autostrade per l'Italia

Accordo con Regione Liguria, Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale e Comune di Genova del 14/10/2021

TUNNEL SUBPORTUALE URBANO DI ATTRAVERSAMENTO DELLA CITTA' DI GENOVA

DOCUMENTAZIONE GENERALE

PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO ai sensi del DPR 120/2017

revisione per aggiornamento AMB1000-04

VERIFICA a cura di:	RIESAME a cura di:	VALIDAZIONE INTERNA a cura di:
IL PROGETTISTA SPECIALISTICO Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Prov. Genova n. 9810A	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Chiara Bertolino Ord. Ingg. Prov. Torino n. 9196R	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Prov. Genova n. 9810A T.A. Ambiente

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog, Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	-
T1085	LL00	GE	DG	GEN	00000	00000	R	GMT	0001	01	SCALA -

TECNE Sustainable Engineering

ENGINEERING COORDINATOR:
Ing. Chiara Bertolino
Ord. Ingg. Prov. Torino n. 9196R

SUPPORTO SPECIALISTICO:

REVISIONE		
n.	Descrizione	Data
0	Prima emissione	Settembre 2024
1	Revisione per integrazioni	Novembre 2024

CODIFICA ASPI	Codice Commessa	Fase	Origine	Disciplina	W B S	Tipo	Progressivo	Classe	Status	Rev.
	0G087	PE	TECN	GMT	00000	REL	000001	1	APD	01

VISTO DEL COMMITTENTE
autostrade per l'Italia
IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Gabriella Lotito

VISTO DEL CONCEDENTE
Ministero delle infrastrutture e dei trasporti

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA SOC. AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.P.A.. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.
THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SOC. AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.P.A.. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW.

Sommario

0 INTRODUZIONE ALL'AGGIORNAMENTO DEL PIANO PER OSSERVAZIONI E INTEGRAZIONI IN PAUR E PER SUCCESSIVE MODIFICHE 5

1 PREMESSA 9

1.1 STRUTTURA E CONTENUTI DEL PIANO 10
1.2 VALIDITA' DEL PIANO 12

2 QUADRO NORMATIVO 13

2.1 NORME DI RIFERIMENTO 13
2.2 CONDIZIONI PER L'UTILIZZO DI TERRE E ROCCE DA SCAVO 14
2.2.1 Riutilizzo delle terre da scavo come sottoprodotti, ai sensi dell'art 184bis 14
2.2.2 Riutilizzo delle terre da scavo per immersione in mare, ai sensi dell'art. 109 15

3 INQUADRAMENTO GENERALE 17

3.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE 17
3.2 MOTIVAZIONE DELL'INTERVENTO 18

4 INQUADRAMENTO PROGETTUALE 20

4.1 OPERE IN SOTTERRANEO 22
4.1.1 Tunnel Subportuale 22
4.1.2 Galleria artificiale per la deviazione ferroviaria portuale 25
4.1.3 Scolmatore del Fosso San Bartolomeo 26
4.2 OPERE MAGGIORI ALL'APERTO 27
4.2.1 Aree di imbocco 27
4.2.2 Parco della Lanterna 28
4.2.3 Rimodellamenti e sistemazioni 29
4.3 AREE DI CANTIERE 29
4.3.1 Nodo di S. Benigno 30
4.3.2 Nodo Cantiere Svincolo Madre di Dio 32
4.3.3 Imbocco su V.le Brigate Partigiane 34
4.3.4 Parco della Lanterna 35
4.3.5 Calata Concenter, Calata Bengasi e Calata Giaccone 37
4.3.6 Viabilità di Servizio 42
4.3.7 Aree di Deposito Intermedio delle Terre 43

5 INQUADRAMENTO AMBIENTALE DEL SITO 45

5.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 45
5.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 47
5.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 48
5.4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO 51
5.4.1 Riporti 51
5.4.2 Sedimenti marini-depositi quaternari 51
5.4.3 Argille di Ortovero 52
5.4.4 Formazione dei calcari del Monte Antola 52
5.4.5 Parametri materiali di riempimento 53
5.5 USO SUOLO 54
5.6 SITI OGGETTO DI BONIFICA 55
5.7 AZIENDE A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE 59
5.8 DESTINAZIONE URBANISTICA DELLE AREE DI INTERESSE 60

6 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI DA SCAVO 63

6.1 CONOSCENZE DEI SITI DI INTERESSE E DELLE AREE DI INTERVENTO 63

6.1.1 Cartografia Geochimica Regionale 63
6.1.2 Qualità Chimica dei sedimenti marini 64
6.1.3 Attività antropiche nell'area di intervento 67
6.2 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE PREGRESSA 67
6.2.1 Campagna di indagine, 2010 – Nodo S. Benigno 67
6.2.2 Rilievi di verifica durante corso d'opera, 2015 – Nodo S. Benigno 69
6.3 CAMPAGNA DI INDAGINE PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI IN SITO 70
6.3.1 Criteri di ubicazione dei punti d'indagine 70
6.3.2 Metodica di campionamento 73
6.3.3 Analisi chimiche di laboratorio 73
6.3.4 Sintesi sulla caratterizzazione ambientale 74
6.4 COMPATIBILITÀ AMBIENTALI DEI MATERIALI DA SCAVO NEI SITI DI UTILIZZO 77
6.5 CONSIDERAZIONI SULLE ANALISI DI RISCHIO ELABORATE PER IL RIEMPIMENTO DELLE 3 CALATE 77
6.6 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DA COMPLETARE NELLA FASE PRELIMINARE ALLE LAVORAZIONI 78
6.6.1 Caratteristiche dei Punti di Indagine 79

7 DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SCAVO E TECNOLOGIE APPLICATE 83

7.1 OPERE IN SOTTERRANEO 83
7.1.1 La TBM a fluido bentonitico (HydroShield) 84
7.2 OPERE ALL'APERTO 88
7.2.1 Scavi da scotico 88
7.2.2 Scavi da sbancamento 88
7.2.3 Rinterri e ritombamenti 88
7.2.4 Formazione rilevati e rimodellamenti 88
7.2.5 Formazione delle sottofondazioni e fondazioni di pavimentazione 89
7.3 NORMALE PRATICA INDUSTRIALE 89
7.3.1 Vagliatura 90
7.3.2 Frantumazione 90
7.3.3 Riduzione elementi/materiali antropici 90
7.3.4 Utilizzo di miscele di perforazione 90
7.4 GESTIONE DEI MATERIALI IDENTIFICATI COME RIFIUTI 91

8 BILANCIO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO 92

8.1 AMBITI DI GESTIONE DELLE TERRE DA SCAVO 92
8.1.1 Siti di produzione 93
8.1.2 Siti di destinazione e riutilizzo 94
8.1.3 Aree di deposito intermedio 95

9 CAMPIONAMENTO ED ANALISI IN CORSO D'OPERA 98

9.1 CARATTERIZZAZIONE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA O FINALE 98

10 GESTIONE E TRASPORTO IN FASE DI CANTIERE 99

10.1 VIABILITÀ INTERESSATA DALLA MOVIMENTAZIONE DEI MATERIALI DI SCAVO 99
10.1.1 Area Ponente di San Benigno 99
10.1.2 Area di cantiere sulle Opere a Mare, Calate Concenter, Bengasi e Giaccone 100
10.1.3 Nodo cantiere svincolo Madre di Dio 100
10.1.4 Area Levante di V.le Brigate Partigiane 101
10.2 PROCEDURE PER LA TRACCIABILITÀ DEI MATERIALI 101
10.3 DICHIARAZIONE DI AVVENUTO UTILIZZO 101

11 SINTESI SUL RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO 103

11.1 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA 103
11.2 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE E COMPATIBILITÀ AMBIENTALI DEI MATERIALI DA SCAVO 104
11.3 I PERCORSI PRINCIPALI DEI MOVIMENTI TERRA 105
11.4 ALTRE DESTINAZIONI NELL'AMBITO DEL PROGETTO 106

Indice delle Tabelle e delle Figure

TABELLA 1-1. ELENCO ELABORATI DI PROGETTO DEFINITIVO A SUPPORTO DEL PIANO DI UTILIZZO 11
FIGURA 3-1 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI PROGETTO 17
FIGURA 4-1: TRACCIATO TUNNEL SUBPORTUALE 20
FIGURA 4-2 COROGRAFIA GENERALE CON LA SUDDIVISIONE IN LOTTI FUNZIONALI 22
FIGURA 4-3 VISTA DELLA TRATTA SOTTOMARINA DELLE GALLERIE PRINCIPALI, TRA PK 2+840 E PK 2+450 23
FIGURA 4-4 PIANTA DEI CAMERONI, TRA PK KM 1+915 E PK 1+775 24
FIGURA 4-5 VISTA LATERALE DAL POZZO OVEST CON DISPOSIZIONE DEI DIAFRAMMI E DEGLI INFILAGGI 25
FIGURA 4-6 GALLERIA ARTIFICIALE PER LA DEVIAZIONE DELLA LINEA FERROVIARIA PORTUALE 26
FIGURA 4-7 TRACCIATO NUOVO SCOLMATORE DEL FOSSO SAN BARTOLOMEO 27
FIGURA 4-8 IL PARCO DELLA LANTERNA 28
FIGURA 4-9 UBICAZIONE DELLE AREE DI CANTIERE 30
FIGURA 4-10 AREA CANTIERE IMBOCCO SAN BENIGNO 30
FIGURA 4-11 AREA DI CANTIERE SVINCOLO DI S. MADRE DI DIO (STRALCIO FASE 3C) 33
FIGURA 4-12 AREA DI CANTIERE IMBOCCO BRIGATE PARTIGIANE (STRALCIO FASE 7A) 34
FIGURA 4-13 SEZIONI LONGITUDINALE E TRASVERSALE CON SISTEMAZIONE FINALE AREA DI SAN BENIGNO 36
FIGURA 4-14 RAPPRESENTAZIONE DELLE AREE DI SCAVO E DI SOLO RIUTILIZZO NELLA ZONA DI SAN BENIGNO 37
FIGURA 4-15 STRALCIO PLANIMETRICO OPERE A MARE, CALATA CONCENTER E CALATA GIACCONE 38
FIGURA 4-16 SEZIONE IN COLMATA DEL SISTEMA COMBI-WALL 38
FIGURA 4-17. AREA CANTIERE OPERATIVO E DEPOSITO IN CALATA CONCENTER 39
FIGURA 4-18 AREA CANTIERE OPERATIVO E DEPOSITO IN CALATA GIACCONE 41
FIGURA 4-19 STRALCIO PLANIMETRICO OPERE A MARE, CALATA CONCENTER E CALATA BENGASI 42
TABELLA 4-1. AREE DI DEPOSITO INTERMEDIO 43
FIGURA 4-21 SISTEMA GESTIONE ACQUE DELLE AREE DI DEPOSITO IN EX CARBONILE 44
FIGURA 4-22 SEZIONE PER IL DETTAGLIO SULLA DUNA "FILTRANTE" 44
FIGURA 5-1. UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE SU CARTA GEOLOGICA 46
FIGURA 5-2 PROFILO GEOLOGICO DELLA GALLERIA LUNGO ASSE NORD 46
FIGURA 5-3. MAPPA BATIMETRICA DEL GOLFO DI GENOVA CON INDICAZIONE DELLE PRINCIPALI STRUTTURE TETTONICHE E DEI CANYON SOTTOMARINI (SOULET ET AL., 2016) 47
FIGURA 5-4. PROFILO SISMICO LUNGO LE VALLI DI GENOVA E LA SPEZIA, PARTICOLARE SUI CANYONS DI GENOVA 47
TABELLA 5-1. PORTATE MASSIME DEI CORSI D'ACQUA PRESENTI NELL'AREA DI PROGETTO 48
TABELLA 5-2. INDICAZIONE DEL GRADO DI PERMEABILITÀ DELLE VARIE FORMAZIONI GEOLOGICHE 50
TABELLA 5-4. SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEI LITOTIPI INTERESSATI DAL PROGETTO 53
FIGURA 5-5 STRALCIO PLANIMETRICO DELLA CARTA DELL'USO DEL SUOLO, NELLE ZONE DI LEVANTE DELL'INTERVENTO 54
FIGURA 5-6 STRALCIO PLANIMETRICO SUI SITI CONTAMINATI 55
FIGURA 5-7. STRALCIO PLANIMETRICO SU MAPPA CON UBICAZIONE DELLE AZIENDE AD INCIDENTE RILEVANTE 59
FIGURA 5-8 STRALCIO CARTOGRAFICO DELLA TAVOLA "LIVELLO 3 - ASSETTO URBANISTICO" DEL PUC DI (IN VERDE L'AREA IN VARIANTE) 61
FIGURA 5-9 STRALCIO DEL PIANO REGOLATORE DI SISTEMA PORTUALE - IN VERDE LAREA DI DEPOSITO EX - CARBONILE, IN ROSSO CALATA CONCENTER. 61
FIGURA 6-1. ESTRATTO DELLA CARTOGRAFIA GEOCHIMICA REGIONALE DEL COBALTO 64
FIGURA 6-2. SCHEMA DEI CAMPIONAMENTI DEI SEDIMENTI MARINI (DA SITO ARPAL) 64
FIGURA 6-3. PUNTI DI INDAGINE NELL'AMBITO PORTUALE PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI MARINI, ARPAL 2012 65
TABELLA 6-1. GRANULOMETRIA DEI SEDIMENTI MARINI PORTO DI GENOVA, ARPAL 2012 65
TABELLA 6-2. SINTESI SUL CONTENUTO IN METALLI PESANTI NEI SEDIMENTI MARINI DEL PORTO DI GENOVA, ARPAL 2012 65
TABELLA 6-3. QUADRO DI SINTESI SULLA PRESENZA DI C>12, NEI SEDIMENTI MARINI DEL PORTO DI GENOVA, ARPAL 2012 66
TABELLA 6-4. SINTESI ANALITICA SULLA PRESENZA DI IPA NEI SEDIMENTI MARINI DEL PORTO DI GENOVA, ARPAL 2012 66
FIGURA 6-4. UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE SUL NODO STRADALE DI SAN BENIGNO (DA STRALCIO GEO0002) 68
TABELLA 6-5. SINTESI SULLA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE 2010 RISPETTO ALLE CSC 69
FIGURA 6-5. INDICAZIONE DEGLI ACCUMULI LUNGO GLI ASSI STRADALI, OGGETTO DI INDAGINE NEL 2015 69
TABELLA 6-6.SINTESI DEI RILIEVI ANALITICI SU CUMULO NEL 2015 SU ASSI 15 E 19 DEL NODO DI SAN BENIGNO 69
TABELLA 6-7 NUMERO DEI PUNTI DI INDAGINE E DEI PRELIEVI COMPLESSIVI DI INTERESSE PROGETTUALE 70
TABELLA 6-8 ELENCO DEI PUNTI DI INDAGINE PER LA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE 71
FIGURA 6-6. DISTRIBUZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE DI INTERESSE PROGETTUALE 72

TABELLA 6-9. SINTESI SULLA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE 2022-2023 RISPETTO ALLE CSC 74
TABELLA 6-10 QUADRO SUGLI ESITI ANALITICI DI INTERESSE PROGETTUALE 74
TABELLA 6-11 RIEPILOGO DEL NUMERO DI PRELIEVI RISPETTO AI LIMITI DI CSC 76
TABELLA 6-12 RIEPILOGO DEI PRELIEVI NEL RIPORTO CONFORMI AI LIMITI DI TABELLA 2 77
TABELLA 6-13. CARATTERIZZAZIONE MINIMA RELAZIONATA ALLE SUPERFICI DELLE AREE (DPR 120/2017) 79
FIGURA 6-7. UBICAZIONE PUNTI DI INDAGINE "AREA DI CANTIERE NODO S. BENIGNO" 80
FIGURA 6-8. UBICAZIONE PUNTI DI INDAGINE "AREA DI CANTIERE MADRE DI DIO" 81
FIGURA 6-9. UBICAZIONE PUNTI DI INDAGINE AREA DI CANTIERE "IMBOCCO SU VIALE BRIGATE PARTIGIANE" 82
FIGURA 7-1 ESEMPIO MODELLO TBM 84
FIGURA 7-2 SEZIONE TIPO IN GALLERIA NATURALE 85
FIGURA 7-3 TIPOLOGICO ANELLO IN CONCI ED ESEMPIO DI SEQUENZA DI MONTAGGIO DELL'ANELLO CON CONCIO DI CHIAVE 86
FIGURA 7-4 MODULO DI IMPIANTO DI SEPARAZIONE DA CANTIERE 87
FIGURA 7-5 SCHEMA TIPOLOGICO DI FRESA SLURRY UTILIZZATA PER IL MICROTUNNELING DEI BY-PASS PEDONALI 88
TABELLA 8-1 RIEPILOGO DEGLI INQUADRAMENTI NORMATIVI PER LE TERRE DA SCAVO PRODOTTE 93
TABELLA 8-2. AREE DI DEPOSITO INTERMEDIO 95
FIGURA 10-1: UBICAZIONE DELLE AREE DI CANTIERE CON EVIDENZA DEI COLLEGAMENTI PRINCIPALI 99
TABELLA 11-1 RIEPILOGO DEL NUMERO DI PRELIEVI RISPETTO AI LIMITI DI CSC 104

Allegati:

1. **AMB1001-1:** Tabelle di sintesi degli esiti analitici e raccolta dei Certificati analitici di laboratorio
2. **GMT0002-0**: Tavole planimetriche di inquadramento dei siti, tra cui le seguenti figure:
   - Figura 5.1: Uso Suolo
   - Figura 5.2: Siti Oggetto di Bonifica
   - Figura 5.3: PUC Comune di Genova – Zonizzazione Urbanistica
   - Figura 6.1: Punti di Indagine
3. **AMB1003÷1006**: Tavole planimetriche e sezioni sulle aree di scavo e di sistemazione nella zona di San Benigno

0 INTRODUZIONE ALL'AGGIORNAMENTO DEL PIANO PER OSSERVAZIONI E INTEGRAZIONI IN PAUR E PER SUCCESSIVE MODIFICHE

La gestione delle terre e rocce da scavo dell'intervento del *Tunnel Subportuale di Genova*, è inquadrata secondo quanto previsto nel DPR 120/2017.

Durante la fase di PAUR (Procedura di Autorizzazione Unica Regionale, ex art 6 DGR 107/2018), gli Enti hanno inoltrato richieste di verifica e integrazione che hanno comportato le seguenti revisioni del Piano di Utilizzo (codifica AMB1000):

a) La Rev. 1, marzo 2023, in rif prot. 2023-0207371 del 23/02/2023 della Regione Liguria;
b) La Rev. 2, luglio 2023, in rif. prot. 2023-0751462 del 15/06/2023 della Regione Liguria;
c) La Rev. 3, ottobre 2023, in rif. seduta della Conferenza dei Servizi illustrativa del 8/9/2023 relativa al PAUR U434;
d) La Rev. 4, novembre 2023, in rif. ai pareri riportati dalla Regione Liguria con riferimento alla seduta della Conferenza dei Servizi del 9/11/2023.

Il Piano di Utilizzo è stato approvato con Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (rif DDR 332 del 19/01/2024), recante la pronuncia di VIA favorevole con prescrizioni con determinazione motivata di conclusione della conferenza di servizi decisoria in data 19 dicembre 2023.

La presente revisione, con codifica GMT0001, aggiorna il documento AMB1000-04 per introdurre, nel sistema della cantierizzazione, un nuovo deposito intermedio dei materiali di scavo, in ambito portuale. Questa nuova area di deposito si inserisce pertanto come una modifica sostanziale ai sensi dell'art. 15, comma 2 lett. c) per l'indisponibilità provvisoria della calata Concenter nel primo periodo del corso dei lavori.

Di seguito si riassumono in sintesi gli aggiornamenti del documento sulla gestione dei materiali di scavo. La rev. 1 ha risposto alle osservazioni di ARPAL (rif prot n° 0002824.2023 del 28/01/2023) sulla gestione dei materiali a sottoprodotto: sono stati individuati solo i siti che garantiscano la certezza di utilizzo; è stato specificato il non uso di leganti idraulici durante le lavorazioni per il miglioramento prestazione; è stata rimarcata la definizione di destinazione d'uso del nuovo sistema infrastrutturale di San Benigno su cui sarà realizzato come sistemazione finale il Parco della Lanterna.

La rev. 2 invece ha recepito le richieste della Regione Liguria, in particolare le osservazioni da parte del Settore Ecosistema Costiero e acque (rif prot. N° 2023-0370061 del 04/05/2023): accogliendo l'orientamento di applicare la gestione dei materiali di scavo come sottoprodotti ed escludere l'ipotesi di gestione di una parte disciplinata dall'articolo 109 del D.Lgs. 152/06, sulla base "*che il riutilizzo dei materiali di risulta di che trattasi ai fini di riempimento (provvisorio o definitivo) delle colmate a mare previste dal progetto non è soggetto ad autorizzazione ai sensi dell'art. 109 del D.Lgs. 152/06*".

La rev. 3 ha rivisto gli inquadramenti normativi ai sensi dell'art 109 del D.Lgs. 152/2006 smi, dei materiali di scavo destinati al riempimento delle colmate a mare, sia definitivo (calata Concenter e calata Bengasi) sia provvisorio (calata Giaccone); i materiali di scavo destinate alle colmate sono esclusi dall'ambito dell'art 184bis dei sottoprodotti, riprendendo le prime indicazioni emerse in fase di consultazione iniziale (Scoping) ed alla luce degli approfondimenti tecnico-normativi condivisi dagli Enti regionale (rif Conferenza dei Servizi Illustrativa relativa al PAUR U434 "Tunnel Sub portuale di attraversamento alla città di Genova del 8/9/2023); allo stesso tempo, è confermato che il materiale, destinato alla realizzazione e completamento delle opere a terra (ad es. riempimenti e reinterri, sistemazioni imbocchi, riempimento in arco rovescio), è riutilizzato come sottoprodotto, certificandone con il Piano di Utilizzo la certezza di riutilizzo.

La rev. 4 è stata proposta per il recepimento delle richieste emerse nella seduta della Conferenza dei Servizi del 9/11/2023, con particolar riferimento al parere espresso da ARPAL (rif. prot. U.0032239.del 17-11-2023), in cui viene richiesta la gestione a rifiuto speciale dei volumi di materiale destinati all'uso per la fase 2 della Diga Foranea, "*auspicando che nel corso d'opera si possa definire una gestione più coerente con quanto previsto dall'art 179 del D.Lgs. 152/2006 smi*". Allo stesso tempo i materiali di scavo, destinati alle opere in mare, sono inquadrati, sulla base delle indicazioni degli Enti, come sottoprodotti ai sensi dell'art 184bis del D.Lgs. 152/2006 smi, riferendosi alla definizione dell'art. 1 comma 1 lett. b, dell'art 109 del D.Lgs. 152/2006 smi per l'immersione deliberata in mare di "*inerti, materiali geologici inorganici e manufatti al solo fine di utilizzo, ove ne sia dimostrata la compatibilità e l'innocuità ambientale*".

Facendo seguito alla nota prot. n. ASPI/RM/2024/0017992/EU del 17/09/2024, acquisita a protocollo generale di Regione Liguria con n. 2024/1429398 del 17/09/2024, con la quale la Società Autostrade per l'Italia S.p.A.,

in qualità di proponente, ha trasmesso la documentazione volta alla revisione del piano di utilizzo per modifica sostanziale ai sensi dell'art. 15 del DPR n. 120/2017,

Con nota prot. n. ASPI/RM/2024/0017992/EU del 17/09/2024, il Proponente ha trasmesso la documentazione volta alla revisione del piano di utilizzo per modifica sostanziale ai sensi dell'art. 15 del DPR n. 120/2017, con nuova codifica GMT0001. Il documento è stato invece aggiornato inserendo alcune ottimizzazioni progettuali e proposte di affinamento operativo avvenute in fase di corso dei lavori:

1) la modifica del breve tratto dello scolmatore del Rio San Bartolomeo presso il varco portuale Etiopia, approvato nell'ambito della verifica preliminare ai sensi dell'art 6 comma 9 del D.Lgs. n. 152/2006 con nota prot. 1237713/2024 della Regione Liguria, Settore Valutazione impatto ambientale e sviluppo sostenibile;
2) la proposta di inserimento di un nuovo deposito intermedio presso l'area denominata Ex Carbonile, posta in ambito portuale nelle vicinanze della calata Concenter: l'introduzione di una nuova area è originata dalla necessità di attendere la piena disponibilità della calata sopracitata e la realizzazione dei primi apprestamenti di cantiere utili anche alla gestione dei materiali da scavo e di risulta.

Con l'inserimento della nuova area sono state aggiornate le tavole planimetriche allegate al presente piano (rif codifica GMT0002-00, per aggiornamento elaborato AMB1002-02).

In considerazione della nota n° Prot-2024-1565009 del 17/10/2024, Regione Liguria ha richiesto integrazioni di cui a nota di ARPAL prot. n. 30314 del 10/10/2024. La presente revisione (GMT0001-01) risponde in particolare alle richieste di maggiori descrizioni sull'area dell'ex Carbonile, sia per le attività svolte dalla Proprietà finalizzate alla riqualificazione ambientale, e sia per la gestione dei depositi intermedi degli scavi sulle misure sulle polveri e per il sistema di regimentazione delle acque di dilavamento.

Si conferma che la realizzazione dell'intervento è suddivisa in Lotti; si precisa che, rispetto a quanto descritto nelle precedenti revisioni del Piano, i lotti sono stati semplicemente riorganizzati nell'esecuzione e cronologia di alcuni interventi e realizzazioni, modificandone la nomenclatura; pertanto, oggi il progetto prevede i seguenti lotti:

- Lotto A – comprende opere portuali propedeutiche alla realizzazione dell'imbocco Ovest, conterminazione delle calate Concenter e Giaccone (area San Benigno), oltre a demolizioni e opere provvisionali dell'imbocco Est (area Brigate Partigiane);
- Lotto B – comprende le opere necessarie per la piena funzionalità del Tunnel Subportuale e per la sua apertura al traffico (infrastrutture in sotterraneo, opere civili e impianti elettromeccanici), compresi imbocchi, allacciamenti viabili e sistemazioni finali a San Benigno e Brigate Partigiane.

È stato previsto anche un Lotto A0, costituito da lavorazioni già autorizzate da iter approvativi precedenti, che, pertanto, non hanno dovuto attendere la conclusione della procedura PAUR per essere cantierizzate. La consegna dei lavori alla controllata Amplia S.p.A. è, infatti, avvenuta il 28 giugno 2023, previo nulla-osta del Ministero delle Infrastrutture; si tratta di opere preliminari e propedeutiche alla successiva cantierizzazione e realizzazione del Tunnel Subportuale (prime demolizioni delle infrastrutture portuali necessarie alle modifiche alla viabilità interna al Porto, che sono risultate utili e propedeutiche alla demolizione del fabbricato CSM soprastante l'imbocco Ovest).

Si precisa che nel cronoprogramma dei lavori sono individuate opere eventualmente da realizzarsi in fase successiva, consistenti nelle rampe di raccordo del Tunnel Subportuale con la parte centrale della città, posizionate in zona Madre di Dio/Via delle Casacce, nei cameroni di collegamento tra la galleria principale e le rampe. Si tratterebbe quindi di un lotto funzionale dedicato, il cui affidamento, come il Lotto B, sarà successivo.

Si specifica che la riorganizzazione dei Lotti, come sopra descritto, non comporta la necessità di modificare le impostazioni del Piano di Utilizzo approvato, che rimane unico per tutto l'intervento.

Si evidenzia inoltre che il Proponente ha affidato i lavori del Lotto A all'impresa Amplia Infrastructures S.p.A. in data 09/05/2024 e, in riferimento all'art. 17, comma 1, del D.P.R. 120/2017, ha indicato Amplia come esecutore del Piano di Utilizzo.

Per quanto sopra, l'esecutore ai sensi del comma 2 dell'art. 17 del citato D. D.P.R. 120/2017, a far data dalla comunicazione, è tenuto a far proprio e rispettare il Piano di Utilizzo e ne è responsabile (rif. nota prot. ASPI/RM/2024/0009460/EU del 13/05/2024).

Il Piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo viene confermato quindi, ed è stato aggiornato sulla base delle osservazioni e delle richieste di integrazione presentate dagli Enti territoriali nel corso del procedimento di

PAUR, e delle ottimizzazioni progettuali sopra richiamate. Si fa presente che anche le variazioni sono state finalizzate a garantire la massima affidabilità dell'esecuzione delle opere e conseguire il coordinamento necessario per contenere i tempi di permanenza sul territorio dei cantieri con i conseguenti vantaggi sia ambientali ed economici.

In tal senso si evidenzia come questi approfondimenti e revisioni, su parti delle opere e della logistica della cantierizzazione, abbiano influito sugli elementi di interesse per la gestione delle terre e rocce da scavo, tra cui il deposito intermedio dei materiali ed il bilancio delle terre e rocce da scavo, rivisto in seguito anche al non riutilizzo come sottoprodotti verso il sito esterno nel progetto del Tunnel per la Fontanabuona, ancora in corso di procedura VIA, o per soddisfare i fabbisogni richiesti per la realizzazione della Diga Foranea, al momento per la sola fase 1.

Le variazioni intervenute non hanno influito sul valore dei volumi totali di scavo che risultano essere confermati, ma hanno introdotto una diminuzione sulla quantità riutilizzata verso interventi territoriali esterni, in attesa di una loro definitiva approvazione. Si evidenzia che non sono cambiate le previsioni progettuali, secondo i criteri indicati dall'art.15 del DPR 120/2017, ovvero relativi all'introduzione di nuovi siti di scavo e di riutilizzo e di nuove tecnologie di scavo, al netto invece del nuovo deposito intermedio proposto nella zona di San Benigno, in ambito portuale.

A conferma di ciò, si evidenzia che il quadro del Piano di Utilizzo delle terre da scavo (rif. elaborato di Progetto Definitivo AMB1000 ed allegati) viene aggiornato secondo le osservazioni e richieste di integrazione ricevute, e con le ottimizzazioni progettuali con la:

- conferma, tra i siti di destinazione disponibili, della Diga Foranea, ma solo per la realizzazione della fase 1; eliminazione del sito di utilizzo previsto nel Progetto del Tunnel della Fontanabuona (rev.1) e nella fase 2 della Diga Foranea (rev. 3); con modifiche principali in:
  - cap. 4, § 4.2.3 Rimodellamenti e sistemazioni;
  - cap. 7, § 7.2.4 Formazione rilevati e rimodellamenti;
  - cap. 8, § 8.1.2 Siti di destinazione e riutilizzo;
  - cap. 11, § 11.4 Altre destinazioni nell'ambito del progetto.
- conferma degli elementi progettuali in ambito portuale, su richiesta territoriale, con il riempimento delle calate (Concenter e Giaccone soprattutto), funzionali alle lavorazioni dell'opera e gestiti con immersione in mare ex art. 109 s del D.Lgs. 152/2006 (rev. 3); le modifiche principali quindi sono in:
  - Cap. 2, revisione del capitolo per la gestione ai sensi dell'art 184bis, come sottoprodotti, dei materiali di scavo destinati alle opere a terra e con immersione in mare ai sensi dell'art 109 (comma 1b) per il riempimento delle 3 colmate;
  - Cap. 3. § 4.3 Aree di cantiere: in particolare 4.3.5 Calata Concenter, Calata Bengasi e Calata Giaccone; 4.3.6 Aree di Deposito Intermedio, <u>con aggiunta dell'area Ex Carbonile per modifica sostanziale introdotta ai sensi dell'art 15, comma 2 lettera c</u>.
  - Cap. 8. § 8.1 Ambiti di gestione delle terre da scavo: in particolare 8.1.2 Siti di destinazione e riutilizzo; 8.1.3 Aree di Deposito Intermedio, <u>con la modifica dell'area Ex Carbonile</u>.
  - cap. 10, § 10.1.2 Area di cantiere sulle Opere a Mare, Calate Concenter, Bengasi e Giaccone; <u>con aggiunta area Ex Carbonile</u>
- definizione delle normali pratiche industriali e correzione sull'uso di leganti idraulici per la sistemazione dei materiali in arco rovescio (rev. 1); i materiali escavati nell'ambito del progetto sono costituiti soprattutto da calcari del Monte Antola e sono già caratterizzati da parametri geotecnici e prestazionali idonei al diretto riutilizzo (rif cap. 7 e § 7.2.4 Formazione rilevati e rimodellamenti); sono previste comunque operazioni di pratica industriale, finalizzate a migliorare le caratteristiche merceologiche, tecniche e prestazionali dei materiali (rif § 7.3).

Il documento è aggiornato nei paragrafi 4.3.6, Area di deposito, e 5.7, Siti in bonifica, e 5.8, Destinazione Urbanistica, in considerazione delle richieste di cui alla nota n° prot-2024-1565009 del 17/10/2024 di Regione Liguria, settore VIA, e modificato il refuso presente in tabella 8.1 sui volumi destinati alla Diga, fase 1.

Il presente elaborato fornisce quindi un aggiornamento sull'organizzazione del sistema di cantierizzazione e delle diverse fasi di lavorazioni. Si evidenzia, infine, che il Piano di Utilizzo descriverà comunque tutti i movimenti delle materie, anche quelle non inquadrate a sottoprodotti; la descrizione del quadro complessivo è stato richiesto dagli Enti regionali sin dalla fase preliminare di consultazione al PAUR, svoltasi ai sensi dell'art. 21 del D.Lgs. 152/2006 (luglio 2022). Per il materiale di scavo riutilizzato nelle 3 colmate con l'immersione in mare ai sensi dell'art 109 del D.Lgs. 152/2006 smi, si rimanda anche agli elaborati di progetto specificatamente dedicati (rif AMB0010÷AMB0012). Infine si evidenzia che, su indicazione della Regione, per l'impiego dei materiali provenienti dall'escavazione del Tunnel subportuale per la realizzazione delle colmate

a mare, la documentazione progettuale è stata integrata *"con una analisi di rischio ambientale preventiva che, sulla base delle caratteristiche strutturali delle colmate (grado di impermeabilizzazione delle pareti laterali e del fondo) permetta di stabilire le concentrazioni massime ammissibili per le quali si può assumere che non vi sia dispersione in ambiente marino dei contaminanti associati ai materiali di riempimento e pertanto consenta di dimostrare il mantenimento degli obiettivi di qualità delle acque marine all'esterno delle strutture di contenimento".* Le Analisi di rischio, elaborate per ciascuna delle 3 calate (rif AMB0013÷AMB0015), hanno pertanto lo scopo di valutare se l'utilizzo dei materiali provenienti dallo scavo del tunnel sub-portuale per il riempimento in colmata, possa determinare un rischio sanitario ed ambientale per i futuri fruitori delle aree suddette, tenuto conto dell'effettivo utilizzo delle stesse, sia nella fase di cantierizzazione che ad intervento concluso.

Al Piano di Utilizzo sono poi riferibili 2 documenti specifici elaborati in ottemperanza a due prescrizioni ambientali contenute nel Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (rif. DDR 332 del 19/01/2024):

- condizione ambientale lett. i)

Deve essere adottata una procedura per la gestione dei materiali che permetta di tracciare separatamente i flussi di sottoprodotto conforme alle CSC di colonna A e sottoprodotto conforme alle CSC di colonna B con le relative destinazioni, del materiale utilizzato per l'immissione in mare, della materia prima di provenienza esterna, dei rifiuti (ARPAL, nota prot. U32239 del 17/11/2023, assunta a protocollo generale con n. 2023/1529088 del 17/11/2023);

- condizione ambientale lett. j)

Deve essere elaborata una procedura che definisca il dettaglio delle operazioni di caratterizzazione in corso d'opera delle terre e rocce da scavo (ARPAL, nota prot. U32239 del 17/11/2023, assunta a protocollo generale con n. 2023/1529088 del 17/11/2023)

I due documenti, che sono stati approvati con nota prot. 2024-0423687 del 24/04/2024 di Regione Liguria, Settore Valutazione Impatto Ambientale e Sviluppo Sostenibile, sono i seguenti:

1) T1085-LL00-PE-DG-PGT-GE000-00000-R-AMB-1020-00 Procedura sulla tracciabilità dei materiali
2) T1085-LL00-PE-DG-PGT-GE000-00000-R-AMB-1021-00 Procedura sul campionamento ed analisi dei terreni

1 PREMESSA

Il presente elaborato costituisce il Piano di Utilizzo dei materiali da scavo relativamente alla realizzazione del *Tunnel Subportuale di Genova*. L'opera a progetto ricade interamente nel Comune di Genova.

La gestione delle terre e rocce da scavo prodotte è disciplinata dal D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. e dal D.P.R. 120/2017, "*Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo*": la gestione nell'ambito dei lavori di realizzazione del progetto è pertanto svolta ai sensi dell'art.184-bis (Sottoprodotto) del D. Lgs. 152/2006 e dell'art. 4 del D.P.R. 120/2017 ("*Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti*").

Il documento è riferito all'art. 9 ("*Piano di Utilizzo*") del DPR 120/2017, in relazione alla procedura di VIA nell'ambito di applicazione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti in cantieri di grandi dimensioni (rif Art. 8).

Il Piano di Utilizzo, redatto secondo le indicazioni di cui all'Allegato 5 del Regolamento, costituisce dunque parte integrante del Progetto Definitivo e descrive le modalità di gestione dei materiali da scavo derivanti dalla realizzazione dell'intervento a progetto.

Il documento indica le quantità e le modalità di gestione delle terre e dei materiali che si originano nell'ambito delle attività di realizzazione dell'opera, nelle fasi di produzione, trasporto ed utilizzo, nonché il processo di tracciabilità dei materiali dai siti di produzione ai siti di deposito intermedio ed ai siti di destinazione.

Il Piano di Utilizzo contiene le informazioni necessarie a confermare preliminarmente che i materiali di scavo derivanti dalla realizzazione dell'opera in progetto rispondano ai criteri dettati dal Regolamento e stabiliti sulla base delle condizioni previste dall'Art. 184bis, Comma 1 del Decreto Legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i., in modo da poter essere escluse dal regime normativo dei rifiuti e quindi essere gestite come sottoprodotti ai sensi dell'Art. 183, Comma 1, Lett. qq) del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i..

Tale approccio risponde all'esigenza di migliorare l'uso delle risorse naturali limitando, di fatto, il ricorso all'approvvigionamento di materiali da cava, e di limitare, nel rispetto dell'Art. 179, Comma 1, del Decreto Legislativo No. 152 del 2006 e s.m.i., la produzione di rifiuti.

La caratterizzazione preliminare non ha potuto soddisfare nel numero e nella posizione delle indagini le richieste del DPR 120/2017. Come anche evidenziato nel Parere di Scoping, nel caso sia comprovata l'impossibilità ad aver eseguito una completa caratterizzazione dei materiali in fase preliminare, sarà possibile applicare quanto previsto dall'Allegato 9 del DPR 120/2017 e procedere alla caratterizzazione in corso d'opera.

Il Proponente, ai sensi dell'art. 17, Comma 1 del Regolamento, prima dell'inizio dei lavori di realizzazione dell'intervento, darà specifica comunicazione all'Autorità competente sulle generalità dell'Esecutore. A far data dalla suddetta comunicazione, l'esecutore sarà tenuto a far proprio e rispettare il presente Piano di Utilizzo e ne diverrà responsabile. L'esecutore sarà inoltre tenuto a redigere la modulistica necessaria a garantire la tracciabilità del materiale da scavo.

Il progetto prevede anche l'immersione materiali a mare ai sensi dell'Art. 109 del D. Lgs. 152/06 relativa all'utilizzo dello smarino prodotto durante la realizzazione del tunnel subportuale di Genova. Secondo le osservazioni ricevute in fase di Scoping e nelle fasi di integrazione al PAUR, il Piano di Utilizzo, è riferito unicamente alla gestione dei sottoprodotti ai sensi dell'art 184bis del Dlgs 152/2006 e art 4 del DPR 120/2017, è descriverà comunque con riferimento all'art 184bis la produzione e gestione del materiale destinato alla realizzazione dei riempimenti in mare (Calate Bengasi, Giaccone e Concenter) e della costruzione della nuova Diga Foranea, nell'ambito delle possibili sinergie di intervento sul territorio. Sulle quantità che saranno rese disponibili alla costruzione della nuova Diga Foranea, nell'ambito delle possibili sinergie di intervento sul territorio, il Piano ne descrive la tracciabilità e la destinazione, evidenziando tuttavia che la definizione normativa sarà comunque a carico del relativo Proponente.

Si precisa che l'opera della Diga Foranea è stata approvata con Decreto VIA n° DM-2022-0000045 del 05/05/2022 e successivamente autorizzata dall'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale, con Decreto n. 432 del 13 maggio 2022, in esito alla conferenza dei servizi indetta con nota del 2 novembre 2021 prot 33640 ai sensi del comma 4 dell'art. 44 Decreto Legge n. 77/2021.

L'iter autorizzativo si è completato con determinazione motivata del CSLLP n°1/22 del 27 maggio 2022.

Quindi con Decreto n° 502 del 31 maggio 2022, l'ASP del Mar Ligure Occidentale ha approvato il progetto, ai sensi e per gli effetti del comma 7 dell'articolo 44 del Decreto Legge 31 maggio 2021, n. 77 convertito, con modificazioni, dalla Legge 29 luglio 2021, n. 108.

1.1 STRUTTURA E CONTENUTI DEL PIANO

Oltre il corrente capitolo introduttivo, il documento è strutturato in altri 8 capitoli, in relazione ai punti essenziali nella gestione delle terre e rocce da scavo (quantificazione, qualificazione, destinazione e tracciabilità) e a quanto stabilito dall'art. 9 e dall'allegato 5 del Regolamento di cui al DPR 120/2017.

Nel Capitolo 1 è riportata la premessa, nel Capitolo 2 l'inquadramento Normativo e nel Capitolo 3 l'inquadramento generale dell'area interessata dal progetto e le motivazioni dell'opera.

Nel Capitolo 4 si riporta l'inquadramento progettuale con la descrizione delle opere.

Nel Capitolo 5 è descritto l'inquadramento ambientale dell'area interessata dalle opere con particolare riferimento agli aspetti territoriale, progettuale, geologico, geomorfologico, idrogeologico, uso suolo etc.

Nel Capitolo 6 vengono descritte le campagne di indagine eseguite nel 2010 (indagini pregresse disponibili) e nel 2022 per la caratterizzazione dei terreni presenti nelle aree interessate dal progetto e incluse nel Progetto Definitivo al fine di valutare la qualità del chimismo del suolo interessato dalle attività di realizzazione dell'opera. Nel capitolo è anche descritta la rispondenza della caratterizzazione a quanto richiesto dal DPR 120/2017.

Nel Capitolo 7 vengono descritte le operazioni di scavo ed i trattamenti di normale pratica industriale previsti.

Nel Capitolo 8 sono riportati i criteri generali di esecuzione della caratterizzazione ambientale in corso d'opera.

Nel Capitolo 9 sono descritti i siti di movimentazione dei materiali secondo le diverse tipologie di opere presso cui vengono prodotte le terre e rocce (siti di produzione), quelle presso cui i materiali scavati vengono depositati in via provvisoria (siti di deposito) e quelle utilizzate per la realizzazione dell'opera o parti di essa (siti di utilizzo).

Nel Capitolo 9 sono descritte le caratteristiche e le modalità di deposito e di trasporto, i percorsi di cantiere e la gestione dei materiali per assicurare la tracciabilità.

Nel Capitolo 10 si riporta una sintesi della quantificazione volumetrica delle terre e dove si prevede saranno riutilizzate.

Il documento AMB1001, allegato al presente Piano, riporta la sintesi dei risultati con tabelle riepilogative e i Rapporti di Prova delle indagini ambientali effettuate nel 2011, per la realizzazione del Nodo di San Benigno, e nel 2022 e nel 2023, lungo il tracciato di interesse del Tunne subportuale.

In AMB1002 al presente Piano di Utilizzo sono riportate alcune tavole planimetriche di inquadramento, tra cui sono riportate anche le seguenti Figure:

- Figura 5.1: Uso suolo,
- Figura 5.2: Siti oggetto di bonifica,
- Figura 5.3: PUC Comune di Genova – Zonizzazione urbanistica,
- Figura 6.1: Punti di Indagine.

Ad integrazione sono poi allegate a titolo esemplificativo delle tavole planimetriche e sezioni (AMB1003÷1006) nella zona di San Benigno sulle aree di scavo, funzionali alla realizzazione delle opere infrastrutturali, coerenti con l'attuale destinazione d'uso industriale, rispetto alle parti di interesse diretto per la realizzazione del Parco.

A supporto del presente Piano di Utilizzo, sono citati a riferimento alcuni elaborati di Progetto, che risultano utili per approfondimenti o inquadramenti di carattere tecnico di alcuni elementi descritti e/o richiamati nel testo. Di seguito si riporta l'elenco degli elaborati principali di riferimento:

Tabella 1-1. Elenco elaborati di progetto definitivo a supporto del Piano di Utilizzo

Codice dell'elaborato	***Titolo dell'elaborato***
	DOCUMENTAZIONE GENERALE
	PARTE GENERALE
GEN0003	Cronoprogramma dei lavori
GEN0020	Corografia Generale
	GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA e IDROGEOLOGIA
GEO0001	Relazione geologica, geomorfologica
GEO0002	Carta geologico-geomorfologica
GEO0003	Carta geologica con elementi strutturali - Scala 1:5000
GEO0004	Carta Geologico - geomorfologica - Tratto 1 (Ponente)
GEO0005	Carta Geologico - geomorfologica - Zona Svincoli
GEO0006	Carta dei complessi idrogeologici
GEO0007	Profilo geologico in asse Canna Nord
GEO0008	Profilo geologico in asse Canna Sud
GEO0009	Profilo geologico Rami ponente - S.Benigno Rampa X
GEO0010	Profilo geologico Svincolo Via Madre di Dio
GEO0012	Planimetria ubicazione indagini integrative e pregresse
	GEOTECNICA
APE0001	Relazione di cantierizzazione geotecnica -Imbocco S. Benigno (Ovest)
APE0002	Relazione di cantierizzazione geotecnica -Imbocco V.le Brigate Partigiane (Est)
APE0003	Relazione di cantierizzazione geotecnica – Imbocco Madre di Dio (Centro)
APE0004	Profilo Imbocco S. Benigno (Ovest)
APE0176	Sezioni Imbocco S. Benigno (Ovest)
APE0005	Profili e Sezioni – Imbocco V.le Brigate Partigiane (Est)
APE0006	Profili e Sezioni – Imbocco Madre di Dio (Centro)
	IMBOCCO V.LE BRIGATE PARTIGIANE (OPERE PROVVISIONALI)
APE0019	Planimetria
APE0020	Sezioni tipologiche
	IMBOCCO S. BENIGNO (OPERE PROVVISONALI)
APE0009	Planimetria
APE0010	Sezioni-Tav. 1
APE0125	Sezioni- Tav. 2
APE0126	Sezioni- Tav. 3
	CALATA CONCENTER
APE0172	Esecuzione colmata- Planimetria
APE0173	Esecuzione colmata- Fase 1
APE0174	Esecuzione colmata- Fase 2
APE0175	Sezioni tipologiche e dettagli costruttivi
	CALATA BENGASI
APE0077	Esecuzione colmata- Planimetria
	CALATA GIACCONE
APE0220	Esecuzione colmata- Planimetria
APE0221	Esecuzione colmata- Fase 1
APE0222	Esecuzione colmata- Fase 2
APE0223	Esecuzione colmata- Fase 3
APE0224	Sezioni tipologiche e dettagli costruttivi
	IDRAULICA
IDR0024	Relazione idrologico - idraulica
IDR0025	Planimetria idraulica
IDR0001	Relazione idrogeologico idraulica
IDR0005	Particolari costruttivi
	GALLERIA NATURALE
TUN0001	Relazione geomeccanica galleria naturale
TUN0002	Profilo geotecnico galleria naturale principale - Asse Nord
TUN0003	Profilo geotecnico galleria naturale principale - Asse Sud
TUN0004	Profilo geotecnico galleria naturale -Rampa Madre di Dio verso tunnel
TUN0005	Profilo geotecnico galleria naturale -Rampa Madre di Dio verso centro
TUN0006	Planimetria generale del sistema gallerie naturali
TUN0010	Sezioni trasversali tipologiche
TUN0011	Sezioni trasversali - Tav. 1
TUN0012	Sezioni trasversali - Tav. 2
	CANTIERISTICA
SPL-0001	Relazione cantierizzazione
SPL-0002	Individuazione cantieri
da SPL-1003 a SPL-1026	Cantiere San Benigno
SPL-1027 SPL-1028	Cantieri Opere a Mare
Da SPL-1029 a SPL-1043	Cantiere Svincolo Madre di Dio
Da SPL-1044 a SPL-1052	Cantiere Viale Brigate Partigiane

1.2 VALIDITA' DEL PIANO

La durata complessiva dei lavori, desumibile da cronoprogramma (GEN0003), è pari a 2437 giorni lavorativi, ovvero circa 81 mesi.

La durata di validità del Piano di Utilizzo, pari alla durata dei lavori, è pertanto di 81 mesi a partire dalla data di inizio dei lavori.

Occorre precisare che il cronoprogramma potrà essere comunque dettagliato solo in fase di sviluppo della Progettazione Esecutiva ed in relazione alle specifiche esigenze operative di cantiere, pertanto ai fini della completa tracciabilità dei materiali di scavo, le eventuali modifiche rispetto a quanto previsto all'interno del presente Piano, anche se ritenute non sostanziali né comportanti Varianti al Piano (ridistribuzione dei riutilizzi interni senza variazione dei quantitativi in gioco, ridistribuzione delle terre nelle diverse aree di stoccaggio, dettaglio sul conferimento dei materiali di scavo provenienti dallo scavo in esecuzione) verranno opportunamente comunicate all'Autorità Competente.

2 QUADRO NORMATIVO

2.1 NORME DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

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

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

Il DPR 120/2017, superando i riferimenti normativi nazionali precedenti, definisce le modalità di classificazione e utilizzazione delle terre e rocce da scavo. Esso ricomprende, in un unico corpo normativo tutte le disposizioni relative alla gestione delle terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotti, abrogando, a decorrere dalla data di entrata in vigore del regolamento stesso, le seguenti norme:

- a) Decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 10 Agosto 2012, No. 161, recante "Regolamento sulla disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo";

- b) Articolo 41, Comma 2, del Decreto-Legge 21 Giugno 2013, No. 69 convertito con modificazioni dalla legge 9 Agosto 2013, No. 98, rubricato "Disposizioni in materia ambientale";
- c) Articolo 41-bis, del Decreto-Legge 21 Giugno 2013, No. 69, convertito con modificazioni dalla Legge 9 Agosto 2013, No. 98, rubricato "Ulteriori disposizioni in materia di terre e rocce da scavo";
- d) l'Articolo 184-bis, Comma 2-bis, del Decreto 3 Aprile 2006, No. 152, rubricato "Sottoprodotti".

Nel particolare il DPR disciplina:

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

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

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

2.2.1 Riutilizzo delle terre da scavo come sottoprodotti, ai sensi dell'art 184bis

Il DPR 120/2017 all'Art. 4 definisce come ai fini del Comma 1 e ai sensi dell'Articolo 183, Comma 1, Lettera qq), del Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, No. 152, le terre e rocce da scavo per essere qualificate come sottoprodotti devono soddisfare i seguenti requisiti:

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

Nei casi in cui le terre e rocce da scavo contengano materiali di riporto, la componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale non può superare la quantità massima del 20% in peso, da quantificarsi secondo la metodologia di cui all'Allegato 10. Oltre al rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui al Comma 2, Lettera d), le matrici materiali di riporto sono sottoposte al test di cessione, effettuato secondo le metodiche di cui al decreto del Ministro dell'ambiente del 5 Febbraio 1998,recante "*Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero*", pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta ufficiale n. 88 del 16 aprile1998, per i parametri pertinenti, ad esclusione del parametro amianto, al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, No. 152, o, comunque, dei valori di fondo naturale stabiliti per il sito e approvati dagli enti di controllo.

La sussistenza delle condizioni di cui al DPR 120/2017 è attestata tramite la predisposizione e la trasmissione del Piano di Utilizzo o della dichiarazione di cui all'Articolo 21, nonché della dichiarazione di avvenuto utilizzo in conformità alle previsioni del presente regolamento.

Sulla base delle osservazioni della Regione Liguria in fase di richieste di integrazioni durante la procedura di PAUR, lo smarino, prodotto durante la realizzazione del tunnel subportuale di Genova, sarà gestito come sottoprodotti per i siti di destinazione a terra (arco rovescio, sistemazioni in rilevato o sugli imbocchi,

riempimenti e reinterri) con la gestione a deposito intermedio previsto all'interno dei siti di produzione o sulle 3 calate a mare.

Si precisa che il progetto prevede, la realizzazione del Parco della Lanterna. Secondo questa destinazione d'uso finale, infatti, il materiale di scavo sarà gestito nelle aree di cantiere e deposito, presenti nelle calate, e movimentato con tecniche tradizionali per costituire il "nucleo" del rimodellamento del Parco, andando a ritombare il nuovo sistema infrastrutturale dell'area industriale di San Benigno. Su questo spessore, sarà poi posto un orizzonte di terreno vegetale (mediamente circa 1 m), approvvigionato da esterno per la conformazione definitiva del Parco della Lanterna.

Le modalità e la gestione di questi materiali sono così esplicitate nel presente Piano, seguendo le procedure del DPR 120/2017.

2.2.2 Riutilizzo delle terre da scavo per immersione in mare, ai sensi dell'art. 109

Il progetto del Tunnel Subportuale prevede l'immersione materiali a mare ai sensi dell'art. 109 del D. Lgs. 152/2006 di una parte dei volumi di scavo provenienti dalle opere all'aperto (con l'uso principale della modalità tecnica tradizionale) e dalle opere in sotterraneo (con tecnica di scavo meccanizzata).

In particolare, per la realizzazione del progetto è fatto riferimento ad alcuni aspetti regolati dall'Art. 109 del D. Lgs 152/06, tra i quali il Comma1, lettera b:

- immersione deliberata in mare di "*inerti, materiali geologici inorganici e manufatti al solo fine di utilizzo, ove ne sia dimostrata la compatibilità e l'innocuità ambientale*";

Nel particolare si configurano come attività individuate dall'art. 1 lettera a) *l'immersione in mare o in ambiti ad esso contigui di inerti, materiali geologici inorganici e manufatti al solo fine di utilizzo, ove ne sia dimostrata la compatibilità e l'innocuità ambientale"* del Regolamento della Regione Liguria 03/2007. "*Regolamento di attuazione dell'articolo 5, comma 2 della legge regionale 31 ottobre 2006, No. 30 (disposizioni urgenti in materia ambientale), recante norme per il rilascio dell'autorizzazione all'immersione in mare di materiali ed attività di posa in mare di cavi e condotte ai sensi dell'articolo 109 del decreto legislativo 3 aprile 2006, No.152 (norme in materia ambientale)*" le seguenti attività previste nella realizzazione del Tunnel Subportuale:

- realizzazione del tombamento definitivo della Calata Bengasi;
- realizzazione del tombamento definitivo della Calata Concenter, che sarà impiegata come area principale di cantiere per la realizzazione del Tunnel, finalizzata alla durata temporanea dei lavori (81 mesi);
- realizzazione del tombamento provvisorio della Calata Giaccone, individuato anche quale deposito finalizzato alla gestione dei materiali da riutilizzare in ambito opera o resi disponibili ad altri interventi portuali.

Il materiale escavato è inoltre reso disponibile, nell'ambito delle sinergie di intervento sul territorio, per la nuova Diga Foranea (ad es riempimento dei cassoni), che sarà realizzata per conto dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale.

In generale, la gestione del materiale di scavo, come precedentemente ricordato in riferimento alle indicazioni degli Enti in fase di PAUR, segue i criteri del sottoprodotto e rispetta le condizioni dell'art 184bis che sono ritenute valide quali riferimento anche per le destinazioni d'uso nelle opere a mare:

1) definizione delle modalità gestione e delle tecniche di scavo, dai siti di origine per l'identificazione processo di produzione;
2) definizione dei siti di destinazione per la certezza del riutilizzo dei materiali di scavo prodotti;
3) indicazione del riutilizzo e del trattamento secondo i criteri della normale pratica industriale prevista;
4) definizione dei requisiti di compatibilità al riutilizzo dei materiali senza alcun impatto negativo sull'ambiente e sulla salute umana.

Tra gli elaborati di progetto è stata presentata la documentazione secondo le indicazioni di legge (Rif. AMB0010÷AMB0012) per la gestione dei materiali in mare ai sensi della normativa sopra citata, per ciò che concerne le opere direttamente afferenti alla realizzazione del Tunnel.

Infatti la documentazione è stata elaborata a conferma della certezza del riutilizzo dei materiali di scavo, indicandone le caratteristiche ambientali e richiamandone i requisiti tecnici degli stessi, per l'idoneità alla destinazione d'uso nei tombamenti a mare, valutati nell'ambito del medesimo procedimento sulla compatibilità ambientale dell'opera.

A questa documentazione, in base alla richiesta del *Settore Ecosistema Costiero e acque* della Regione Liguria (nota °U434 del 27/01/2023) nell'ambito del PAUR, gli elaborati sono stati integrati da una Analisi di Rischio preventiva per ciascuna delle 3 colmate interessate (Rif. AMB0013÷0015): in tal modo è stato permesso di stabilire le concentrazioni massime ammissibili per i materiali di scavo di riempimento, mantenendo lo stato qualitativo inalterato delle acque marine esterne alla struttura. Allo stesso tempo si evidenzia quanto già osservato dagli Enti regionali (rif prot 2023-0370061 del 04/05/2023 del Settore Ecosistema Costiero e acque della Regione Liguria*), ovvero che "in relazione alla realizzazione delle calate a mare i fondali sono inseriti in un contesto portuale e pertanto non sussistono particolari criticità e per le modalità di riempimento previste gli effetti indiretti risultano trascurabili".*

3 INQUADRAMENTO GENERALE

3.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto del Tunnel Subportuale si svilupperà interamente all'interno del Comune di Genova (si veda la seguente Figura).

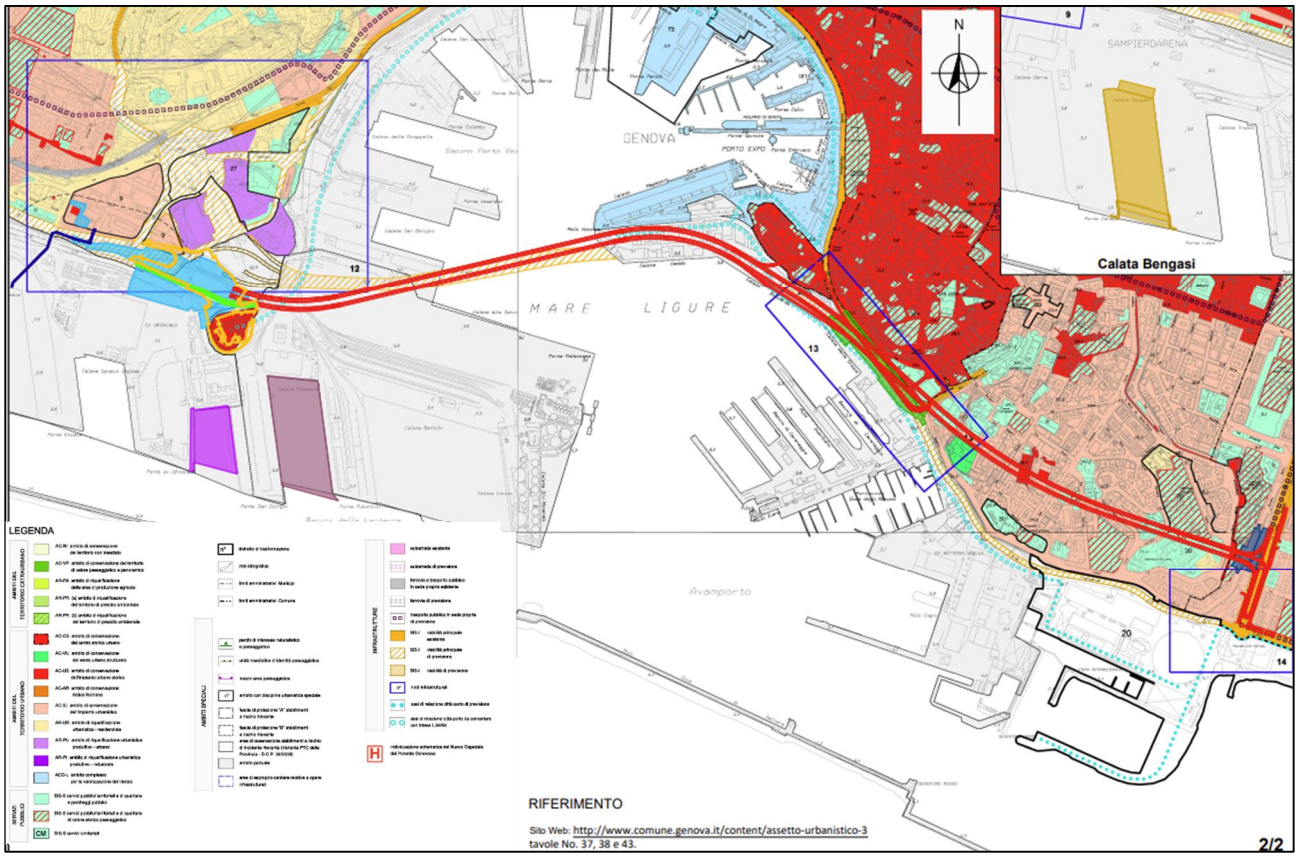


Figura 3-1 Inquadramento dell'area di progetto

Il progetto in esame (Rif. GEN0002) riguarda principalmente la realizzazione del tunnel subportuale che consenta il collegamento viario tra la zona di San Benigno e il quartiere della Foce, con la costruzione di due cameroni, funzionali alla realizzazione delle due rampe di accesso, denominate rampa Ovest e rampa Est, in corrispondenza dello Svincolo Madre di Dio/Via Casaccie, e di 7 bypass traversali (5 pedonali e 2 carrabili), predisposti secondo le indicazioni della normativa di riferimento vigente in materia di sicurezza per le gallerie sulla rete stradale.

Il tunnel sottomarino, di lunghezza pari a circa 3.400 m, si estende dal nodo di S. Benigno, a ponente, fino a V.le Brigate Partigiane, nel quartiere Foce passando al di sotto del bacino portuale, nel punto di quota minima, per poi risalire al di sotto della collina di Carignano. In merito al rapporto tra la nuova viabilità e l'esistente, si segnala che il tracciato, sia a livello planimetrico sia altimetrico, e i raccordi con la città sono stati individuati al fine di armonizzare ed integrare l'infrastruttura con il contesto cittadino, minimizzando l'impatto sul traffico esterno e limitando l'impatto sull'operatività portuale e, al contempo, garantirne la fattibilità in funzione delle evidenze geologiche presenti nell'area.

Il progetto prevede inoltre la realizzazione della colmata definitiva in Calata Concenter e Calata Bengasi e nel Porto di Genova, il Parco della Lanterna, la galleria artificiale in scatolare per la deviazione della ferrovia portuale ed uno scolmatore a mare del fosso San Bartolomeo. A questi si aggiunge la realizzazione del riempimento provvisorio di calata Giaccone, richiesto dall'Autorità portuale durante la fase di PAUR, per la disponibilità di una parte dei materiali utili alla realizzazione della Diga Foranea e per gestirne in tal modo la logistica operativa.

Il Parco della Lanterna rientra nell'ambito progettuale del Tunnel Subportuale come una ottimizzazione finalizzata al recepimento del masterplan dei parchi progettato da RPBW (Renzo Piano Building Workshop). In tal modo è stato possibile compatibilizzare il progetto del Tunnel Subportuale con il masterplan da tempo previsto dall'Amministrazione comunale per recuperare e riqualificare le aree della città che oggi evidenziano le maggiori interferenze con zone a carattere portuale o commerciale/produttivo. Questo tema si pone particolarmente laddove il Tunnel torna in superficie e diventa parte integrante della struttura urbana, con l'evidente necessità di assegnargli funzioni architettoniche e paesaggistiche di miglioramento del contesto e non di ulteriore degrado.

In particolare all'imbocco Ovest dell'area San Benigno, sopra il riempimento previsto sull'interconnessione stradale, verrà realizzato quasi integralmente il Parco della Lanterna, realizzando una passeggiata di grande qualità urbana - accompagnata da filari di palme e da macchie di vegetazione mediterranea – che collega l'imbocco di via Pietro Chiesa, via Sampierdarena e villa Pallavicino Gardino con il monumento della Lanterna, che pur rappresentando il simbolo della città è oggi praticamente inaccessibile, essendo circondato da aree portuali non fruibili dai cittadini.

3.2 MOTIVAZIONE DELL'INTERVENTO

La soluzione di realizzare un attraversamento veicolare in tunnel, con le caratteristiche di strada urbana di scorrimento, immerso sotto il bacino centrale del Porto di Genova, che include il Porto Antico, la Stazione Marittima ed il Terminal Traghetti, compare da diversi anni in vari atti pianificatori della Regione Liguria, del Comune di Genova e dell'Autorità Portuale.

Come già anticipato al precedente Paragrafo, detta soluzione è stata concepita allo scopo di realizzare un collegamento fra le zone di ponente e levante del porto, maggiormente efficiente rispetto al collegamento viario attualmente costituito dalla Strada Sopraelevata Aldo Moro, realizzata nei primi anni '60 ed ormai non più in grado di soddisfare la domanda in termini di traffico, anche in conseguenza dei profondi cambiamenti urbanistici che hanno interessato la città, ed in particolare il porto antico ed il centro storico, e di quelli in via di attuazione e in previsione per il waterfront di levante e di ponente. In particolare, l'esistente Strada Sopraelevata realizzata nei primi anni '60 con limitazioni al tipo di traffico (solo veicoli leggeri), a causa dei limitati spazi a disposizione fra la città e l'allora Porto Commerciale, è oggi insufficiente a smaltire sia gli incrementi del traffico ordinario che si sono verificati nei quaranta anni di vita dell'infrastruttura, sia il grande afflusso di viaggiatori in transito e turisti richiamati da eventi che hanno periodicamente luogo in città, soprattutto presso il Porto Antico e la Fiera Internazionale, tenuto conto che gli autobus del trasporto urbano e turistici devono comunque essere instradati sulla viabilità di superficie. Per tale motivo, a partire da oltre 30 anni or sono, sono stati attivati una serie di studi volti ad individuare la soluzione progettuale più adeguata a realizzare tale infrastruttura in funzione del quadro esigenziale a suo tempo individuato e meglio illustrato a seguire.

Il presente progetto del Tunnel sub-portuale si inquadra nell'ambito di un quadro esigenziale il cui obiettivo fondamentale è quello di individuare una soluzione adeguata a consentire l'attraversamento in sotterraneo della città lungo la direttrice Ponente-Levante, transitando al di sotto del bacino portuale al fine di:

- rispondere positivamente alla necessità di trovare una soluzione al problema del traffico cittadino provocando il minor disagio possibile alle attività portuali;
- migliorare l'efficienza del collegamento viario veloce di penetrazione e di attraversamento del centro città, attualmente costituito dalla strada sopraelevata realizzata nei primi anni '60 ed ormai non più in grado di soddisfare le caratteristiche del traffico, anche in conseguenza dei profondi cambiamenti urbanistici che hanno interessato il la città ed in particolare il porto antico ed il centro storico, e di quelli in via di attuazione e in previsione per il waterfront di levante e di ponente;
- risultare efficace in termini tecnico-economici.

Per quanto riguarda le altre opere comprese nel presente progetto si evidenziano nel seguito le relative motivazioni. Per quanto riguarda la previsione di realizzare il Parco della Lanterna, il tema si pone particolarmente laddove il Tunnel torna in superficie e diventa parte integrante della struttura urbana, con l'evidente necessità di assegnargli funzioni architettoniche e paesaggistiche di miglioramento del contesto e non di ulteriore degrado.

Come detto, il masterplan elaborato da RPBW (Renzo Piano Building Workshop) in cui si colloca il Parco, è previsto dall'Amministrazione comunale per riqualificare alcune aree della città in zone portuale o commerciale

e restituirle, nel tessuto urbano, in un contesto modificato, usufruibile e migliorato da soluzioni architettoniche e paesaggistiche di maggior valore. Prevista nel progetto, con la riqualificazione a parco a copertura del nuovo sistema infrastrutturale, l'area di San Benigno è ad oggi individuata come sito a destinazione commerciale ed industriale.

L'intervento di recupero nell'intorno della Lanterna rappresenta inoltre un altro tassello per l'ampliamento e la prosecuzione del progetto della Passeggiata della Lanterna, una passerella sospesa che attraverso il prolungamento del suo percorso in quota consentirà di raggiungere anche l'edificio Pietro Chiesa e l'edificio delle Ex Centrale Enel.

Infine, la realizzazione dello scolmatore del Rio San Bartolomeo si è reso necessario a seguito degli approfondimenti di natura tecnica per la verifica idraulica dell'esistente Rio San Bartolomeo prossimo all'area di progetto del Tunnel. L'opera dello scolmatore consentirà di mettere in sicurezza idraulica per la portata duecentennale tutta l'area e gli imbocchi del Tunnel.

4 INQUADRAMENTO PROGETTUALE

Il tunnel sub-portuale di attraversamento della città di Genova si sviluppa per una lunghezza pari a circa 4,2 km, di cui circa 3,4 km in galleria. Il tracciato si estende dal nodo di S. Benigno, a ponente, fino a V.le Brigate Partigiane, nel quartiere Foce, passando al di sotto del bacino portuale, in corrispondenza del quale raggiunge la quota minima, per poi risalire al di sotto della collina di Carignano. Il tracciato del Tunnel è visibile nella Figura seguente. In merito al rapporto tra la nuova viabilità e l'esistente, si segnala che il tracciato, sia a livello planimetrico sia altimetrico, e i raccordi con la città sono stati individuati al fine di armonizzare ed integrare l'infrastruttura con il contesto cittadino, minimizzando l'impatto sul traffico esterno e limitando l'impatto sull'operatività portuale e, al contempo, garantirne la fattibilità in funzione delle evidenze geologiche presenti nell'area.

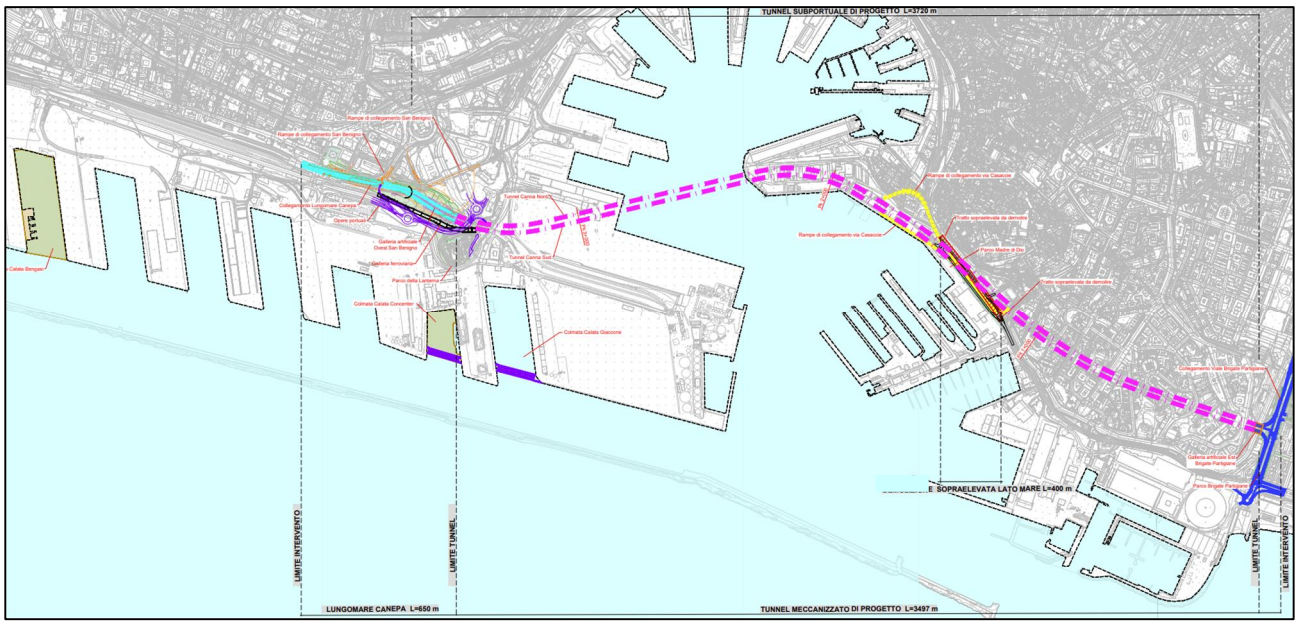


Figura 4-1: Tracciato Tunnel Subportuale

In particolare, relativamente alle zone di raccordo con la città si segnala che, lato Levante, il raccordo alla viabilità cittadina avviene su V.le Brigate Partigiane, quartiere Foce, ricalcando, di fatto, il collegamento attualmente garantito dalla strada Sopraelevata Aldo Moro, sebbene il punto di imbocco risulti spostato più a nord rispetto all'attuale rotatoria di imbocco/sbocco della Sopraelevata, all'incirca in corrispondenza del distributore ENI. Questa scelta ha infatti permesso di ottenere i seguenti benefici:

- preservare gli edifici tutelati presenti in V.le Brigate Partigiane;
- evitare interferenze con il futuro waterfront in zona Foce;
- minimizzare gli impatti sulla funzionalità della strada Sopraelevata Aldo Moro.

A questo proposito si segnala che, essendo l'imbocco del tunnel posizionato a Nord rispetto all'attuale imbocco della Sopraelevata, quest'ultima potrà essere mantenuta operativa fino alla messa in esercizio del tunnel, minimizzando gli impatti sul traffico cittadino.

Al fine di garantire il collegamento del Tunnel Sub-portuale con il centro città, in particolare con Piazza Dante/De Ferrari è prevista la costruzione di due rampe, che si dipartono dalle canne principali all'incirca a metà del percorso e che collegano il tunnel con il centro città, in zona Madre di Dio-Via Casacce. Lo svincolo per Madre di Dio si sviluppa in due rampe monodirezionali (direzione centro, direzione tunnel) finalizzate a sostituire l'attuale svincolo che collega la sopraelevata con il centro città. La rampa direzione centro intercetta i volumi di traffico provenienti da San Benigno (canna sud) diretti verso piazza Dante. La rampa direzione tunnel, invece, indirizza gli utenti provenienti dal centro città verso San Benigno, dunque allacciandosi al tracciato della canna Nord. Al fine di evitare l'interferenza con il waterfront e di non impattare sul bacino portuale, il tracciato delle rampe occuperà, per un tratto piuttosto limitato, il sedime attualmente occupato dalle rampe di uscita della Sopraelevata e si raccorderà con il tratto terminale delle attuali rampe, che verranno

mantenute. Per evitare impatti sulla viabilità esistente la costruzione di queste rampe è prevista a valle della messa in esercizio del tunnel principale.

Tra le modifiche allo stato esistente, è prevista la demolizione della rampa da Corso Quadrio (provenendo da Ponente) verso il centro città e della rampa dal centro città verso Corso Quadrio (in direzione Levante).

Le opere posizionate in zona Madre di Dio/Via delle Casacce, consistenti nelle rampe di raccordo del Tunnel Subportuale con la parte centrale della città e nei cameroni di collegamento tra la galleria principale e le rampe, eventualmente da realizzarsi in fase successiva, faranno parte di un lotto funzionale dedicato.

Lato Ponente, il tunnel è collegato alla viabilità di Lungomare Canepa e, da questa, attraverso la strada a scorrimento veloce Guido Rossa, al casello autostradale di Genova Aeroporto (A10). Il collegamento con il casello di Genova Ovest (A7) è invece garantito attraverso due rampe che, sfioccando dalle canne principali del tunnel, le raccordano alla viabilità del nuovo nodo di San Benigno e, da lì, all'autostrada A7 (assi Y e W). Il nodo di S. Benigno sarà inoltre completato con la costruzione di nuove rampe che permetteranno i collegamenti tra Lungomare Canepa e la A7 (asse Z), tra Lungomare Canepa e Via Milano (asse X) tra la A7 e il varco portuale Etiopia (asse U-G).

L'opera in galleria sarà composta da due canne principali separate, una per ogni direzione di marcia, realizzate mediante scavo meccanizzato a mezzo di TBM. Il diametro di ciascuna canna è pari a 15,935 m.

Limitati tratti in galleria artificiale e in trincea sono previsti in corrispondenza degli imbocchi per raccordare la nuova infrastruttura alla viabilità esistente. Le gallerie saranno sia di tipo policentrico (in corrispondenza dello svincolo Madre di Dio) sia realizzate mediante struttura scatolare (per le fasi definitive) che sarà realizzata previa esecuzione delle opere di contenimento provvisionali (paratie di sostegno in diaframmi/palificate). A livello altimetrico, partendo dagli imbocchi, il profilo si sviluppa con una pendenza variabile fino a raggiungere il punto di minimo, pari a quota -43,39 m, in corrispondenza del bacino portuale.

In merito al soddisfacimento dei requisiti tecnici, l'infrastruttura è inquadrata come strada urbana di scorrimento (tipo D) a due carreggiate separate, della larghezza totale di 10,25 m, con due corsie di marcia e una di emergenza come normata dal D.M. 5/11/01. Ciascuna canna è infatti dotata di due corsie di marcia (corsia di sorpasso da 3,25 m, corsia di marcia 3,50 m), oltre ad una terza corsia, di larghezza 3,00 m, che ha la funzione di corsia di emergenza.

La terza corsia disponibile oltre alle due di marcia e sorpasso era stata inizialmente destinata a "corsia dinamica", in modo da poter essere utilizzata come via supplementare nei momenti di massima congestione. Nonostante questo tipo di predisposizione sia già presente sulla rete (ne sono esempi la 4^ corsia dinamica della A4 a Milano e la 3^ corsia dinamica della A14 a Bologna) il Consiglio Superiore LLPP nella richiesta di integrazioni progettuali cui alle note prot. n. 8883 e prot. 8900 del 21/09/2022 "Affare 73/2022 – Tunnel sub-portuale urbano di attraversamento della città di Genova - Progetto di fattibilità tecnica ed economica" ha sollevato dubbi sul fatto che l'utilizzo della corsia di emergenza e l'organizzazione della piattaforma previsti in progetto non fossero conformi alle norme vigenti. Con nota prot. 017844 del 03/10/2022 il Proponente Soc. Autostrade per l'Italia ha quindi deciso di rivedere la funzionalità della corsia di emergenza, abbandonando ogni utilizzo dinamico e destinandola esclusivamente alle finalità ad essa attribuite dal DM 2001.

Alle corsie si aggiunge la banchina laterale da 0,50 m. La piattaforma stradale pavimentata, fatti salvi gli allargamenti per visibilità in curva, è dunque di 10,25 m per ciascuna carreggiata. In accordo con le componenti di traffico ammesse a circolare nel tunnel, la piattaforma non prevede l'inserimento dei marciapiedi.

Partendo dall'imbocco Est, l'accesso al tunnel è garantito tramite la viabilità su V.le Brigate Partigiane; percorrendo un tratto in rettifilo di circa 400 m, il tracciato scende progressivamente di quota fino a raggiungere circa -30 m.s.l.m., in corrispondenza della prima curva destrorsa. In questo tratto, le corsie a disposizione per il traffico sono 2, mentre la corsia dinamica funge da corsia di emergenza.

Il tracciato mantiene un andamento sub-orizzontale fino allo svincolo con Madre di Dio, situato sotto la zona dell'ex Mercato del Pesce. Con le rampe dello svincolo per Madre di Dio, le corsie a disposizione per il traffico passano da 2 a 3 (la corsia dinamica verrebbe utilizzata dunque come terza corsia). Dopo una curva sinistrorsa, il tracciato scende nuovamente di quota nel tratto sottomarino, raggiungendo una quota minima di circa -45 m s.l.m, per poi riprendere progressivamente quota e riallacciarsi al progetto del nodo di San Benigno.

In ottemperanza all'Art. 58 "Suddivisione in lotti" del D.Lgs. 36/2023 "Nuovo Codice dei contratti pubblici", il progetto è stato suddiviso in lotti funzionali di cui all'articolo 3, comma 1, strutturati come segue e come rappresentata in figura

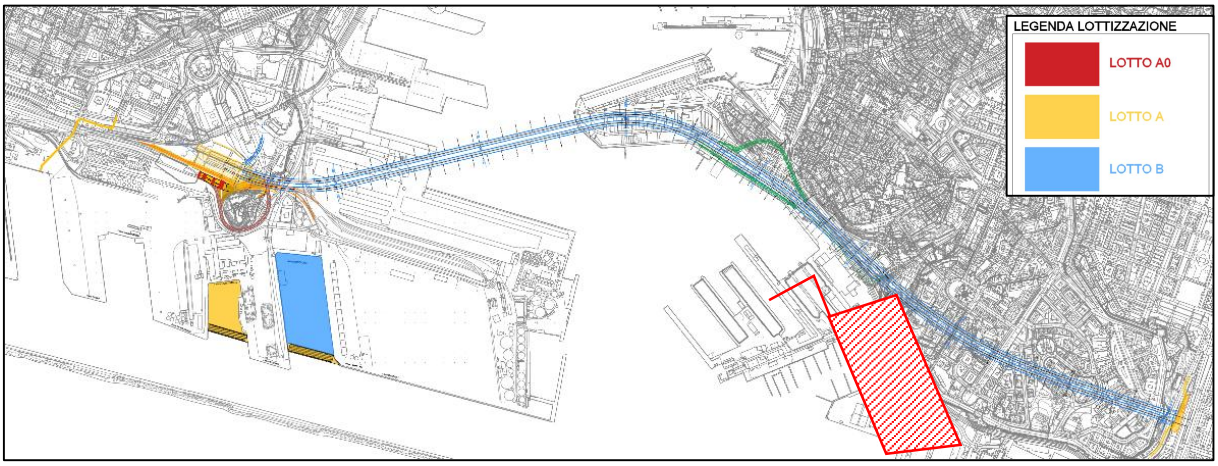


Figura 4-2 Corografia generale con la suddivisione in lotti funzionali

Lotto A

Opere portuali propedeutiche alla realizzazione dell'imbocco Ovest, conterminazione delle calate Concenter e Giaccone (area San Benigno), oltre a demolizioni e opere provvisionali dell'imbocco Est (area Brigate Partigiane);

Lotto B

Opere necessarie per la piena funzionalità del Tunnel Subportuale e per la sua apertura al traffico (infrastrutture in sotterraneo, opere civili e impianti elettromeccanici), compresi imbocchi, allacciamenti viabili e sistemazioni finali a San Benigno e Brigate Partigiane;

Lotto C

Opere eventualmente da realizzarsi in fase successiva, consistenti nelle rampe di raccordo del Tunnel Subportuale con la parte centrale della città, posizionate in zona Madre di Dio/Via delle Casacce, e nei cameroni di collegamento tra la galleria principale e le rampe. Il Lotto C, che raccoglie tutte le opere relative all'imbocco intermedio e alle rampe di collegamento con il centro città, è demandato a una fase successiva, a valle delle determinazioni di competenza degli Enti preposti, nonché del Ministero Concedente.

4.1 OPERE IN SOTTERRANEO

4.1.1 Tunnel Subportuale

Dal punto di vista delle opere, la maggior parte del tracciato si sviluppa in sotterraneo, ed è realizzata mediante scavo meccanizzato con TBM. Più in particolare, la parte centrale dell'opera, compresa tra le progressive 0+072 e 3+492 circa, per uno sviluppo complessivo di circa 3.417 m, verrà realizzato a foro cieco, con scavo meccanizzato, mediante fresa TBM scudata, tipo Hydroshield. La modalità tecnica sarà pertanto ad attacco integrale, a contropressione al fronte con fanghi bentonitici, in grado di affrontare lo scavo in terreni incoerenti o poco coerenti anche in presenza di falda, con la capacità di adattarsi alla variabilità imposta dal contesto geotecnico lungo il tracciato ed all'eterogeneità dei materiali.

Tra le tecnologie a disposizione dello scavo meccanizzato è stato scelto di utilizzare una TBM scudata di tecnologia Hydroshield, che consente di utilizzare un fluido bentonitico quale mezzo di sostegno del fronte (consentendo di raggiungere in camera di scavo pressioni di supporto più elevate rispetto alla tecnologia EBP) e di utilizzare lo stesso fluido per il trasporto del materiale scavato utilizzando un circuito idraulico "slurry".

La TBM è l'impianto principale, ma a supporto di essa vi saranno anche:

1) il circuito slurry per il trasporto dello smarino,
2) l'impianto di separazione per il recupero del fluido bentonitico e la separazione del materiale di scavo,
3) i nastri trasportatori per il trasferimento del materiale all'edificio silo di classificazione,
4) il mezzo porta conci per il trasporto degli elementi in calcestruzzo che costituiranno il rivestimento della galleria naturale e le gru a cavalletto che permetteranno la logistica di movimentazione e sollevamento dei conci.

Le due canne saranno scavate procedendo dall'imbocco Ovest verso l'imbocco Est, quindi nel verso delle progressive decrescenti. I n prima fase verrà scavata la canna Sud, la macchina verrà poi smontata e recuperata dal pozzo dell'imbocco est e rimontata nel pozzo ovest lato San benigno per procedere con lo scavo in canna Nord.

Partendo dall'imbocco Ovest, per i primi 115 m dall'imbocco, la canna Nord sottopassa la galleria Romairone, mentre la canna Sud si troverà a sotto-attraversare a basse coperture (H max = 6.0 m) un edificio industriale.

Per i primi 650 m circa il tracciato sottopassa l'area portuale di ponente e presenta coperture intermedie variabili crescenti con l'avanzamento, fino ad un massimo di 30 m.

Per successivi 400 m circa il tracciato si inabissa al di sotto del fondale marino in corrispondenza del bacino portuale. Le coperture in terreno si riducono fino ad una copertura minima di 13 m e un battente idraulico in calotta di 33 m circa di acqua. In questa tratta lo scavo sarà realizzato in terreni sciolti quali la formazione dei Depositi Sabbioso e delle Argille di Ortovero. Nel mezzo della tratta sottomarina, coincidente con il punto di minimo del tracciato, sarà posizionato un by-pass pedonale di emergenza. Lo scavo di questo by-pass potrebbe risultare critico in termini di controllo delle venute d'acqua e della stabilità. Pertanto, si è valutata tecnicamente la doppia soluzione di poter realizzare tale struttura ricorrendo ad uno scavo tradizionale in naturale con la tecnologia del congelamento di un'area anulare di terreno, o viceversa ricorrendo ad uno scavo in meccanizzato per mezzo di microTBM. Questa scelta sarà opportunamente valutata nelle successive fasi di progettazione.

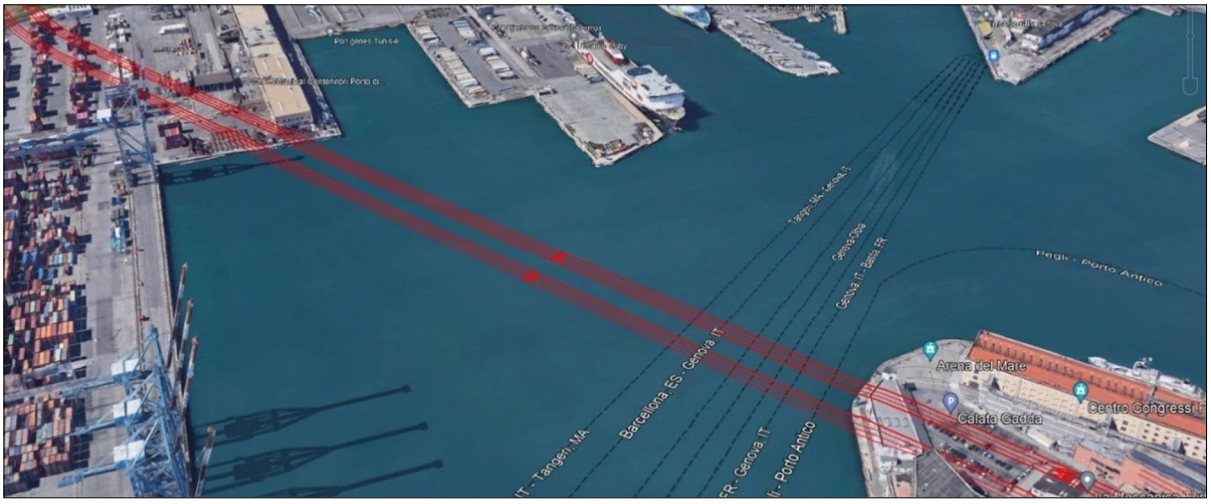


Figura 4-3 Vista della tratta sottomarina delle gallerie principali, tra pk 2+840 e pk 2+450

Nel tratto successivo, di circa 950 m di lunghezza, il tracciato passa al di sotto dell'area portuale di Levante. Le quote del piano campagna si mantengono costanti a quota di 3,5 m s.l.m. circa, così come le coperture che si attestano a circa 25-26 m, con un tetto in roccia, Calcari del Monte Antola, di circa 10-12 m. Nel mezzo di questa tratta si localizzano i due cameroni di immissione, necessari per la costruzione dello sfiocco delle rampe di svincolo in zona Madre di Dio. La realizzazione dei cameroni è prevista con uno scavo in tradizionale in allargo, procedendo da Ovest verso Est con concomitante demolizione del rivestimento in conci prefabbricati.

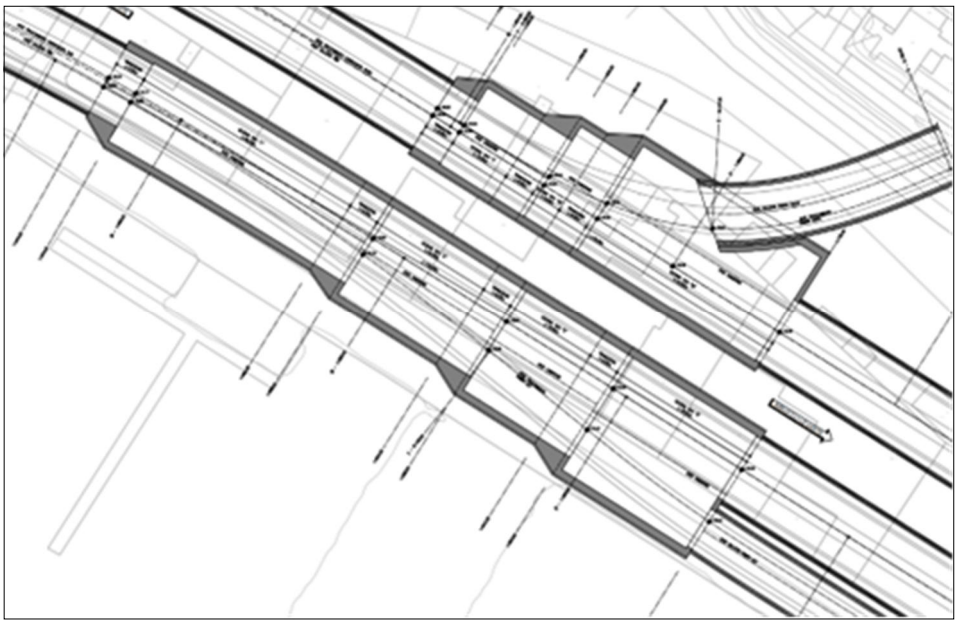


Figura 4-4 Pianta dei cameroni, tra pk km 1+915 e pk 1+775

Nel restante tratto, fino all'imbocco di Levante di Viale Brigate Partigiane, le coperture si mantengono piuttosto elevate e lo scavo avverrà tutto nella Formazione dei Calcari del Monte Antola. Nell'ultima tratta, in prossimità dell'imbocco, il tracciato in profondità passa in corrispondenza del sedime del futuro Nuovo Ospedale Galliera, evitando interferenze con le fondazioni del nuovo edificio.

L'imbocco di Levante è posizionato immediatamente all'esterno dei Giardini Coco; sebbene eseguito nella Formazione dei Calcari del Monte Antola, sono necessarie delle opere di presidio e consolidamento del pendio in roccia in quanto interagente con le Mura storiche esistenti.

La sezione libera interna di ciascuna canna è pari a circa 149,6 m². La sezione di scavo in meccanizzato, ad esclusione dei fuori scavo, risulta pari a 199,43 m². Il diametro esterno dell'anello in conci prefabbricati è pari a 15,4m e lo spessore dei conci è pari a 0,55 m per un diametro interno di 14,3 m.

Per garantire l'integrità strutturale e quindi la stabilità durante le operazioni di scavo della galleria Romairone, in prossimità dell'imbocco Ovest (S. Benigno), è stato previsto un opportuno sistema di blindaggio e ritombamento della galleria. Le operazioni di consolidamento e blindaggio saranno eseguite e completate prima dell'inizio delle operazioni di scavo delle gallerie.

L'intervento è previsto per un tratto di lunghezza pari a 100 m, ovvero sull'intera lunghezza della galleria, in modo tale da assicurare il contenimento delle deformazioni su tutta l'area e garantire la stabilità dello scavo.

Come ulteriore opera di mitigazione e presidio, con riferimento alle fasi iniziali di scavo delle gallerie di linea, in corrispondenza dell'imbocco lato San Benigno è stato previsto un sistema di contenimento costituito da una protesi in calcestruzzo armata, fondata su tre allineamenti di micropali. Lo scopo di tale opera è quella di evitare che fenomeni di instabilità del fronte si propaghino in superfice e di garantire inoltre un confinamento al fluido di supporto dello scavo. Tale sistema si sviluppa a partire dai diaframmi del pozzo di lancio, imbocco di San Benigno.

Sono inoltre previsti degli interventi di consolidamento dell'ammasso in calotta, tramite infilaggi metallici valvolati ed iniettati e degli interventi di consolidamento ulteriore tramite perforazioni e seguenti iniezioni cementizie, verticali e sub-orizzontali in tutta la tratta interferente con l'edificio industriale.

I diaframmi saranno connessi alla soletta di protesi attraverso un'armatura di collegamento a taglio (spinotti).

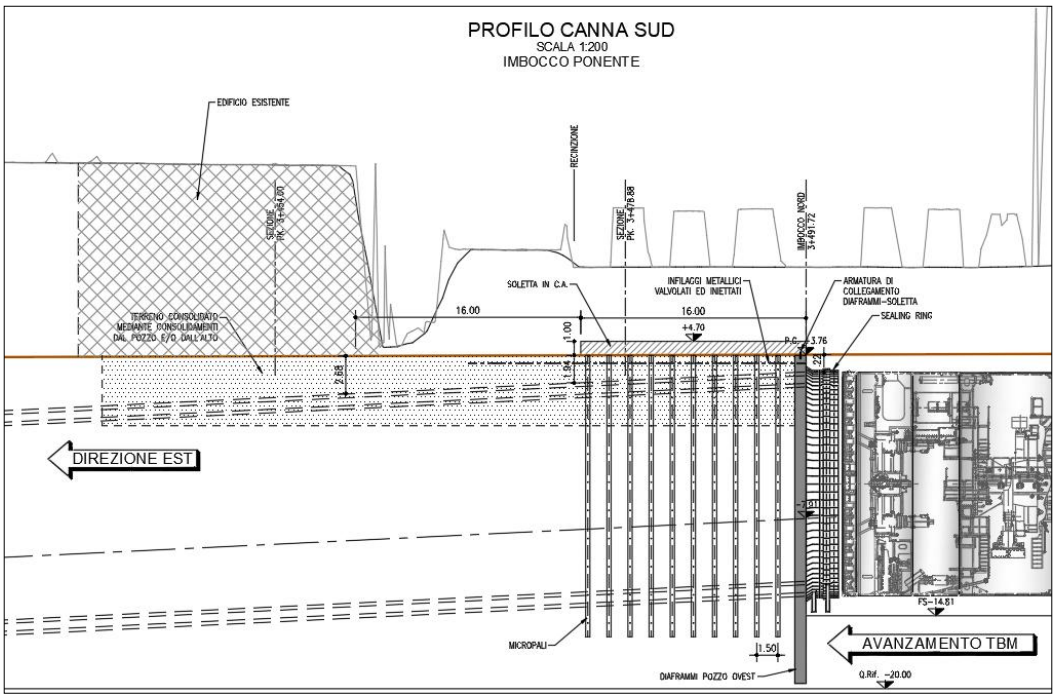


Figura 4-5 Vista laterale dal pozzo Ovest con disposizione dei diaframmi e degli infilaggi

La lunghezza complessiva delle gallerie principali, pari a circa 3.420 m per canna, comporta la realizzazione di by-pass di collegamento tra le due canne. La distanza tra i by-pass pedonali (e tra i primi by-pass esterni e gli imbocchi) è fissata in 500 m, in accordo con le normative di riferimento per la tipologia di galleria a doppia canna. Sono quindi presenti 7 by-pass complessivi. Di questi, due sono pedonali+ carrabili, posti ad interdistanza massima di 1.500 m. Le lunghezze asse galleria complessive sono di circa 23-28 m.

La galleria verrà realizzata mediante scavo meccanizzato utilizzando una fresa scudata ad attacco integrale del tipo "variable density" del tipo a contropressione al fronte. in grado di affrontare lo scavo in terreni incoerenti o poco coerenti anche in presenza di falda, con la capacità di adattarsi alla variabilità imposta dal contesto geotecnico lungo il tracciato ed all'eterogeneità dei materiali.

4.1.2 Galleria artificiale per la deviazione ferroviaria portuale

Nell'ambito del Progetto Definitivo i binari ferroviari che attualmente attraversano la galleria Romairone verranno spostati in adiacenza al binario sud esistente, in conseguenza dell'interruzione della galleria Romairone stessa (Rif. STR00018 e STR00006).

I due nuovi binari, binario lato mare definito "sud trincerone" e binario lato monte definito "Rubattino", saranno posizionati all'interno di una galleria artificiale in calcestruzzo armato per andare a sottopassare il nuovo parco della lanterna.

La nuova Galleria Artificiale della linea ferroviaria sarà divisa in diverse parti. Un primo tratto della galleria artificiale avrà una lunghezza di circa 252 m come riportato nella seguente Figura.

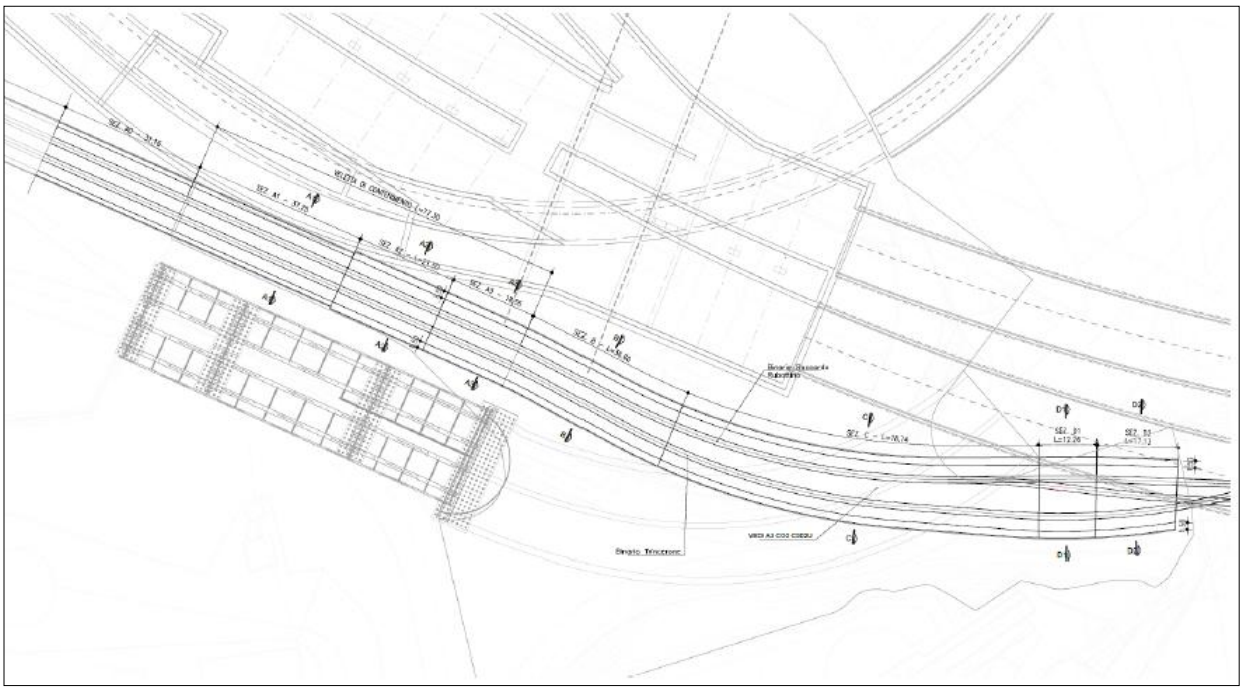


Figura 4-6 Galleria artificiale per la deviazione della linea ferroviaria portuale

La galleria artificiale, lungo il suo profilo è caratterizzata da geometrie e altezze differenti per assecondare per quanto possibile il profilo del nuovo parco della lanterna. In particolare, poi, tra le progressive 0+270,00 e 0+350,00 è presente un concio speciale dove lo scatolare ferroviario è sovrastato dallo scatolare definito Opera B (Rif. STR00018). Per questo concio speciale la soletta di copertura dello scatolare ferroviario coinciderà con la soletta di fondo dello scatolare Opera B. Un secondo tratto della galleria artificiale a linea ferroviaria avrà una lunghezza di circa 139 m con andamento lineare.

4.1.3 Scolmatore del Fosso San Bartolomeo

Il nuovo tunnel sub-portuale attualmente in progetto, prevede l'ingresso lato Ovest posto nei pressi dell'incrocio di Via Scarsellini, Via Milano e il lungomare Canepa. Attualmente al disotto di Via Scarsellini e della banchina portuale, è presente un corso d'acqua tombato denominato San Bartolomeo che è censito all'interno dell'ambito 14 del Piano di Bacino.

Il tombino scatolare TS001, scolmatore del fosso San Bartolomeo, è un'opera di mitigazione idraulica ricompresa nell'ambito dei lavori dell'intervento del Tunnel Subportuale, prevista con la finalità di evitare allagamenti nella zona del pozzo di imbocco ovest del Tunnel.

L'opera attraversa lungomare Canepa nella sede attuale del rio, andando ad adeguare la sezione idraulica, per poi deviare verso ponente fino all'attuale varco Etiopia e raggiungere lo sbocco a mare in corrispondenza di Calata Massaua. È costituita da uno scatolare in parte prefabbricato e in parte gettato in opera.

La soluzione progettuale è stata oggetto di Variante, approvata con nota prot. 2024-1237713 del 02/08/2024 della Regione Liguria, Settore Valutazione impatto ambientale e sviluppo sostenibile, per la verifica preliminare ambientale. Tale variazione deriva dalla richiesta di minimizzare ulteriormente l'interferenza delle opere relative allo scolmatore del Fosso di San Bartolomeo con le attività portuali e, in particolare, con l'accesso al Varco Etiopia. A tal fine si è valutata l'opportunità di ottimizzare la soluzione progettuale inizialmente prevista e approvata, apportando una leggera modifica del tracciato dello stesso scolmatore, nello specifico del tratto di attraversamento del varco portuale al fine di evitare l'occupazione della sede stradale in ingresso e la chiusura prolungata del medesimo varco.

La prospettata nuova soluzione, sostanzialmente invariante dal punto di vista della modellazione idraulica, permette la riduzione temporale delle fasi di cantierizzazione che prevedono la chiusura di Varco Etiopia in ingresso.

Nell'ambito della progettazione è stata definita la realizzazione di un tombino scatolare, atto alla funzione di Scolmatore per il Rio San Bartolomeo. Tale struttura si trova posizionata a est rispetto al pozzo di San Benigno, in corrispondenza della vecchia sottostruttura di contenimento del Rio San Bartolomeo.

Tale struttura verrà realizzata in due modi diversi: i tratti in rettilineo saranno realizzati mediante elementi prefabbricati, mentre i raccordi, in corrispondenza delle zone in cui sono presenti dei cambi di direzione dell'asse dello scatolare e delle zone in cui sono presenti dei cambi geometrici saranno gettate in opera.

Il Tombino Scatolare del Rio San Bartolomeo è, nella configurazione di progetto, lungo 376.65m e lungo il suo profilo è caratterizzata, nelle sezioni correnti, da una sezione trasversale rettangolare di altezza pressoché costante (pari a 3 m) e larghezza variabile da 5.75m ai 6.65 m. Dal punto di vista funzionale l'opera è stata dimensionata per portate con T ritorno pari a 200 anni.

Per la realizzazione del manufatto scatolare è necessaria la preventiva costruzione di una paratia provvisionale di micropali di conterminazione degli scavi, necessari a raggiungere la quota del piano di posa del manufatto stesso.

La realizzazione dell'opera è prevista per conci al fine di limitare le aree interessate dalla cantierizzazione al tempo strettamente necessario per consentire il completamento del singolo concio, al termine del quale l'area viene restituita all'operatività portuale.

Rispetto al progetto originario, la modifica approvata in sede di VPA (rif nota prot. 2024-1237713 del 02/08/2024 della Regione Liguria) riguarda un limitato tratto del tracciato, in particolare quello antistante e in corrispondenza del varco portuale Etiopia, al fine di evitare, l'attraversamento della sede stradale del varco stesso limitando in tale modo le interferenze con le attività portuali e la chiusura prolungata del varco durante la fase realizzativa.

In virtù del carattere estremamente limitato della modifica alla soluzione progettuale precedentemente approvato, la nuova configurazione sopra descritta risulta sostanzialmente invariante rispetto agli impatti ambientali con particolare riferimento, ad esempio, all'utilizzo delle risorse, alla produzione dei rifiuti, alla gestione delle terre e rocce da scavo e alle emissioni/scarichi in termini quali-quantitativi. Infatti, la soluzione tecnica proposta, le metodologie esecutive e le caratteristiche dimensionali dell'opera restano sostanzialmente invariate.



Figura 4-7 Tracciato nuovo scolmatore del Fosso San Bartolomeo

4.2 OPERE MAGGIORI ALL'APERTO

4.2.1 Aree di imbocco

In corrispondenza degli imbocchi Est e Ovest e dello svincolo Madre di Dio, laddove il tunnel si collega con la città raggiungendo le quote della viabilità urbana, sono necessarie opere di raccordo tra la suddetta viabilità esistente e le gallerie. Queste opere consistono principalmente in gallerie artificiali, sia policentriche che

scatolari, trincee e anche tratti in viadotto. Per quanto riguarda l'imbocco Ovest, l'area di cantiere è collocata non lontano dal Varco S. Benigno, nell'area portuale di Genova. l'area è destinata a ospitare parte della trincea di adduzione e la galleria artificiale di imbocco delle due gallerie naturali a scavo meccanizzato.

In corrispondenza dell'imbocco Est la galleria naturale sottopassa i giardini Francesco Coco. L'ultimo tratto, corrispondente al sottopassaggio di Corso Aurelio Saffi non potrà essere realizzato mediante galleria naturale a causa degli esigui spessori del ricoprimento, che impongono il ricorso a due tratti in galleria artificiale.

I due rami di svincolo per il collegamento con la zona di via Madre di Dio si distaccano dalle gallerie principali alla p.k. 1+900 circa ed emergono lungo la viabilità portuale in corrispondenza del Varco Giano. Quest'area risulta ubicata in corrispondenza dell'attuale Sopraelevata, che in questo tratto dovrebbe essere smantellata e demolita prima dell'inizio delle lavorazioni per lo scavo degli imbocchi. La tratta compresa tra i cameroni e le opere di imbocco prevede due gallerie indipendenti, di lunghezze rispettivamente pari a 360 m e 250 m rispettivamente per gli assi Nord e Sud, da realizzare "in tradizionale". Le opere di imbocco delle gallerie naturali sono costituite da paratie di micropali (tipo "berlinese") e da paratie di pali secanti.

4.2.2 Parco della Lanterna

Il progetto prevede di utilizzare l'area liberata a seguito della demolizione del capannone CSM per la realizzazione di un nuovo grande parco pubblico che dalle antiche mura alla base della Lanterna possa scendere dolcemente fino alla quota della città. Il progetto prevede quindi la realizzazione di un grande piano inclinato in grado di raccordare la quota della terrazza Nord sotto la Lanterna con via Milano, proseguendo infine verso via Pietro Chiesa.

Tutte le infrastrutture che verranno interrate sotto il parco sono state progettate con la protezione di scatolari in calcestruzzo, in modo da poter sottopassare l'abbancamento che sarà appunto realizzato con gli scavi del Tunnel, e gli approvvigionamenti di vegetale necessari alla sistemazione finale, secondo i requisiti tecnico-ambientali richiesti. Secondo questa eventualità, infatti, il materiale di scavo andrà a costituire il "nucleo" del rimodellamento del Parco, andando a ritombare il nuovo sistema infrastrutturale dell'area industriale di San Benigno. Su questo spessore, sarà poi posto un orizzonte di terreno vegetale (mediamente circa 1 m), approvvigionato da esterno per la conformazione definitiva del Parco della Lanterna.



Figura 4-8 Il Parco della Lanterna

Il Parco della Lanterna rappresenterà il punto di arrivo del percorso ciclopedonale proveniente dal Porto Antico e, allo stesso tempo, diventerà anche il punto di partenza per la sua prosecuzione verso ponente tramite il progetto di riqualificazione di Lungomare Canepa. L'intervento di recupero nell'intorno della Lanterna

rappresenta una riqualificazione urbana ed inoltre un altro tassello per l'ampliamento e la prosecuzione del progetto della Passeggiata della Lanterna.

Il progetto paesaggistico prevede la realizzazione di un una passeggiata di grande qualità urbana e accompagnata da arbusti ad altro fusto e da macchie di vegetazione mediterranea che collega l'imbocco di via Pietro Chiesa, via Sampierdarena e villa Pallavicino Gardino con una piazza, a levante, da cui accedere al nuovo Parco della Lanterna. Il Parco della Lanterna sarà interamente recintato. I percorsi principali saranno realizzati con pavimentazioni continue secondo soluzioni architettoniche adatte all'inserimento.

4.2.3 Rimodellamenti e sistemazioni

Nell'area di S. Benigno si è già descritto nel precedente paragrafo dedicato il rimodellamento per la realizzazione del Parco della Lanterna come previsto dal progetto di Renzo Piano. Si considerano inoltre le sistemazioni finali dell'area di imbocco lato Foce, in via Brigate Partigiane, e della zona di svincolo di S. Madre di Dio, dove saranno utilizzati materiali per il ripristino con approvvigionamento di vegetale.

4.3 AREE DI CANTIERE

Le principali aree di cantiere sono così suddivise:

1) il nodo di San Benigno, individuato nell'area omonima e comprendente:
   - l'area del magazzino "CSM" (circa 48.000 m^2), dove avverrà l'accesso Ovest del tunnel subportuale, verrà realizzato il pozzo di imbocco della TBM e verranno posizionati gli apprestamenti necessari per il corretto funzionamento della fresa,
   - il cantiere dell'opera a mare posizionato in corrispondenza di Calata Concenter, a Sud dell'area "Ex Centrale Elettrica" (circa 5.500 m^2), sarà funzionale alle attività di riempimento della calata su cui saranno posizionati ulteriori apprestamenti funzionali alla fresa e il trattamento dello smarino in arrivo dallo scavo del tunnel attraverso l'impianto di slurrydotto (circa 24.000 mq),
   - il cantiere dell'opera a mare situato in corrispondenza di Calata Bengasi (circa 10.000 m^2) dove sarà realizzato il riempimento della colmata (circa 53.000 m^2);
   - il cantiere per il riempimento della colmata in mare di Calata Giaccone (circa 63.000 m^2);
   - l'area logistica per il parcheggio degli operai locali, presso la Villa Gardino Pallavicini, tra Via Chiesa e Via Fiamme Gialle, da cui è previsto un servizio navetta diretto verso l'area di cantiere;
2) lo svincolo di Madre di Dio (circa 20.000 m^2), posizionato all'interno dell'area portuale nei pressi del Varco "Giano", dove sarà realizzata la parte terminale delle due gallerie di raccordo con il centro cittadino, la posa del viadotto di collegamento e la modifica dei fornici passanti al di sotto di Corso Quadrio;
3) l'imbocco Est (circa 9.000 m^2), localizzato presso l'area della foce, su Viale Brigate Partigiane e Corso Aurelio Saffi, dove verrà realizzato il pozzo per l'estrazione della TBM e l'imbocco al tunnel di Levante.

I cantieri a supporto degli interventi delle opere a mare avranno una superficie di circa 16.000 m^2 complessivi, considerando che l'area prevista presso calata Giaccone è solo a delimitazione dell'intervento e non sono presenti alcuni apprestamenti.

Tutte le aree di cantiere avranno pavimentazione in conglomerato bituminoso ad eccezione delle zone dove è prevista una pavimentazione in calcestruzzo. Per ulteriori dettagli sulle fasi di intervento e realizzazione si rimanda agli elaborati a codifica SPL/CNT nei diversi ambiti di cantiere. Inoltre, aree di cantiere sono previste nei pressi di fabbricati o parti d'opera che saranno oggetto di intervento o di demolizione (ad es. gli edifici denominati "Scuderie" o "GNV2 e le opere del cosiddetto "giro Lanterna" ad Ovest, e gli edifici moderni di ACI ad Est).

All'interno delle aree di cantiere sono individuati vari apprestamenti a supporto delle lavorazioni in atto. Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico con l'ubicazione dei cantieri.

Come ricordato in premessa, la presente revisione del Piano di Utilizzo prevede, in attesa della piena disponibilità di calata Concenter, una nuova area di cantiere e di deposito intermedio del materiale proveniente dalla realizzazione degli interventi per la realizzazione del Tunnel. Quest'area, area ex-Carbonile, è ubicata in prossimità della stessa calata e risulta pertanto funzionale al sistema di cantiere, già sviluppato, non modificandone sostanzialmente la relativa logistica e organizzazione.

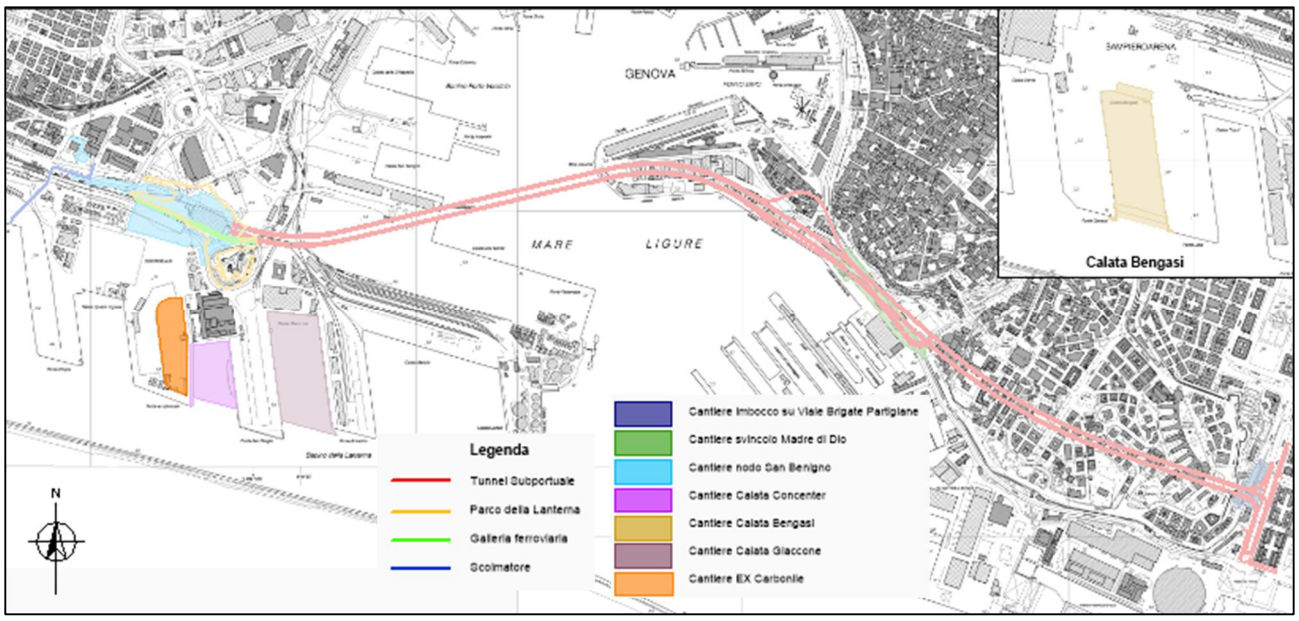


Figura 4-9 Ubicazione delle aree di cantiere

4.3.1 Nodo di S. Benigno

Nel nodo di S. Benigno saranno realizzate le operazioni di montaggio della TBM e di tutte le lavorazioni legate a questo macchinario, pertanto, si renderà necessaria la creazione di un pozzo da cui sarà avviata la fresa.

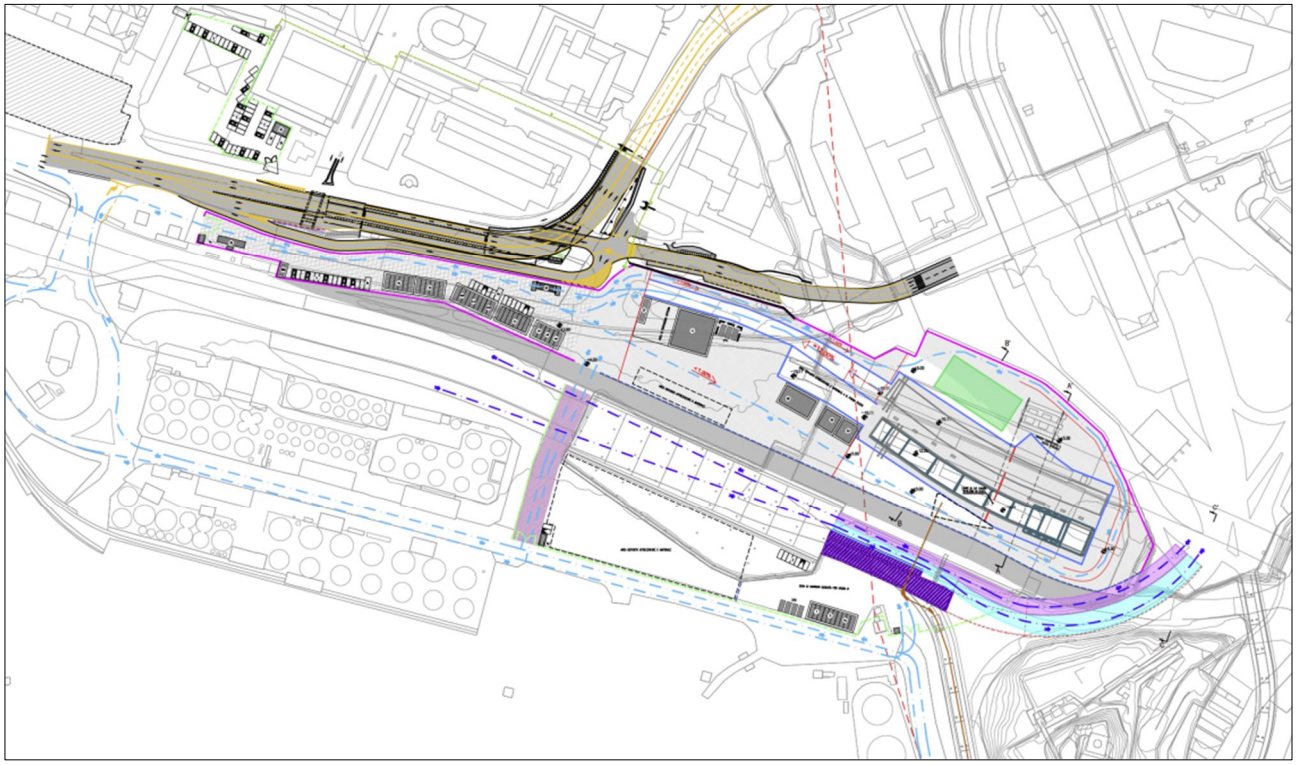


Figura 4-10 Area cantiere imbocco San Benigno

Le principali attività e fasi di cantiere di seguito sono sinteticamente descritte:

- Fase 0: opere propedeutiche alla preparazione delle aree di cantiere previste in corrispondenza del nodo di San Benigno e di Calata Concenter (demolizioni edifici) interventi per la nuova viabilità portuale e lavorazioni necessarie al riempimento di Calata Concenter;
- Fase 1: lavorazioni suddivise in due fasi temporali, con precedenza a quelli interferenti o adiacenti al nuovo tracciato ferroviario, in modo da poter realizzare successivamente la nuova galleria ferroviaria;
  - realizzazione paratia ad arco posta sul lato sud in adiacenza al tracciato della nuova ferrovia; cunicolo scatolare dello slurrydotto nel tratto interferente con il tracciato ferroviario; realizzazione platea, elevazioni, soletta di copertura e armamento ferroviario nei tratti laterali del tracciato, non interferenti con lavorazioni precedenti;
  - realizzazione muro di contenimento dell'area di imbocco di San Benigno, adiacente a Via al passo nuovo e successivo riempimento fino a quota di progetto della nuova galleria della viabilità portuale; demolizioni di edifici interferenti.
- Fase 2: deviazione del traffico ferroviario sulla nuova linea, dismettendo e smantellando il tratto della linea ferroviaria precedente; l'area di cantiere assumerà la superficie utile fino alla fine del cantiere; contestuale riempimento della Galleria Romairone sul lato di levante; completamento delle berlinesi previste a nord dell'area dal lato di ponente e poi sul lato di levante; contestuale esecuzione dello scavo nella zona centrale partendo dal centro; ultimazione delle rispettive paratie verso ponente e verso levante;
- Fase 3: suddivisa in 3 sottofasi (A, B e C);
  - sottofase A: realizzazione delle paratie a nord del pozzo e contestuale esecuzione del muro con funzione di ritenuta veicoli e parapetto;
  - sottofase B: completamento paratie dello svincolo a nord e continueranno le fasi di scavo,
  - sottofase C: completamento scavo del pozzo nell'ultima porzione rimanente a nord; esecuzione contemporanea scavo per la parziale realizzazione della culla di valle per la TBM;
- Fase 4: completamento della culla a sud e, a seguire, realizzazione della culla nord per la TBM, compreso il riempimento culla nord con magrone per realizzare un piano viario alla quota prevista; proseguimento operazioni di montaggio del carroponte principale e dei due carriponte previsti in corrispondenza del pozzo; montaggio contestuale parte anteriore della TBM in corrispondenza della culla sud (montaggio iniziale testa e scudo della fresa e proseguimento con struttura di spinta e i carri); installazione dell'impianto slurrydotto;
- Fase 5: prosecuzione operazioni di montaggio della TBM; in corrispondenza della culla sud avverrà il montaggio del carroponte a servizio della movimentazione dei conci e approvvigionamento degli stessi; prosecuzione operazioni di realizzazione del nuovo viadotto lato mare;
- Fase 6: suddivisa in 5 sottofasi;
  - sottofase A: montaggio impianto di produzione e pompaggio delle malte; contestuale montaggio impalcato metallico provvisorio al di sopra del pozzo; a seguire, messa in funzione fresa con inizio operazioni per la realizzazione della canna sud del tunnel subportuale, in direzione levante,
  - sottofase B: in questa fase, e nelle sottofasi successive (C, D e E), proseguimento operazioni di realizzazione della canna sud del tunnel subportuale, in direzione levante; inizio lavorazioni per la realizzazione della galleria in tradizionale diretta verso Via Milano; modifica viabilità all'interno del cantiere, e contemporaneo apprestamento zona ad Est del cantiere per area deposito attrezzature e materiale, per la realizzazione della galleria in tradizionale;
  - sottofase C: completamento copertura lato monte della galleria della viabilità portuale,
  - sottofase D: completamento copertura lato monte della galleria della viabilità portuale,
  - sottofase E: ultimazione operazioni; su alcune opere previsti lavori di completamento e finitura; apertura viabilità portuale a due corsie per senso di marcia.
- Fase 7: suddivisa in 2 sottofasi (A e B);
  - sottofase A: realizzazione dello scavo della canna sud sta per essere ultimata e arrivo TBM in corrispondenza di Brigate Partigiane; smontaggio testa scudo fresa; operazioni di demolizione del magrone gettato all'interno delle due culle; contestuale trasporto a ritroso lungo la canna sud del tunnel fino al pozzo di S.Benigno i carri della fresa; trasporto testa e scudo fresa via mare al pozzo di S.Benigno; proseguimento operazioni per la realizzazione galleria in tradizionale verso Via Milano;
  - sottofase B: montaggio testa e scudo fresa in corrispondenza della culla nord presso area san Benigno; estrazione dei carri della TBM da canna sud e spostamento nella culla nord; completamento assemblaggio fresa; esecuzione getto di magrone all'interno della culla sud; proseguimento operazioni realizzazione della galleria in tradizionale diretta verso Via Milano.

· Fase 8: suddivisa in 3 sottofasi (A, B e C);

- sottofase A: fresa in funzione e inizio realizzazione da canna nord del tunnel subportuale, in direzione levante; in canna sud proseguimento del riempimento dell'arco rovescio; realizzazione del ramo di uscita zona Madre di Dio, etc.; fine realizzazione galleria in tradizionale diretta verso Via Milano e proseguimento operazioni di smontaggio del carroponte principale;
- sottofase B: proseguimento operazioni di realizzazione della canna nord del tunnel subportuale, in direzione levante; contestuale smontaggio impalcato provvisorio presente in corrispondenza del pozzo; deviazione traffico nel primo tratto di Via Milano da Lungomare Canepa verso la parte a sud dell'area di cantiere;
- sottofase C: proseguimento operazioni di realizzazione della canna nord del tunnel subportuale, in direzione levante; esecuzione lavorazioni per la nuova corsia a nord; sul tratto opposto di Via Milano l'area di cantiere spostamento sul lato sud per realizzazione sottofondazioni, fondazioni, elevazioni nuova galleria di Via Milano presso nuova Darsena; chiusura definitiva del tratto centrale di Via Milano per realizzazione nuova viabilità; conseguente deviazione traffico in direzione ponente di Via Milano su nuova viabilità lungo Via De Marini completata in fase precedente; successiva esecuzione elevazioni nuova galleria di Via Milano e realizzazione successiva della struttura di copertura; contestuale realizzazione soletta a copertura del pozzo;

· Fase 9: suddivisa in 3 sottofasi (A, B e C);

- Sottofase A: ultimazione scavo entrambe canne sarà ultimato; previste in S.Benigno operazioni di svuotamento delle vasche di stoccaggio dell'acqua, di rimozione paratie/muri provvisori, di rimozione del slurrydotto e demolizione dell'ultima parte del viadotto "Giro-Lanterna", di scavo dei rami di entrata ed uscita tunnel, di posa degli scatolari di copertura dei tunnel e pacchetto di pavimentazione stradale e di realizzazione della centrale di ventilazione nella parte nord-est del pozzo; eseguite lavorazioni per apertura del nodo viario completo;
- Sottofase B: ultimazione lavorazioni atte all'apertura del tunnel e del nodo viario di San Benigno; spostamento definitivo viabilità di Lungomare Canepa direzione levante su nuovo viadotto di collegamento con l'entrata autostradale di Genova Ovest; sistemazione dell'area dove era situata la precedente viabilità di Lungomare Canepa e realizzazione del nuovo collegamento con gli assi principali del tunnel subportuale (pacchetto stradale, finiture ecc),
- Sottofase C: apertura viabilità aperta e completamento dell'ultimo viadotto mancante di collegamento con la viabilità portuale e inizio sistemazione finale dell'area di imbocco e la realizzazione del Parco della Lanterna con approvvigionamento del vegetale; ritombamento e riempimento del sistema infrastrutturale di San Benigno; inizio realizzazione del parco della Lanterna; apertura accessi su nuova viabilità ingresso al Tunnel in direzione levante; nella fase finale realizzazione definitiva Parco; smantellamento baraccamenti e apprestamenti presenti in 'area di cantiere e in calata Concenter; sistemazione e ripristino aree;
- Fase 10: stato finale dell'opera con il completamento di tutte le lavorazioni previste.

A servizio del cantiere di San Benigno, sarà apprestata l'area denominata "Villa Giardini Pallavicini" dove verrà predisposta la zona di parcheggio per gli operai locali, che successivamente saranno prelevati da uno Shuttle bus e accompagnati all'area di cantiere. Le fasi sopra descritte potranno subire ottimizzazioni in fase di progettazione esecutiva e realizzazione.

4.3.2 Nodo Cantiere Svincolo Madre di Dio

Gli interventi evidenziati in quest'area comprenderanno la realizzazione della parte terminale delle due gallerie di uscita del tunnel presso lo svincolo denominato Madre di Dio e il loro raccordo con Via delle Casaccie, attraverso la posa di un viadotto, e la modifica dei fornici passanti al di sotto di Via Quadrio.

Si riportano di seguito le principali fasi delle attività di cantiere:

· Fase 1: demolizione edifici all'interno dell'area portuale interferenti attività di palificazione per realizzazione svincolo di uscita del tunnel e il collegamento tramite viadotto alla viabilità esistente di Via delle Casaccie; successiva demolizione immobili da Est verso Ovest; carico e trasporto delle macerie verso impianti autorizzati al recupero e/o conferimento; realizzazione asfaltatura per regolarizzare area e successive lavorazioni di palificazione; proseguimento esecuzione delle paratie a Sud- Ovest partendo da Ovest e muovendosi verso Est;
· Fase 2: demolizione, partendo da ovest e procedendo verso est, della porzione di Sopraelevata che insiste nell'area di uscita dello svincolo del tunnel;
· Fase 3: suddivisa in 3 sottofasi (A, B e C);

- Sottofase A: demolizione porzione di Sopraelevata interferente all'area di lavoro, procedendo da ovest verso est; operazioni di svaro impalcato; esecuzione dei micropali previsti sul lato ovest per uscita seconda galleria prevista a collegamento tra il tunnel subportuale e Via della Casaccie, da ovest verso est,
- Sottofase B: completamento micropali uscita della seconda galleria prevista a collegamento tra il tunnel subportuale e Via della Casaccie; esecuzione scavo e realizzazione soletta di copertura della seconda galleria; una volta ultimate queste lavorazioni scavo ultimi due campi per ciascuna canna in naturale,
- Sottofase C: lavorazioni per realizzazione nuovi fornici sulla porzione sud di Corso Quadrio; contestuale completamento dei pali e dei micropali necessari per realizzazione dell'uscita delle due gallerie previste a collegamento tra il tunnel subportuale e Via della Casaccie; continuazione scavo e realizzazione soletta di copertura della seconda galleria, perimetrata dai micropali;

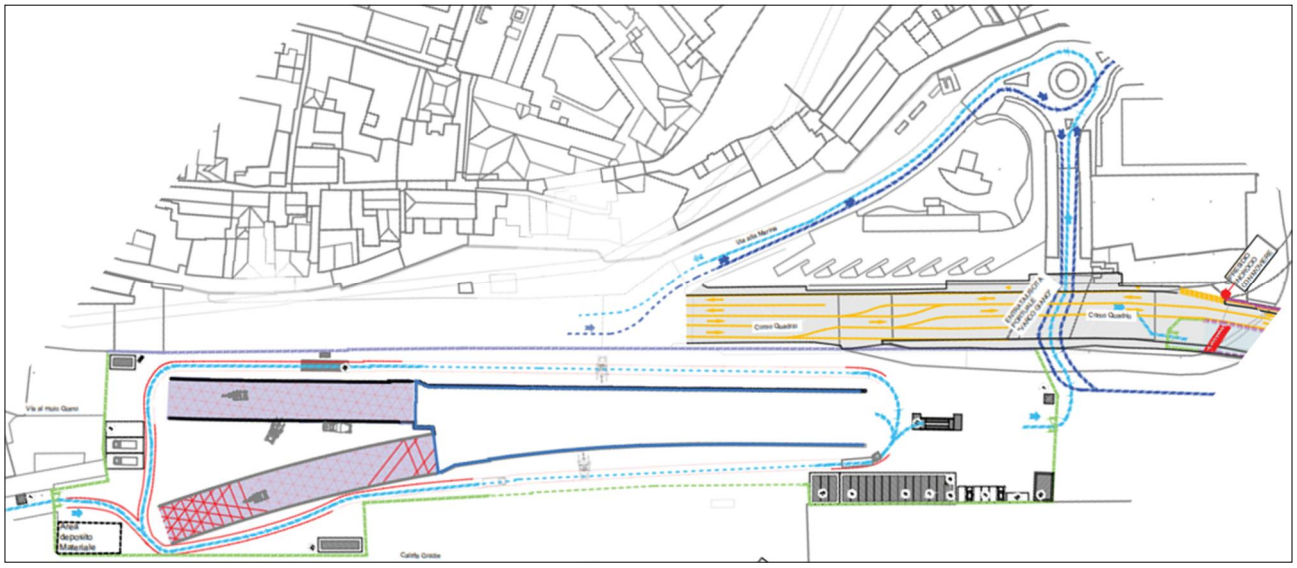


Figura 4-11 Area di cantiere svincolo di S. Madre di Dio (stralcio fase 3c)

- Fase 4: suddivisa in 3 sottofasi (A, B e C);
- sottofase A: scavo della trincea, fino alla quota -3.00, con inserimento di puntoni provvisionali; successiva prosecuzione scavo fino a fondo pozzo; getto magrone di fondo ed esecuzione rivestimento dei pali; contemporanea realizzazione scavo, fondazione ed elevazione delle spalle, delle pile e dei muri andatori del viadotto di collegamento con Via Delle Casaccie,
- sottofase B: in area portuale, completamento gallerie artificiali e continuazione scavo trincea, fino a raggiungere la quota -3.00; successivo getto magrone di fondo e rivestimento dei pali; contestuale realizzazione scavo, fondazione, elevazione delle spalle, delle pile e dei muri andatori del viadotto di collegamento con Via delle Casaccie e realizzazione della rampa di adduzione al viadotto; proseguimento con lavori di realizzazione rampa di adduzione al viadotto;
- sottofase C: intervento realizzazione nuovi fornici sul lato nord da Corso Quadrio; contestuale completamento scavo, fondazione, elevazione delle spalle, delle pile e dei muri andatori del viadotto di collegamento con Via delle Casaccie; successiva realizzazione della rampa di adduzione al viadotto;
- Fase 5: suddivisa in 3 sottofasi (A, B e C);
- Sottofase A: completamento delle gallerie artificiali e rimozione dei puntoni provvisori; varo e completamento del viadotto di collegamento tra le gallerie d'uscita del tunnel e la viabilità di Via delle Casaccie; realizzazione della rampa di adduzione al viadotto; completamento realizzazione nuovi fornici sulla porzione nord da Corso Quadrio;

- Sottofase B: in zona portuale completamento gallerie artificiali e viadotto di collegamento tra le gallerie d'uscita del tunnel con la viabilità di Via delle Casaccie,
- Sottofase C: sul lato sud di Corso Quadrio realizzazione del nuovo marciapiede e delle relative finiture. In area cantiere portuale opere di pavimentazione e finiture.

· Fase 6: realizzazione nuova viabilità a servizio delle attività portuali per l'apertura al traffico e opere di completamento delle gallerie artificiali e del viadotto di collegamento con Via delle Casaccie; successivamente demolizione dello svincolo d'ingresso a Via delle Casaccie dalla sopraelevata, in direzione ponente;
· Fase 7: In quest'ultima fase opere di sistemazione dell'area e relative finiture; apertura della nuova viabilità dello svincolo.

Le fasi sopra descritte potranno subire ottimizzazioni in fase di progettazione esecutiva e realizzazione.

4.3.3 Imbocco su V.le Brigate Partigiane

Nell'area di cantiere presso l'imbocco su V.le Brigate Partigiane verranno realizzati gli interventi riguardanti l'uscita delle due gallerie del tunnel, lo scavo del pozzo per lo smontaggio della fresa, la realizzazione dell'impalcato provvisorio e il collegamento della nuova viabilità con quella esistente di V.le Brigate Partigiane.

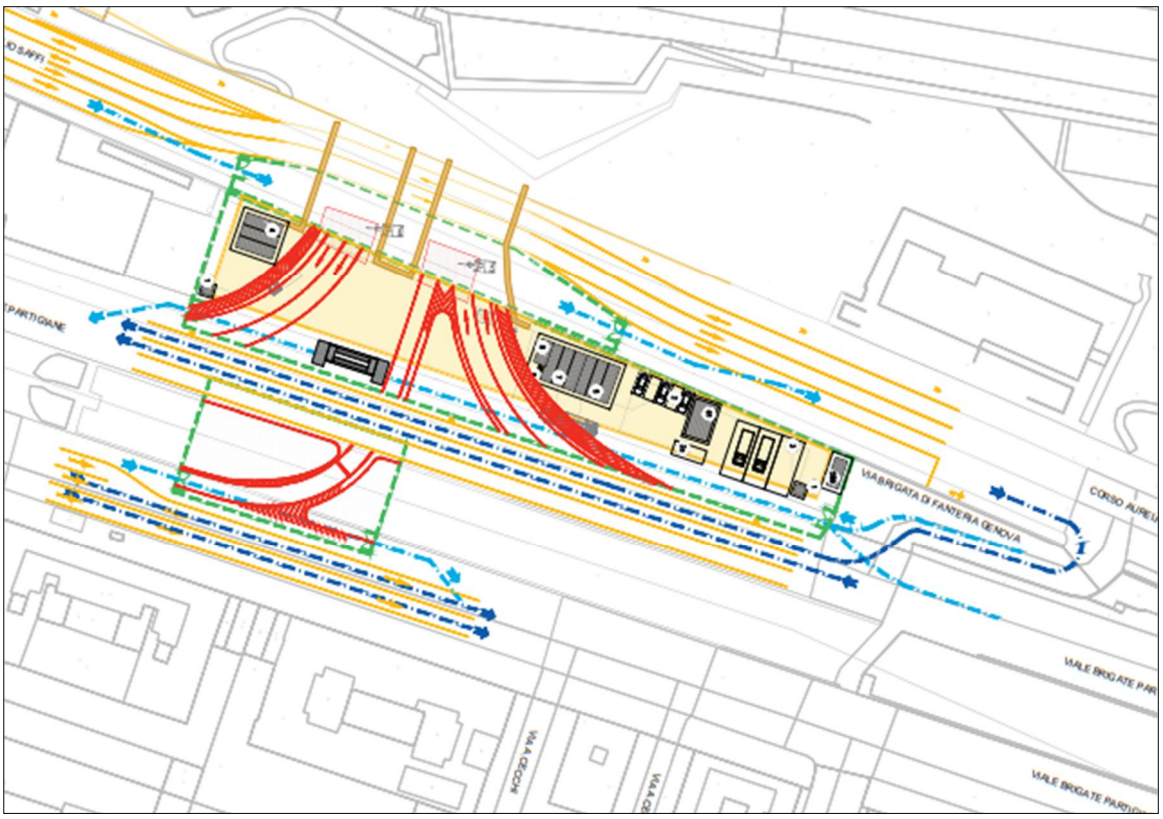


Figura 4-12 Area di cantiere imbocco Brigate Partigiane (stralcio fase 7a)

Le principali attività fasi di cantiere in questa area sono:

· Fase 1: demolizione edifici interferenti zona imbocco lato Brigate e realizzazione impalcato per deviazione traffico;
· Fase 2: proseguimento realizzazione impalcato provvisorio per deviazione traffico su Corso Aurelio Saffi nelle fasi successive; al termine realizzazione muro con funzione di ritenuta veicoli e parapetto e protezione bordo;
· Fase 3: deviazione traffico veicolare su nuovo impalcato; allestimento cantiere su sedime di Corso Saffi e successivamente operazioni di consolidamento del versante soprastante area di cantiere;
· Fase 4: esecuzione lavori propedeutici realizzazione dei pozzi per l'estrazione della TBM;

- Fase 5 scavo del pozzo Nord e realizzazione della culla per arrivo TBM proveniente dalla canna Nord; smontaggio completo TBM e estrazione tramite autogrù.; impermeabilizzazione pozzo Sud e getto fondazione galleria artificiale di imbocco del tunnel con formazione del piano viabile; getto pareti galleria e soletta di copertura;
- Fase 6 terminate le lavorazioni su Corso Aurelio Saffi; impermeabilizzazione pozzo Nord, getto fondazione galleria artificiale imbocco tunnel e formazione del piano viabile; successivo getto pareti galleria e soletta di copertura; ripristino del piano viario sul sedime del pozzo ed esecuzione finiture e ed inserimento arredi stradali; demolizione di contenimento rilevato in Corso Saffi; esecuzione opere di sistemazione finale su giardini Coco, previsto a monte 'area di cantiere sita su Corso Aurelio Saffi.;
- Fase 7: suddivisa in 2 sottofasi (A e B);
  - Sottofase A: demolizione setto di pali fra i due pozzi e paratia lato Est per il completamento del manufatto scatolare di imbocco delle gallerie; deviazione del traffico veicolare e pedonale sul lato Ovest di Corso A.Saffi e demolizione dell'impalcato provvisorio; realizzazione portale d'imbocco raccordato al muro di contenimento di Corso Saffi; sistemazione strada di collegamento tra le gallerie artificiali e Viale Brigate Partigiane; realizzazione viabilità di collegamento con il tunnel da Viale Brigate Partigiane nella parte centrale dell'aiuola;
  - Sottofase B: proseguimento operazioni di sistemazione e completamento della nuova viabilità della strada di collegamento tra le gallerie artificiali e Viale Brigate Partigiane e della strada di Viale Brigate Partigiane sul lato levante;
- Fase 8: esecuzione opere di completamento finiture al contorno nell'area; smantellamento del cantiere e sistemazione e successi apertura.

Le fasi sopra descritte potranno subire ottimizzazioni in fase di progettazione esecutiva e realizzazione.

4.3.4 Parco della Lanterna

Il riutilizzo degli scavi per la realizzazione del Parco della Lanterna costituisce parte integrante dei lavori del Tunnel.

Il progetto prevede di riqualificare l'area industriale per la realizzazione di un nuovo grande parco che dalle antiche mura alla base della Lanterna possa scendere dolcemente fino alla quota della città. Il progetto prevede quindi la realizzazione di un grande piano inclinato con pendenza inferiore al 5% in grado di raccordare la quota della terrazza Nord sotto la Lanterna (+23.40 m s.l.m.) con via Milano (+11.60 m s.l.m.), proseguendo infine verso via Pietro Chiesa (+4.10 m s.l.m.).

La capacità del sito è attorno ai 120.000 m^3 su una superficie di circa 50.000 m^2; sarà realizzato con il riutilizzo dei materiali provenienti dagli scavi, depositati temporaneamente sulle aree previste nella calata Concenter e/o Giaccone, e da approvvigionamenti esterni di materiale vegetale per la sistemazione a verde dell'opera.

Tutte le infrastrutture di nuova realizzazione sono state progettate con la protezione di scatolari in calcestruzzo e saranno interrate, con l'abbancamento, realizzato appunto, con gli scavi del Tunnel.

L'area che sarà dedicata al Parco della Lanterna è ad oggi a carattere industriale e commerciale; in tal senso le operazioni e i movimenti dei materiali di scavo saranno gestiti dall'area con il riferimento delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di colonna B della tabella 1 dell'allegato 5 al titolo V della parte quarta del Decreto Legislativo 152/2006.

La gestione degli scavi, con CSC in colonna B riferite alla destinazione d'uso commerciale ed industriale sarà mantenuta sino alle quote finali di scavo, previste in progetto nella zona di San Benigno, coerentemente con il Piano Urbanistico Comunale oggi vigente (PUC).

In previsione della realizzazione del parco sovrastante e della conseguente modifica di destinazione d'uso del sito da parte del PUC, che potrà avvenire durante il corso d'opera, i ritombamenti e i rinterri saranno gestiti con il riferimento delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di colonna A della tabella 1 dell'allegato 5 al titolo V della parte quarta del Decreto Legislativo 152/2006, sebbene siano finalizzati comunque al completamento del sistema infrastrutturale.

La sistemazione finale sarà realizzata con materiale vegetale, approvvigionato da esterno, con requisiti tecnico-ambientali idonei alle opere a verde ed alle piantumazioni previste; anche in questo caso le CSC di

riferimento sono quelle della colonna A della tabella sopra richiamata, per cui dovrà essere richiesta la certificazione di compatibilità al momento della fornitura.

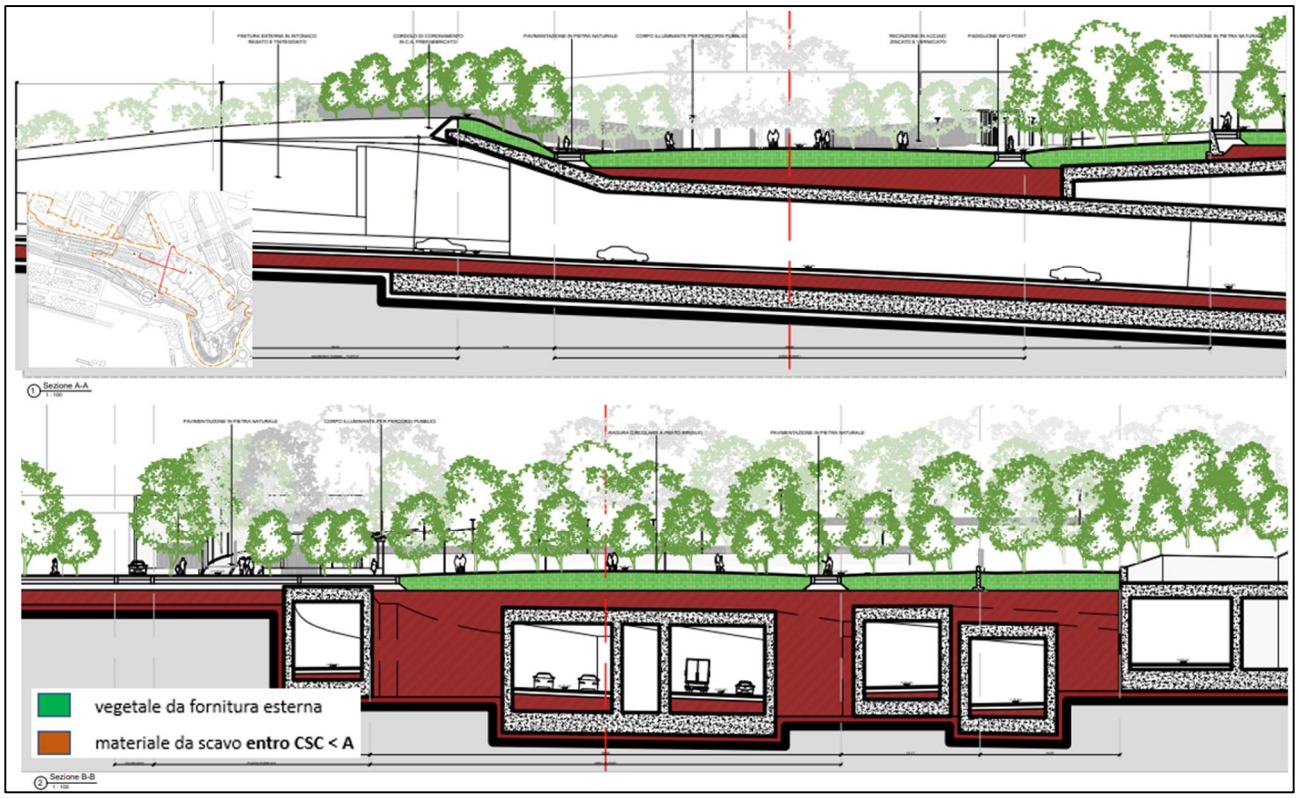


Figura 4-13 Sezioni longitudinale e trasversale con sistemazione finale area di San Benigno

Si precisa che al termine delle operazioni di scavo, in conseguenza della futura modifica di destinazione d'uso dell'area industriale e del realizzando parco, verrà svolta una verifica sul fondo scavo. Su queste superfici, ove non sia presente il substrato roccioso, sarà proposto un piano di accertamento e di indagine ambientale per le verifica ed il rispetto delle CSC di colonna A. Allo stesso tempo, questo piano di indagine coprirà le porzioni destinate direttamente alla sistemazione a parco, previa demolizione delle pavimentazioni, dei marciapiedi e di spessori di "scotico". Nel caso eventuale di superamenti, potrà essere previsto l'avvio di una procedura ai sensi dell'art 242ter del D. Lgs. 152/2006 smi e potrà essere proposta un'Analisi di Rischio, elaborata anche sulla base degli interventi e delle sistemazioni presenti in progetto.

Per la comprensione di quali e quante superfici possano essere interessate, nella figura seguente, è rappresentata la suddivisione dell'area di San Benigno con le aree di scavo e riutilizzo e le aree di solo riutilizzo per la sistemazione finale del Parco. Ad integrazione del presente Piano di Utilizzo, sono allegate, per maggior dettaglio ed utilità, delle tavole planimetriche e sezioni (AMB1003÷1006) nella zona di San Benigno sulle aree di scavo, funzionali alla realizzazione delle opere infrastrutturali, coerenti con l'attuale destinazione d'uso industriale, rispetto alle parti di interesse diretto per la realizzazione del Parco. Sono indicate le quote scavo dei diversi interventi e delle nuove opere infrastrutturali. Le tavole sono così completate da sezioni trasversali e longitudinali, con l'evidenza dei vari interventi rispetto al profilo del realizzando parco.

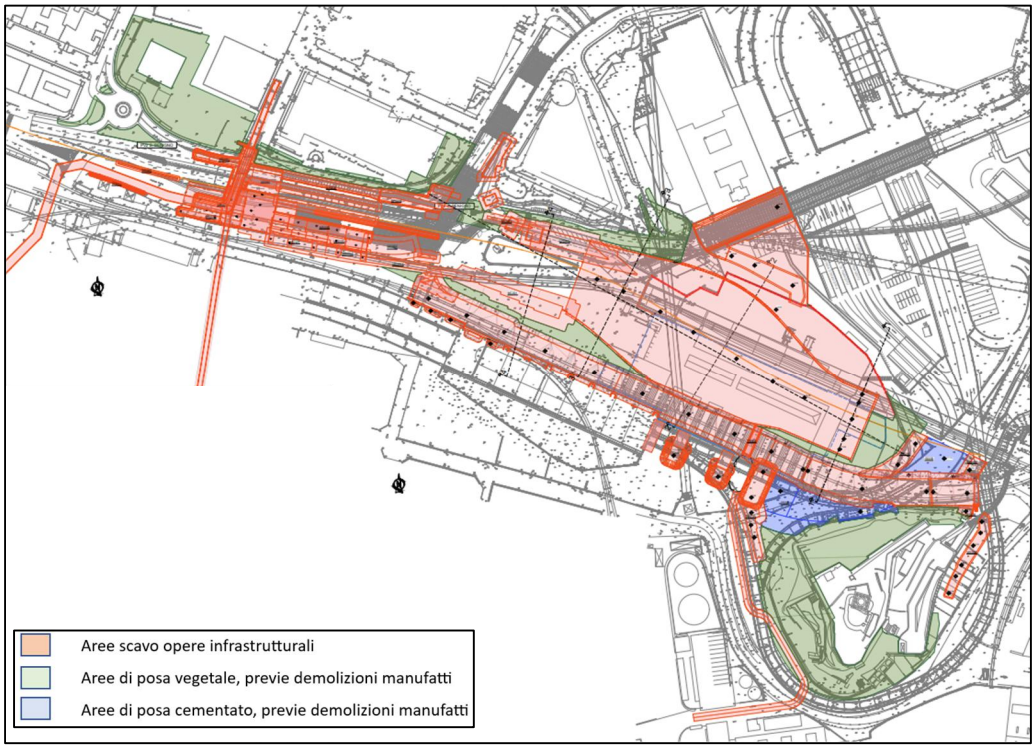


Figura 4-14 Rappresentazione delle aree di scavo e di solo riutilizzo nella zona di San Benigno

4.3.5 Calata Concenter, Calata Bengasi e Calata Giaccone

Il progetto prevede la ricollocazione del materiale derivante dagli scavi tramite la realizzazione di:

1) un'area di riempimento presso la Calata Concenter a Sud del cantiere di S. Benigno;
2) un'area di colmata presso calata Bengasi, nella parte di Sud-Ovest rispetto al cantiere di imbocco di S. Benigno.
3) Un'area di riempimento provvisorio in Calata Giaccone, a sud della suddetta zona di imbocco.

Le opere geotecniche di conterminazione sono costituite da una coppia di Combi-wall che chiudono lato mare l'intero sviluppo delle calate. Il Combi-wall di banchina, sia lato mare sia lato terra, è composto da una sezione composta con pali tubolari di acciaio con testa a quota +1.50 m s.l.m. su entrambe le fila, con funzione di contenimento del terrapieno all'interno del Combi-wall; i pali in acciaio hanno diametro D = 1626 mm, spessore 20mm e si approfondiscono fino a una quota pari a -38.5 m s.l.m., per una lunghezza complessiva di 40 m; le palancole intermedie raggiungono la stessa profondità dei pali del Combi-wall; il collegamento dei Combi-wall di banchina lato mare e lato terra e delle relative travi di banchina viene garantito da barre orizzontali in acciaio. Con l'esclusione dell'uso dei cassoni non sono necessarie operazioni di realizzazione delle fondazioni propedeutiche alla posa dei cassoni e opere di rinfianco.

Infine, avranno inizio le operazioni di riempimento della calata con il materiale in arrivo dall'area di cantiere situata in Calata Concenter. Da qui, questo materiale sarà trasportato in corrispondenza di calata Giaccone e di calata Bengasi, mediante autocarri e bettoline con trasporto via mare. Le operazioni di riempimento proseguiranno fino a raggiungere la quota necessaria per poter proseguire con la posa della pavimentazione finita. Questa sarà realizzata con la posa di uno strato di rilevato a cui seguirà uno strato di rivestimento realizzato con binder.

Una volta terminate tutte le lavorazioni di riempimento della colmata Concenter, quest'ultima sarà utilizzata come area per il deposito intermedio del materiale proveniente dagli scavi del tunnel subportuale da riutilizzare per l'esecuzione dei parchi e delle sistemazioni in opera. Allo stesso modo una volta realizzate i tombamenti delle colmate, anche Calata Giaccone (temporanea) e Calata Bengasi (definitiva) saranno utilizzate quale deposito intermedio dei materiali, sia per quelli realizzati come sottoprodotti sia destinati alla diga foranea.

Come ricordato in premessa, la presente revisione del Piano di Utilizzo prevede, in attesa della piena disponibilità di calata Concenter, una nuova area di cantiere e di deposito intermedio del materiale proveniente dalla realizzazione degli interventi per la realizzazione del Tunnel. Quest'area, area ex-Carbonile, è ubicata in prossimità della stessa calata e risulta pertanto funzionale al sistema di cantiere, già sviluppato, non modificandone sostanzialmente la relativa logistica e organizzazione.

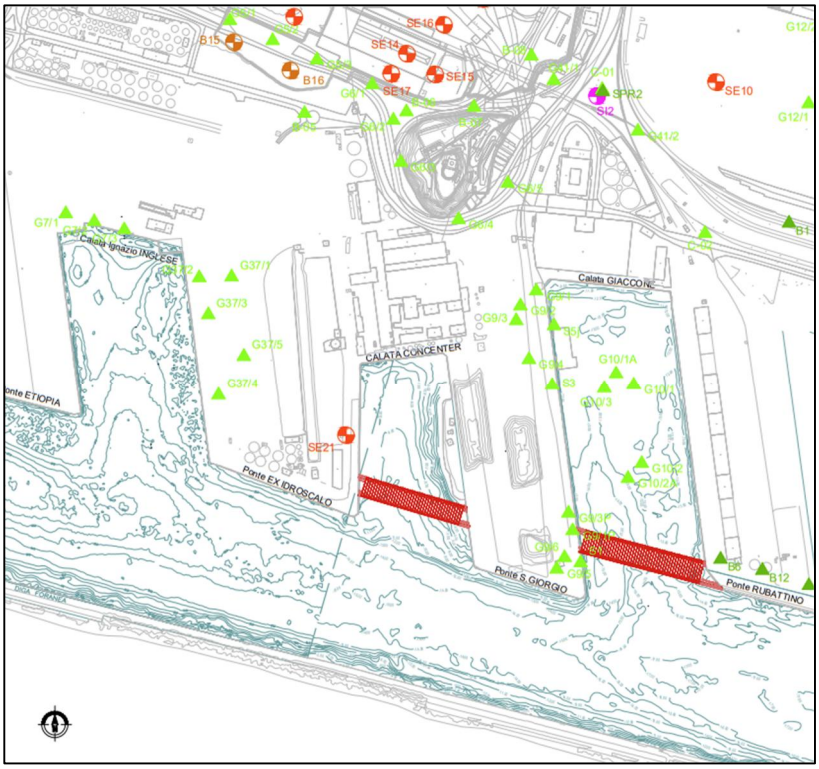


Figura 4-15 Stralcio planimetrico opere a mare, calata Concenter e calata Giaccone

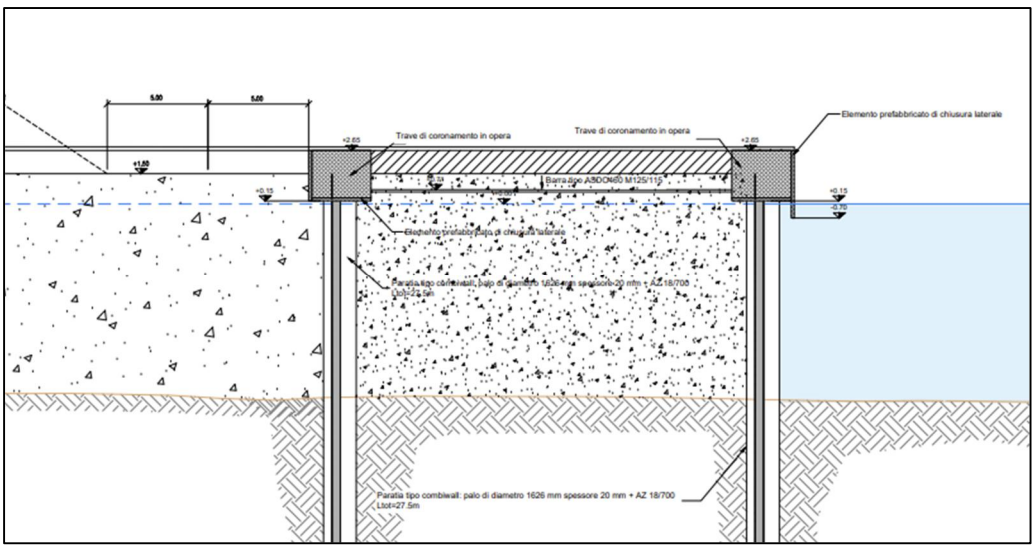


Figura 4-16 Sezione in colmata del sistema combi-wall

Calata Concenter

Gli scavi provenienti dalla TBM del Tunnel arriveranno tutti all'imbocco di San Benigno (Ovest), tramite una condotta idraulica stesa progressivamente lungo la galleria scavata (il csd "*slurrydotto*"), che trasporterà il materiale frantumato dalla testa fresante tramite un fluido di miscela bentonitica.

Dall'imbocco Ovest lo slurrydotto correrà in uno scatolare interrato sotto il sedime portuale fino a raggiungere la calata Concenter, area di deposito temporaneo e di caratterizzazione degli scavi.

A tale scopo l'imboccatura della Calata sarà chiusa con il sistema CombiWall. Il sistema di pali a palancole sarà allineato con la testa delle altre calate esistenti in questo tratto di porto e quindi in posizione arretrata rispetto alla testata dei due moli limitrofi.

Il riempimento del bacino sarà avviato da terra, tramite autocarri, solo dopo il completamento della testata in pali palancolati (Combiwall) - in modo da non diffondere in mare aperto l'intorbidimento dovuto alla immersione in acqua degli inerti da scavo Il materiale di riempimento, anche per il vuoto tra le file del sistema Combiwall con palancole, sarà costituito dai sottoprodotti delle operazioni di scavo di sbancamento all'aperto in area di imbocco San Benigno e dal recupero in End of Waste dei volumi da demolizione.

La capacità del sito è attorno ai 188.000 m3 e, data la sua destinazione "industriale", può ospitare materiali in Tabella A o B ai sensi del D.Lgs 152/2006.

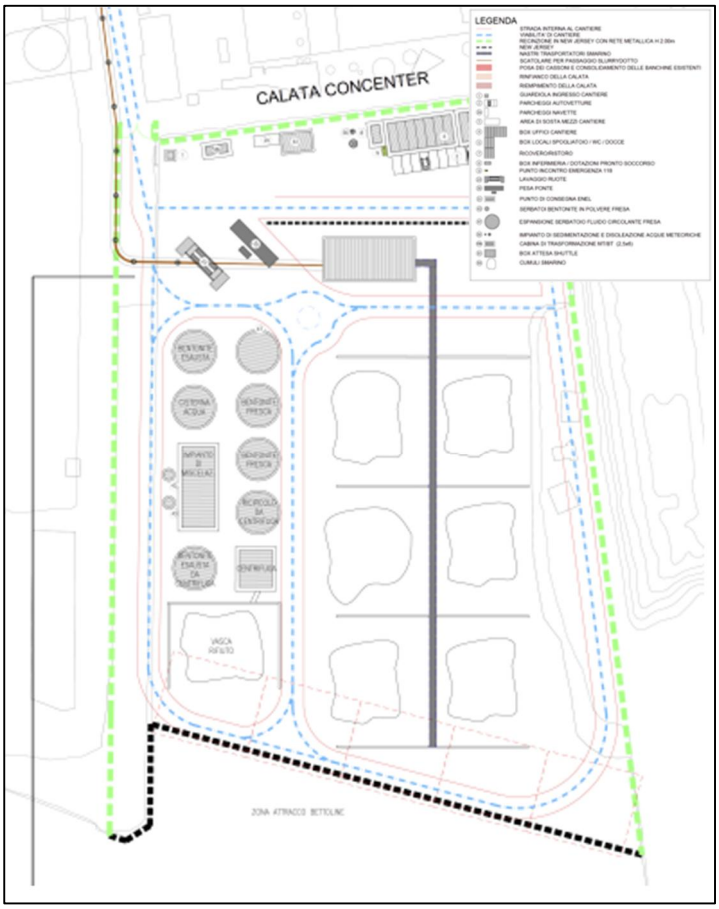


Figura 4-17. Area cantiere operativo e deposito in calata Concenter

Questa calata sarà la prima ad essere realizzata, perché sul suo piazzale dovrà essere al più presto costruito il cantiere a servizio degli scavi delle gallerie principali, con tutta l'impiantistica collegata al separatore degli inerti e al circuito dello slurrydotto. Quando presso il cantiere del pozzo di S.Benigno inizieranno le operazioni per la realizzazione della prima culla a servizio della fresa e il suo successivo montaggio, in questo cantiere si comincerà con l'installazione di tutti gli impianti necessari per il funzionamento della fresa e il trattamento dello smarino in arrivo dal tunnel sub-portuale, attraverso l'impianto di slurrydotto.

Il piazzale ottenuto infatti con il riempimento della calata Concenter sarà adibito a diverse funzioni:

1) ospiterà il "*separatore*" dello slurrydotto, che consentirà di separare il materiale da scavo dal fluido bentonitico che è servito a trasportarlo idraulicamente. Il fluido rientrerà poi in galleria tramite una tubazione che compie il percorso inverso, dalla calata fino all'imbocco del Tunnel, sempre correndo all'interno dello scatolare interrato. La movimentazione idraulica degli scavi consente quindi di

completare il trasporto di tutte le terre, dal fronte di avanzamento fino al deposito provvisorio, senza impegnare nemmeno un autocarro;
2) ospiterà uffici e attrezzature logistiche funzionali al cantiere, con impiantistica dedicata alle lavorazioni e produzioni di conglomerati cementizi e bituminosi;
3) costituirà l'area di caratterizzazione ai sensi del DLgs 152/2006 e DPR 120/2017 dei materiali provenienti dal separatore, raccolti in cumuli che saranno riempiti progressivamente da un nastro trasportatore che corre dal separatore lungo punti determinati del piazzale;
4) costituirà l'area di deposito intermedio dei materiali da scavo caratterizzati, in attesa del trasporto a riutilizzo finale.

Se il materiale sarà caratterizzato con esito positivo, verrà trasportato al sito di riutilizzo, con le seguenti modalità:

1) il materiale destinato al riempimento dell'arco rovescio del Tunnel ed ai riempimenti e riprofilature nell'ambito del progetto sarà movimentato con autocarri, raggiungendo il cantiere di San Benigno tramite la viabilità portuale;
2) il materiale destinato al riempimento dei cassoni della nuova diga foranea ed al tombamento della Calata Bengasi e Calata Giaccone sarà movimentato via terra con autocarri o via mare tramite bettoline, che ormeggeranno lungo la testata e saranno caricate da escavatori. In caso di emergenza (ad es. prolungate condizioni di non navigabilità del tratto di mare tra le calate) la movimentazione verso Bengasi e Giaccone sarà effettuata tramite autocarri, che comunque viaggeranno all'interno del Porto, impegnando esclusivamente la viabilità portuale.

Qualora la caratterizzazione del materiale dia invece esito negativo, il materiale sarà destinato come rifiuto ad impianti autorizzati al recupero o conferito in discarica speciale, con trasporto tramite autocarri.

Il percorso degli autocarri previsti del precedente elenco puntato in generale non interferirà con il traffico cittadino, perché i caselli autostradali e l'imbocco San Benigno saranno raggiungibili direttamente dalle viabilità interne al Porto, senza impegnare il reticolo stradale della città. Inoltre, le uniche quantità che necessiteranno effettivamente di uscire dal cantiere saranno quelle legate al possibile riutilizzo verso le possibili sinergie territoriali, qualora dovessero proporsi come soluzioni alternative certe.

Oltre agli scavi meccanizzati provenienti dalla TBM, sono previsti quantità di materiale sciolto scavato in tradizionale dalle zone di imbocco dai cantieri di S. Madre di Dio e della Foce. Queste quantità verranno movimentate tramite autocarro, privilegiando l'utilizzo anche della viabilità portuale (dal varco di Levante di Via dei Pescatori e dal varco Calata Grazie, che non consentono però un collegamento completo, data l'interruzione nella zona del Porto Antico) per ridurre l'impegno lungo la viabilità cittadina. La destinazione è anche in questo caso la calata Concenter, dove il materiale verrà caratterizzato e destinato al riutilizzo finale.

Inoltre, materiali sciolti provenienti dagli scavi per la realizzazione dell'imbocco Ovest di San Benigno saranno caratterizzati in sito, in relazione alla disponibilità degli spazi, e saranno opportunamente riutilizzati in parte anche per la prima fase di lavorazione, limitando la movimentazione del materiale.

Per i dettagli sui volumi si rimanda al capitolo dedicato nel presente Piano.

Calata Giaccone

L'introduzione del riempimento di calata Giaccone è emersa durante la fase di PAUR, su richiesta di Autorità Portuale. La motivazione è data anche dalla necessità di far disporre, secondo le relative tempistiche, a chi realizzerà la Diga Foranea, di un deposito funzionale alla gestione e trasporto del materiale escavato dal Tunnel.

La realizzazione avverrà nelle medesime modalità previste per la realizzazione di calata Concenter, ed in relazioni alle dimensioni della calata stessa la capacità del sito è prevista attorno ai 750.000 m^3. Anche in questo caso la destinazione d'uso è "industriale" con deposizione di materiali in Tabella A o B ai sensi del D.Lgs 152/2006.

Il sito sarà utilizzato come riempimento e deposito temporaneo dei materiali in attesa di riutilizzo definitivo. Infatti, i materiali di scavo da riutilizzare nell'ambito del Tunnel o destinati in altri interventi potranno essere allocati in cumulo all'interno dell'area.

Allo stesso tempo, visto il carattere provvisorio, è prevista l'impermeabilizzazione di tutto il fondale, per tutelare le caratteristiche ambientali del materiale di riempimento, che a seconda della necessità legata alla realizzazione della Diga Foranea, potrà essere rimosso. Le opere di preparazione al riempimento di questa colmata, fino alla fase di impermeabilizzazione del fondo, saranno eseguite ovviamente nella fase preliminare

delle attività. Si procederà con l'impermeabilizzazione laterale della colmata e, solo successivamente, al suo riempimento. Dai cumuli presenti in area deposito della Concenter, il materiale sarà poi trasportato, tramite autocarri o nastro trasportatore, sul perimetro nord della calata Giaccone.

Infine, al termine delle lavorazioni il materiale di riempimento della calata Giaccone, verrà rimosso con escavatori e mezzi meccanici e avviato ai siti di riutilizzo definitivo. Sarà rimossa anche l'impermeabilizzazione del fondale e il sistema di Combiwall della testata.

Nel caso in cui il Piano Regolatore Portuale – attualmente in fase di revisione – preveda la trasformazione di calata Giaccone a carattere definitivo calata Bengasi non verrà realizzata e calata Giaccone, una volta ritombata, sarà restituita al Porto per l'uso logistico.

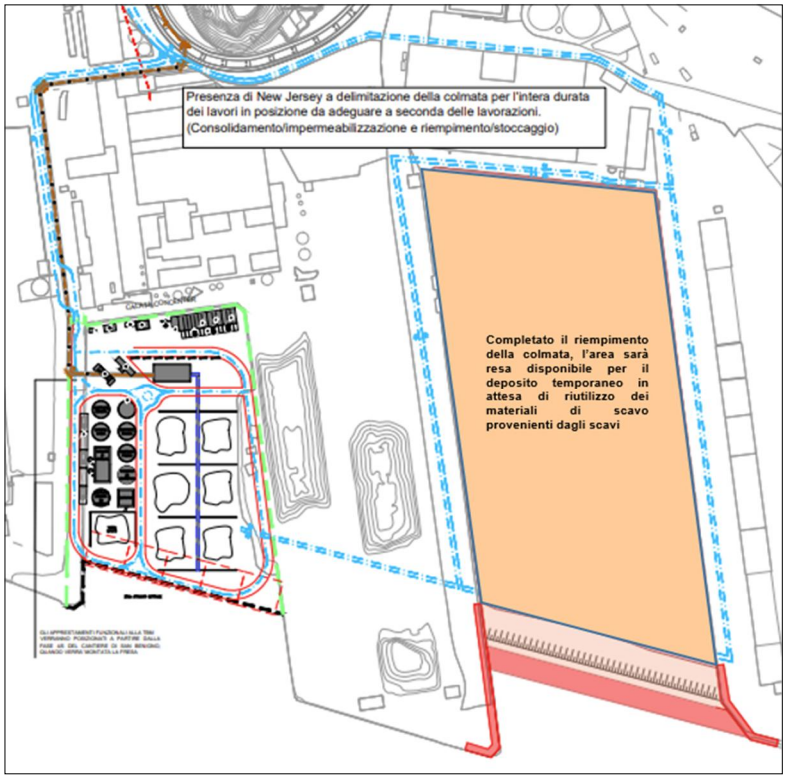


Figura 4-18 Area cantiere operativo e deposito in calata Giaccone

Calata Bengasi

Un ulteriore sito di riutilizzo legato al progetto del Tunnel Subportuale è quello di Calata Bengasi, che, in accordo con le previsioni del Piano Regolatore Portuale, verrà riempita fino alla quota della banchina, in modo da ricavarne uno spazio logistico.

La capacità del sito è attorno ai 770.000 m^3 e, data la sua destinazione "industriale", può ospitare materiali in Tabella A o B ai sensi del D.Lgs 152/2006.

Per realizzare il riempimento, l'imboccatura della calata sarà chiusa con una serie di cassoni cellulari in calcestruzzo, appositamente realizzati in un bacino di carenaggio e poi rimorchiati in sito. Il riempimento avverrà dopo il completamento della testata in cassoni, in modo da non diffondere in mare aperto l'intorbidimento dovuto alla immersione in acqua degli inerti da scavo. Il materiale di riempimento sarà costituito dai sottoprodotti provenienti dalle operazioni di scavo dall'area di San Benigno e dal recupero in End of Waste dei volumi da demolizione, utilizzabile nei cassoni in testata.

In generale il trasporto delle terre da calata Concenter e/o da calata Giaccone a Bengasi avverrà via mare, utilizzando bettoline e pontoni. Ma per situazioni di logistica o di prolungate condizioni di non navigabilità del tratto di mare tra le calate, la movimentazione verso Bengasi sarà effettuata anche tramite autocarri, che comunque viaggeranno all'interno del Porto, impegnando la viabilità portuale.

Il sito potrà essere utilizzato anche come deposito intermedio dei sottoprodotti da scavo e anche come deposito dei materiali da scavo disponibili per i riempimenti della nuova Diga Foranea, gestiti dal diretto Proponente.

I materiali di scavo riutilizzati in sito o destinati in altri interventi saranno allocati in cumuli, suddivisi per tipologia e destinazione con cartellonistica dedicata, all'interno dell'area.

Nel programma di realizzazione del Progetto, Calata Bengasi sarà l'ultima colmata ad essere rintombata completamente, in attesa anche delle decisioni del Piano Regolatore Portuale su calata Giaccone. Se realizzata, al termine dei lavori il piazzale ricavato dal riempimento della Calata sarà restituito al Porto per l'uso logistico.

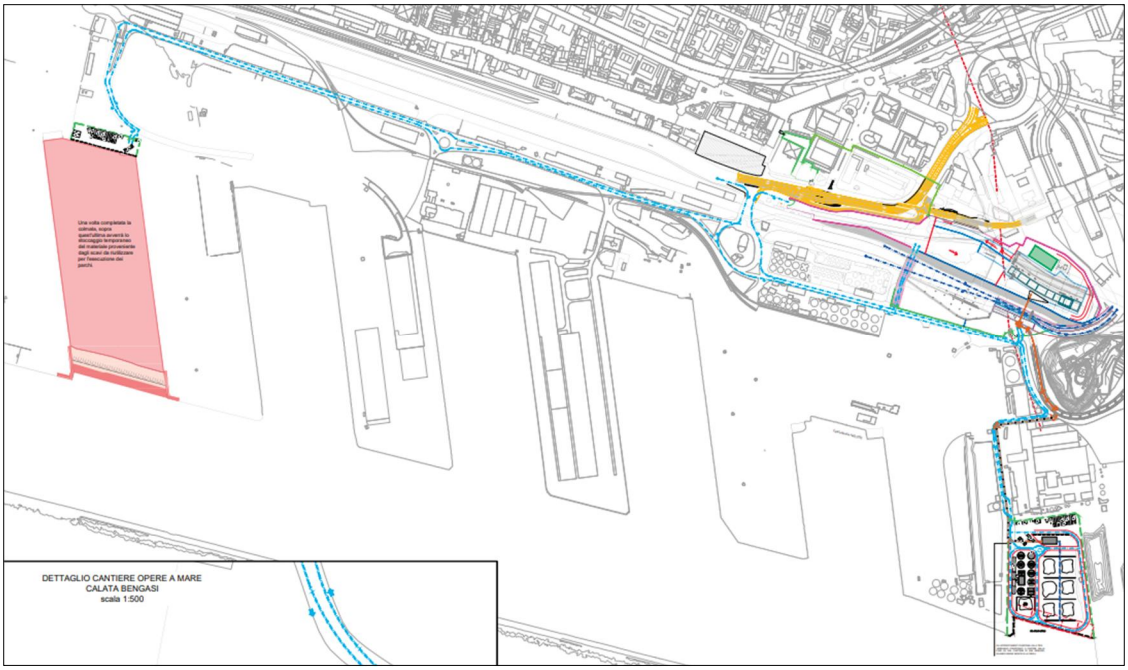


Figura 4-19 Stralcio planimetrico opere a mare, calata Concenter e calata Bengasi

4.3.6 Viabilità di Servizio

Le viabilità di servizio usualmente vengono inserite nei progetti delle opere infrastrutturali per facilitare l'accesso dei mezzi d'opera alle varie aree di lavoro. Di seguito sono descritte le viabilità in fase di cantiere. La seguente figura identifica le viabilità di servizio tra cantieri. Nel Capitolo 9 saranno descritte nel dettaglio le attività di trasporto previste per ciascun cantiere.



Figura 4-20. Inquadramento viabilità tra cantieri

4.3.7 Aree di Deposito Intermedio delle Terre

Ai sensi dell'art. 5 del DPR No. 120 del 2017 nell'ambito delle aree di cantiere sono stati individuati i siti di "deposito intermedio". Si tratta di aree per la deposizione del materiale in attesa della destinazione/utilizzo finale. Nell'ambito del progetto sono previste tre aree di deposito a terra, in corrispondenza delle aree di cantiere "Calata Concenter", "Calata Giaccone" e "Calata Bengasi". A queste è stata aggiunta, in ambito portuale, l'area ex Carbonile: questa nuova superficie, inserita come una modifica sostanziale ai sensi dell'art. 15, comma 2 lett. c) rispetto al Piano approvato in fase di PAUR è individuata per l'indisponibilità provvisoria della calata Concenter nel primo periodo del corso dei lavori. È pertanto una necessità del sistema della cantierizzazione che risulta pressoché inalterato nella sua organizzazione in considerazione della posizione molto prossima rispetto alla Concenter.

Il materiale, all'interno delle aree, sarà depositato in cumuli separati, distinti per natura e provenienza del materiale in area ex Carbonile ed in Calata Concenter, quando disponibile, e per natura e destinazione d'uso in Calata Giaccone e Calata Bengasi. Tutti i cumuli avranno apprestamenti dedicati con adozione di misure identificative e di opportuna segnaletica.

Nella seguente Tabella si riportano le aree di deposito intermedio specificandone l'ubicazione e la superficie da esse occupate.

Tabella 4-1. Aree di Deposito Intermedio

Cantiere	Area	Superficie [m^2]
Calata Concenter	un'area di riempimento definitivo presso la Calata Concenter a Sud del cantiere di S. Benigno	24.000
Calata Bengasi	un'area di colmata presso calata Bengasi, a Sud-Ovest del cantiere di S. Benigno	63.000
Calata Giaccone	un'area di riempimento provvisorio presso calata Giaccone, a Sud-Est del cantiere di S. Benigno	52.000
Area ex Carbonile	Area di deposito temporaneo a supporto delle lavorazioni	22.000

Le aree di deposito saranno realizzate in modo da contenere al minimo gli impatti sulle matrici ambientali, in particolare alle acque dilavanti ed alla dispersione delle polveri. Nella fase costruttiva verranno messi in pratica alcuni accorgimenti.

Sono previste dotazioni e misure idonee a ridurre i disturbi ed i rischi causati dalla produzione di polveri e di materiali trasportati dal vento ed è previsto un sistema di regimazione e convogliamento delle acque superficiali di dilavamento.

In generale, durante la movimentazione e deposito di materiale, è prevista una modalità di agglomerazione della polvere mediante umidificazione del materiale (ad esempio irrorazione controllata) in relazione al carattere comunque temporaneo del deposito in attesa di essere ricollocato.

Per quanto riguarda la gestione delle acque nell'area di deposito intermedio in Ex-Carbonile il sistema è sviluppato in considerazione dell'uso temporaneo della sola superficie. Infatti, l'occupazione dell'area è limitata alla durata massima di 1 anno, per l'esigenza di spazi di solo deposito nella fase intercorsa a causa dell'attesa di intervento e riempimento della calata Concenter. L'area di cantiere è quindi inquadrata secondo i criteri di un cantiere mobile, in quanto costituita da singole e poche lavorazioni, concentrata in tempi relativi soprattutto alle prime fasi.

Quanto di seguito proposto è riferito a soluzioni già adottate in analoghe situazioni su interventi in regione Toscana, gestiti dal medesimo Proponente ed approvati dagli Enti territoriali (Regione e ARPAT).

Il sistema tiene conto dello stato attuale dell'area pavimentata con strato impermeabile in asfalto, delimitata da un muro perimetrale su 3 lati, interrotto da varchi di accesso posti sul lato orientale e meridionale. Il lato occidentale è attualmente aperto verso aree esterne asfaltate ed anch'esse ad uso commerciale svolto da soggetti privati in ambito portuale.

Il sistema prevede in sostanza la realizzazione di superfici filtranti, atti a diminuire il trasporto solido delle acque dilavanti posti lungo tutto il perimetro delle aree di deposito, secondo le disposizioni dei vari varchi di accesso sopra richiamati. Questa duna "filtrante" avrà un'altezza pari a circa 50 cm e sarà è costituita essenzialmente

da materiale drenante raccolto in telo TNT. Le acque di dilavamento dei materiali di scavo in deposito saranno quindi filtrate attraverso questo sistema permettendo il passaggio di acqua non a basso contenuto di solido. Lungo il perimetro aperto sul lato occidentale, dove sarà prevista inoltre una recinzione di separazione sarà poi posto un cordolo impermeabile di altezza pari a circa 15 cm per evitare e comunque minimizzare l'uscita delle acque dilavate verso questa zona esterna. Tale sistema è completato dalla presenza di dossi in calcestruzzo in corrispondenza dei varchi per il passaggio dei mezzi, Si precisa che una volta completato un accumulo in deposito, in relazione ai tempi previsti di attesa, questo potrà mantenuto umido con uso di fog cannon o altri sistemi di irrorazione.

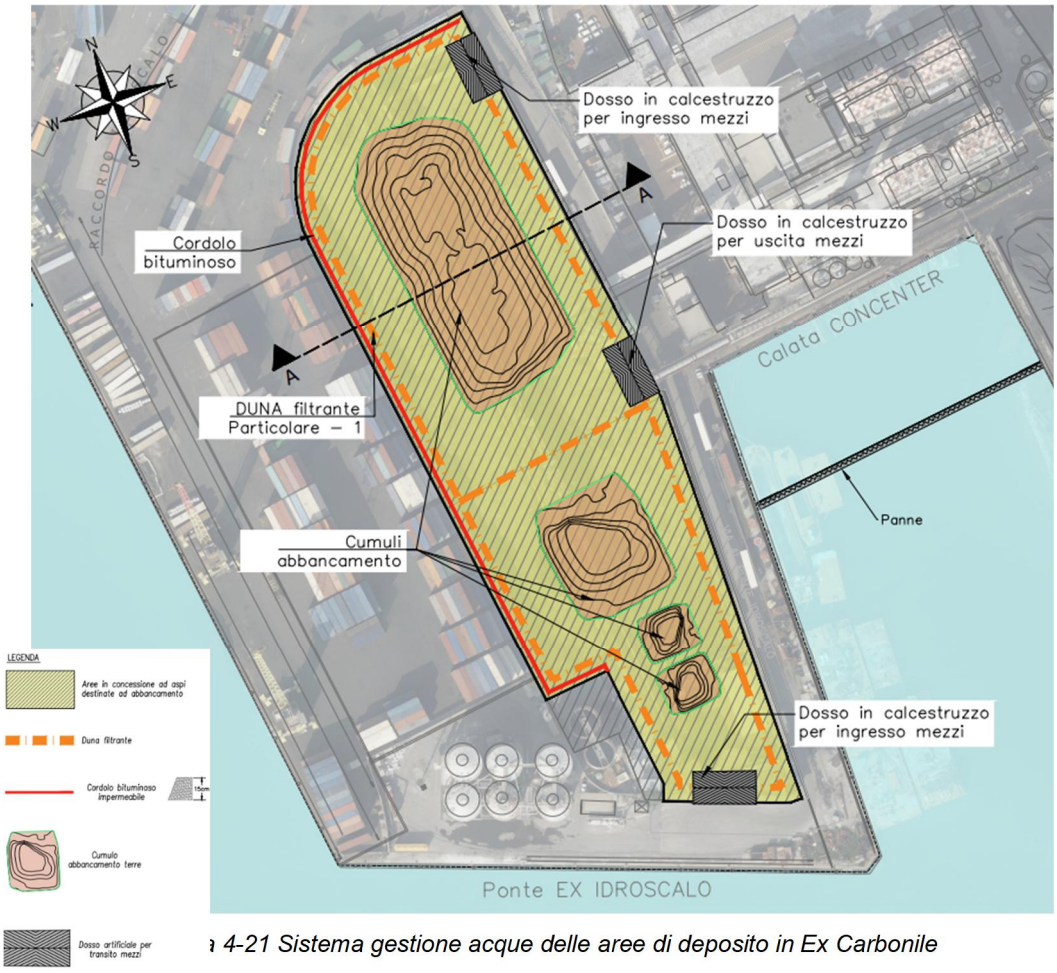


Figura 4-21 Sistema gestione acque delle aree di deposito in Ex Carbonile

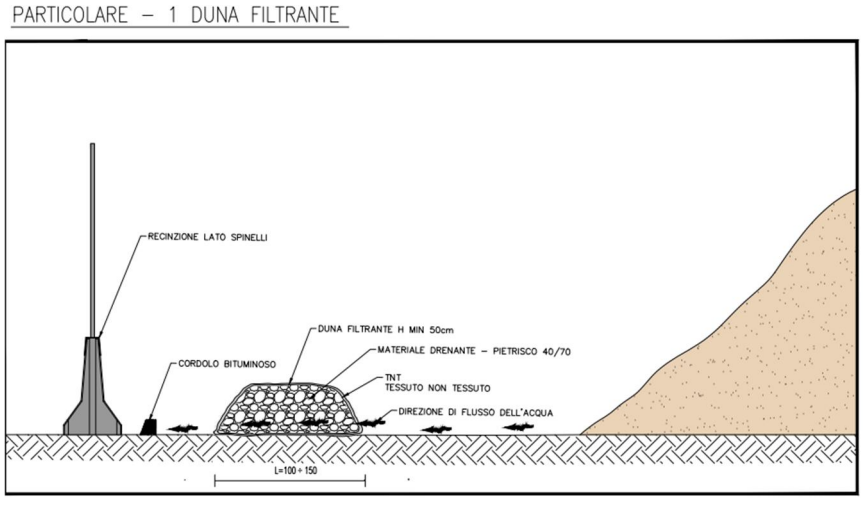


Figura 4-22 Sezione per il dettaglio sulla duna "filtrante"

5 INQUADRAMENTO AMBIENTALE DEL SITO

5.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di intervento è situata nella zona di transizione tra le Argille di Ortovero (Depositi Pliocenici) e l'Unita Tettonica Antola caratterizzata dalla presenza di formazioni del Monte Antola e Argilliti di Montoggio. In particolare, si evidenzia che l'opera in progetto attraversa prevalentemente zone interessata dalla presenza di formazione del Monte Antola (FAN) costituite da torbiditi calcareo-marnose in strati di spessore fino a metro di cacaraniti, marne e marne calcaree alterate ad argilliti di strato fino al centimetro.

Si evidenzia che in allegato al progetto è presentata una Relazione Geologica (cfr. GEO-0001), a cui si rimanda per maggiori dettagli. Tale relazione descriverà gli elementi geologici, geomorfologici e idrogeologici utili a definire i principali aspetti riconducibili alla natura ed alle caratteristiche dei depositi interessati dalle opere a progetto.

L'area portuale ha subito, a partire dal periodo della Seconda guerra mondiale ed in particolare, dal dopoguerra ai giorni attuali, un intenso intervento antropico che ha progressivamente modificato le aree all'interno del porto. Di seguito si riporta una descrizione schematica dei profili e delle sezioni geologico – stratigrafiche per i cui dettagli si rimanda agli elaborati grafici GEO0007, GEO0008, GEO0009, GEO0010, GEO0011 del progetto Definitivo. I profili geologico-stratigrafici in asse alla carreggiata Nord e Sud del tunnel, evidenziano, da Ovest verso Est:

- dalla pk 4.000 alla pk 3.760 ca, la presenza di materiale di riporto in superficie, quindi il substrato roccioso, localmente fratturato, costituito da argilliti attribuibili alla Formazione di Ronco, in contatto tettonico con la formazione del Flysch del Monte Antola, costituito da alternanze di calcari marnosi, marne calcaree ed argilliti;
- dalla pk 3.760 alla pk 3.350 ca, la presenza del substrato roccioso affiorante, localmente fratturato, costituito dalla formazione del Flysch del Monte Antola (alternanze di calcari marnosi prevalenti, marne calcaree ed argilliti in subordine);
- dalla pk 3.350 alla pk 3.075 ca, la presenza di materiale di riporto in superficie (che potrebbe intercettare il cavo del tunnel in calotta), quindi depositi di origine marina costituite da sabbie limose, ghiaiose, argillose, prevalenti e in subordine, lenti di ghiaia, il substrato roccioso (calcari marnosi) è intercettato in zona arco rovescio);
- dalla pk 3.075 alla pk 2.350 ca, a quota tunnel si rileva la presenza di depositi di origine marina costituite da sabbie limose, ghiaiose, argillose, prevalenti e in subordine, lenti di ghiaia, nel settore occidentale della tratta e la presenza dei terreni attribuiti alla Formazione delle Argille di Ortovero, costituite da argille mediamente consistenti, con possibili lenti di argille sabbiose; nel settore centrale, tra le pk 2.530-2.730 ca, si segnala la possibilità di intercettare i depositi marini in calotta;
- dalla pk 2.350 alla pk 2.100 ca, a quota tunnel si rileva la presenza di depositi di origine marina costituite da sabbie limose, ghiaiose, argillose, prevalenti e in subordine, lenti di ghiaia, che intercettano la quota tunnel, quindi una condizione di fronte misto che intercetta sia la Formazione delle Argille di Ortovero che il substrato roccioso (calcari marnosi) del Flysch di Monte Antola;
- dalla pk 2.100 alla pk 700 ca, il tunnel si sviluppa all'interno del substrato roccioso costituito dai calcari marnosi 8con intercalazioni di argilliti) appartenenti alla Formazione dell'Antola, (localmente il substrato potrà essere interessato da una fratturazione più intensa, in particolare nel settore compreso tra le pk 300-1.050 ca);
- dalla pk 300 alla zona di imbocco lato est, il tracciato si è interessato dai terreni di riporto, dai depositi alluvionali antiche e dalle argille della Formazione di Ortovero.

I profili geologico-stratigrafici in asse alle rampe X e Z della Zona San Benigno (ovest) mostrano:

- la rampa X si sviluppa interamente all'interno del Formazione del monte Antola;
- la rampa Z si sviluppa parte all'interno delle argilliti della Formazione di Ronco, in contatto tettonico con la Formazione del Monte Antola.

I profili geologico-stratigrafici in asse alle rampe di Via Madre di Dio si sviluppano entrambe quasi interamente all'interno del Formazione del monte Antola, a meno delle porzioni più superficiali (in corrispondenza delle uscite a quota strada) che interesseranno i depositi marini costituiti da sabbie limose e/o ghiaiose e depositi antropici di riporto.

Le ricostruzioni geologico-stratigrafiche lungo il tracciato del tunnel, complessivamente, rilevano la presenza di un settore centrale interessato dai depositi marini, granulari, a granulometria variabile, poco consistenti, che nella parte centrale potrebbero intercettare la quota di calotta, sovrastanti i depositi argillosi mediamente consistenti appartenenti alla Formazione delle Argille di Ortovero.

Nella zona ad Ovest, il tracciato intercetta il Flysch dell'Antola, lapideo e caratterizzato da buone qualità geomeccaniche. Nella parte ad Est il tracciato interessa esclusivamente il Flysch dell'Antola, lapideo, caratterizzato da buone qualità geomeccaniche, localmente mediocri per la presenza di fratturazione.

Le maggiori produzioni di scavo avverranno dalle opere in sotterraneo. Si prevede che lo scavo meccanizzato lungo il tracciato (lunghezza complessiva di circa 3.400 m), interessi le seguenti litologie:

- formazione dei calcari del Monte Antola, per un tratto complessivo di circa 2.380 ml, pari al 70%;
- formazione delle argille di Ortovero, per circa il 10% della tratta (340m);
- uno strato di sabbia viene intercettato in una porzione minima del tracciato (5%) pari a circa 170m;
- il restante 15% del tracciato (510m) ha una condizione mista con presenza di tutte e tre le formazioni o solo di alcune.

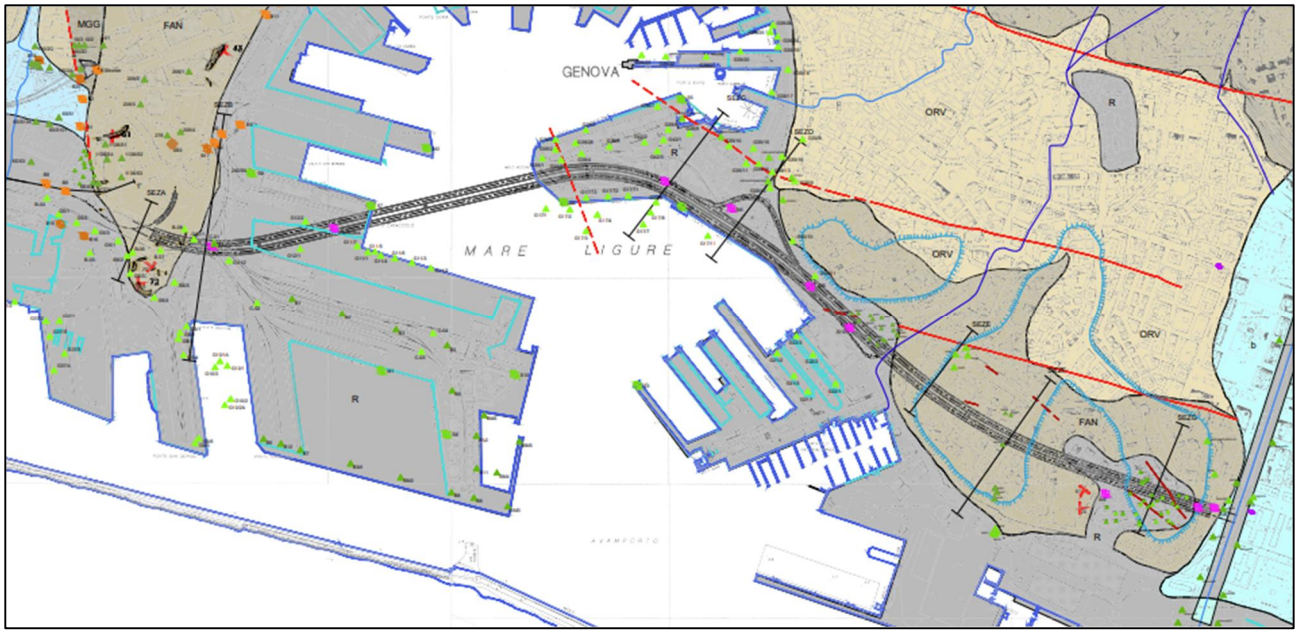


Figura 5-1. *Ubicazione indagini geognostiche su carta geologica*

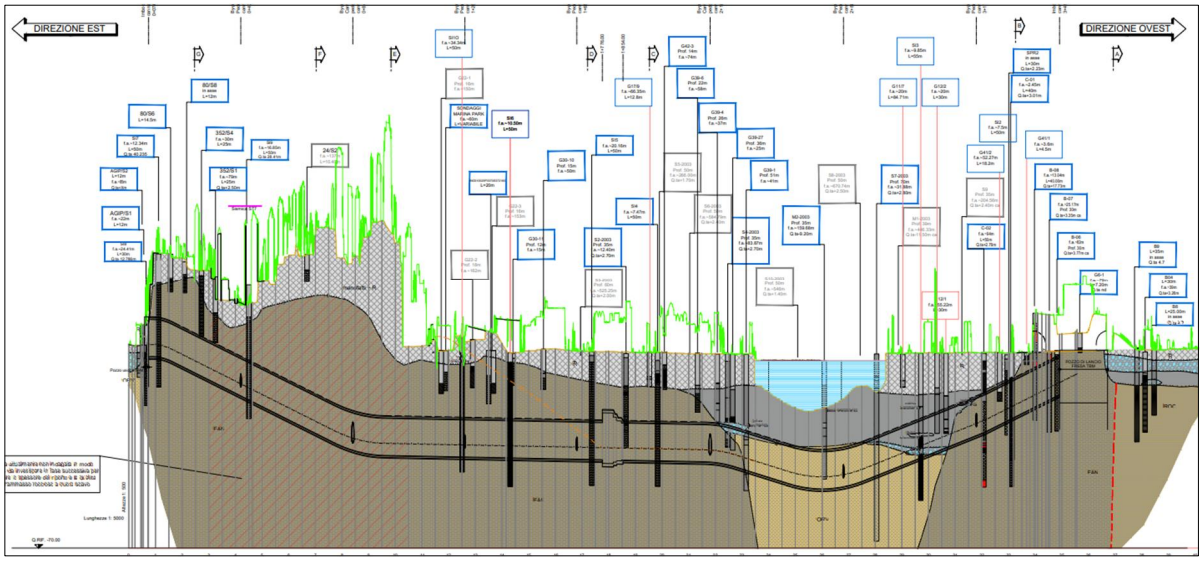


Figura 5-2 Profilo geologico della galleria lungo asse Nord

5.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La morfologia dei fondali nella zona centrale del Golfo di Genova presenta particolari caratteristiche a causa dei due profondi ed estesi canyon sottomarini le cui testate si aprono al limite della piattaforma continentale in corrispondenza delle foci dei torrenti Bisagno e Polcevera; i canyon interessano tutta la scarpata e parte dell'ampio pre-continente sino a 1200 metri di profondità (Fanucci et al., 1974).

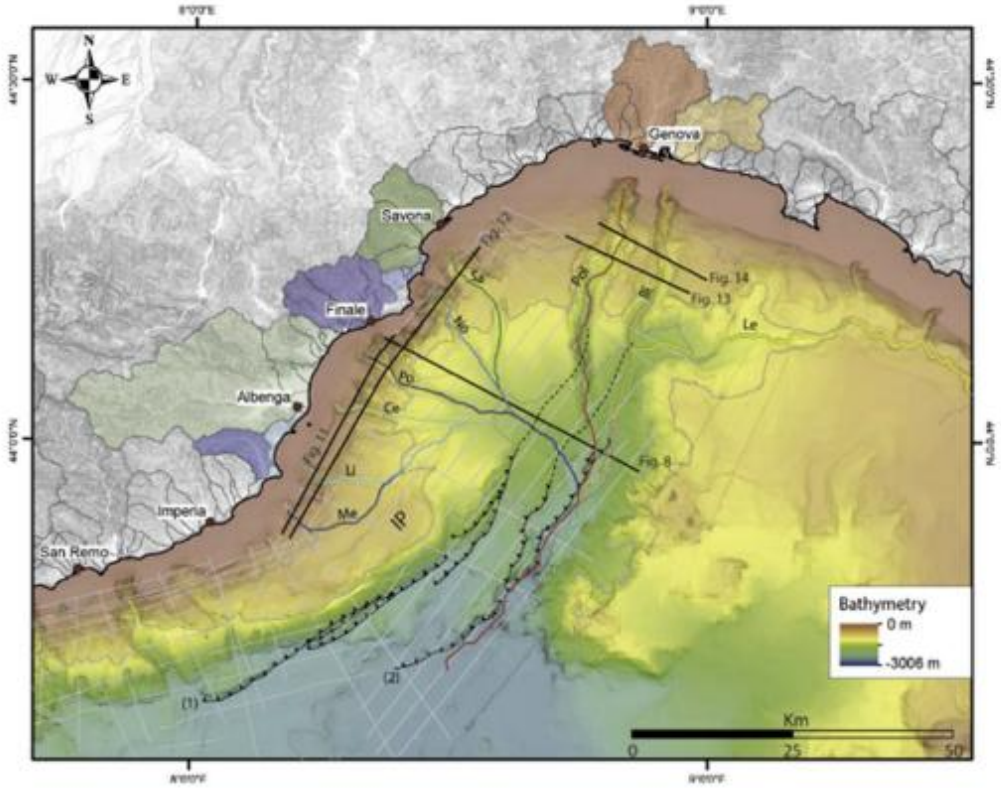


Figura 5-3. Mappa batimetrica del Golfo di Genova con indicazione delle principali strutture tettoniche e dei canyon sottomarini (Soulet et al., 2016)

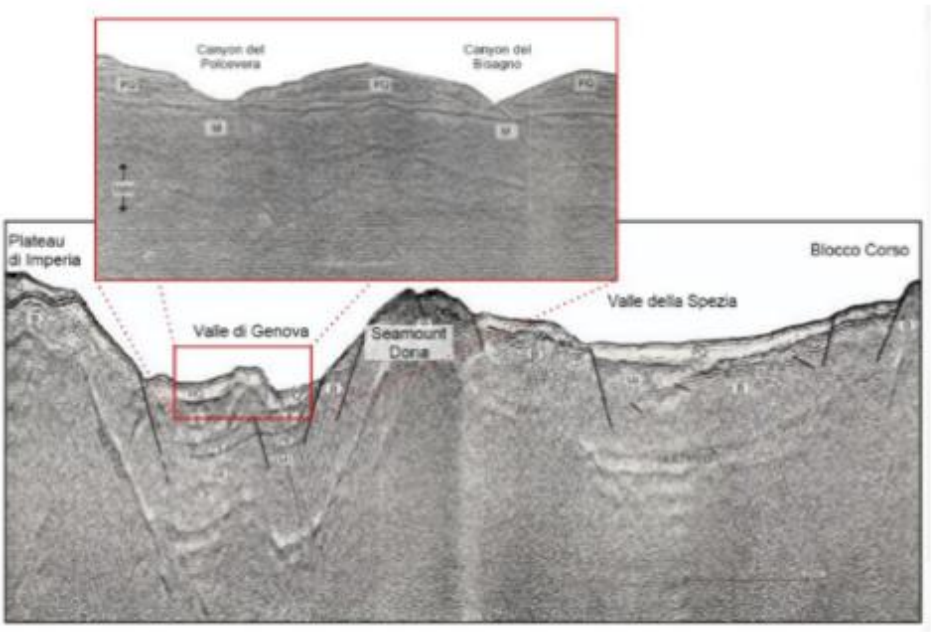


Figura 5-4. Profilo sismico lungo le valli di Genova e La Spezia, particolare sui canyons di Genova

La piattaforma continentale presenta una morfologia piuttosto regolare, originata da successivi episodi di sedimentazione dal Pliocene fino ai giorni nostri. La piattaforma ha il proprio ciglio in corrispondenza delle isobate 100 – 120 m. Sulla base di dati geologici e sismici superficiali si può affermare che la piattaforma litorale antistante l'area urbana genovese risulta prevalentemente costituita da sedimenti accumulatisi nel corso del Plio-quaternario e che abbia subito successivamente, oscillazioni glacio-eustatiche del livello marino, che hanno agito in un contesto dominato, a scala generale, dalla tettonica responsabile del sollevamento della costa e della piattaforma ligure. Per quanto riguarda i canyon della "valle di Genova", la cui testata arriva fino a circa 2,5 km dalla zona del Tunnel Subportuale, l'accumulo sedimentario plio-quaternario è assai ridotto rispetto alle aree adiacenti (i sedimenti sono soltanto parzialmente preservati in quanto i canyons costituiscono solchi di by-pass tra la piattaforma e la parte profonda del Bacino Ligure) e si preserva principalmente sui fianchi dei canyon, dove è soggetto a marcate instabilità gravitative che possono innescare azioni erosive rimontanti anche nelle zone di piattaforma. I versanti dei canyon sembrano corrispondere alla prosecuzione verso la superficie di faglie del substrato profondo, come ipotizzabile dalla distribuzione degli epicentri dei sismi ad intensità bassa e molto bassa e dalle interpretazioni geodinamiche che suggeriscono un'evoluzione dei canyons fortemente controllata dalla tettonica (Soulet et al., 2016; Fanucci et al., 2016). I canyon si collocano infatti in uno stretto settore a direzione media Nord-Sud che costituisce la prosecuzione verso mare della Zona Sestri-Voltaggio ed il sistema di faglie normali parallele alla costa del settore del Levante ligure (Zona di Portofino-Levante, Fanucci & Morelli, 2006). Il Mar Ligure presenta potenze di coltri sedimentarie tutt'altro che costanti. Per quanto riguarda zone ad elevato accumulo possiamo distinguere i cosiddetti Bacini del Golfo di Genova, formanti un'ampia depressione delimitata da seamounts e da plateaux marginali, che si apre a ventaglio verso terra e comunica con la piana abissale tramite il solco centrale del Golfo nel quale convergono i canyons (Polcevera e Bisagno) della "valle sottomarina di Genova". Tali canyons sono soggetti ad intensi fenomeni di erosione subacquea e di trasporto in massa connesso a correnti di torbida oppure a correnti di fondo ad elevata energia e presentano spessori modesti di sedimenti. Nella zona interposta tra i due canyon (Polcevera e del Bisagno), antistante la zona portuale genovese, i sedimenti quaternari si concentrano con maggiori spessori tra Voltri e Genova, assumendo le massime potenze nella parte più interna del Golfo di Genova. Nella parte est dell'area i sedimenti quaternari presentano potenze assai modeste, con la sola eccezione del tratto prospiciente la Foce del Bisagno dove si raggiungono potenze considerevoli.

5.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

I tracciato in esame si inserisce in un anfiteatro naturale in cui lo spartiacque raggiunge la quota massima di ca 500-700 m sul livello medio marino ad una distanza dal mare di poco inferiore a 3 km. I versanti del settore lato mare sono caratterizzati da acclività elevata: valori medi pari all'incirca a 8° - 10°, fino a raggiungere 20° - 25° ca nelle porzioni sommitali in prossimità dello spartiacque, in prossimità della linea di costa i valori scendono a circa 5°. Un ulteriore elemento caratteristico della topografia locale è lo spostamento verso mare della linea di costa, da circa 60 m sino ad oltre 100 m, avvenuto nel corso dei secoli, in seguito all'espansione portuale. Il bacino connesso all'area in esame interessata dal tunnel subportuale ha un'estensione complessiva di poco inferiore ai 10 km^2 e comprende 8 rii o fossati principali a carattere torrentizio, anche se alcuni di essi (ad esempio Rio Sant'Anna e Rio Torbido) mostrano portate annuali solitamente poco significative. Le portate massime in m^3 /s sono indicate nella Tabella di seguito (da Autorità Portuale di Genova, 1999).

Tabella 5-1. Portate massime dei Corsi d'acqua presenti nell'area di progetto

Corso d'acqua	Portata massima (m^3/s)
Fossato di San Bartolomeo	65
Rio san Lazzaro	38
Rio San Teodoro	19
Rio del Lagaccio	140
Rio Sant'Ugo	31
Rio Carbonara San Gerolamo	48
Rio Sant'Anna	32
Rio Torbido	30

La Tabella evidenzia che alcuni rii o fossati possono originare portate assai significative in occasione di precipitazioni intense (es. il fossato di San Bartolomeo-Lagaccio con portate di 140 m^3 /s, responsabile, tra l'altro, dell'allagamento del pozzo di accesso e relativo cantiere di scavo della metropolitana a Principe, durante un trascorso evento alluvionale). Va infine segnalato che i tracciati terminali dei vari rii e fossati risultano

tombati nel tratto terminale urbano. L'andamento del reticolo idrografico è stato pesantemente influenzato dalla tettonica Pliocenico– Quaternaria con lo sviluppo di aste in direzione principalmente Nord – Sud ed Est – Ovest; il generale sollevamento tettonico dell'area ha portato inoltre ad una importante azione erosiva dei corsi d'acqua a discapito dei rilievi, che è stata esacerbata durante l'abbassamento del livello marino durante il periodo delle glaciazioni. I due torrenti principali che delimitano il settore in esame sono il Polcevera ed il Bisagno con sviluppo principale in direzione Nord – Sud per uno sviluppo di circa 22 – 25 km e per una superficie dei bacini imbriferi pari a ca 138 e 93 km^2.

Nell'area in esame sono presenti sostanzialmente due tipologie di complessi idrogeologici degni di rilievo, costituiti dalla formazione calcareo-marnosa del Monte Antola e dai depositi alluvionali attuali-antichi della vallata del Torrente Polcevera ad ovest, del Bisagno ad est e dei torrenti minori.

Gli acquiferi alluvionali principali sono quelli dei torrenti Polcevera e Bisagno con spessori rispettivamente di oltre 60 e di 50 m. L'acquifero del Polcevera poggia sulle Argilliti di Montanesi e sugli Argilloscisti di Murta, mentre quello del Bisagno è basato sui Calcari di monte Antola e, in corrispondenza del settore Foce, a levante, sulle Argille di Ortovero.

Relativamente agli acquiferi alluvionali la circolazione idrica sotterranea è strettamente legata a porosità, forma, estensione e dimensione dei depositi ed alla posizione e continuità di livelli coesivi, che possono compartimentare localmente la falda. Gli apporti idrici sono dovuti sia ad infiltrazione diretta che ad alimentazione di subalveo dei torrenti presenti e la normale direzione del deflusso delle acque segue la direzione dell'asse vallivo.

I sedimenti marini alluvionali sono per lo più costituiti da ghiaie e sabbie, ma sono presenti anche dei livelli limoso-sabbiosi e limoso-argillosi.

Per quanto concerne invece gli acquiferi negli ammassi rocciosi, questi sono dovuti alla permeabilità secondaria per fratturazione e carsismo, dovuti alla storia tettonica dell'area.

La circolazione idrica sotterranea in contesti in cui predomina la permeabilità secondaria (Formazione Monte Antola) è strettamente legata alla fessurazione delle rocce; tale circolazione può variare in relazione ad estensione, densità ed ampiezza delle discontinuità. Le direzioni di deflusso seguono gli andamenti dei sistemi di fratturazione e dei giunti di stratificazione e sono anch'esse condizionate dalla presenza di piani di faglia, strutture complesse, riempimenti di fratture, etc.

Per quanto riguarda le Unità lapidee (Formazione di Ronco, Argilliti di Montoggio, Formazione del Monte Antola) la circolazione idrica sotterranea è prevalentemente limitata alla porzione corticale dell'ammasso roccioso, ovvero alla coltre alterata superficiale, caratterizzata da porosità secondaria più elevata rispetto quella della roccia integra e pertanto da un maggior grado di conducibilità idraulica relativa. Ne consegue una circolazione idrica superficiale, con relativo adattamento della superficie piezometrica alla morfologia del territorio (deflusso secondo le curve di pendenza).

Nella zona di interesse progettuale, data l'estrema vicinanza alla linea di costa, la quota piezometrica riscontrabile all'interno della coltre di depositi alluvionali risulta sicuramente influenzata dal livello medio del mare. Tale livello, comunque, non rappresenta la "falda di progetto" che, comunque, deve essere assunta dai progettisti in funzione delle valutazioni del caso.

La quantità d'acqua immagazzinata nel sottosuolo e la presenza di falde acquifere sono legate, oltre che a fattori esogeni (precipitazioni, assetto morfologico ed orografico) anche a fattori endogeni (caratteristiche di permeabilità delle formazioni di substrato e loro rapporti geometrici – spaziali). L'attuale forma della rete idrografica è senza dubbio dovuta all'andamento in misura varia della stessa rete all'assetto tettonico generale: si può constatare infatti che alle principali linee tettoniche corrispondono le anomalie del reticolo. Nel definire il diverso grado di permeabilità relativa devono essere considerate le diverse caratteristiche litologico-strutturali nonché la presenza o meno di contatti di permeabilità o particolari zone d'impregnazione idrica.

In particolare, sono state individuate 7 Unità idrogeologiche divise in due gruppi riconducibili al tipo di permeabilità (per porosità; per fessurazione e per carsismo) ed in sette classi (3 per porosità e 4 per fratturazione/carsismo). In linea generale gli ammassi rocciosi presenti hanno caratteristiche di permeabilità da medie a basse e la circolazione idrica sotterranea nel substrato roccioso avviene prevalentemente lungo i sistemi di faglie principali.

Nella tabella seguente è riportata la corrispondenza tra le Unità Idrogeologiche e le Unità geologiche ed una indicazione circa il grado di permeabilità delle varie Formazioni; i valori attribuiti alle classi di permeabilità

risultano comunque soggetti a variazioni anche significative in prossimità delle strutture principali (es. faglie, zone tettonizzate).

Tabella 5-2. Indicazione del grado di permeabilità delle varie formazioni geologiche

COMPLESSI IDROGEOLOGICI	LITOTIPI	PERMEABILITA' COMPLESSI	
		k min (m/s)	k max (m/s)
Carsismo	Formazione del Monte Antola (carsificato)	1.0E-06	nd
Fratturazione media	Formazione del Monte Antola (fratturato)	1.6E-08	8.9E-07
	Argilliti di Montoggio		
Fratturazione molto variabile	Formazione di Ronco	6.7E-10	4.9E-06
Porosità medio-alta	Depositi alluvionali, depositi di spiaggia, depositi marini	4.7E-05	6.6E-03
Porosità variabile	Depositi di versante, Argille di Ortovero	3.3E-07	2.1E-05
Porosità variabile	Depositi antropici	nd	nd

È importante comunque sottolineare che all'interno dei calcari marnosi possono essere presenti livelli brecciati, soprattutto in corrispondenza della zona fagliata di contatto con le Argille di Ortovero, nei quali è possibile riscontrare valori più alti di permeabilità.

In generale, in base ad esperienze in analoghi contesti, si è osservato che i litotipi prevalenti in questo settore sono rappresentati dalla Formazione di Monte Antola costituita da calcari e calcari marnosi prevalenti e subordinate marne calcaree ed argilliti.

- Il litotipo calcareo, generalmente fratturato e fessurato, è facilmente aggredibile dagli agenti atmosferici che favoriscono l'allargamento delle fessure e degli interstizi delle rocce da cui deriva una facile alterabilità e quindi una scarsa resistenza all'azione erosiva delle acque di ruscellamento;
- Il litotipo argillitico, generalmente impermeabile o semipermeabile per fratturazione, favorisce per contro il ruscellamento superficiale.

Le litologie a prevalente comportamento calcareo sono state classificate come "permeabili per fratturazione e localmente per carsismo", mentre i litotipi appartenenti alla Formazione di Ronco sono stati considerati, rispetto ad una scala relativa di permeabilità, "semipermeabili per fratturazione".

La formazione di Monte Antola può essere considerata, a grande scala, permeabile per fratturazione e caratterizzata da un grado di carsismo, ove presente, estremamente blando e superficiale.

In presenza di una spiccata disomogeneità litologica i termini calcarei presentano permeabilità variabile in funzione del diverso grado di fratturazione. In caso di fessurazione e fratturazione intensa la permeabilità può risultare localmente elevata ed i circuiti idrici presenti sono fortemente condizionati dall'andamento (orientazione e densità) e dalla persistenza delle discontinuità presenti. Le discontinuità possono però essere cementate o presentare un riempimento di materiale fine, ed in tal caso la permeabilità dell'ammasso si riduce in maniera sensibile.

In base a riferimenti bibliografici al Flysch di Monte Antola viene normalmente attribuita una permeabilità media isotropa variabile fra $1*10^{-6}$–$1*10^{-8}$ m/sec. Gli interstrati argillitici rappresentano materiali a permeabilità estremamente modesta. Costituiscono quindi soglie impermeabili che determinano localmente, a contatto con i calcari, la comparsa di locali emergenze idriche.

Per quanto riguarda i litotipi interessati da fenomeni carsici, il valore della permeabilità massima non è definibile in quanto, in presenza di condotti di dimensioni rilevanti e con continuità laterale, il flusso idrico è paragonabile a quello dei corsi d'acqua superficiali, pertanto, può essere analizzato con i principi dell'idrologia.

Le argille di Ortovero possono essere considerate degli acquicludo a bassissima permeabilità (k dell'ordine di $1*10^{-8}$ - 10^{-10} m/s); al loro interno possono essere presenti livelli di ghiaie e sabbia nei quali il grado di permeabilità è medio-elevato.

I depositi alluvionali e marini sono permeabili per porosità; la permeabilità media dei depositi alluvionali, sulla base di dati reperiti in letteratura, può essere ritenuta con un valore medio dell'ordine di $1*10^{-4}$ m/s.

5.4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Le principali unità litostratigrafiche interessate dall'opera nel suo complesso sono:

- Riporti e riempimento antropico,
- Sedimenti marini – depositi quaternari in alternanza di sabbia limosa, limo sabbioso e limo argilloso,
- Unità di Ortovero, costituita da argille marnose consistenti,
- Unità dei Calcari del Monte Antola.

5.4.1 Riporti

Il riempimento antropico, costituito da materiale di svariata natura e pezzatura, si riscontra sia lungo tutto l'arco cittadino urbanizzato con uno spessore costante variabile tra i 5 e i 15 metri circa, sia al di sotto di tutte le opere marittime fino a raggiungere il fondo del mare. I materiali costituenti i riporti risultano essere di varia natura, dovuta essenzialmente alla diversa origine del materiale stesso, generalmente costituiti da sabbie limose e limi sabbiosi o materiali più grossolani all'interno di una matrice limosa a volte limoso – argillosa.

Dal punto di vista granulometrico i depositi siano caratterizzati da estrema eterogeneità, con una prevalenza della frazione limo-argillosa (40-50 %). Tali depositi sono classificabili come limi e argille di bassa-media plasticità. In base alla natura del materiale di riporto si è stimato un peso di volume naturale pari a 19 kN/m3; il contenuto d'acqua risulta compreso tra il 20 e il 30 %. Sulla base dell'interpretazione delle prove SPT sono stati stimati, in accordo a Skempton (1986) per le sabbie medio-fini ed in accordo a Cubrinowski ed Ishihara (1999) per le sabbie grosse e le ghiaie, valori di densità relativa Dr variabili dal 25 al 70%.

È disponibile il risultato di una prova di permeabilità Lefranc (indagini 2010-2012), che fornisce un valore pari a 2.05x10-5 m/s. In sede del presente progetto si ritiene, sulla base di esperienze pregresse in analogo contesto geologico e in analoga litologia, oltre che dalle risultanze ottenute dalle indagini del PD del Nuovo Galliera, di poter assumere un modulo di Young pari a 15 MPa.

5.4.2 Sedimenti marini-depositi quaternari

La litologia identificata nell'inquadramento geologico come "sedimenti marini - depositi quaternari" risulta costituita da un'alternanza di sabbie limose debolmente addensate, sabbie argillose e argille sabbiose. È stata riscontrata anche la presenza locale di lenti cementate in prossimità della linea di costa, particolarmente nella zona centrale dell'arco portuale, in prossimità della stazione ferroviaria di Principe, che in alcune zone diventa una sabbia argillosa.

Il materiale in esame è costituito da sabbie limose e limi sabbiosi tipicamente mediamente addensati, con presenza occasionale di ghiaia e ciottoli ed è classificabile come argille inorganiche di media plasticità e/o limi inorganici di media compressibilità.

In base alle evidenze delle indagini pregresse, il contenuto d'acqua varia in un range di valori mediamente compreso tra il 15 e il 30 %, mentre il contenuto di fini è generalmente compreso tra il 25 e il 40 %, anche se occasionalmente risulta più elevato, intorno al 90% per la parte più coesiva.

Il peso di volume naturale g varia tra 19 kN/m3 (per la componente più fine e coesiva) e tra 20 e 21m kN/m3 per la componente più grossolana. Si può pertanto ritenere rappresentativo, tenendo in prima considerazione conto di quanto emerso dalle indagini del 2003, ai fini del progetto in esame un peso di volume pari a 19 kN/m3

Per la componente più fine del materiale, le caratteristiche di plasticità (limite liquido LL, limite plastico LP, indice di plasticità IP) sono riportate nella figura seguente e mostrando un LL compreso tra il 25 ed il 40%, un LP compreso tra il 18 ed il 22% e, per differenza, un IP nell'ordine del 7 – 18%.

Sulla base dell'interpretazione delle prove SPT si possono stimare in accordo a Skempton (1986) per le sabbie medio fini ed in accordo a Cubrinowski ed Ishihara (1999) per le sabbie grosse e le ghiaie, valori di densità relativa Dr variabili dal 25 al 50%

Alla luce dei certificati di prova consultati relativamente alle tre campagne di indagini di riferimento ed ai risultati sopra riportati si ritiene, per il progetto in esame e per l'unità dei depositi quaternari, di poter assumere un valore caratteristico della permeabilità compreso nel range 10-5 – 10-6 m/s per le frazioni sabbiose e tra 10-6 e 10-7 m/s per le frazioni caratterizzate dalla presenza dei limi sabbiosi e limi argillosi

Considerato il maggior numero di prove realizzate nella campagna di indagini per la realizzazione della diga foranea si ritiene più significativo fare riferimento ai parametri geotecnici emersi dall'interpretazione di tali prove, che sono di seguito riportati per ognuno dei tre materiali che costituiscono l'unità dei depositi quaternari.

Tabella 5-3. Parametri geotecnici delle Unità dei Depositi Quaternari

Litologia	OCR	S_u (kPa)	c' (kPa)	ϕ' (°)	V_s (m/s)	G_{max} (Mpa)
LA	2	5+2.5z	10	26	90	15
LS	2	15+7z	5	32	110	20
SL	-	-	0	35	200	75

5.4.3 Argille di Ortovero

Dal punto di vista della litologia, la formazione di Ortovero risulta costituita da marne argillose con la presenza di strati di limo argilloso – sabbioso compatto, sovraconsolidato e con la presenza dispersa di livelli sabbioso ghiaiosi.

Con riferimento alla caratterizzazione effettuata nel corso della campagna di indagini 2021, la granulometria che compone la matrice delle argille in esame è composta da limo per il 75 – 80 (%), argilla per il 10 – 15 (%) e fino al 20-25% e sabbia per il 10 (%) , localmente la frazione sabbiosa arriva al 20 – 30 (%) a discapito di quella limosa per la presenza di livelli sabbioso – limosi dispersi.

Il contenuto d'acqua passa dal 35% al 25% passando dalla porzione superiore dell'unità a quella inferiore, più compatta. Inoltre, il limite liquido (LL) varia tra il 45 e il 55%, quello plastico (LP) tra il 26 e il 34%; il valore del contenuto naturale d'acqua (wn) è prossimo al LP e ciò può indicare la presenza di sovraconsolidazione dell'unità. Secondo la carta di plasticità di Casagrande le argille in esame sono classificate come limo/limo argilloso inorganico con un indice di plasticità IP compreso tra il 15 e il 25 %.

Il peso di volume si attesta a valori compresi tra i 19 – 20 kN/m^3.

Per il presente progetto si ritiene di poter assumere una permeabilità di riferimento compresa nel range 10-7 – 10-8 m/s, con il limite superiore rappresentativo dei tratti caratterizzati la presenza di livelli di sabbia limosa.

Il modulo di compressione Mc risulta compreso tra 2 - 7 MPa, mentre quello di ricompressione (Mr) tra 30 – 65 MPa, con valori che crescono proporzionalmente con la profondità.

Il rapporto di compressione CR varia tra 0.14 – 0.145, mentre il rapporto di ricompressione RR è compreso tra 0.01 – 0.016. Il coefficiente di consolidazione verticale cv varia tra 9E-7 (m2 /s) e 1E-6 (m2 /s), mentre il coefficiente di consolidazione secondaria ca vale 0.002/0.0027.

La stima dei parametri di deformabilità è stata condotta confrontando i valori del modulo edometrico derivato da prove PCPT e i valori delle prove edometriche. I valori da PCPT si dispongono in corrispondenza dei valori del modulo derivato dalle prove edometriche, in accordo con il grado di sovraconsolidazione dell'unità, indicando una buona congruenza delle prove. Il modulo di deformabilità che deriva dalle prove citate si può assumere pari 30 MPa per la porzione superficiale dell'unità e pari a 50 MPa per gli strati a profondità maggiore. In questa fase di progettazione preliminare e in attesa della campagna di indagini integrative che sarà di supporto alla successiva fase progettuale, si assume un valore del modulo di deformazione pari a 50 MPa.

5.4.4 Formazione dei calcari del Monte Antola

Si tratta di un calcare compatto con occasionali livelli di argillite calcarea. Diversi metri alla sommità dell'unità stratigrafica risultano alterati e fortemente fratturati. Nel cappellaccio di alterazione sono presenti giunti aperti

con riempimento argilloso. L'ammasso roccioso è caratterizzato dalla presenza diffusa di giunti chiusi con riempimento di calcite.

Ai fini della presente fase di progettazione preliminare si ritiene di poter assumere un valore medio del peso dell'unità di volume pari a 26 kN/m^3 .

Nel caratterizzare, ai fini del presente progetto, la permeabilità dell'ammasso si ritiene di poter assumere un valore medio rappresentativo derivante dalla media dei valori riscontrati nelle due campagne di indagini, compreso nel range 10-6 - 10-7 m/s.

Relativamente alla resistenza a compressione uniassiale, considerata la buona mole di dati a disposizione, si sono raggruppati i dati delle varie campagne di indagine pregresse considerate affidabili al fine di ricavare un valore rappresentativo; in tale modo si ottiene un valore medio della resistenza uniassiale pari a 27 Mpa.

Si ritiene, per la formazione calcarea in esame, di poter assumere i seguenti parametri di caratterizzazione geomeccanica:

- Indice RQD = 67
- Indice GSI = 35
- Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta
  - argilliti sci = 4 MPa
  - calcare alterato sci = 8 MPa
  - calcare compatto sci = 27 - 40 MPa
- Resistenza a trazione (determinazione indiretta da prova brasiliana) sti = 4 MPa
- Modulo di deformabilità (roccia intatta) E = 40 GPa
- Modulo di deformabilità (ammasso roccioso) E = 1 - 2 GP

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei parametri geotecnici caratteristici delle formazioni interessate dalla realizzazione dell'opera in progetto frutto delle analisi dei dati raccolti durante le campagne di indagini pregresse considerate nel presente lavoro:

Tabella 5-4. Sintesi dei parametri geotecnici dei litotipi interessati dal progetto

PARAMETRI DI PROGETTO DA INDAGINI PREGRESSE										
Litologia	γ (kN/m^3)	e_0	OCR	C_u (kPa)	c' (kPa)	ϕ' (°)	UCS (MPa)	E (MPa)	v	k (m/s)
Riempimento antropico	19	-	-	-	0 - 5	30 - 35	-	15 - 30	0,15	10^{-6}
Depositi quaternari LA: limi argillosi SL: sabbie limose	19	-	LA: 2 SL: -	LA: 5+2,5*z SL: 0	LA: 10 SL: 0	LA: 26 SL: 35	-	LA: 10 SL: 40	0.15	10^{-5} - 10^{-6} frazione sabbiosa 10^{-6} - 10^{-7} frazione coesiva
Argille di Ortovero	19.5	0.67	2 - 4 (decrescente con la profondità da P.C.)	250	10 - 15	30	-	40	0.4	10^{-7} - 10^{-8}
Calcari dell'Antola	26	-	-	-	86 - 280	43 - 57	27 - 40	1000 - 2000	0.25	10^{-6} - 10^{-7}

5.4.5 Parametri materiali di riempimento

La parametrizzazione geotecnica dei terreni e degli ammassi rocciosi di progetto, sopra sinteticamente riportata, è necessaria per il dimensionamento delle opere ed è stata effettuata sulla base delle analisi preliminari di carattere geologico e delle indagini geognostiche condotte in sito. Nel seguito si riportano una breve sintesi dei parametri geotecnici necessari per i riempimenti a mare previsti; per eventuali approfondimenti si rimanda alla Relazione Geotecnica e alla Relazione Geologica allegate al progetto; per i maggiori dettagli si rimanda invece alle relazioni di calcolo geotecnico per ciascuna delle opere a mare (ad es rif Calata Concenter, T0887-LL01-PD-OM-M01-OM005-00000-R-APE-0171-02).

In considerazione di quanto sopra, sono stati valutati i seguenti materiali di riempimento da prevedere tra i combi wall e per il terreno costituente la colmata:

- Materiale di riempimento interno ai combi wall e rinfianchi: I riempimenti sono realizzati con tout venant, ottenuti dalle attività di scavo del Tunnel e, in fase di calcolo, si considerano cautelativamente le stesse caratteristiche dei materiali previsti per l'unità terreni antropico precedentemente analizzata.
- Materiale di colmata: come materiale di riempimento si prevede di utilizzare principalmente il materiale di smarino proveniente dalle operazioni di scavo del tunnel mediante TBM (con esclusione del materiale fine residuo dal processo delle filtropresse). Si sono considerati in fase di calcolo una penalizzazione dei parametri geotecnici:
  - γ = 19 kN/m3
  - ϕk = 32°
  - c' = 0 kPa
  - Eop = 30 MPa
  - v' = 0.25

5.5 USO SUOLO

Per l'analisi dell'uso del suolo dell'ambito territoriale interessato dal progetto è stata ripresa la "Carta dell'uso del suolo – edizione 2019" in scala 1:10.000 elaborata dalla Regione Liguria. L'analisi della cartografia è svolta in rapporto all'intervento in progetto, i cantieri e le relative aree previste in esproprio. Per il dettaglio si rimanda alla carta dell'uso del suolo riportata in allegato al presente Piano. Di seguito si riporti lo stralcio della sovrapposizione nella parte orientale di intervento.

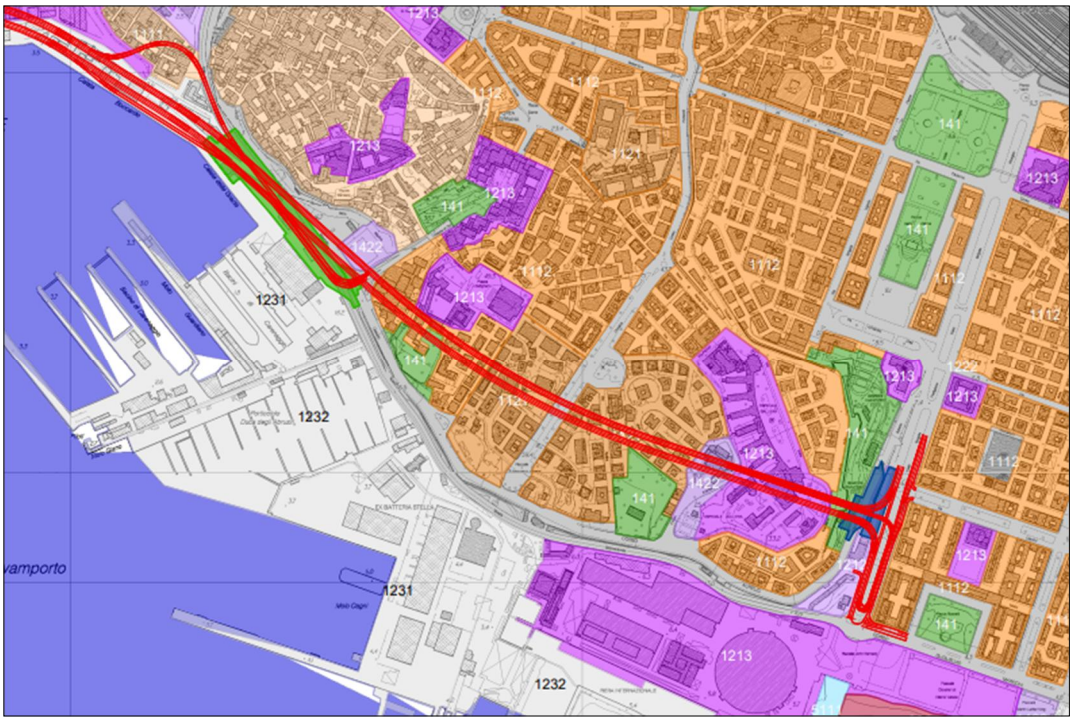


Figura 5-5 Stralcio planimetrico della carta dell'uso del suolo, nelle zone di levante dell'intervento

Dall'analisi della carta dell'uso suolo, partendo dall'imbocco Ovest, risulta che il tracciato dell'opera a progetto interessa:

- aree portuali commerciali e militari atte alla pesca (1.2.3.1);
- aree occupate da grandi impianti di servizi pubblici, militari e privati (ospedali ecc.) (1.2.1.3);
- tessuto urbano residenziali continuo e denso (1.1.1.1);
- superstrade, grandi arterie di viabilità e spazi accessori (1.2.2.2);
- aree sportive (1.4.2.2);
- aree verdi urbane (1.4.1);
- aree commerciali (1.2.1.2).

Nel dettaglio si evidenzia che la maggior parte dell'opera sarà sotterranea e le parti dell'opera che interessano direttamente il suolo sono:

- l'imbocco di S. Benigno che ricade in aree portuali commerciali e militari atte alla pesca (1.2.3.1);
- lo svincolo di Madre di Dio che interessa:
- aree portuali commerciali e militari atte alla pesca (1.2.3.1),
- aree occupate da grandi impianti di servizi pubblici, militari e privati (ospedali ecc.) (1.2.1.3),
- tessuto urbano residenziali continuo e denso (1.1.1.1);
- l'imbocco di Viale Brigate Partigiane che interessa:
- aree verdi urbane (1.4.1),
- aree commerciali (1.2.1.2),
- superstrade, grandi arterie di viabilità e spazi accessori (1.2.2.2).

5.6 SITI OGGETTO DI BONIFICA

Per quanto riguarda l'interferenza tra le opere di progetto e i siti oggetto di Bonifica, è stato consultato lo Schema di aggiornamento 2021-2026 del Piano regionale di Gestione dei Rifiuti e delle Bonifiche, adottato con Deliberazione No. 1134 del 10 Dicembre 2021 della Giunta Regionale Liguria, che risulta attualmente in fase di consultazione della procedura di VAS. Il Piano contiene indirizzi e strategie per gestire i rifiuti urbani, i rifiuti speciali e le operazioni di bonifica, indicando le modalità per una evoluzione complessiva del sistema ligure verso ed oltre gli obiettivi previsti a livello comunitario e nazionale.

Per quanto riguarda l'interferenza tra le opere di progetto e i siti oggetto di bonifica, si è fatto riferimento all'allegato 2 "Elenco dei siti oggetto di bonifica e ripristino ambientale" della Proposta aggiornamento 2021-2026. In esso si evidenzia che l'area sotto la Lanterna, nella quale è prevista l'installazione dell'area di cantiere del nodo di San Benigno, interessa il sito Ex Centrale Termoelettrica ENEL di Genova Sampierdarena – Genova (Codice GE166) nel quale sono stati effettuati interventi di bonifica e ripristino ambientale (si veda la Figura Allegata 5.2). Come riportato nella scheda del sito, le sostanze rilevate in tale area sono l'antimonio, afferiscono all'Area Ex-Carbonile, gli idrocarburi pesanti (C>12), afferenti all'area dell'impianto ed il Mercurio. L'area ha ottenuto la certificazione di avvenuta bonifica e rispristino ambientale in data 16 Dicembre 2021. Considerando che le attività di cantiere previste in prossimità del Sito EX Enel interessano un'area comunque già bonificata non si ravvisano elementi di contrasto fra le Norme e le attività di progetto, pur essendo tale area presente nell'elenco dei siti regionali. In ogni caso si specifica che le attività di cantiere in tale sito non prevedono la realizzazione di scavi ma solo la presenza di movimentazione mezzi, materiali, equipment.



Figura 5-6 Stralcio planimetrico sui siti contaminati

Come si evince dalla tavola planimetrica di dettaglio presente in Allegato al Piano, in cui sono visibili i siti oggetto di Bonifica, in prossimità dell'opera a progetto sono presenti i seguenti:

1) i siti in anagrafe oggetto di bonifica o messa in sicurezza permanente:

a) Ex Centrale ENEL Via all'ex Idroscalo (GE166) a circa 100 m dall'imbocco Ovest dell'imbocco Ovest del Tunnel,
b) Nuovo Waterfront di Levante – Genova (GE168) a circa 200 m a Sud dall'imbocco di Levante del Tunnel,
c) ENI Deposito Costiero Calata Oli Minerali – Genova (GE020A) a circa 300 m a Sud dal tracciato del Tunnel,
d) Sversamento combustibile Corso Podestà 9 - 9A (GE125) a circa 400 m a Nord dal tracciato del Tunnel,
e) ESSO Deposito Costiero Calata Canzio – Genova (GE020B) a circa 440 m a Sud dal tracciato del Tunnel,
f) PV Q8 Kuwait 0004 Lungomare Canepa 2R – Genova (GE112) a circa 460 m ad Ovest dell'imbocco Ovest del Tunnel,
g) PV Ex Eni No. 1105 AdS Lanterna Est – Genova (GE139) a circa 550 m a Nord dell'accesso Ovest del Tunnel;

2) Siti con analisi di rischio approvata:
a) P.V. API n.40789 – Via Ruffini, 66/ (D053) a circa 150 m a Sud dal tracciato del Tunnel,
b) Sversamento gasolio presso Via Ravasco (F003) a circa 100 m a Nord dal tracciato del Tunnel,
c) Promontorio di S. Benigno - Genova (B346) a circa 300 m a Nord dal tracciato del Tunnel.

Il tracciato delle opere a progetto non interessa direttamente siti oggetto di bonifica, in considerazione anche delle precisazioni, come di seguito riportate, sulla nuova area ex Carbonile (rif GE166) e degli ulteriori approfondimenti richiesti sulla perimetrazione del punto vendita carburanti (rif GE112)

Di seguito si riporta un quadro di sintesi di alcuni siti sopra in elenco:

Ex Centrale ENEL Via all'ex Idroscalo - Genova Sampierdarena

Il perimetro del sito si sovrappone con il sistema di cantierizzazione previsto per l'eventuale riutilizzo nelle calate a mare dello smarino prodotto durante gli scavi. Sebbene l'inserimento in anagrafe risulti recente (dicembre 2021), l'area è stata interessata da un procedimento di bonifica per cui ne è stata anche certificata la chiusura. Allo stesso tempo si segnala che le lavorazioni di apprestamento e di gestione del cantiere non interferiscono con le matrici ambientali che sono state interessate dalla procedura.

1a	
Codice regionale di identificazione del sito	GE166
Denominazione del sito	Ex Centrale ENEL Via all'ex Idroscalo - Genova Sampierdarena
Comune	Genova (GE)
Tipologia attivita'	Industriale
Tipo di attivita' svolta sul sito	Dismessa
Matrici contaminate	Acque sotterranee, suolo
Sostanze inquinanti	Antimonio, tricloroetilene, arsenico, tetracloretilene, idrocarburi pesanti c>12, cloruro di vinile, sommatoria organoalogenati, mercurio
Data inserimento in Anagrafe	2021-12-09
Iter procedurale	Certificazione di avvenuta bonifica e ripristino ambientale (D.Lgs 152/06)

Una porzione di questa superficie, denominata ex Carbonile**,** è stata individuata **c**ome indicato in premessa, come area di cantiere e deposito intermedio, in attesa della disponibilità della calata Concenter. L'area è posta **ad ovest** e prossima alla calata stessa; è stata quindi inserita come modifica sostanziale ai sensi dell'art.15, comma 2, lett. c). A**d oggi l'area risulta pavimentata ed è limitata da un muro perimetrale di confinamento sui lati lungo banchina.**

Per quanto richiesto da Regione Liguria, Settore VIA, e da ARPAL (rif nota 713/2024) si segnala che l'area dell'ex carbonile è stata sottoposta in una parte ad un intervento di bonifica approvato dal Comune di Genova con Determina Dirigenziale n. 79/2020; al termine dell'esecuzione della bonifica è stata emessa la Certificazione di avvenuta bonifica con Atto della Città Metropolitana di Genova 2670/2021 del 16/12/2021.

Per la restante area del carbonile, sulla base delle valutazioni emerse in Conferenza dei Servizi degli Enti competenti, è stata approvata con Determina Dirigenziale del Comune di Genova n.79/2019 un'analisi di rischio elaborata dal Proponente ENEL Produzioni S.p.A,. Sulla base delle risultanze dell'Analisi di Rischio, nel 2020 con DD del Comune di Genova 49/2020, sono state richieste ulteriori integrazioni, tra cui la bonifica con asportazione del materiale contaminato da Antimonio rilevato in modo puntuale come soluzione di messa in sicurezza. Le attività sono state svolte con la verifica di fondo scavo e pareti con gli enti per la verifica ed il rispetto dei limiti delle CSR sito-specificata individuata. Si segnala poi che le attività svolte in sito hanno comportato il riutilizzo di terre e rocce da scavo come sottoprodotti al fine di riportare il piano campagna in linea al contesto portuale come da configurazione attuale. Il riempimento effettuato è stato poi completato con la pavimentazione e la stesa di asfalto che di fatto rendono impermeabile la superficie dell'intera area. La superficie è ad oggi interessata da una rete piezometrica che è stata sinora utilizzata ai fini del monitoraggio di seguito richiamato. Gli esiti delle attività integrative, richieste dagli Enti sul monitoraggio sulle acque, hanno comportato nel 2022 il proseguimento delle campagne di misura in falda per un ulteriore biennio (Determina Dirigenziale del Comune di Genova n.79/2022). Questa attività risulta essere ancora in corso a carico di Enel Produzioni S.p.A., sebbene le aree siano state definitivamente consegnate nel 2021 alla proprietà portuale, L'attività di misura in falda è stata conclusa nel periodo autunnale del 2024. A valle di queste attività sarà a carico del soggetto interessato dalla procedura emettere la relazione tecnico illustrativa a conclusione delle attività, dovrebbe essere emessa da parte di Enel Produzioni S.p.A. in conformità alle prescrizioni ricevute (in particolare la n° 11) per il termine dei lavori.

Le attività previste ad uso deposito riguardano unicamente la superficie senza prevedere alcun tipo di scavo e altro tipo di lavorazioni invasiva, che possa interessare la falda sottostante, modificare le risultanze dell'Analisi di rischio e modificare l'impermeabilizzazione della pavimentazione oggi presente.

Nuovo Waterfront di Levante - Genova

L'ultimo sito risulta essere prossimo ma non interferente ed è presente nella zona di Levante, nei pressi della foce del Bisagno. Il sito è stato recentemente inserito in anagrafe regionale (dicembre 2021) ed è stato individuato durante i lavori di realizzazione del nuovo Waterfront nell'area dell'ex Fiera di Genova.

1b	
Codice regionale di identificazione del sito	GE168
Denominazione del sito	Nuovo Waterfront di Levante - Genova
Comune	Genova (GE)
Tipologia attivita'	Altro
Tipo di attivita' svolta sul sito	Dismessa
Matrici contaminate	Acque sotterranee, sottosuolo
Sostanze inquinanti	Cloroformio, nichel, solfati (mg/l), cromo vi, piombo, mercurio, antimonio, rame, cloruro di vinile, ferro, benzene, alluminio, tetracloroetilene, cadmio, benzo(a)pirene, manganese, benzo (g, h, i) perilene
Data inserimento in Anagrafe	2021-12-09
Iter procedurale	Istruttoria ai sensi del D.Lgs 152/06-Approvazione del progetto operativo degli interventi di bonifica, messa in sicurezza operativa o permanente

ENI Deposito Costiero Calata Oli Minerali - Genova

Tra le banchine portuale ad uso industriale, insistono su calata Olii minerali 2 siti a gestione di liquidi infiammabili (solventi, di natura petroliferi ecc): sono i 2 depositi costieri di ENI e ESSO. Nessuno dei 2 siti viene interessato dalle lavorazioni di cantiere in progetto

1c	
Codice regionale di identificazione del sito	GE020A
Denominazione del sito	ENI Deposito Costiero Calata Oli Minerali - Genova
Comune	Genova (GE)

Tipologia attivita'	Industriale
Tipo di attivita' svolta sul sito	Attiva
Matrici contaminate	Suolo, acque sotterranee
Sostanze inquinanti	Dibenzo(ae)pirene, piombo, crisene, nichel, idrocarburi leggeri c<12, benzo(a)antracene, arsenico, benzo(k)fluorantene, triclorometano, tetracloroetilene (pce), para-xilene, manganese, benzo(a)pirene, dibenzo(ah)antracene, n-esano, indeno (1,2,3 - c, d) pirene, idrocarburi pesanti c>12, benzo(b)fluorantene, benzo(ghi)perilene, ferro, etilbenzene, benzene, pirene, cromo totale
Data inserimento in Anagrafe	2015-06-19
Iter procedurale	Istruttoria progetto ai sensi del D.Lgs 152/06- Presentazione agli enti preposti dell'Analisi di Rischi

ESSO Deposito Costiero Calata Canzio - Genova

1e	
Codice regionale di identificazione del sito	GE020B
Denominazione del sito	ESSO Deposito Costiero Calata Canzio - Genova
Comune	Genova (GE)
Tipologia attivita'	Industriale
Tipo di attivita' svolta sul sito	Attiva
Matrici contaminate	Suolo, acque sotterranee
Sostanze inquinanti	1,2,3-tricloropropano, 1,1,2-tricloroetano, ferro, n-esano, idrocarburi pesanti c>12, clorometano, piombo, manganese, idrocarburi leggeri c<12, 1,1,1,2-tetracloroetano, triclorometano, nichel, arsenico, 1,2-dicloropropano
Data inserimento in Anagrafe	2015-06-19
Iter procedurale	Approvazione piano di caratterizzazione

PV Q8 Kuwait 0004 Lungomare Canepa 2R

Il sito è ubicato in Lungomare Canepa ed è riferito alla presenza di un punto vendita carburante. L'area, pur essendo adiacente, non interferisce con attività riferite alla realizzazione del progetto.

1f	
Codice regionale di identificazione del sito	GE112
Denominazione del sito	PV Q8 Kuwait 0004 Lungomare Canepa 2R - Genova
Comune	Genova (GE)
Tipologia attivita'	Commerciale
Tipo di attivita' svolta sul sito	Attiva
Matrici contaminate	Acque sotterranee, sottosuolo
Sostanze inquinanti	Xilene, etilbenzene, idrocarburi leggeri c<12, benzene, idrocarburi pesanti c>12, stirene, toluene
Data inserimento in Anagrafe	2012-12-28
Iter procedurale	Istruttoria ai sensi del D.Lgs 152/06-Approvazione del progetto operativo degli interventi di bonifica, messa in sicurezza operativa o permanente

Si precisa che in fase di verifica preliminare ambientale sulla modifica per la realizzazione del Rio S. Bartolomeo è stata confermata la non interferenza del sito con le lavorazioni: l'approfondimento richiesto in fase di integrazione e di istruttoria relativamente alla riperimetrazione del sito riferita nel corso del confronto con l'Ufficio Bonifiche del Comune risalente al Marzo 2023 (pratica di bonifica 222 BF Bonifica P.V. Q8 N. 0004 di Lungomare Canepa 2/R) ha evidenziato che il perimetro dell'Area Concessione Kuwait (49/04) risulta al di fuori delle aree del tracciato dello scolmatore; relativamente al tema della interferenza delle aree del tracciato dello scolmatore con il perimetro amministrativo del suddetto sito si rileva che c'è una sostanziale invarianza rispetto alla situazione pregressa e a quanto approvato in PAUR.

5.7 AZIENDE A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE

In accordo con gli adempimenti previsti dall'art. 5, comma 3 del D.Lgs. 105/2015 (Recepimento Direttiva 2012/18/UE "Seveso Ter") l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca ambientale (ISPRA) ha predisposto, in base agli indirizzi e con il coordinamento del Ministero della Transizione Ecologica (MiTE), l'Inventario degli stabilimenti suscettibili di causare incidenti rilevanti e degli esiti di valutazione dei rapporti di sicurezza e delle ispezioni. L'inventario contiene i dati relativi agli stabilimenti, comunicati dai gestori con le notifiche nonché forniti dalle amministrazioni competenti.

La notifica è solitamente trasmessa alle amministrazioni competenti dal gestore di uno stabilimento soggetto agli adempimenti previsti dal D.Lgs. 105/2015, connesso direttamente con l'inventario, predisposto dall'ISPRA. Le informazioni contenute nella notifica, redatta secondo il modulo riportato nell'allegato 5 al Decreto, sono organizzate in sezioni ed alcune sono messe permanentemente a disposizione del pubblico ed aggiornate in tempo reale, dopo esser validate dall'ISPRA.

Sono stati consultati il portale cartografico della Regione Liguria (http://srvcarto.regione.liguria.it/geoviewer2/pages/apps/geoportale/index.html?id=913), nonché il sito del Comune di Genova, coordinato dalla Protezione Civile (https://smart.comune.genova.it/documenti/industrie-rischio-schede-degli-stabilimenti).

Dalla verifica sul sito ministeriale dove sono elencati 13 aziende all'interno del comune di Genova, sono risultate presenti nel territorio di interesse, in ambito portuale, 5 aziende a rischio di incidente rilevante, ma nessuna di queste è interferita in nessun modo dalle lavorazioni di realizzazione. Sono attività di deposito di combustibili o solventi, tranne un caso che risulta essere invece un sito di stoccaggio e trattamento rifiuti.



Figura 5-7. Stralcio planimetrico su mappa con ubicazione delle aziende ad incidente rilevante

5.8 DESTINAZIONE URBANISTICA DELLE AREE DI INTERESSE

Di seguito si riporta la zonizzazione urbanistica del PUC di Genova per quanto riguarda le aree interessate dal Tunnel subportuale partendo dall'imbocco Ovest dell'area di S. Benigno (in allegato al Piano sono state riportate le tavole planimetriche):

- Imbocco S. Benigno e strade di collegamento a progetto tra il tunnel e la viabilità esistente e Parco della Lanterna:
- aree indicate come ambito portuale,
- viabilità principale di previsione (SIS-I) costituita dal nodo infrastrutturale 12 "San Benigno". Secondo le Norme di piano per tale area sono previste "connessioni della barriera autostradale di GE-Ovest con il Varco Portuale di San Benigno, con Lungomare Canepa e la Sopraelevata A. Moro, nonché con le viabilità urbane esistenti e di progetto, da svilupparsi in coerenza con il progetto definitivo che la Società Autostrade per l'Italia, d'intesa con A.N.A.S., ha redatto per realizzare il "Nodo di San Benigno" quale opera necessaria e funzionale al riassetto del Nodo stradale e autostradale di Genova (art. SIS-I-6 Nodo stradale ed autostradale di Genova - Nodo di San Benigno)",
- aree indicate come ambito di conservazione dell'impianto urbano storico in corrispondenza della zona della Lanterna;
- tracciato sotterraneo del tunnel subportuale:
- conservazione dell'impianto urbano storico (AC-US) in corrispondenza della Lanterna di Genova, di alcuni edifici nel quartiere di Carignano e le mura delle Cappuccine,
- l'asse di relazione città porto da concertare con intesa L. 84/94,
- viabilità principale di previsione (SIS-I) 13 Centro storico,
- viabilità principale esistente (SIS-I),
- ambito di conservazione del centro storico urbano (AC-CS),
- servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici (SIS-S),
- Ambito di conservazione dell'impianto urbanistico (AC-IU),
- Ambito di conservazione del verde urbano strutturato (AC-VU),
- Servizi pubblici territoriali e di quartier di valore storico e paesaggistico (SIS-S),
- Ambito di riqualificazione urbanistica-residenziale (AR-UR) sfiorato dal tracciato sotterraneo del tunnel nel quartiere di Carignano,
- Svincolo Via Madre di Dio:
- viabilità principale di previsione (SIS-I) 13 Centro storico. Tale nodo infrastrutturale prevede "nuove connessioni tra la sopraelevata A. Moro, via Madre di Dio, la viabilità portuale";
- viabilità principale esistente (SIS-I) costituita dalla Sopraelevata Aldo Moro,
- ambito di conservazione del centro storico urbano (AC-CS),
- Imbocco Viale Brigate Partigiane e strade di collegamento a progetto tra il tunnel e la viabilità esistente:
- viabilità principale esistente (SIS-I) costituita da Viale Brigate Partigiane e ricadente parzialmente nel nodo 14 Foce per il quale si prevede una "nuova rotatoria e miglioramento delle connessioni tra la viabilità urbana, la sopraelevata A Moro e l'area della Fiera. Distretto n. 20 "Fiera - Kennedy",
- Trasporto pubblico in sede propria di previsione.

Si ricorda infine che l'opera a progetto è già prevista ed inserita all'interno della cartografia di Piano con efficacia propositiva con il tematismo SIS-I "viabilità principale di previsione", nodo 21 Tunnel subportuale.

Nella Figura 5-3 allegata si rappresenta la Zonizzazione geologica e Suscettività d'Uso del Territorio e si mostra che l'opera a progetto interessa prevalentemente

- zona urbanizzata,
- zona A "Aree con suscettività d'uso non condizionata",
- zona B "aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata",

per alcuni brevi tratti in corrispondenza della Lanterna, dello svincolo di Madre di Dio e delle Mura delle Cappuccine sono interessate anche la zona C "aree con suscettività d'uso limitata" e la Zona D "aree con suscettività d'uso limitata e/o condizionata all'adozione di cautele specifiche".

Con riferimento alle NTA del PUC si ribadisce che saranno adottate tutte le norme previste per l'interessamento di tali aree.

Con riferimento al Piano Urbanistico Comunale (PUC) di Genova, l'area di intervento in variante (Ex Carbonile), adiacente a quella autorizzata in sede di PAUR (Calata Concenter) ricade anch'essa in ambito portuale.

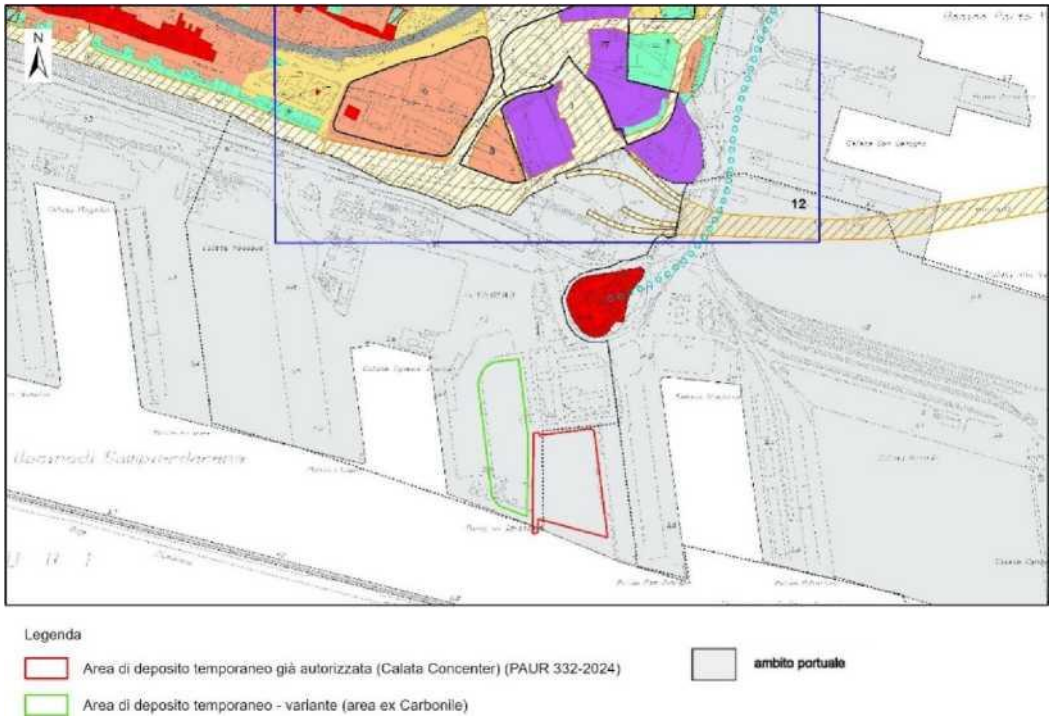


Figura 5-8 Stralcio cartografico della tavola "Livello 3 - Assetto urbanistico" del PUC di (in verde l'area in variante)

Relativamente al Piano Regolatore di Sistema Portuale (PRP) del Porto di Genova l'area Ex Carbonile ricade in area C2 a funzione commerciale: "Operazioni portuali relative a movimentazione e stoccaggio merci convenzionali".



Figura 5-9 Stralcio del Piano Regolatore di Sistema Portuale - in verde lArea di deposito Ex - Carbonile, in rosso Calata Concenter.

Con riguardo alle aree sensibili e vincolate dal punto di vista ambientale si sottolinea che l'intervento proposto non ricade in aree sensibili dal punto di vista ambientale e non si rilevano modifiche sostanziali rispetto al progetto approvato.

L'introduzione di questa nuova area non comporta modifiche sostanziali in termini di uso del suolo e destinazione d'uso sulla base degli strumenti urbanistici e di pianificazione e in relazione ad emissioni/scarichi. Essendo l'area individuata come nuovo deposito intermedio fino alla messa a disposizione della Calata Concenter per la stessa è prevista la sola occupazione temporanea legata alla fase di costruzione del tunnel subportuale e il suo ripristino nello stato attuale, al termine dei lavori.

6 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI DA SCAVO

Al fine di ricostruire la tipologia e le caratteristiche dei materiali da scavo, sono stati utilizzati i risultati delle indagini geognostiche (in sito ed in laboratorio), associati agli esiti della campagna di caratterizzazione ambientale che ha previsto il campionamento dei terreni e loro analisi chimica.

Si è provveduto in una prima fase a reperire tutti i dati disponibili, presso Enti, privati o da indagini pregresse realizzate, all'interno dell'area in esame, in precedenti fasi progettuali anche relative ad altri interventi infrastrutturali. Successivamente, si è realizzata una apposita campagna di indagini mirata alla definizione degli aspetti di maggiore interesse ingegneristico ed ambientale (caratterizzazione litologica e meccanica delle diverse formazioni, caratteristiche idrogeologiche e geomeccaniche relative ai principali contesti tettonici, ricostruzione dell'assetto idrogeologico dell'area, ecc.).

La prima campagna di indagine per la caratterizzazione ambientale dei terreni in sito è stata eseguita nella 2011, svoltasi ai sensi del DLgs 152/2006 e smi, nell'ambito degli interventi riferiti al nodo stradale di San Benigno.

Il quadro ambientale sulla caratterizzazione dei materiali di scavo è stato aggiornato nel 2022 e successivamente nel 2023 con campagne dedicate anche alla gestione dei materiali di scavo nelle opere di progetto, con indagini svolte a supporto della progettazione definitiva.

6.1 CONOSCENZE DEI SITI DI INTERESSE E DELLE AREE DI INTERVENTO

Ai fini di un inquadramento generale sulla qualità delle terre e sedimenti nell'area di progetto di seguito si riassumono le informazioni desunte da:

1) in relazione alle aree emerse la cartografia geochimica regionale, che permette di delineare una previsione sul contenuto in alcuni metalli pesanti per le 2 formazione litologiche dominanti nel substrato (Formazione dell'Antola e Argille di Ortovero);
2) in relazione alle aree marine i dati dei rilievi di ARPAL 2012 sui fondali marini, riferiti alle campagne all'interno del bacino portuale per la verifica dei materiali di dragaggi.

6.1.1 Cartografia Geochimica Regionale

Un'indicazione preliminare è data dalla prospezione geochimica eseguita dall'Università di Genova (2005) nell'ambito del progetto Carta Geochimica in convenzione tra ARPAL e l'Università di Genova. La finalità del progetto è stata l'organizzazione e la rappresentazione spaziale delle concentrazioni elementali rilevate nella matrice stream sediment (sedimenti fluviali attivi) della Regione Liguria. Seguendo indirizzi di ricerca individuati e già sperimentati a livello europeo e nazionale, il Progetto ha previsto la rielaborazione statistica di dati raccolti dall'Università per l'Archivio Geochimico Nazionale integrati da nuove campionature eseguite negli anni 2007 – 2008.

L'acquisizione dati ha seguito le metodiche che l'IUGS ha pianificato nell'ambito del GRN (Geochemical Reference Network), e applicate dal FOREGS (Forum of European Geological Surveys) in progetti internazionali e dal laboratorio di geochimica dell'Università di Genova durante la prima fase della creazione dell'Archivio Geochimico Nazionale promosso da APAT nei primi anni 2000.

Le indagini coprono la totalità del territorio delle province di Savona e Spezia e i bacini tirrenici della Provincia di Genova, e pertanto restituiscono importanti informazioni sui bacini insistenti del torrente Polcevera e del Bisagno.

Le cartografie sono state reperite sul sito ufficiale per l'ambiente della Regione Liguria con la disponibilità di banche dati ed informazioni ambientali,

Per ciò che riguarda l'area di interesse, l'elaborazione statistica e la restituzione cartografica, della maggior parte dei metalli pesanti considerati, non evidenziano particolari anomalie di carattere naturale. Si segnala una peculiarità tipica del Cobalto: questo metallo presenta solitamente, nei litotipi sedimentari, valori di concentrazioni naturale molto prossimi o superiori ai limiti di CSC indicati in colonna A, destinazione d'uso verde o agricolo. Questi valori sono appunto dei calcari marnosi del Monte Antola o in alcuni livelli argillosi per la distribuzione nella struttura mineralogica dei diversi metalli.

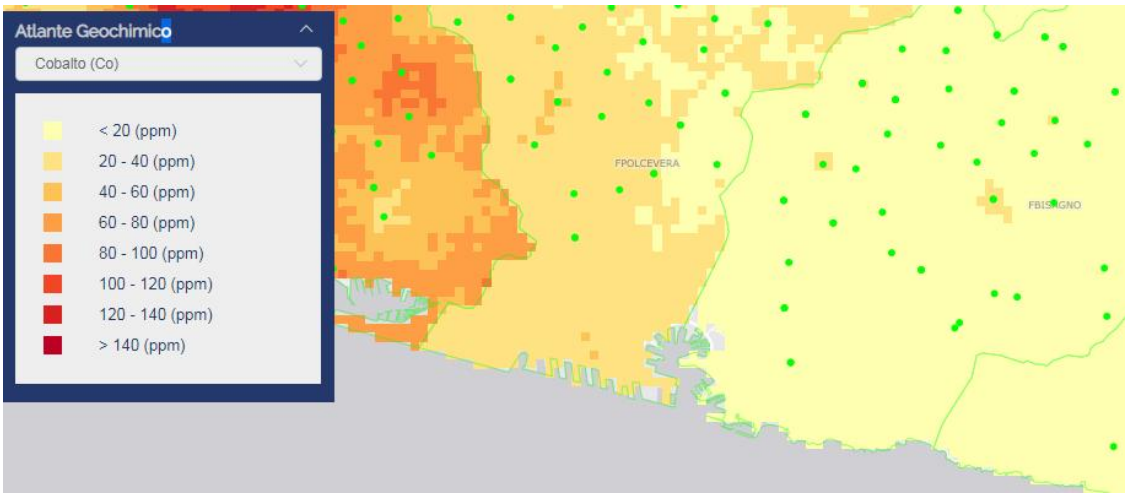


Figura 6-1. Estratto della cartografia geochimica regionale del Cobalto

Non si possono escludere, seppur più puntuali negli ammassi rocciosi di interesse, contenuti al di sopra delle CSC di colonna A in Vanadio.

6.1.2 Qualità Chimica dei sedimenti marini

L'Autorità Portuale di Genova, *per contrastare il progressivo accumulo di detriti drenati al mare dai torrenti Bisagno e Polcevera e dai numerosi rii che sfociano all'interno degli specchi acquei del Porto*, ha avviato negli anni scorsi un programma di attività di escavo del Bacino Portuale. Questa iniziativa, ancora in corso (nel bacino di Sampierdarena e nell'avamporto) è stata finalizzata a garantire e ripristinare battenti d'acqua per il transito di navi mercantili di elevato tonnellaggio e l'attracco delle più moderne navi da crociera.

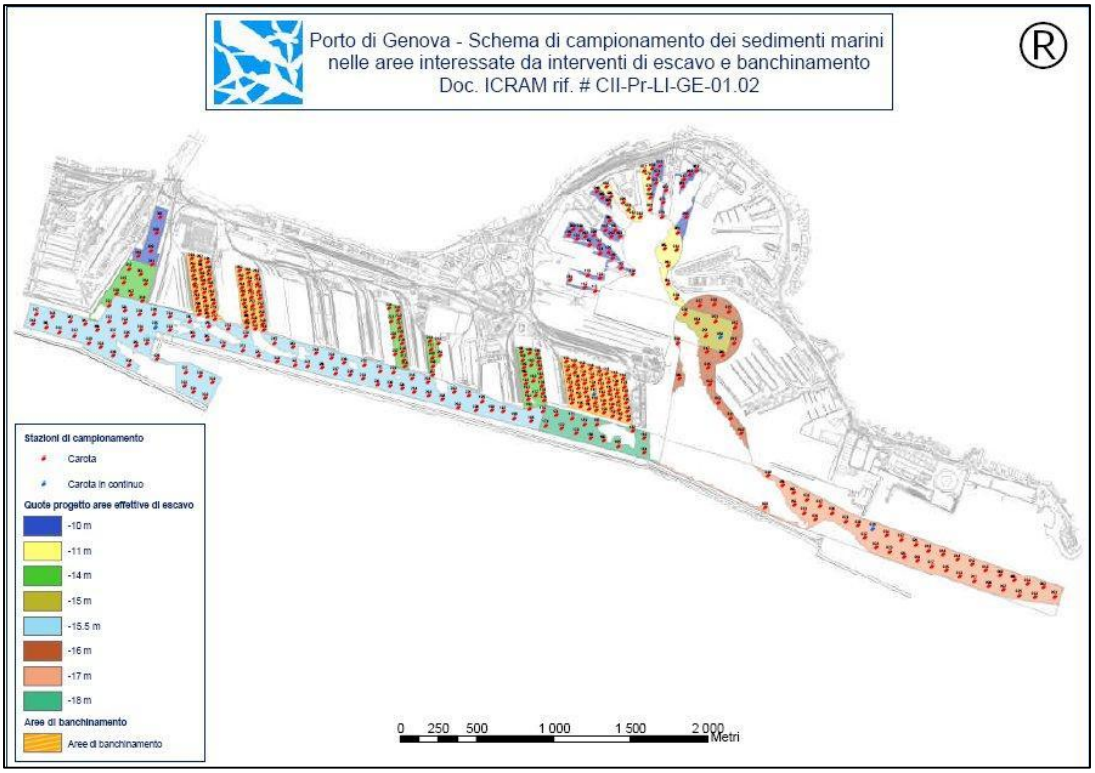


Figura 6-2. Schema dei campionamenti dei sedimenti marini (da sito ARPAL)

Sono state svolte, allo stesso tempo, delle campagne di monitoraggio sul dragaggio del porto di Genova, con la caratterizzazione preliminare chimico-fisica dei sedimenti e lo svolgimento di misure di "bianco" *ante operam*. L'utilità di questa caratterizzazione è perché la movimentazione di sedimenti potenzialmente inquinati, come quelli di un porto, possono determinare effetti negativi sia sul comparto abiotico sia su quello biotico.

Durante le operazioni di dragaggio del sedimento di fondo parte di esso va inevitabilmente in sospensione creando una "plume" di torbida con la diffusione nell'ambiente circostante.

Queste attività di indagine e monitoraggio sono state espletate sotto la guida dell'ICRAM (oggi ISPRA) con il contributo del DISTAV dell'Università di Genova e di ARPAL.

La definizione dello stato di qualità dei fondali in ambito portuale può pertanto fare riferimento a questi studi pregressi condotti dagli Enti istituzionali e di ricerca nell'ambito delle differenti aree portuali (rif Relazione ARPAL 2012 "Monitoraggio attività di dragaggio e refluimento in cassa di colmata dei sedimenti del porto di Genova"). I dati sono stati raccolti dal Luglio 2009 al Febbraio 2011, con analisi di caratterizzazione dei sedimenti eseguite in 2 campagne di monitoraggio dedicate al campionamento in 5 stazioni per ogni campagna. L'ubicazione dei punti di indagine è riportata di seguito.

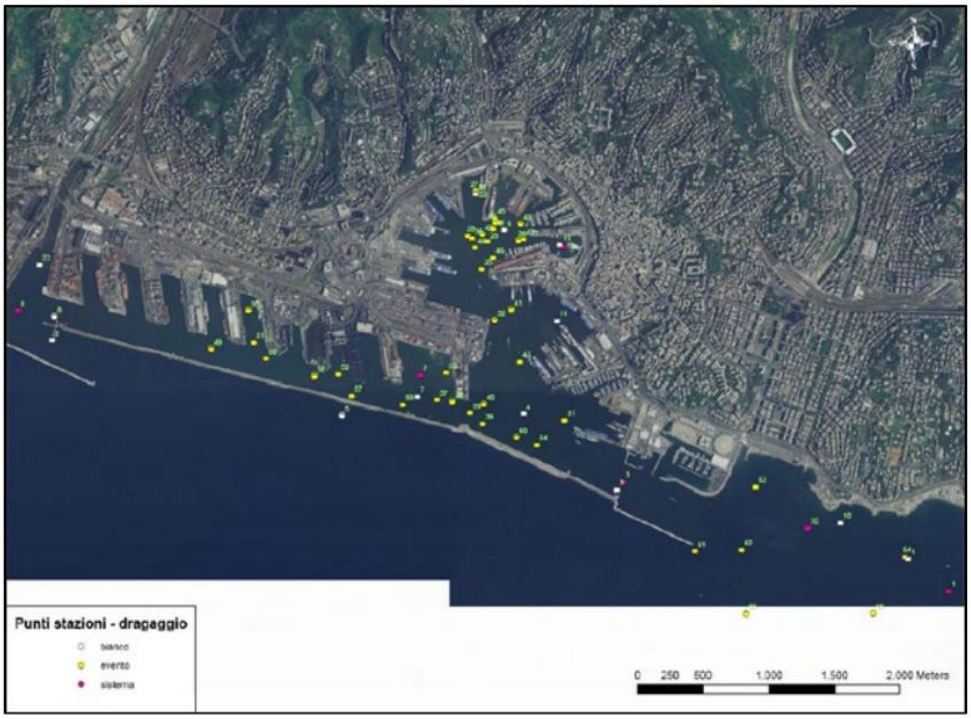


Figura 6-3. Punti di indagine nell'ambito portuale per la caratterizzazione dei sedimenti marini, ARPAL 2012

In generale gli esiti di laboratorio indicano che nessuna stazione ha raggiunto valori standard di qualità sufficiente. DI seguito si riporta una sintesi del quadro qualitativo riportato nella relazione ARPAL 2012: i valori sono riportati nelle diverse tabelle e confrontati gli standard di qualità fissati dalla normativa vigente (DM 260/10 e s.m.i.: SQA-MA, standard di qualità ambientale espresso come valore medio annuo).

Tabella 6-1. Granulometria dei sedimenti marini Porto di Genova, ARPAL 2012

Stazione	Data Prelievo	Limo e Argilla (<0.063mm)	Sabbia (>0.063mm <2mm)	Ghiaia (>2mm)
1	28/07/2010	570	94,30	0,05
	15/07/2009	5.10	94,80	0,10
3	28/07/2010	57,90	42,10	0,05
	15/07/2009	68,70	30,60	0,70
8	28/07/201G	47,80	50,10	2,10
	15/07/2009	65,70	38,60	0,10
10	28/07/2010	5.90	94,10	0,05
	15/07/2009	3,90	38,60	57,50
13	28/07/2010	78,20	17,70	4,10
	15/07/2009	89,20	9,10	1,70

Tabella 6-2. Sintesi sul contenuto in metalli pesanti nei sedimenti marini del Porto di Genova, ARPAL 2012

Punti	Data	Arsenico mg/Kg s.s.	SQA MA	Cadmio mg/Kg s.s..	SQA-MA	Cromo totale mg/Kg s.s.	SQA-MA	Mercurio mg/Kg s.s..	SQA-MA	Nichel mg/Kg s.s.	SQA MA
1	2010	*14,5*		0,12		*83,0*		0,17		*59,0*	
	2009	*14,7*		0,16		47,0		0,10		*60,0*	
3	2010	9,2		*0,43*		*99,0*		*1,19*		*50,0*	
	2009	*15,1*		0,33		34,0		*0,58*		*44,0*	
8	2010	6,7	12	*0,64*	0.3	*118,0*	50	0,27	0.3	*138,0*	30
	2009	*15,0*		*0,56*		*62,0*		*0,68*		*89,0*	
10	2010	9,4		0,14		*63,0*		*2,78*		*47,0*	
	2009	*19,8*		0,14		20,0		0,07		24,0	
13	2010	*18,4*		*2,90*		*120,0*		*11,10*		*64,0*	
	2009	*21,9*		*2,80*		*66,0*		*7,70*		*68,0*	

Tabella 6-3. Quadro di sintesi sulla presenza di C>12, nei sedimenti marini del Porto di Genova, ARPAL 2012

Punti	Data	Idrocarburi pesanti (C>12) mg/Kg s.s.
I	28/07/2010	19
	15/07/2009	3
3	28/07/2010	*126*
	15/07/2009	*108*
8	28/07/2010	*129*
	15/07/2009	*352*
10	28/07/2010	13
	15/07/2009	3
13	28/07/2010	*3525*
	15/07/2009	*2728*

Tabella 6-4. Sintesi analitica sulla presenza di IPA nei sedimenti marini del Porto di Genova, ARPAL 2012

*(parte 1)

Punti	Data	Antracene mg/Kg s.s.	SQA MA	Benzo(a) pirene mg/Kg s s.	SQA-MA	Benzo(b) fluorantene mg/Kg s s.	SQA-MA	Benzo(g,h,i} perilene mg/Kg s s.	SQA-MA
1	2010	*73,3*		*474,5*		*389,1*		*247,7*	
	2009	10,6		*147,8*		*109,6*		*58,5*	
3	2010	*289,9*		*1397,8*		*1205,8*		*784,8*	
	2009	*49,0*		*254,6*		*178,8*		*66,7*	
8	2010	*337,7*	45	*704,6*	30	*690,9*	40	*361,5*	55
	2009	*120,1*		*374,0*		*265,4*		*79,7*	
10	2010	41,0		*214,5*		*176,6*		*110,9*	
	2009	4,4		*60,0*		*45,4*		30,3	
13	2010	*5343,2*		*7200,7*		*6314,7*		*2608,8*	
	2009	*772,9*		*1163,0*		*1006,0*		*475,4*	

*(parte 2)

Punti	Data	Benzo(k) fluorantene mg/Kg s.s.	SQA MA	Fluorantene mg/Kg s s.	SQA MA	Indenopirene mg/Kg s s.	SQA MA	Naftalene mg/Kg s s.	SQA MA
1	2010	*223,6*	20	*701,0*	110	*350,6*	70	26,5	35
	2009	*78,7*		*118,6*		*90,1*		1,4	
3	2010	*658,3*		*2417,9*		*1067,7*		*87,5*	
	2009	*143,0*		*444,7*		*121,7*		1,4	
8	2010	*373,4*		*1456,7*		*499,3*		*463,5*	
	2009	*196,5*		*442,2*		*146,7*		22,0	
10	2010	*101,5*		*313,5*		*150,3*		17,6	
	2009	*32,8*		43,3		49,7		0,4	
13	2010	*3819,4*		*21558,0*		*3764,4*		*694.4*	
	2009	*1151,0*		*1151,0*		*791,3*		*651,7*	

Come evidenziato anche dalle osservazioni integrative della Regione Liguria, rif prot 2023-0370061 del 04/05/2023 del Settore Ecosistema Costiero e acque, in relazione alla realizzazione delle calate a mare i fondali sono inseriti in un contesto portuale e pertanto non sussistono particolari criticità e per le modalità di riempimento previste gli effetti indiretti risultano trascurabili.

6.1.3 Attività antropiche nell'area di intervento

Nell'area di intervento è stata fatta anche una ricerca delle attività antropiche, pregresse od attualmente esistenti, che possano rappresentare una potenziale fonte di contaminazione chimica dei materiali da scavo. Allo stesso tempo è stata fatta una verifica della presenza di siti potenzialmente inquinati già riconosciuti, riportata nel presente Piano nel paragrafo dedicato all'inquadramento, che ha evidenziato come l'opera a progetto si sviluppa in condizioni compatibili con gli usi previsti, non interferendo direttamente con siti soggetti a procedura.

Allo stesso tempo non sono presenti siti indicati come ad alto rischio di incidente lungo il tracciato del tunnel ma sono nelle aree circostanti ai cantieri.

Si fa presente, infine, che le attività principali risultano da scavo sotterraneo profondo per cui possono essere escluse effettivamente particolari sovrapposizioni.

6.2 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE PREGRESSA

6.2.1 Campagna di indagine, 2010 – Nodo S. Benigno

Durante la fase progettuale per la realizzazione stradale del Nodo di San Benigno, è stata svolta una campagna di indagine ambientale, nel periodo 2010-2011, per la caratterizzazione dei materiali di scavo interessati dalle lavorazioni, mediante un campionamento ragionato in riferimento all'art. 186 del D.Lgs 152/2006 e s.m.i., vigente al tempo della fase progettuale di riferimento.

I punti d'indagine sono stati localizzati in posizione opportuna (ubicazione sistematica casuale) considerando le lavorazioni da eseguire e le particolari situazioni locali, secondo anche la disposizione delle indagini geognostiche: la campagna è stata incentrata soprattutto sui prelievi degli spessori superficiali, ovvero nelle porzioni maggiormente interessate dal riporto antropico e soggette alla pressione delle attività industriali. Nell'intorno della zona sono stati prelevati complessivamente 27 campioni in 13 punti, ove sono state effettuate indagini a carattere geognostico con sondaggi a carotaggio continuo.

Le indagini ambientali in sito sono state effettuate secondo le prescrizioni della normativa (D.Lgs. 152/06, Parte Quarta, Titolo V, Allegato 2) con metodi di scavo a secco e ove è stato possibile secondo le metodiche standard, con un campionamento sul materiale tal quale, in modo tale da ottenere un campione rappresentativo, secondo la norma UNI 10802 "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi - Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati".

Di seguito si specifica l'elenco del set chimico scelto per i campioni di terreno suddiviso per classi analitiche:

- Composti inorganici: Antimonio (Sb); Arsenico (As); Berillio (Be); Cadmio (Cd); Cobalto (Co); Cromo (Cr) totale; Cromo esavalente (CrVI); Mercurio (Hg); Nichel (Ni); Piombo (Pb); Rame (Cu); Vanadio (V); Zinco (Zn); Cianuri totali (CN-); Fluoruri (F)
- Idrocarburi: idrocarburi leggeri (C<12); idrocarburi pesanti (C>12).
- Composti aromatici: Benzene; Etilbenzene; Stirene; Toluene; xilene; (m+p)-xilene; xileni (Somma Medium Bound); Sommatoria organici aromatici.

Il terreno è stato prima privato della sua frazione di particelle o materiale con diametro maggiore di 2 cm e, successivamente, le determinazioni analitiche in laboratorio sono state condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm. Le concentrazioni dei parametri analizzati sono state poi determinate riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro seguendo il D.Lgs. 152/2006 (Parte Quarta, Titolo V, Allegato 2). Nel caso di prelievi di campioni massivi da sondaggio, l'analisi è stata eseguita su matrice polverizzata ricavata da spezzoni litoidi.

Le analisi di laboratorio sui campioni sono effettuate secondo metodiche standardizzate o riconosciute valide a livello nazionale, comunitario o internazionale, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite. Allo scopo si è ricorso a laboratori di analisi certificati ai sensi della normativa vigente in modo conforme a quanto richiesto dalla UNI CEN EN ISO 17025 (con accreditamento ACCREDIA).

Il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'art. 184 bis comma 1 lettera d) del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. per l'utilizzo dei materiali da scavo come sottoprodotti è garantito quando il contenuto di sostanze inquinanti all'interno dei materiali da scavo sia inferiore alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), di cui alle colonne A e B tabella 1 allegato 5, al Titolo V parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i., con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali.

Di seguito si riporta uno stralcio grafico con l'ubicazione dei punti di indagine.

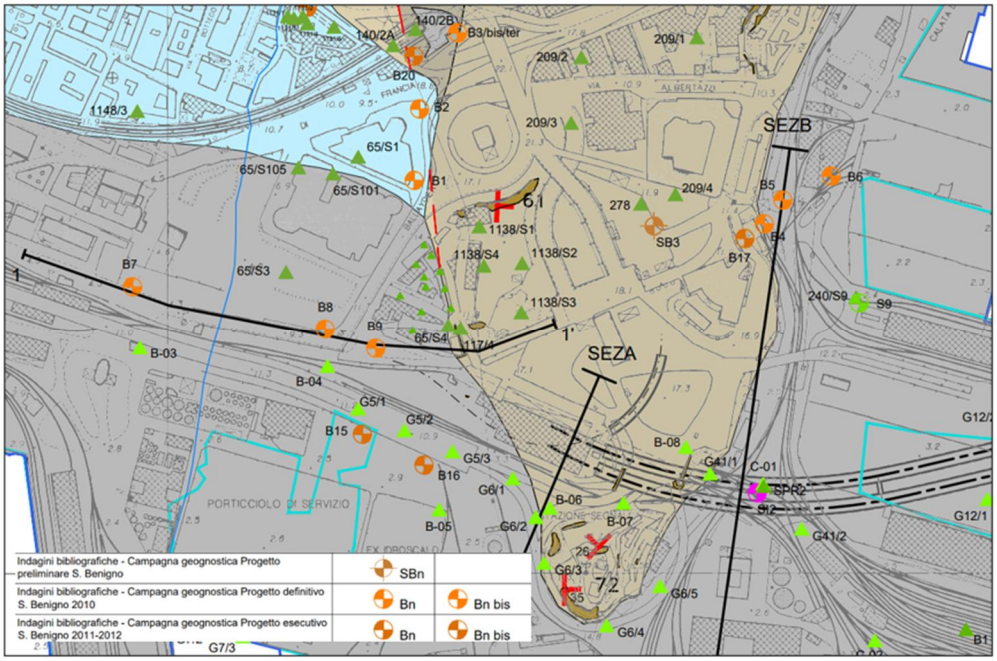


Figura 6-4. Ubicazione indagini geognostiche sul nodo stradale di San Benigno (da stralcio GEO0002)

I risultati delle analisi effettuate sui campioni di terreno e materiale litoide evidenziano **il totale rispetto dei valori soglia di concentrazione di colonna B**, della tabella 1 allegato 5, al titolo V parte IV del Decreto legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i., per siti ad uso commerciale-industriale, unica destinazione d'uso prevista per il materiale da scavo. In Appendice al presente rapporto (Rif. AMB1001) sono riportati i certificati delle analisi di laboratorio per la caratterizzazione preventiva delle opere ai sensi del D.Lgs. 152/2006 s.m.i.

Tabella 6-5. Sintesi sulla Caratterizzazione Ambientale 2010 rispetto alle CSC

CSC		
< A	**< B**	**Totale**
17	10	27
% su intero intervento		
63,0	37,0	100,0

In allegato al presente Piano (rif. AMB1001) si riporta la Tabella di Sintesi dei risultati analitici della caratterizzazione ambientale pregressa effettuata nel Nodo di San Benigno nel 2011, completa dei certificati analitici, relativamente ai 3 punti di indagine di interesse con il progetto del Tunnel subportuale (B7, B8 e B9).

6.2.2 Rilievi di verifica durante corso d'opera, 2015 – Nodo S. Benigno

Nel corso degli interventi di realizzazione sul nodo stradale di San Benigno, sono state realizzate alcune verifiche su accumuli di materiale escavato.

I prelievi che risultano di particolare interesse per il progetto del Tunnel Sub portuale hanno riguardato i movimenti terra sull'asse 15 e asse 19 (nel 2015). Anche in questo caso i dati sono conformi alle CSC di colonna B, per la destinazione d'uso industriale, coerente con l'inquadramento del territorio.

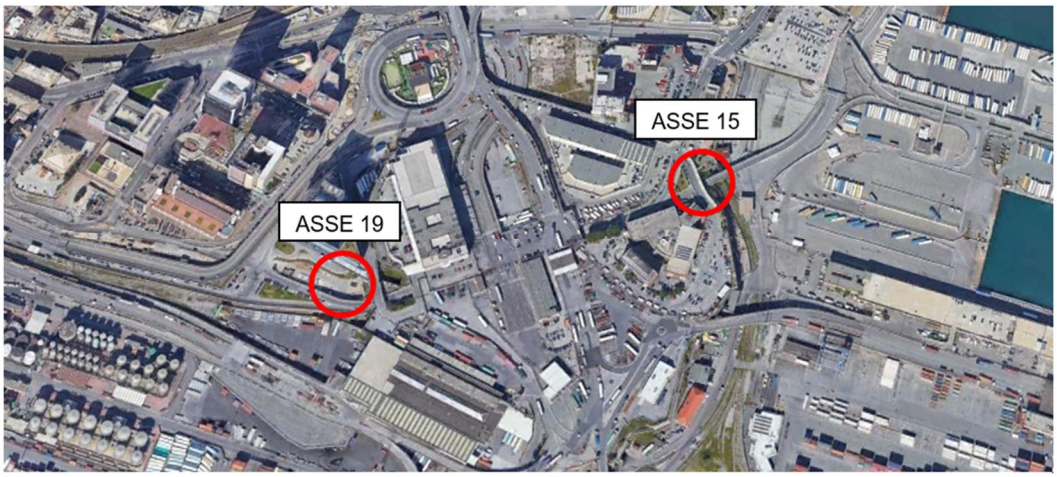


Figura 6-5. Indicazione degli accumuli lungo gli assi stradali, oggetto di indagine nel 2015

Tabella 6-6.Sintesi dei rilievi analitici su cumulo nel 2015 su assi 15 e 19 del Nodo di San Benigno

Sito		**ASSE 15**	**ASSE 19**	**DLgs 152 (T.U.) All 5 Tab 1 col. A**	**DLgs 152 (T.U.) All 5 Tab 1 Col. B**
Campione		**CA1-15**	**CA2-19**		
Prelievo		a cumulo	a cumulo		
Laboratorio certificato		Tecnocontrolli	Tecnocontrolli		
rif. n° Rapporto di prova		258/15	259/15		
data accettazione		01/10/2015	01/10/2015		
Descrizione	**U.d.m.**				
Arsenico	mg/Kg s.s.	0,23	1,61	**20**	**50**
Cadmio	mg/Kg s.s.	0,13	0,35	**2**	**15**
Cobalto	mg/Kg s.s.	0,25	3,92	**20**	**250**
Cromo totale	mg/Kg s.s.	58,13	176,31	**150**	**800**
Cromo VI	mg/Kg s.s.	< 1,0	< 1,0	**2**	**15**
Mercurio	mg/Kg s.s.	< 0,5	< 0,5	**1**	**5**
Nichel	mg/Kg s.s.	21,68	108,78	**120**	**500**
Piombo	mg/Kg s.s.	11,52	183,49	**100**	**1000**
Rame	mg/Kg s.s.	21,43	65,75	**120**	**600**
Vanadio	mg/Kg s.s.	41,16	48,64	**90**	**250**
Zinco	mg/Kg s.s.	59,03	151,83	**150**	**1500**
Benzene	mg/Kg s.s.	< 0,01	< 0,01	**0,1**	**2**
Etilbenzene	mg/Kg s.s.	< 0,01	< 0,01	**0,5**	**50**
Stirene	mg/Kg s.s.	< 0,01	< 0,01	**0,5**	**50**
Toluene	mg/Kg s.s.	< 0,01	< 0,01	**0,5**	**50**
Xilene	mg/Kg s.s.	< 0,03	< 0,03	**0,5**	**50**
Sommatoria organici aromatici	mg/Kg s.s.	< 0,1	< 0,1	**1**	**100**
Idrocarburi Leggeri C<12	mg/Kg s.s.	< 1,0	< 1,0	**10**	**250**
Idrocarburi pesanti C>12	mg/Kg s.s.	6,34	35,95	**50**	**750**

6.3 CAMPAGNA DI INDAGINE PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI IN SITO

Il tracciato di progetto è stato interessato da 2 campagne di indagine per la caratterizzazione ambientale dei terreni in sito, contestualmente all'esecuzione delle indagini geognostiche. L'indagine è stata svolta in una pria fase nel 2022 seguita da una nel 2023. Le indagini sono state eseguite in conformità alle disposizioni del DPR 120/2017.

Per quanto riguarda l'analisi dei risultati della caratterizzazione ambientale ed il confronto con i limiti di contaminazione previsti dalla normativa va evidenziato che, poiché l'opera in progetto è una infrastruttura viaria, essa determina un uso del territorio assimilabile a quello che la normativa (D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., Allegato 5 alla parte IV) indica come uso commerciale o industriale. Di conseguenza come limiti di contaminazione di riferimento per le varie sostanze inquinanti possono essere assunti quelli della colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 della Parte IV al Titolo V del D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

Per completezza di trattazione, in virtù di un ciclo di gestione delle terre che prevede la possibilità di riutilizzo delle medesime anche al di fuori dei cantieri, nello studio si sono valutati come riferimento anche i limiti della colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 della Parte IV al Titolo V del D. Lgs. 152/2006, che si riferiscono ad aree residenziali o a verde pubblico o privato.

Nel corso delle campagne di indagine a supporto della progettazione sono stati prelevati un totale di 86 campioni di terreno e roccia da sottoporre a caratterizzazione ambientale, provenienti da 31 punti di indagine, distribuiti lungo l'intervento. Il quadro ha poi tenuto conto di alcuni prelievi effettuati nel 2011 (B7, B8 e B9), nell'ambito della realizzazione del nodo stradale di San Benigno, interessanti le parti di riporto nelle zone del cantiere presso l'imbocco a ponente. Complessivamente si tratta di 92 campioni analizzati, prelevati su 34 punti di indagine. In allegato (Rif. AMB1001) sono riportati i Rapporti di Prova emessi dal laboratorio che ha eseguito le analisi sui campioni, con le tabelle riepilogative.

6.3.1 Criteri di ubicazione dei punti d'indagine

L'analisi delle caratteristiche chimiche dei terreni interessati è stata definita in base all'estensione delle aree o tratti di progetto con lo scopo di ottenere, prima della fase di scavo, un esaustivo grado di conoscenza dei requisiti ambientali. Dal momento che lo scavo all'aperto ed in sotterraneo avviene con mezzi meccanici tradizionali, senza l'utilizzo di additivi o polimeri, e non comporta di conseguenza la possibilità di contaminazione dei terreni, questa caratterizzazione preventiva effettuata in sito, ed eseguita con modalità a secco senza introduzione di materie, è riferita prettamente alle caratteristiche chimiche dei terreni attraversati e finalizzata a definirne l'eventuale contaminazione.

Nella predisposizione del piano di indagini, sono state considerate le pressioni antropiche presenti e le conoscenze desunte dagli studi geognostici e la tipologia di interventi previsti in progetto. Nell'ubicazione delle indagini, in considerazione dell'interesse geognostico, si sono tenuti in conto i seguenti aspetti:

- densità del campionamento, in considerazione dei rilievi in fase preliminare;
- omogeneità litologica, riferita specialmente ai calcari marnosi della Formazione del M.te Antola, per un'ampia fascia del territorio attraversato;
- tipologia delle aree interferite;
- particolarità e tipologia delle opere sul tracciato ravvicinate tra loro (rampe di innesto e viadotti).

L'individuazione della densità dei punti di indagine nonché la loro ubicazione si è basata su considerazioni di tipo ragionato, in considerazione degli interventi principali e delle opere da realizzare, basandosi sui criteri previsti nell'Allegato 2 del DPR 120/2017. I punti d'indagine hanno seguito pertanto un modello statistico e sono stati localizzati in posizione opportuna.

Tabella 6-7 Numero dei punti di indagine e dei prelievi complessivi di interesse progettuale

	Campagne 2022-2023 DPR 120/2017		Campagna 2011 DLgs 152/2006	
Ambiti di SCAVO e RIUTILIZZO	**Punti di indagine**	**Prelievi**	**Punti di indagine**	**Prelievi**
Tunnel Sub Portuale	**31**	**86**	**3**	**6**
Area ponente, S. Benigno	11	28	3	6
Zona svincolo, S.Madre di Dio	11	34	-	-
Area levante, Foce	9	24	-	-

Le informazioni di ciascun punto d'indagine sono riportate negli elaborati allegati al presente. L'ubicazione dei punti è riportata in apposita planimetria allegata, secondo quanto indicato nell'allegato 5 al D.P.R. 120/2017.

Tabella 6-8 Elenco dei punti di indagine per la caratterizzazione ambientale

	Codice sito di indagine	Coordinate UTM		Quota	Campioni ambientali		Litologia dominante	
		X (est,m)	Y (nord,m)	ms.l.m.	Sigla campioni	Quota campioni (m da p.c.)		
1	B7	491879	4917122	4,4	Ca1	0,50-1,20	riporto	Area ponente, San Benigno Lanterna
					Ca2	3,50-4,50	alterazione Ronco	
2	B8	492006	4917088	9,3	Ca1	1,00-2,00	riporto	Area ponente, San Benigno Lanterna
					Ca2	4,00-5,00	alterazione Ronco	
3	B9	492152	4917052	9,5	Ca1	0,50-1,50	riporto	Area ponente, San Benigno Lanterna
					Ca2	3,5-4,5	alterazione Ronco	
4	SE21	492276	4916492	2,8	Ca1	15,00-17,00	depositi alluvionale/spiaggia	Area ponente, San Benigno Molo Concenter
					Ca2	18,50-18,70	calcari Antola	
5	SE18	492237	4916996	4.0	Ca1	1,50-6,00	riporto	Area ponente, San Benigno Lanterna
					Ca2	7,00-13,00	depositi alluvionale/spiaggia	
					Ca3	20,00-22,00	calcari Antola	
6	SE17	492340	4916919	3,9	Ca1	0,20-0,90	riporto	Area ponente, San Benigno Lanterna
					Ca2	2,00-4,00	calcari Antola	
					Ca3	13,00-15,00	calcari Antola	
7	SE13	492345	4917025	17,5	Ca1	4,00-4,30	calcari Antola	Area ponente, San Benigno Lanterna
8	SE14	492347	4916963	3,2	Ca1	2,00-4,00	calcari Antola	Area ponente, San Benigno Lanterna
					Ca2	13,00-15,00	calcari Antola	
9	SE16	492394	4916978	17,4	Ca1	3,00-3,15	calcari Antola	Area ponente, San Benigno Lanterna
					Ca2	10,10-10,40	calcari Antola	
					Ca3	18,60-18,85	calcari Antola	
10	SE15	492388	4916918	4,6	Ca1	2,00-4,00	calcari Antola	Area ponente, San Benigno Lanterna
					Ca2	13,00-15,00	calcari Antola	
11	SE11	492441	4917009	17,7	Ca1	7,00-7,20	calcari Antola	Area ponente, San Benigno Lanterna
					Ca2	11,20-1,35	calcari Antola	
12	SI2	492585	4916885	2,9	Ca1	2.00-3.00	riporto	Area ponente, San Benigno, Porto
					Ca2	6.00-7.00	alterazione	
					Ca3	17.00-19.00	calcari Antola	
13	SE10	492725	4916906	2,8	Ca1	0,50-2,90	riporto	Area ponente, San Benigno, Porto
					Ca2	2,90-10,30	riporto	
					Ca3	16,00-18,00	depositi alluvionale/spiaggia	
					Ca4	18,00-20,00	calcari Antola	
14	SI3	492939	4916932	2,8	Ca1	2.00-3.00	riporto	Area ponente, San Benigno, Porto
					Ca2	20.00-21.00	depositi alluvionale/spiaggia	
					Ca3	32.00-34.00	argille Ortovero	
15	SE24	493563	4917092	2,7	Ca1	2,00-3,60	riporto	Zona centrale S. Madre di Dio, calata Gadda
					Ca2	3,60-13,00	riporto	
					Ca3	15,00-20,00	depositi alluvionale/spiaggia	
					Ca4	33,00-33,50	argille Ortovero	
16	SI4	493875	4917084	3,7	Ca1	2.00-3.00	riporto	Zona centrale S. Madre di Dio, mura del Molo
					Ca2	6.00-7.00	calcari Antola	
					Ca3	18,00-19,00	calcari Antola	
17	SI5	494109	4916984	3,6	Ca1	2.00-3.00	riporto	Zona centrale S. Madre di Dio, mura del Molo
					Ca2	6.00-7.00	calcari Antola	
					Ca3	35.00-36.00	calcari Antola	
18	SE23	494158	4916898	3	Ca1	2,00-4,00	riporto	Zona centrale S. Madre di Dio, varco delle Grazie
					Ca2	8,00-10,00	riporto	
					Ca3	11,75,11,90	calcari Antola	
					Ca4	29,00-29,25	calcari Antola	
19	SE22	494210	4916861	3,2	Ca1	2,00-10,00	riporto	Zona centrale S. Madre di Dio, varco delle Grazie
					Ca2	13,75-13,95	calcari Antola	
					Ca3	22,35-22,55	calcari Antola	
20	SE08	494255	4916836	3,6	Ca1	0.15-2.50	riporto	Zona centrale S. Madre di Dio, varco delle Grazie
					Ca2	2.50-5.00	depositi alluvionali	
					Ca3	7,60-7,85	calcari Antola	
21	SE09	494281	4916861	4	Ca1	5,80-6,00	calcari Antola	Zona centrale S. Madre di Dio
22	SI6	494295	4916800	2,9	Ca1	2,00-3,00	riporto	Zona centrale S. Madre di Dio
					Ca2	6.00-7.00	calcari Antola	

	Codice sito di indagine	Coordinate UTM		Quota	Campioni ambientali		Litologia dominante	
		X (est,m)	Y (nord,m)	ms.l.m.	Sigla campioni	Quota campioni (m da p.c.)		
					Ca3	35.00-36.00	calcari Antola	
23	SE07	494339	4916721	3,2	Ca1	0.0-2.00	riporto	Zona centrale S. Madre di Dio
					Ca2	2.00-4.30	depositi alluvionali	
					Ca3	6,25-6,40	calcari Antola	
					Ca4	14,35-14,55	calcari Antola	
24	SI10	494454	4916649	3,0	Ca1	2.00-3.00	riporto	Zona centrale S. Madre di Dio
					Ca2	6.00-7.00	calcari Antola	
					Ca3	37.00-38.00	calcari Antola	
25	SE06	494479	4916604	3,3	Ca1	0.10-2.00	riporto	Zona centrale S. Madre di Dio
					Ca2	2.00-3.50	depositi alluvionali	
					Ca3	5,00-5,30	calcari Antola	
26	SE05	494717	4916485	53,2	Ca1	6,50-6,75	calcari Antola	Area levante, zona Carignano
					Ca2	79,40-79,75	calcari Antola	
27	SE04	494796	4916414	40,3	Ca1	13,00-13,35	calcari Antola	Area levante, zona Carignano
					Ca2	52,30-52,30	calcari Antola	
28	SE03	495020	4916287	42,7	Ca1	16,00-16,30	calcari Antola	Area levante, zona Carignano
					Ca2	45,00-45,20	calcari Antola	
29	SI9	495079	4916282	38,4	Ca1	2.00-3.00	riporto	Area levante, zona Carignano
					Ca2	6.00-7.00	calcari Antola	
					Ca3	35,00-36,00	calcari Antola	
30	SI7	495462	4916121	40,2	Ca1	2.00-3.00	riporto	Area levante, Brigate P.
					Ca2	6.00-7.00	calcari Antola	
					Ca3	35,00-36,00	calcari Antola	
31	SI8	495515	4916124	12,8	Ca1	2.00-3.00	riporto	Area levante, Brigate P.
					Ca2	6.00-7.00	calcari Antola	
32	SE01	495577	4916222	6,3	Ca1	0,50-2,00	depositi alluvionali	Area levante, Brigate P.
					Ca2	2,00-4,30	depositi alluvionali	
					Ca3	12,00-13,00	depositi alluvionali	
					Ca4	27,00-28,00	depositi alluvionali	
33	SE01bis	495462	4915986	4,3	Ca1	0,50-3,00	depositi alluvionali	Area levante, Brigate P.
					Ca2	8,50-8,70	calcari Antola	
34	SE02	495511	4916088	14,1	Ca1	0,00-3,50	riporto	Area levante, Brigate P.
					Ca2	3,50-12,00	depositi alluvionali	
					Ca3	12,00-15,00	depositi alluvionali	
					Ca4	18,00-18,30	calcari Antola	
		TOTALE PRELIEVI			92			

Nella figura seguente si riporta l'inquadramento dell'ubicazione dei punti in cui sono stati localizzati i sondaggi a carotaggio continuo oggetto dei prelievi a carattere ambientale (si veda anche in Allegato al Piano per un maggiore dettaglio).

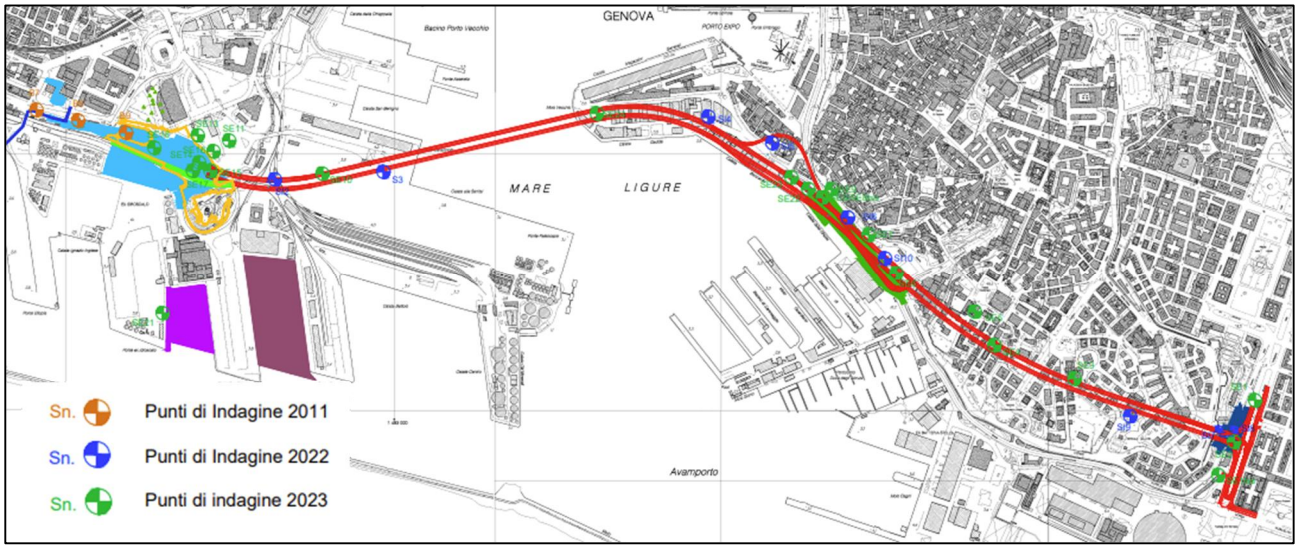


Figura 6-6. Distribuzione dei punti di indagine di interesse progettuale

6.3.2 Metodica di campionamento

Le indagini ambientali nel sito sono state effettuate secondo le prescrizioni della normativa (D.Lgs. 152/06, Parte Quarta, Titolo V, Allegato 2) con metodi di scavo a secco, in modo idoneo a prelevare campioni senza alterarne le caratteristiche ed evitando l'immissione nel sottosuolo di composti estranei, adottando particolari accorgimenti durante ogni manovra (uso di rivestimenti, materiali non verniciati, eliminazione di gocciolamenti, pulizia dei contenitori, pulizia di tutti le parti delle attrezzature tra un campione e l'altro).

La quantità di prelievi su ciascun punto di indagine individuato è conforme alle indicazioni dell'allegato 4 del D.P.R. 120/2017, ponendo attenzione alle effettive condizioni del sito, agli orizzonti stratigrafici interessati (con particolare attenzione allo strato superficiale con presenza dell'apparato radicale e vegetale), alle profondità massime di scavo da p.c. previste da progetto in ciascun punto e della possib2-ilità di accesso o di interferenza dei punti stessi.

La caratterizzazione ambientale è stata eseguita mediante profilo con carotieri a mano o scavetti a mano, pozzetti esplorativi e sondaggi geognostici finalizzati anche al prelievo ambientale.

Nel caso di sondaggi a carotaggio continuo per i prelievi profondi, le operazioni di selezione da sondaggio sono effettuate prelevando spezzoni di carota alla quota scavo di interesse appena estratti dal carotiere (almeno 2-3 aliquote) e formando un campione composito da sottoporre ad analisi.

In generale i campioni volti all'individuazione dei requisiti ambientali dei materiali da scavo sono stati prelevati come campioni formati da diversi incrementi prelevati lungo ciascun orizzonte stratigrafico individuato in ogni punto di indagine. Ciò avviene per ottenere una rappresentatività "media" di ciascun strato in relazione agli orizzonti individuati e/o alle variazioni laterali.

Secondo le metodiche standard, indicate in allegato 4 al D.M. 120/2017 (ex DM 161/2012), il campionamento è stato effettuato sul materiale tal quale, con le dovute operazioni di quartatura, in modo tale da ottenere un campione rappresentativo.

La formazione del campione è avvenuta su un telo di plastica (polietilene) di dimensioni minime di 2x2 m, in condizioni umide e, se necessario, con aggiunta di acqua pura. L'attività si è svolta in condizioni comunque adeguate a evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale. La suddivisione del campione è stata effettuata in più parti omogenee, adottando i metodi della quartatura riportati nella normativa.

La preparazione dei campioni delle matrici terrigene, ai fini della loro caratterizzazione chimico-fisica, è stata effettuata secondo i principi generali presenti in normativa e secondo le indicazioni date in allegato 4.

Nel caso dei campioni massivi, soprattutto profondi, è stata eseguita una frantumazione in sito del campione totale rappresentativo ed in laboratorio è stata poi effettuata dopo miscelazione e quartatura la porfirizzazione.

Le modalità di conservazione e trasporto del materiale prelevato sono dettate dalla normativa di riferimento (UNI 10802). Il campione di laboratorio è stato raccolto in un idoneo contenitore bocca larga con tappo a chiusura ermetica con sottotappo teflonato, sigillato ed etichettato con la data di prelievo, con il riferimento al sito di prelievo e, quindi, all'area di lavoro di provenienza.

6.3.3 Analisi chimiche di laboratorio

Le analisi chimiche dei campioni di terreno sono state eseguite presso un laboratorio riconosciuto ed accreditato, secondo il sistema di certificazione ACCREDIA, ai sensi della normativa vigente in modo conforme a quanto richiesto dalla UNI CEN EN ISO 17025.

Le analisi territoriali ed ambientali svolte nell'ambito di studio hanno escluso l'esistenza di particolari criticità ambientali, si è supposto che la principale fonte di potenziale contaminazione del suolo interessato dal progetto stradele in oggetto sia rappresentata dal traffico veicolare che insiste sulle parti di infrastruttura esistente. Nei campioni di terreno si è ritenuto pertanto opportuno ricercare i principali metalli pesanti, con aggiunta del vanadio, confermando il set analitico di base proposto con composti aromatici e idrocarburi pesanti. Di seguito si specifica l'elenco del set chimico scelto per i campioni di terreno suddiviso per classi analitiche (tabella 4.1 dell'allegato 4 del DPR 120/2017):

- Composti inorganici: Arsenico (As); Cadmio (Cd); Cobalto (Co); Cromo (Cr) totale; Cromo (Cr) VI; Mercurio (Hg); Nichel (Ni); Piombo (Pb); Rame (Cu); Vanadio (V); Zinco (Zn).
- Idrocarburi pesanti (C>12).
- Composti aromatici: Benzene; Etilbenzene; Stirene; Toluene; Xilene.

- Composti aromatici policiclici (IPA).
- Amianto al SEM.

Le analisi chimico-fisiche sono state condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute, tali da garantire il rilevamento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite e comunque sono utilizzate le migliori metodologie analitiche ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale che presentino un limite di quantificazione il più prossimo ai valori di cui sopra.

I risultati delle analisi sui campioni sono stati confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A e B della tabella 1, allegato 5 al titolo V parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i., con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica dei siti di scavo.

6.3.4 Sintesi sulla caratterizzazione ambientale

Si riporta in sintesi lo studio dei dati ricavati dalle analisi chimiche condotte sui campioni di terreno prelevati, riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 6-9. Sintesi sulla caratterizzazione ambientale 2022-2023 rispetto alle CSC

CSC		
< A	**< B**	**Totale campioni**
55	31	86
% su intero intervento		**Totale %**
64%	36%	100%

Tabella 6-10 Quadro sugli esiti analitici di interesse progettuale

	Sigla campioni	Quota campioni (m da p.c.)	CSC, Tab.1 DLgs 152/2006	Evidenza chimica	
1	**B7-CA1**	0,50-1,20	<B	C>12	Area ponente, San Benigno
2	**B7-CA2**	3,50-4,50	<B	Zn	Area ponente, San Benigno
3	**B8-CA1**	1,00-2,00	<A		Area ponente, San Benigno
4	**B8-CA2**	4,00-5,00	<A		Area ponente, San Benigno
5	**B9-CA1**	0,50-1,50	<B	Cr,Ni	Area ponente, San Benigno
6	**B9-CA2**	3,5-4,5	<A		Area ponente, San Benigno
7	**SE21-CA01**	15,00-17,00	<B	Cr, Ni, Zn, C>12	Area ponente, San Benigno
8	**SE21-CA02**	18,50-18,70	<A		Area ponente, San Benigno
9	**SE18-CA01**	1,50-6,00	<A		Area ponente, San Benigno
10	**SE18-CA02**	7,00-13,00	<B	Cr	Area ponente, San Benigno
11	**SE18-CA03**	20,00-22,00	<A		Area ponente, San Benigno
12	**S17-CA01**	0,20-0,90	<A		Area ponente, San Benigno
13	**SE17-CA02**	2,00-4,00	<A		Area ponente, San Benigno
14	**S17-CA03**	13,00-15,00	<A		Area ponente, San Benigno
15	**SE13-CA01**	4,00-4,30	<A		Area ponente, San Benigno
16	**SE14-CA01**	2,00-4,00	<A		Area ponente, San Benigno
17	**SE14-CA02**	13,00-15,00	<A		Area ponente, San Benigno
18	**SE16-CA01**	3,00-3,15	<A		Area ponente, San Benigno
19	**SE16-CA02**	10,10-10,40	<A		Area ponente, San Benigno
20	**SE16-CA03**	18,60-18,85	<A		Area ponente, San Benigno
21	**SE15-CA01**	2,00-4,00	<A		Area ponente, San Benigno
22	**SE15-CA02**	13,00-15,00	<A		Area ponente, San Benigno
23	**SE11-CA01**	7,00-7,20	<A		Area ponente, San Benigno
24	**SE11-CA02**	11,20-1,35	<A		Area ponente, San Benigno
25	**SI2-CA1**	2.00-3.00	<A		Area ponente, San Benigno
26	**SI2-CA2**	6.00-7.00	<B	Hg	Area ponente, San Benigno
27	**SI2-CA3**	17.00-19.00	<A		Area ponente, San Benigno
28	**SE10-CA01**	0,50-2,90	<B	Zn	Area ponente, San Benigno
29	**SE10-CA02**	2,90-10,30	<B	Zn, C>12	Area ponente, San Benigno
30	**SE10-CA03**	16,00-18,00	<A		Area ponente, San Benigno
31	**SE10-CA04**	18,00-20,00	<B	Cu	Area ponente, San Benigno
32	**SI3-CA1**	2.00-3.00	<B	Zn, IPA	Area ponente, San Benigno
33	**SI3-CA2**	20.00-21.00	<A		Area ponente, San Benigno
34	**SI3-CA3**	32.00-34.00	<A		Area ponente, San Benigno

	Sigla campioni	Quota campioni (m da p.c.)	CSC, Tab.1 DLgs 152/2006	Evidenza chimica	
35	**SE24-CA01**	2,00-3,60	<A		Zona centrale, rampe SMdD
36	**SE24-CA02**	3,60-13,00	<B	C>12, IPA	Zona centrale, rampe SMdD
37	**SE24-CA03**	15,00-20,00	<A		Zona centrale, rampe SMdD
38	**SE24-CA04**	33,00-33,50	<A		Zona centrale, rampe SMdD
39	**SI4-CA1**	2.00-3.00	<A		Zona centrale, rampe SMdD
40	**SI4-CA2**	6.00-7.00	<B	Pb, Zn, IPA, C>12	Zona centrale, rampe SMdD
41	**SI4-CA3**	18,00-19,00	<A		Zona centrale, rampe SMdD
42	**SI5-CA1**	2.00-3.00	<B	C>12	Zona centrale, rampe SMdD
43	**SI5-CA2**	6.00-7.00	<A		Zona centrale, rampe SMdD
44	**SI5-CA3**	35.00-36.00	<A		Zona centrale, rampe SMdD
45	**SE23-CA01**	2,00-4,00	<B	C>12	Zona centrale, rampe SMdD
46	**SE23-CA02**	8,00-10,00	<B	Hg, Pb	Zona centrale, rampe SMdD
47	**SE23-CA03**	11,75,11,90	<A		Zona centrale, rampe SMdD
48	**SE23-CA04**	29,00-29,25	<A		Zona centrale, rampe SMdD
49	**SE22-CA01**	2,00-10,00	<B	Hg, Pb	Zona centrale, rampe SMdD
50	**SE22-CA02**	13,75-13,95	<A		Zona centrale, rampe SMdD
51	**SE22-CA03**	22,35-22,55	<A		Zona centrale, rampe SMdD
52	**SE08-CA01**	0.15-2.50	<B	Hg, Pb	Zona centrale, rampe SMdD
53	**SE08-CA02**	2.50-5.00	<B	IPA	Zona centrale, rampe SMdD
54	**SE08-CA03**	7,60-7,85	<A		Zona centrale, rampe SMdD
55	**SE09-CA01**	5,80-6,00	<A		Zona centrale, rampe SMdD
56	**SI6-CA1**	2,00-3,00	<B	Pb, IPA	Zona centrale, rampe SMdD
57	**SI6-CA2**	6.00-7.00	<A		Zona centrale, rampe SMdD
58	**SI6-CA3**	35.00-36.00	<A		Zona centrale, rampe SMdD
59	**SE07-CA01**	0.0-2.00	<B	Pb, C>12, IPA	Zona centrale, rampe SMdD
60	**SE07-CA02**	2.00-4.30	<B	Pb, C>12, IPA	Zona centrale, rampe SMdD
61	**SE07-CA03**	6,25-6,40	<B	PB, C>12	Zona centrale, rampe SMdD
62	**SE07-CA04**	14,35-14,55	<B	Pb	Zona centrale, rampe SMdD
63	**SI10-CA1**	2.00-3.00	<B	Pb, Cu, IPA, C>12	Zona centrale, rampe SMdD
64	**SI10-CA2**	6.00-7.00	<A		Zona centrale, rampe SMdD
65	**SI10-CA3**	37.00-38.00	<A		Zona centrale, rampe SMdD
66	**SE06-CA01**	0.10-2.00	<B	Pb, Zn, C>12, IPA	Zona centrale, rampe SMdD
67	**SE06-CA02**	2.00-3.50	<B	C>12, IPA	Zona centrale, rampe SMdD
68	**SE06-CA03**	5,00-5,30	<A		Zona centrale, rampe SMdD
69	**SE5CA1**	6,50-6,75	<A		Area Levante
70	**SE5CA2**	79,40-79,75	<A		Area Levante
71	**SE4CA1**	13,00-13,35	<A		Area Levante
72	**SE4CA2**	52,30-52,30	<A		Area Levante
73	**SE3CA1**	16,00-16,30	<A		Area Levante
74	**SE3CA2**	45,00-45,20	<A		Area Levante
75	**SI9-AMB1**	2.00-3.00	<A		Area Levante
76	**SI9-AMB2**	6.00-7.00	<B	Pb	Area Levante
77	**SI9-AMB3**	35.00-36.00	<A		Area Levante
78	**SI8-CA1**	2.00-3.00	<B	C>12	Area Levante
79	**SI8-CA2**	6.00-7.00	<A		Area Levante
80	**SI7-AMB1**	2.00-3.0	<A		Area Levante
81	**SI7-AMB2**	6.00-7.0	<B	Co	Area Levante
82	**SI7-AMB3**	35.00-36.0	<A		Area Levante
83	**SE01-CA01**	0,50-2,00	<B	C>12	Area Levante
84	**SE01-CA02**	2,00-4,30	<B	C>12	Area Levante
85	**SE01-CA03**	12,00-13,00	<A		Area Levante
86	**SE01-CA04**	27,00-28,00	<A		Area Levante
87	**SE01bis-CA01**	0,50-3,00	<A		Area Levante
88	**SE01bis-CA02**	8,50-8,70	<A		Area Levante
89	**SE02-CA01**	0,00-3,50	<B	Hg, Pb	Area Levante
90	**SE02-CA02**	3,50-12,00	<B	Pb, C>12	Area Levante
91	**SE02-CA03**	12,00-15,00	<B	Hg, Pb	Area Levante
92	**SE02-CA04**	18,00-18,30	<A		Area Levante

Tabella 6-11 Riepilogo del numero di prelievi rispetto ai limiti di CSC

	CSC, rif Tab 1, DLgs 152/2006 smi		
Numero campioni	**<A**	**<B**	**Totale**
Area ponente, San Benigno	24	10	**34**
Zona centrale, S. Madre di Dio	18	16	**34**
Area levante, Brigate P.	16	8	**24**
Totale	**58**	**34**	**92**

I risultati analitici hanno evidenziato, per i campioni di terreno prelevati**, un totale rispetto dei limiti vigenti previsti in colonna B, Tabella 1, D.Lgs. 152/2006, Parte Quarta, Titolo V**, **Allegato 5, e pertanto conformi con la destinazione d'uso industriale e commerciale, quali sono considerate le aree interessate dal tracciato stradale.**

I risultati analitici permettono di definire che:

a) Il 100% dei campioni analizzati in laboratorio, ai sensi del D.P.R. 120/2017, risulta conforme ai limiti di cui alle CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) della colonna B, della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06, indicata come riferimento per la destinazione d'uso dei siti di intervento;
b) Il 64% dei campioni risulta avere tenori al di sotto dei limiti di CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) riferiti alla destinazione di uso residenziale o agricola, indicati in colonna A della tabella 1, allegato 5 al titolo V parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.; i superamenti rilevati nei terreni con valori al di sopra delle soglie di colonna A si riferiscono spesso a campioni superficiali, in buona parte inoltre non interessati dai settori di scavo sotterraneo;
c) la quasi totalità dei campioni analizzati risulta conforme, nella concentrazione in composti "indicatori" di potenziali criticità ambientali, quali composti organici aromatici o policiclici aromatici, ai limiti di CSC di colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06; tuttavia se ne segnala la presenza nelle porzioni di riporto soprattutto nella parte centrale dello svincolo di S. Madre di Dio, zona soggetta a pressione antropica e traffico veicolare;
d) per quanto riguarda la presenza di fibre amiantifere, in coerenza con la natura geologica dei terreni ed all'assenza di riporti di origine antropica e di natura pericolosa, il 100% dei campioni analizzati in laboratorio e prelevati nelle aree di scavo risulta conforme ai limiti della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06.

In allegato Appendice (Rif. AMB-1001) si riporta la Tabella completa di sintesi dei risultati analitici della caratterizzazione ambientale effettuata, completa dei certificati analitici.

Il quadro analitico è stato completato dalla verifica in percentuale della presenza di elementi di origine antropica nei materiali di riporto, con analisi in eluato secondo le disposizioni date in Allegato 10, del DPR 120/2017.

In generale non si sono riscontrate situazioni di particolare criticità e rilascio, rinvenendo spessori superficiali di riporti costituiti da materiali di sbancamento/cava (soprattutto zona di ponente), e da riempimento di sottofondo con presenza di laterizi (zona centrale in area portuale o presso Sopraelevata); nei casi segnalati si ha avuto un generale contenuto inferiore all'1%, statisticamente non significativo anche ai fini analitici; solo, 3 casi hanno dato evidenza nella zona levante di Brigate Partigiane (1) e nella zona della rampe centrali (2) valori % di frammenti laterizi superiori alla soglia di rifiuto. In tutti i casi il prelievo è stato puntuale da carota di sondaggio: non sempre i punti di indagine sono interessati da scavi diretti sullo strato superficiale, ma solamente della porzione più profonda; le condizioni stabilite con la campagna geognostica e l'intensa urbanizzazione del territorio rendono difficoltoso un maggior dettaglio in fase di progetto o una approfondita verifica sulla possibile distribuzione ed eterogeneità orizzontale dell'orizzonte antropico (come precisato da allegato 2 del DPR 120/2017). Questa attività di verifica è pertanto rimandata nelle fasi preliminari del corso d'opera nelle zone di imbocco, ovvero con la piena disponibilità delle aree di cantiere, verificando durante le prime operazioni di sbancamento. Il dato riportato è quindi puramente indicativo confermando che la valutazione sarà svolta nella fase realizzativa in una fase preliminare delle lavorazioni (rif cap. 9).

Tabella 6-12 Riepilogo dei prelievi nel riporto conformi ai limiti di tabella 2

	CSC Tab.2, DLgs 152/2006smi		All. 10 DPR 120/2017	
Numero campioni	**C**	**NC**	**20%**	**Totale**
Area ponente, San Benigno	4	-		**4**
Zona centrale, S. Madre di Dio	11	-	2	**13**
Area levante, Brigate P.	5	-	1	**6**
Totale	**20**	**0**	**3**	**23**

6.4 COMPATIBILITÀ AMBIENTALI DEI MATERIALI DA SCAVO NEI SITI DI UTILIZZO

I siti di utilizzo negli ambiti individuati sono sostanzialmente coincidenti con i siti di produzione previsti nei medesimi (si veda l'elaborato grafico in allegato). Pertanto, al netto di ulteriori indagini di caratterizzazione rimandate ad una fase realizzativa di corso d'opera (si veda il paragrafo dedicato nel presente capitolo dedicato con le indicazioni operative), la caratterizzazione dei siti di utilizzo è pertanto costituita dalle stesse informazioni finalizzate alla caratterizzazione dei siti di scavo.

Come da allegato 2 al Regolamento, il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'art. 184 bis comma 1 lettera d) del DLgs. 152/2006 e s.m.i. per l'utilizzo dei materiali da scavo come sottoprodotti è garantito quando il contenuto di sostanze inquinanti all'interno dei materiali da scavo sia inferiore alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), di cui alle colonne A e B tabella 1 allegato 5, al Titolo V parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i., con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali.

Complessivamente, considerando che la quasi totalità degli scavi proviene dall'opera in sotterraneo, i risultati sulla caratterizzazione di base consentono, quindi, di affermare che:

a) data l'assenza di superamenti dei limiti di Concentrazione Soglia di Contaminazione di cui alla colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV Titolo V del D.Lgs. 152/06, **tutti i materiali e i terreni da scavo di interesse progettuale sono riutilizzabili**;
b) tutti i materiali scavati possono essere reimpiegati per la realizzazione di rinterri, rilevati e terrapieni di rimodellamento nell'ambito delle opere in progetto, essendo queste assimilabile ai siti a destinazione d'uso industriale/commerciale cui fa riferimento la colonna B sopra citata;
c) la maggior parte dei materiali (sulla base delle analisi con concentrazioni al di sotto dei valori soglia della colonna A) può essere riutilizzato in siti a destinazione verde o residenziale o nell'impiego dei ritombamenti o reinterri.
d) **per tutti i materiali sono soddisfatti i requisiti di compatibilità ambientale**, in relazione alla corrispondenza dei siti di utilizzo e dei siti di destinazione.

6.5 CONSIDERAZIONI SULLE ANALISI DI RISCHIO ELABORATE PER IL RIEMPIMENTO DELLE 3 CALATE

Come ricordato in premessa, su indicazione della Regione sono state elaborate, a titolo preventivo, delle analisi rischio per l'impiego dei materiali provenienti dall'escavazione del Tunnel subportuale per la realizzazione delle colmate a mare. Le Analisi di rischio, elaborate per ciascuna delle 3 calate (rif AMB0013÷AMB0015), hanno avuto lo scopo di valutare se l'utilizzo dei materiali provenienti dallo scavo del tunnel sub-portuale per il riempimento in colmata, possa determinare un rischio sanitario ed ambientale per i futuri fruitori delle aree suddette, tenuto conto dell'effettivo utilizzo delle stesse, sia nella fase di cantierizzazione che ad intervento concluso, valutando anche come recettore finale le acque marine, dimostrando il rispetto di standard di qualità chimici idonei a garantire la tutela dell'ecosistema marino, sebbene l'intervento sia all'interno del bacino portuale.

Per tutti i dettagli si rimanda agli elaborati AMB0013, calata Bengasi, AMB0014, calata Conceter, e AMB0015, calata Giaccone.

Di seguito si ritiene opportuno richiamare che le assunzioni sono state estremamente conservative ed adottate come tali nella modellazione per il calcolo delle concentrazioni delle sostanze considerate nelle acque del bacino portuale successivamente alla miscelazione con le acque di spiazzamento delle calate da riempire. In particolare:

- sono stati assunti i valori di concentrazione massimi riscontrati in tutti i campioni di terre e rocce campionati nelle fasi di elaborazione del progetto che, si ricorda, sono risultati tutti conformi alle CSC di Colonna B della Tabella 1, Allegato 5 alla Parte Quarta, Titolo V del D.Lgs. 152/06;
- sono stati assunti i valori dei coefficienti di ripartizione solido-liquido (Kd) preimpostati nel modello ASTM RBCA che si riferiscono a specie chimiche molto più solubili rispetto ai materiali derivanti da uno scavo in roccia (i cui kd sono generalmente superiori anche di diversi ordini di grandezza, ossia rilasciano molto meno di quanto assunto alla base della modellazione);
- è stato utilizzato un modello stazionario ossia si è assunto che le specie chimiche si ripartiscano istantaneamente in soluzione interessando tutte le acque del bacino di colmata.

La modellazione eseguita per lo scenario di cantierizzazione ha evidenziato che il rischio presente nella fase di esecuzione delle opere è del tutto trascurabile anche assumendo un modello concettuale estremamente conservativo. Mentre lo scenario futuro si differenzia da quello di cantierizzazione per i seguenti aspetti:

- non è possibile il contatto dermico diretto con le acque della cassa di colmata in quanto sarà presente la copertura impermeabilizzata;
- non vi sarà alcuna possibile commistione (o sarà del tutto trascurabile) tra le acque interstiziali della vasca di colmata, ipoteticamente sature di sostanze potenzialmente contaminanti, e le acque del bacino portuale antistante in quanto lo spiazzamento delle acque della cassa di colmata sarà terminato con il completamento dell'opera di riempimento.

In sostanza si ritiene che, se il rischio risulta accettabile quando è in corso un'immissione diretta di acqua (assunta satura di tutte le sostanze solubili) dalla cassa di colmata al bacino portuale antistante, una volta che questa immissione diretta si interrompe e il battente tra i due bacini si annulla, il rischio connesso ad una possibile migrazione di acque attraverso i sedimenti presenti sul fondo della colmata dovrebbe essere assolutamente trascurabile, se non nullo.

Lo studio condotto ha dimostrato che il rischio associato agli interventi di riempimento della 3 Calate con i materiali derivanti dagli scavi connessi alla realizzazione del Tunnel Subportuale è assolutamente trascurabile, pur con le assunzioni conservative adottate nella modellazione. In particolare, è stato messo in evidenza come, anche ipotizzando uno scenario poco realistico e adottando parametri conservativi, non esistano percorsi di esposizione critici tali da creare rischi verso i potenziali recettori considerati

Va inoltre tenuto presente quanto riportato negli studi presentati e sopra richiamati ossia che il materiale che verrà immesso nella colmata è costituito dalle rocce e dai terreni già presenti sul fondale marino e/o su gran parte della costa antistante i bacini e pertanto è lecito presumere che le acque del mare siano già in equilibrio (in termini di concentrazioni in acqua) con tutte le sostanze che in qualche modo possono essere cedute da detti materiali. Nonostante tali assunzioni la qualità delle acque in uscita dalla colmata rispettano non solo i criteri indicati dalla Regione Liguria (calcolati considerando un incremento del 50% dei valori di Tab. 3, Colonna per lo scarico in acque superficiali o CSC di Tabella 2, Allegato 5 alla Parte Quarta, Titolo V del D.Lgs. 152/06 per le acque di falda -se non incluso fra le prime) ma anche i limiti di qualità degli scarichi in acque superficiali di cui alla Tabella 3, Allegato 5 alla Parte terza del D.Lgs. 152/06 e ss.mm. (senza l'incremento del 50%).

6.6 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DA COMPLETARE NELLA FASE PRELIMINARE ALLE LAVORAZIONI

Nell'ambito della campagna di indagini, secondo i criteri del Regolamento, non avendo la piena disponibilità delle aree di cantiere, dovranno essere individuati punti di prelievo poiché in fase progettuale non è stato possibile eseguire il campionamento o raggiungere la effettiva quota scavo. Ciò è avvenuto in corrispondenza di aree caratterizzate da particolari e diversificate condizioni: avverse condizioni del sito o del tratto (acclività e taglio vegetazionale, interruzione e costrizione del traffico locale, area densamente industriale, ecc.); potenziali interferenze con sottoservizi e opere esistenti.

Alcuni punti riferiti alla caratterizzazione delle aree di cantiere sono stati indisponibili, perché sono interferenti con aree in servizio ed opere, o perché la non reperibilità od il divieto dei proprietari non ne ha permesso l'accesso.

Il campionamento e l'analisi in generale di queste indagini sono rimandati ad una campagna ambientale integrativa da svolgere preventivamente alla fase realizzativa dell'intervento

Si sottolinea comunque, che il quadro ambientale descritto, emerso dalle indagini geognostiche e dai rilievi di campo sulla caratterizzazione ambientale, è riferito ad una omogeneità litologica del materiale interessato dalle lavorazioni, lungo l'intero tratto in progetto, esclusivamente costituito da formazioni calcaree e argillitiche.

L'Allegato 2 del DPR No. 120/2017 riporta i criteri tramite i quali eseguire la procedura di campionamento finalizzata a verificare il rispetto dei limiti di CSC. Nello specifico la normativa specifica che:

- la caratterizzazione ambientale deve essere eseguita preferibilmente mediante scavi esplorativi (pozzetti o trincee) e, in subordine, con sondaggi a carotaggio;
- la densità dei punti di indagine nonché la loro ubicazione devono essere basate su un modello concettuale preliminare delle aree (campionamento ragionato) o sulla base di considerazioni di tipo statistico (campionamento sistematico su griglia o casuale);
- il numero di punti di indagine non può essere inferiore a tre e, in base alle dimensioni dell'area di intervento, è aumentato secondo i criteri minimi riportati nella seguente tabella.

Tabella 6-13. Caratterizzazione minima relazionata alle superfici delle aree (DPR 120/2017)

Dimensioni dell'area	Punti di prelievo
Inferiore a 2.500 m^2	3
Tra 2.500 e 10.000 m^2	3+1 ogni 2.500 m^2
Oltre i 10.000 m^2	7+1 ogni 5.000 m^2

Nel caso di opere lineari (campionamento almeno ogni 500 metri lineari di tracciato), si evidenzia che il dettaglio eseguito in fase progettuale lungo il tunnel in scavo sotterraneo risulta essere idoneo con il criterio indicato. Si precisa tuttavia che tutto il materiale escavato dalla galleria sarà soggetto, comunque, a caratterizzazione a cumulo nella fase di corso d'opera.

Qualora si riscontri la presenza di materiale di riporto, non essendo nota l'origine dei materiali inerti che lo costituiscono, la caratterizzazione ambientale, prevede:

- l'ubicazione dei campionamenti in modo tale da poter caratterizzare ogni porzione di suolo interessata dai materiali di riporto, data la possibile eterogeneità verticale ed orizzontale degli stessi;
- la valutazione della percentuale in peso degli elementi di origine antropica.

Si precisa in tal senso che, nella disponibilità delle aree di cantiere, potrà essere valutata la possibilità di prelievo da accumulo, più rappresentativo rispetto alle volumetrie di scavo e per la valutazione spaziale di eventuali elementi antropici nell'ammasso superficiale. Il campionamento sarà svolto secondo le indicazioni di Allegato 2 e 4.

6.6.1 Caratteristiche dei Punti di Indagine

Come indicato nel presente Capitolo, le conoscenze pregresse dei siti di interesse sono desumibili dalle diverse campagne di indagine svolte dal 2010-2011 (in zona San Benigno) fino a quelle più recenti, relative alle 2 campagna geognostica svolte nel 2022 e nel 2023.

Tunnel subportuale

Il tunnel subportuale ha una lunghezza di circa 3.400 m. Come evidenziato nella Figura precedente i punti lungo il tracciato sono stati 24 con distanza non uniforme, in relazione all'interferenza delle aree portuali e delle zone densamente urbanizzate. Il numero totale di campioni analizzati è stato 92.

Il materiale escavato dal tunnel sarà oggetto di caratterizzazione, nell'area di cantiere predisposta presso la calata Concenter. Le condizioni sono indicate nel capitolo dedicato alla fase di corso d'opera, secondo le disposizioni di Allegato 2 e 4. La caratterizzazione avverrà ogni circa 4.000-6.000 mc di materiale, in considerazione delle omogeneità litologica e delle modalità continue di scavo in TBM.

Area di cantiere "Nodo S. Benigno"

Nel nodo di S. Benigno saranno realizzate le operazioni di montaggio della TBM e di tutte le lavorazioni legate a questo equipment, pertanto, si renderà necessaria la creazione di un pozzo da cui sarà avviata la fresa.

Le principali fasi di cantiere, descritte dettagliatamente nel Capitolo 4, sono di seguito riassunte:

1) Fase 1 demolizioni edifici interferenti;
2) Fase 2 realizzazione paratie Sud;

3) Fase 3 deviazione linea ferroviaria portuale e scavo lato Nord;
4) Fase 4 realizzazione delle paratie e del pozzo;
5) Fase 5 realizzazione culle e montaggio della TBM;
6) Fase 6 realizzazione canna Sud;
7) Fase 7 preparazione culla Nord/Sud e nuovo montaggio TBM su culla Nord;
8) Fase 8 realizzazione canna Nord;
9) Fase 9 ultimazione dei lavori.

L'area di cantiere è di circa 50.000 m^2, ma le attività di scavo saranno circoscritte soprattutto all'area di scavo del pozzo per la TBM.

L'urbanizzazione delle aree non ha consentito di procedere ad una caratterizzazione più massiva nell'area in oggetto. Anche in questo caso in linea con quanto prevede l'Allegato 9 del DPR 120/2017 si potrà provvedere alla caratterizzazione in corso d'opera, con prelievi preventivi o in accumulo, una volta che si potrà avere accesso alle aree una volta che gli edifici, tra cui il CSM, vengono demoliti.

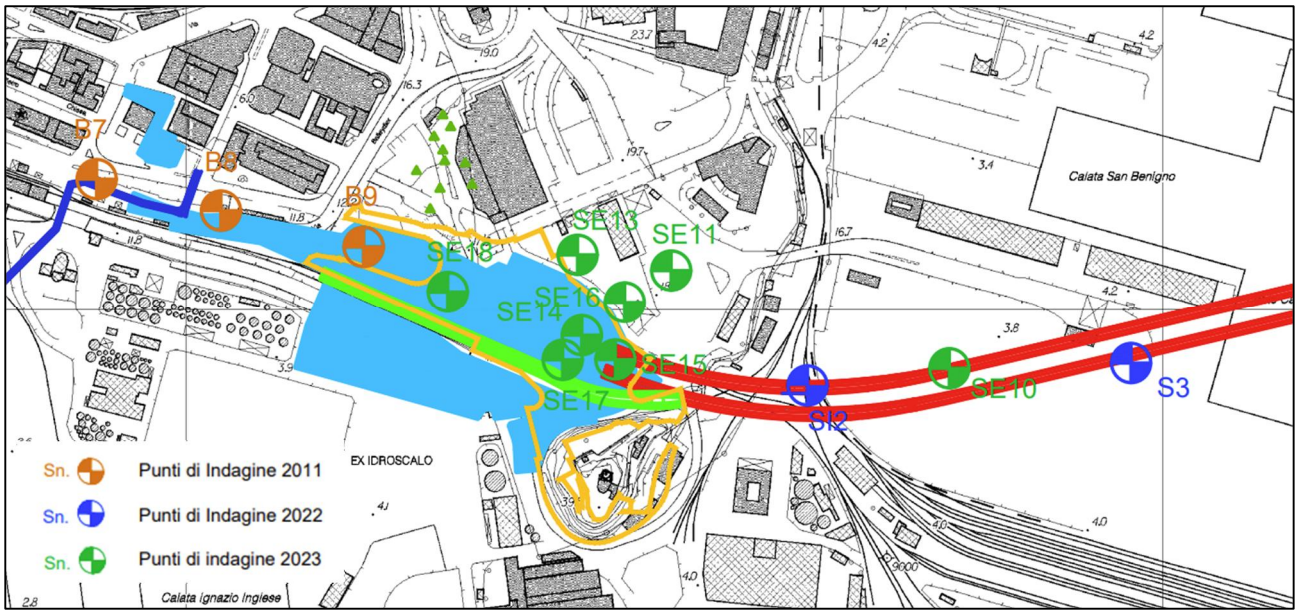


Figura 6-7. *Ubicazione punti di indagine "area di cantiere Nodo S. Benigno"*

Area di cantiere "Madre di Dio"

Gli interventi evidenziati in quest'area comprenderanno la realizzazione della parte terminale delle due gallerie di uscita del tunnel presso lo svincolo denominato Madre di Dio e il loro raccordo con Via delle Casaccie, attraverso la posa di un viadotto, e la modifica dei fornici passanti al di sotto di Via Quadrio.

Le principali fasi di cantiere, descritte dettagliatamente nel Capitolo 3, sono di seguito riassunte:

1) Fase 1 demolizione edifici interferenti;
2) Fase 2 demolizione Sopraelevata interferente con le lavorazioni;
3) Fase 3 realizzazione pali e scavo pozzo rampe di uscita;
4) Fase 4 realizzazione gallerie artificiali e scavo area interessata dalla nuova viabilità;
5) Fase 5 realizzazione nuovi fornici sotto la viabilità di Corso Quadrio e montaggio impalcato;
6) Fase 6 nuova viabilità portuale.

L'area di cantiere è di circa 18.000 mq, ma solo una parte di essa sarà soggetta a scavi e movimentazione del terreno.

Le interferenze con le attività del Porto e l'urbanizzazione non hanno consentito di fare un maggior numero di punti di indagine. Come evidenziato anche nel Parere di Scoping, nel caso non sia stato possibile effettuare preliminarmente una completa caratterizzazione dei materiali, sarà possibile applicare quanto previsto dall'Allegato 9 del DPR 120/2017 e procedere alla caratterizzazione in corso d'opera, con prelievi preventivi o in accumulo.

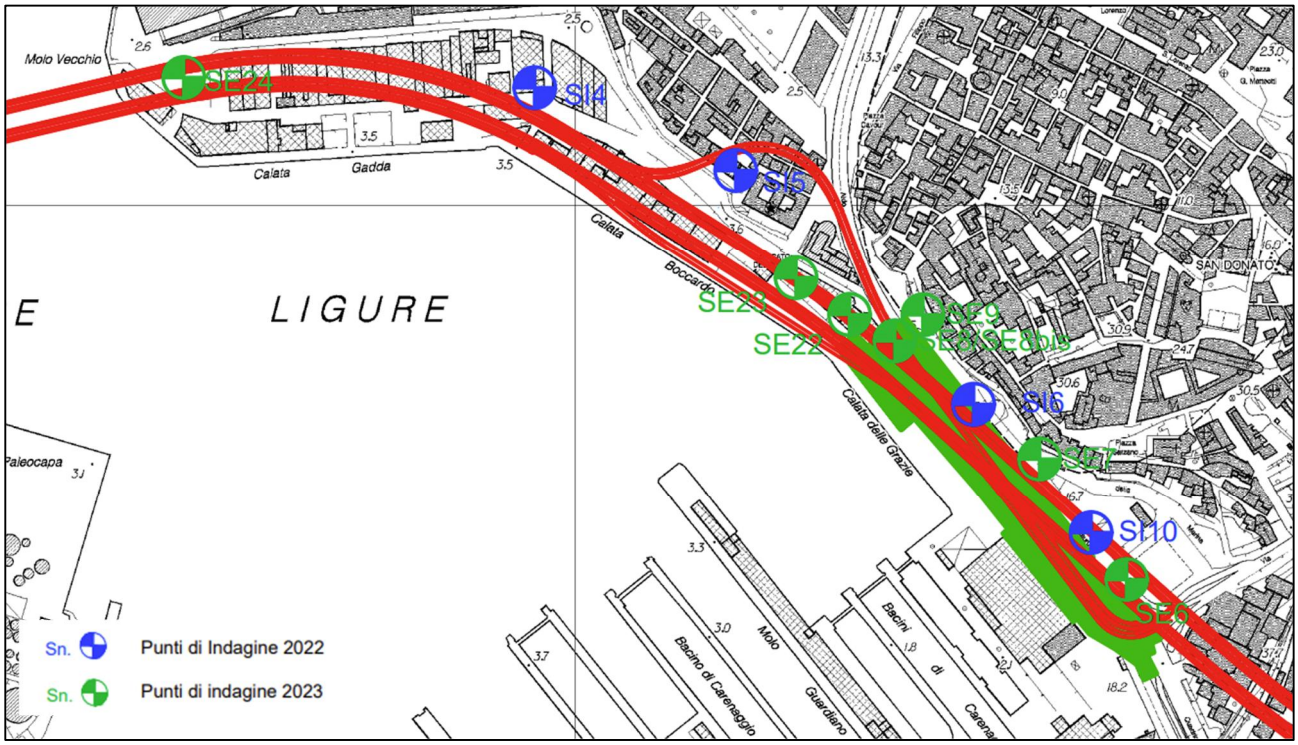


Figura 6-8. *Ubicazione punti di indagine "area di cantiere Madre di Dio"*

Area di cantiere "Imbocco su Viale Brigate Partigiane"

Nell'area di cantiere presso l'imbocco su V.le Brigate Partigiane saranno eseguiti gli interventi riguardanti la realizzazione dell'imbocco Est delle due gallerie del Tunnel, lo scavo del pozzo per lo smontaggio della fresa, la realizzazione dell'impalcato provvisorio e il collegamento della nuova viabilità con quella esistente di Via Brigate Partigiane. L'area di cantiere ha una superficie di 8.000 m², tuttavia, solo una minima parte sarà soggetta a scotico e sbancamento.

Le principali fasi di cantiere, descritte dettagliatamente nel Capitolo 4, sono di seguito riassunte:

1) Fase 1 demolizione edifici interferenti
2) Fase 2 realizzazione impalcato provvisorio
3) Fase 3 opere propedeutiche alla realizzazione dei pozzi per l'uscita della fresa:
4) Fase 4 realizzazione paratia di pali in preparazione dei pozzi, scavo del pozzo Sud, arrivo ed estrazione TBM:
5) Fase 5 scavo pozzo Nord e smontaggio definitivo TBM:
6) Fase 6 chiusura del pozzo Nord e ripristino asse viario Corso Saffi:
7) Fase 7° Rimozione impalcato provvisorio, esecuzione del secondo tratto di gallerie artificiali sotto Corso A. Saffi e primi lavori di realizzazione della nuova viabilità.
8) Fase 7b: Completamento e apertura della nuova viabilità.

Le attività previste pertanto sono prevalentemente associate alle demolizioni degli edifici senza movimentazione di terra. Il Distributore Agip, la cui bonifica sarà onere del proprietario, verrà rimosso seguendo le procedure di verifica di assenza di contaminazione nelle aree circostanti previste dalla legge. In fase di appalto verranno acquisiti i relativi certificati di avvenuta bonifica.

Le uniche attività di scotico e movimentazione terra sono associate ai Giardini Coco per la realizzazione dello scavo del pozzo per il recupero della TBM. In tale area sono stati effettuati due soli sondaggi a fronte dei minimi tre richiesti da DPR 120/2017 in considerazione della scarsa accessibilità dell'area (in pendenza e con presenza di vegetazione e numerose piante).

Come anticipato in linea con quanto prevede l'Allegato 9 del DPR 120/2017 si potrà provvedere alla caratterizzazione in corso d'opera, con prelievi preventivi o in accumulo.

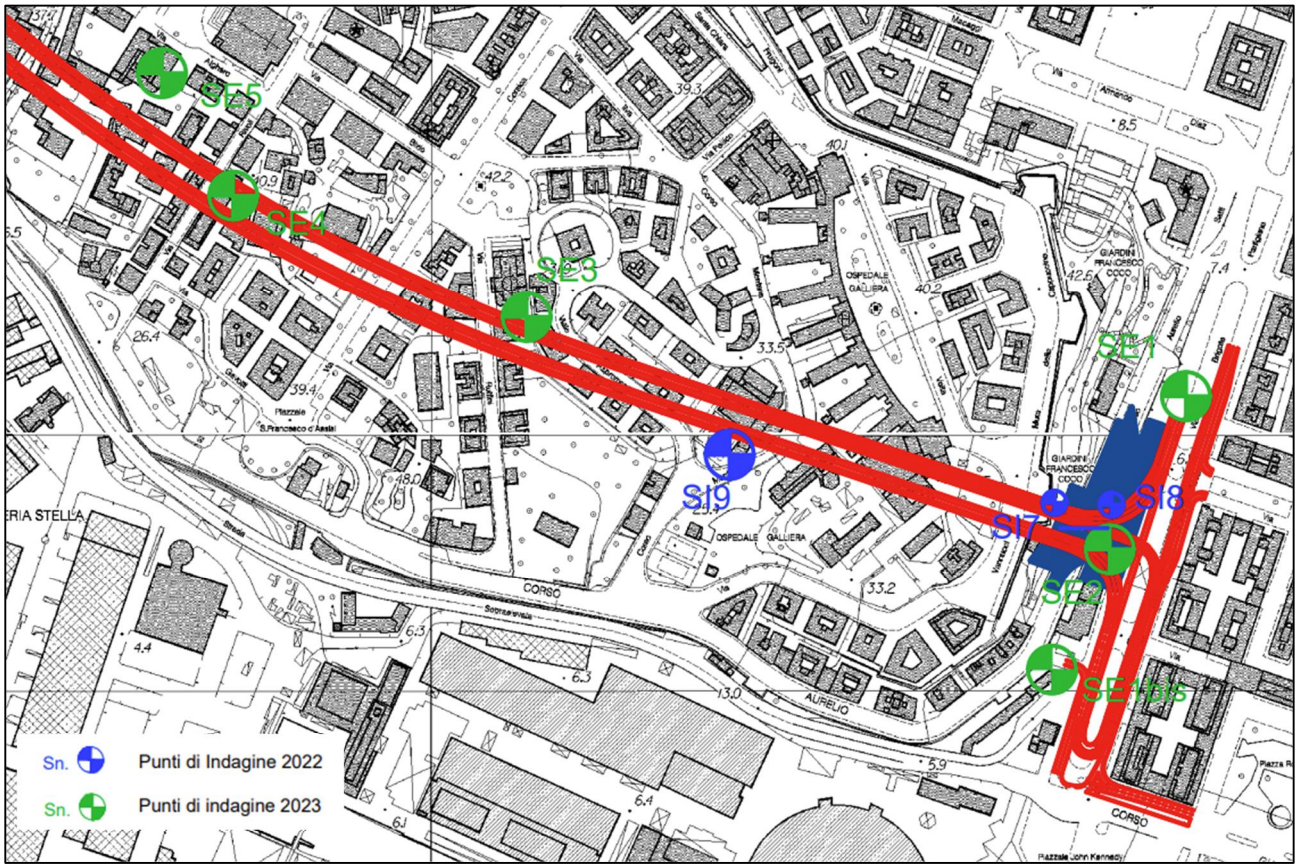


Figura 6-9. *Ubicazione punti di indagine area di cantiere "imbocco su Viale Brigate Partigiane"*

7 DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SCAVO E TECNOLOGIE APPLICATE

L'opera in galleria sarà composta da due canne principali separate, una per ogni direzione di marcia, realizzate mediante scavo meccanizzato a mezzo di TBM. Il diametro di ciascuna canna è pari a 15.935 m.

Limitati tratti in galleria artificiale e in trincea sono previsti in corrispondenza degli imbocchi per raccordare la nuova infrastruttura alla viabilità esistente. Le gallerie saranno sia di tipo policentrico (in corrispondenza dello svincolo Madre di Dio) sia realizzate mediante struttura scatolare (per le fasi definitive) che sarà realizzata previa esecuzione delle opere di contenimento provvisionali (paratie di sostegno in diaframmi/palificate).

L'attività di scavo e riutilizzo può essere articolata e sintetizzata nelle seguenti operazioni:

- operazioni di scavo all'aperto in modalità tradizionale;
- operazioni di scavo in sotterraneo con tecnologia meccanizzata;
- operazioni di carico, trasporto e scarico con mezzi gommati o cingolati;
- operazioni di stesa presso le aree di lavorazione o in cantiere operativo,
- operazioni di trasporto alla destinazione finale con autocarri;
- operazione di utilizzo per reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati con mezzi tradizionali.

Di seguito si elencano i principali mezzi e tecnologie:

- macchina TBM Hydroshield con sistema di trasporto slurry ed impianto di separazione;
- pale meccaniche gommate o cingolate,
- escavatori meccanici con benna o martellone,
- automezzi da carico (articolati, dumper, camion);
- trivelle di perforazione;
- autobetoniera e pompa spritz.

Inoltre, come specificatamente richiesto dal DPR 120/2017 in Allegato 5, sono individuate in paragrafo dedicato, le operazioni di normale pratica industriale previste all'interno dei cantieri per migliorare le caratteristiche tecniche e prestazionali dei materiali scavati.

7.1 OPERE IN SOTTERRANEO

La maggior parte del tracciato, tra le progressive 0+072 e 3+492 circa, si sviluppa in sotterraneo ed è realizzata mediante scavo meccanizzato con fresa TBM scudata, ad attacco integrale, a contropressione al fronte con fanghi bentonitici, tipo Hydroshield, in grado di affrontare lo scavo in terreni incoerenti o poco coerenti anche in presenza di falda, con la capacità di adattarsi alla variabilità imposta dal contesto geotecnico lungo il tracciato ed all'eterogeneità dei materiali tramite l'utilizzo di un fluido bentonitico quale mezzo di sostegno del fronte per il trasporto del materiale scavato utilizzando un circuito idraulico "slurry".

Questa tecnologia di scavo meccanizzata risulta particolarmente efficace nella gestione delle problematiche ambientali connesse con l'attraversamento delle tratte del Tunnel in progetto: essa infatti:

7) consente di concentrare su un solo imbocco gli impatti prodotti dagli scavi in sotterraneo;
8) produce una pezzatura di smarino che permette di utilizzare sistemi di trasporto meno impattanti sull'ambiente antropizzato circostante, quali i tubi di pompaggio;
9) riduce drasticamente la produzione di polveri nell'ambiente di lavoro.

La TBM è l'impianto principale, ma a supporto di essa vi saranno anche:

10) il circuito slurry per il trasporto dello smarino,
11) l'impianto di separazione per il recupero del fluido bentonitico e la separazione del materiale di scavo,
12) i nastri trasportatori per il trasferimento del materiale all'edificio silo di classificazione,
13) il mezzo porta conci per il trasporto degli elementi in calcestruzzo che costituiranno il rivestimento della galleria naturale e le gru a cavalletto che permetteranno la logistica di movimentazione e sollevamento dei conci.

Le due canne saranno scavate procedendo dall'imbocco Ovest verso l'imbocco Est, quindi nel verso delle progressive decrescenti. In prima fase verrà scavata la canna Sud, la macchina verrà poi smontata e recuperate dal pozzo dell'imbocco est e rimontata nel pozzo ovest lato San benigno per procedere con lo scavo in canna Nord.

Nel mezzo della tratta sottomarina, coincidente con il punto di minimo del tracciato, sarà posizionato un by-pass pedonale di emergenza. Lo scavo di questo by-pass risulta critico in termini di controllo delle venute d'acqua e della stabilità.

7.1.1 La TBM a fluido bentonitico (HydroShield)

La fresa TBM modello Hydroshield, utilizzata per lo scavo della galleria, si differenzia dalla tipologia EPB perché l'applicazione della pressione alla testa di scavo avviene attraverso l'utilizzo di un fluido bentonitico. In questa tipologia di macchina vi è la presenza di una doppia camera per generare la contropressione al fronte. La prima camera retrostante la testa di scavo (camera di scavo) è completamente piena di fluido bentonitico mentre una camera retrostante, collegata alla prima attraverso una apertura nella parte inferiore, presenta una bolla d'aria nella parte superiore. Proprio questa bolla d'aria permette una precisa regolazione della pressione di supporto che, grazie al principio dei vasi comunicanti, si trasmette nella camera di scavo e quindi al fronte. In questo modo, il sistema di regolazione della pressione al fronte è totalmente svincolato dal sistema di smarino, infatti la bolla d'aria viene alimentata da un sistema di valvole tipo Samson che permettono una regolazione con precisione di 0.1 bar mentre potenti pompe centrifughe vengono dedicate alla estrazione dello smarino (mescolato con il fluido bentonitico). Un ulteriore circuito è invece dedicato al rifornimento di fluido bentonitico fresco in modo da mantenere il livello di riempimento entro il range di lavoro.

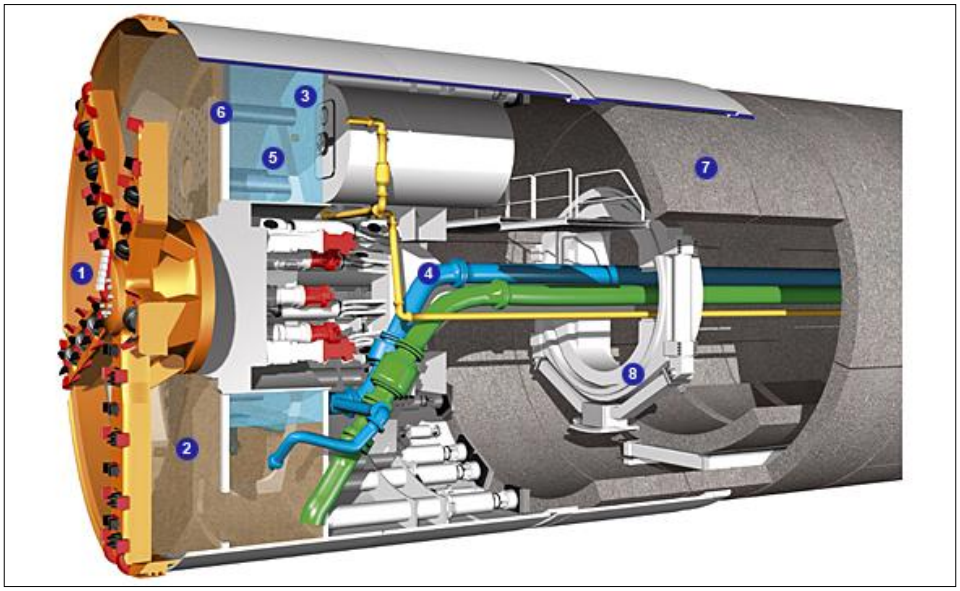


Figura 7-1 Esempio Modello TBM

Nella fresa modello Hydroshield, una testa fresante su cui sono installati gli utensili di taglio asporta il materiale dal fronte attraverso la rotazione. La stabilità del fronte e la contropressione è garantita dal fluido bentonitico presente in camera di scavo. Il materiale abbattuto si amalgama al fluido bentonitico e viene asportato dalla camera di scavo attraverso la tubazione di ritorno del circuito slurry. Per evitare che pezzature di materiale estratto troppo grandi possano creare problemi nella fase di trasporto attraverso la tubazione la macchina presenta nella camera di scavo un frantumatore anteposto ad una griglia di accesso del materiale abbattuto. Il frantumatore, a mascelle, viene attivato dall'operatore della fresa che, leggendo le variazioni di pressione portata sulla linea di aspirazione, si accorge della presenza di ostacoli che devono essere ridotti in pezzatura.

Nella seconda camera viene regolata la pressione della bolla d'aria al fine di garantire una costante risposta alla pressione riscontrata al fronte. Il sistema prevede quindi un circuito chiuso del fluido bentonitico che attraversa un impianto di separazione necessario al recupero del fluido bentonitico e all'asportazione/allontanamento del materiale abbattuto. Il sistema di separazione viene normalmente installato nell'area di cantiere e quindi sono necessarie due tubazioni di grande diametro lungo tutta la galleria ed eventualmente diverse stazioni di rilancio proprio per il trasporto dello slurry (materiale di scavo + acqua + bentonite) dalla fresa all'impianto e l'approvvigionamento della camera di scavo di nuova miscela bentonitica.

Per il trasporto lungo la galleria sarà necessaria una doppia tubazione equipaggiata con pompe di rilancio. Una linea serve per pompare il materiale fuori dalla galleria mentre l'altro serve per l'alimentazione di fluido al circuito.

L' avanzamento prevede che dopo la fase di scavo un braccio meccanico vada ad installare l'anello di rivestimento costituito da segmenti prefabbricati. Sui conci si attesteranno i martinetti di spinta idraulici che permetteranno allo scudo di avanzare all'interno della formazione. Anche in questo caso è presente un sistema di iniezione per il riempimento a tergo dei conci di una boiacca cementizia e un sistema di tenuta dello scudo rispetto al terreno circostante con spazzole metalliche intervallate da un grasso di tenuta.

La particolarità di una TBM modello Hydroshield risulta quindi la presenza di un impianto slurry per la generazione ed il trasporto del fluido bentonitico e di un sistema di separazione del fluido bentonitico con il materiale scavato.

Sezione tipologica e diametro di scavo

L'opera in galleria sarà composta da due canne principali separate, una per ogni direzione di marcia.

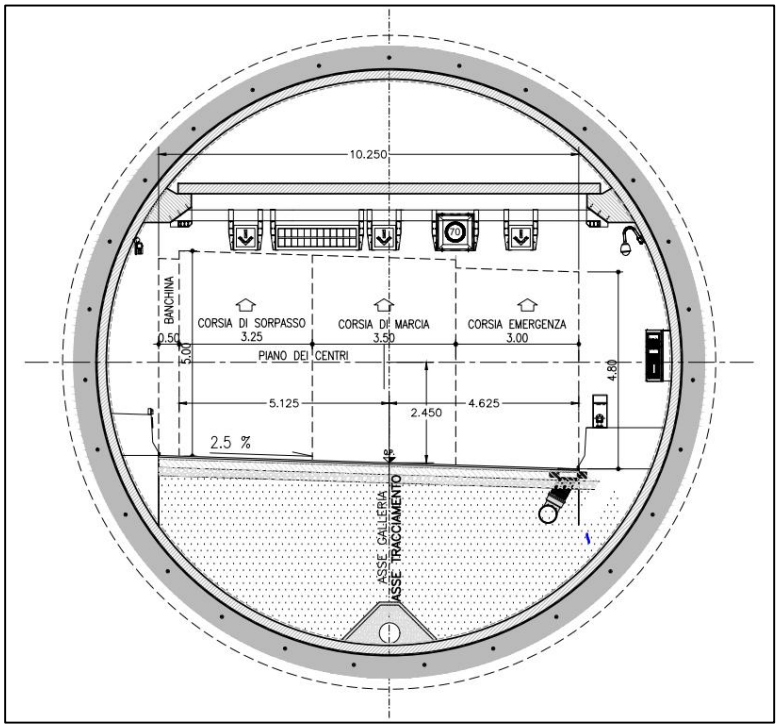


Figura 7-2 Sezione tipo in galleria naturale

La sezione libera interna di ciascuna canna è pari a circa 149.6 m². La sezione di scavo in meccanizzato, ad esclusione dei fuori scavo, risulta pari a 199.43 m². Il diametro esterno dell'anello in conci prefabbricati è pari a 15.4m e lo spessore dei conci è pari a 0.55m per un diametro interno di 14.3m. L'anello sarà composto da 9+0 o 8+1 conci (da definirsi in fase di PE), di lunghezza pari a 1.80 m. I conci saranno forniti di una guarnizione in gomma EPDM all'estradosso e connessi con bulloni fra i giunti longitudinali (concio-concio) e connettori fra i giunti trasversali (anello-anello). Un ulteriore rivestimento anulare definitivo in calcestruzzo gettato in opera dello spessore di 0.25m è stato previsto al fine di assicurare la completa tenuta idraulica della sezione in particolare nelle zone che sotto attraversano il golfo portuale. Fra l'anello in conci prefabbricati e il rivestimento gettato in opera sarà interposto il telo di impermeabilizzazione.

Pertanto, la sezione interna libera di galleria è circolare con diametro pari a 13.8 m.

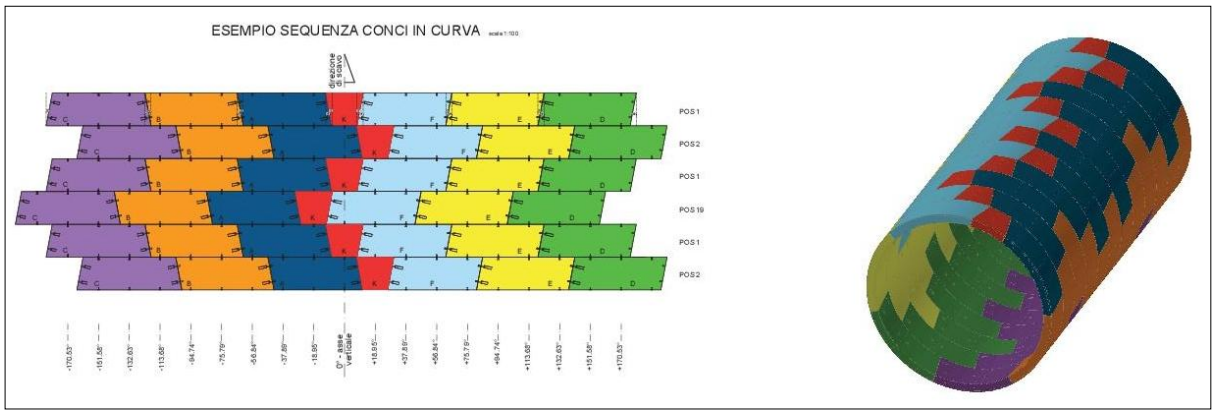


Figura 7-3 Tipologico anello in conci ed esempio di sequenza di montaggio dell'anello con concio di chiave

Gli elementi prefabbricati in calcestruzzo devono presentare una elevata resistenza meccanica e precisione geometrica. La tenuta idraulica del rivestimento sarà garantita da una guarnizione in gomma montata sul perimetro del concio e da iniezioni a tergo del concio che vanno ad intasare lo spazio anulare fra profilo di scavo ed estradosso concio. Tali iniezioni verranno sparate in continuo a tergo dello scudo onde cementare l'anello e riempire il prima possibile lo spazio anulare contrastando l'innesco di potenziali fenomeni di volume perso in superficie.

Nel progetto si è previsto di utilizzare un anello di tipo universale. Mediante la rotazione dell'anello rispetto al proprio asse è possibile sfalsare i giunti longitudinali tra i conci e seguire l'andamento plano-altimetrico del tracciato. I conci verranno assemblati all'interno dello scudo e collegati gli uni agli altri mediante barre guida e bulloni lungo i giunti longitudinali e bulloni lungo i giunti circonferenziali.

La macchina di scavo esegue la spinta per l'avanzamento attraverso una serie di martinetti agenti sui conci in precedenza montati. Il calcolo delle spinte necessarie all'avanzamento verrà dettagliato in fase di Progetto Esecutivo anche se una stima delle spinte massime è fornita. I limiti di pressione di scavo sono stati già dettagliati in questa fase di PD. Tali pressioni risultano compatibile con i valori operativi di scavo della macchina di scavo.

Specifiche tecniche del circuito slurry

Il circuito slurry di smarino svolge la funzione di trasporto idraulico dalla TBM all'impianto di separazione installato in area di cantiere e la restituzione di una sospensione di fluido bentonitico a densità controllata nel senso inverso. Il fluido bentonitico è costituito da una miscela di acqua e bentonite le cui caratteristiche reologiche permettono di ottimizzare i parametri di funzionamento (ad esempio velocità del fluido all'interno delle tubazioni) e di permettere la corretta applicazione della pressione di supporto al fronte di scavo.

Il circuito slurry è costituito dai seguenti elementi principali:

- circuito di mandata, che ha il compito di portare il fluido a densità controllata dall'impianto di separazione alla TBM
- circuito di ritorno, che ha il compito di trasportare il fluido con il materiale di scavo dalla TBM all'impianto di separazione
- impianto di by-pass, che ha il compito di sezionare il circuito in sub-circuiti in modo da permettere le operazioni di manutenzione, anche in funzione della diversa inclinazione delle gallerie
- stazioni di rilancio lungo la galleria

Il sistema di saracinesche dell''impianto dovranno essere automatizzate per il controllo da remoto lungo il tracciato delle tubazioni.

Impianto di separazione

L'impianto di separazione svolge la funzione di estrazione del materiale di scavo dal circuito slurry (linea di ritorno) al fine di recuperare il fluido bentonitico che viene inviato nuovamente in galleria dove dovrà raccogliere nuovo materiale di scavo (linea di mandata).

L'impianto di separazione è formato almeno dai seguenti elementi:

- vaglio primario, che esegue la prima separazione della pezzatura più grossolana (per esempio superiore a 14mm)
- vaglio secondario, che esegue la seconda separazione (per esempio superiore a 3mm)
- ciclone primario, che recupera la frazione con dimensione, per esempio, superiore a 100µm
- ciclone secondario, che recupera la frazione con dimensione, per esempio, superiore a 30µm

Il fluido che risulta dopo i 4 passaggi qui sopra riportati contiene la Bentonite recuperata e la porzione di materiale di scavo inferiore a 30µm (in accordo agli esempi sopra riportati), questo fluido ritorna quindi nella TBM: la bentonite viene accumulata nel serbatoio di "guida", il serbatoio alimenta la prima stazione di pompaggio del circuito di mandata che, supportata da eventuali stazioni di rilancio, alimenta la camera di scavo della TBM.

Il serbatoio di "guida" è affiancato da serbatoi di compenso che lo alimenteranno durante la fase di scavo: con l'aumento della lunghezza della galleria aumenterà il volume totale di fluido bentonitico all'interno del circuito. I serbatoi devono essere dimensionati per permettere l'avanzamento della TBM alla velocità di avanzamento massima.

Inoltre, sia in funzione della geologia oggetto di scavo che in funzione della tipologia di Bentonite utilizzata, il circuito slurry ha bisogno di essere ricaricato di miscela bentonitica: In funzione della frazione fine contenuta nel marino la bentonite si contaminerà aumentando il peso specifico del fluido di trasporto, la bentonite "esausta" dovrà essere spillata ed il volume ripristinato per compensare la perdita durante il processo.

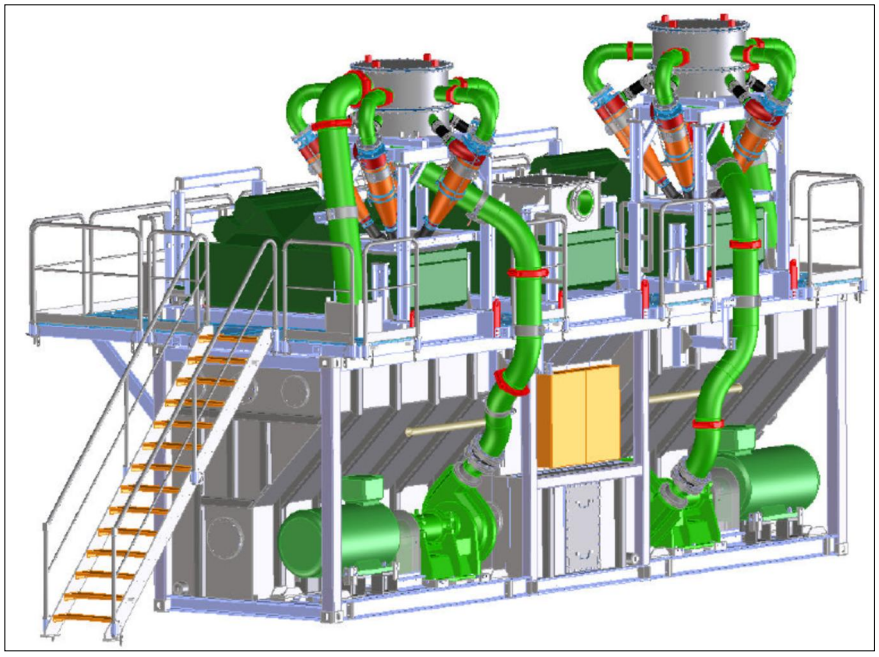


Figura 7-4 Modulo di impianto di separazione da cantiere

L'impianto di miscelazione è solitamente costituito da silos di stoccaggio con bentonite secca con opportuni sistemi di spillaggio e miscelatore. Il miscelatore potrà essere di tipo con pompa di ricircolo o "water jet" ma dovrà garantire una produttività in grado di sostenere la richiesta di ripristino prevista.

A monte della stazione di rilancio sono installati sensori di densità del fluido e misuratori di portata e pressione. In funzione della variazione dei parametri del fluido di ritorno e di verifica delle caratteristiche della bentonite circolante, diventa necessario sostituire una parte di miscela "esausta" con miscela fresca.

La miscela che viene rimossa dal circuito viene stoccata in appositi serbatoi (opportunamente dimensionati) e quindi smaltita attraverso filtropresse o centrifughe che riducono il contenuto di acqua nei fanghi di risulta.

Microtunneling per lo scavo dei bypass pedonali

La metodologia del "micortunnelling" o "pipe jacking" qui presentata come opzione di scavo alternativa allo scavo in tradizionale dei By-Pass pedonali sarà implementata mediante l'utilizzo di una fresa slurry di piccole dimensioni, per la realizzazione appunto dei by-pass pedonali di collegamento tra le due canne lungo l'asse del tracciato.

La fresa presenta tutte le principali caratteristiche delle macchine principali: si basa su un circuito di supporto al fronte e di smarino con fluido bentonitico per cui il materiale è isolato dal fronte. A differenza della galleria principale il contrasto per l'avanzamento non è costituito dal rivestimento in anelli prefabbricati: il contrasto è costituito da una struttura di spinta compresa nella progettazione della Fresa, ed il rivestimento è spinto in avanti con tutta la testa fresante.

Il rivestimento definitivo del by-pass pedonale realizzato con scavo in meccanizzato sarà costituito da un anello continuo in calcestruzzo prefabbricato.

Di seguito si propone uno schema tipo di una fresa slurry da utilizzare per il microtunneling dei by-pass pedonali.

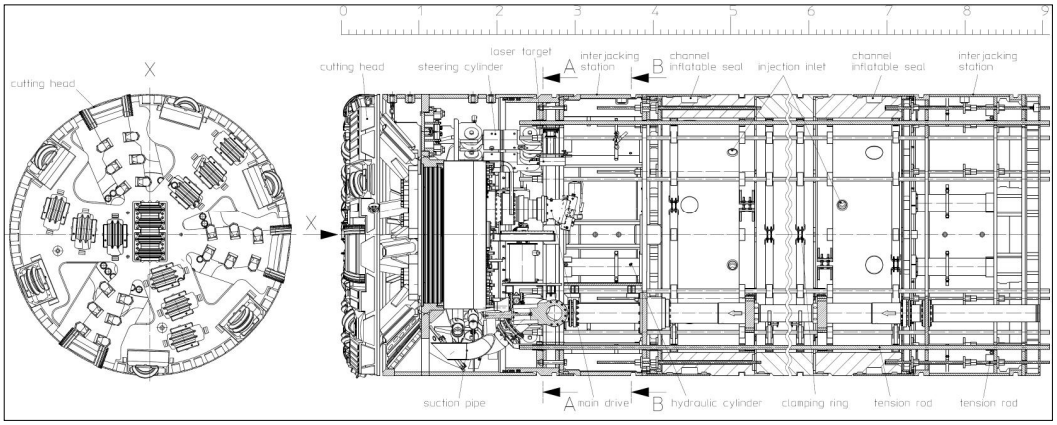


Figura 7-5 Schema tipologico di fresa slurry utilizzata per il microtunneling dei by-pass pedonali

7.2 OPERE ALL'APERTO

7.2.1 Scavi da scotico

Per gli scavi di scotico, sono utilizzati mezzi dotati di lame e/o benna che a più passaggi asportano gli strati di materiale accantonandolo ai lati del sedime di intervento. In alternativa il materiale è depositato temporaneamente o in prossimità dello scavo stesso o in uno spazio dedicato comunque all'interno della stessa area operativa di cantiere in attesa o del successivo reimpiego per rilevati e rimodellamenti, sistemazioni di aree di imbocco o di cantiere.

7.2.2 Scavi da sbancamento

Per gli scavi di sbancamento sono usati prevalentemente escavatori meccanici cingolati. In relazione alla tipologia di scavo da eseguire, alla profondità e quantità di materiale da scavare, all'escavatore può essere affiancata una pala caricatrice che provvede a caricare i mezzi di trasporto utilizzati per lo spostamento del materiale scavato all'interno del cantiere. Accertate le caratteristiche geotecniche e geologiche, il materiale può essere accantonato in prossimità dello scavo per il successivo riutilizzo (riempimenti, sagomature, finiture finali e/o modellamenti per mitigazioni ambientali) all'interno dello stesso sito di scavo o depositato temporaneamente in un'area all'interno della stessa area operativa di cantiere limitando il trasporto ad una distanza estremamente ridotta dalla zona di scavo.

7.2.3 Rinterri e ritombamenti

La lavorazione consiste nella chiusura di scavi eseguiti con materiali inerti e/o materiali di risulta provenienti da scavo fino alla sistemazione del piano secondo progetto.

L'attività è composta unicamente dalla messa in opera e stesa del materiale mediante escavatore.

7.2.4 Formazione rilevati e rimodellamenti

La lavorazione consiste nella formazione di rilevati con materiali inerti e/o materiali di risulta e/o terreno vegetale provenienti da attività di scavo o scotico fino alla quota di progetto.

La prima parte dell'attività consiste nella posa in opera del materiale direttamente attraverso il ribaltamento del cassone del camion e la stesa mediante grader. Successivamente si procede alla compattazione del materiale previa bagnatura del terreno stesso.

La lavorazione è composta quindi da quattro attività che si esplicano in due fasi distinte:

a) Fase 1:
- Messa in opera del materiale mediante scarico diretto dal camion;
- Stesa del materiale mediante grader.

b) Fase 2 (solo per la formazione dei rilevati):
- Bagnatura del terreno;
- Compattazione a macchina del terreno.

La lavorazione consiste nella formazione di rilevati con materiali inerti e/o materiali di risulta e/o terreno vegetale provenienti da attività di scavo o scotico fino alla quota di progetto.

I materiali da scavo destinati alla realizzazione dei rilevati, già in possesso delle caratteristiche di qualità ambientale, possono essere posti in opera tal quali oppure, nel caso in cui sia richiesta una notevole capacità portante, possono essere rafforzati mediante operazioni volte a conferire le caratteristiche meccaniche funzionali all'utilizzo finale previste per il materiale stesso.

Tali usuali metodologie, che trovano impiego anche su materie prime quali terre e rocce estratte da cava oppure su terreno naturale in posto privo delle sufficienti caratteristiche geomeccaniche, sono regolate da norme e specifiche tecniche valide per le opere di ingegneria stradale (v. ad es. UNI EN 14227-11).

7.2.5 Formazione delle sottofondazioni e fondazioni di pavimentazione

L'attività consiste nella posa in opera del misto cementato o misto granulare costituenti gli strati di sottofondazione e fondazione delle pavimentazioni rigide, semirigide o flessibile.

La lavorazione è composta da tre attività elementari che si esplicano in due fasi:

a) Fase 1
- Messa in opera del materiale mediante scarico diretto dal camion;
- Stesa del materiale mediante grader;

b) Fase 2
- Compattazione a macchina del terreno

Nella formazione delle sottofondazioni in misto cementato o misto granulare le azioni di messa in opera e stesa del materiale avvengono in parallelo. Successivamente il rullo esegue la compattazione del terreno.

7.3 NORMALE PRATICA INDUSTRIALE

Con riferimento all'art. 2, comma 1, lettera o) e all'art. 4, comma 2, lettera c) del Regolamento ministeriale dedicato alle operazioni di normale pratica industriale condotte nei cantieri si riassumono di seguito le informazioni disponibili in relazione al livello di progettazione attuale.

Le operazioni di normale pratica industriale sono finalizzate a migliorare le caratteristiche merceologiche, tecniche e prestazionali dei materiali da scavo per il loro utilizzo, con riferimento a quanto indicato all'allegato 3 del Regolamento.

Le lavorazioni previste in progetto sui materiali di scavo per ottimizzarne l'utilizzo costituiscono, ai sensi dell'Allegato 3 del Regolamento, un trattamento di normale pratica industriale in quanto non incidono sulla classificazione come sottoprodotto dei materiali da scavo, non ne modificano le caratteristiche chimico-fisiche bensì consentono di rendere maggiormente produttivo e tecnicamente efficace l'utilizzo di tali materiali (in sostanza si tratta delle stesse lavorazioni che si praticano sui materiali di cava proprio per ottimizzarne l'utilizzo), ferma restando la compatibilità delle frazioni ottenute con i siti di destinazione.

È previsto il riutilizzo dei riporti scavati dalle zone aperte (comunque vagliati e frantumati in cantiere) ed anche, eventualmente, il riutilizzo in rilevato. Si ipotizza il ricorso per parte dei volumi di procedure di miglioramento delle caratteristiche prestazionali con calce/cemento per il riutilizzo in opera.

Le operazioni di normale pratica industriale previste in progetto, oltre alle tecniche già indicate al capitolo precedente sono di seguito descritte.

7.3.1 Vagliatura

La vagliatura è realizzata tramite macchinari idonei che consentono la separazione delle diverse granulometrie. Il sistema di vagliatura del materiale è previsto all'interno del cantiere operativo situato nelle aree del cantiere di San Benigno a supporto delle lavorazioni lungo il tracciato.

7.3.2 Frantumazione

L'impianto di frantumazione consente la frantumazione del materiale lapideo per produrre una geometria del materiale a spigoli vivi avente una granulometria che rientri nel fuso granulometrico da utilizzare per la realizzazione delle opere a progetto in terra (rilevati, sottofondazioni per pavimentazioni, ritombamenti, modellazioni morfologiche, sistemazioni ambientali). Il sistema di frantumazione del materiale è previsto all'interno del cantiere operativo situato nelle aree del cantiere di San Benigno a supporto delle lavorazioni.

7.3.3 Riduzione elementi/materiali antropici

Tra le operazioni di normale pratica industriale, sempre ai sensi dell'allegato 3 del Regolamento, è considerata anche la possibilità di eseguire operazioni manuali o meccaniche finalizzate alla riduzione della quantità di materiale antropico presente nei volumi di terreno scavati.

7.3.4 Utilizzo di miscele di perforazione

Nella fase di realizzazione di opere strutturali e idrauliche (a protezione di scavi profondi ecc.), vengono eseguiti lavori di perforazione di pozzi o scavi di paratie.

Lo scavo per pali e/o diaframmi viene spesso realizzato a partire dal piano campagna secondo allineamenti delimitati mediante la formazione di appositi cordoli guida in c.a.. Il sostentamento delle pareti di scavo viene garantito attraverso l'impiego di miscele cementizie o bentonite.

Tali miscele fluide, per perforazioni hanno alcune peculiarità che permettono maggiori velocità di avanzamento e quindi maggiori produzioni in minor tempo, miglior protezione da cedimenti o franamenti, maggiore stabilità per la ridotta presenza di acqua libera e maggior protezione delle falde stesse.

L'uso di miscele per perforazioni deve garantire la tutela delle qualità ambientali dei terreni e delle falde acquifere interferite, in tal senso la scelta dei prodotti per la formazione delle miscele deve avvenire sulla base delle caratteristiche intrinseche dei prodotti stessi. Dovranno essere impiegate miscele ambientalmente compatibili per le quali dovranno essere dichiarate le informazioni ecologiche e chimico-fisiche, ma anche altre proprietà quali ad esempio: grado di tossicità, capacità legante e ossidante, solubilità, infiammabilità, corrosività e biodegradazione, contenuto di polimeri di origine organica, ecc. Non potranno essere presi in considerazione prodotti e additivi le cui schede presentino insufficienti informazioni sul comportamento ambientale.

Sull'impiego della bentonite si inquadra quanto già indicato nei paragrafi precedenti.

La bentonite

Lo scavo meccanizzato con TBM scudata di Hydroshield consente di utilizzare un fluido bentonitico quale mezzo di sostegno del fronte e di utilizzare lo stesso fluido per il trasporto del materiale scavato utilizzando un circuito idraulico "slurry". Questa tecnologia di scavo meccanizzata risulta particolarmente efficace nella gestione e nell'attraversamento di ammassi rocciosi interessanti.

La stabilità del fronte è garantita dal fluido bentonitico presente in camera di scavo. Il materiale abbattuto forma una sospensione con il fluido bentonitico e viene asportato dalla camera di scavo attraverso la tubazione di ritorno del circuito slurry. Per limitare la possibilità che pezzature di materiale estratto troppo grandi possano creare problemi nella fase di trasporto attraverso il circuito slurry, la macchina presenta a tergo della camera di scavo un frantumatore (a rulli o a mascelle).

Il sistema prevede un circuito del fluido bentonitico che utilizza un impianto di separazione per il recupero del fluido bentonitico e la separazione del materiale abbattuto.

Il circuito slurry di smarino svolge la funzione di trasporto idraulico dalla TBM all'impianto di separazione installato in area di cantiere e la restituzione di una sospensione di fluido bentonitico a densità controllata nel senso inverso. Il fluido bentonitico è costituito da una miscela di acqua e bentonite le cui caratteristiche

reologiche permettono di ottimizzare i parametri di funzionamento (ad esempio velocità del fluido all'interno delle tubazioni) e di permettere la corretta applicazione della pressione di supporto al fronte di scavo.

Il circuito di trasporto si basa su di un fluido di trasporto costituito da una sospensione di acqua e bentonite.

La bentonite è un'argilla di origine naturale, che viene comunemente utilizzata nei lavori per le sue proprietà: essendo un minerale argilloso a tre strati di smectite, è costituita da particelle che vanno dal nanometro al micrometro e che hanno diverse cariche elettriche sulla loro superficie (carica negativa) e sui loro bordi (carica positiva).

A causa del loro carattere colloidale, le cariche elettriche esterne o interne hanno un notevole impatto sul comportamento strutturale della bentonite. Le proprietà reologiche di una sospensione bentonitica sono quindi influenzate principalmente dalla microstruttura del sistema colloidale che spiega il comportamento tissotropico del fango bentonitico (fluido-come in movimento, gel-come a riposo). La stabilità della sospensione e quindi il suo comportamento come mezzo di supporto e di trasporto, si basa sulle forze di attrazione e repulsione tra le particelle disperse nel liquame.

Il fornitore del circuito slurry dovrà dare indicazione delle principali caratteristiche reologiche della miscela bentonitica per il corretto funzionamento del circuito stesso.

In tal senso la scelta ottimale della miscela sarà testata in fase di cantiere: non si può escludere che, in presenza di acque di falda interferenti particolarmente ricche di sali o aggressive, si debba ricorrere all'utilizzo di additivi polimerici sempre a base naturale vegetale (ad es. tipo cellulosa) per mantenere efficiente il sistema. Si evidenzia tuttavia che l'eventuale ricorso a sostanze additivanti, comunque di origine naturale, risulterà essere in percentuali estremamente ridotte rispetto al volume di scavo di riferimento.

Dalle caratteristiche tecniche e naturali dell'argilla bentonica, si evidenzia l'assenza di problematiche sul comportamento chimico e di criticità per la compatibilità ambientale dei materiali escavati.

7.4 GESTIONE DEI MATERIALI IDENTIFICATI COME RIFIUTI

Tutti i materiali da scavo, che non rispettano le condizioni esposte per il riutilizzo in sito o in siti diversi da quello di scavo, saranno sottoposti alle disposizioni vigenti in materia di rifiuti riportate nella Parte IV "Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinanti", ai sensi dell'art. 183 comma 1 lett. a) del D.Lgs. 152/06 e ss.mm. L'eventuale deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo gestite come rifiuti avrà come riferimento normativo l'art. 23 del DPR n. 120/2017.

Inoltre, le seguenti tipologie di materiali sono identificate quali rifiuto e quindi opportunamente gestiti, preferendo il recupero in impianto autorizzati ed in alternativa l'allontanato dal cantiere per lo smaltimento in discariche:

- i fanghi di risulta derivanti da perforazioni per la realizzazione di pali e dalla eventuale bagnatura per l'abbattimento delle polveri durante gli scavi;
- i materiali derivanti da smantellamento di strutture preesistenti (ad es. opere in c.a., massicciate stradali, fresatura asfalti, ecc);
- il materiale di risulta dal processo di sedimentazione, costituito da polveri di perforazione, boiacche e additivi, e derivato dalla raccolta e trattamento delle acque di lavorazione.
- Il materiale residuo dal processo di riduzione del contenuto attraverso filtropresse.

Sebbene le indagini cognitive di progetto non abbiano dato particolari evidenze, se non alcuni rilievi al momento di carattere puntuale ed in parte non interessati direttamente da scavi, si specifica che, se emergeranno aree o porzioni di scavo con percentuali superiori al 20% di frammenti di origine antropica nel volume dei materiali di riporto, questi dovranno essere sottoposti alle medesime disposizioni vigenti in materia di rifiuti.

Il materiale qualificato quale rifiuto sarà poi gestito internamente alle aree a servizio della cantierizzazione, con le modalità ed indicazioni che saranno definite nella fase esecutiva con le disposizioni d'appalto, e con la predisposizione di aree adeguate, delimitate ed identificate con apposita cartellonistica con l'obbligo di differenziare ogni specifico codice CER individuato, separando eventuali i rifiuti pericolosi da quelli non pericolosi e da quelli in attesa di codifica.

8 BILANCIO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

L'intervento in progetto risulta avere uno sviluppo lineare di circa 3.500 m, e presenta articolazioni in più ambiti di intervento, come descritto. Gli scavi previsti sono nella maggior parte in sotterraneo, sia con tecnica meccanizzata che tradizionale. Gli scavi all'aperto sono particolarmente concentrati nell'area di ponente presso il Nodo di san Benigno, completati da interventi più limitati nella zona centrale di S. Madre di Dio e verso levante, lungo Via Brigate Partigiane. Agli ambiti di lavorazione degli scavi sono aggiunte le aree di cantiere e deposito. Queste aree sono realizzate in contesti antropizzati e prevedono operazioni propedeutiche di demolizione e di realizzazione di pacchetti di pavimentazioni dedicati, con apprestamenti idonei anche alla gestione per la mitigazione ambientale.

La gestione dei materiali da scavo avviene nell'ambito della Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., nell'ipotesi di un inquadramento a sottoprodotto (rif. art. 184bis), di cui il presente elaborato rappresenta il Piano di Utilizzo ai sensi dell'art. 8 del DPR 120/2017. Allo stesso tempo come indicato in premessa e nel quadro normativo introduttivo, una parte dei materiali di scavo invece è gestita come sottoprodotti per l'immersione in mare ai sensi dell'art. 109 D.Lgs. 152/2006 per il riempimento definitivo della calata Bengasi e della calata Concenter (area di cantiere principale) e per il riempimento provvisorio in calata Giaccone.

8.1 AMBITI DI GESTIONE DELLE TERRE DA SCAVO

Sulla base degli interventi descritti, sono stati individuati 3 ambiti lungo l'intero tracciato, la cui disposizione è esplicitata negli elaborati grafici riportati in Allegato. Questa suddivisione in ambiti risulta funzionale anche per le disposizioni di movimento materiali da scavo descritte dal presente Piano di Utilizzo.

Gli ambiti, così individuati, risultano infatti essere simili per caratteristiche ambientali e geologiche; allo stesso tempo rispondono a medesime peculiarità progettuali (ad es. lo smarino escavato in sotterraneo dalle gallerie e parzialmente riutilizzato per il riempimento delle stesse in arco rovescio). Questo tipo di inquadramento è utile in funzione anche di alcune superfici limitate per la realizzazione di opere all'aperto, dove tuttavia sono comprese gli interventi relativi alla costruzione del corpo stradale. In generale questi interventi coincidono spesso con l'impronta dei rimodellamenti e sistemazioni finale indicati in progetto, in un contesto geolitologico, idrogeologico e geomorfologico che risulta essere appunto omogeneo in tutta la superficie interferita.

La gestione dei materiali è pertanto suddivisa nei seguenti ambiti:

- S. Benigno:
- area di imbocco Ovest e sistema di cantiere;
- scavo del tunnel subportuale con TBM ed uscita materiale;
- rampe e collegamenti con la viabilità esistente urbana e portuale,
- rimodellamento del Parco della Lanterna;
- Madre di Dio:
- area di cantiere per lo svincolo del tunnel subportuale;
- realizzazione di rampe di collegamento;
- Viale Brigate Partigiane:
- area di cantiere Est per fine scavo del tunnel subportuale con TBM
- realizzazione accesso Est dell'opera

Tabella 8-1 Riepilogo degli inquadramenti normativi per le terre da scavo prodotte

Origine Cantiere	Deposito Intermedio	Destinazione e modalità di trasporto principale	Quadro normativo di riferimento	Volumi in mc
Cantiere San Benigno **Cantiere Madre di Dio** **Cantiere Viale Brigate**	Cantiere Calata Concenter e Area cantiere Ex Carbonile (trasporto con slurrydotto, con camion con bettoline)	Arco Rovescio Tunnel (attraverso autocarri)	art. 184bis DPR 120/2017	220.000 mc
		Altre collocazioni per riempimenti e sistemazioni varie nell'ambito del Tunnel (trasporto su autocarri)	art. 184bis DPR 120/2017	68.000 mc
		Ritombamenti e Rimodellamento Parco della Lanterna (attraverso autocarri)	art. 184bis DPR 120/2017	120.000 mc
		Riempimento Calata Concenter (trasporto con autocarri)	art. 109, c. 1,b) e art. 184bis DLgs 152/2006	188.000 mc
	Aree di deposito su calata Bengasi (trasporto con camion e/o con bettoline) e su calata Giaccone (trasporto con camion, nastro e/o con bettoline)	Riempimento Calata Bengasi (trasporto con camion e/o con bettoline)	art. 109, c. 1,b) e art. 184bis DLgs 152/2006	770.000 mc
		Riempimento provvisorio Calata Giaccone, 750.000 mc (trasporto con camion, nastro e/o con bettoline)	art. 109, c. 1,b) e art. 184bis DLgs 152/2006	-
		Diga Foranea	**a carico del Proponente della Diga*	600.000 mc fase 1

È previsto che il materiale scavato ed utilizzato per la realizzazione delle colmate a mare sia movimentato dal deposito temporaneo presente nell'area di cantiere principale in calata Concenter e, in attesa della sua disponibilità, in area ex-Carbonile. È ipotizzato anche che il materiale di riempimento di calata Bengasi provenga anche dal deposito di calata Giaccone.

Il riutilizzo nel Parco della Lanterna è proposto, previo una caratterizzazione ambientale, come sottoprodotto ai sensi dell'art 184bis. Tale previsione è in riferimento alle tecniche e modalità di scavo applicate e ad interventi di scavo in ambito portuale che hanno seguito le procedure di gestione delle terre e rocce da scavo.

8.1.1 Siti di produzione

La realizzazione del tunnel sub-portuale comporterà la produzione di materiale da scavo: da una stima effettuata, tenendo in considerazione le lavorazioni che subirà il materiale nelle fasi di scavo e successiva ricollocazione, **il volume da ricollocare ammonta a circa 2.446.000 mc**, già rigonfiato con un coefficiente proposto per il passaggio da banco a sciolto del +25%.

Infatti, nel volume complessivo, rispetto al volume in banco dei siti di produzione, si deve tenere conto sia del fisiologico rigonfiamento che si verifica nelle terre e materiali da scavo al momento della loro estrazione dal banco naturale, sia dell'effetto, in termini di modifiche di volume, prodotto dalle tecniche utilizzate per il loro scavo ed il loro reimpiego.

L'80% circa del volume indicato proviene soprattutto da siti di produzione delle opere in sotterraneo: scavo meccanizzato in TBM, scavo tradizionale dei cameroni, scavo dei bypass, scavo delle rampe di raccordo in San Benigno e S.Madre di Dio.

Mentre il restante 20% proviene da scavi in tradizionale per le opere all'aperto su aree di imbocco e su parti d'opera per rilevati e sostegni.

Si prevede che le attività di scavo meccanizzato del tracciato (lunghezza complessiva di circa 3.400 m), principale sito di produzione, interferiscano con le seguenti litologie:

- formazione dei calcari del Monte Antola, interessata una tratta pari a circa il 70% (2.380m);
- formazione delle argille di Ortovero, per circa il 10% della tratta (340m);
- lo strato di sabbia viene intercettato in una porzione minima del tracciato (5%) pari a circa 170m;
- il restante 15% del tracciato (510m) ha una condizione mista con presenza di tutte e tre le formazioni o solo di alcune.

Riguardo alla granulometria delle due litologie principali è possibile riassumere che:

- nelle argille di Ortovero sarà presente un fuso più simile a quello di un limo, e con porzione di fine quasi totali;
- dai calcari dell'Antola, invece circa l'80% avrà granulometria più grossolana (sabbia-ghiaia) mentre solo il 20% sarà materiale fine.

Il resto presenta condizioni per cui si avrà un fuso misto.

8.1.2 Siti di destinazione e riutilizzo

Le destinazioni d'uso, prevendendo anche le sinergie di riutilizzo con opere da realizzare nel territorio, sono:

a) Tunnel Sub-portuale di Genova con riutilizzo, nell'ambito del progetto, come sottoprodotti ai sensi dell'art 184bis e del DPR 120/2017:
   - riempimento dell'arco rovescio dello scavo sotterraneo: circa 220.000 mc;
   - altre collocazioni per riempimenti e riprofilature nell'ambito del progetto: circa 68.000 mc;
   - realizzazione del Parco della Lanterna: circa 120.000 mc;

b) Tunnel Sub-portuale di Genova con immersione in mare ai sensi dell'art 109 del D.Lgs. 152/2006 smi secondo i criteri dei sottoprodotti (con rif. elaborati AMB0010 e seguenti)
   - riempimento definitivo di calata Concenter: circa 188.000 mc;
   - tombamento della Calata Bengasi: capacità circa 770.000 mc.

c) Disponibilità per il riempimento dei cassoni della nuova diga foranea a carico del diretto Proponente, ai sensi dell'art. 109 del D.Lgs. 152/2006 smi, con deposito temporaneo in calata Giaccone (riempimento provvisorio 750.000 mc):
   - Capacità dei cassoni - Fase 1: circa 600.000 mc

per **un totale complessivo di circa 1.966.000 mc di capacità disponibile (pari a circa l'80% degli scavi)**.

I volumi in esubero (480.000 mc) dovranno essere gestite come rifiuto speciale e conferite ad impianto autorizzato di trattamento al recupero, preferibilmente, o di smaltimento, avendo verificato la disponibilità di impianti e discariche (rif elaborati CNT). Questi materiali, tuttavia, in coerenza con i principi della normativa (rif art 179 del D.Lgs. 152/2006 smi) e di una economia circolare, potranno essere resi disponibili nel caso di variazioni e/o modifiche temporali ed autorizzative delle sinergie proposte (ad es. capacità dei cassoni della Diga Foranea– Fase 2).

Il Proponente evidenzia, sin da ora, la possibilità di riconsiderare quindi eventuali nuove destinazioni per il riutilizzo, ripresentando un nuovo Piano di Utilizzo. Infatti, si potrà rivalutare, anche durante il corso d'opera, l'opportunità di riutilizzare i materiali di scavo nell'ambito di progetti in via di approvazione (tra cui il tunnel di Fontanabuona, circa 250.000 mc in attesa degli esiti sulla compatibilità ambientale) o di confermare la disponibilità per la fase 2 della Diga Foranea (richiesta massima di 600.000 mc per riempimento cassoni, in attesa delle autorizzazioni progettuali) o di eventuali nuove iniziative sul territorio che ne permettano la certezza del riutilizzo.

In tal senso, tenuto conto che l'Autorità di Sistema Portuale ha in corso la variante del Piano Regolatore, il Proponente si riserva di modificare il Piano di Utilizzo con la realizzazione definitiva di Calata Giaccone e di escludere il riempimento di Calata Bengasi, mantenendo comunque la disponibilità di materiale per il riempimento dei cassoni della diga foranea (ad es fase 1, 600.000 mc). Per quanto riguarda questi siti di destinazione non direttamente correlati con il Tunnel, è prevista la disponibilità del deposito temporaneo nell'ambito del presente progetto di riutilizzo.

Il progetto della Diga ha ottenuto Decreto di Compatibilità Ambientale nel 2022 e prevede l'utilizzo di inerti da cava o in alternativa anche materiali di risulta provenienti da altri cantieri (come si è rivelato il progetto in oggetto).

La gestione e il rapporto delle colmate è previsto nel Piano Regolatore Portuale aggiornato, gestito direttamente dall'Autorità Portuale.

Queste ipotesi, nell'ambito della gestione ai sensi del DPR 120/2017, relativamente ad opere soggette a Valutazione di Impatto Ambientale, è dettata, allo stato attuale, dalle risultanze riguardo all'adeguatezza delle caratteristiche geotecniche delle terre e dei materiali di scavo che verranno scavate per la realizzazione delle nuove opere. Si fa riferimento in particolare alle caratteristiche litologiche dei terreni dominanti lungo l'intervento (calcari, arenarie e marne soprattutto, ma anche sabbie ed argille).

Quindi, il fabbisogno per la sistemazione in arco rovescio ed eventualmente nelle zone di rilevato, nell'ambito urbano ed industriale, potrà essere quindi soddisfatto con il riutilizzo interno ai sensi del DPR 120/2017, limitando l'eventuale approvvigionamento da impianto o da esterno di materiali con caratteristiche tecniche adatte. Allo stesso tempo le volumetrie che non saranno riutilizzate in opera potranno, nell'ottica di un massimo riutilizzo e di beneficio ambientale, rispondere alle necessità di interventi nel contesto territoriale.

Si deve considerare in tal senso che la realizzazione del progetto contempla comunque un quantitativo di approvvigionamento esterno, necessario ad esempio per il completamento di alcuni interventi: soprattutto le forniture sono indicate per quanto concerne lo spessore vegetale da prevedersi nelle sistemazioni finali delle aree di imbocco e delle zone previste a parco (stimato in circa 63.500 mc circa).

Questo quantitativo di materiale non viene considerato nel presente Piano, rimandando agli elaborati a codifica CCP, in quanto non attinente all'inquadramento normativo ai sensi del DPR 120/2017.

In tal senso, nell'ottica di soddisfare le iniziali necessità e di una sostenibile economia circolare, si evidenzia anche che i volumi prodotti, nei diversi ambiti di cantiere, dalle demolizioni delle fasi propedeutiche, potranno essere disponibili e pertanto essere riciclati anche nei medesimi siti di destinazione individuati (circa 82.300 mc, di cui circa 60.000 mc dalla sola zona di san Benigno). Questi volumi possono soddisfare i fabbisogni per i riempimenti nelle calate Concenter e Giaccone, e nel sistema di Bengasi anche all'interno del sistema di Combiwall (circa 74.400 mc) e completare le sistemazioni per riempimenti e di materiale arido (circa 7.900 mc), evitando di ricorrere a risorse sul territorio. I volumi indicativi sulle demolizioni saranno oggetto di richieste di autorizzazioni per la cessazione della qualifica di rifiuto agli Enti competenti secondo le normative vigenti: le istanze potranno essere presentate, nella fase preliminare del corso d'opera e di appalto, dall'Impresa esecutrice, essendo inquadrata come diretto responsabile e produttore dei rifiuti, in virtù delle qualificazioni e certificazione richieste dalla normativa di riferimento.

8.1.3 Aree di deposito intermedio

Ai sensi dell'art. 5 del DPR.12072017 nell'ambito delle aree di cantiere sono stati individuati i siti di "deposito intermedio". Si tratta di aree per la deposizione del materiale in attesa della destinazione/utilizzo finale. Nell'ambito del progetto sono previste due aree di deposito a terra, in corrispondenza delle aree di cantiere "Calata Conceter", individuata anche come area di caratterizzazione soprattutto gli scavi con tecnologia meccanizzata, e le 2 calate "Bengasi" e "Giaccone". A queste è stata aggiunta, in ambito portuale, l'area ex Carbonile: questa nuova superficie, inserita come una modifica sostanziale ai sensi dell'art. 15, comma 2 lett. c) rispetto al Piano approvato in fase di PAUR è individuata per l'indisponibilità provvisoria della calata Concenter nel primo periodo del corso dei lavori. È pertanto una necessità del sistema della cantierizzazione che risulterebbe pressoché inalterato nella sua organizzazione in considerazione della posizione molto prossima rispetto alla Concenter.

Nella seguente Tabella si riportano le aree di deposito intermedio specificandone l'ubicazione e la superficie da esse occupate.

Tabella 8-2. Aree di Deposito Intermedio

Cantiere	Superficie [m^2]
Calata Concenter	24.000
Calata Bengasi	63.000
Calata Giaccone	52.000
Area ex Carbonile	22.000

Il riempimento della calata Concenter sarà avviato da terra, tramite autocarri, solo dopo il completamento della testata con sistema di Combiwall, in modo da non diffondere in mare aperto l'intorbidimento dovuto alla immersione in acqua degli inerti da scavo. Il materiale di riempimento, anche tra le fila di pali palancolati in testata, sarà costituito dai sottoprodotti delle operazioni di scavo di sbancamento all'aperto in area di imbocco San Benigno e dal recupero in End of Waste dei volumi da demolizione

In particolare, come indicato, il piazzale ottenuto con il riempimento della calata Concenter sarà adibito a diverse funzioni:

- ospiterà il "*separatore*" dello slurrydotto, che consentirà di separare il materiale da scavo dal fluido bentonitico che è servito a trasportarlo idraulicamente. Il fluido rientrerà poi in galleria tramite una tubazione che compie il percorso inverso, dalla calata fino all'imbocco del Tunnel, sempre correndo all'interno dello scatolare interrato. La movimentazione idraulica degli scavi consente quindi di completare il trasporto di tutte le terre, dal fronte di avanzamento fino al deposito provvisorio, senza impegnare nemmeno un autocarro;
- ospiterà uffici e attrezzature logistiche funzionali al cantiere;
- costituirà l'area di caratterizzazione ai sensi del DLgs 152/2006 dei materiali provenienti dal separatore, raccolti in cumuli che saranno riempiti progressivamente da un nastro trasportatore che corre dal separatore lungo punti determinati del piazzale;
- costituirà l'area di deposito provvisorio dei materiali da scavo caratterizzati, in attesa del trasporto a riutilizzo finale.

Come indicato in premessa e nella parte introduttiva del presente paragrafo, si specifica che in attesa della disponibilità della calata Concenter, è stata individuata una nuova area, denominata ex Carbonile, prossima alla calata stessa, ed inserita come modifica sostanziale ai sensi dell'art.15, comma 2, lett. c).

Il materiale caratterizzato, se l'esito è positivo, verrà trasportato al sito di riutilizzo, con le seguenti modalità:

a) il materiale destinato al riempimento dell'arco rovescio del Tunnel ed ai riempimenti e riprofilature nell'ambito del progetto => verrà movimentato con autocarri, raggiungendo il cantiere di San Benigno tramite la viabilità portuale
b) il materiale destinato al riempimento temporaneo di Calata Giaccone => verrà movimentato con autocarri, tramite la viabilità portuale e, a seconda della disponibilità e convenienza operativa, anche via mare tramite bettoline;
c) il materiale destinato al riempimento dei cassoni della nuova diga foranea ed al tombamento della Calata Bengasi => verrà movimentato via mare tramite bettoline, che ormeggeranno di fronte ai cassoni e saranno caricate da escavatori. In caso di emergenza (ad es. prolungate condizioni di non navigabilità del tratto di mare tra le calate), la movimentazione verso Bengasi sarà effettuata tramite autocarri, che comunque viaggeranno all'interno del Porto, impegnando esclusivamente la viabilità portuale.

Qualora la caratterizzazione di un cumulo dia invece esito negativo, il materiale dovrà essere smaltito in discarica speciale, con trasporto tramite autocarri. Il percorso degli autocarri previsti ai punti a) e b) in generale non interferirà con il traffico cittadino, perché i caselli autostradali e l'imbocco San Benigno sono raggiungibili direttamente dalle viabilità interne al Porto, senza impegnare il reticolo stradale della città.

Per ulteriori dettagli si rimanda già a quanto esplicitato nel capitolo dedicato.

Caratteristiche e tipologie dell'area di deposito in attesa di utilizzo

I materiali che verranno depositati nelle aree possono essere suddivisi genericamente nelle seguenti categorie:

- terreno sterile derivante da scavi all'aperto;
- terreno da opere in sotterraneo

L'area di deposito verrà realizzata in modo da contenere al minimo gli impatti sulle matrici ambientali, con specifico riferimento alla tutela delle acque superficiali e sotterranee ed alla dispersione delle polveri, con eventuale e continua umidificazione della superficie del deposito del materiale.

All'interno dell'area il terreno viene stoccato in cumuli separati, distinti per natura e provenienza del materiale, con altezza massima derivante dall'angolo di riposo del materiale in condizioni sature, tenendo conto degli spazi necessari per operare in sicurezza durante le attività di deposito e prelievo del materiale.

In linea generale poi si possono distinguere i materiali già caratterizzati sulla base degli esiti della caratterizzazione ambientale:

- deposito di terreni già caratterizzati, per i quali siano state riscontrate concentrazioni di inquinanti inferiori ai limiti di colonna A;
- deposito di terreni già caratterizzati, per i quali siano state riscontrate concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti di colonna A, ma inferiori ai limiti di colonna B.

Nella fase costruttiva verranno messi in pratica alcuni accorgimenti, utili ad evitare potenziali contaminazioni:

- garanzia di funzionamento continuo del sistema di regimazione e convogliamento delle acque superficiali e dell'impianto di raccolta e gestione delle acque di dilavamento;
- dotazione di misure idonee a ridurre i disturbi ed i rischi causati dalla produzione di polveri e di materiali trasportati dal vento, con protezioni e delimitazioni perimetrali;
- adozione di misure identificative delle aree di deposito, con opportuna segnaletica utile ad evitare contatti con terre e rocce da scavo potenzialmente inquinate ed evitare possibili errori di direzionamento;

Il materiale, all'interno delle aree, sarà quindi depositato in cumuli separati, distinti per natura e provenienza e/o destinazione del materiale in Calata Concenter, in Calata Giaccone e Calata Bengasi.

Le aree sono impermeabilizzate essendo realizzate con un pacchetto di pavimentazione dedicato al cantiere.

Il deposito del materiale escavato avrà una durata temporale compatibile al periodo di validità del presente Piano, indicato al Paragrafo 1.2. Va evidenziato che il sistema impiegato sarà di tipo "dinamico". Le terre da scavo derivanti da scavi verranno reimpiegate, con tempistica diversa in funzione dell'avanzamento dei lavori, per la realizzazione di rinterri, sottofondi o rilevati o per la sistemazione ambientale.

9 CAMPIONAMENTO ED ANALISI IN CORSO D'OPERA

Il Regolamento stabilisce che la caratterizzazione ambientale può essere eseguita in corso d'opera nel caso di comprovata impossibilità di eseguire un'indagine ambientale propedeutica in fase di progettazione o qualora si faccia ricorso a metodologie di scavo in grado di determinare una potenziale contaminazione dei materiali da scavo.

Secondo l'allegato 1 del Regolamento, qualora si ravvisi, già in fase progettuale, la necessità di effettuare una caratterizzazione ambientale in corso d'opera, le modalità di esecuzione della stessa a cura dell'esecutore, dovranno essere rispettose di quanto indicato in Allegato 9 parte A.

L'attività di caratterizzazione in corso d'opera è effettuata dall'esecutore sotto la propria responsabilità, ciò in quanto in fase di corso d'opera, l'esecutore, una volta che il proponente ne comunica gli estremi all'Autorità competente, fa suo il Piano di Utilizzo e lo attua divenendone responsabile (art. 2, c. 1, lett. q per la definizione di esecutore e art. 17 in merito alla realizzazione del piano di utilizzo).

A tal fine, in conformità all'Allegato 9 parte A del Regolamento, vengono definiti nel presente documento i criteri generali di esecuzione della caratterizzazione ambientale in corso d'opera. La caratterizzazione durante l'esecuzione dell'opera potrà essere condotta, in base alle specifiche esigenze operative e logistiche della cantierizzazione, in una delle modalità indicate all'Allegato 9 parte A:

- su cumuli all'interno delle opportune aree di cantierizzazione;
- direttamente sull'area di scavo e/o sul fronte di avanzamento;
- nell'intera area di intervento.

I criteri generali alla base dell'esecuzione della caratterizzazione ambientale in corso d'opera prevedono che l'Impresa esecutrice abbia l'obbligo di:

1. effettuare la caratterizzazione dei materiali da scavo provenienti dalle aree di cantiere e di imbocco completando il quadro di caratterizzazione ambientale delle terre;
2. effettuare la caratterizzazione dei materiali da scavo provenienti dalle opere in sotterraneo;
3. effettuare la caratterizzazione in corso d'opera dei materiali che provengono dal deposito temporaneo di calata Concenter e la realizzazione del cantiere, per il loro utilizzo in opera;

Relativamente ai punti soprariportati, si precisa che per caratterizzazione si intende la caratterizzazione ambientale di cui agli allegati 1, 2 e 4 del Regolamento, svolta per attestare la sussistenza dei requisiti di compatibilità ambientale, ove non è stato possibile indagare in fase propedeutica o per quei materiali la cui caratterizzazione necessiti di un maggiore approfondimento esplicabile solo in fase realizzativa;

L'appaltatore dovrà predisporre in fase preliminare all'intervento un piano di campionamento corredate di tabelle con l'elenco dei siti di indagine, con il relativo numero di prelievi, per il completamento della campagna di indagine di caratterizzazione dei materiali da scavo.

Per quanto riguarda il caso della caratterizzazione in corso d'opera dei materiali provenienti dalla perforazione di pali, di cui si prevede il riutilizzo, la caratterizzazione specifica sarà svolta dall'Appaltatore secondo i criteri sopra riportati. La caratterizzazione ambientale di tali terre da scavo dovrà essere accompagnata dalla dichiarazione d'uso di miscele additive con requisiti ambientali idonei, attestati dalle schede tecniche e/o da prove di laboratorio esclusivamente ed appositamente eseguite.

9.1 CARATTERIZZAZIONE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA O FINALE

In relazione a quanto indicato all'art. 9 comma 7 e all'art. 28 del Regolamento, è fatta salva la possibilità da parte dell'Autorità di controllo di eseguire controlli ed ispezioni in contraddittorio direttamente sull'area di destinazione, sia a completamento che durante la posa in opera del materiale, utilizzando gli stessi criteri adottati per la caratterizzazione in corso d'opera.

L'Appaltatore sarà inoltre tenuto, alla conclusione dei lavori nella fase di ripristino finale, alla verifica di non contaminazione delle aree di cantiere e delle fasce lungo le viabilità utilizzate.

10 GESTIONE E TRASPORTO IN FASE DI CANTIERE

10.1 VIABILITÀ INTERESSATA DALLA MOVIMENTAZIONE DEI MATERIALI DI SCAVO

Le viabilità di servizio usualmente vengono inserite nei progetti delle opere infrastrutturali per facilitare l'accesso dei mezzi d'opera alle varie aree di lavoro. Di seguito sono descritte le viabilità in fase di cantiere.



Figura 10-1: Ubicazione delle aree di cantiere con evidenza dei collegamenti principali

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione descrittiva sulla cantierizzazione a codifica SPLed alle tavole planimetriche associate.

10.1.1 Area Ponente di San Benigno

Fase 1: Demolizioni edifici interferenti: a causa della presenza della linea ferroviaria portuale adiacente a Via Milano, si potrà accedere e uscire all'area di cantiere solo utilizzando la viabilità portuale esistente. I mezzi dovranno accedere in area portuale attraverso il Varco Etiopia, presente su Via Lungomare Canepa, e proseguire lungo la viabilità portuale. In particolare, sarà possibile accedere all'area di cantiere utilizzando i seguenti percorsi:

- dal varco Etiopia proseguendo sulla strada adiacente alla linea ferroviaria portuale per accedere al cantiere utilizzando il varco che sarà aperto sul lato ovest dell'area;
- dal varco Etiopia proseguendo su Via all'ex Idroscalo per accedere dal varco aperto sul lato sud-ovest dell'area di cantiere.

Quest'ultimo percorso sarà utilizzato anche per poter accedere all'area di cantiere che sarà allestita a sud dell'area portuale, nella zona adiacente all'ex centrale elettrica Enel. I mezzi da Via all'ex Idroscalo potranno proseguire su Via al Passo Nuovo e quindi entrare in quest'area di cantiere.

Fase 2: Realizzazione paratie SUS: i varchi di accesso e di uscita all'area di cantiere e, di conseguenza, la viabilità di cantiere sarà mantenuta, come quella descritta nella fase 1.

Fase 3: Deviazione linea ferroviaria portuale e scavo lato nord: i varchi di accesso e di uscita all'area di cantiere e, di conseguenza, la viabilità di cantiere sarà mantenuta come quella descritta nella fase 1.
Sottofase B: Dismissione linea ferroviaria portuale scavo lato nord: i varchi di accesso e di uscita all'area di cantiere e, di conseguenza, la viabilità di cantiere sarà mantenuta come quella descritta nella fase 1.

Fase 4: Realizzazione delle paratie e del pozzo: Sono mantenuti i varchi di accesso e uscita presenti nell'area di cantiere ma, a partire da questa fase e fino alla fine del cantiere, la viabilità di cantiere subisce alcune modifiche: - Il varco situato sul lato ovest permetterà ai mezzi di cantiere, in arrivo da Via Lungomare Canepa,

di accedere e immettersi direttamente su Via Milano. Questa modifica permetterà di limitare l'utilizzo dell'area portuale e limitare interferenze con la viabilità portuale. Questo varco avrà una larghezza pari almeno a 10 m per permettere l'accesso dei mezzi che trasporteranno i pezzi della TBM. Il varco pre-esistente sul lato sud, da questa fase, sarà utilizzato solamente come passaggio di servizio per eventuali spostamenti dei mezzi di cantiere verso l'area di cantiere situata nella zona delle calate, adiacente all'ex-area Enel.

Fase 5: Realizzazione culle e montaggio della TBM: i varchi di accesso e di uscita all'area di cantiere e la viabilità di cantiere saranno mantenuti con le stesse funzioni descritte nella fase 4. A partire da questa fase, però, i mezzi di cantiere potranno invertire il senso di marcia anche proseguendo sul nuovo impalcato realizzato nella fase precedente, al di sopra del pozzo.

Fase 6: Realizzazione Canna SUD: i varchi di accesso e di uscita all'area di cantiere saranno mantenuti con le stesse funzioni descritte nella sottofase 4. La viabilità di cantiere sarà mantenuta uguale a quella descritta nella fase 5A.

Fase 7: Preparazione culla nord/sud e nuovo montaggio TBM su culla nord: i varchi di accesso e di uscita all'area di cantiere saranno mantenuti con le stesse funzioni descritte nella sottofase 4. La viabilità di cantiere sarà mantenuta uguale a quella descritta nella fase 5A.

Fase 8: Realizzazione Canna NORD: i varchi di accesso e di uscita all'area di cantiere saranno mantenuti con le stesse funzioni descritte nella sottofase 4. La viabilità di cantiere sarà mantenuta uguale a quella descritta nella fase 5A.

Fase 9: Ultimazione dei lavori: i varchi di accesso e di uscita all'area di cantiere saranno mantenuti con le stesse funzioni descritte nella fase 4. La viabilità di cantiere sarà mantenuta uguale a quella descritta nella fase 4.

10.1.2 Area di cantiere sulle Opere a Mare, Calate Concenter, Bengasi e Giaccone

Per raggiungere il varco di ingresso e di uscita a quest'area di cantiere, i mezzi dovranno necessariamente passare in area portuale. In particolare, uscendo dall'area di cantiere presente in corrispondenza del pozzo di S. Benigno, i mezzi potranno proseguire su Via al Passo Nuovo e, in corrispondenza dell'ex centrale Enel proseguire a destra. In alternativa, i mezzi potranno accedere attraverso il Varco Etiopia, presente su Via Lungomare Canepa, e proseguire lungo la viabilità portuale esistente su Via all'ex Idroscalo e, quindi, su Via al Passo Nuovo. Il percorso per raggiungere la calata Bengasi è da varco Etiopia verso ovest lungo viale Africa. Il materiale utilizzato per il riempimento della calata sarà invece trasportato via mare da calata Concenter verso calata Bengasi con l'ausilio di bettoline. Allo stesso modo, il materiale, destinato al riempimento e deposito provvisorio di Calata Giaccone, seguirà la viabilità interna portuale da varco Etiopia e da calata Concenter (con la possibilità di utilizzare anche un nastro trasportatore); da quest'ultima sarà inoltre possibile l'uso di bettoline per il trasporto via mare.

10.1.3 Nodo cantiere svincolo Madre di Dio

Fase 1: Demolizioni edifici interferenti: i mezzi di cantiere entreranno dal varco portuale denominato Varco "Grazie" presente su Piazza Cavour, procederanno lungo Via dei Picchettini ed entreranno nel cantiere dall'ingresso Ovest, mentre l'uscita sarà su Via al molo Giano da dove sarà possibile ritornare sulla viabilità pubblica utilizzando il varco portuale Varco "Giano".

Fase 2: Demolizione sopraelevata interferente con le lavorazioni: la viabilità di cantiere è analoga alla precedente.

Fase 3: Realizzazione pali e scavo pozzo rampe di uscita: la viabilità di cantiere è analoga alla precedente.

Fase 4: Realizzazione galleria artificiali e scavo area interessata dalla nuova viabilità: i mezzi di cantiere entreranno dal varco portuale denominato Varco "Grazie" presente su Piazza Cavour, procederanno lungo Via dei Picchettini ed entreranno nel cantiere dall'ingresso Ovest, mentre l'uscita sarà dal Varco "Giano" da dove sarà possibile ritornare sulla viabilità pubblica.

Fase 5: realizzazione nuovi fornici sotto la viabilità di corso Quadrio e montaggio impalcato: Per quanto riguarda l'area di Cantiere al livello portuale non vi sono modifiche sulla viabilità, mentre i mezzi che dovranno raggiungere la nuova area su Corso Quadrio potranno accedere direttamente dalla via dai due varchi posti ad Est ed Ovest. La viabilità di cantiere per quanto riguarda l'area al livello portuale non subirà modifiche, mentre pr il cantiere su Corso Quadrio i mezzi potranno accedere dall'ingresso posto ad Ovest e uscire da quello posto a est, procedendo seguendo il senso di marcia della viabilità adiacente.

In analogia con le sottofasi precedenti non vi sono modifiche sulla viabilità di cantiere per quanto riguarda l'area al livello portuale, mentre per il cantiere su Corso Quadrio i mezzi potranno accedere provenendo da levante verso ponente seguendo il senso di marcia della viabilità adiacente

Fase 6: Nuova viabilità portuale: la viabilità di cantiere non subirà modifiche rispetto alle fasi precedenti.

10.1.4 Area Levante di V.le Brigate Partigiane

Fase 1: Demolizioni edifici interferenti: I mezzi di cantiere entreranno nell'area dall'ingresso Sud, procedendo lungo il senso di marcia di Viale Brigate Partigiane, e potranno uscire dal cancello posto a Nord, mantenendo sempre lo stesso verso di marcia immettendosi sulla viabilità pubblica. Il materiale di risulta sarà lasciato sul posto in quanto dovrà andare a riempire il piano -1 presente al di sotto dell'edificio di "Spazio Genova".

Fase 2: Realizzazione impalcato provvisorio: La viabilità di cantiere rimarrà inalterata rispetto alla prima fase.

Fase 3: Opere propedeutiche alla realizzazione dei pozzi per l'uscita della fresa: Per quanto riguarda la viabilità di cantiere su corso A.Saffi i mezzi entreranno nell'area dall'accesso posto a Nord, mentre usciranno dal cancello centrale, immettendosi sull'impalcato tramite regolazione dei flussi con l'utilizzo dell'impianto semaforico. Una volta che i mezzi si saranno immessi sulla viabilità di Corso A.Saffi potranno fare inversione di marcia in corrispondenza dello slargo presente in Via A.Vanucci. Nell'area di cantiere su Viale Brigate Partigiane la viabilità non subirà modifiche rispetto alle fasi precedenti.

Fase 4: Realizzazione paratia di pali in preparazione dei pozzi, scavo del pozzo sud, arrivo ed estrazione TBM: la viabilità di cantiere sarà come quella descritta nella fase 3 sia per quanto riguarda Via Brigate Partigiane che Corso A. Saffi. Il trasporto su ruota della testa della fresa avverrà nelle ore notturne, prevedendo la chiusura al traffico dell'ultimo tratto di Corso A.Saffi. In questo modo i mezzi di cantiere usciranno dal varco presente a Nord dell'area di cantiere con la possibilità di proseguire direzione mare senza dover invertire il senso di marcia.

Fase 5: Scavo Pozzo Nord e smontaggio definitivo TBM: La viabilità di cantiere sarà analoga a quanto descritto nella fase 4.

Fase 6: Chiusura del pozzo nord e ripristino asse viario corso Saffi: la viabilità di cantiere sarà analoga a quanto descritto nella fase 4.

Fase 7: Opere propedeutiche alla realizzazione dei pozzi per l'uscita della fresa: per quanto riguarda la nuova l'area su Corso Saffi sarà possibile accedere provenendo da Sud, seguendo il senso di marcia e si potrà uscire dal cancello posto a nord, immettendosi sulla viabilità pubblica. Nell'area di cantiere su Viale Brigate Partigiane, lato Corso A.Saffi, la viabilità non subirà modifiche rispetto alle fasi precedenti. Nell'area posta invece centralmente al Viale Brigate Partigiane l'accesso avverrà dalla corsia più a sinistra della viabilità direzione nord presso il cancello posto a sud, e l'uscita sarà presso il varco posto a nord. Nell'area di cantiere su Viale Brigate Partigiane la viabilità non subirà modifiche rispetto alle fasi precedenti.

10.2 PROCEDURE PER LA TRACCIABILITÀ DEI MATERIALI

Sulla base di quanto stabilito dall'art. 6 del Regolamento, in tutte le fasi di movimentazione delle terre verrà definita una procedura atta a garantire la tracciabilità dei materiali da scavo: con l'applicazione di tale procedura ciascun volume di terre sarà identificato nelle fasi di produzione, trasporto, deposito e utilizzo.

La documentazione che accompagna il trasporto del materiale da scavo deve essere redatta secondo le indicazioni dell'Allegato 7 del Regolamento da parte dell'esecutore nella fase di corso d'opera.

Tale documentazione viene predisposta all'esecutore nella fase di corso d'opera, l'esecutore, infatti, dal momento della dichiarazione di cui all'art. 9 comma 1, resa dal proponente all'autorità competente, fa suo il Piano di Utilizzo e lo attua divenendone responsabile.

I moduli di trasporto di cui all'allegato 7 accompagnano ciascun mezzo, attestando la provenienza e la destinazione del materiale da scavo con riferimento al codice identificativo delle singole WBS.

10.3 DICHIARAZIONE DI AVVENUTO UTILIZZO

L'avvenuto utilizzo del materiale escavato in conformità al Piano di Utilizzo deve essere attestato dall'esecutore mediante la Dichiarazione di Avvenuto Utilizzo (DAU), art. 7 del Regolamento.

La dichiarazione da parte dell'esecutore all'Autorità competente è sostitutiva dell'atto di notorietà di cui all'art. 47 del D.P.R. 445/2000, in conformità all'allegato 8 del Regolamento e deve essere corredata della documentazione completa in esso richiamata.

A conclusione dei lavori di escavazione ed a conclusione dei lavori di utilizzo di tutta l'opera a progetto, secondo quanto indicato nell'Allegato 8 del Regolamento, l'esecutore compilerà una Dichiarazione di Avvenuto Utilizzo (DAU), che deve essere resa entro il termine in cui il Piano stesso cessa di avere validità.

In relazione alla complessità dell'opera ed ai volumi di terra movimentati, in aggiunta alla DAU prevista dall'Allegato 8 del Regolamento, durante la realizzazione dei lavori, l'esecutore sarà tenuto, a redigere una dichiarazione di avvenuto utilizzo analoga a quella di cui all'Allegato 8 e pertanto sostitutiva dell'atto di notorietà di cui all'art. 47 del D.P.R. 445/2000 con cadenza semestrale. Tale dichiarazione, corredata dei certificati delle analisi effettuate sui campioni, dovrà attestare l'utilizzo dei materiali sia riferito al periodo per il quale viene emessa sia a consuntivo.

11 SINTESI SUL RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Come già indicato nei precedenti paragrafi, le destinazioni d'uso dello smarino, prevedendo anche le sinergie di riutilizzo con opere da realizzare nel territorio, sono:

a) Tunnel Sub-portuale di Genova con riutilizzo, nell'ambito del progetto, come sottoprodotti ai sensi dell'art 184bis e del DPR 120/2017:
   - riempimento dell'arco rovescio dello scavo sotterraneo: circa 220.000 mc;
   - altre collocazioni per riempimenti e riprofilature nell'ambito del progetto: circa 68.000 mc;
   - realizzazione del Parco della Lanterna: circa 120.000 mc;

b) Tunnel Sub-portuale di Genova con immersione in mare ai sensi dell'art 109 del D.Lgs. 152/2006 smi (con rif. elaborati AMB0010 e seguenti)
   - riempimento definitivo di calata Concenter: circa 188.000 mc;
   - tombamento della Calata Bengasi: capacità circa 770.000 mc.

c) Disponibilità per il riempimento dei cassoni della nuova diga foranea a carico del diretto Proponente, ai sensi dell'art. 109 del D.Lgs. 152/2006 smi, con deposito temporaneo in calata Giaccone (riempimento provvisorio 750.000 mc):
   - Capacità dei cassoni - Fase 1: circa 600.000 mc

Il **totale complessivo è di circa 1.966.000 mc di capacità disponibile (pari a circa l'80% degli scavi)**.

Il riutilizzo ipotizzato per gli scavi provenienti dal cantiere del Tunnel subportuale è quindi sufficiente a coprire le disponibilità necessarie di materiale, senza impegnare depositi esterni se non per l'eventuale materiale inquinato conferito ad impianto autorizzato. In tal senso anche i volumi in esubero (480.000 mc) dovranno essere gestiti come rifiuto speciale e conferite ad impianto di trattamento al recupero, preferibilmente, o di smaltimento.

Il Proponente tuttavia evidenzia, sin da ora, la possibilità di riconsiderare modifiche sostanziali ai sensi dell'art. 15 comma 2, ripresentando un nuovo Piano di Utilizzo. Infatti, si potrà rivalutare, anche durante il corso d'opera, di:

a) di riconsiderare i materiali oggi qualificati come esuberi, per essere resi disponibili nel caso di variazioni e/o modifiche temporali ed autorizzative delle sinergie proposte (ad es. capacità dei cassoni della Diga Foranea– Fase 2);
b) di riutilizzare questi materiali di scavo nell'ambito di progetti in via di approvazione nel contesto territoriale (tra cui il tunnel di Fontanabuona, per cui è stata attivata una procedura di VIA) o di eventuali nuove iniziative sul territorio che ne permettano la certezza del riutilizzo;
c) di modificare il Piano di Utilizzo con la realizzazione definitiva di Calata Giaccone, tenuto conto che l'Autorità di Sistema Portuale ha in corso la variante del Piano Regolatore, e di escludere il riempimento di Calata Bengasi, mantenendo comunque la disponibilità di materiale per il riempimento dei cassoni della diga foranea.

11.1 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA

Si prevede che le attività di scavo meccanizzato del tracciato (lunghezza complessiva di circa 3.400 m) generino le seguenti litologie:

- formazione dei calcari del Monte Antola, interessata una tratta pari a circa il 70% (2.380m);
- formazione delle argille di Ortovero, per circa il 10% della tratta (340m);
- lo strato di sabbia viene intercettato in una porzione minima del tracciato (5%) pari a circa 170m;
- il restante 15% del tracciato (510m) ha una condizione mista con presenza di tutte e tre le formazioni o solo di alcune.

Riguardo alla granulometria delle due litologie principali è possibile riassumere che:

- nelle argille di Ortovero sarà presente un fuso più simile a quello di un limo, e con porzione di fine quasi totali;
- dai calcari dell'Antola, invece circa l'80% avrà granulometria più grossolana (sabbia-ghiaia) mentre solo il 20% sarà materiale fine.

Il resto presenta condizioni per cui si avrà un fuso misto.

11.2 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE E COMPATIBILITÀ AMBIENTALI DEI MATERIALI DA SCAVO

Gli esiti analitici delle analisi chimiche condotte sui campioni di terreno prelevati, possono essere sintetizzati nel seguente modo:

Tabella 11-1 Riepilogo del numero di prelievi rispetto ai limiti di CSC

	CSC, rif Tab 1, DLgs 152/2006 smi		
Numero campioni	**<A**	**<B**	**Totale**
Area ponente, San Benigno	24	10	**34**
Zona centrale, S. Madre di Dio	18	16	**34**
Area levante, Brigate P.	16	8	**24**
Totale	**58**	**34**	**92**

I risultati analitici hanno evidenziato, per i campioni di terreno prelevati**, un totale rispetto dei limiti vigenti previsti in colonna B, Tabella 1, D.Lgs. 152/2006, Parte Quarta, Titolo V**, **Allegato 5, e pertanto conformi con la destinazione d'uso industriale e commerciale, quali sono considerate le aree interessate dal tracciato stradale.**

I risultati permettono di definire che:

e) Il 100% dei campioni analizzati in laboratorio, ai sensi del D.P.R. 120/2017, risulta conforme ai limiti di cui alle CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) della colonna B, della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06, indicata come riferimento per la destinazione d'uso dei siti di intervento;
f) Il 64% dei campioni risulta avere tenori al di sotto dei limiti di CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) riferiti alla destinazione di uso residenziale o agricola, indicati in colonna A della tabella 1, allegato 5 al titolo V parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.; i superamenti rilevati nei terreni con valori al di sopra delle soglie di colonna A si riferiscono in buona sostanza a campioni superficiali, in buona parte inoltre non interessati dai settori di scavo sotterraneo;
g) la quasi totalità dei campioni analizzati in laboratorio e prelevati nelle aree di scavo risulta conforme, nella concentrazione in composti "indicatori" di potenziali criticità ambientali, quali composti organici aromatici o policiclici aromatici, ai limiti di CSC di colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06; tuttavia se ne segnala la presenza nelle porzioni di riporto soprattutto nella parte centrale dello svincolo di S. Madre di Dio, zona soggetta a pressione antropica e traffico veicolare;
h) per quanto riguarda la presenza di fibre amiantifere, in coerenza con la natura geologica dei terreni ed all'assenza di riporti di origine antropica e di natura pericolosa, il 100% dei campioni analizzati in laboratorio e prelevati nelle aree di scavo risulta conforme ai limiti della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06.

I siti di utilizzo negli ambiti individuati sono sostanzialmente coincidenti con i siti di produzione previsti nei medesimi (si veda l'elaborato grafico in allegato). Pertanto, al netto di ulteriori indagini di caratterizzazione rimandate ad una fase realizzativa di corso d'opera (si veda il paragrafo dedicato nel presente capitolo dedicato con le indicazioni operative), la caratterizzazione dei siti di utilizzo è pertanto costituita dalle stesse informazioni finalizzate alla caratterizzazione dei siti di scavo.

Come da allegato 2 al Regolamento, il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'art. 184 bis comma 1 lettera d) del DLgs. 152/2006 e s.m.i. per l'utilizzo dei materiali da scavo come sottoprodotti è garantito quando il contenuto di sostanze inquinanti all'interno dei materiali da scavo sia inferiore alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), di cui alle colonne A e B tabella 1 allegato 5, al Titolo V parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i., con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali.

Complessivamente, considerando che la quasi totalità degli scavi proviene dall'opera in sotterraneo, i risultati sulla caratterizzazione di base consentono, quindi, di affermare che:

e) data l'assenza di superamenti dei limiti di Concentrazione Soglia di Contaminazione di cui alla colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV Titolo V del D.Lgs. 152/06, **tutti i materiali e i terreni da scavo di interesse progettuale sono riutilizzabili**;
f) tutti i materiali scavati possono essere reimpiegati per la realizzazione di rinterri, rilevati e terrapieni di rimodellamento nell'ambito delle opere in progetto, essendo queste assimilabile ai siti a destinazione d'uso industriale/commerciale cui fa riferimento la colonna B sopra citata;
g) la maggior parte dei materiali (sulla base delle analisi con concentrazioni al di sotto dei valori soglia della colonna A) può essere riutilizzato in siti a destinazione verde o residenziale o nell'impiego dei ritombamenti o reinterri.
h) **per tutti i materiali sono soddisfatti i requisiti di compatibilità ambientale**, in relazione alla corrispondenza dei siti di utilizzo e dei siti di destinazione.

11.3 I PERCORSI PRINCIPALI DEI MOVIMENTI TERRA

Gli scavi provenienti dalla TBM del Tunnel arriveranno tutti all'imbocco di San Benigno (Ovest), tramite una condotta idraulica stesa progressivamente lungo la galleria scavata (il csd "*slurrydotto*"), che trasporterà il materiale frantumato dalla testa fresante tramite un fluido di miscela bentonitica.

Dall'imbocco Ovest lo slurrydotto correrà in uno scatolare interrato sotto il sedime portuale fino a raggiungere la calata Concenter, area di deposito temporaneo e di caratterizzazione degli scavi.

A tale scopo l'imboccatura della Calata sarà chiusa con un sistema di Combiwall con pali palancolati poste in due file. Questa disposizione sarà allineata con la testa delle altre calate esistenti in questo tratto di porto e quindi saranno posizionati arretrati rispetto alla testata dei due moli limitrofi.

Il riempimento del bacino sarà avviato da terra, tramite autocarri, solo dopo il completamento della testata in palancole - in modo da non diffondere in mare aperto l'intorbidimento dovuto alla immersione in acqua degli inerti da scavo. Il materiale di riempimento, anche tra le 2 fila di Combiwall in testata, sarà costituito dai sottoprodotti delle operazioni di scavo di sbancamento all'aperto in area di imbocco San Benigno e dal recupero in End of Waste dei volumi da demolizione.

Il piazzale ottenuto con il riempimento della calata Concenter sarà adibito a diverse funzioni:

1) ospiterà il "*separatore*" dello slurrydotto, che consentirà di separare il materiale da scavo dal fluido bentonitico che è servito a trasportarlo idraulicamente. Il fluido rientrerà poi in galleria tramite una tubazione che compie il percorso inverso, dalla calata fino all'imbocco del Tunnel, sempre correndo all'interno dello scatolare interrato. La movimentazione idraulica degli scavi consente quindi di completare il trasporto di tutte le terre, dal fronte di avanzamento fino al deposito provvisorio, senza impegnare nemmeno un autocarro;
2) ospiterà uffici e attrezzature logistiche ed impiantistiche funzionali al cantiere;
3) costituirà l'area di caratterizzazione ai sensi del DLgs 152/2006 dei materiali provenienti dal separatore, raccolti in cumuli che saranno riempiti progressivamente da un nastro trasportatore che corre dal separatore lungo punti determinati del piazzale;
4) costituirà l'area di deposito provvisorio dei materiali da scavo caratterizzati, in attesa del trasporto a riutilizzo finale.

Se il materiale sarà caratterizzato con esito positivo, verrà trasportato al sito di riutilizzo, con le seguenti modalità:

1) il materiale destinato al riempimento dell'arco rovescio del Tunnel ed ai riempimenti e riprofilature nell'ambito del progetto sarà movimentato con autocarri, raggiungendo il cantiere di San Benigno tramite la viabilità portuale;
2) il materiale destinato al riempimento dei cassoni della nuova diga foranea ed al tombamento della Calata Bengasi sarà movimentato via mare tramite bettoline, che ormeggeranno di fronte ai cassoni e saranno caricate da escavatori. In caso di emergenza (ad es. prolungate condizioni di non navigabilità del tratto di mare tra le calate). La movimentazione verso Bengasi sarà effettuata tramite autocarri, che comunque viaggeranno all'interno del Porto, impegnando esclusivamente la viabilità portuale.
3) il materiale destinato al riempimento di Calata Giaccone sarà movimentato con autocarri, tramite la viabilità portuale, in modalità meccanizzata con nastro trasportatore e, a seconda della disponibilità e logistica operativa, anche via mare tramite bettoline.

Qualora la caratterizzazione del materiale dia invece esito negativo, il materiale dovrà essere smaltito in discarica speciale, con trasporto tramite autocarri.

Come indicato in premessa e nella parte introduttiva del presente paragrafo, si specifica che in attesa della disponibilità della calata Concenter, è stata individuata una nuova area, denominata ex Carbonile, prossima alla calata stessa, ed inserita come modifica sostanziale ai sensi dell'art.15, comma 2, lett. c).

Il percorso degli autocarri previsti nei punti del precedente elenco puntato in generale non interferirà con il traffico cittadino, perché i caselli autostradali e l'imbocco San Benigno saranno raggiungibili direttamente dalle viabilità interne al Porto, senza impegnare il reticolo stradale della città.

Oltre agli scavi meccanizzati provenienti dalla TBM, sono previsti i volumi sciolti scavati "in tradizionale" dall'imbocco di Madre di Dio e dall'imbocco di Via Brigate Partigiane. Queste quantità verranno movimentate tramite autocarro, privilegiando l'utilizzo della viabilità portuale (dal varco di Levante di Via dei Pescatori e dal varco Calata Grazie, che non consentono però un collegamento completo, data l'interruzione nella zona del Porto Antico) per ridurre l'impegno lungo la viabilità cittadina. La destinazione è anche in questo caso la calata Concenter. o, nel caso di indisponibilità provvisoria, in area ex Carbonile, dove il materiale verrà caratterizzato e destinato al riutilizzo finale.

Infine, sono previsti circa 250.000 m^3 sciolti provenienti dagli scavi per la realizzazione dell'imbocco Ovest di San Benigno. In questo caso gli spazi del cantiere consentono la caratterizzazione in sito, con l'opportunità di riutilizzarli per la prima fase del riempimento del Parco della Lanterna, limitando la movimentazione del materiale.

Un altro dei siti di riutilizzo legato al progetto del Tunnel Subportuale è quello di Calata Bengasi, che, verrà riempita fino alla quota della banchina, in modo da ricavarne uno spazio logistico.

La capacità del sito è attorno ai 770.000 m^3 e – data la sua destinazione "industriale" - può ospitare materiali in Tabella A o B ai sensi del DLgs 152/2006.

Allo stesso modo si annovera il riempimento di calata Giaccone, richiesto da Autorità Portuale, con funzione di deposito utile alla organizzazione, gestione e trasporto del materiale reso disponibile dal Tunnel.

La realizzazione è analoga a calata Bengasi e, considerando le dimensioni della calata stessa, si ha una capacità del sito attorno ai 750.000 m^3; si prevede, l'impermeabilizzazione di tutto il fondale, per tutelare le caratteristiche ambientali del materiale di riempimento, che a seconda poi della necessità legata anche alla realizzazione della Diga Foranea, potrà essere rimosso.

Per realizzare il riempimento, l'imboccatura delle calate sarà chiusa con sistema Combiwall con palancole in doppia fila. Il riempimento avverrà dopo il completamento della testata con sistema Combiwall, in modo da non diffondere in mare aperto l'intorbidimento dovuto alla immersione in acqua degli inerti da scavo.

Il materiale di riempimento sarà costituito dai sottoprodotti provenienti dalle operazioni di scavo dall'area di San Benigno e dal recupero in End of Waste dei volumi da demolizione, utilizzabile anche tra le 2 fila di pali palancolati in testata.

Il materiale, destinato al riempimento e deposito provvisorio di Calata Giaccone, seguirà la viabilità interna portuale da calata Concenter, da cui sarà anche possibile l'uso di bettoline per il trasporto via mare o l'uso di un nastro trasportatore.

In generale invece il trasporto delle terre da calata Concenter a Bengasi avverrà via mare, utilizzando bettoline e pontoni. Solo in caso di prolungate condizioni di non navigabilità del tratto di mare tra le calate, la movimentazione verso Bengasi sarà effettuata tramite autocarri, che comunque viaggeranno all'interno del Porto, impegnando la viabilità portuale. Il sito sarà utilizzato sia come deposito definitivo sia come deposito temporaneo in attesa di riutilizzo.

I materiali di scavo riutilizzati in sito o destinati in altri interventi potranno essere allocati in cumulo all'interno delle aree di deposito previste sulle calate.

11.4 ALTRE DESTINAZIONI NELL'AMBITO DEL PROGETTO

Le modalità di riutilizzo del materiale destinato anche ad altri progetti, come il riempimento dei cassoni della nuova diga foranea, saranno definite direttamente dalla iniziativa portuale (il cantiere del Tunnel Subportuale si limiterà a mettere a disposizione il materiale).

Infine, il riutilizzo delle terre scavate per la realizzazione del Parco della Lanterna costituisce parte determinante dei lavori del Tunnel. Il progetto prevede di utilizzare l'area liberata a seguito della demolizione del capannone CSM per la realizzazione del nodo infrastrutturale di collegamento in cui si inserisce il Tunnel subportuale. Tutte le infrastrutture sono state progettate con la protezione di scatolari in calcestruzzo, in modo da poter sottopassare l'abbancamento che sarà appunto realizzato con gli scavi del Tunnel. La realizzazione del Parco permetterà di interrare l'attuale area industriale e nascondere il nuovo sistema infrastrutturale, con un nuovo parco pubblico che dalle antiche mura alla base della Lanterna possa scendere dolcemente fino alla quota della città.

La capacità del sito è attorno ai 120.000 m^3*:* sarà realizzato con il riutilizzo dei materiali provenienti dagli scavi, e depositati temporaneamente nelle aree dedicate presenti sulle calate, e da approvvigionamenti esterni di materiale vegetale per la sistemazione a verde dell'opera.