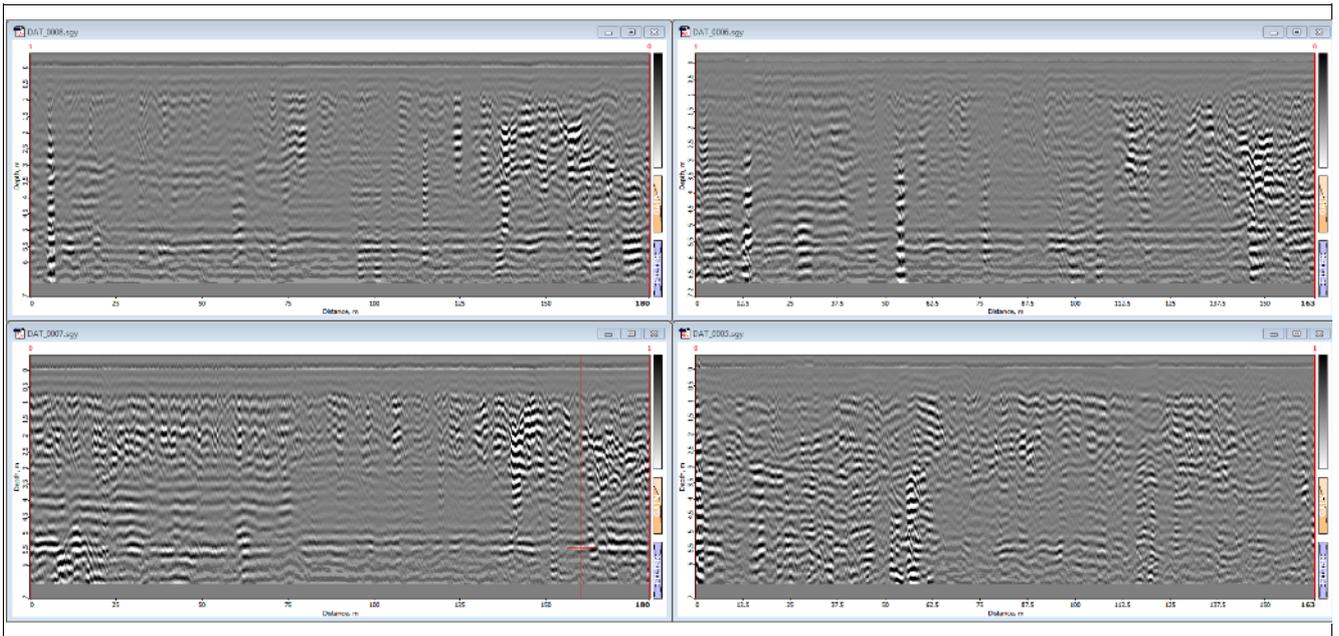


Abbildung 30:

Figura 30: Radargrammi longitudinali da 5 a 8 indagine GPR

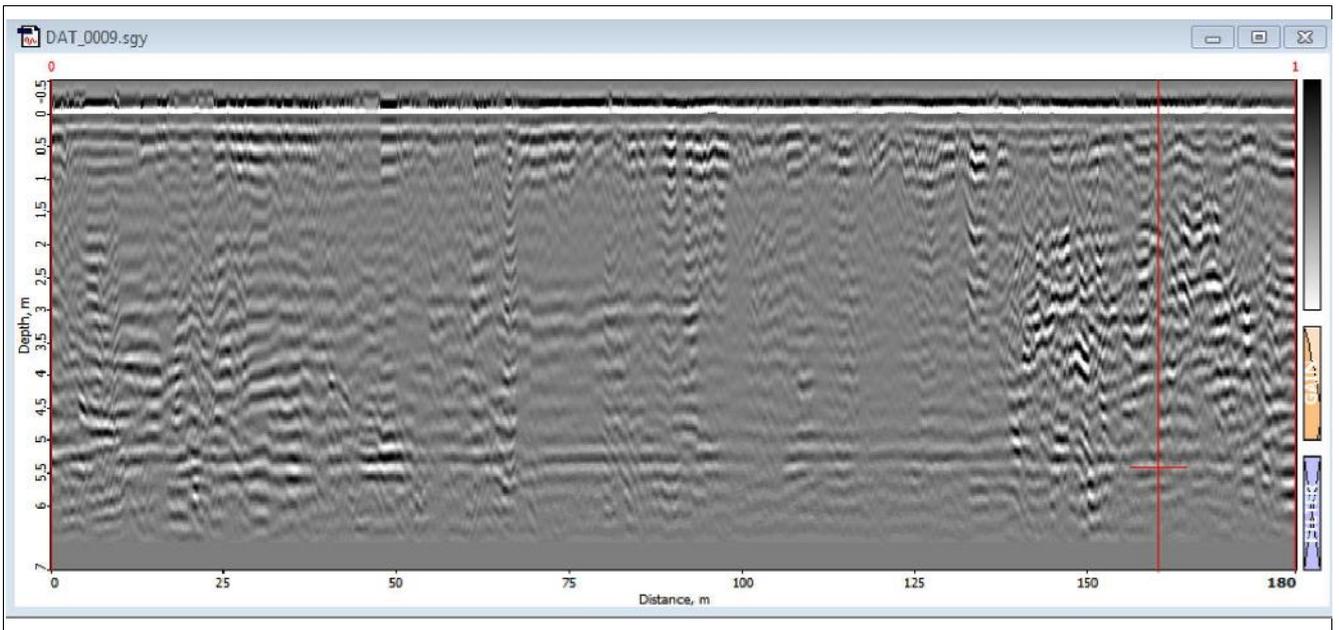


Abbildung 31:

Figura 31: Radargramma longitudinale 9 indagine GPR

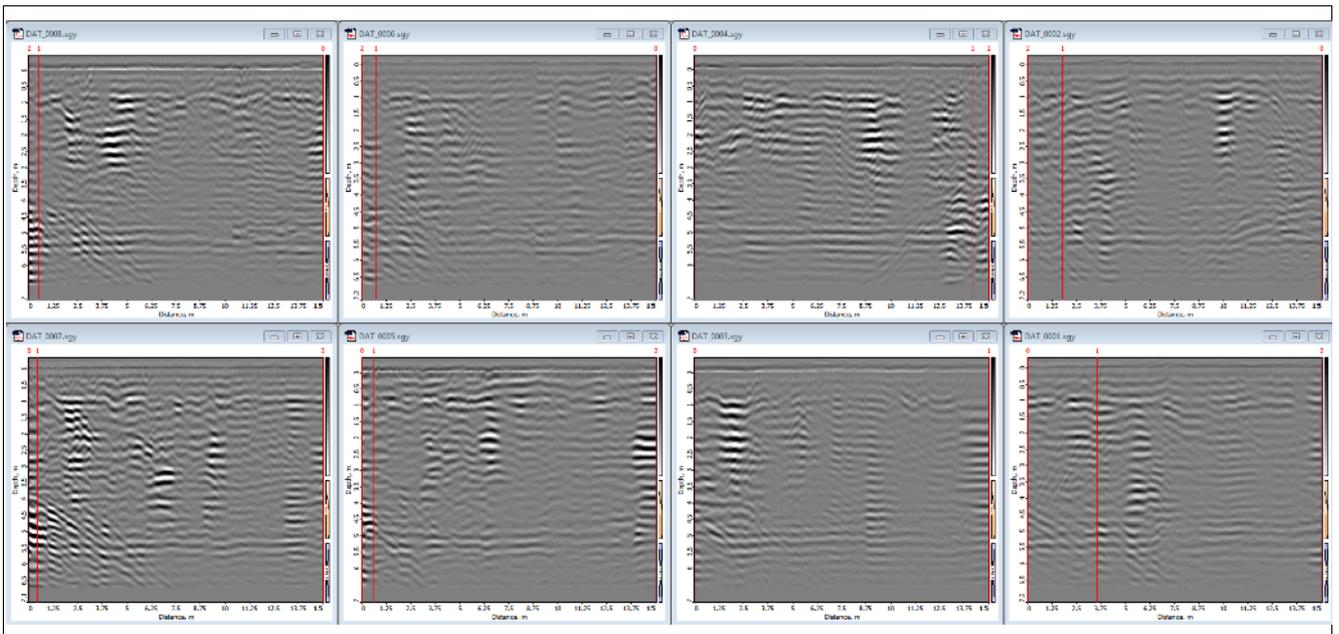


Abbildung 32:

Figura 32: Radargrammi trasversali da 1 a 8 indagine GPR

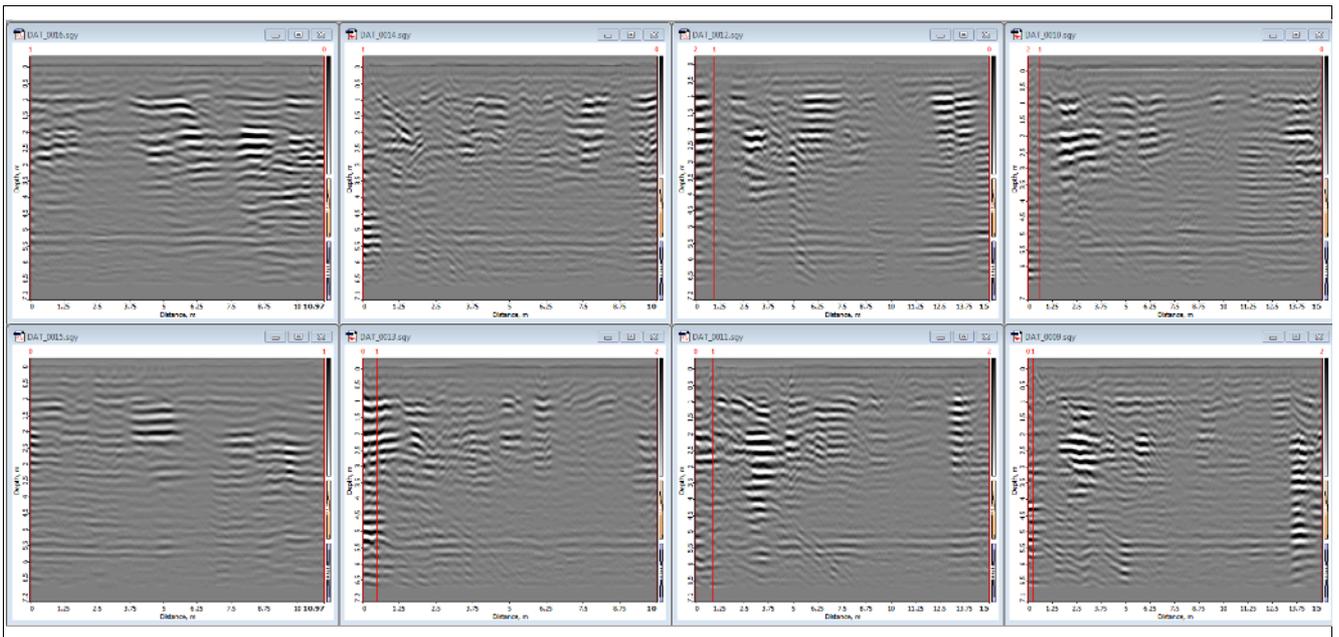


Abbildung 33:

Figura 33: Radagrammi trasversali da 9 a 16 indagine GPR

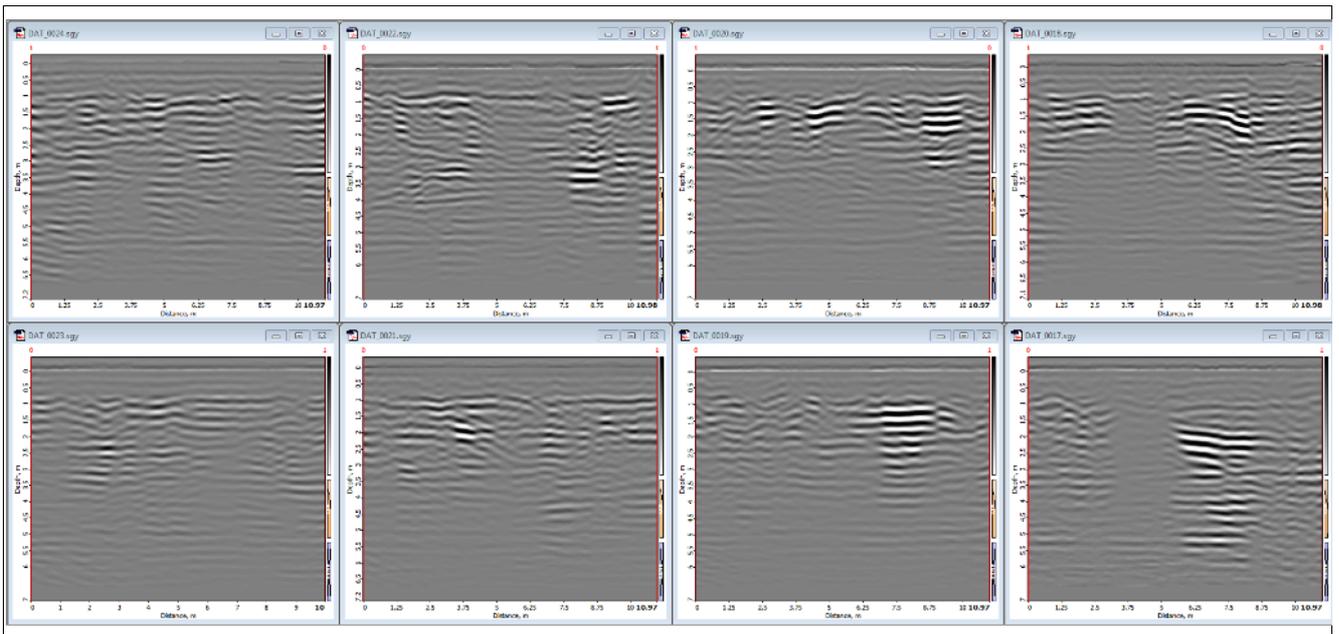


Abbildung 34:

Figura 34: Radagrammi trasversali da 17 a 24 indagine GPR

L'elaborazione dei dati acquisiti, analisi degli spettri, delle fasi, dei coefficienti di attenuazione/assorbimento, migrazione, involucri dell'onda, analisi delle velocità EM, consente la deduzione e l'interpretazione delle anomalie, come cavità, sottoservizi, caratteri di porosità, contenuto d'acqua e fratturazione. Oltre all'esame dei radagrammi è necessario esaminare gli attributi dei segnali (polarità, fase, frequenza istantanea, ampiezza istantanea, coefficienti di riflessione, focusing, scattering, clutter) ed applicare algoritmi di elaborazione: filtri, migrazioni, dewow, backscattering, trasformata Radon, analisi di velocità.

Dunque la forma delle anomalie nei radargrammi non è automaticamente rappresentativa di quella reale.

I radargrammi confermano la presenza di alcune anomalie collegate a fenomeni di rimaneggiamento dei terreni (ciot-tolame, materiali eterogenei) ad altissima porosità primaria, pezzi di metallo, legno, materiali vari che si assume di origine ferroviaria.

Nella figura che segue è indicata l'ubicazione dei sottoservizi rinvenuti in corrispondenza dell'area di indagine, dove si riscontra:

- la presenza in continuità di due cavedi principali con cavi elettrici in tensione ubicati in senso longitudinale, sul lato Est e sul lato Ovest del sito;
- la presenza di due pozzetti ca. 30x30 cm con cavi elettrici attualmente dismessi;
- una linea elettrica in tensione che dal box Rfi a nord del sito costeggia l'attuale linea ferroviaria.

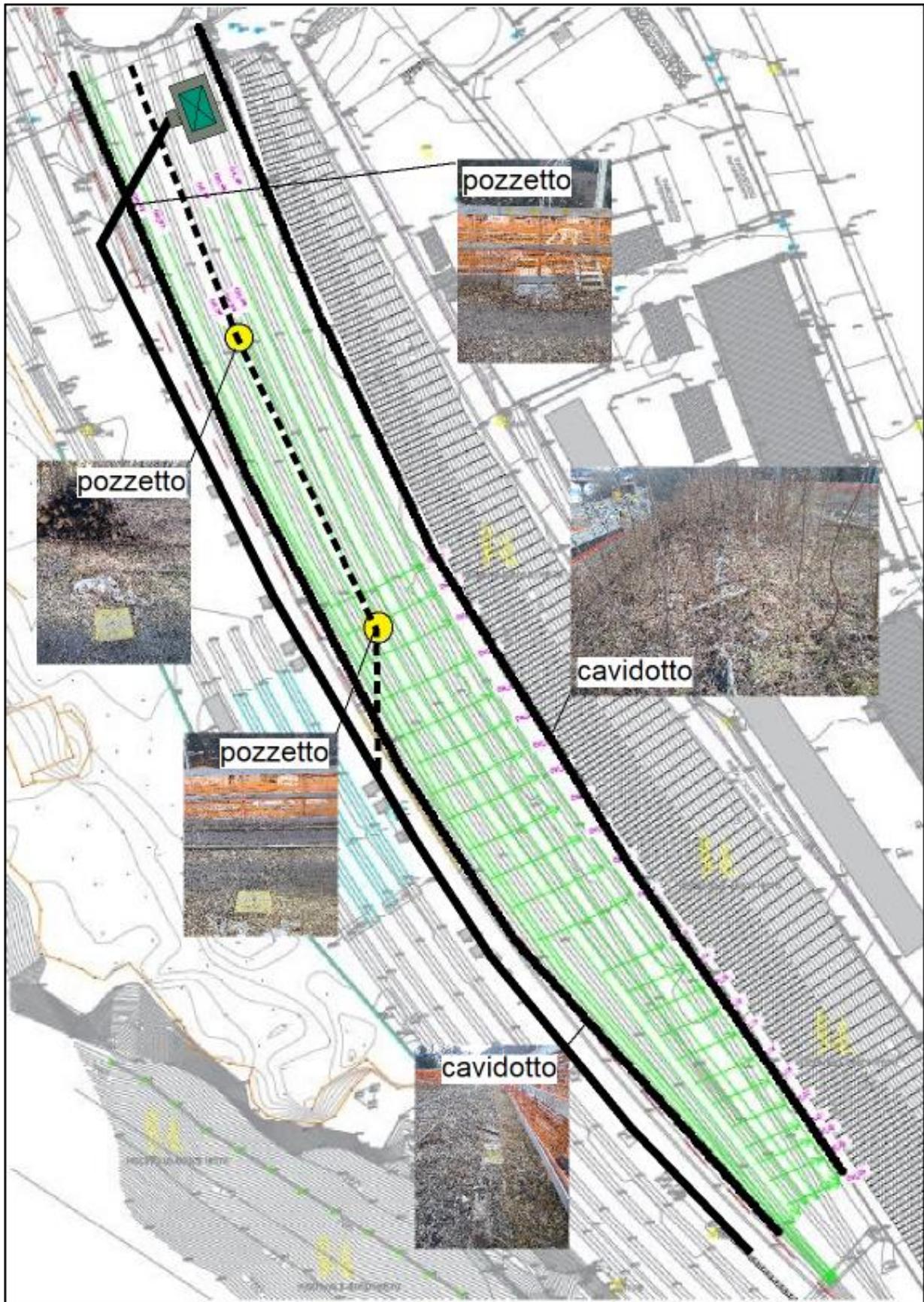


Abbildung 35:

Figura 35: Ubicazione sottoservizi da indagine GPR

7.

7. MODELLO GEOTECNICO E SISMICO DI PROGETTO

I dati acquisiti in campo attraverso le indagini geofisiche ed in laboratorio geotecnico sui campioni prelevati dalle trincee esplorative SI, SII, SIII ed SIV, hanno permesso di definire il modello geotecnico e sismico di progetto per la realizzazione del vallo con funzione di barriera di mitigazione visiva ed acustica, secondo le seguenti caratteristiche geometriche:

- tipologia di struttura: terre rinforzate tipo „Terramesh verde“
- sezione: trapezoidale
- inclinazione fianchi: 60°
- larghezza di base: da 14,5 a 17,40 m
- larghezza minima del piano di calpestio: 7,5 m
- altezza da p.c.: + 6,00 m (5,80 m + 0,20 m per pavimentazione)
- lunghezza: 200 m
- superficie di base: 2.855 m²
- superficie utile al piano di calpestio: 1.125 m²
- accesso al piano di calpestio: tramite rampa con pendenza 1:3

e secondo le modalità delle terre armate in modo da costituire una struttura e rinforzato con elementi tali da resistere agli sforzi di taglio, compressione e trazione agenti naturalmente o generati da carichi indotti sulla struttura.

Segue la planimetria di progetto del vallo barriera con l'indicazione della traccia delle sezioni assunte per la definizione del modello geotecnico di progetto.



Abbildung 36:

Figura 36: Planimetria di progetto

Segue il modello geotecnico di progetto in corrispondenza delle sezioni tipo F-F1 e G-G1, assunto nell'ambito del presente studio sulla base dei risultati ottenuti dalle prove dirette eseguite in sito e di quelle di laboratorio geotecniche. I risultati ottenuti non precludono la realizzazione di opere di ingegneria civile sia in elevazione che in sotterraneo.

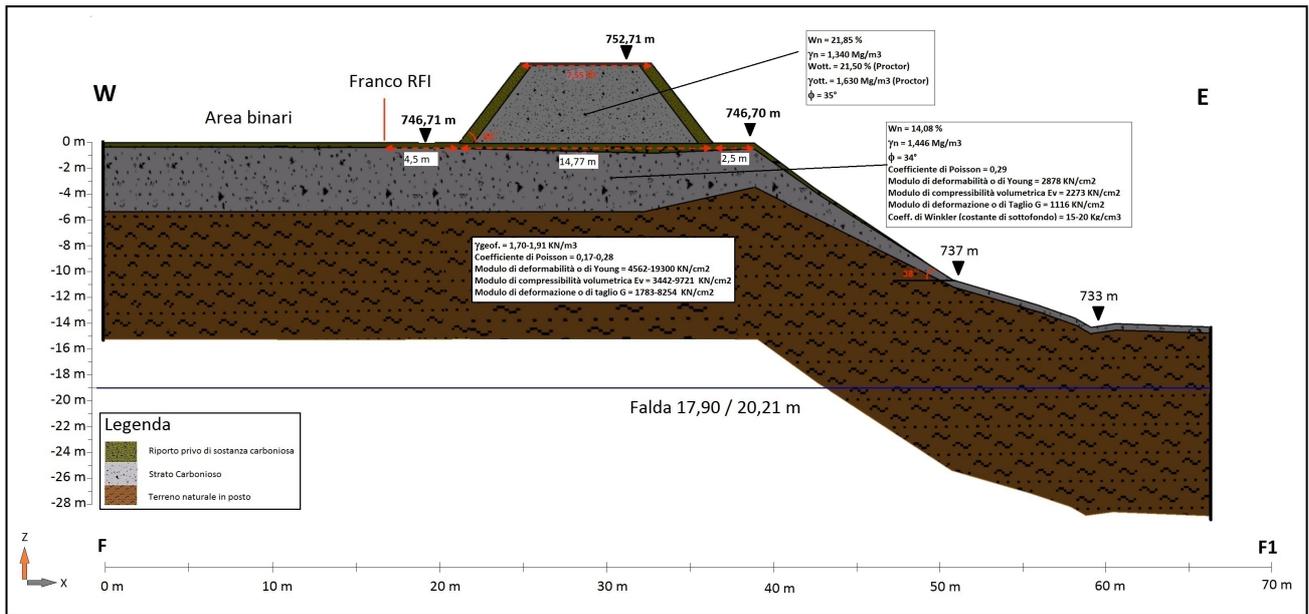


Abbildung 37:

Figura 37: Modello geotecnico di progetto Sez F-F1

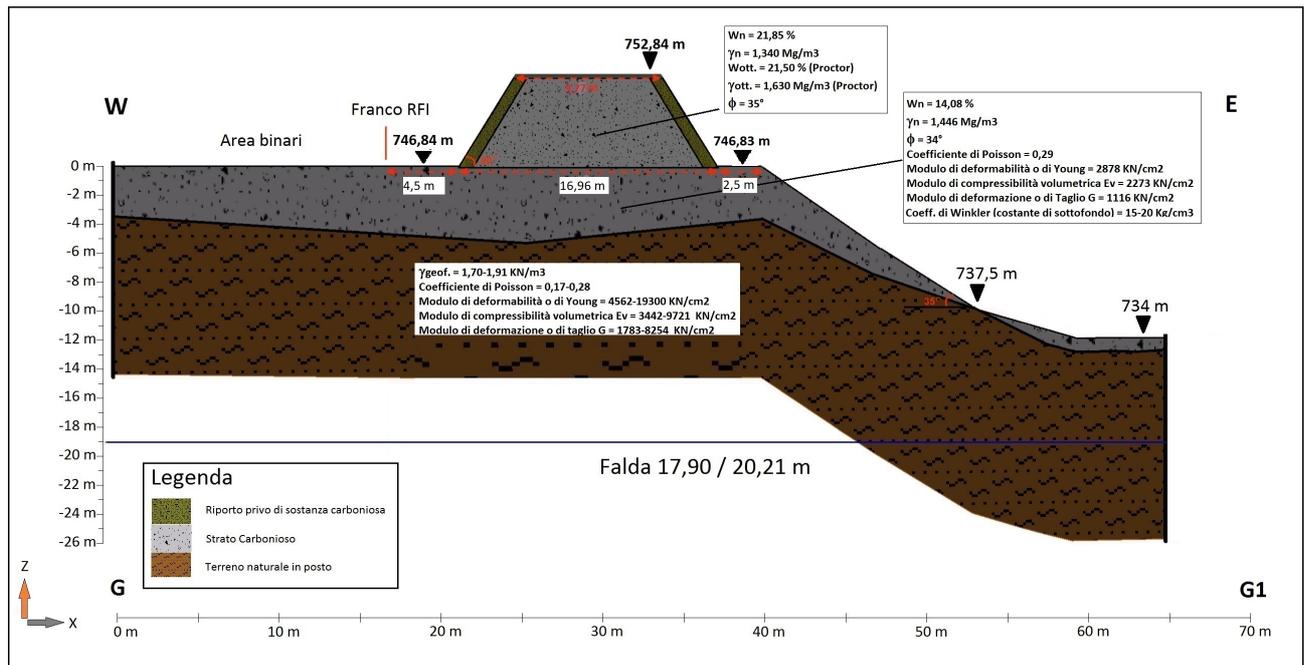


Abbildung 38:

Figura 38: Modello geotecnico di progetto Sez G-G1

7.1.

7.1. Valutazione dell'azione sismica di progetto

Sulla base del D.M. dell'17.01.2018, la stima della pericolosità sismica è definita attraverso un approccio "sito dipendente" mediante la determinazione dell'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione. La normativa vigente (D.M. 14.01.2008 e D.M.

1701.2018) implica l'individuazione del sito di studio all'interno di un reticolo formato da 4 punti distanti tra loro non più di 4 km. L'individuazione del reticolo di riferimento risulta indispensabile per la determinazione dei valori di accelerazione sismica (a_g) attesa sul sito e per l'individuazione di tutti gli altri parametri necessari alla verifica degli stati limite in azione sismica.

Si individuano quindi i parametri intrinseci del sito:

- Coordinate Geografiche del sito (Latitudine e Longitudine)
- Coefficiente Topografico (T)
- Categoria di sottosuolo ricavata da da indagine MASW. Per sito in esame $V_{s,eq}=426$ m/s a cui corrisponde la **Categoria B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*).

Secondo le prescrizioni del D.M. 17.01.2018 si identifica il parametro (S) di amplificazione dell'azione sismica di progetto, dipendente dalla categoria del suolo di fondazione e dalla situazione topografica del sito.

$$S = S_s \times S_T$$

dove:

S_s = Coefficiente di amplificazione *stratigrafica* determinato per ogni categoria di suolo tramite la seguente tabella.

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Tabelle 22:

Tabella 22: Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s

S_T = Coefficiente di amplificazione *topografica* determinato tramite la seguente tabella

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale di 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabelle 23:

Tabella 23: Coefficiente di amplificazione topografica S_T

Sulla base del D.M. dell'17.01.2018, la stima della pericolosità sismica Le sovresposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

- Vita Nominale (V_N) - § 2.4.1 NTC-18
- Classe d'Uso dell'opera - § 2.4.2 NTC-18
- Coefficiente d'Uso (C_u)- § 2.4.3 NTC-18
- Vita di Riferimento (V_r) - § 2.4.3 NTC-18
- Smorzamento e fattore di struttura

La *vita nominale* di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale per i diversi tipi di opere è riportata nella Tab. 2.4.I delle NTC-18 come esposto nella tabella che segue.

Tipi di costruzione		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tabelle 24:

Tabella 24: Vita nominale in relazione al tipo di costruzione

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in *classi d'uso* definite come nella tabella che segue.

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tabella 25:

Tabella 25: Classi di uso in relazione al tipo di costruzione

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R (*Vita di riferimento*) che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U .

$$V_R = V_N \times C_U \quad (\text{NTC-18 Eq. 2.4.1})$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito al variare della classe d'uso, come esposto nella Tab. 2.4 II che segue estratta dalle NTC-18.

Tabella 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1	1,5	2

Tabella 26:

Tabella 26: Classe d'uso e Coefficiente C_U

7.1.1.

7.1.1. Azione sismiche di progetto

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto è stata eseguita direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento e raccolte nel database "Geostru parametri sismici" consultabile online e considerando:

- Latitudine (baricentro ED50): 46,7863057
- Longitudine (baricentro ED50): 11,613512
- Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche o sociali essenziali. Vita nominale V_N dell'opera: non inferiore a 50 anni. Opere ordinarie d'importanza normale.
- Coefficiente d'uso C_U (in presenza di azioni sismiche): 1,0
- Categoria di sottosuolo: B, con valori di $V_{s,eq}$ compresi tra 180 e 360 m/s
- Categoria topografica: T2
- Tipo di elaborazione: stabilità dei pendii e fondazioni.

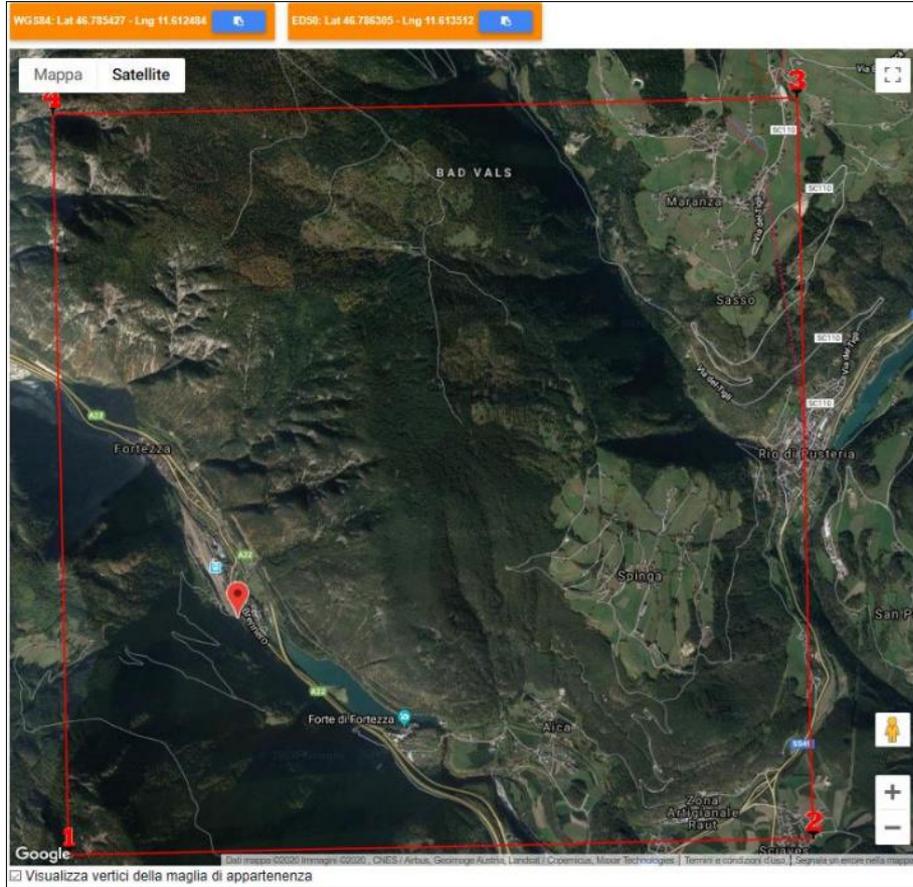


Abbildung 39:

Figura 39: Maglia di appartenenza dell'area di indagine con indicazione dei vertici di riferimento

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	6745	46,770340	11,596960	2177,2
Sito 2	6746	46,771440	11,669700	4586,8
Sito 3	6524	46,821420	11,668180	5706,1
Sito 4	6523	46,820320	11,595370	4026,5

Tabelle 27:

Tabella 27: Coordinate reticolo di riferimento

Stati limite:

Operatività (SLO) - Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,016 g

Fo: 2,545

Tc*: 0,141 [s]

Danno (SLD) - Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,020 g

Fo: 2,489

Tc*: 0,181 [s]

Salvaguardia della vita (SLV) - Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,047 g

Fo: 2,576

Tc*: 0,354 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC) - Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

ag: 0,057 g

Fo: 2,708

Tc*: 0,385 [s]

Coefficienti sismici (stabilità dei pendii e fondazioni):

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,630	1,000	0,004	0,002	0,189	0,200
SLD	1,200	1,550	1,000	0,005	0,002	0,241	0,200
SLV	1,200	1,350	1,000	0,011	0,006	0,551	0,200
SLC	1,200	1,330	1,000	0,014	0,007	0,673	0,200

Tabella 28:

Tabella 28: Coefficienti sismici

Il rispetto dei vari stati limite viene considerato conseguito, dalle NTC:

- nei confronti di tutti gli stati limite ultimi (SLU) quando siano soddisfatte le verifiche relative al solo "stato limite vita" (SLV):

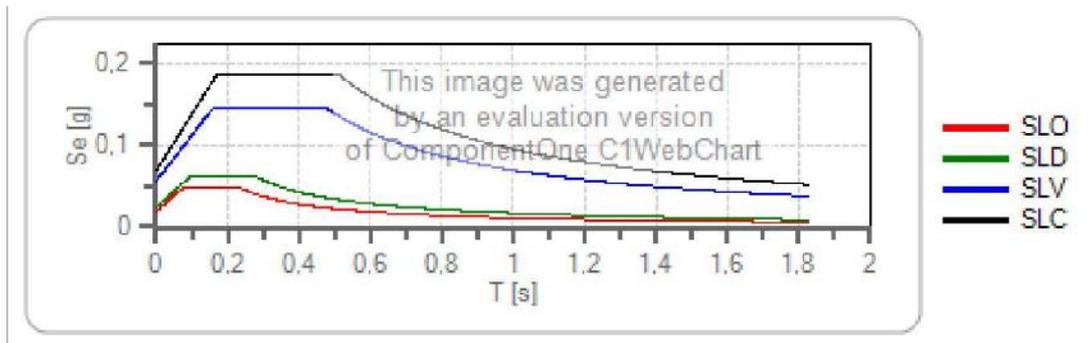
$$SLU=SLV$$

- nei confronti di tutti gli stati limite d'esercizio (SLE) quando siano soddisfatte le verifiche relative al solo "stato limite danno" (SLD):

$$SLE = SLD$$

Di seguito è riportato lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali rappresentativi del sito e la tabella di riepilogo dei parametri sismici per ciascun stato limite.

- Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %
- Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000



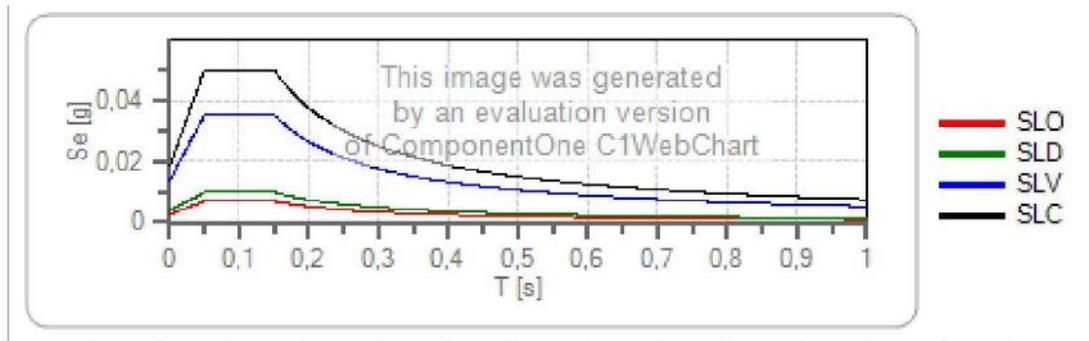
	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,016	2,545	0,141	1,200	1,630	1,000	1,200	1,000	0,077	0,230	1,664
SLD	1	0,020	2,489	0,181	1,200	1,550	1,000	1,200	1,000	0,094	0,281	1,682
SLV	1	0,047	2,576	0,354	1,200	1,350	1,000	1,200	1,000	0,159	0,478	1,787
SLC	1	0,057	2,708	0,385	1,200	1,330	1,000	1,200	1,000	0,171	0,512	1,829

Tabelle 29:

Tabella 29: Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Di seguito è riportato lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali rappresentativi del sito ed i parametri sismici di ciascun stato limite.

- Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %
- Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

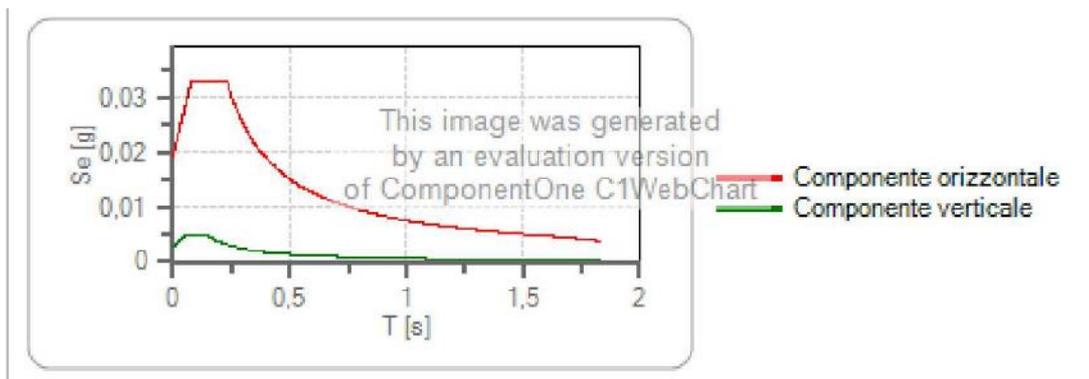


	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,016	2,545	0,141	1,000	1,630	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,020	2,489	0,181	1,000	1,550	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,047	2,576	0,354	1,000	1,350	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,057	2,708	0,385	1,000	1,330	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Tabelle 30:

Tabella 30: Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Di seguito è riportato lo spettro di progetto per lo stato limite SLO.



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	1	0,016	2,545	0,141	1,200	1,630	1,000	1,200	1,500	0,077	0,230	1,664
SLO verticale	1	0,016	2,545	0,141	1,200	1,630	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Tabelle 31:

Tabella 31: Spettro di progetto e parametri sismici per lo stato limite SLO

7.2.

7.2. Analisi della suscettibilità alla Liquefazione

Con il termine liquefazione del terreno si intende la diminuzione della resistenza del terreno a seguito del raggiungimento del limite di fluidità. Questo fenomeno si produce a causa dei movimenti ciclici che avvengono durante un sisma che producono un accumulo della pressione interstiziale di un terreno granulare saturo (ghiaia, sabbia e limo

non coesivo) provocandone una diminuzione della resistenza al taglio. Per comprendere tale fenomeno è necessario considerare il principio degli sforzi efficaci in cui, in un terreno saturo agisce nello scheletro solido una tensione efficace così definita:

$$\sigma' = \sigma - U$$

dove:

- σ = la tensione totale agente perpendicolarmente a qualsiasi piano passante per un generico
- U = la pressione dell'acqua nello stesso punto

Esprimendo il criterio di Resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensioni efficaci, la resistenza al taglio che può essere mobilitata su un piano normale soggetto a una tensione normale totale τ_n , e data da:

$$\tau_n = \sigma' \operatorname{tg} \phi + c = (\sigma - u) \operatorname{tg} \phi + c$$

La liquefazione si verifica quando il valore limite della tensione tangenziale τ_n tende a zero, inoltre la liquefazione aumenta al diminuire della coesione c , dell'angolo d'attrito ϕ e della tensione totale σ_n ed all'aumentare della pressione interstiziale p . La presenza di argilla nei sedimenti granulari riduce considerevolmente il rischio della liquefazione.

La verifica alla suscettibilità alla liquefazione dei terreni, secondo il D.M. 17.01.2018, è valutata in base ad un fattore di sicurezza identificato dal seguente rapporto: $FS = CRR / CSR > 1,25$ (terreni non liquefacibili) dove: CSR (Cyclic Stress Ratio) = rapporto tensionale ciclico che esprime lo sforzo di taglio generato dal sisma, CRR (Cyclic Resistance Ratio) e il rapporto di resistenza ciclica che esprime la capacità del terreno di resistere alla liquefazione. Conseguenzialmente un terreno è considerato suscettibile alla liquefazione quando lo sforzo di taglio, generato dal terremoto ad una determinata profondità supera l'80% ($FS > 1,25$) dello sforzo critico che ha provocato la liquefazione alla medesima profondità durante terremoti.

Il fenomeno della liquefazione riguarda terremoti di magnitudo >5 caratterizzati da accelerazioni massime al sito $a_{max} > 0,10$ g e di durata prolungata (> 15 sec) in sedimenti incoerenti, non consolidati, saturi, con densità relativa (D_r) inferiore al 40% ed a granulometria uniforme medio-fine, Il fenomeno non appare invece probabile in terreni con valori superiori al 40% di densità relativa e soprattutto quando le sabbie includono ghiaie o ciottoli.

Nel caso in esame dal punto di vista geologico e idrogeologico l'area di indagine è caratterizzata dalla presenza di miscele di ghiaie e sabbie con soggiacenza della falda a

ca. 18 m di profondità dal piano di campagna. L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 e Delibera della Giunta Provinciale n. 4047 del 6.11.2006 della Provincia autonoma di Bolzano, classifica il territorio del Comune di Fortezza dal punto di vista sismico come in **Zona 4** ovvero "zona con pericolosità sismica molto bassa" a cui corrisponde un valore di accelerazione orizzontale massima convenzionale [ag] pari a 0,05 g. Le informazioni acquisite nel presente studio esclude la possibilità in occasione di eventi sismici, del verificarsi di processi di liquefazione che possano dar luogo a fenomeni di cedimento non controllato e/o differenziale.

8.

8. REALIZZAZIONE DELL'OPERA

L'Analisi di rischio elaborata per i recettori lavorativi on-site e residenziali off-site indica che il rischio sanitario e ambientale è accettabile per tutte le vie di esposizione considerate e la possibilità di riutilizzo del materiale di scavo, necessario alla realizzazione della nuova viabilità Riol, nelle medesime aree di cantiere, tramite un intervento di Messa in sicurezza permanente che permetta la realizzazione di opere accessorie agli interventi BBT: barriera verde antirumore e rinterri di cantiere.

Inoltre gli esami di laboratorio geotecnico hanno permesso di definire le caratteristiche e l'idoneità dei materiali di riporto che saranno utilizzati per la realizzazione del vallo barriera.

Il vallo barriera verde con la funzione di mitigazione visiva ed acustica è previsto sia realizzato con le modalità delle terre armate in modo da costituire una struttura rinforzata con elementi tali da resistere agli sforzi di taglio, compressione e trazione agenti naturalmente o generati da carichi indotti sulla struttura. La struttura di sostegno sarà di tipo bifacciale in terra rinforzata con paramento rinverdibile (**tipo Terramesh Verde**) e realizzata in elementi strutturali marcati CE in accordo con la ETA 16/0767 per gli specifici impieghi come "sistemi in rete metallica per il rinforzo del terreno per opere di sostegno". La struttura sarà costituita da elementi di armatura planari orizzontali, in rete metallica a doppia torsione, realizzati in accordo con le "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" approvate dal Consiglio Superiore LL.PP. (n.69/2013), ed in accordo con la UNI EN 10223-3:2013, come schematizzato nella seguente figura.

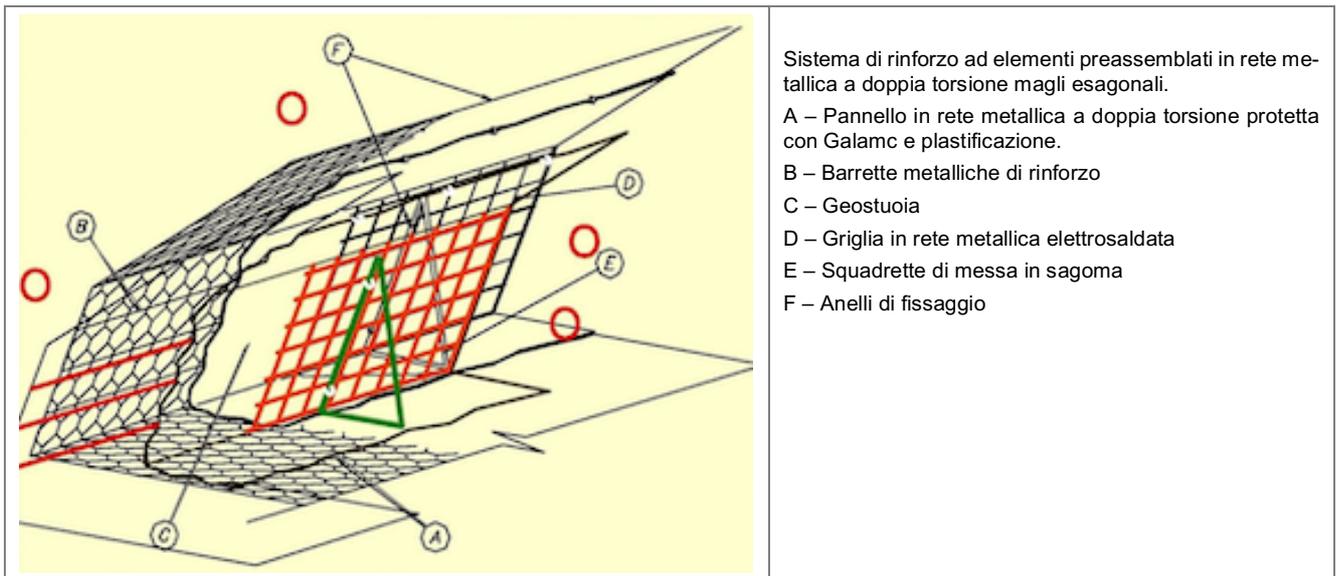


Abbildung 40:

Figura 40: Schema struttura di sostegno

Il progetto prevede inoltre la parziale pavimentazione del piano di calpestio e la posa di uno strato superficiale di terreno di copertura con spessore medio di circa 30 cm adeguato per la realizzazione dell'inerbimento e protetto mediante una geostuoia al fine trattenere il terreno e garantire una rapida ed adeguata crescita della vegetazione.

Per consentire l'accesso a personale e mezzi al piano di coronamento del vallo barriera verde posto a quota 752,84 m s.l.m. è prevista la realizzazione di una rampa di raccordo con il piano campagna posto a quota 746,84 m s.l.m. La rampa di larghezza pari a 4 m e della lunghezza di ca. 20 m sarà pavimentata e realizzata con la tecnica delle terre ermate e con pendenza 1:3 e posizionata in corrispondenza dell'area di ingresso a Nord del sito.

Le caratteristiche geometriche del manufatto in progetto sono:

- tipologia di struttura: terre rinforzate tipo Terramesh verde
- sezione: trapezoidale
- inclinazione fianchi: 60°
- larghezza di base: da 14,5 a 17,40 m
- larghezza minima del piano di calpestio: 7,5 m
- altezza strutturale: + 6,30 m da piano di fondazione (- 0,30 m da p.c.)
- altezza paesaggistica: + 6,00 m da p.c (5,80 m + 0,20 m per pavimentazione oppure 5,70 m + 0,30 m di terreno vegetale);
- lunghezza: 200 m

- area di base: 2.855 m²
- area totale di coronamento: 2.057 m²
- area pavimentata: 1.125 m²
- accesso al piano di calpestio: tramite rampa con pendenza 1:3.
Segue la stima delle volumetrie necessarie per la realizzazione del manufatto:
- volume totale del vallo 14.886,5 m³
- volume terreno di sbanco (da pc a -0,3 m): 856,5 m³;
- volume terreno vegetale per rinverdimento: 750 m³ (fianchi) e 280 m³ (area non pavimentata): totale 1030 m³;
- **Volume utile per materiale di riporto: 13.000 m³** (14.886,5 - 856,5 - 1.030).

8.1.

8.1. Requisiti per gli elementi di rinforzo

Seguono le specifiche da adottare per gli elementi di rinforzo:

- La rete metallica a doppia torsione dovrà essere realizzata con maglia esagonale tipo 8x10 (UNI-EN 10223-3), tessuta con filo in acciaio trafilato, avente un diametro pari 2.70 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), conforme all'EN 10244-2 (Classe A) con un quantitativo non inferiore a 245 g/mq. Oltre a tale trattamento il filo dovrà essere ricoperto da un rivestimento di materiale plastico che dovrà avere uno spessore nominale di 0.50 mm, portando il diametro esterno al valore nominale di 3.70 mm. La resistenza del polimero ai raggi UV dovrà essere tale che a seguito di un'esposizione di 2500 ore a radiazioni UV (secondo ISO 4892-2 o ISO 4892-3) il carico di rottura e l'allungamento a rottura non variano in misura maggiore al 25%;
- La resistenza a trazione della rete dovrà essere non inferiore a 50 kW/m (test eseguiti in accordo alla UNI EN 10223-3:2013);
- La rete una volta sottoposta al 50% del carico massimo a rottura per trazione pari a 25 kW/m, non dovrà presentare rotture del rivestimento plastico del filo all'interno delle torsioni;
- Capacità di carico a punzonamento della rete dovrà essere non inferiore a 65 kN (test eseguiti in accordo alla UNI 11437 e alla ISO 17746);
- La rete deve presentare una resistenza a corrosione in SO₂ (0,2 dm³ SO₂ per 2 dm³ acqua) tale per cui dopo 28 cicli la percentuale di ruggine rossa non deve

essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 6988);

- La rete deve presentare una resistenza a corrosione in test in nebbia salina tale per cui dopo 6000h la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 9227);
- Ogni singolo elemento dovrà essere provvisto di barrette di rinforzo galvanizzate con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), con un quantitativo non inferiore a 265 g/mq e plasticate, aventi diametro pari a 3.40/4.40 mm e inserite all'interno della doppia torsione delle maglie, in corrispondenza dello spigolo superiore ed inferiore del paramento. Il paramento in vista dovrà essere provvisto inoltre di un elemento di irrigidimento interno costituito da un pannello di rete elettrosaldata con diametro non inferiore a 6 mm e da un idoneo ritentore di fini. Il paramento dovrà essere fissato con pendenza variabile, per mezzo di elementi a squadra realizzati in tondino metallico e preassemblati alla struttura. Gli elementi di rinforzo contigui dovranno essere posti in opera e legati tra loro con punti metallici meccanizzati galvanizzati con Galmac lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) classe A secondo la UNI EN 10244-2, con diametro 3.00 mm e carico di rottura minimo pari a 1700 MPa.

Seguono le specifiche tecniche e le tolleranze previste per le armature di rinforzo (maglie e tiranti) e la sezione tipo delle carpenterie previste in corrispondenza della sezione di progetto G-G1.

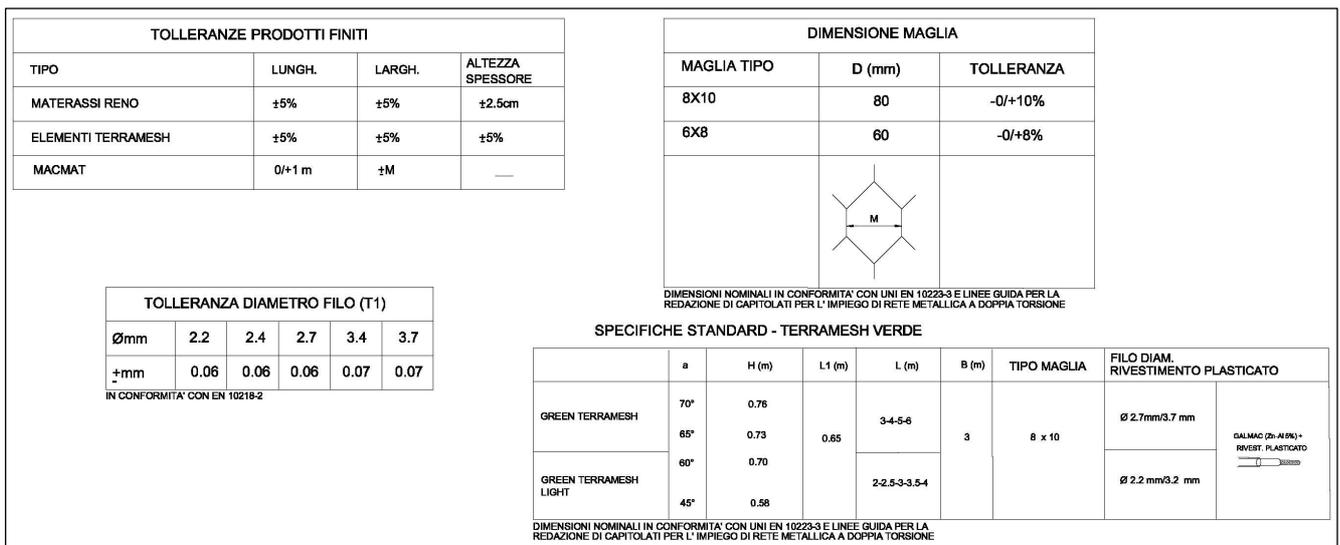


Abbildung 41:

Figura 41: Specifiche tecniche e tolleranza armature di rinforzo

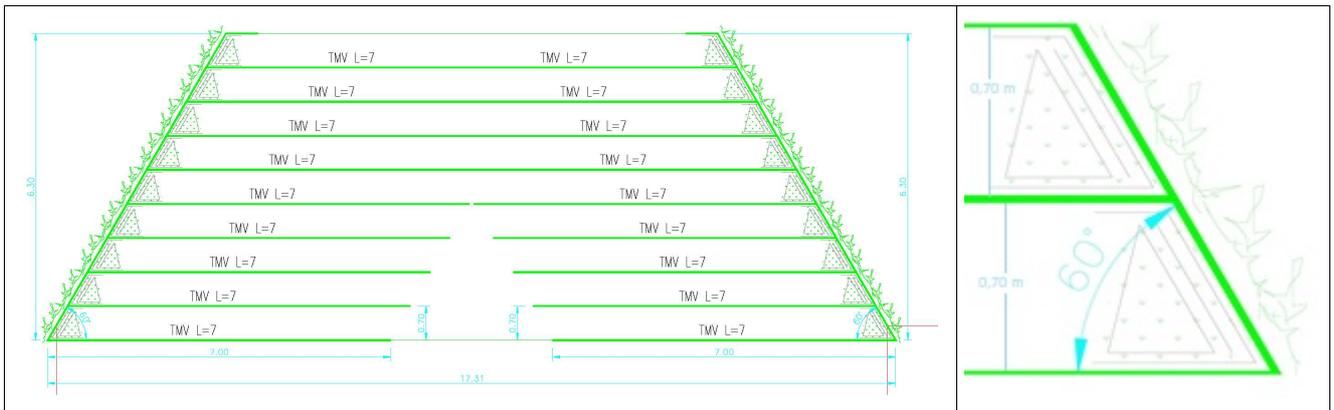


Abbildung 42:

Figura 42: Rinforzi strutturali Sez. tipo G-G1

8.2.

8.2. Requisiti per il rilevato strutturale

Le prove geotecniche hanno permesso di definire le caratteristiche e l'idoneità dei materiali di riporto che saranno utilizzati per la realizzazione del vallo barriera, facendo riferimento alle classificazioni ASTM D 3282 per la realizzazione del rilevato strutturale potranno essere ammessi terreni di riempimento appartenenti esclusivamente ad uno di questi campi: A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 con esclusione di pezzature superiori a 150 mm. Il materiale con dimensioni superiori a 100 mm è ammesso con percentuale inferiore al 15% del totale.

In ogni caso dovranno essere esclusi i materiali che presentino parametri geomeccanici (angoli d'attrito interno) minori di quelli previsti in progetto.

8.3.

8.3. Istruzioni operative per la realizzazione del rilevato

Seguono le istruzioni operative per la realizzazione dell'opera strutturale:

- 1) Preparazione dell'area mediante ripristino morfologico, sistemazione e compattazione del sedime in corrispondenza dell'area di ubicazione del vallo;
- 2) Posa in opera degli elementi di rinforzo, del geostuoia, del terreno vegetale e del materiale di scavo che andrà a costituire il rilevato strutturale;
- 3) Compattazione del terreno vegetale e del materiale di scavo (rilevato strutturale);
- 4) Risagomatura del piano di posa, per la posa in opera dell'elemento di rinforzo successivo, della geostuoia, del terreno vegetale di rinverdimento e del materiale di scavo;
- 5) Rinverdimento mediante idrosemina;

8.3.1.

6) Prove di controllo e collaudo.

8.3.1.Preparazione dell'area

Prima della posa in opera della struttura metallica e dei singoli strati di terreno che andranno a costituire il corpo del manufatto barriera sono previste le seguenti attività propedeutiche:

- Cantierizzazione dell'area;
- Ripristino morfologico dell'area di intervento mediante sfalcio, taglio ed estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti ecc, in modo che il piano di fondazione risulti regolare ed idoneo per la posa e compattazione del primo strato di riporto con ottenimento dei requisiti richiesti. Non si dovrà operare in presenza di ristagni d'acqua o in presenza di terreni rammolliti;
- Scavo dei primi 30 cm di terreno in posto per un volume pari a 856,5 m³ (0,30 m x 2.855 m²) e predisposizione del piano di fondazione. Lo scavo potrà essere eseguito con l'ausilio di escavatore meccanico dotato di benna o pala meccanica, i terreni estratti potranno essere temporaneamente stoccati in sito e riutilizzati per il ritombamento dei primi 30 cm della stessa struttura dopo il posizionamento degli elementi di rinforzo di base. Il piano di posa dovrà essere predisposto fino a raggiungere la quota d'imposta del primo elemento strutturale da eseguire, secondo le indicazioni riportate negli elaborati di progetto;
- Compattazione dei terreni di fondazione mediante rullo compattatore dotato di rullo anteriore tale da garantire un grado di compattazione non inferiore al 95% del valore medio fornito dalle prove Proctor (ASTM D 1557) ovvero una massa volumica totale non inferiore a 1,684 Mg/m³ al 15,20 % di umidità. (cfr 7.4.2 - Prove collaudo).

8.3.2.

8.3.2.Posa in opera

Gli elementi di rinforzo dovranno essere posti in opera per strati costanti di rilevato strutturale di spessore pari a 0,70 m a partire da -3,0 m a +6,0 m da p.c. in n. 9 fasi successive e secondo le modalità di seguito riportate:

- Apertura e predisposizione degli elementi di rinforzo avendo cura di stendere la geostuoia eliminando le linee di piegatura preformate in fase di produzione e messa in posizione gli elementi;
- Posizionamento degli elementi a squadra per dare l'inclinazione al paramento. Per l'assemblaggio e la legatura degli elementi, è necessario essere provvisti

di pinze e tenaglie e di una graffatrice tipo pneumatico, con alimentazione ad aria compressa (6-8 bar). Per garantire una continuità strutturale, per le operazioni di legatura si consiglia un intervallo tra punto e punto massimo di 20 cm;

- Riempimento della parte a tergo del paramento manualmente con terreno vegetale che subirà una compattazione "leggera" per permettere l'attecchimento della vegetazione;
- Riempimento degli elementi di rinforzo in rete con materiale di scavo, fino a formare uno strato di spessore di 30 cm;
- Compattazione del materiale posto in opera (30 cm) mediante rullatura, secondo le indicazioni successivamente riportate;
- Risagomatura del piano di posa per la posa in opera dell'elemento di rinforzo successivo;
- Ripetizione delle azioni indicate nei punti da 1 a 6 fino a completamento della struttura.

Segue la sequenza di posa degli elementi che andranno a costituire il rilevato in terra rinforzata.

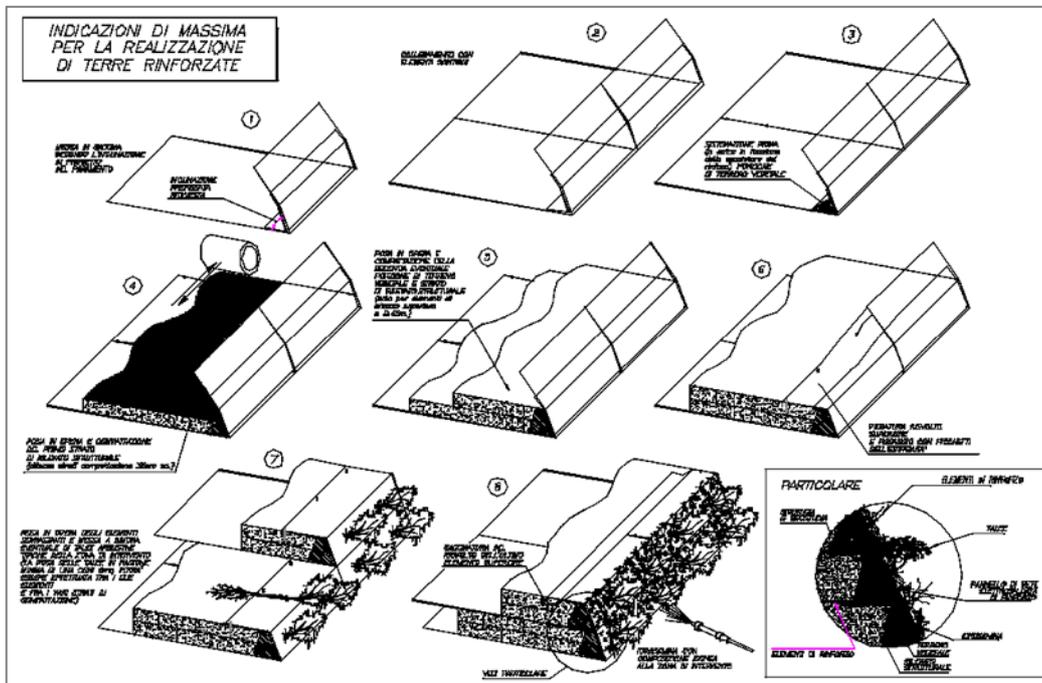


Abbildung 43:

Figura 43: Posa in opera terre rinforzate

8.3.3.

8.3.3. Compattazione dei materiali di riporto

Le operazioni di compattazione, il tipo, le caratteristiche dei mezzi di compattazione, nonché le modalità esecutive

di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) devono essere tali da garantire la prevista densità finale del materiale. In ogni modo, deve ritenersi esclusa la possibilità di compattazione con pale meccaniche. Solo nel caso in cui gli spazi di lavoro disponibili siano esigui, potranno essere usati mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e costipatori vibranti azionati a mano.

Il rilevato strutturale sarà messo in opera in strati di spessore non superiore a 0,35 m opportunamente compattati tramite rullo compattatore dotato di rullo anteriore di peso non inferiore a 6.000 Kg e con un grado di compattazione pari al 95% del valore medio fornito dalle prove Proctor (ASTM D 1557) e quindi una massa volumica totale non inferiore a 1,630 Mg/m³ al 21,50 % di umidità ottimale.

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme. A tale scopo, i mezzi dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele, garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari al 10% del mezzo costipante. La compattazione a tergo delle opere eseguite dovrà essere tale da escludere una riduzione dell'addensamento e nello stesso tempo il danneggiamento delle opere stesse. In particolare, si dovrà fare in modo che i compattatori a rullo operino ad una distanza non inferiore a m 0.50 dal paramento esterno, e procedere quindi ad una successiva compattazione con "*rana compattatrice*" o "*piastra vibrante*" della porzione di terreno posta ad una distanza inferiore a 0,50 m dal paramento. Questo procedimento consentirà di non generare deformazioni locali indotte dal passaggio o urto meccanico dei mezzi contro i componenti del sistema. Durante la costruzione, nel caso di danni causati dalle attività di cantiere o dovuti ad eventi meteorologici si dovrà provvedere al ripristino delle condizioni iniziali.

8.3.4.

8.3.4. Reinverdimento e Idrosemina

Per la realizzazione della idrosemina a spessore dovrà essere predisposta una opportuna miscela, eseguita a regola d'arte, comprensiva dei seguenti componenti e secondo le seguenti fasi:

- Messa in opera di appropriato miscuglio di sementi scelte, con una dose di impiego in condizioni normali di 35 gr/mq e di massimo 50 gr/mq in condizioni difficili per la germinazione (dose consigliata);
- Messa in opera di concimazione di base con prodotto organo-minerale bilanciato e microelementi, (7-7-7+2 Mgo) con una dose di impiego di almeno 250 gr/mq;

- Somministrazione di colloide di origine vegetale ad alta viscosità, derivato da piante e frutti, con quantità da applicare di circa 15 gr/mq;
- Somministrazione di Humus, sostanza organica matura con titoli nutritivi (NP), in quantità variabile da 250 a 400 gr/mq a seconda della situazione;
- Applicazione di una coltre protettiva di ca. 250/350 gr/mq "Mulch" composto da: 70% prodotto in fibre di legno e colloide naturale e 30 % miscela di fibre vegetali (paglia, cotone e cellulosa).

La provenienza e germinabilità della semente dovranno essere certificate. L'applicazione della miscela dovrà avvenire con idonea idroseminatrice che garantisca l'omogeneità del prodotto applicato e dotata di pompa che mantenga l'integrità della semente.

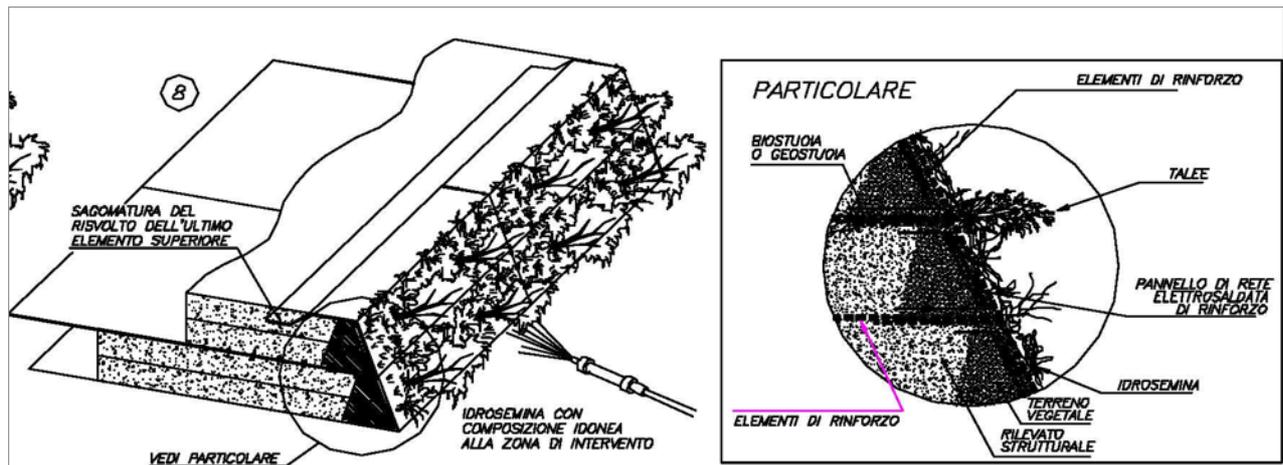


Abbildung 44:

Figura 44: Schema di rinverdimento mediante idroseminazione

Nella figura che segue è indicato l'elenco delle essenze vegetali che si propone utilizzare ed il loro posizionamento tipo sul vallo barriera verde, con l'obbiettivo paesaggistico di rendere il vallo un'occasione per realizzare un porzione di paesaggio che testimonia la biodiversità che caratterizza la Provincia Altoatesina e stimolo sensoriale.

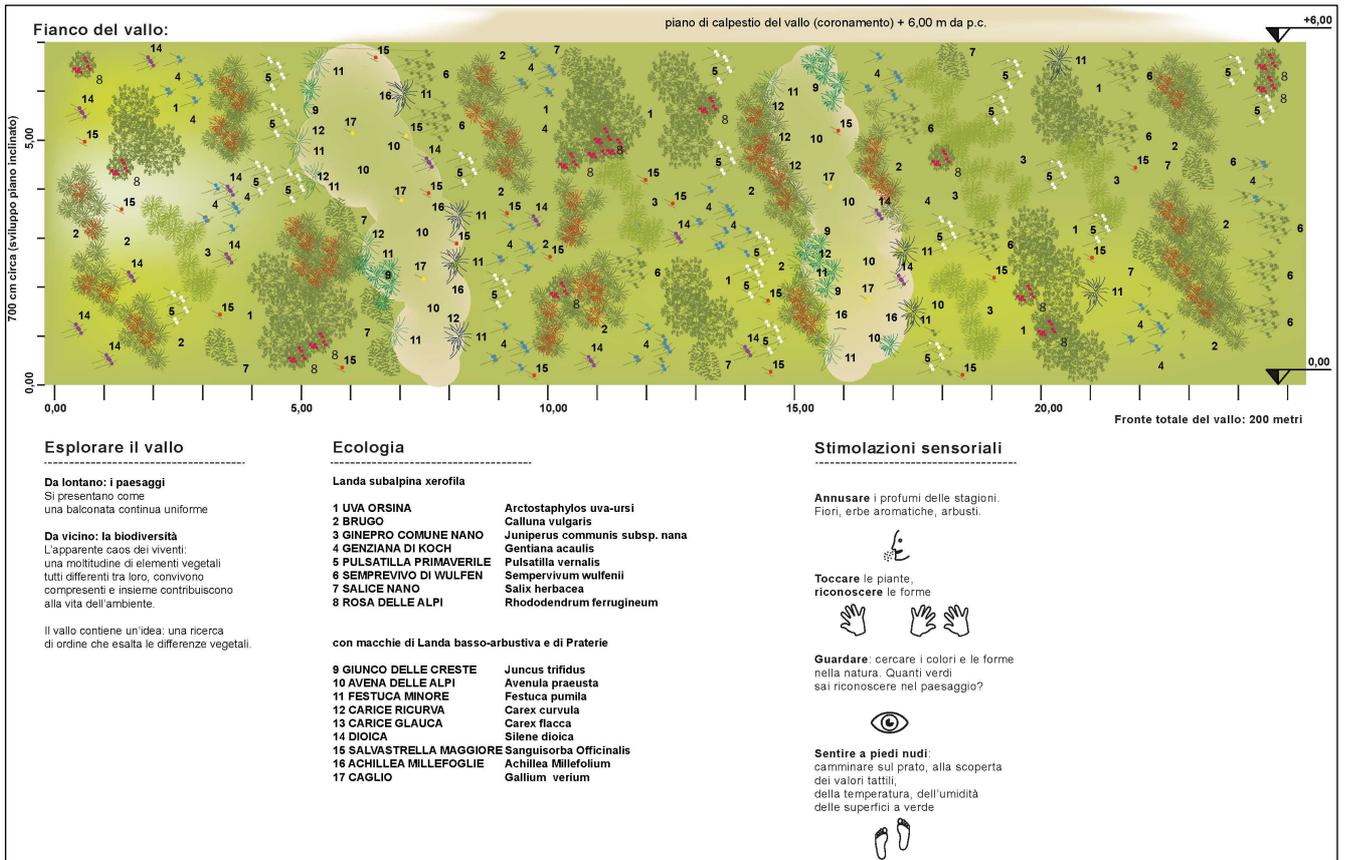


Abbildung 45:

Figura 45: Schema distribuzione essenze vegetali e biodiversità

A protezione dello strato superficiale di terreno si prevede l'installazione di una "geostuoia" che favorisca l'inverdimento e tuteli la struttura, dai principali meccanismi di erosione operati dalle acque meteoriche di dilavamento e dall'azione del vento che potrebbero causare:

- Il distacco delle particelle del terreno provocato dall'impatto delle gocce di pioggia o dal vento;
- Il distacco delle particelle del terreno provocato dallo scorrimento dell'acqua in superficie;
- Il trasporto di particelle per azione dell'impatto delle gocce di pioggia o del vento;
- Il trasporto di particelle da parte dell'acqua di scorrimento superficiale.

Seguono i requisiti minimi per la geostuoia antierosione.

La Geostuoia rinforzata sarà costituita da una geogriglia in PET (Poliestere) ad alta tenacità (con funzione di rinforzo) accoppiata per cucitura industriale ad una geostuoia in PP (Polipropilene) tridimensionale (con funzione di trattenimento del terreno) costituita da 3 strati di geogriglie dei quali quello inferiore e superiore dovranno essere piatti mentre quello centrale pieghettato meccanicamente per dare consistenza e corpo al materassino antierosione. Il

suddetto materiale dovrà corrispondere in ogni aspetto alle seguenti caratteristiche:

- polimero costituente il manufatto: PP e PET;
- colore: verde;
- spessore minimo: 18 mm;
- normativa di riferimento: ASTM D4218

La Geostuoia dovrà avere il marchio CE, in conformità alle norme EN 13257, 13253. La resistenza a lungo termine, sotto carico costante per almeno 100 anni, deve risultare da un certificato di idoneità tecnica o autocertificazione, della ditta produttrice, corredata di tutte le prove atte a determinare i coefficienti di sicurezza parziali di estrapolazione dei dati contro l'aggressione chimica, l'aggressione biologica, l'idrolisi, l'ossidazione ed il danneggiamento durante la costruzione, secondo le rilevanti Norme Europee EN o Internazionali ISO.

Seguono le specifiche tecniche da adottare per il geosintetico di rinforzo.

- Resistenza caratteristica a trazione 200 kN/m;
- Resistenza massima a Trazione Longitudinale (MD) 200 kN/m (MD);
Allungamento a rottura Longitudinale (MD) 12 %
- Resistenza massima a Trazione Trasversale (TD) 20 kN/m (TD);
- Allungamento a rottura Trasversale (TD) 12 %.



Abbildung 46:

Figura 46: Vista nel 2020 e simulazione con vallo nel 2021 e 2031.

8.4.

8.4. Prove di controllo e collaudo

Le "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" del settembre 2013, al punto 7.b prescrive che l'accettazione del materiale di riempimento dovrà essere subordinata all'esito di prove di laboratorio al fine di verifi-

carne l' idoneità delle caratteristiche geotecniche del rilevato strutturale ed in particolare la loro rispondenza alle ipotesi di progetto. In caso di difformità, anche parziale, tra dati misurati e quelli adottati in progetto, tutte le verifiche geotecniche dovranno essere adeguatamente aggiornate.

Per le fasi di *accettazione dei materiali* e *collaudo* è prescritto inoltre quanto segue:

- Per la fase di Direzione Lavori

Le caratteristiche tecniche dei prodotti finiti che comportano impiego di rete metallica a doppia torsione debbono, in generale, fare riferimento a quelle del materiale di base (filo metallico), a quelle della rete che ne deriva ed a quelle dei materiali ad essa associati (pietrame e terra di interposizione e rinfianco; elementi di cucitura e collegamento; chiodature ed ancoraggi, ecc.) nonché a quelle al manufatto nel suo insieme.

L'accettazione dei materiali in cantiere, oltre che alla verifica della completezza della documentazione di accompagnamento in accordo con il Capitolo 11.1 delle NTC 2008, può essere subordinata all'esito di prove specifiche di accettazione, eseguite su richiesta del Direttore dei Lavori presso laboratori di cui all'art. 59 del DPR 380/2001, su campioni di filo ed elementi di rete, secondo le indicazioni di prova descritte al punto 4.1 delle Linee Guida. Ai fini dell'accettazione i valori delle caratteristiche tecniche riscontrate nelle prove dovranno essere confrontati con quelli dichiarati dai produttori nella documentazione di accompagnamento di cui al punto 4.2 delle Linee Guida.

Comunque risulti qualificato il prodotto, resta onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione in cantiere, la verifica della prescritta documentazione di qualificazione; in particolare non potranno essere impiegati nelle opere prodotti non corredati della documentazione indicata al punto 4.2 delle Linee Guida, oppure per i quali quanto dichiarato nella suddetta documentazione non sia conforme ai requisiti ed ai livelli di sicurezza previsti dalle norme tecniche per le costruzioni nazionali e/o dagli specifici documenti contrattuali o progettuali.

- Per la fase di Collaudo

Il collaudo di manufatti o dispositivi basati sull'impiego di reti metalliche, in aggiunta a quanto specificatamente previsto dalla normativa vigente, deve in tutti i casi comprendere la verifica della conformità e delle completezza della documentazione e delle certificazioni previste nelle Linee Guida. Queste potranno essere verificate, a discrezione del Collaudatore, sulla base anche di eventuali prove di controllo sul filo e sulla rete. Per quanto riguarda il collaudo

di materassi in rete metallica, di opere di sostegno in gabioni o in terra rinforzata, il collaudo dovrà riferirsi anche alla rispondenza alle indicazioni di progetto in merito al p-etrarre di riempimento e del rilevato strutturale interposto, delle loro modalità di posa in opera e di compattazione nonché dei collegamenti tra elementi diversi. A tale scopo è pertanto da considerare buona norma quella di prevedere che il collaudo sia svolto in corso d'opera.

8.4.1.

8.4.1. Controlli in corso d'opera

I controlli hanno lo scopo di verificare che i materiali adottati siano conformi alle specifiche di progetto e che i metodi di costruzione siano idonei. Il tipo e la frequenza potranno essere integrati sulla base di specifiche indicazioni della Direzione Lavori.

- Accettazione del materiale di riporto

Prima del loro riutilizzo in sito, i materiali di riporto dovranno essere soggetti alla verifica di conformità per i seguenti requisiti geotecnici:

- Classe A2-4 o classe A2-5 come identificato dalla norma UNI 11531-1;
- Contenuto di solfati inferiore a 0.2% (sulla massa dell'aggregato).

Le prove di controllo dovranno essere eseguite ogni 1.500 m³ di materiale di riporto stoccato per complessive 12 analisi e dovranno essere eseguite presso un laboratorio geotecnico accreditato.

- Terreni di fondazione

Prima della posa in opera delle carpenterie dell'armatura del vallo, i terreni di fondazione posizionati a quota -0,30 m da p.c. dovranno essere compattati con un'energia di compattazione tale da generare una massa volumica finale non inferiore a 1,684 Mg/m³ (massa volumica di progetto). Le prove di collaudo dovranno essere eseguite in sito secondo la normativa di riferimento CNR-BU n° 22-72 - CNR 22. Le prove dovranno verificare il raggiungimento di un grado di compattazione dei terreni di fondazione non inferiore al 95 % dello standard Proctor di riferimento.

E' prevista la realizzazione in corso d'opera di 4 prove di densità in sito posizionate a distanza di ca. 40 m l'una dall'altra.

- Rilevato strutturale (Vallo barriera verde)

Si prevede che il vallo con funzione di barriera antirumore sia realizzato in terra battuta con i materiali di scavo indicati al Capitolo 9 e posato in opera secondo le modalità

delle terre armate in strati di spessore massimo di 35 cm opportunamente compattati come indicato alla sez. 7.3.3 (Compattazione materiali di riporto). Gli elementi strutturali di rinforzo saranno invece posati in opera per fasi e saranno costituiti da strati costanti di materiale di riporto (blocco strutturale) di spessore pari a 0,70 m posati in opera in 9 fasi di lavoro successive. Al termine della posa in opera di ciascun blocco strutturale di spessore pari a 0,70 m questo, dovrà essere sottoposto alle prove di controllo e possedere i requisiti di costipamento richiesti, e costipato con un'energia di compattazione tale da generare una massa volumica finale non inferiore a 1,630 Mg/m³ con un'umidità W pari a ca. il 21,50 % (umidità ottimale).

Il progetto prevede inoltre, la parziale pavimentazione del piano di coronamento del vallo (cfr. sez. 12.1.) per una superficie di 1.125 m² sul quale si è considerato cautelativamente agente un sovraccarico accidentale dovuto alla presenza di persone e veicoli pari a 20 kN/m² (2,0 t/m²). Sull'ultimo blocco strutturale posto tra quota + 5,30 / + 6,00 m da p.c. saranno eseguite n. 3 prove di carico su piastra, posizionate a distanza di ca. 40 m l'una dall'altra per la verifica della capacità portante della superficie del rilevato strutturale che dovrà garantire, ipotizzando un coefficiente di sicurezza di carico pari a 1,3, valori di capacità portante „Qp“ non inferiori a 26 kN/m². Sulla base delle delle indagini dirette eseguite in sito e delle analisi eseguite in laboratorio si può prevedere una capacità portante della superficie del rilevato strutturale non inferiore 70 kN/m² (7,1 t/m²).

Segue la tabella di riepilogo della frequenza e della tipologia delle prove di collaudo da eseguire in corso d'opera, sia in corrispondenza del piano di posa del rilevato strutturale, sia dopo compattazione, ad ogni 0,70 m di rilevato posato in opera, sulla base delle procedure adottate da „Autostrade SpA“ per il controllo del materiale di costruzione dei rilevati sciolti (Casagrande, 1993) che prevede mediamente una verifica di conformità ogni 500 m³ di terreno posato in opera. La frequenza delle prove potrà essere diminuita o aumentata, secondo quanto prescritto dalla Direzione Lavori in considerazione della maggiore o minore omogeneità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione. L'impresa dovrà eseguire le prove di controllo nei punti indicati dalla Direzione Lavori ed in contraddittorio con la stessa.

Blocco Strutturale di riferimento (m da p.c.)	Volume materiale (m ³)	Prove (n.)	Interasse (m)	Prova di Densità in sito (CNR-22)	Prova di Controllo umidità (UNI CEN ISO/TS 17892-1)	Prova di Carico su piastra (CNR 9 – 70317)
+ 5,30 / + 6,00	1.100	7	40/50	2	2	3
+ 4,60 / + 5,30	1.200	4	100	2	2	-
+ 3,90 / + 4,60	1.300	4	100	2	2	-
+ 3,20 / + 3,90	1.400	4	100	2	2	-
+ 2,50 / + 3,20	1.500	6	50	3	3	-
+ 1,80 / + 2,50	1.600	6	50	3	3	-
+ 1,10 / + 1,80	1.700	6	50	3	3	-
+ 0,40 / + 1,10	1.800	6	50	3	3	-
-0,30 / + 0,40	2.256	8	40	4	4	-
Piano di posa - 0,30		4	40	4 (*)	-	-
Totale	13.856	55	-	28	24	3

(*): Raccomandazione A.G.I. una verticale di collaudo ogni 50/100 m lineari di struttura

Tabelle 32:

Tabella 32: Frequenza delle prove di collaudo

9.

9. VERIFICHE GEOTECNICHE E DI STABILITÀ

Il dimensionamento della struttura è stato condotto sulla base dei risultati di laboratorio geotecnico, sulla base delle risultanze delle indagini geofisiche e sulle base delle caratteristiche di resistenza meccanica dei materiali che si intende utilizzare, agli Stati Limite Ultimi sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche. In accordo con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018 - capitolo 6 - sono stati applicati coefficienti parziali ai carichi, ai parametri geotecnici ed alle resistenze come definiti nei paragrafi successivi.

In particolare:

- Per quanto riguarda la stabilità globale si è utilizzato l'Approccio 1 Combinazione 2: A2+M2+R2 (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno);
- Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo geotecnico (GEO) cioè per le Verifiche Esterne a Scorrimento della Fondazione, verifica di Capacità Portante della Fondazione e verifica a Ribaltamento della Struttura si è utilizzato l'Approccio 2: A1+M1+R3 (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno);
- Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo strutturale (STR), per le Verifiche di resistenza degli elementi strutturali si è utilizzato l'Approccio 2:

A1+M1+R3 (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno);

- Per quanto riguarda la stabilità globale si è utilizzato l'Approccio 1 Combinazione 2: M2+R2+kh±kv (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno);
- Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo geotecnico (GEO) cioè per le Verifiche Esterne a Scorrimento della Fondazione, verifica di Capacità Portante della Fondazione e verifica a Ribaltamento della Struttura si è utilizzato l'Approccio 2: M1+R3+kh±kv (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno);
- Per quanto riguarda invece le verifiche agli SLU di tipo strutturale (STR) (NTC2018 par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno), per le Verifiche di resistenza degli elementi strutturali si è utilizzato l'Approccio 2: M1+R3+kh±kv.

In accordo con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018 - capitolo 7.11 – sono state condotte anche le verifiche in condizioni sismiche applicando i coefficienti parziali dei parametri geotecnici ed alle resistenze (come definiti nel capitolo successivo), mentre i coefficienti parziali dei carichi sono stati posti pari ad 1.

9.1.

9.1. Coefficienti di sicurezza parziali

Il progetto strutturale e geotecnico delle opere in esame è stato condotto in conformità alle indicazioni del D.M. 17.01.2018 (rif. Cap. 6 e Cap. 7). Nell'ambito delle verifiche allo Stato Limite Ultimo si sono adottati i coefficienti parziali indicati nelle tabelle che seguono. Coefficienti parziali dei carichi e delle spinte (i carichi permanenti non strutturali sono assimilati ai sovraccarichi permanenti in quanto compiutamente definiti).

I coefficienti parziali di riduzione delle prestazioni dei rinforzi definiti nel report di calcolo di MacStars W come "Fs Rottura Rinforzi" e "Fs Sfilamento Rinforzi" sono posti pari all'unità poiché non definiti nelle "Nuove Norme Tecniche 2018".

Coefficienti PARZIALI DEI PARAMETRI DI RESISTENZA γ_R				
$R_d = R_k / \gamma_R$	R2	R2(*)	R3	R3(*)
Stabilità	1,10	1,20	1,00	1,20
Scorrimento - Slittamento per attrito	1,00	1,00	1,10	1,00
Ribaltamento	1,00	1,00	1,15	1,00

Capacità portante della Fondazione - Punzonamento	1,00	1,00	1,40	1,20
---	------	------	------	------

Tabelle 33:

Tabella 33: Coefficienti parziali γ_R

Coefficienti PARZIALI DEI PARAMETRI GEOTECNICI γ_M				
	M1	M1(*)	M2	M2(*)
Peso unità di volume (γ_γ)	1,00	1,00	1,00	1,00
Angolo di attrito $\tan\Phi'_k$ (γ_Φ)	1,00	1,00	1,25	1,00
Coesione efficace c'_k ($\gamma_{c'}$)	1,00	1,00	1,25	1,00
Resistenza non drenata c_{uk} (γ_{cu})	1,00	1,00	1,40	1,00

Tabelle 34:

Tabella 34: Coefficienti parziali γ_M

Coefficienti PARZIALI DELLE AZIONI γ_F					
		A1	A1(*)	A2	A2(*)
<i>PERMANENTI:</i> (Pesi, spinte geostatiche del terreno; sovraccarichi permanenti) (γ_{G1})	Favorevole	1,00	1,00	1,00	1,00
	Sfavorevole	1,30	1,00	1,00	1,00
<i>VARIABILI:</i> (sovraccarichi variabili; sisma; spinte relative indotte) (γ_{Q1})	Favorevole	0,00	1,00	0,00	1,00
	Sfavorevole	1,50	1,00	1,30	1,00
(*) : condizioni sismiche: nel caso di verifiche sismiche i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici vengono posti pari all'unità (Rif. 7.11.6.2.2 del D.M. 17.01.2018).					

Tabelle 35:

Tabella 35: Coefficienti parziali γ_F

9.2.

9.2. Ipotesi di calcolo

La caratterizzazione geomeccanica dei terreni è riportata negli allegati di calcolo. Si è considerato agente un sovraccarico accidentale dovuto alla eventuale presenza di persone e veicoli pari a 20 kPa (2 t/m²). Per le verifiche sismiche il sovraccarico accidentale dovuto al transito di mezzi è moltiplicato per il fattore $\psi_2 = 0.2$ in accordo con D.M. 17.01.2018 cap. 5.1.3.12. Il dimensionamento delle strutture in progetto è stato eseguito con riferimento a quanto riportato nelle seguenti tabelle, sarà compito della DD.LL. verificare che i materiali posti in opera corrispondono a quelli di progetto, al fine di assicurare, nella costruzione dei rilevati, i coefficienti di sicurezza previsti.

DATI GEOTECNICI	Rilevato	$\gamma_1 = 16 \text{ kN/m}^3$	$\varphi_1 = 35^\circ$	$c'_1 = 0 \text{ kPa}$
	Strato a matrice carboniosa	$\gamma_2 = 14.2 \text{ kN/m}^3$	$\varphi_2 = 34^\circ$	$c'_2 = 0 \text{ kPa}$
CARICHI ACCIDENTALI ESTERNI	Dinamico	20 kPa (4 kPa in condizioni sismiche)		
	Sismico	$K_h = 0,011$ $K_v = 0,006$		

Tabelle 36:

Tabella 36: Carichi di progetto

9.3.

9.3. Metodo di calcolo

L'esame delle condizioni di stabilità dei rilevati è condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità è condotta mediante un programma di calcolo denominato MacStars W e la ricerca delle superfici critiche è svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. In particolare si è fatto riferimento al metodo di BISHOP modificato che prevede l'utilizzo di superfici di scorrimento circolari, applicabile al caso in esame.

Nel codice di calcolo di MacStars W si utilizzano i metodi semplificati di Bishop e Janbu. In entrambi i metodi il criterio di rottura adottato è quello di Mohr - Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma - u) * \tan(\phi')$$

dove:

τ = tensione tangenziale massima

c = coesione

σ = pressione normale totale

u = pressione interstiziale

ϕ' = angolo di attrito

Applicando al valore della tensione tangenziale massima il coefficiente di sicurezza si verifica la forza tangenziale mobilizzata.

9.3.1.

9.3.1. Metodo semplificato di Bishop

- vale solo per superfici circolari e quasi circolari, cioè superfici assimilate a superfici circolari adottando un centro di rotazione fittizio;
- ipotizza che le forze di interazione tra i conci siano solo orizzontali;

- ottiene il coefficiente di sicurezza mediante scrittura della condizione di equilibrio alla rotazione intorno al centro della circonferenza;
- non soddisfa l'equilibrio globale in direzione orizzontale

9.3.2.

9.3.2. Metodo semplificato di Janbu

- vale per superfici di forma qualsiasi;
- ipotizza inizialmente che le forze di interazione tra i conci siano solo orizzontali;
- ottiene il coefficiente di sicurezza mediante scrittura della condizione di equilibrio alla traslazione verticale e quindi orizzontale;
- consente di tenere in conto le forze di interazione verticali (tangenziale) tra i conci mediante applicazione al precedente coefficiente di sicurezza di un fattore correttivo che dipende dalla geometria del problema e dal tipo di terreno;
- non soddisfa l'equilibrio globale alla rotazione del cono.
- In relazione ai modelli di comportamento dei rinforzi una verifica di stabilità può essere condotta con il metodo rigido o con il metodo degli spostamenti.

9.3.3.

9.3.3. Verifica di stabilità globale

La verifica di stabilità globale, o stabilità di base, è da intendersi come la verifica di stabilità con i metodi all'equilibrio limite di un pendio, rinforzato o meno. Può quindi essere utilizzato per valutare la stabilità del pendio in assenza di rinforzi, prima delle ipotesi di progetto di rinforzo. A seguito del progetto, tale verifica è da utilizzare per valutare la stabilità dell'opera nei confronti di meccanismi di potenziale scivolamento profondi e quindi eventualmente esterni ai rinforzi stessi.

9.3.4.

9.3.4. Verifica di stabilità interna

La verifica di stabilità interna (o stabilità di pendio) consente di valutare il dimensionamento dell'opera, intesa come definizione dei rinforzi (tipologia, spaziatura, lunghezza, ecc.). In tale tipo di verifica le superfici di potenziale scivolamento partono dal piede di valle dell'opera di rinforzo e terminano nella parte superiore del pendio dopo aver attraversato l'opera progettata.

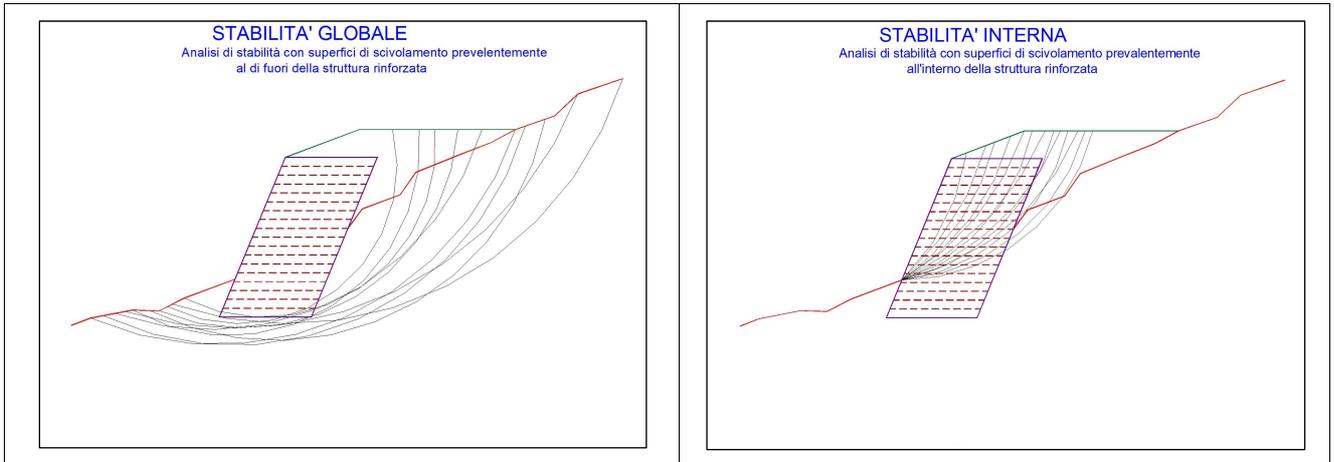


Abbildung 47:

Figura 47: Modello per analisi di stabilità globale r interna al manufatto

9.3.5.

9.3.5. Modello rigido

Nel modello rigido si ipotizza che un qualsiasi rinforzo che attraversi la superficie di potenziale scorrimento analizzata fornisca la forza di rottura del rinforzo, penalizzata dal relativo coefficiente di sicurezza, indipendentemente dai valori di rigidità dei rinforzi stessi. Per ciascun rinforzo devono essere verificate le seguenti condizioni:

- deve essere garantito un ancoraggio minimo (fornito dall'utente);
- deve essere garantito lo sfilamento nella zona di ancoraggio;
- deve essere garantito lo sfilamento all'interno della porzione di terreno instabile.

Nel primo caso, una lunghezza di ancoraggio inferiore al minimo stabilito comporta l'annullamento completo della trazione nel rinforzo. Nel secondo e nel terzo caso la trazione nel rinforzo viene limitata al minore dei due valori di sfilamento. Il calcolo delle forze ultime di sfilamento viene eseguito con il seguente procedimento, che si basa sulla considerazione che in tutti i punti del rinforzo sia raggiunta la condizione ultima (τ_u).

9.3.5.1.

9.3.5.1. Sfilamento esterno (tratto di ancoraggio)

La zona di ancoraggio è suddivisa in tratti e per ciascun tratto si calcola il valore della tensione tangenziale ultima (τ_u) dalla seguente relazione:

$$\tau_u = f \cdot \sigma_v$$

dove:

f = coefficiente di attrito totale del rinforzo sui materiali sopra e sotto nel tratto interessato, potendo essere rinforzo su rinforzo (f_{rr}) o rinforzo su terreno (f_{tr}).

σ_v = tensione verticale efficace sul tratto considerato, ottenuta dalla relazione:

$$\sigma_v = (W + P_v - U) / dx$$

Con:

W = peso totale della colonna di terreno sovrastante;

P_v = componente verticale del carico distribuito uniforme agente in sommità;

U = pressione neutra;

dx = larghezza del tratto considerato.

L'integrale delle tensioni tangenziali ultime indica la forza di sfilamento esterna ultima del rinforzo. Al valore così determinato può essere applicato il coefficiente di sicurezza.

9.3.5.2.

9.3.5.2. Sfilamento interno

Nel caso di rinforzi secondari il procedimento per il calcolo della forza di sfilamento ultima è identico a quella dello sfilamento esterno.

La lunghezza del rinforzo all'interno del blocco instabile è suddivisa in tratti e per ciascun tratto si calcola il valore della tensione tangenziale ultima (τ_u) dalla seguente relazione:

$$\tau_u = f \cdot \sigma_v$$

dove il significato dei simboli è il medesimo del caso precedente. L'integrazione delle tensioni tangenziali ultime indica la forza ultima di sfilamento interno. Nel caso di rinforzi principali è da aggiungere il contributo resistente dovuto al risvolto. Tale contributo (F_0) può essere calcolato mediante somma di due contributi:

$$F_0 = F_1 + \Delta F$$

Dove F_1 è il contributo che genera sfilamento nella parte risvoltata (orizzontale), mentre ΔF è l'ulteriore contributo che tiene conto delle forze radenti lungo il tratto subverticale, adiacente al paramento. F_1 è calcolata con procedimento analogo a quello dello sfilamento esterno (integrazione delle forze tangenziali ultime), mentre ΔF è calcolato, nell'ipotesi che il tratto in oggetto assuma una configurazione semicircolare, dalla relazione:

$$\Delta F = F_1 \cdot \pi \cdot f_{tr}$$

Al valore così determinato può essere applicato il coefficiente di sicurezza

9.3.6.

9.3.6. Generazione delle superfici di rottura

Nel codice di calcolo MacStars W è possibile assegnare una superficie di scorrimento mediante le coordinate della superficie di rottura del pendio oppure è possibile far eseguire una ricerca della superficie di potenziale scorrimento, cioè la ricerca di quella superficie che presenta il coefficiente di sicurezza minore e quindi la superficie che presenta la maggiore probabilità di generare un collasso del pendio, qualora uno o più parametri di resistenza fossero inferiori a quelli del calcolo o i carichi fossero superiori. La generazione delle superfici può essere di due tipi:

- superfici circolari;
- superfici casuali.

Il metodo di calcolo associabile alle superfici generate è: Bishop per superfici circolari, Janbu per superfici circolari e casuali. Nel caso di superficie assegnata è possibile il calcolo sia con il metodo di Janbu che con il metodo di Bishop, ma in questo caso la forma della superficie deve essere prossima ad un arco di circonferenza.

La ricerca della superficie critica è correlata ai seguenti parametri geometrici:

- l'estensione del tratto da cui partono le superfici;
- l'estensione del tratto in cui terminano le superfici;
- l'ampiezza dell'angolo di partenza delle superfici;
- la lunghezza di ogni singolo tratto della superficie di scorrimento;
- una quota minima sotto la quale le superfici non possono arrivare;
- un profilo geometrico all'interno del quale le superfici non possono entrare (ad esempio un profilo roccioso).

9.3.7.

9.3.7. Carichi dinamici dovuti a forze di natura sismiche

Il codice di calcolo MacStars W riconduce il calcolo in presenza di carichi sismici al metodo pseudostatico, introducendo nel calcolo forze di massa in direzione orizzontale ed in direzione verticale, ottenute moltiplicando il peso totale di ogni concio per i due coefficienti di intensità sismica. Valori positivi dei coefficienti di intensità sismica, espressi come % di g, generano a forze orientate verso l'esterno del pendio e verso l'alto.

Il contributo dei teli di rinforzo è introdotto nel calcolo solo se essi intersecano la superficie di scivolamento. La resistenza a trazione nei rinforzi può mobilitarsi per l'aderenza tra il rinforzo stesso ed i materiali (terreno o altri rinforzi) che si trovano sopra e/o sotto. Tale contributo è simulato con una forza stabilizzante diretta verso l'interno del rilevato applicata nel punto di contatto tra superficie di scorrimento e rinforzo stesso. Il modulo di tale forza è determinato scegliendo il minore tra il valore della resistenza a rottura del rinforzo ed il valore della resistenza allo sfilamento del rinforzo nel tratto di ancoraggio o nel tratto interno alla porzione di terreno instabile.

Per tenere conto dell'effetto dei rinforzi è stato implementato un modello di comportamento rigido. Nel modello rigido si ipotizza che un qualsiasi rinforzo, che attraversi la superficie di potenziale scorrimento analizzata, fornisca la forza di rottura del rinforzo penalizzata del relativo coefficiente di sicurezza, indipendentemente dai valori di rigidità dei rinforzi stessi. Per ciascun rinforzo sono verificate le seguenti condizioni:

- deve essere garantito un ancoraggio minimo;
- deve essere garantito lo sfilamento nella zona di ancoraggio;
- deve essere garantito lo sfilamento all'interno della porzione di terreno instabile.

Nel primo caso una lunghezza di ancoraggio inferiore al minimo stabilito comporta l'annullamento completo della trazione nel rinforzo. Nel secondo e terzo caso la trazione nel rinforzo è limitata al minore dei due valori di sfilamento.

Ai fini del calcolo strutturale si è tenuto conto della natura permanente dell'opera per cui sono state considerate le prestazioni a lungo termine dei materiali metallici: è stato valutato il parametro di resistenza di lavoro T_d . Mancando in Italia uno specifico riferimento normativo, la stima della resistenza di lavoro degli elementi di rinforzo è stata determinata facendo riferimento allo schema illustrato di seguito che la normativa inglese BS8006 prescrive per i rinforzi in genere.

La resistenza di lavoro T_d è valutata secondo la formula:

$$T_d = T_b / f_m$$

Dove f_m è il fattore di sicurezza complessivo che consente di passare dalla resistenza a trazione nominale T_b a quella di progetto e si compone secondo lo schema indicato di seguito:

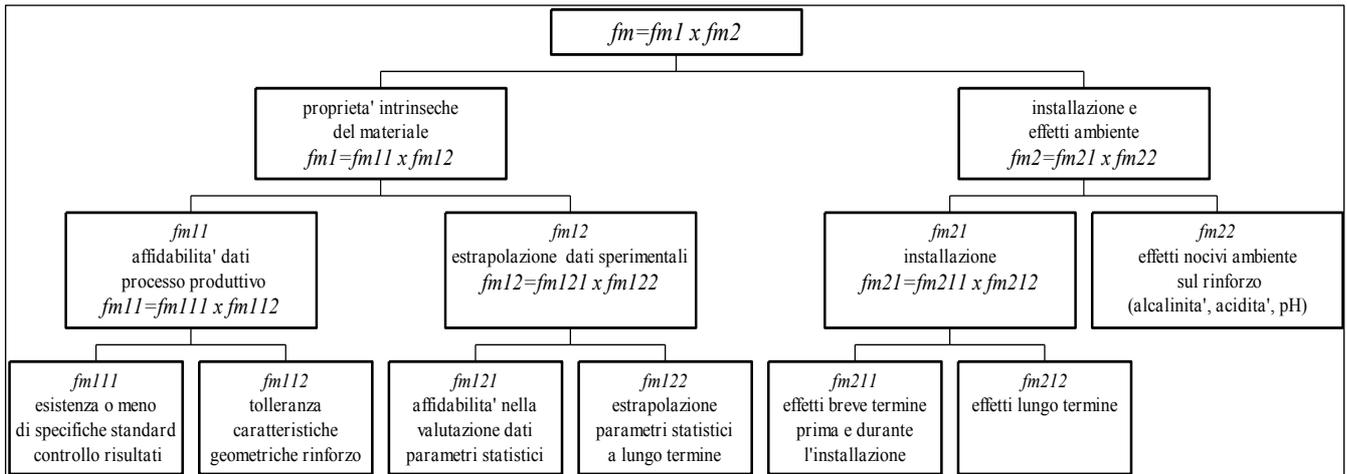


Abbildung 48:

Figura 48: Fattore di sicurezza complessivo

La valutazione di dettaglio dei fattori parziali di sicurezza è riportata qui di seguito ed è riferita ad una vita di progetto pari a 120 anni:

TERRAMESH VERDE – 120 ANNI			
Fattore	Parametro	Valore	Note
F_{creep}	Creep	1.0	Acciaio insensibile al creep
f_{m111}	Controlli di qualità	1.0	Resistenza a trazione minima
f_{m112}	Tolleranze in produzione	1.04	Diametro filo 2.7 ± 0.06 mm
f_{m121}	Affidabilità dati disponibili	1.0	Centinaia di test di trazione eseguiti
f_{m122}	Affidabilità estrapolazione alla vita utile di progetto	1.0	Test di trazione eseguiti da oltre 20 anni
f_{m211}	Installazione: effetti a breve termine	1.0	Nessun danneggiamento dell'acciaio
f_{m212}	Installazione: effetti a lungo termine	1.0 - 1.15	Rispettivamente per sabbie e ghiaie
f_{m22}	Degradazione chimica e biologica	1.05	Alta stabilità chimica del polimero
f_m		1.09 - 1.26	

Tabelle 37:

Tabella 37: Fattori parziali di sicurezza

La resistenza nominale del rinforzo metallico T_b , è pari alla resistenza a trazione ultima e nel caso del Terramesh si fa riferimento alle procedure di prova descritte nel Par. 9.3 della UNI EN 10223-3:2013 che tengono in conto le caratteristiche geometriche delle reti a doppia torsione; tale procedura di prova è parte integrante del sistema di controllo qualità alla base della marcatura CE del Terramesh ETA 16/0767.

Il valore minimo di resistenza a trazione così determinato risulta pari a:

$$T_b = 50 \text{ kN/m}$$

Per rinforzi realizzati in rete metallica doppia torsione, che non subiscono effetti di creep alle condizioni di

carico di lavoro, tale coefficiente di riduzione non viene applicato.

La tabella seguente mostra i valori della resistenza a trazione di ogni rinforzo e del valore del coefficiente di sicurezza alla rottura applicato f_m

TERRAMESH – VERDE (mesh 8x10 wire 2.7/3.7mm)		Gravel	Sandy gravel
Resistenza caratteristica a trazione (UTS)	kN/m	50	50
Coefficiente di sicurezza globale - f_m	-	1.26	1.09
Resistenza a trazione di progetto	kN/m	39.6	45.8

Tabella 38:

Tabella 38: Terramesh-Verde, caratteristiche tecniche

9.4.

9.4. Esito delle verifiche

Per le verifiche geotecniche e sismiche è stato considerato il profilo geotecnico di progetto G-G1 di Tavola 10 di altezza strutturale da - 0,30 m a + 6,00 m dal piano di campagna e secondo la combinazione più gravosa per il dimensionamento. I Tabulati di calcolo sono esposti in Allegato C.

9.4.1.

9.4.1. Coefficienti di sovradimensionamento e valori minimi ottenuti

Nella verifica di stabilità esterna ed interna si definiscono i coefficienti di sovradimensionamento, cioè i rapporti fra le capacità di resistenza della struttura e le azioni agenti sulla struttura stessa. Poiché nel calcolo si introducono sia coefficienti di sicurezza parziali che fattori di amplificazione dei carichi, è sufficiente che i fattori di sovradimensionamento siano maggiori od uguali a 1,00 per garantire la sicurezza nei confronti del criterio considerato. I valori minimi ottenuti nella struttura in oggetto sono riportati nella tabella che segue.

	Coefficienti Minimi di Sovradimensionamento (+kv)	
	Stabilità Globale	Stabilità Interna
Profilo G-G1 statica	1.10	5.19
Profilo G-G1 sismica	1.25	4.55
Condizione da soddisfare	≥ 1.00	≥ 1.00

Tabella 39:

Tabella 39: Esiti delle verifiche geotecniche e sismiche

10.

10. GESTIONE DEI MATERIALI IN SITO

Il Progetto di bonifica prevede il riutilizzo del materiale di scavo necessario alla realizzazione della nuova viabilità Riol, attraverso un intervento di Messa in Sicurezza Permanente che permetta la realizzazione di opere accessorie agli interventi BBT. Considerata la non pericolosità dei materiali di scavo si propone la gestione del materiale di riporto rinvenuto nelle medesime aree di cantiere. Segue l'esame delle modalità di gestione dei materiali riscontrati in coerenza con la destinazione d'uso ferroviaria e le opere di progetto previste per il sito.

L'articolo 7 del DGP n. 1070/05 "Spostamento di rifiuti all'interno del medesimo sito, indica: "1. Indipendentemente da quanto previsto negli art. 4, 5 e 6 lo spostamento di rifiuti all'interno dello stesso sito è possibile a condizione che in termini di rischio ambientale lo spostamento sia migliorativo rispetto alla situazione preesistente. Questa valutazione deve essere fatta con metodologie internazionalmente riconosciute (es. analisi di rischio, valutazione di impatto ambientale, ecc.). Nel caso inoltre in cui tramite lo spostamento venga prevista la ricollocazione definitiva dei rifiuti, la zona, all'interno dell'area, dove è prevista questa ricollocazione deve essere approntata utilizzando le migliori tecnologie disponibili a costi sostenibili.

La gestione dei materiali di scavo sarà descritta attraverso una specifica Procedura Esecutiva di Gestione dei rifiuti che dovrà essere predisposta per le attività. La procedura dovrà descrivere e definire le operazioni che caratterizzano la gestione dei rifiuti come:

- Luogo di produzione;
- Conferimento;
- Trasporto interno;
- Deposito temporaneo;
- Trasporto esterno;
- Recupero all'interno del cantiere;
- Smaltimento.

e fornire indicazioni per una corretta gestione dei materiali in caso di pioggia e differenziazione dei materiali in sito, con l'obiettivo di uniformare le modalità operative per la gestione dei rifiuti in conformità alle disposizioni normative vigenti e tutelare la sicurezza e la salute degli operatori all'interno del cantiere.

Terreni di riporto a matrice carboniosa non riutilizzabili in sito in esubero o non conformi al riutilizzo in sito, saranno smaltimenti in conformità alla normativa vigente con codice CER 170504.

10.1.

10.1. Calcolo dei volumi

Il Progetto Esecutivo BBT per la realizzazione della “Nuova viabilità di accesso Riol” dell’anno 2017 prevedeva per il tratto considerato dalla progressiva n. 5 alla progressiva n. 32, lo scavo complessivo di ca. 31.600 m³ di suolo/sotto-suolo, di cui 16.000 m³ costituiti da materiale di riporto a matrice carboniosa e scorie vetrificate, contestualmente il Progetto Preliminare di Bonifica approvato dagli Enti a febbraio 2020, proponeva mediante l’Alternativa 2) il riutilizzo in sito di questi materiali di riporto per un volume complessivo pari a ca. 16.000 m³.

A marzo 2020 è stata eseguita una Variante non sostanziale al Progetto Esecutivo “Nuova viabilità di accesso Riol” che ha generato un incremento complessivo del volume di scavo tra la progressiva n. 5 e la progressiva n. 32 pari a ca 2.650 mc rispetto a quanto previsto dal Progetto Preliminare di Bonifica. A seguito di questa variante non sostanziale si prevede:

- un incremento del volume dei materiali attesi di riporto a matrice carboniosa e scorie vetrificate dalla progressiva n. 5 alla progressiva n. 32 pari complessivamente a ca. 3.357 m³;
- la possibilità di riutilizzo dei materiali di riporto per il ri-tombamenti di cantiere in corrispondenza delle aree sottovia lato Ovest e lato Est per un volume complessivo pari a ca. 4.000 m³.

10.2.

10.2. Riepilogo dei volumi di Sterro/Scavo

E’ prevista la realizzazione di scavi selettivi con parziale recupero in sito di frazioni di terreno non coinvolte dai rifiuti: la cernita potrà essere eseguita direttamente in sito e permetterà di rendere più efficiente la gestione dei materiali di scavo.

I dati esaminati consentono di stimare i volumi netti del materiale costituito da terreno misto a carbone e scorie vetrificate come indicato nella tabella che segue, in cui è riepilogata per ciascuna area di intervento, il volume atteso di materiale di riporto a matrice carboniosa e scorie vetrificate previsto sia nel Progetto Preliminare che nel Progetto Definitivo di bonifica.

Id. Bereich / Id. area	Volume totale di scavo m ³ (Preliminare Ecosurvey 2019)	Volume atteso di riporto m ³ (Preliminare Ecosurvey 2019)	Volume totale di scavo m ³	Volume atteso di riporto m ³
Area sottopasso Est II (2.320 m ² da progressiva n. 5 a progressiva n. 10)	10.000	8.000	11.250	3.500
Area sottopasso Est I (2.000 m ² da progressiva n. 10 a progressiva n. 17)				5.500
Area sottovia (500 m ² da progressiva n.17 a progressiva n. 19)	3.000	1.500	3.000	1.500
Area sottopasso Ovest II (3.595 m ² da progressiva n. 19 a progressiva n. 25)	18.600	6.500	20.000	4.500
Area sottopasso Ovest I (3.100 m ² da progressiva n. 25 a progressiva n. 32)				3.500
Decorticamento area vallo (0,3 m X 2.855 m ²)	0	0	856,5	856,5
Gesamt / Totale	31.600	16.000	34.250	19.357

Tabelle 40:

Tabella 40: Volumi attesi dei materiali di riporto

Riepilogo dei volumi di Riporto/Rinterro

Per il riutilizzo in sito dei materiali di riporto sono state prese in considerazione le seguenti strutture:

- Vallo barriera verde: 13.0000 m³;
- Rinterro vasca di varo: 1.890 m³ (Volume 1);
- Ritombamenti di cantiere in corrispondenza dell'area sottovia lato Ovest: 2.160 m³ (Volume 2).
- Ritombamenti di cantiere in corrispondenza dell'area sottovia lato est: 1.840 m³ (Volume 3).

Nella figura che segue in considerazione della funzionalità delle opere e dei successivi lavori, sono state individuate:

- in colore verde ed in colore marrone le aree di scavo idonee al ritombamento con materiale di riporto, di pertinenza rispettivamente della vasca di varo (colore verde) e dell'area sottovia in area ovest ed in area est (colore marrone);
- in colore blu le aree di scavo non idonee al ritombamento con i materiali di riporto.

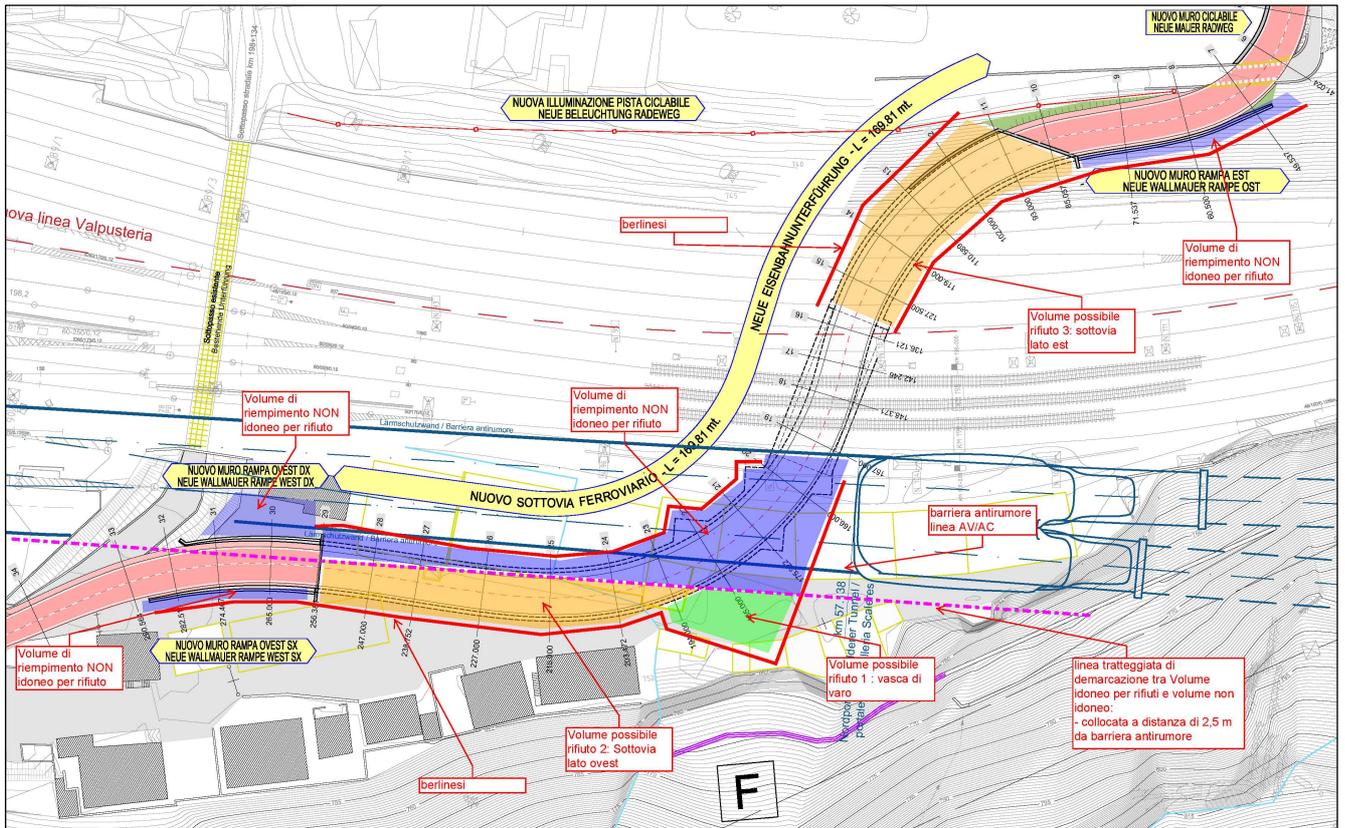


Abbildung 49:

Figura 49: Schema planimetrico ritombamenti

10.3.

10.3. Riutilizzo dei materiali in sito

Sulla base dei risultati delle analisi di laboratorio eseguite sui campioni C1/CC1, C2/CC2, C3/CC3, C4/CC4 e C5/CC5 prelevati rispettivamente dalle trincee TI, TII, TIIIa e TIIIb, TIV e TV è stato possibile valutare per ciascuna area di scavo la conformità ambientale dei terreni di riporto, come riassunto nella tabella che segue.

Id. Bereich / Id. area	Riferimento campione	Volume rappresentativo m ³ (UNI 10802)	Conformità ambientale	Volume atteso di riporto m ³
Area sottopasso Est II (2.320 m ² da progressiva n. 5 a progressiva n. 10)	C5 / CC5	3.900	conforme	3.500
Area sottopasso Est I (2.000 m ² da progressiva n. 10 a progressiva n. 17)	C4 / CC4	4.000	potenzialmente non conforme	5.500
Area sottovia (500 m ² da progressiva n. 17 a progressiva n. 19)	C3 / CC3	3.000	conforme	1.500
Area sottopasso Ovest II (3.595 m ² da progressiva n. 19 a progressiva n. 25)	C2 / CC2	3.800	conforme	4.500

Area sottopasso Ovest I (3.100 m ² da progressiva n. 25 a progressiva n. 32)	C1 / CC1	3.800	conforme	3.500
Decorticamento area vallo (0,3 m X 2.855 m ²)	-	-	-	856,5
Gesamt / Totale	-	18.500	-	19.357

Tabelle 41:

Tabella 41: Conformità ambientale dei terreni di riporto

La condizione di conformità ambientale è stata verificata su tutti i campioni di terreno di riporto esaminati ad eccezione di quelli provenienti dall'area Est I (trincea TIV profondità 3,5 m dal p.c) per i quali le analisi eseguite indicano una condizione di potenziale non conformità ambientale per il parametro Antimonio che risulta con la concentrazione di 110 mg/kg (limite 30 mg/kg) in corrispondenza del campione tal quale C4 ubicato in Area Est I. L'anomalia del parametro Antimonio risulta inferiore alla CSR [223 mg/kg] calcolata con l'Analisi di Rischio approvata dalla Provincia di Bolzano. I risultati del Test di cessione confrontati con i limiti delle acque sotterranee in conformità alla Tabella 2 del DGP del 4.4.2005 n. 1072, indicano la conformità ambientale per tutti i parametri analizzati ad eccezione del parametro Antimonio risultato con concentrazione pari a 5,9 µg/l (5 µg/l) in corrispondenza del campione C4 (AreaEst I), Piombo risultato con concentrazione pari a 17 µg/l (10 µg/l) in corrispondenza del campione C4 (AreaEst I) e con concentrazione pari a 40 µg/l (10 µg/l) in corrispondenza del campione C5 (AreaEst II).

Nella tabella che segue, per ciascuna area di intervento sono riepilogati: il volume atteso di materiale di riporto, il volume potenzialmente riutilizzabile in sito, il volume potenzialmente riutilizzabile in sito con prescrizione, il riutilizzo proposto nel stesso sito nell'ambito dei lavori di realizzazione della Nuova viabilità Riol.

Id. Bereich / Id. area	Conformità ambientale	Volume atteso di Riporto m ³	Volume riutilizzabile m ³	Volume riutilizzabile con prescrizione m ³	Vallo barriera verde m ³	Fondazione vallo m ³	Reinterro vasca di varo m ³	Ritombamenti di cantiere in corrispondenza dell'area sottovia lato Est m ³	Ritombamenti di cantiere in corrispondenza dell'area sottovia lato Ovst m ³
Area sottopasso Est II (2.320 m ² da progressiva n. 5 a progressiva n. 10)	conforme	3.500	3.500	-	X*	-	-	-	-
Area sottopasso Est I (2.000 m ² da progressiva n. 10 a progressiva n. 17)	parzialmente conforme	5.500	1.500	4.000	-	-	X	X	X

Area sottovia (500 m ² da progressiva n. 17 a progressiva n. 19)	conforme	1.500	1.500	-	X	-	-	-	-
Area sottopasso Ovest II (3.595 m ² da progressiva n. 19 a progressiva n. 25)	conforme	4.500	4.500	-	X	-	-	-	-
Area sottopasso Ovest I (3.100 m ² da progressiva n. 25 a progressiva n. 33)	conforme	3.500	3.500	-	X	-	-	-	-
Decorticamento area vallo e successivo rinterro	-	856,5	856,5	-	-	X	-	-	-
Gesamt / Totale	-	19.357	15.357	4.000	13.000	856,5	1.890	1.840	2.160
Gesamt / Totale			19.357		13.856,5		1.890	4.000	
Gesamt / Totale					19.357				
(*) : riutilizzo in area pavimentata (area impermeabile)									

Tabelle 42:

Tabella 42: Potenziale riutilizzo dei materiali in sito

I terreni di scavo estratti dalla Area Est II nei quali è stata rilevata una anomalia sull'eluato per il parametro Piombo in concentrazione pari a 40 µg/l se confrontato con i limiti per le acque sotterranee (10 µg/l), saranno cautelativamente utilizzati solo per la realizzazione del corpo interno del vallo, in corrispondenza dell'area pavimentata.

Segue la tabella di riepilogo con l'indicazione del volume potenzialmente riutilizzabile in sito e di quello proposto.

Id. Bereich / Id. area	Potenziell wiederverwertbare Menge / Volume potenzialmente riutilizzabile m ³ (Definitivo Ecosurvey 2020)	Vorgeschlagene Wiederverwertung / Riutilizzo proposto m ³ (Definitivo Ecosurvey 2020)
Vallo barriera verde	13.000	13.000
Fondazione vallo	856,5	856,5
Rinterro vasca di varo (10 m X 189 m ²)	1.890,0	1.890,0
Ritombamenti di cantiere in corrispondenza dell'area sottovia lato Est	1.840,0	1.800,0
Ritombamenti di cantiere in corrispondenza dell'area sottovia lato Ovest	2.160,0	1.810,0
Gesamt / Totale	19.747	19.357

Tabelle 43:

Tabella 43: Riutilizzo dei materiali in sito

Le attività di scavo per la realizzazione della Nuova viabilità Riolo nel tratto dalla progressiva 5 alla progressiva 32 dovranno essere programmata in modo da consentire prima,

la realizzazione del vallo mediante il riporto del terreno proveniente dalle area sottopasso Est II, sottovia, sottopasso Ovest I, sopasso Ovest II per un volume complessivo di ca. 13.000 m³. Eventuali terreni in eccesso provenienti dall'area sottopasso Est I, di volume complessivo stimato in circa 2.000 m³, potranno essere riutilizzati in sito dopo specifica verifica di conformità ambientale.

In generale è prevista un analisi di verifica della conformità ambientale ai fini del riutilizzo in sito, per ogni 1.500 m³ di terreno di riporto a matrice carboniosa estratti, per complessive 12 verifiche di laboratorio sul tal quale per i parametri: Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Piombo, Rame, Zinco, Amianto, Idrocarburi C<12 e C>12, secondo il seguente schema:

- Area sottopasso Est I – 5.500 m³ – 4 analisi
- Area sottopasso Est II – 3.500 m³ – 2 analisi
- Area sottovia – 1.500 m³ – 1 analisi
- Area sottopasso Ovest I – 4.500 m³ – 3 analisi
- Area sottopasso Ovest II – 3.500 m³ – 2 analisi

Per le verifiche di conformità ambientale, le attività di campo dovranno essere coordinate da un geologo, con il compito di provvedere all'individuazione e alla classificazione dei terreni frammisti a rifiuti oggetto d'indagine, nonché alla definizione degli aspetti ambientali ed al prelievo dei campioni ai con riferimento alla norma UNI 10802, al D.Lgs. 152/2006 e DGP del 4.04.2005 n. 1072.

Eventuali terreni non riutilizzabili in sito saranno conferiti a smaltimento presso impianto autorizzato.

10.3.1.

10.3.1. Aree di deposito temporaneo

Per meglio gestire la selezione dei materiali e le verifiche analitiche di conformità al riutilizzo in sito è prevista la predisposizione all'interno dell'area di cantiere che sarà allestito per la realizzazione della Nuova viabilità Riol, di un'area di deposito temporaneo dei materiali estratti, di estensione pari a ca. 1.600 m² che permetterà lo stoccaggio temporaneo di ca. 4.000 m³ di rifiuti non pericolosi costituiti da terreno, misto a riporto a matrice carboniosa con la presenza di scorie vetrificate.

I materiali potranno essere accumulati separatamente anche sul suolo, purché sagomato con adeguate pendenze in modo da evitare ristagni di acque meteoriche. I terreni di riporto provenienti dall'area Est I dovranno inoltre, essere ricoperti con teli in PVC o HDPE tali da escludere l'infiltrazione delle acque meteoriche all'interno del corpo rifiuti.

L'ubicazione dell'area di deposito temporaneo è indicata nella figura che segue.



Abbildung 50:

Figura 50: Aree di deposito temporaneo

10.3.2.

10.3.2. Vallo barriera verde

Per la realizzazione del vallo barriera verde è previsto il riutilizzo in sito, dopo verifica di conformità ambientale, dei terreni frammentati a rifiuti provenienti dalle seguenti aree di scavo:

- Area sottopasso Est II (3.500 m³)
- Area sottovia – 1.500 m³
- Area sottopasso Ovest (4.500 m³)
- Area sottopasso Ovest II (3.500 m³)

Le procedure e le specifiche tecniche per la realizzazione del rilevato strutturale che andrà a costituire il vallo barriera verde sono espone nel Capitolo 7.

Per la realizzazione del rilevato strutturale è previsto il decorticamento dei primi 30 cm di suolo in corrispondenza dell'attuale piano campagna, per complessivi 856,5 m³ al fine di permettere la posa in opera della gabbionatura metallica in corrispondenza del piano di fondazione previsto a -0,30 m dall'attuale p.c. ed il successivo riporto del materiale nella sede di scavo. Questi terreni saranno gestiti all'interno dell'area di cantiere e stoccati in sito per il tempo necessario alla posa in opera della struttura metallica di fondazione. Per questi terreni non sono previste analisi di verifica ambientale a meno di evidenze di contaminazione che la direzione lavori dovrà annotare nel giornale lavori.

10.3.3.

10.3.3. Vasca di varo

Al termine delle attività di cantiere, l'area della vasca di varo con superficie di 189 m², in corrispondenza del margine Ovest, sarà ripristinata ritombamento di circa 1.890 m³ di terreno di riporto proveniente dall'area sottopasso Est I. I terreni saranno posizionati a partire dal fondo della vasca, ubicato alla quota di 736,8 m slm per un'altezza di 10,0 m fino alla quota di 746,8 m slm, in strati di spessore massimo pari a 0,35 m. Gli strati saranno opportunamente compattati mediante compattatore con rullo anteriore di peso non inferiore a 6.000 kg.

Per il ritombamento dell'area della vasca di varo sarà previsto il riutilizzo dei terreni frammisti ai rifiuti provenienti dall'Area Est I. Considerato che questi materiali sono risultati al test di cessione potenzialmente suscettibili al rilascio di Antimonio e Piombo [Tabella 9: Qualità eluato e limiti acque sotterranee], in quest'area si provvederà alla realizzazione di un *capping* dello spessore di 0,30 m posto tra quota 746,8 m slm e quota 747,1 (p.c. di progetto) con funzione di protezione e impermeabilizzazione dei materiali sottostanti che risulteranno isolati da ogni possibile interazione con le acque meteoriche di infiltrazione. Il corpo del *capping* garantirà un coefficiente di permeabilità verticale inferiore a 10⁻⁷ m/sec. Considerato che l'area della vasca di varo è interamente compresa nell'area ferroviaria e sarà essere destinata unicamente a transito pedonale per addetti autorizzati, con esclusione del transito veicolare, il *capping* potrà essere realizzato come segue:

- posa in opera di di 50 m³ di terreno a bassa permeabilità di altezza pari a 0,25 m con l'interposizione di un telo impermeabile in HDP dello spessore minimo di 2 mm;
- compattazione meccanica dei terreni di *capping*;
- riporto al di sopra dei terreni di *capping* (da quota 747,05 m slm a quota 747,10) di uno strato di 0,05 m di terreno di riporto conforme al riutilizzo in sito a protezione del *capping* sottostante.

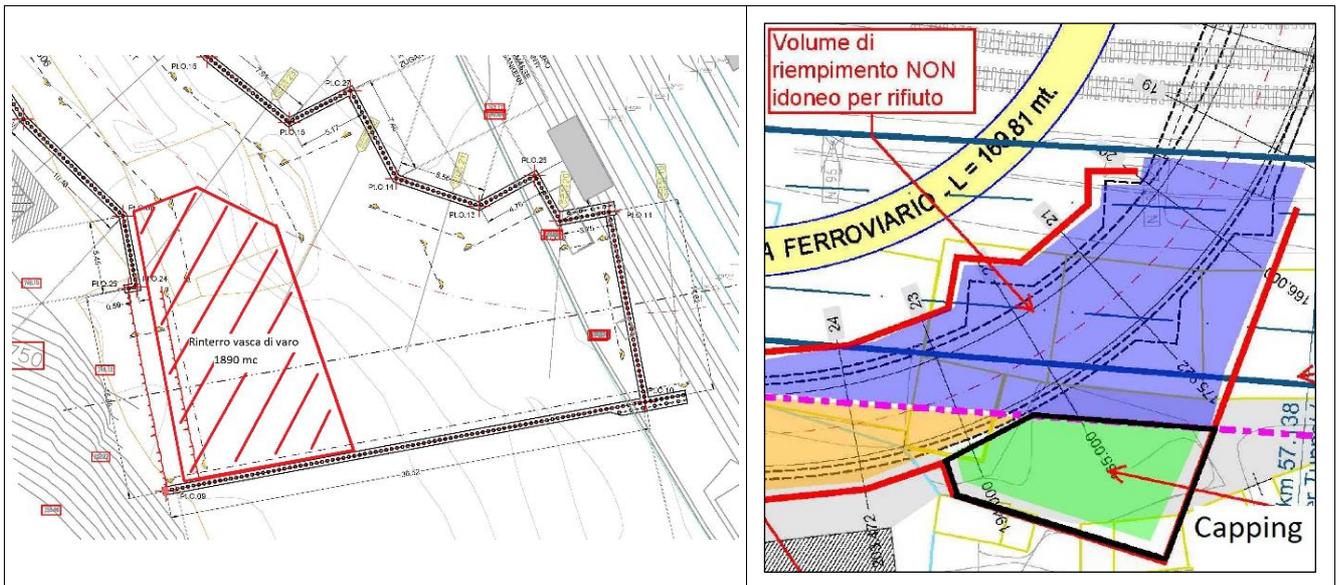


Abbildung 51:

Figura 51: Riutilizzo terreni nella Vasca di varo

10.3.4.

10.3.4. Ritombamento delle aree di cantiere

Per il ritombamento delle aree di cantiere in corrispondenza del lato Est e del lato Ovest, potranno essere riutilizzati complessivamente 3.610 m³ di terreni di riporto proveniente dall'area sottopasso Est I di cui 1.800 m³ potranno essere utilizzati per il ritombamento delle aree di cantiere in corrispondenza del lato Est e 1.810 m³ per il ritombamento delle aree di cantiere in corrispondenza del lato Ovest.

Per il ritombamento di queste aree è possibile l'utilizzo di terreni frammisti a rifiuti provenienti dall'Area Est I, che sono risultati al test di cessione potenzialmente suscettibili al rilascio di Antimonio e Piombo [Tabella 9: Qualità eluato e limiti acque sotterranee], prevedendo la realizzazione di un *capping* superficiale per impedire fenomeni di infiltrazione verticale delle acque meteoriche.

Il terreno di riporto sarà confinato prevalentemente all'interno dell'intercapedine in continuità tra il monolite e la berlinese di pali, come indicato nella figure che seguono dove:

- in colore arancione sono indicate le aree dove sarà possibile posizionare il terreno frammisto ai rifiuti;
- in colore viola le aree non compatibili al ritombamento.

Per la realizzazione del *capping* si provvederà alla posa in opera di un telo in HDPE dello spessore minimo di 5 mm. Il telo sarà posizionato in corrispondenza di ciascuna area oggetto di ritombamento e protetto all'interno di uno strato di sabbia (0,2/5) con spessore minimo di 20 cm come indicato nella figura che segue.

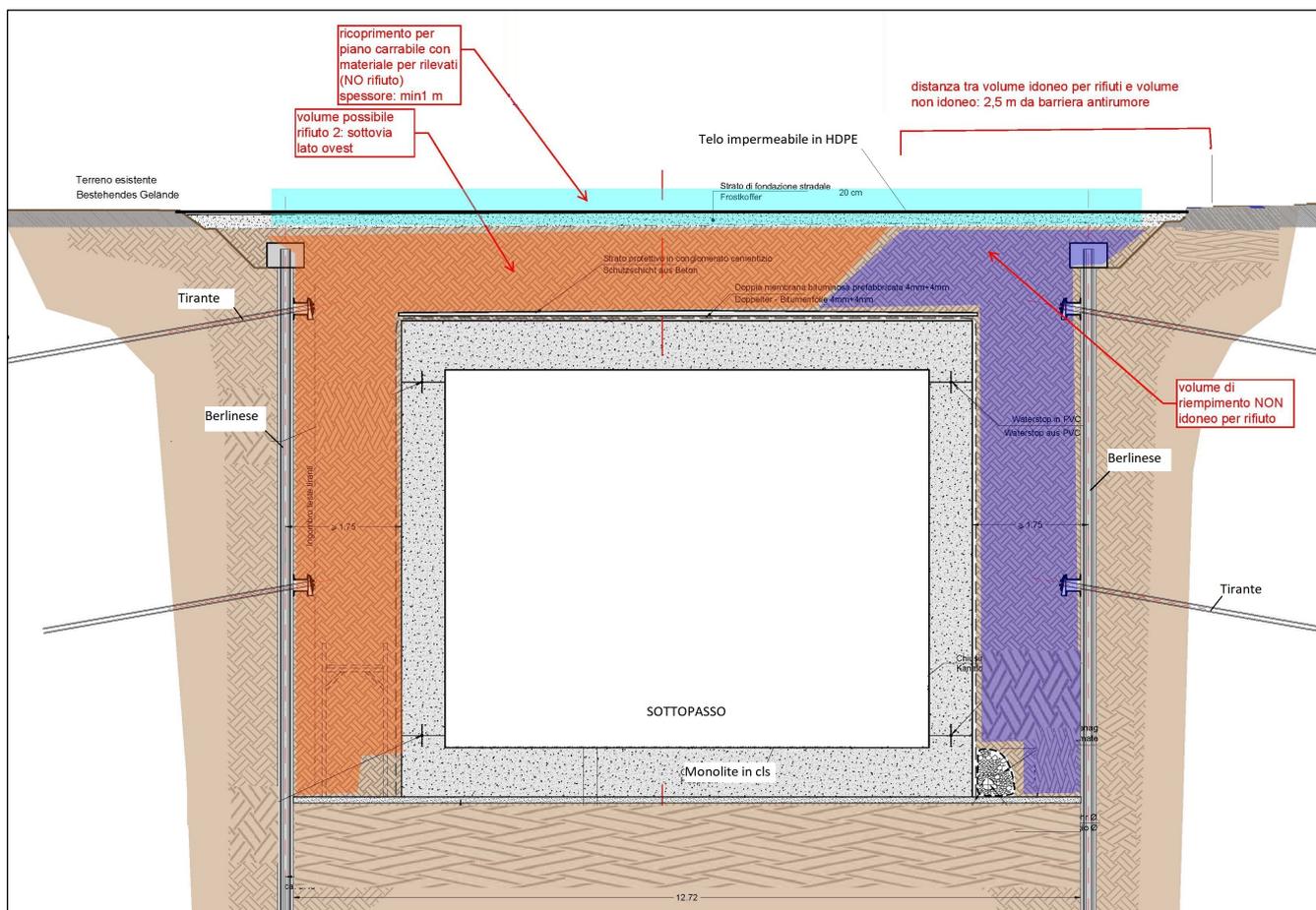


Abbildung 52:

Figura 52: Rinterri di cantiere sottovia lato Est e lato Ovest

Le caratteristiche tecniche delle membrane in polietilene ad alta densità (HDPE) sono stabilite dalla norma UNI 8898-63, che indica i requisiti minimi delle geo-membrane utilizzate per la costruzione dei sistemi barriera, le specifiche tecniche sono riportate nella tabella che segue:

Technische Eigenschaften Caratteristiche tecniche	Maßeinheit Unità di misura	Wert Valore	Methodik Metodologia
Spessore	mm	5/10	UNI EN 1849-2; ASTM D 5199
Massa volumica	g/cm ³ P3P	> 0.94	UNI 7092
Contenuto in nerofumo	%	> 2	UNI 9556
Resistenza a rottura	Mpa	> 26	UNI EN 12311 ASTM D 638
Allungamento a rottura	%	> 700	
Resistenza allo snervamento	Mpa	> 15	
Allungamento a snervamento	%	> 9	
Resistenza al punzonamento statico (CBR)	N	> 5000	UNI EN ISO 12236
Resistenza a punzonamento dinamico	Classe	PD4	UNI EN 12691

Technische Eigenschaften Caratteristiche tecniche	Maßeinheit Unità di misura	Wert Valore	Methodik Metodologia
Resistenza a lacerazione	N/mm	> 130	ASTM D751; UNI EN 12310
Stress cracking	Ore	> 1000	ASTM D 1693
Stabilità dimensionale a caldo	%	< 2	UNI EN 1107
Permeabilità al vapor d'acqua	g/m ² P/24h	< 723.6	UNI 8202/23; ASTM E 96

Tabelle 44:

Tabella 44: Specifiche tecniche telo HDPE

10.4.

10.4. Aspetti legati alla realizzazione degli scavi

L'organizzazione degli scavi sarà organizzata considerando per ogni area del cantiere le caratteristiche del suolo, le caratteristiche delle opere di fondazione, l'economia del ciclo di produzione, scavo, riutilizzo ed allontanamento del materiale movimentato.

In ordine alle caratteristiche del terreno da movimentare i dati principali di riferimento per la pianificazione riguardano i volumi dei materiali in banco solitamente al netto dei lavori e delle movimentazioni accessorie. Il materiale in banco si presenta con una compattezza risultante dai processi di sedimentazione e dall'azione di agenti esogeni. La sua estrazione produce un aumento di volume di materiale sciolto rispetto al volume originario stipato in banco e analogamente il riempimento di uno scavo e la sua successiva costipazione producono una riduzione del volume in misura variabile. L'incremento ed il decremento di volume variano secondo il tipo di materiale.

L'analisi della produzione delle macchine da scavo richiede la determinazione di due coefficienti che permettano di stimare le grandezze dei volumi in banco e dei volumi sciolti:

- il coefficiente di rigonfiamento dato dal rapporto fra il volume sciolto e volume in banco;
- il coefficiente di carico dato da rapporto fra massa volumica in banco e massa volumica sciolta.

La massa per unità di volume in banco varia in relazione alla composizione del materiale, alla sua compattezza, alla presenza di acqua ed al relativo grado di imbibizione. Sul fattore di riempimento delle pale influisce inoltre la pezzatura del materiale cavato, la sua omogeneità, la presenza di massi o radici.

Altri fattori generali da considerazione nella pianificazione degli scavi sono: le condizioni climatiche come temperatura, piovosità e umidità che influenzano direttamente le condizioni operative del cantiere. Relativamente alla piovosità occorre valutare la permeabilità del terreno, l'esigenza di opere

provvisorie di protezione, drenaggi, protezione delle piste mediante la stesura di uno strato di conglomerato bituminoso (ad esempio per aree geografiche con più di 200 mm di pioggia/mese).

10.4.1. Produzione

10.4.1. Produzione

La produzione di una macchina di scavo corrisponde alla quantità di materiale movimentato nell'unità di tempo. La produzione oraria si riferisce al volume di materiale in banco movimentato per ogni ciclo per la frequenza oraria dei cicli di scavo (numero di cicli/ora di una macchina). Il valore teorico della produzione oraria è corretto da un coefficiente di efficienza che sintetizza condizioni operative aleatorie che intervengono nel ciclo di produzione.

La produzione giornaliera o la produzione settimanale costituiscono gli obiettivi del dimensionamento preliminare delle opere di scavo ed esprimono una misura della produzione rispetto al ciclo lavorativo giornaliero del cantiere che permette di comprendere attività, tempi, uso delle risorse quali costi aggiuntivi derivanti dal ricorso a straordinari ecc.

$$\text{Produzione oraria reale (m}^3\text{/h)} = K(N_c \times P_u) \text{ (m}^3\text{/h)} = K(60 \text{ (min)} / T_c \text{ (min)} \times \text{capacità benna} \times \text{fattore di riempimento) (m}^3\text{/h)}.$$

10.4.2. Volume di movimento

10.4.2. Volume di movimento

Considerato il dato progettuale di riferimento del volume del materiale in banco, l'aumento di volume in fase di scavo e la riduzione del volume in fase di riempimento, questi ultimi rappresentati da due coefficienti riferiti al materiale in banco, è possibile calcolare:

- il *coefficiente di rigonfiamento percentuale*, espresso come rapporto fra il volume sciolto e volume in banco:

$$F_s (\%) = (V_s/V_b - 1) \times 100$$

con:

- F_s : coefficiente di rigonfiamento percentuale;
- V_s : volume di materiale sciolto;
- V_b : volume di materiale in banco.

Le caratteristiche del terreno in posto sono riferite ai risultati delle analisi geotecniche di laboratorio e quelli delle prove geosismografiche che hanno permesso di determinare il grado di addensamento degli strati di terreno e di stimarne la densità come di seguito riassunto.

- $V_b = 34.250 \text{ m}^3$ (volume totale di scavo dalla progressiva n. 5 alla 3n. 2)

- γ_b (medio) = 1,62 Mg/m³ (densità geofisica media);
- Massa M = 34.250 m³ x 1,62 Mg/ m³ = 55.485 Mg;
- γ_s (medio) = 1,34 Mg/m³ (densità cumulo);
- $V_s = M/\gamma_s = 55.485 \text{ Mg}/1,34 \text{ Mg/m}^3 = 41.407 \text{ m}^3$
- **Fs (%) = (Vs/Vb-1)x100 = (41.407 m³/34.250 m³ - 1) x 100 = + 21%.**

Considerata la natura dei terreni presenti in sito, costituiti da terreno di riporto a matrice carboniosa frammisto con ghiaie grossolane e ciottoli, il valore di F ottenuto (pari a 21%) risulta compatibile con la media dei valori tabellari di F previsti per ghiaia asciutta (12%) e carbone antracitico (35%).

In base al Vs vengono determinate la capacità di trasporto e il numero di unità di trasporto necessarie.

- il *coefficiente di ritiro percentuale*, espresso come rapporto fra volume compattato e volume in sciolto:

$$F_c = (V_c/V_s-1) \times 100$$

con

- Fc: coefficiente di ritiro percentuale
- Vc: volume terreno compattato al 95% dello standard proctor;
- Vs: volume di materiale sciolto;

Nel caso in esame si assume:

- $V_s = 23.422 \text{ m}^3$ (volume atteso dei cumuli di terreno di riporto da riutilizzare in sito)
- γ_s (medio) = 1,34 Mg/m³;
- Massa M = 23.422 m³ x 1,34 Mg/ m³ = 31.385 Mg;
- γ_c (proctor) = 1,63 Mg/m³;
- $V_c = M/\gamma_c = 31.385 \text{ Mg}/1,63 \text{ Mg/m}^3 = 19.254 \text{ m}^3$

$$\mathbf{F_c (\%)} = (V_c/V_s-1) \times 100 = (19.254 \text{ m}^3/23.422 \text{ m}^3 - 1) \times 100 = - 18\%.$$

In base al F possono essere determinati:

- le quantità di terreno in esubero rispetto al fabbisogno di Vc;
- il rapporto ottimale fra Vs e Vc in caso di terrazzamenti carreggiabili;
- la produzione di una unità di compattamento a partire dal Vs o da Vb.

11.

11. PIANO TEMPORALE E GESTIONE DEGLI INTERVENTI

Le attività di Messa in Sicurezza Permanente previste potranno essere eseguite in circa 12 mesi, da svolgersi simultaneamente ai lavori per la realizzazione della Nuova viabilità Riol che per il tratto in oggetto che prevede la durata dei lavori di 313 gg. Il cronoprogramma di dettaglio delle Messa in Sicurezza Permanente sarà esposto nella Procedura Esecutiva di Gestione dei rifiuti che dovrà essere predisposta prima dell'inizio delle attività e dovrà considerare la tempistica necessaria per l'esecuzione delle analisi di laboratorio necessarie per la verifica di conformità ambientale dei lotti dei terreni frammisti a rifiuto che saranno predisposti in sito, prima del loro riutilizzo o conferimento.

La gestione degli interventi di movimentazione dei materiali di scavo, esposta nella Procedura Esecutiva di Gestione dei rifiuti, dovrà essere rispettata dalla ditta appaltatrice attraverso la vigilanza della Direzione lavori, al fine di fornire tutte le indicazioni per una corretta differenziazione e gestione dei materiali in sito, con l'obiettivo di uniformare le modalità operative per la gestione dei rifiuti in conformità alle disposizioni normative vigenti e tutelare la sicurezza e la salute degli operatori all'interno del cantiere.

I tempi di realizzazione potrebbero inoltre essere superiori in caso di festività e particolari condizioni metereologiche, in particolari casi di pioggia le attività di scavo saranno sospese e gli scavo coperti con teli per evitare il ristagno di acqua all'interno degli scavi stessi. Prima di riprendere le attività di scavo eventuali acque meteoriche presenti all'interno degli scavi dovranno essere allontanate mediante auto-spurgo e smaltite in conformità alla normativa vigente.

Segue il cronoprogramma di riferimento per le attività di realizzazione della Nuova viabilità di accesso Riol per il tratto oggetto di intervento di bonifica.

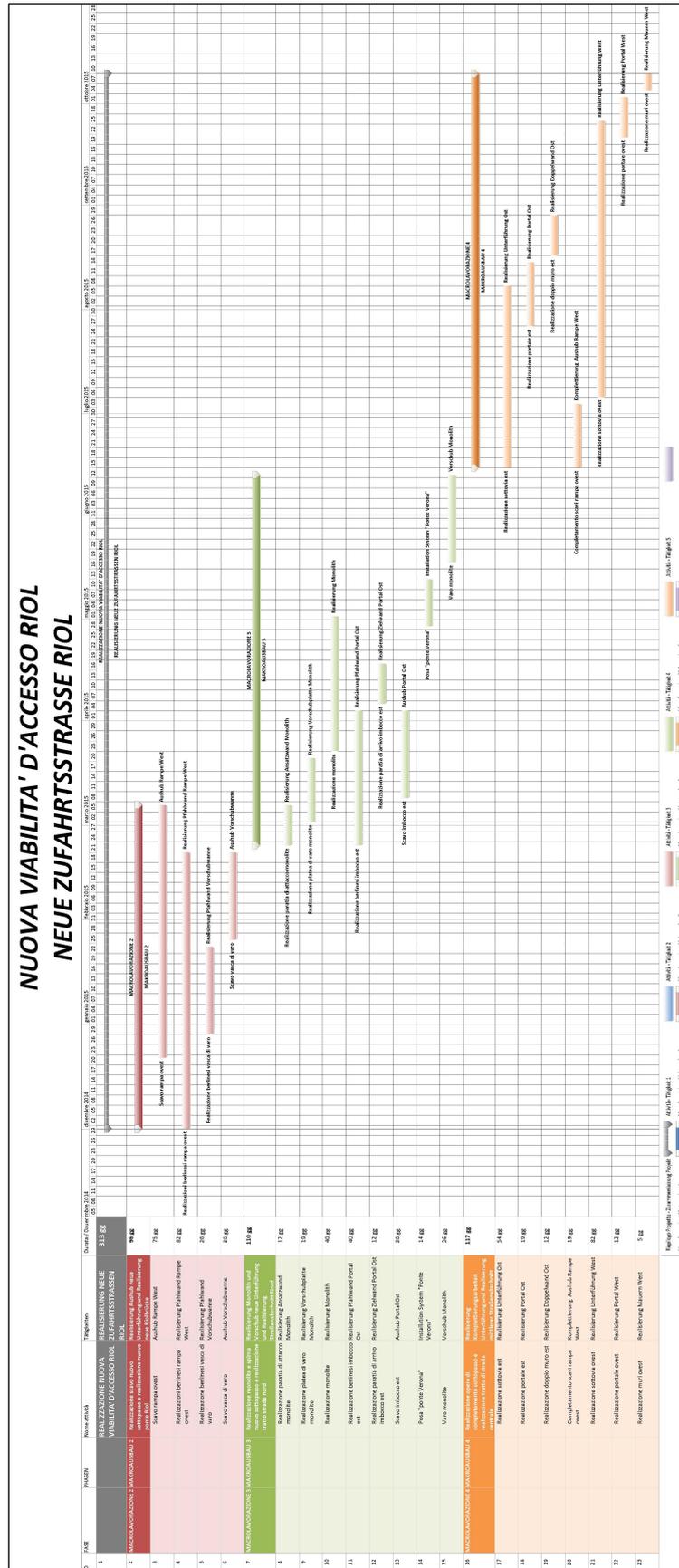


Tabelle 45:

Tabella 45: Cronoprogramma attività

12.

12. REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE

Lo smaltimento delle acque meteoriche è regolamentato dalla Legge provinciale n. 8 del 18.06.2002 "Disposizioni sulle acque". L'Articolo 46 indica che per le acque meteoriche non inquinate deve essere previsto il riutilizzo ed in subordine la dispersione nel sottosuolo. Qualora ciò non sia possibile o opportuno in rapporto alla situazione locale, tali acque possono essere scaricate in acque superficiali. Le impermeabilizzazioni del suolo devono essere ridotte al minimo.

Il successivo Regolamento di esecuzione alla Legge provinciale 8/2002 in materia di tutela delle acque, emanato con decreto del Presidente della Provincia n. 6 del 21.01.2008 al Capo IV prevede prescrizioni dettagliate per favorire la gestione sostenibile delle acque meteoriche. I deflussi meteorici sono classificati in funzione delle superfici di provenienza in quattro categorie d'inquinamento come segue:

- acque meteoriche non inquinate;
- acque meteoriche moderatamente inquinate;
- acque meteoriche inquinate;
- acque meteoriche sistematicamente inquinate.

Per ogni categoria d'acqua meteorica sono fissate idonee prescrizioni in relazione alla "superficie di origine" con indicazione delle principali "misure di gestione" da adottare.

12.1.

12.1. Definizione della superficie di origine

Le attività di Messa in Sicurezza Permanente prevedono che il vallo barriera sia realizzato con la tecnica delle terre armate mediante il riporto di terreno univocamente proveniente dalle aree Ovest I e Ovest II e di terreno proveniente dall'area Est II, risultato privo di anomalia ad eccezione del parametro Piombo rilevato nell'eluato con concentrazione pari a 40 µg/l se confrontato con il limite per le acque sotterranee (10 µg/l) e il suo riutilizzo all'interno del vallo esclusivamente al di sotto dell'area pavimentata (area impermeabile).

Dove non pavimentato, il piano di calpestio ed i fianchi del vallo barriera verde, risultano caratterizzati dalla presenza di uno strato superficiale di terreno di copertura inerbato mediante idrosemina a spessore con biostuoia o geotessile a tutela dai principali meccanismi di erosione, operati dalle acque meteoriche di dilavamento e dall'azione del vento. Lo spessore previsto dello strato superficiale non sarà inferiore

a 40 cm. E' previsto inoltre l'inerbilimento della scarpa presente ad Est del vallo barriera verde.

12.2.

12.2. Misure di gestione

Esistono diverse possibilità tecniche per realizzare impianti d'infiltrazione per acque meteoriche. Si distingue tra impianti d'infiltrazione superficiale e impianti sotterranei. L'infiltrazione superficiale avviene tramite immissione superficiale delle acque meteoriche in superfici piane, in fossi o in bacini. In questi casi l'infiltrazione avviene attraverso uno strato superficiale di terreno organico rinverdito (terreno rinverdito) che assicura una buona depurazione delle acque meteoriche. Nei sistemi sotterranei d'infiltrazione l'acqua meteorica viene immessa in trincee d'infiltrazione o in pozzi perdenti. Questi sistemi hanno il vantaggio di avere un minore fabbisogno di superficie filtrante, però si perdono quasi tutti gli effetti depurativi perché non viene attraversato lo strato superficiale del terreno. Per questi motivi dovrebbero essere impiegati, quanto possibile, sistemi d'infiltrazione superficiale attraverso terreno rinverdito.

Nell'ambito di presente progetto si prevede la regimazione delle acque meteoriche attraverso la tecnica della "infiltrazione superficiale" da realizzare nell'intorno del vallo e lungo il naturale pendio ad Est del vallo, mediante l'inverdimento per idrosemina, di uno strato di terreno organico mescolato con ghiaia senza leganti, dello spessore di 15 cm e grazie alla naturale pendenza dell'opera che permetterà un'infiltrazione omogenea delle acque meteoriche nel sottosuolo e senza la possibilità di accumulo.

I vantaggi di questa soluzione sono così riassunti:

- buon rendimento depurativo, soprattutto nel caso di superfici a verde o con pavimentazioni permeabili rinverdate;
- buon inserimento ambientale;
- possibilità d'utilizzo polifunzionale delle superfici;
- possibilità di svariate tecniche di realizzazione di facile realizzazione;
- manutenzione e cura agevolate (facile ispezionabilità).

Seguono alcuni esempi di pavimentazioni permeabili che potranno essere utilizzati nell'ambito del presente studio.

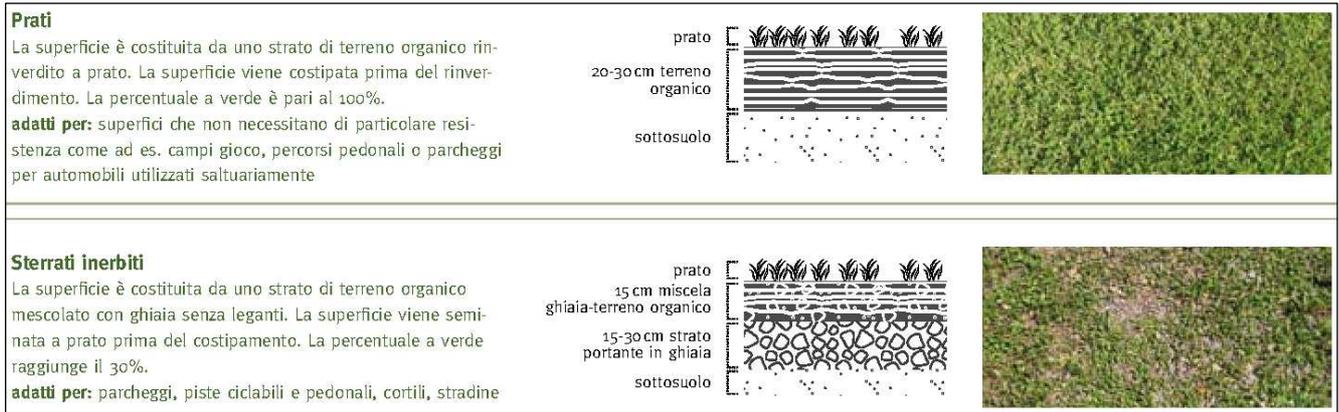


Abbildung 53:

Figura 53: Infiltrazione superficiale in superfici piane

13.

13. OPERE ACCESSORIE

13.1.

13.1. Pavimentazione

Il progetto prevede la parziale pavimentazione del piano di calpestio del vallo per una superficie di ca. 1.125 m² con l'obiettivo di impermeabilizzare il rilevato strutturale sottostante, rendere accessibile al pubblico il vallo e ridurre l'impatto ambientale della pista proponendo l'utilizzo di materiali riciclati e/o l'utilizzo di metodologie di produzione e stesa con ridotti consumi che al contempo permettano di ottenere un aspetto estetico più naturale senza pregiudicare la durabilità e la fruibilità del tempo della pavimentazione.

L'utilizzo di tali tecniche e materiali permetterà di garantire l'armonico inserimento delle pavimentazione anche in contesti naturalistici o poco urbanizzati, come ambienti fluviali, forestali e rurali.

Al fine di garantire la stabilità e la resistenza della pista sono stati previsti i seguenti accorgimenti e materiali:

- impiego di un geotessuto, con funzione di filtro e separazione, al fine di evitare la contaminazione tra sovrastruttura e materiale costituente il sottofondo;
- utilizzo di uno strato di fondazione in misto granulare stabilizzato (0/25) dello spessore di 15 cm per un volume complessivo di ca. 170 m³ al fine di garantire un'adeguata portanza alla pavimentazione. Per la realizzazione dello strato di fondazione si potrà eventualmente utilizzare anche il terreno di riporto proveniente dalle are Ovest I e II opportunamente setacciato (0/25) e dopo verifica di conformità ambientale.

Per conferire maggiore resistenza alla sovrastruttura, lo strato di fondazione sarà attraversato ed irrobustito dagli elementi di rinforzo metallici (trasversali) presenti nel vallo.

Si prevede in ultimo:

- la realizzazione di uno strato di binder in conglomerato bituminoso tradizionale, di 5 cm di spessore;
- un trattamento superficiale monostrato, costituito da emulsione bituminosa e graniglia, al fine di garantire un aspetto più naturale della pavimentazione.

Segue la figura dello schema tipo per la pavimentazione proposta.

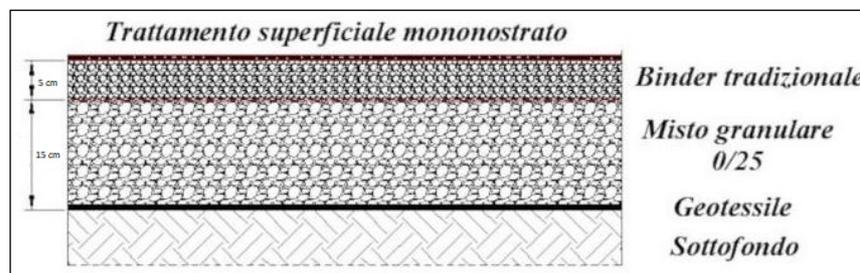


Abbildung 54:

Figura 54: Pavimentazione con strato di binder trattato superficialmente

13.2.

13.2. Staccionata

E' prevista l'installazione di una staccionata di sicurezza, perimetrale l'area pavimentata che sarà realizzata al di sopra del vallo barriera verde.

La staccionata potrà essere realizzata in legno opportunamente pretrattato per resistere alle acque meteoriche ed agli agenti atmosferici con la funzione di protezione e anticaduta ed ancorata al suolo su bulbi di fondazione o su di un cordolo continuo. La staccionata dovrà essere dotata di bordo di arresto al piede per evitare il rotolamento accidentale di oggetti lungo i fianchi del vallo, lo spazio vuoto fra il bordo di arresto e la superficie di calpestio non dovrà essere superiore a 10 mm.

La staccionata dovrà essere realizzata in conformità alle indicazioni del D.M. del 14.01.2018, secondo la Norma Uni En 1317 (norma volontaria) e dei dettami dello stato dell'arte.

Segue il riepilogo delle principali caratteristiche della staccionata.

- materiale: pino (o equivalente) impregnato in autoclave;
- lunghezza della staccionata: 260 m;
- altezza corrimano: 110 cm;

resistenza minima alla spinta sul corrimano: 1,5 kN/m.

13.3.

13.3. Rampa di accesso

Per consentire l'accesso a personale ed ai mezzi al piano di calpestio del vallo barriera verde (752,84 m s.l.m.) è prevista la realizzazione di una rampa di raccordo al piano campagna (746,84 m s.l.m.) di larghezza pari a 4 m e della lunghezza di ca. 20 m realizzata con la stessa tecnica delle terre armate e con pendenza di 18° (1:3).

La rampa sarà posizionata in corrispondenza dell'area di ingresso a Nord del sito come indicato in Tavola 9 in Allegato A.

13.4.

13.4. Illuminazione

E' prevista l'installazione di manufatti necessari per la futura installazione di un impianto di pubblica illuminazione a servizio dell'area pavimentata. Per la realizzazione dell'impianto si prevede l'installazione di un cordolo perimetrale il piano di coronamento della lunghezza di ca. 120 m e l'installazione dei pozzetti necessari per l'infissaggio dei pali e la predisposizione di un *conduit* per il passaggio di cavi elettrici. La progettazione dell'impianto dovrà essere eseguita in conformità alla normativa vigente per gli impianti di pubblica illuminazione e alle disposizioni tecniche previste dal Comune di Fortezza.

Dokumenteninhalt: Vorentwurf

Contenuto documento: Progetto Definitivo

14. ZUBEHÖR

14. ALLEGATI

Allegato A - Tavole

Allegato B - Certificati analitici

Allegato C - Calcolo geotecnico

Allegato D - Schede tecniche

Allegato E - Prescrizioni generali di sicurezza

Allegato F – Costi

Dokumenteninhalt: Vorentwurf

Contenuto documento: Progetto Definitivo

Anhang A - Tabellen

Allegato A – Tavole

- Tav 1 Corografia generale;
- Tav 2 Inquadramento urbanistico catastale area rifiuti;
- Tav 3 Risultati delle indagini;
- Tav 4 Indagine MASW;
- Tav 5 Tomografia Sismica;
- Tav 6 Tomografia Elettromagnetica;
- Tav 7 Indagine georadar;
- Tav 8 FDEM Profiler;
- Tav 9 Ubicazione planimetrica Vallo;
- Tav 10 sezioni stato di fatto e progetto;
- Tav 11 Progetto del paesaggio vegetale del vallo;
- Tav 12 Progetto del paesaggio vegetale del vallo;
- Tav 13 Progetto del paesaggio vegetale - Galleria di base;
- Tav 14 Progetto del paesaggio vegetale - Pineta giovane;
- Tav 15 Progetto del paesaggio vegetale - Pineta matura.

Dokumenteninhalt: Vorentwurf

Contenuto documento: Progetto Definitivo

Anhang B – Analytische Zertifikate
GEOCHEMISCHEN

Allegato B – Certificati analitici
GEOCHIMICI

Beschreibung / Descrizione	Identifikationscode Codice identificativo
Customer SmpName: A. Ovet I	C1 Lab ID: 01/214244 Report n°: 1027687/20
Customer SmpName: A. Ovet I I	C2 Lab ID: 02/214244 Report n°: 1027689/20
Customer SmpName: A.SP	C3 Lab ID: 03/214244 Report n°: 1027691/20
Customer SmpName: A. Est I	C4 Lab ID: 04/214244 Report n°: 1027693/20
Customer SmpName: A. Est II	C5 Lab ID: 05/214244 Report n°: 1027695/20
Customer SmpName: A. Ovet I	C1 Lab ID: 06/214244 Report n°: 1027697/20
Customer SmpName: A. Ovet I I	C2 Lab ID: 07/214244 Report n°: 1027699/20
Customer SmpName: A.SP	C3 Lab ID: 08/214244 Report n°: 1027701/20
Customer SmpName: A. Est I	C4 Lab ID: 09/214244 Report n°: 1027703/20
Customer SmpName: A. Est II	C5 Lab ID: 10/214244 Report n°: 1027705/20
Customer SmpName: A. Ovet I	C1 Lab ID: 01/214244 Report n°: 1027686/20
Customer SmpName: A. Ovet I I	C2 Lab ID: 02/214244 Report n°: 1027688/20
Customer SmpName: A.SP	C3 Lab ID: 03/214244 Report n°: 1027690/20
Customer SmpName: A. Est I	C4 Lab ID: 04/214244 Report n°: 1027692/20
Customer SmpName: A. Est II	C5 Lab ID: 05/214244 Report n°: 1027694/20
Customer SmpName: A. Ovet I	C1 Lab ID: 06/214244 Report n°: 1027696/20
Customer SmpName: A. Ovet I I	C2 Lab ID: 07/214244 Report n°: 1027698/2
Customer SmpName: A.SP	C3 Lab ID: 08/214244 Report n°: 1027700/20
Customer SmpName: A. Est I	C4 Lab ID: 09/214244 Report n°: 1027702/20
Customer SmpName: A. Est II	C5 Lab ID: 10/214244 Report n°: 1027704/20
Customer SmpName: A. Ovest I	CC1 Report n°: 20BO00315
Customer SmpName: A. Ovest I	CC1 Report n°: 20BO00316
Customer SmpName: A. Ovest I I	CC2 Report n°: 20BO00317
Customer SmpName: A. Ovest I I	CC2 Report n°: 20BO00318
Customer SmpName: A.SP	CC3 Report n°: 20BO00319
Customer SmpName: A.SP	CC3 Report n°: 20BO00320
Customer SmpName: A. Est I	CC4 Report n°: 20BO00321
Customer SmpName: A. Est I	CC4 Report n°: 20BO00322
Customer SmpName: A. Est II	CC5 Report n°: 20BO00323
Customer SmpName: A. Est II	CC5 Report n°: 20BO00324
Customer SmpName: A. Ovest I	Allegato al CC1 N° 20BO00315
Customer SmpName: A. Ovest I	Allegato al CC1 N° 20BO00316
Customer SmpName: A. Ovest I I	Allegato al CC2 N° 20BO00317
Customer SmpName: A. Ovest I I	Allegato al CC2 N° 20BO00318
Customer SmpName: A.SP	Allegato al CC3 N° 20BO00319
Customer SmpName: A.SP	Allegato al CC3 N° 20BO00320

Dokumenteninhalt: Vorentwurf

Contenuto documento: Progetto Definitivo

Customer SmpName: A. Est I	Allegato al CC4 N° 20BO00321
Customer SmpName: A. Est I	Allegato al CC4 N° 20BO00322
Customer SmpName: A. Est II	Allegato al CC5 N° 20BO00323
Customer SmpName: A. Est II	Allegato al CC5 N° 20BO00324

GEOTECHNICAL

GEOTECNICI

Beschreibung / Descrizione	Identifikationscode Codice identificativo
Customer SmpName: Trincea SI	SI CI 1 - RP00009_20
Customer SmpName: Trincea SI	SI CR 1 - RP00010_20
Customer SmpName: Trincea SII	SII CI 2 - RP00011_20
Customer SmpName: Trincea SII	SII CR 2 -RP00012_2
Customer SmpName: Trincea SIII	SIII CR 3 - RP00013_20

Dokumenteninhalt: Vorentwurf

Contenuto documento: Progetto Definitivo

Anhang C - Geotechnische Berechnung

Allegato C - Calcolo geotecnico

Dokumenteninhalt: Vorentwurf

Contenuto documento: Progetto Definitivo

Anhang D - Technische Datenblätter

Allegato D - Schede tecniche

- Geomebrana imp. TDS Junifol PE-HD;
- Geomebrana imp. TDS Macline W;
- Telo impermeabile Radon Barrier;
- Terra armata con geostuoia Terramesh Verde.

Dokumenteninhalt: Vorentwurf

Contenuto documento: Progetto Definitivo

Anhang E - Allgemeine Sicherheitsanforderungen

Allegato E - Prescrizioni generali di sicurezza

Dokumenteninhalt: Vorentwurf

Contenuto documento: Progetto Definitivo

Anhang F - Kosten

Allegato F – Costi

I costi sono riferiti all'elenco prezzi per le opere civili edili e non edili della Provincia autonoma di Bolzano 2020, a pubblici prezzari e ad indagini di mercato.