



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

Detailausführungsprojekt

Potenziamento Asse Ferroviario Monaco-Verona

GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

Progetto Esecutivo di Dettaglio

Sub-Baulos Hauptbauwerke Eisackunterquerung

Sublotto di costruzione Opere Principali Sottoattraversamento Isarco

Fachbereich	Settore
13 - Umweltplanung	13 – Progettazione ambientale
Thema	Tema
03 - Renaturierung	03 - Progetto di rinaturazione
Dokumentenart	Tipo documento
	Relazione tecnica
Titel	Titolo
	Compatibilità ambientale delle Materie Prime Seconde nel reimpiego per ricomposizione ambientale

Ausführende Unternehmen / Imprese esecutrici Beauftragte / Mandataria: Auftraggeber / Mandanti: 	Verarbeitung Detailausführungsproj ekt Elaborazione Progetto Esecutivo di Dettaglio	 Giovanna Cassani ORDINE INGEGNERI DI MILANO n. 20897
	Bearbeitet / Elaborato	Datum/Date 21.07.2022 n. 277

Detailiertes Design / Progettazione Esecutiva Beauftragte / Mandataria: RPA Auftraggeber / Mandanti: RockSoil S.p.A., Sembenelli Consulting; GP Ingegneria	Geprüft / Verificato	21.07.2022 S. Reniero
	Freigegeben / Autorizzato	21.07.2022 S. Centis

GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO – BRENNER BASISTUNNEL BBT SE	Gesehen BBT / Visto BBT_RUP	A. Marottoli
	Massstab / Scala	-

Projekt-kilometer / Progressiva di progetto von / da 54+015 bis / a 56+100 bei / al	Bau- kilometer / Chilometro opera von / da 54+015 bis / a 56+100 bei / al	Status Dokument / Stato documento								
Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Fachbereich Settore	Thema Tema	ID Numm. Num. ID	Vertrag Contratto	Nummer Codice	Dok.art Tipo doc.	Revision Revisione
02	H71	KP	004	13	03	006.00	B0115	22222	RT5	02

Fachbereich: 13 - Umweltplanung
Thema: 03 - Renaturierung
Dokumenteninhalt:

Settore: 13 – Progettazione ambientale
Tema: 03 - Progetto di rinaturazione
Contenuto documento: **Compatibilità ambientale delle Materie
Prime Seconde nel reimpiego per ricomposizione ambientale -
Relazione tecnica**

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
01	Erstversion Terza Versione	S. Reniero	21.07.2021
01	Erstversion Seconda Versione	S. Reniero	07.12.2021
00	Erstversion Prima Versione	S. Reniero	27.05.2021

1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	4
2	INTRODUZIONE	4
3	RIFERIMENTI	8
3.1	DOCUMENTI DI PROGETTO	8
3.2	NORMATIVE TECNICHE DI RIFERIMENTO.....	9
4	AUTORIZZAZIONE AL RECUPERO RIFIUTI	10
5	DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ DA CUI ORIGINANO I MATERIALI DI SCAVO.....	12
5.1	GALLERIE NATURALI IN ROCCIA.....	12
5.2	GALLERIE NATURALI IN DETRITO CONSOLIDATE IN AVANZAMENTO.....	13
5.3	GALLERIE NATURALI IN DETRITO CONSOLIDATE CON CONGELAMENTO	14
5.4	GALLERIE NATURALI IN DETRITO CONSOLIDATE DALL'ALTO	15
5.5	REFLUO DA JET GROUTING	15
5.6	LIMI DI LAVAGGIO	16
5.6.1	Limi provenienti dal lavaggio inerti	16
5.6.2	Limi da impianti di trattamento acque	17
5.7	ELENCO DELLE POSSIBILI SOSTANZE PRESENTI NEI MATERIALI DI SCAVO	17
5.7.1	Tubi vetroresina (VTR)	17
5.7.2	Tubi in PVC valvolati	17
5.7.3	Sostanze utilizzate per il consolidamento con Jet-Grouting e Quick Set Jetting	18
5.7.4	Calcestruzzi e spritz	18
5.7.5	Considerazioni sulla contaminazione	18
6	PROVE E ANALISI ESEGUITE SULLA MPS	19
6.1	TEST DI ECOTOSSICITÀ	20
6.1.1	Campionamento e preparazione dei campioni per i test ecotossicologici.....	21
6.1.2	Test di ecotossicità acuta su Brachydanio rerio (Zebrafish)	22
6.1.3	Test di tossicità acuta con Daphnia magna	23
6.1.4	Test di tossicità cronica con Daphnia magna Straus.....	23
6.1.5	Test di tossicità algale	24
6.1.6	Test di fitotossicità	24
6.1.7	Risultati test ecotossicologici.....	25
6.2	CONCENTRAZIONI SOGLIA DI CONTAMINAZIONE DELLE MPS	26
6.3	PERMEABILITÀ	26
6.4	PRESENZA DI MATERIALE ANTROPICO NELLE MPS.....	27

7	REIMPIEGO DI MPS NEL PROGETTO DI RINATURAZIONE	27
8	CONTROLLO OPERATIVO IN CORSO DI ESECUZIONE DEI RITOMBAMENTI	31
9	IMPATTI AMBIENTALI.....	32
10	CONCLUSIONI	33
11	ALLEGATI	35

1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Nell'ambito del "Sottoattraversamento Isarco", lotto più meridionale della Galleria di Base del Brennero, a valle dell'analisi della documentazione progettuale e autorizzativa vigente, il presente documento ha lo scopo di:

- descrivere la genesi della produzione delle materie prime seconde (MPS) derivanti dal recupero di determinati rifiuti non pericolosi generati nel corso delle attività di cantiere;
- analizzare gli esiti di tutte le indagini analitiche eseguite su tali materiali;
- analizzare i requisiti qualitativi e prestazionali di tali materiali;
- verificare se tali materiali possano essere definiti equivalenti alle Terre e Rocce da Scavo (sottoprodotti) previste nei tombamenti del Progetto Esecutivo approvato, ed in particolar modo per i tombamenti del rimodellamento morfologico -WBS: RIT- area di dismissione della vecchia ferrovia storica del Brennero, che allo stato ante operam del cantiere risultava già fortemente urbanizzata.

Ciò premesso, in riferimento all' Art 169 comma 3 del D.Lgs 163/06, si precisa che la variante proposta non rileva sotto l'aspetto localizzativo, in quanto le aree di intervento sono le medesime previste dal progetto esecutivo. La variante, infatti, è relativa alla tipologia di materiali utilizzati per la ricomposizione ambientale, come meglio descritto nel seguito,

2 INTRODUZIONE

Lo sviluppo sostenibile viene definito come una forma di sviluppo economico compatibile con la salvaguardia dell'ambiente e dei beni liberi per le generazioni future.

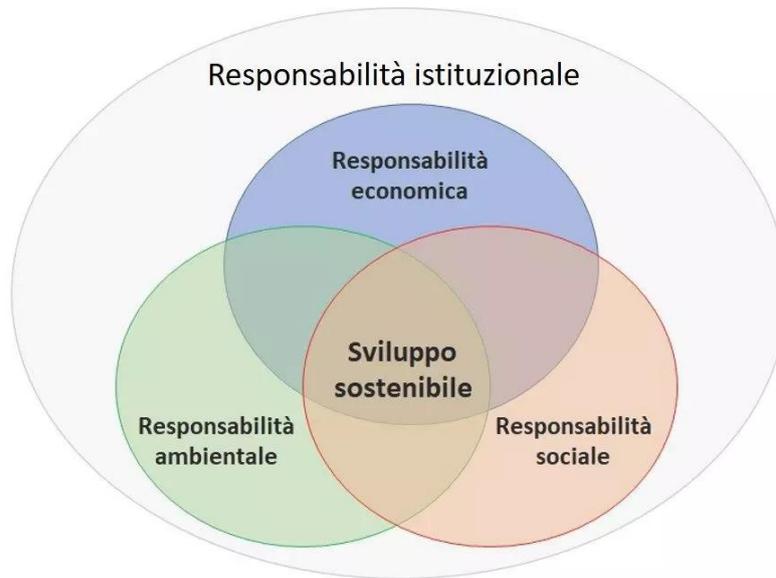
L'esigenza di una crescita economica rispettosa dell'ambiente risale agli anni settanta, con la presa di coscienza che il tradizionale modello di sviluppo avrebbe causato nel lungo termine il collasso dell'ecosistema terrestre. Gli attuali sforzi per l'ambiente realizzati dalla comunità internazionale, tra cui l'Accordo di Parigi sul clima, dimostrano che **i limiti del Pianeta sono una realtà**. Così il nuovo modello di sviluppo ha

fondato le sue basi sul rispetto per il futuro, sia del Pianeta, sia delle prossime generazioni.

Il concetto di sviluppo sostenibile presenta una natura complessa, soggetta a numerose interpretazioni, ma la definizione universalmente riconosciuta risale al 1987 "Lo sviluppo sostenibile è quello sviluppo che consente alla generazione presente di soddisfare i propri bisogni senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri" e si trova nel cosiddetto Rapporto Brundtland dal titolo "Our Common Future", i cui principi di equità intergenerazionale e intragenerazionale hanno attirato l'attenzione della comunità internazionale determinando nuovi sviluppi del concetto di sostenibilità, che si è esteso non solo alla dimensione ambientale, ma anche a quella sociale.

Con l'adozione nel 2011 a Göteborg (Svezia) della Strategia dell'Unione europea per lo sviluppo sostenibile ("Nel lungo termine, la crescita economica, la coesione sociale e la tutela ambientale devono andare di pari passo"), piano a lungo termine per il coordinamento delle politiche ai fini di uno sviluppo sostenibile a livello economico, sociale e ambientale, vengono fornite misure concrete che interessano tutte le dimensioni dello sviluppo. La sostenibilità economica riguarda la capacità di un sistema economico di produrre reddito e lavoro in maniera duratura; la sostenibilità ambientale interessa la tutela dell'ecosistema e il rinnovamento delle risorse naturali; la sostenibilità sociale è la capacità di garantire che le condizioni di benessere umano siano equamente distribuite.

L'affermazione della visione integrata delle tre dimensioni dello sviluppo, abbracciata anche dalla responsabilità istituzionale, arriva nel 2015, anno in cui si conclude il lungo processo negoziale sullo sviluppo sostenibile dell'Onu, che ha portato alla nascita dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, impegno comune dei Paesi di portare il mondo sul sentiero della sostenibilità.



Per contribuire ad uno sviluppo sostenibile in fase di realizzazione di una grande infrastruttura, è necessario tutelare la biodiversità, salvaguardare le acque, ridurre l'effetto serra, minimizzare la produzione di rifiuti favorendone il riutilizzo/riciclaggio, limitare l'utilizzo di prodotti chimici e tutelare il suolo e sottosuolo.

Una gestione attenta delle risorse naturali è un elemento basilare della progettazione e della realizzazione della Galleria di Base del Brennero. La compatibilità ambientale del progetto è stata verificata in modo indipendente e in base alle leggi vigenti. Numerose misure migliorative accompagnano la costruzione della galleria e portano benefici all'uomo ed alla natura.

La sostenibilità ambientale è stato l'obiettivo prioritario dell'affinamento progettuale del Sottoattraversamento Isarco, a partire dal progetto posto a base di gara. Ciò si è tradotto, anzitutto, nell'impiego della tecnica del congelamento, una tecnologia ecocompatibile che ha permesso di evitare lo spostamento del fiume Isarco dal suo corso naturale, ed i conseguenti impatti sulla fauna ittica, per poter scavare le gallerie al di sotto dell'alveo; in secondo luogo nell'utilizzo di un'altra tecnica di consolidamento dei terreni, il Jet Grouting, consistente nella iniezione ad alta pressione nei terreni di una miscela legante ad effetto stabilizzante ed impermeabilizzante, che ha permesso di scavare le gallerie in condizioni idrostatiche, senza dover preliminarmente ricorrere ad un artificiale

abbassamento del livello idrico che avrebbe potuto comportare un impoverimento della falda acquifera locale ed innescare inoltre fenomeni di subsidenza, particolarmente pericolosi per le importanti infrastrutture che vengono sottopassate dalle gallerie: la ferrovia storica del Brennero, la statale e l'autostrada del Brennero.

In coerenza con i principali principi di sostenibilità ambientale e i criteri di economia circolare, un ulteriore ed importante obiettivo che si vuole conseguire è quello di aumentare le attività di recupero in loco dei rifiuti prodotti dalle lavorazioni e di minimizzare quanto più possibile i conferimenti a siti esterni dei rifiuti non pericolosi prodotti nell'ambito del cantiere.

A tal fine, a seguito di specifici studi ed incontri con gli Enti competenti, già da tempo è stata redatta un'apposita procedura gestionale che descrive e definisce le modalità, i contenuti e le responsabilità relative alla gestione delle campagne di recupero dei rifiuti non pericolosi (selezione, vagliatura, frantumazione e recupero), provenienti dalle lavorazioni del cantiere ed eseguite da imprese autorizzate. La Procedura, inoltre, descrive le modalità di produzione, classificazione e utilizzo delle Materie Prime Seconde prodotte (Allegato 9).

Nel corso dei lavori, in funzione delle modalità di scavo previste per i vari tratti interessati dalla realizzazione delle gallerie del lotto "Sottoattraversamento Isarco", vengono prodotti materiali da scavo di diversa tipologia e composizione.

Alcuni di questi sono sostanzialmente privi di elementi di natura antropica e altri contengono materiali estranei impiegati per il consolidamento delle gallerie naturali (PVC, vetroresina, miscele cementizie, ecc.).

Per quanto attiene ai materiali di risulta dagli scavi, l'ufficio gestione rifiuti dell'Agenzia Provinciale per l'Ambiente della Provincia Autonoma di Bolzano, con nota prot. 438621 del 30.07.2015, ha fissato i limiti della presenza dei materiali di origine antropica che possono essere contenuti nelle terre e rocce da scavo delle gallerie per poter essere gestite in qualità di sottoprodotto, ovvero il 5% in peso per quelli inerti/minerali estranei (come calcestruzzo, bentonite e miscele cementizie) e 0.1% in peso per i materiali

estranei incompatibili (come PVC, vetroresina).

Di contro, i materiali di scavo contenenti materiali di origine antropica eccedenti i limiti definiti dall'ufficio gestione rifiuti dell'Agenzia Provinciale per l'Ambiente della Provincia autonoma di Bolzano con nota prot. 438621 del 30.07.2015, vengono gestiti come rifiuti.

Inoltre, i materiali gestiti come rifiuti potranno essere recuperati all'interno dell'opera solo previa acquisizione della specifica autorizzazione al recupero dei rifiuti da parte dell'ufficio gestione rifiuti della Provincia di Bolzano, che ne disciplinerà nel dettaglio le modalità di impiego e le relative limitazioni. In particolare:

- mediante autorizzazione al "recupero diretto", il materiale potrà essere destinato al ritombamento di parti d'opera (ad esempio pozzi e gallerie artificiali);
- il rifiuto potrà essere trattato in cantiere attraverso un impianto (fisso o mobile), preventivamente autorizzato alle operazioni di recupero dei rifiuti, ed utilizzato come materiale edile "riciclato" per rinterri/ritombamenti, rilevati e strati di fondazione stradali e ferroviari, inerte per la produzione di conglomerato cementizio.

Il recupero sarà subordinato alla verifica del rispetto dei valori limite dell'eluato per materiali edili riciclati definiti dalla Tabella 3 del Decreto del Presidente della Giunta Provinciale di Bolzano n.1030 del 27 settembre 2016.

In alternativa il materiale dovrà essere conferito ad impianti esterni autorizzati alla gestione dei rifiuti.

In questo contesto, sono state rilasciate alle imprese Luigi Metelli S.p.A., Gregorbau S.r.l. e Impresa Adinolfi Giovanni S.r.l., subcontraenti della Società Isarco S.c.a r.l., delle autorizzazioni ad una campagna di recupero (R5).

3 RIFERIMENTI

3.1 DOCUMENTI DI PROGETTO

- 02-H71-KP-004-13-01-007.00-B0115-15286-RT5-00 Piano di Gestione dei Materiali da Scavo del 24/07/2017
- 02-H71-AF-002-13-03-001.00-B0115-00929-

RT1-03 Relazione generale progetto di rinaturazione

- 02-H71-KP-004-13-01-009.00-B0115-21857-RT5-00, Rev. 00 del 30/07/19 aggiornata con codice documento PRA_MPS rev A del 06/2020 e PRA_MPS rev b del 01/12/2021 -procedura per il Recupero rifiuti trasformazione in MPS e riutilizzo in cantiere

3.2 NORMATIVE TECNICHE DI RIFERIMENTO

- D.G.P. n°1030/2016 Disposizioni per il recupero dei resti di costruzione e per la qualità dei materiali edili riciclati
- UNI EN 14735:2005 (EC-1-2008) “Caratterizzazione di rifiuti – Preparazione di campioni di rifiuti per prove ecotossicologiche
- Linee guida OECD/OCSE 203:2019 – OECD guideline for testing of chemicals – Fish, Acute Toxicity Test, richiamate dal Regolamento CE 440/2008 – Allegato Parte C, C.1. Tossicità acuta per pesci
- Linee guida OECD/OCSE 202:2004 – OECD guideline for testing of chemicals – Daphnia sp., Acute Immobilisation Test” che corrisponde al metodo del REGOLAMENTO (CE) N. 440/2008– Allegato Parte C, metodo C.2. Saggio di immobilizzazione acuta in Daphnia sp.
- Linee guida OECD/OCSE 211:2012 – OECD guideline for testing of chemicals – Daphnia magna Reproduction Test”, riportato nel REGOLAMENTO (CE) N. 440/2008 – Allegato C, metodo C.20. Prova di riproduzione con Daphnia magna.
- Linee guida OECD/OCSE 201:2006 (Annex 5 corrected 2011) “GUIDELINES FOR THE TESTING OF CHEMICALS Freshwater Alga and Cyanobacteria, Growth Inhibition Test”, corrispondente al metodo REGOLAMENTO (CE) N. 440/2008 – Allegato Parte C, metodo C.3. Alghe di acqua dolce e cianobatteri, prova di inibizione della crescita
- Linee guida OECD/OCSE 208:2006 “OECD GUIDELINES FOR THE TESTING OF CHEMICALS – Terrestrial Plant Test: Seedling Emergence and Seedling Growth Test”, corrispondente al metodo del REGOLAMENTO (CE)

440/2008, Allegato C – C.31. Prova sulle piante terrestri: emergenza delle plantule e crescita delle plantule.

4 AUTORIZZAZIONE AL RECUPERO RIFIUTI

Nella Provincia Autonoma di Bolzano, il recupero dei materiali da costruzione e demolizione è normato dalla Deliberazione Della Giunta Provinciale del 27 settembre 2016, n. 1030 “Disposizioni per il recupero dei resti di costruzione e per la qualità dei materiali edili riciclati”.

La Deliberazione prevede, in termini generali, che “Il presupposto per poter immettere nuovamente i materiali edili riciclati nel ciclo dei materiali da costruzione è la definizione di un loro standard qualitativo uniforme. In tal senso i materiali edili riciclati devono poter rispondere, nelle caratteristiche d’uso e di durata, agli stessi requisiti richiesti alle materie prime da costruzione naturali comunemente usate”.

Ciò determina la necessità di sottoporre i suddetti materiali a Test di cessione, laddove per ottenere l’eluato viene utilizzata la metodica prevista dall’allegato 1 alla deliberazione del Comitato interministeriale 27 luglio 1984, lettera b), “Test di cessione con acqua satura di CO₂”, in forma leggermente modificata, con tempo di eluizione fissato in 24 ore.

I risultati devono essere confrontati con i valori limite riportati nella tabella 3 della DGP, mentre i materiali riciclati possono essere reimpiegati negli ambiti definiti nella tabella 5 della DGP. La tabella prevede la possibilità di utilizzare per il campo di applicazione “civile non edile” **i materiali riciclati per “riempimenti e reinterri”**. Per l’impiego di materiali edili riciclati non regolamentato dalla deliberazione è necessaria l’autorizzazione ai sensi **dell’art. 2 del decreto del Presidente della Provincia 11 luglio 2012, n. 23**.

In termini generali è vietato l’impiego di materiali edili riciclati nelle zone di tutela dell’acqua potabile I e II di cui all’art. 15 della legge provinciale 18 giugno 2002, n. 8, in prossimità di falde acquifere fino ad 1 m sopra all’escursione massima della falda, in una fascia di 5 m dalle acque superficiali, a una distanza inferiore a 100 m da pozzi per acque potabili ovvero 200 m in caso di sorgenti situate più a valle, in zone destinate ad aree di tutela idrica dal piano urbanistico comunale, in zone umide e in prati o aree sottoposti a drenaggio. Inoltre, è

proibito l'impiego dei materiali edili riciclati in parchi naturali, in biotopi e presso monumenti naturali.

Nell'ambito del cantiere, allo stato attuale, sono state rilasciate ad imprese subcontraenti delle Isarco S.c.a r.l. da parte della Provincia Autonoma di Bolzano, Agenzia Provinciale per l'ambiente e la tutela del clima, Ufficio Gestione Rifiuti, le autorizzazioni inerenti allo svolgimento di operazioni di recupero di rifiuti non pericolosi come di seguito riportate.

Impresa Gregorbau S.r.l.

operazioni di recupero mediante impianti mobili (R13/R5):

- ca. 200.000 t di cemento (EER 170101);
- ca. 150.000 t di terra e rocce (EER 170504);
- ca. 60.000 t di rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione (EER 170904);
- ca. 45.000 t di rifiuti sterili provenienti dal lavaggio inerti (EER 010412);

nel periodo dal 25/07/20219 al 31/12/2022.

Impresa Adinolfi Giovanni S.r.l.

operazioni di recupero mediante impianti mobili (R5):

- ca. 100.000 t di cemento (EER 170101);
- ca. 100.000 t di terra e rocce (EER 170504);
- ca. 100.000 t di rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione (EER 170904);

nel periodo dal 25/07/20219 al 31/12/2022.

Impresa Luigi Metelli S.p.A.

operazioni di recupero mediante impianti mobili (R5):

- ca. 350.000 t di cemento (EER 170101);
- ca. 250.000 t di terra e rocce (EER 170504);
- ca. 90.000 t di rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione (EER 170904);
- ca. 20.000 t di pietrisco per massicciate ferroviarie (EER 170508);
- ca. 30.000 t di sterili ed altri residui del lavaggio e della pulitura dei minerali (EER 010412);
- ca. 10.000 t di fanghi prodotti da altri trattamenti

delle acque reflue industriali,
diversi da quelli di cui alla voce 190813 (EER 190814);
nel periodo tra gennaio 2020 e fine settembre 2023.

I rifiuti non pericolosi che vengono sottoposti alla procedura di recupero sono i reflui derivanti dall'esecuzione del Jet Grouting (EER 170504), i limi residui provenienti dal lavaggio degli inerti (EER 010412) e dalla depurazione delle acque di cantiere (EER 190814), le Terre e Rocce da Scavo contenenti materiale antropico che non rispetta i limiti indicati dalla PABZ e i materiali provenienti dalle attività di demolizioni di cantiere.

I rifiuti oggetto del trattamento di recupero interno al cantiere hanno i seguenti codici EER: 010412, 170101, 170504, 170904, 170508, 190814.

Le verifiche di ecocompatibilità dei materiali prodotti sono attuate attraverso l'esecuzione del test di cessione di cui alla DGP 1030 del 27/09/2016.

5 DESCRIZIONE DELL'ATTIVITÀ DA CUI ORIGINANO I MATERIALI DI SCAVO

Il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco" prevede la realizzazione di circa 5.400 m di gallerie naturali, oltre ad altri 1.100 m circa di gallerie artificiali.

Sono descritte di seguito le differenti modalità di scavo delle gallerie previste dal Progetto Esecutivo e la composizione prevista dei materiali di scavo.

5.1 GALLERIE NATURALI IN ROCCIA

Lo scavo delle gallerie naturali in roccia interessa le porzioni più esterne del lotto e, non prevedendosi attività di preconsolidamento, i relativi terreni di scavo non presentano materiali di origine antropica, fatte salve minime impurità derivanti dagli sfridi del conglomerato cementizio spuzzato (spritz béton) applicato al contorno delle superfici per la stabilizzazione di prima fase del cavo. Fa eccezione una limitata tratta, pari a presunti 17 m (14 m binario dispari e 3 m binario pari), in corrispondenza dell'attraversamento della faglia del Rio Bianco a Nord, ove è prevista l'adozione di una sezione di scavo, denominata B2V, che prevede il consolidamento al fronte mediante elementi strutturali in VTR cementati.

La percentuale in peso degli elementi in VTR prevista nel materiale di scavo è minore dello 0,1% mentre la percentuale di cemento è trascurabile.

5.2 GALLERIE NATURALI IN DETRITO CONSOLIDATE IN AVANZAMENTO

Tutte le tratte di gallerie in detrito necessitano di interventi di preconsolidamento dei terreni affinché lo scavo possa avvenire in condizioni di stabilità e sicurezza.

Laddove la copertura delle gallerie non consente l'esecuzione di consolidamenti dei terreni da piano campagna, gli stessi vengono eseguiti direttamente al fronte, in sotterraneo.

Lo scavo delle gallerie naturali in detrito prevede il consolidamento del fronte mediante iniezioni cementizie all'interno di tubi in PVC valvolati, di cui la metà armati con elementi in vetroresina. Il numero di iniezioni da eseguire e quindi il numero di elementi da utilizzare varia in funzione delle caratteristiche del terreno oggetto di consolidamento.

In funzione dei parametri di progetto, si prevede che il materiale proveniente dallo scavo di questi tratti di gallerie possa contenere le percentuali teoriche dei seguenti elementi, utilizzati come agenti esterni per consentire la fase di scavo:

- **PVC e VTR:** minore dello 0,1 % in peso;
- **Cemento:** 3,2 – 4,6 % in peso, in funzione dell'effettivo assorbimento da parte del terreno della miscela cementizia impiegata nelle iniezioni (valori teorici ipotizzati fra 200 e 140 litri per ciascuna valvola di iniezione).

Si precisa che il contenuto di cemento su indicato si riferisce al quantitativo medio secco di cemento dosato nella miscela di acqua e cemento utilizzata per l'esecuzione delle iniezioni di consolidamento.

Il Progetto, per le sole tratte delle gallerie nord, prevede altresì il consolidamento **mediante la tecnologia del Quick Set Jetting**. Tale metodologia consente di realizzare trattamenti Jet Grouting, ovvero colonne di terreno consolidate, anche in presenza di battenti idraulici non trascurabili, grazie all'iniezione, contestuale alla miscela cementizia, di specifici acceleranti di presa.

La tecnologia, agendo sui parametri operativi di pressione e velocità di risalita/rotazione dell'ugello di iniezione, permette di raggiungere i diametri dei trattamenti colonnari previsti da progetto, mentre l'introduzione dell'accelerante evita l'instaurarsi di fenomeni di dilavamento del trattamento.

Tale metodologia esecutiva è alternativa alle iniezioni cementizie all'interno di tubi in PVC valvolati, realizzando direttamente la cerchia di trattamenti di consolidamento in Jet Grouting.

Considerata la limitata disponibilità delle aree di deposito a disposizione del cantiere, e tenendo presente che nei terreni di scavo consolidati mediante la tecnologia del Quick Set Jetting la probabilità che si verifichi il mancato rispetto dei limiti dei materiali di origine antropica previsti dalla nota prot. 438621 del 30.07.2015 dell'ufficio gestione rifiuti dell'Agenzia Provinciale per l'Ambiente della Provincia Autonoma di Bolzano risulta sostanzialmente alta, in via cautelativa tali Terre e Rocce da Scavo vengono gestite come rifiuti per poi essere sottoposte ad attività di recupero nell'ambito delle campagne autorizzate in cantiere.

5.3 GALLERIE NATURALI IN DETRITO CONSOLIDATE CON CONGELAMENTO

Lo scavo delle gallerie naturali in detrito, al di sotto del fiume Isarco, prevede il consolidamento del fronte mediante **12 iniezioni cementizie all'interno di tubi in PVC valvolati, armati con elementi strutturali in VTR a tre piatti.**

La percentuale in peso degli elementi in PVC e VTR prevista nel materiale di scavo è minore dello 0,1 %. La percentuale di cemento è compresa tra 0,86 e 1,23 % in peso in funzione dell'effettivo assorbimento da parte del terreno della miscela cementizia impiegata nelle iniezioni (valori teorici ipotizzati fra 200 e 140 litri per ciascuna valvola di iniezione).

Si precisa che il contenuto di cemento su indicato si riferisce al quantitativo medio secco di cemento dosato nella miscela di acqua e cemento utilizzata per l'esecuzione delle iniezioni di consolidamento.

La tecnica di pre-consolidamento dei terreni mediante congelamento riguarda invece solo il guscio di terreno

attorno alla sagoma di scavo, e pertanto non influisce sui terreni oggetto di scavo. Peraltro il congelamento avviene mediante circolazione di fluido refrigerante (dapprima azoto liquido, in seconda fase salamoia) in tubazioni coassiali chiuse, senza dispersione nel terreno. Le sostanze impiegate: azoto, argon, calcio cloruro, non presentano inoltre alcuna caratteristica di pericolo, né per la salute umana, né per l'ambiente. A tutti gli effetti tale tecnologia si può definire del tutto ecocompatibile.

5.4 GALLERIE NATURALI IN DETRITO CONSOLIDATE DALL'ALTO

Il consolidamento viene eseguito, per i tratti di galleria con coperture limitate, mediante trattamenti colonnari in Jet Grouting, realizzati da piano campagna, della porzione di terreno esterna al nucleo di scavo, ad eccezione dei muri tampone che interessano anche il terreno del nucleo di scavo. Tali tamponi (setti verticali) sono realizzati ogni 15.00 m circa (spessore 2.00 m) e ad ogni cambio di sezione (spessore 4.00 m).

Questa tipologia di gallerie non prevede consolidamenti al fronte di scavo. Il materiale proveniente dallo scavo è, quindi, sostanzialmente privo di elementi antropici (PVC, VTR, ecc.) fatta eccezione per il cemento impiegato per la realizzazione dei predetti muri tamponi e per eventuali residui di cemento del consolidamento del terreno esterno al nucleo di scavo.

In funzione dei parametri di progetto, si prevede che il contenuto di cemento all'interno del materiale di scavo, in corrispondenza dei soli muri tampone, sia pari al 12,2%. Tale materiale si presenta sotto forma di conglomerato, in cui le terre e rocce si sono fisicamente legate alla miscela di acqua e cemento utilizzata. Il materiale proveniente dalla rimozione dei muri tampone viene separato all'atto dello scavo e gestito come rifiuto.

Il materiale proveniente dallo scavo fra i muri tampone è sostanzialmente privo di qualsiasi elemento antropico

5.5 REFLUO DA JET GROUTING

Il consolidamento del terreno in Jet Grouting è eseguito mediante l'iniezione ad alta pressione di miscela cementizia all'interno di fori appositamente realizzati. Durante l'iniezione, parte della miscela cementizia (refluo cementizio) risale a bocca foro. Il refluò così

prodotto può essere sottoposto, nell'ambito del ciclo produttivo, ad un trattamento di disidratazione meccanica, ad esempio mediante filtropressa, e successivamente avviato a recupero/smaltimento presso idoneo impianto debitamente autorizzato alla gestione di rifiuti.

5.6 LIMI DI LAVAGGIO

Nell'ambito delle lavorazioni di cantiere, possono generarsi dei materiali limosi che non provengono direttamente dall'attività di scavo, ma vengono generati dai seguenti processi:

- lavaggio inerti;
- trattamento delle acque reflue.

Tali materiali, inquadrati amministrativamente come rifiuti, possono essere oggetto di campagna di recupero, come previsto dalle autorizzazioni specifiche riportate al par. 4.

5.6.1 Limi provenienti dal lavaggio inerti

Nel primo caso, i limi derivano dal ciclo di trattamento delle **acque di lavaggio inerti**. Il sistema di gestione delle acque nell'impianto di vagliatura degli inerti presuppone il recupero delle acque torbide e il loro trattamento con decantazione dei fanghi.

In particolare, l'acqua chiara viene pompata dalla vasca "decantatore acque chiare" direttamente al vaglio, munito di un sistema di distribuzione delle acque attraverso delle aste orizzontali con ugelli poste su ogni piano di vagliatura. Tutto il materiale passante attraverso il piano inferiore del vaglio, nel caso specifico **acqua e sabbia**, viene convogliato attraverso una canale nella vasca di raccolta dell'idrociclone con vaglio asciugatore. L'acqua carica di parti fine viene convogliata nella vasca acque torbide e successivamente pompata a intervalli fissi nel silos di decantazione "silos fanghi" dove subisce un processo di attivazione con miscela di flocculante per agevolare la separazione delle parti pesanti.

In questo processo l'acqua chiara viene convogliata nel canale scolmatore e a caduta affluisce nella vasca decantatore acque chiare, pronta per essere reimpiegata nel ciclo di lavaggio degli inerti. Nel contempo le parti pesanti (fanghi) che si depositano sul fondo del silos scendono a caduta nella vasca di raccolta fanghi e successivamente filtrati mediante

filtrpressa in modo da estrarre tutta l'acqua residua.

I fanghi disidratati, ai quali viene attribuito il codice EER 010412, possono essere sottoposti a procedura di recupero R5 per l'ottenimento di frazioni inerti di natura lapidea di granulometria idonea e selezionata.

5.6.2 Limi da impianti di trattamento acque

Nel cantiere è presente un impianto di trattamento delle acque reflue di processo.

I principali processi di trattamento dell'impianto sono la neutralizzazione per raggiungere valori di pH compatibili con lo scarico in acque superficiali, la decantazione e la rimozione residuale di solidi sospesi, la denitrosazione e la disidratazione del fango ispessito mediante filtrpressa a camera.

I fanghi derivanti da filtrpressatura, ai quali viene attribuito il codice EER 190814, possono essere sottoposti a procedura di recupero R5 per l'ottenimento di frazioni inerti di natura lapidea di granulometria idonea e selezionata.

5.7 ELENCO DELLE POSSIBILI SOSTANZE PRESENTI NEI MATERIALI DI SCAVO

Nel caso delle gallerie scavate con preconsolidamenti dei terreni, le sostanze presenti nei materiali di scavo sono:

- tubi in vetroresina VTR per preconsolidamento;
- tubi in PVC valvolati;
- sostanze utilizzate per il consolidamento con Jet Grouting e Quick Set Jetting;
- calcestruzzi e spritz.

Per ognuna di queste categorie si allegano le schede tecniche e di sicurezza (Allegato 1), in cui vengono indicati eventuali rischi per l'ambiente e le cautele da adottare.

5.7.1 Tubi vetroresina (VTR)

Come residuo si può trovare resina poliestere, fibre di vetro e carbonato di calcio. La quantità varia in ragione della qualità dei terreni.

5.7.2 Tubi in PVC valvolati

Come residuo si può trovare PVC rigido. La quantità

varia in ragione della qualità dei terreni.

5.7.3 Sostanze utilizzate per il consolidamento con Jet-Grouting e Quick Set Jetting

Nella lavorazione di Jet Grouting e Quick Set Jetting, le sostanze che vengono utilizzate nella miscela sono le seguenti:

- Bentonite sodica ad altissimo rendimento (Bentogel Y);
- Lubrificante Mapedrill M1;
- Accelerante di presa Sodio Silicato (Profast SL 40).

5.7.4 Calcestruzzi e spritz

Nelle fasi di scavo delle gallerie si prevede il prerivestimento del cavo mediante la posa in opera di calcestruzzo proiettato, ovvero spritz beton, che forma uno strato resistente sulla roccia, salvo quota parte che, non legando immediatamente, cade a terra. Le sostanze che vengono utilizzate nelle miscele sono le seguenti:

- Cemento comune e miscele contenenti cemento;
- Acceleranti di presa;
- Fibre metalliche;
- Additivi.

5.7.5 Considerazioni sulla contaminazione

Ai fini della valutazione del potenziale livello di contaminazione dato dalla presenza di leganti a base di cemento, va evidenziato che il potere legante del cemento è dovuto in gran parte alla formazione dei silicati idrati di calcio (CSH), mentre la formazione dei silicati idrati di alluminio (ASH) è la causa principale della presa.

È importante rilevare che, proprio per la natura legante del cemento, il processo di conglomerazione e solidificazione rende non rilevante, ai fini del suo effetto ambientale reale, la potenziale presenza di sostanze inizialmente solubili, ma che nell'utilizzo reale sono poi inglobate nella massa solida una volta indurita.

Solo sgretolando, artificialmente, tale materiale monolitico si possono rendere nuovamente disponibili le specie eluibili, ma tale condizione non rispecchia il

comportamento reale dei materiali.

Si rammenta che, pur essendo alcune componenti del cemento sostanze classificate ai sensi del reg. 1272/2008/CE (CLP) come pericolose "irritanti", quando il cemento è gestito come rifiuto, per definizione, è sempre e solamente identificato con codici EER non pericolosi assoluti (170101).

Questo poiché il legislatore europeo ha ben chiaro che una volta solidificato la sua natura chimica diventa irrilevante ai fini di un potenziale pericolo.

Per quanto attiene alle altre sostanze potenzialmente presenti si evidenzia che i tubi in vetroresina (VTR) ed i tubi in PVC, ancorché ridotti dimensionalmente in fase di preparazione del campione di analisi, mantengono un comportamento sostanzialmente neutro. Inoltre, va evidenziato che la percentuale di presenza nell'ammasso è assai ridotta e di norma non supera lo 0,1 % in peso.

Inoltre, per quanto riguarda gli additivi utilizzati, è possibile asserire che una volta che la miscela cementizia si solidifica non determinano alcun effetto cumulativo e/o sinergico rispetto al solo cemento.

6 PROVE E ANALISI ESEGUITE SULLA MPS

Nel presente capitolo si descrivono le prove e le analisi effettuate sulle Materie Prime Seconde da codice EER 170504 e i risultati ottenuti, al fine di valutarne l'equiparazione, sia dal punto di vista ambientale che tecnico, alle Terre e Rocce da Scavo qualificate come sottoprodotti.

Si specifica che le MPS vengono sottoposte in via ordinaria al test di cessione, come previsto espressamente dalla DGP 1030/2016, i cui esiti vengono periodicamente trasmessi agli uffici provinciali. Come si evince dagli esiti sin qui ottenuti (Allegato 2), le MPS risultano conformi sia ai valori limite dell'eluato per i materiali riciclati (Tab 3 D.G.P. 1030/16) e sia ai valori limite di concentrazione limite accettabili nelle acque sotterranee (Tab 2 D.G.P. 102 del 9/02/2021).

Inoltre, dal punto di vista ambientale, tali materiali sono stati ulteriormente indagati verificandone le CSC (concentrazioni soglia di contaminazione), e analizzando i possibili effetti tossici che essi possono avere con particolare riferimento agli organismi viventi. Questa analisi è stata effettuata mediante l'esecuzione

di test eco e fito-tossicologici.

Infine, dal punto di vista tecnico, nell'ottica di un reimpiego nei tombamenti del rimodellamento morfologico dell'area di dismissione della vecchia ferrovia storica del Brennero (WBS: RIT) è stata valutata la permeabilità delle MPS e la presenza di materiali di origine antropica.

6.1 TEST DI ECOTOSSICITÀ

L'ecotossicità riguarda le alterazioni subite da qualsiasi organismo vivente, o ecosistema, imputabili alla presenza di sostanze chimiche e biologiche, dipendenti dal tipo di esposizione e dalle modalità attraverso le quali avvengono le emissioni delle diverse sostanze nell'ambiente. I metodi per la loro standardizzazione sono in continua fase di ricerca.

L'ecotossicologia è la scienza che coniuga la tossicologia con l'ecologia e la chimica ambientale per prevedere gli effetti potenzialmente tossici degli agenti chimici e fisici sugli ecosistemi naturali (ecotossicologia predittiva), ma è altresì la scienza che studia gli effetti degli inquinanti sull'ambiente (ecotossicologia consuntiva). I compiti dell'ecotossicologia sono quelli di:

- misurare la ecotossicità di campioni ambientali, tramite batterie di test che utilizzano una serie di organismi bersaglio, con lo scopo di verificare eventuali superamenti dei limiti imposti dalle norme di legge;
- prevedere l'eventuale impatto del campione ambientale sull'ecosistema;
- ricercare e rimuovere le eventuali cause di tossicità.

Il saggio ecotossicologico (o test di ecotossicità) è un esperimento biologico atto a verificare se un composto potenzialmente tossico, o un campione ambientale, causa una risposta biologica rilevante negli organismi utilizzati per il test.

I test di ecotossicità utilizzati nelle indagini ecotossicologiche si distinguono in acuti, subletali e cronici:

- il test di **ecotossicità acuta** stima gli effetti avversi che si manifestano nell'organismo in un breve tempo (non superiore ad un terzo del tempo medio tra

nascita e raggiungimento della maturità sessuale e durante il quale l'organismo può essere mantenuto in buone condizioni in assenza di alimentazione) dopo la somministrazione di una singola dose di una sostanza;

- il test di **ecotossicità subacuta** (subletale) Stima gli effetti avversi che si manifestano dopo l'esposizione ad una sostanza per un periodo ≤ 10 % vita dell'organismo (e durante il quale gli organismi vengono alimentati);
- il test di **ecotossicità cronica** stima gli effetti avversi che si manifestano dopo l'esposizione ad una sostanza per un periodo > 50 % vita dell'organismo.

I test ecotossicologici hanno diversi vantaggi:

- permettono valutazioni globali dell'impatto di tutti gli agenti inquinanti sull'ambiente naturale;
- accertano e quantificano gli effetti tossici sugli organismi viventi, utilizzando specie indicatrici sensibili;
- sono condotti in laboratorio in condizioni controllate e standardizzate.

Le motivazioni che spingono all'uso di saggi di tossicità con organismi acquatici possono essere molteplici, ad esempio:

- Tutela ambientale: giudizi di accettabilità di effluenti di cui non è nota la composizione (industria, agricoltura, scarichi urbani, etc.);
- performance ambientali: controllo della qualità delle acque superficiali, sedimenti, suoli, ai fini della tutela della fauna ittica e della pesca (competenze delle province italiane); siti industriali; bonifiche, etc.;
- Formulazione di criteri di qualità: saggi preventivi per l'immissione sul mercato di nuovi prodotti chimici (REACH).

6.1.1 Campionamento e preparazione dei campioni per i test ecotossicologici

In data 17 marzo 2021 si è svolto il campionamento presso 3 cumuli di materiali diversi. In particolare, oltre alle MPS sono stati sottoposti ad ecotest anche due tipologie di rifiuto, al fine di avere una rappresentatività

del comportamento dei diversi materiali.

Per ciascun campione di laboratorio, è stata prelevata una massa di circa 2 kg. I campioni sono stati preparati in accordo alla norma UNI EN 14899:2006 e al piano di campionamento. Ciascun campione è formato da n° 3 aliquote.

- **Campione 1:** materiale qualificato come rifiuto con **EER 170101** – refluo da operazioni di Jetting Grouting su un cumulo in deposito da 2-5 giorni che deriva da lavorazioni di consolidamento effettuate nella galleria naturale direzione nord.
- **Campione 2:** materiale qualificato come rifiuto con **EER 170504** – materiale di scavo preconsolidato su un cumulo in deposito da 2 giorni che deriva dallo scavo della galleria naturale binario pari nord (GN BPN) consolidata mediante Jet Grouting. Si osserva la presenza di materiale in blocchi (granito e cls) in proporzione pari a circa il 30%.
- **Campione 3:** materiale qualificato come **MPS** da codice EER 170504 da circa 6 mesi in cumulo nell'area di deposito nord. Il prelievo è stato effettuato previa asportazione dello strato corticale (1 m sotto la superficie).

Le concentrazioni di prova sono ottenute partendo da una soluzione madre con rapporto solido/liquido 1:10 S/L, preparata mediante lisciviazione del campione a granulometria = 4 mm con acqua distillata secondo la norma UNI EN 14735:2005 (EC-1-2008) "Caratterizzazione di rifiuti - Preparazione di campioni di rifiuti per prove ecotossicologiche". La soluzione viene messa ad agitare con miscelatore a rovesciamento a 10 rpm per 24 h a 23°C. L'estratto acquoso è lasciato sedimentare per 15 minuti, per poi venire filtrato su membrana 0,45 µm prima di allestire le diluizioni da utilizzarsi per la prova.

6.1.2 Test di ecotossicità acuta su *Brachydanio rerio* (Zebrafish)

Il test viene eseguito secondo le linee guida OECD/OCSE 203:2019 – OECD guideline for testing of chemicals - Fish, Acute Toxicity Test, richiamate dal Regolamento CE 440/2008 - Allegato Parte C, C.1. Tossicità acuta per pesci.

La specie di elezione, tra le altre utilizzabili, è il pesce d'acqua dolce *Brachydanio rerio* (Zebrafish). Gli

individui, di lunghezza totale raccomandata di 1-2 cm (sessualmente non maturi), sono esposti al campione di prova aggiunto all'acqua, per un periodo di 96 ore. La mortalità viene registrata a 24, 48, 72 e 96 ore e confrontata con i valori ottenuti dal controllo. Viene valutata la CL50, ovvero la concentrazione che determina il decesso del 50% degli esemplari in prova.

Al fine di minimizzare l'uso di animali, come previsto ai sensi del § 30 del metodo, viene utilizzata una sola concentrazione limite. In questo caso il test non restituisce un valore di CL50 ma ci dice solo se questa è maggiore o minore della concentrazione limite testata, che di solito corrisponde al limite di legge. Per lo stesso motivo non viene solitamente eseguito il test cronico sui pesci, che usa un elevato quantitativo di pesci con numerose manipolazioni degli esemplari.

6.1.3 Test di tossicità acuta con Daphnia magna

Viene utilizzato il metodo "OECD/OCSE 202:2004 – OECD guideline for testing of chemicals – Daphnia sp., Acute Immobilisation Test" che corrisponde al metodo del REGOLAMENTO (CE) N. 440/2008– Allegato Parte C, metodo C.2. Saggio di immobilizzazione acuta in Daphnia sp.

I giovani dafnidi, di età inferiore a 24 ore alla partenza della prova, sono esposti al campione alle concentrazioni di prova per un periodo di 48 ore. L'immobilizzazione viene registrata a 24 ore e 48 ore e confrontata con i valori ottenuti dal controllo. Viene valutato il valore di CE50, cioè la concentrazione della sostanza in prova che determina l'immobilizzazione del 50% degli individui impiegati nel test. Viene eseguito il test limite (§ 24 del metodo) che consente di valutare se la CE50 è maggiore o minore della concentrazione limite testata.

6.1.4 Test di tossicità cronica con Daphnia magna Straus

Viene utilizzato il metodo "OECD/OCSE 211:2012 – OECD guideline for testing of chemicals – Daphnia magna Reproduction Test", riportato nel REGOLAMENTO (CE) N. 440/2008 – Allegato C, metodo C.20. Prova di riproduzione con Daphnia magna.

Poiché trattasi di metodo marcatamente indaginoso,

viene eseguito in concentrazione limite (§ 36 del metodo). I giovani dafnidi, di età inferiore a 24 ore alla partenza della prova, sono esposti al campione di prova a concentrazione limite (es. 1 mg/L) in 10 repliche con un singolo individuo progenitore, per 21 giorni. A intervalli regolari viene controllata la produzione di prole dei singoli progenitori e la mortalità nei vari contenitori. I valori ritrovati nei contenitori con il campione in prova vengono poi confrontati statisticamente col bianco rappresentato dal solo medium di allevamento. Si determina così se il valore della NOEC (No Observed Effect Concentration) è maggiore o minore rispetto alla concentrazione limite testata, per valutare gli eventuali effetti di tossicità cronica.

6.1.5 Test di tossicità algale

Il metodo di prova utilizzato è l'OECD/OCSE 201:2006 (Annex 5 corrected 2011) "GUIDELINES FOR THE TESTING OF CHEMICALS Freshwater Alga and Cyanobacteria, Growth Inhibition Test", corrispondente al metodo REGOLAMENTO (CE) N. 440/2008 – Allegato Parte C, metodo C.3. Alghe di acqua dolce e cianobatteri, prova di inibizione della crescita.

Vista la rapida crescita algale, il test viene eseguito su diverse generazioni dell'alga e ha una doppia valenza di test acuto e cronico. Le alghe, in crescita esponenziale alla partenza della prova, sono state esposte al campione alle varie concentrazioni, per un periodo di 72/96 ore. La concentrazione algale viene registrata a 24, 48 e 72 (ed eventualmente 96) ore e confrontata con i valori ottenuti dal controllo. Lo scopo è quello di determinare il valore di CrE50 (la concentrazione stimata che provoca una riduzione del 50% del tasso di crescita rispetto al controllo) del campione in prova sull'alga d'acqua dolce *Pseudokirchneriella subcapitata*, per valutare se questo campione possa presentare effetti di tossicità acuta per l'ambiente acquatico. Viene quindi valutata statisticamente la NOEC (No Observed Effect Concentration) per controllare possibili effetti di tossicità cronica del campione. Viene eseguito il test limite (§ 42 del metodo) che permette di valutare se la CrE50 è maggiore o minore della concentrazione limite testata.

6.1.6 Test di fitotossicità

Il test viene eseguito secondo il metodo OECD/OCSE 208:2006 "OECD GUIDELINES FOR THE TESTING OF

CHEMICALS - Terrestrial Plant Test: Seedling Emergence and Seedling Growth Test”, corrispondente al metodo del REGOLAMENTO (CE) 440/2008, Allegato C - C.31. Prova sulle piante terrestri: emergenza delle plantule e crescita delle plantule.

I semi vengono messi a contatto con il suolo addizionato con il campione finemente macinato a una concentrazione limite. Si valutano gli effetti sulla germinazione dei semi e sulla biomassa prodotta rispetto a un controllo durante un periodo di 14-21 giorni, calcolati a partire dalla data in cui è germinato il 50% dei semi nel gruppo di controllo (compost testimone).

Gli effetti tossici sono valutati su due piante superiori, una monocotiledone e una dicotiledone:

- *Lepidium sativum* L. (crescione; dicotiledone);
- *Hordeum vulgare* L. (orzo; monocotiledone).

6.1.7 Risultati test ecotossicologici

Nella tabella che segue si riepilogano i risultati ottenuti nei n.3 campioni nei diversi test eseguiti.

			C1 RIFIUTO 170101	C2 RIFIUTO 170504	C3 MPS NORD
Test	Conc. Lim.	U.M.	202104554	202104555	202104556
Zebrafish (t. acuta)	CL ₅₀	mg/L	>100	>100	>100
Daphnia magna (t. acuta)	CE ₅₀	mg/L	>100	>100	>100
Pseudokirchneriella (t.acuta)	CrE ₅₀	mg/L	>100	>100	>100
Pseudokirchneriella (t.cronica)	NOEC	mg/L	>100	>100	>100
Daphnia magna (t.cronica)	NOEC	mg/L	>1	>1	>1
Piante	CE ₅₀	mg/kg	>1000	>1000	>1000

Non vi è una normativa specifica con cui comparare i risultati degli ecotest del campione sottoposto a prova. Per poter valutare questo risultato, è possibile utilizzare come indicazione i limiti riportati dal regolamento (CE) N. 1272/2008 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2008 relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele (il cosiddetto Regolamento CLP) che riporta al punto 4.1.2.6. i criteri per la classificazione e la categorizzazione delle sostanze come «pericolose per

l'ambiente acquatico» sintetizzati nella Tabella 4.1.0. Gli stessi limiti si utilizzano ad oggi per l'attribuzione della caratteristica di pericolo HP 14 "ecotossico" ai rifiuti (con i debiti distinguo soprattutto per la tossicità cronica), ai sensi della normativa vigente.

Tutti i campioni, sia ai fini della valutazione della tossicità acuta, sia della tossicità cronica sono risultati conformi, ovvero i valori CL50, CE50 e CrE50 (effetto al 50%) superano i 100 mg/L e i NOEC superano 1 mg/L. Pertanto, ai sensi della Tab 4.1.0 del CLP sono qualificabili come non ecotossici per l'ambiente acquatico per nessuno dei tre livelli trofici (pesci, crostacei e alghe).

In Allegato 3 si riportano gli esiti degli eco e fito-test eseguiti sui tre campioni per i diversi livelli trofici.

6.2 CONCENTRAZIONI SOGLIA DI CONTAMINAZIONE DELLE MPS

Al fine di avere un'ulteriore prova della compatibilità ambientale delle Materie Prime Seconde in funzione della destinazione d'uso urbanistica, in analogia a quanto viene attuato per i sottoprodotti, sono state analizzate le concentrazioni soglia di contaminazione, che sono risultate inferiori ai limiti di cui alla colonna A della Tab. 1, All 5, Tit. V, della parte IV del D.Lgs 152/2006 e ai limiti di cui alla Tab. 1 Colonna A della D.G.P. della PABZ 102/2021.

I risultati di tale analisi sono riportati in (Allegato 4).

6.3 PERMEABILITÀ

Per quanto riguarda le proprietà tecniche dei materiali oggetto del presente studio, sono state effettuate delle prove di permeabilità sulle MPS e sui terreni alluvionali in sito, riscontrando che i risultati ottenuti per le due tipologie di materiale sono confrontabili, come riportato nella tabella seguente.

Tipo materiale	Permeabilità
MPS CER Prevalente 170504	$1,65 \cdot 10^{-5}$
MPS CER Prevalente 170101	$2,67 \cdot 10^{-6}$
Terre e rocce tipo A - alluvionale	$4,97 \cdot 10^{-6}$
Terre e rocce tipo B - alluvionale	$4,89 \cdot 10^{-6}$

In Allegato 5 si riportano i rapporti di prova delle prove di permeabilità eseguite nel mese di aprile 2021.

6.4 PRESENZA DI MATERIALE ANTROPICO NELLE MPS

Al fine di una qualificazione delle MPS dal punto di vista merceologico, in data 21/04/2021, sono state eseguite delle prove per determinare la percentuale di materiale antropico presente in contraddittorio con la Direzione Lavori.

Sono stati campionati due cumuli di MPS a codice EER prevalente 170504, depositati presso le aree di deposito nei pressi della stazione ferroviaria di Fortezza e per ciascun cumulo è stata condotta la specifica prova merceologica.

Gli esiti delle prove hanno appurato che i quantitativi di elementi antropici presenti nei campioni analizzati risultano inferiori ai limiti previsti dalla nota Prot. 438621 del 30.07.2015, come riportato nei certificati in Allegato 6.

7 REIMPIEGO DI MPS NEL PROGETTO DI RINATURAZIONE

Per quanto riguarda il successivo riutilizzo, il Progetto Esecutivo, nell'elaborato 02-H71-AF-002-13-03-001_00-B0115-00929-RT1-03, Relazione generale progetto di rinaturazione, prevede che per i riempimenti possono essere utilizzati sottoprodotti contenenti materiali antropici nelle percentuali consentite dalle prescrizioni dell'Ufficio Gestione Rifiuti, con il vincolo di essere utilizzati in quella porzione di terreno che si trova 1 metro sopra l'escursione massima della falda e al di sotto della zona di radicazione (da 50 cm a 2 m).

Per comprovare la comparabilità delle Materie Prime Seconde a EER prevalente 170504 con le Terre e Rocce da Scavo qualificate come sottoprodotti (e comunque contenenti materiale antropico), al fine di utilizzarle nell'ambito della ricomposizione ambientale, oltre a essere stato sottoposto a test di cessione, come descritto al capitolo precedente, il materiale è stato analizzato sotto diversi punti di vista: ne è stata valutata la compatibilità ambientale mediante test eco e fito-tossicologici e mediante verifica dei valori di

concentrazione per il suolo e sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso (così come previsto dalla DGP 102/2021 e dal D.lgs 152/06 e s.m.i.), nonché sono state analizzate la permeabilità e la percentuale di materiali di natura antropica.

Si ribadisce che lo scopo precipuo delle analisi è quello di valutare l'equivalenza delle MPS derivanti da codice EER 170504 nel rimodellamento morfologico dell'area della ferrovia storica (WBS: RIT), in luogo delle Terre e Rocce da Scavo classificate come sottoprodotto.

Inoltre, al fine di migliorare le caratteristiche geomeccaniche dei materiali utilizzati nel rimodellamento morfologico, e ottenere frazioni inerti di natura lapidea di granulometria idonea e selezionata, è possibile procedere all'eventuale omogeneizzazione e integrazione con EER 010412 (sterili ed altri residui del lavaggio e della pulitura di minerali, diversi da quelli di cui alle voci 010407 ed 010411), preventivamente sottoposto a recupero R5 mediante fasi meccaniche e tecnologicamente interconnesse di triturazione, vagliatura e separazione della frazione metallica, rispettando le procedure e i criteri di cui alle autorizzazioni degli impianti mobili e delle relative campagne.

La stessa procedura può essere applicata al rifiuto avente EER 190814 (fanghi prodotti da altri trattamenti delle acque reflue industriali, diversi da quelli di cui alla voce 190813). In tal caso, la materia prima seconda ottenuta, in via del tutto cautelativa, sarà reimpiegata per i rinterri di parti d'opera, come i pozzi e le gallerie artificiali, confinati all'interno di una struttura completamente chiusa sia sul fondo che sulle pareti laterali mediante muri in cemento armato, e non verranno mai a contatto con le acque di falda. In generale, il progetto di rinaturazione prevede che, per la coltivazione del terreno a prato, dopo la conclusione dei lavori, le superfici da ricoltivare, debbano essere restituite con la struttura che il suolo presentava in precedenza. Questa deve in particolar modo garantire la medesima permeabilità del sottosuolo.

Inoltre, secondo il progetto originario, i ripristini delle aree di cantiere, per le aree ricoltivate a prato, il cui apparato radicale si estende per soli

30 cm dal piano campagna, potranno essere eseguiti con materiali da scavo contenenti elementi di origine antropica fino alla profondità di 50 cm dal piano campagna.

Il ripristino delle aree restituite a boschetto, invece, potrà essere eseguito con materiale proveniente dagli scavi anche contenente elementi antropici fino alla profondità di 2 m dal piano campagna.

Con particolare riferimento al rimodellamento morfologico dell'area della ferrovia storica deviata, il progetto di rinaturazione, come sopra illustrato, già prevede il riempimento con materiale (TRS) con presenza di elementi antropici (nota prot. 438621 del 30.07.2015 della PABZ), come riportato nell'elaborato 02-H71-AF-002-13-03-018_00-B0115-00999-1A7-06, in Allegato 7. Tale tipologia di materiale, sulla base delle verifiche eseguite e di tutte le analisi sopra dettagliate, risulta del tutto equivalente sia dal punto di vista tecnico-prestazionale che ambientale alle MPS derivanti da EER prevalente 170504 sottoposto ad attività di recupero in impianti autorizzati ed in linea con quanto previsto nei provvedimenti di approvazione e valutazione di compatibilità ambientale delle opere.

Dal punto di vista stratigrafico, la modifica progettuale proposta prevede uno strato superficiale di terreno vegetale per uno spessore di 50 o 80 cm (come già previsto dal Progetto Esecutivo), più in profondità uno strato intermedio di Terre e Rocce da Scavo sostanzialmente prive di materiale antropico per uno spessore di circa 50 cm, ed infine il riempimento degli scavi con Materie Prime Seconde come rappresentato nell'elaborato 02-H71-KP-004-13-03-113.00-B0115-21832-1A7-02, in Allegato 8.

Di seguito si riportano in via esemplificativa la planimetria di progetto esecutivo 02-H71-AF-002-13-03-018_00-B0115-00999-1A7-06 (Allegato 7) e quella di progetto di variante 02-H71-KP-004-13-03-113.00-B0115-21832-1A7-02 (Allegato 8), al fine di avere un raffronto immediato della variazione progettuale.

Fachbereich: 13 - Umweltplanung
 Thema: 03 - Renaturierung
 Dokumenteninhalt:

Settore: 13 – Progettazione ambientale
 Tema: 03 - Progetto di rinaturazione
 Contenuto documento: **Compatibilità ambientale delle Materie Prime Seconde nel reimpiego per ricomposizione ambientale - Relazione tecnica**

Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transportsysteme Verkehrsmittel Brennerbasistunnel. Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio della rete di trasporto trans-europea.

BRENNER BASISTUNNEL
 Ausführungprojekt

Potenziamento asse ferroviario Monaco - Verona
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
 Progetto esecutivo

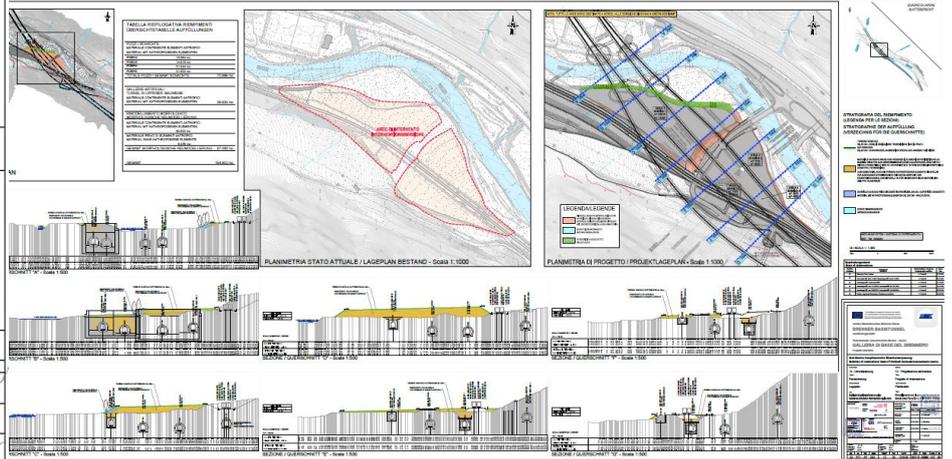
Sub-Baulos Hauptbauwerke Eisackunterquerung
 Sublotto di costruzione Opere Principali Sottoattraversamento Isarco

Fachbereich 13 - Umweltplanung	Settore 13 - Progettazione ambientale
Thema Renaturierung	Tema Progetto di rinaturazione
Dokumententyp Lageplan	Tipologia documento Planimetria
Titolo Rimodellamento morfologico area ferroviaria storica devialta tratto Fiume Isarco - Planimetria di Stato	

Verantwortung Bauüberwachung	Verantwortung Projektierung
ISARCO	webuild Italia
STRAAB	COLLIN
GP Ingenieure	rock soil
rock soil	rock soil

Beauftragter / Auftraggeber	Datum / Data	Name / Nome
10.09.2016	10.09.2016	D. Bonades
Geplant / Auftragsgeber	Datum / Data	Name / Nome
10.09.2016	10.09.2016	N. Meiner
Geplant / Auftraggeber	Datum / Data	Name / Nome
10.09.2016	10.09.2016	A. Lombardi

Projekt / Objekt	Werk / Bau	Blatt / Foglio								
02	H71	AF	002	13	03	018.00	B0115	00999	1A7	06



Planimetria 02-H71-AF-002-13-03-018_00-B0115-00999-1A7-06 (Allegato 7)

Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transportsysteme Verkehrsmittel Brennerbasistunnel. Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio della rete di trasporto trans-europea.

BRENNER BASISTUNNEL
 Detailausführungsprojekt

Potenziamento asse ferroviario Monaco - Verona
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
 Progetto di Variante

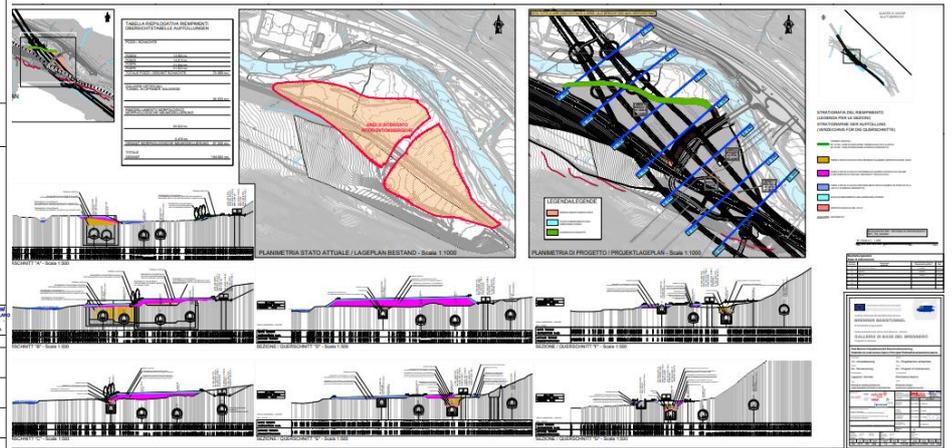
Sub-Baulos Hauptbauwerke Eisackunterquerung
 Sublotto di costruzione Opere Principali Sottoattraversamento Isarco

Fachbereich 13 - Umweltplanung	Settore 13 - Progettazione ambientale
Thema 03 - Renaturierung	Tema 03 - Progetto di rinaturazione
Dokumententyp Lageplan, Schnitte	Tipologia documento Planimetria Sezioni
Titolo Rimodellamento morfologico Area ferroviaria storica devialta tratto Fiume Isarco	

Verantwortung Detailausführung	Verantwortung Projektierung
ISARCO	webuild Italia
STRAAB	COLLIN
GP Ingenieure	rock soil
rock soil	rock soil

Beauftragter / Auftraggeber	Datum / Data	Name / Nome
07.12.2021	07.12.2021	L. Delgado
Geplant / Auftraggeber	Datum / Data	Name / Nome
07.12.2021	07.12.2021	M. Gatti
Geplant / Auftraggeber	Datum / Data	Name / Nome
07.12.2021	07.12.2021	S. Clerici
Geplant / Auftraggeber	Datum / Data	Name / Nome
07.12.2021	07.12.2021	A. Marzoli

Projekt / Objekt	Werk / Bau	Blatt / Foglio								
02	H71	KP	004	13	03	113.00	B0115	21832	1A7	02



Planimetria 02-H71-KP-004-13-03-113.00-B0115-21832-1A7-02 (Allegato 8)

Per ulteriore chiarezza, si riporta di seguito una tabella di raffronto tra le stratigrafie previste dal progetto esecutivo e quelle previste nel progetto di variante.

	Profondità	Stratigrafia	
		Progetto Esecutivo	Progetto di Variante
Ritombamento (RIT)	0, - 0,5 m	Terreno Vegetale	Terreno Vegetale
	-0,5 m, - 1 m	Riempimento con materiale con presenza di elementi antropici	Terre e Rocce da Scavo sostanzialmente prive di materiale antropico
	< -1 m		Riempimento con materiale con presenza di elementi antropici e/o con MPS da recupero rifiuti con CER prevalente 170504 e/o 010412
	Zone protette (pozzi, gallerie)		Riempimento con materiale con presenza di elementi antropici e/o con MPS vario
Aree a verde (a boschetto)	0, - 0,5 m	Terreno Vegetale	Terreno Vegetale
	-0,5 m, -2m	Riempimento con materiale privo di elementi antropici	Riempimento con materiale privo di elementi antropici
	<- 2m	Riempimento con materiale con presenza di elementi antropici	Riempimento con materiale con presenza di elementi antropici e/o con MPS da recupero rifiuti con CER prevalente 170504 e/o 010412

8 CONTROLLO OPERATIVO IN CORSO DI ESECUZIONE DEI RITOMBAMENTI

In analogia con i controlli operativi eseguiti nel corso di tutte le attività lavorative, ed in particolare con quelli richiesti per le Terre e Rocce da Scavo (sottoprodotto), prima dell'inizio dei ritombamenti in aree non del tutto confinate da elementi impermeabili (spritze-beton, jet grouting, setti in calcestruzzo ecc.) per i quali si prevede di riutilizzare le MPS con codice EER prevalente 170504, a tale scopo è stata redatta specifica Istruzione Operativa che disciplinerà le modalità, i controlli e le prove da eseguirsi per garantire l'accettabilità di detti materiali (IST_RITMPS_B).

In particolare, per ciascuna prova, si propone la frequenza di campionamento riportata nella tabella seguente, in cui vengono indicati anche i limiti di accettabilità e la relativa norma di riferimento.

Tipologia di prova	Frequenza	U.M.	Limiti di accettabilità	Norma di riferimento
Test di cessione	5.000	ton	tab 3 lista 1 DGP 1030/2016 tab 2 lista DGP n. 102/2021	DGP 1030/2016
Merceologica	10.000	mc	5% in peso per materiali inerti/minerali estranei 0.1% in peso per i materiali estranei incompatibili	nota Prot. 438621 del 30.07.2015 PABZ
CSC	10.000	mc	- colonna A della Tab. 1, All 5, Tit. V, della parte IV D.Lgs 152/06 - colonna A della Tab 1 D DGP n. 102/2021	- D.Lgs 152/06 - D.G.P. della PABZ n. 102/2021
Permeabilità	50.000	mc	ordine di $10^{-5} \div 10^{-6}$ m/s	-
Test di tossicità acuta (Daphnia magna)	50.000	mc	CE ₅₀ >100	Regolamento CLP
Test di tossicità cronica (Daphnia magna)	75.000	mc	NOEC>1	Regolamento CLP
Test di fitotossicità sulle piante	75.000	mc	CE ₅₀ >1000	Regolamento CLP

Si specifica che nel caso di utilizzo di MPS a codice CER 010412, preventivamente al recupero si dovrà effettuare sul rifiuto tal quale il test di cessione nel rispetto delle modalità e dei limiti previsti dall'Allegato 3 del D.M. Ambiente 05.02.1998, come previsto dall'autorizzazione regionale dell'impianto. All'esito della predetta verifica potrà procedere all'eventuale omogeneizzazione e integrazione con materia prima inerte (o MPS da EER 170504) preventivamente all'operazione R5 mediante triturazione, rispettando le procedure e i criteri previsti dalle autorizzazioni specifiche degli impianti e delle relative campagne di recupero.

9 IMPATTI AMBIENTALI

Dalle analisi eseguite, si può asserire che le Materie Prima Seconde da utilizzare per ritombamento non presentano rischi per l'ambiente e per gli organismi acquatici, come dimostrato dalla conformità del test di cessione e dai risultati dei test ecotossicologici.

Inoltre, il fatto di recuperare rifiuti che altrimenti si sarebbero conferiti presso impianti di recupero

o smaltimento esterni, azzerando l'impatto sulla viabilità locale, annullando altresì gli impatti connessi (es. consumo di carburante, emissioni di CO₂...).

Tale intervento, infatti, valorizza il rifiuto prodotto favorendo il recupero di materia in luoghi prossimi a quelli di produzione, coerentemente con i principi di sostenibilità descritti al par.2.

Ciò premesso, si può confermare che la variante progettuale prevede l'assenza di impatti negativi e significativi e che rispetto al progetto esecutivo non vi sono, quindi, variazioni in termini di impatti ambientali.

10 CONCLUSIONI

Alla luce delle verifiche eseguite, si può confermare che le Materie Prime Seconde derivanti dal recupero di rifiuti non pericolosi prodotti nel corso della realizzazione delle opere da codice EER prevalente 170504, oltre che rispondere ai requisiti previsti dalla normativa in termini di rilascio dell'eluato (conformità del test di cessione), non presentano rischi immediati o differiti per l'ambiente, in quanto viene dimostrato che le concentrazioni che risulterebbero letali per gli organismi acquatici e per la crescita delle alghe sono superiori al limite fissato per la tossicità acuta, pari a 100 mg/L. Allo stesso modo, per gli effetti a lungo periodo, la NOEC, ovvero la concentrazione più alta alla quale non si sono osservati effetti statisticamente diversi da quelli del controllo, è risultata maggiore al limite fissato per la tossicità cronica, pari a 1 mg/L.

Inoltre, i valori di concentrazione delle MPS sono compatibili con quelli riferiti alla specifica destinazione d'uso, così come previsto dalla DGP 102/2021. Infine, da un punto di vista tecnico, tali materiali presentano la medesima permeabilità dei terreni alluvionali presenti in sito e sono composti da percentuali di materiali di origine antropica trascurabili.

In termini generali, quindi, si può concludere che dette MPS da EER prevalente 170504 hanno caratteristiche del tutto equiparabili alle Terre e Rocce da Scavo.

Si ritiene, quindi, che **l'utilizzo nel riempimento per rimodellamento morfologico dell'area della ferrovia storica (RIT) delle Materie Prime Seconde derivanti da rifiuto con codice EER 170504 prevalente sia del tutto equiparabile all'utilizzo di materiale da scavo qualificato come sottoprodotto**, sia dal punto di vista tecnico che ambientale, in quanto si è dimostrato che questi materiali presentano caratteristiche tecniche confrontabili, oltre che rientrare in un processo di sostenibilità che valorizza il rifiuto prodotto e favorisce il recupero di materia in luoghi prossimi a quelli di produzione.

Il possibile reimpiego delle Materie Prime Seconde nell'ambito del rimodellamento morfologico dell'area della ferrovia storica deviata, viene descritto nell'elaborato di rinaturazione 02-H71-KP-004-13-03-113.00-B0115-21832-1A7-02, Allegato 8 alla presente relazione.

Per quanto riguarda, invece, i materiali derivanti dal recupero del codice EER 190814, gli stessi potranno essere reimpiegati per i rinterri di parti d'opera, come i pozzi e le gallerie artificiali, ove risulteranno confinati all'interno di una struttura completamente chiusa.

Da ultimo, va evidenziato che i provvedimenti di approvazione e di valutazione di compatibilità ambientale degli interventi prevedono che i materiali contenenti elementi di origine antropica eccedenti i limiti indicati dall'Ufficio Gestione Rifiuti dell'Agenzia Provinciale di Protezione dell'Ambiente della Provincia autonoma di Bolzano possano essere sottoposti a recupero come rifiuti in impianti autorizzati per il successivo utilizzo (tra cui quello per rinterri/ritombamenti), e dimostrata l'equivalenza tecnico/ambientale/prestazionale tra l'utilizzo nei tombamenti di Terre e Rocce da Scavo (comunque contenenti materiali antropici) e quello delle citate MPS, nonché l'assenza di impatti negativi e significativi o variazioni delle opere in progetto, si ritiene che l'adeguamento progettuale atto a formalizzare tale equivalenza non abbia carattere di sostanzialità, né, ancor prima, costituisca modifica che possa incidere

sulle valutazioni formulate in sede di approvazione degli interventi e di valutazione di impatto ambientale degli stessi.

11 ALLEGATI

Allegato 1: Schede di sicurezza delle sostanze impiegate nei processi di scavo

Allegato 2: Test di cessione

Allegato 3: Test di eco e fitotossicità

Allegato 4: Analisi delle CSC (Concentrazioni soglia di contaminazione)

Allegato 5: Prove di permeabilità

Allegato 6: Analisi merceologiche

Allegato 7: Tavola di progetto 02-H71-AF-002-13-03-018_00-B0115-00999-1A7-06 – Rimodellamento morfologico area ferrovia storica deviata tratto Fiume Isarco – Planimetria e Sezioni

Allegato 8: 02-H71-KP-004-13-03-113.00-B0115-21832-1A7-02 – Rimodellamento morfologico area ferrovia storica deviata tratto Fiume Isarco – Planimetria e Sezioni

Allegato 9: 02-H71-KP-004-13-01-009.00-B0115-21857-RT5-00, Rev. 00 del 30/07/19 aggiornata con codice documento PRA_MPS rev A del 06/2020 e PRA_MPS rev del 01/12/2021 procedura per il Recupero rifiuti trasformazione in MPS e riutilizzo in cantiere.

Allegato 10: Istruzione Operativa per il riutilizzo in cantiere delle MPS IST_RITMPS_B DEL 01/12/2021.