

NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA

Adeguamento del sistema

A7 – A10 – A12

PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

PARTE GENERALE

RELAZIONE DI OTTEMPERANZA DEC/VIA 28/2014

Parte 2 MATTM

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 RESPONSABILE UFFICIO SGT	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 RESPONSABILE AREA DI PROGETTO GENOVA	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE DIREZIONE DTP
---	---	---

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO							DATA: DICEMBRE 2015	REVISIONE	
	DIRETTORIO			FILE					n.	data
-	codice	commessa	N.Prog.	unita'	ufficio	n. progressivo	Rev.	-	Dicembre 2015	
-	1	1	0	7	1	2	0	5	SGT0003--	SCALA: -

 gruppo Atlantia	RESPONSABILE PROGETTO GENOVA Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
	CONSULENZA A CURA DI :	ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	
		IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'	Ing. Orlando Mazza Ord.Ingg. Pavia N. 1496

VISTO DEL COMMITTENTE  R.U.P. – Arch. Rossella Degni	VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
--	--

INDICE

1.	INTRODUZIONE	2
1.1	INQUADRAMENTO PROGETTUALE: LA GRONDA DI GENOVA	2
1.2	L'ITER AUTORIZZATIVO	4
1.3	LA RELAZIONE DI OTTEMPERANZA.....	6
1.4	METODOLOGIA DI LAVORO	6
2.	ATTIVITÀ SVOLTE PER ACQUISIRE OTTEMPERANZA MATTM	9
2.1	PRESCRIZIONE A10: PIANO GESTIONE AMBIENTALE	9
2.2	PRESCRIZIONE A12 TER: PROCESSI E APPARECCHIATURE CHE POSSONO PRODURRE EMISSIONI IN ATMOSFERA	11
2.3	PRESCRIZIONI A20 BIS E A22: CODICE DI SCAVO.....	14
2.4	PRESCRIZIONE T3: PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO TERRE	18
2.5	PRESCRIZIONE T7: MATERIALI AMIANTIFERI DA SMALTIRE IN DISCARICA	22
3.	SINTESI.....	33

1. INTRODUZIONE

1.1 INQUADRAMENTO PROGETTUALE: LA GRONDA DI GENOVA

La Gronda di Genova è un nuovo tratto autostradale a due corsie per senso di marcia che realizzerà il raddoppio dell'esistente A10 Genova-Savona nel tratto di attraversamento del Comune di Genova, potenziando le sezioni dell'A7 e A12 comprese tra gli svincoli di Genova Est, Genova Ovest e Bolzaneto. Il nuovo sistema viario si sviluppa quasi interamente in sotterraneo, per la particolare conformazione morfologica del territorio, prevedendo 25 gallerie, per un totale di circa 50 km di tracciato in sotterraneo, con sezioni variabili dai 12 mq di diametro dei cunicoli di emergenza, ai 200 mq delle TBM che scaveranno il raddoppio della A10, per arrivare ai 500 mq dei cameroni di interconnessione tra gli assi autostradali.

Nella Figura 1-1 è riportato il tracciato di progetto, distinguendo in rosso i tratti del tracciato che corrono in superficie e con un tratteggio bianco i tratti in sotterraneo: come si può percepire immediatamente dall'immagine, la Gronda si sviluppa prevalentemente in galleria, affiorando all'aperto solo per agganciarsi con le infrastrutture autostradali esistenti.



Figura 1-1 – Il tracciato della Gronda

Partendo da Genova Est e da Genova Ovest il tracciato passa subito in sotterraneo: le gallerie convergono verso la Val Torbella, dove i nuovi assi autostradali sovrappassano all'aperto la A12 e rientrano in sotterraneo fino a Bolzaneto. In questa zona i diversi percorsi si unificano e si dirigono verso Ovest, superando in viadotto la Val Polcevera. Dopo la prima lunga galleria si attraversa il tratto all'aperto della Val Varenna; segue una seconda galleria fino in Val Leira a Voltri, dove il tracciato presenta una quota più alta del terreno in fondovalle ed oltrepassa le incisioni dei torrenti Leira e Cerusa su viadotto. Le due vallate sono separate da un monte (quello su cui sorge il Santuario della Madonna delle Grazie) che richiede l'attraversamento con una breve galleria. Un ultimo tunnel consente di raggiungere il termine del progetto in prossimità di Vesima, dove il tracciato si ricongiunge con l'autostrada A10 esistente.

Il sistema di cantierizzazione è basato su 16 cantieri industriali, dislocati in prevalenza nell'interconnessione di Bolzaneto, 16 cantieri di imbocco, collocati in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie di nuova realizzazione, un campo base, 12 viabilità di servizio ed un sistema di tubazioni che consente il conferimento del materiale di scavo dal cantiere di Bolzaneto fino all'Opera a mare (lo slurrydotto).

1.2 L'ITER AUTORIZZATIVO

Il tracciato della Gronda di Genova è il frutto di un lungo lavoro di progettazione e di confronto con gli Enti territoriali e i cittadini genovesi ed ha una storia più che trentennale nel corso della quale sono state avanzate molte ipotesi progettuali che non hanno mai avuto un esito positivo.

Nel dicembre del 2008 il Comune di Genova e Autostrade per l'Italia hanno deciso di sottoporre cinque ipotesi progettuali di potenziamento del nodo autostradale genovese ad un confronto pubblico. Il Dibattito Pubblico, gestito da una commissione indipendente presieduta dal Prof. Luigi Bobbio (Università di Torino), è durato 3 mesi (febbraio – aprile 2009) e ha rappresentato la prima esperienza italiana di coinvolgimento pubblico nella fase autorizzativa di una grande opera infrastrutturale. Il Dibattito ha consentito, non senza difficoltà, di esaminare ed approfondire i diversi tracciati, di rivedere le stime del traffico, di ridimensionare gli impatti ambientali e soprattutto sociali derivanti dalla realizzazione dell'opera e di concordare le forme di monitoraggio e controllo delle fasi di progettazione e realizzazione delle opere: Il colloquio con il Territorio è poi proseguito attraverso la costituzione di un Osservatorio locale, tuttora operante, a cui partecipano gli Enti locali e rappresentanze dei cittadini.

Il Dibattito Pubblico si è chiuso con la presentazione al Consiglio Comunale del 29.05.09 della soluzione che meglio interpreta le esigenze espresse dagli Enti Locali e dai cittadini per minimizzare l'impatto ambientale sul sistema insediativo della vallata.

Il Progetto Preliminare della soluzione emersa nel corso del dibattito è stato sviluppato da Autostrade per l'Italia, presentato agli Enti, e successivamente condiviso e sottoscritto dai soggetti coinvolti (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Regione Liguria, Provincia di Genova, Comune di Genova, Autorità Portuale di Genova, Anas SpA, Autostrade per l'Italia SpA) mediante la firma del Protocollo di Intesa per la realizzazione del Nodo Stradale ed Autostradale di Genova del 08 febbraio 2010 (definitivamente formalizzato il 13 aprile 2011). Subito dopo sono state avviate le attività di Progetto Definitivo che ha ottenuto la validazione tecnica da parte dell'Anas nel Luglio 2011 (provvedimento n.CDG-0106426-P, del 26.07.2011).

Il 15 giugno 2011 il Proponente Autostrade per l'Italia ha presentato istanza di pronuncia di compatibilità ambientale al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. La procedura di Valutazione di Impatto Ambientale si è chiusa con l'emissione del Decreto di Compatibilità Ambientale da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare di concerto con il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (DM 28 del 23.01.2014).

Nel corso della procedura di VIA è stato inoltre presentato in data 22.03.2013 il Piano di Utilizzo delle Terre ai sensi del D.M. 161/12, che è stato approvato dal Ministero dell'Ambiente con provvedimento n. 14268 del 19 giugno 2013.

Il 15 aprile 2014 il Proponente Autostrade per l'Italia ha richiesto al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti l'espletamento della procedura di verifica di conformità urbanistica, ai fini del perfezionamento dell'intesa Stato-Regione Liguria e per l'apposizione del vincolo preordinato all'esproprio. Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha convocato una prima Conferenza di Servizi per il giorno 17 ottobre 2014 ed una seconda seduta per il giorno 22 gennaio 2015. In data 27 maggio 2015 è stato emanato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti il Provvedimento finale di perfezionamento dell'intesa Stato-Regione Liguria, approvativo del progetto definitivo ai sensi e per gli effetti dell'art.3 del DPR n. 383/1994 e successive modifiche ed integrazioni.

In accordo alla Convenzione vigente tra Autostrade per l'Italia ed il Concedente, entro 11 mesi dall'emissione del Provvedimento finale, Autostrade per l'Italia presenterà al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti il Progetto Definitivo adeguato alle prescrizioni espresse dagli Enti in fase di Valutazione di Impatto Ambientale e Conferenza di Servizi, per l'approvazione finale dell'opera e la dichiarazione di pubblica utilità.

Successivamente a questa fase verrà sviluppato il Progetto Esecutivo, che sarà anch'esso approvato dal Concedente, cui seguiranno le procedure per l'affidamento dei lavori e l'inizio della fase di corso d'opera che, come riportato nel Piano di Utilizzo delle Terre, è stimato in 8,5 anni.

1.3 LA RELAZIONE DI OTTEMPERANZA

La presente Relazione è la seconda delle tre relazioni che sono state predisposte per illustrare le attività svolte e le modifiche progettuali introdotte per accogliere i tre gruppi di prescrizioni che sono stati selezionati al fine di acquisirne la relativa verifica di ottemperanza in capo al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), prima dell'approvazione finale da parte del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT) del Progetto Definitivo integrato e del relativo quadro economico finale.

Per l'analisi di tutte le prescrizioni ed osservazioni ricevute sul Progetto Definitivo e per l'individuazione delle prescrizioni che saranno oggetto di varie relazioni di ottemperanza si rimanda all'elaborato SGT0001 "*Relazione di ottemperanza DEC/VIA 28/2014 – Parte 1 MATTM*", recentemente presentato al MATTM.

1.4 METODOLOGIA DI LAVORO

Come già rappresentato nella corrispondenza intercorsa con il MATTM, nell'attuale fase di revisione progettuale, finalizzata all'approvazione del Progetto Definitivo e del relativo quadro economico finale da parte del Ministero delle Infrastrutture, si rende necessaria non solo l'ottemperanza a tutte le prescrizioni relative alla fase di progettazione definitiva, ma anche ad alcune prescrizioni espresse nel Decreto VIA n. 28/2014, riferite alla fase di progettazione esecutiva, in quanto gli approfondimenti progettuali conseguenti comportano impatti significativi sul quadro economico dell'opera che necessariamente deve essere aggiornato entro la scadenza del mese di Aprile 2016, prima dell'approvazione da parte del MIT.

A fronte di questa esigenza esplicitata da Autostrade per l'Italia con nota del 09.04.2015, il MATTM, con nota DVA-2015-10222 del 15.04.2015, prendendo atto dell'importanza di dette attività in relazione al completamento della fase approvativa da parte del MIT, ha ritenuto possibile, nelle more dell'effettiva operatività dell'Osservatorio Ambientale, di approvare che alcune verifiche

di ottemperanza fossero svolte dalla Commissione VIA, richiedendo al contempo l'elenco delle prescrizioni oggetto di verifica.

Detta selezione è riportata nella tabella che segue, nella quale è riportata anche la tempistica prevista per la presentazione dei 3 gruppi di prescrizioni oggetto delle verifiche di ottemperanza (primo gruppo 30/10/15; secondo gruppo 15/11/15; terzo gruppo 15/01/16).

Tabella 1-1 Selezione prescrizioni per verifiche di ottemperanza

Rif.		Sintesi prescrizione/osservazione	Invio
A5	1	Fattibilità campo fotovoltaico	23/10/2015
A8	2	Approvvigionamento materiali da costruzione e smaltimento in siti autorizzati	23/10/2015
A8 bis	3	Trasporto con bettoline	23/10/2015
A11	4	Piano di monitoraggio ambientale	23/10/2015
A12	5	Piano di monitoraggio della qualità dell'aria	23/10/2015
A15	6	Monitoraggi geotecnici previsti in progetto	23/10/2015
A20	7	Piano di monitoraggio delle acque sotterranee	23/10/2015
A23	8	Monitoraggio terme Acquasanta e sorgenti Madonna della Guardia	23/10/2015
A24	9	Piano di monitoraggio delle acque superficiali	23/10/2015
A27	10	Piano di monitoraggio dell'ambiente marino	23/10/2015
A27 bis	11	Monitoraggio accumulo di sedimenti di fronte alla banchina di ILVA	23/10/2015
A30	12	Monitoraggio della fauna troglobia delle grotte	23/10/2015
A33	13	Monitoraggio popolazioni di Austropotamobius pallipes	23/10/2015
A33 bis	14	Monitoraggio specie ornitiche di interesse comunitario	23/10/2015
A35	15	Piano di monitoraggio rumore e vibrazioni	23/10/2015
A37	16	Progetto compensazioni ambientali: parco fotovoltaico	23/10/2015
A37bis	17	Progetto compensazioni ambientali: progetto di forestazione o riforestazione	23/10/2015
T10 bis	18	Impermeabilizzazione opera a mare	23/10/2015
B2	19	Impatto visivo degli imbocchi	29/10/2015
B2 ter	20	Impatto in zona Voltri	29/10/2015
A10	1	Piano gestione ambientale	21/12/2015
A12 ter	2	Processi e apparecchiature che possono produrre emissioni in atmosfera	21/12/2015
A20 bis	3	Codice di scavo	21/12/2015
A22	4	Impedire contatto acque solfuree con acque delle falde acquifere	21/12/2015
T3	5	Procedure di campionamento previste in Piano di Utilizzo	21/12/2015

T7	6	Caratteristiche materiali amiantiferi da smaltire in discarica	21/12/2015
A4	1	Studio trasportistico GE Ovest-Aeroporto	29/02/2016
A9	2	Progetto attraversamento Ilva	29/02/2016
A17	3	Revisione opere idrauliche	29/02/2016
A26	4	Pile viadotti Secca	In attesa quesito MIT
A37 quater	5	Progetto compensazioni ambientali: rinaturalizzazione cava P62GE	29/02/2016
T15	6	Procedura di stabilizzazione a cemento	29/02/2016

Il differente livello di complessità di recepimento delle diverse prescrizioni, alcune delle quali rendono necessaria l'esecuzione di sondaggi geognostici integrativi per confermare il quadro conoscitivo delle aree interessate dalle opere, ha comportato la necessità di articolare la presentazione della documentazione per le verifiche di ottemperanza in tre gruppi, seguendo le tempistiche progettuali.

2. ATTIVITÀ SVOLTE PER ACQUISIRE OTTEMPERANZA MATTM

La presente Relazione è stata predisposta per illustrare le attività svolte e le modifiche progettuali introdotte per accogliere il secondo gruppo di prescrizioni contenute nel DEC/VIA n. 28/2014 (A10, A12 ter, A20 bis, A22, T3, T7 - cfr. Tabella 1-1) e per acquisirne la relativa verifica di ottemperanza in capo al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM).

Si precisa che nell'individuazione delle attività necessarie per effettuare le ottemperanze, alcune prescrizioni sono state accorpate perché coincidenti come contenuto: pertanto, ad alcune prescrizioni non corrisponde una specifica attività in quanto la prescrizione è inclusa in un'altra.

Ciascuno dei seguenti paragrafi analizza una prescrizione (o un insieme di prescrizioni qualora strettamente correlate allo stesso tema), individuando le attività effettuate, le modifiche progettuali introdotte e gli elaborati prodotti.

2.1 PRESCRIZIONE A10: PIANO GESTIONE AMBIENTALE

La prescrizione oggetto del presente paragrafo è la seguente:

- A10: *“Nell’ambito del progetto esecutivo, occorre presentare al MATTM ai fini dell’ottemperanza, un piano di gestione ambientale, con le modalità di intervento in caso di incidenti, sia in fase di cantiere sia in fase di esercizio, e in caso di sversamento accidentale di inquinanti e contaminazione di vegetazione, suolo e acque”.*

Gli incidenti stradali che comportano il rilascio di sostanze pericolose nell'ambiente non sono molto frequenti ma, quando avvengono, richiedono l'impiego immediato di mezzi di soccorso e antincendio e, una volta risolta l'emergenza, possono generare la necessità di prevedere la bonifica delle matrici ambientali eventualmente contaminate durante l'incidente.

Allo scopo le Direzioni di Tronco, che hanno in capo la responsabilità dell'esercizio autostradale, dispongono di specifiche procedure operative, che riguardano l'intervento dei mezzi di soccorso (ambulanze, automediche, ecc) o di mezzi antincendio (Vigili del Fuoco), ed intervengono nel caso di sversamenti accidentali di sostanze inquinanti.

Per rispondere alla prescrizione A10 è stato redatto un “Piano di gestione ambientale” (cfr. elaborato SGT0010) che, tenendo conto dei criteri sopraesposti, fornisce le linee guida per integrare nelle procedure già in essere, le azioni specifiche relative alla gestione degli incidenti che comportano il rilascio di sostanze in grado di contaminare le matrici ambientali circostanti il tracciato autostradale e le procedure specifiche per quanto riguarda la fase di cantiere.

Tale documento contiene:

- la descrizione sintetica del progetto;
- un inquadramento sulle norme di riferimento e le procedure attualmente in uso in caso di incidente con pericoli per l'incolumità delle persone;
- la descrizione delle diverse tipologie di eventi accidentali attesi sia in fase di cantiere che in fase di esercizio (criticità legate sia alle potenziali sorgenti di contaminazione che all'ubicazione dell'eventuale incidente);
- l'individuazione di alcune possibili azioni di prevenzione da porre in atto, specialmente in fase di cantiere, al fine di evitare la propagazione di sostanze contaminanti nelle matrici ambientali circostanti;
- la descrizione delle misure di messa in sicurezza e di intervento da porre in atto nel caso di incidente con sversamento di sostanze in grado di disperdersi verso le matrici ambientali circostanti.

Al riguardo si osserva che il tracciato oggetto di studio presenta delle geometrie particolarmente performanti, che limitano il rischio di incidenti e conseguentemente il rischio di rilascio di sostanze verso l'ambiente è ridotto al minimo. Vi sono però alcuni attraversamenti su viadotto nonché alcuni manufatti per la gestione della fase di cantiere (es. slurrydotto) che richiedono un'attenta gestione delle procedure ambientali e che pertanto sono stati particolarmente considerati nel Piano di Gestione Ambientale per il quale si richiede a codesto Ministero la verifica di ottemperanza alla prescrizione A10.

2.2 PRESCRIZIONE A12 TER: PROCESSI E APPARECCHIATURE CHE POSSONO PRODURRE EMISSIONI IN ATMOSFERA

La prescrizione oggetto del presente paragrafo è la seguente:

- A12 ter: *“il programma [di monitoraggio della qualità dell’aria] dovrà contenere, inoltre, uno schema a blocchi nel quale devono essere riportati tutti i processi e apparecchiature che possono produrre emissioni puntuali o diffuse di polveri (compresi i cumuli), le tipologie di movimentazione (camion, nastri trasportatori, mezzi d’opera, ecc.) e i punti dei processi in cui sono effettuati tali spostamenti di materiale, i controlli e i sistemi di abbattimento applicati, le dimensioni del materiale e i flussi trattati. Devono essere inoltre descritti in maniera completa i sistemi di abbattimento, comprensivi di criteri di dimensionamento, efficienza, manutenzioni previste, localizzazione e caratteristiche dei camini, punti di campionamento, portata e concentrazioni al camino.”.*

Si è ritenuto proficuo iniziare ad impostare il lavoro già nella presente fase di progettazione definitiva, trattando le tematiche note con il livello di dettaglio possibile, rimandando alla fase di progettazione esecutiva gli opportuni approfondimenti.

La nota di approfondimento riportata in Allegato 3 costituisce pertanto una prima stesura della descrizione delle sorgenti emissive di cantiere e dei relativi sistemi di abbattimento in cui si da conto:

- della tipologia di emissioni in atmosfera generabili nei diversi cantieri;
- della tipologia di sistemi di abbattimento utilizzabili.

La quantificazione delle emissioni sarà possibile solo nella successiva fase di progettazione esecutiva.

In generale, i cantieri possono essere suddivisi nelle seguenti categorie, in funzione delle attività che si svolgono all’interno:

- campo base;
- cantieri industriali;
- cantieri di imbocco;
- slurrydotto;
- viabilità di servizio.

Per valutare le emissioni di polveri, così come richiesto nella prescrizione A12, è stata proposta una classificazione dei cantieri basata sulla tipologia di emissioni che possono verificarsi all'interno degli stessi.

Data la complessità dell'opera in esame è necessario introdurre un'ulteriore fase rispetto all'approccio tradizionale e parlare così di una fase di "cantierizzazione per la realizzazione dei cantieri". Con tale termine si vuole intendere che, in alcune parti dell'opera, al fine di realizzare il cantiere che servirà alla realizzazione dell'opera finale, sono da prevedersi una serie di attività che costituiscono anch'esse una preliminare fase di cantierizzazione.

È possibile quindi individuare due macro fasi temporali:

- la prima riguarda la fase di approntamento dei cantieri (a) e le attività necessarie per la realizzazione degli stessi;
- la seconda riguarda la fase di esercizio (e) ed i processi che possono generare emissioni durante l'esercizio dei cantieri per realizzare l'opera.

È stata introdotta una definizione qualitativa e al tempo stesso tipologica delle emissioni al fine di poter avere una "metodologia guida" sui diversi cantieri, sulle attività che possono generare polveri e sulla tipologia dell'emissione stessa (puntuali, diffuse o miste). A tale proposito è possibile distinguere:

- cantieri in cui le emissioni di polveri possono considerarsi trascurabili o non presenti – CE₀;
- cantieri in cui le emissioni di polveri provengono unicamente da sorgenti diffuse (quali ad esempio cumuli o transiti su strade non asfaltate) – CE₁;
- cantieri in cui le emissioni di polveri provengono unicamente da sorgenti puntuali – CE₂;
- cantieri in cui sono presenti entrambe le sorgenti – CE₃.

Volendo pertanto riassumere la metodologia attraverso un diagramma di flusso è possibile fare riferimento alla Figura 2-1.

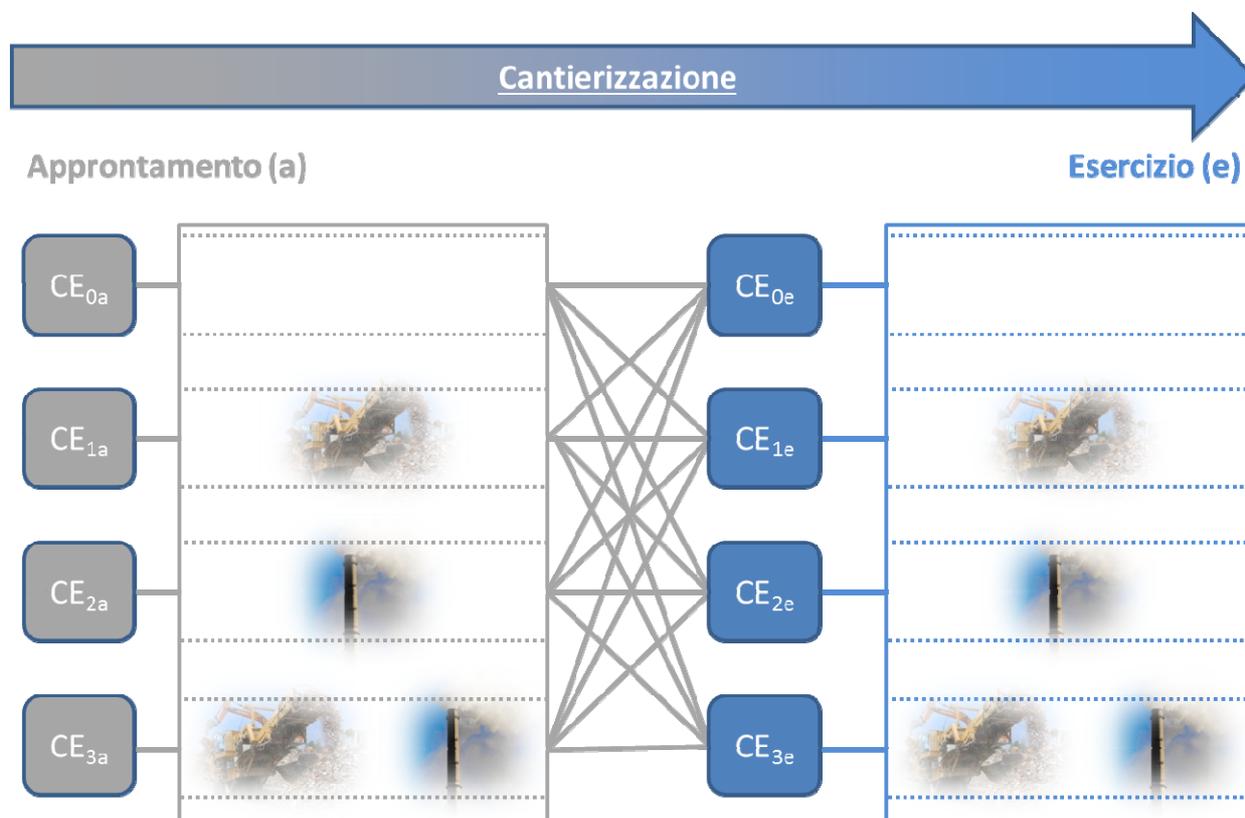


Figura 2-1 Schematizzazione metodologia dell'analisi dei cantieri

In linea teorica si possono individuare quindi le tipologie di cantieri da CE₀ (nessuna emissione) a CE₃ (emissioni diffuse e puntuali) in entrambe le fasi della cantierizzazione, di approntamento (a) e di esercizio del cantiere (e).

Individuata la metodologia, ogni cantiere è stato attribuito ad una categoria specifica, prima in fase di approntamento e poi in fase di esercizio. Successivamente, attraverso la definizione di appositi schemi a blocchi, sono state identificate le diverse attività e/o fasi che potranno essere attivate all'interno dei cantieri e le emissioni correlate alle stesse fasi.

È stata inoltre effettuata una approfondita disamina degli strumenti attualmente disponibili ed impiegabili all'interno dei cantieri per l'abbattimento e/o il controllo delle emissioni.

A completamento dell'analisi (cfr. Allegato 3), per ciascun cantiere sono state sintetizzate le tipologie di emissioni previste (nella fase di approntamento ed in quella di esercizio) insieme ai possibili sistemi di abbattimento.

2.3 PRESCRIZIONI A20 BIS E A22: CODICE DI SCAVO

Le prescrizioni oggetto del presente paragrafo sono le seguenti:

- A20 bis: *“il Piano [di monitoraggio sulle possibili interferenze del progetto con le acque sotterranee] dovrà contenere anche le azioni di intervento che limitano e minimizzano eventuali interferenze con acquiferi il cui drenaggio possa alterare il sistema di alimentazione delle sorgenti, introducendo misure di intervento urgente in caso di venute d’acqua via via più significative, analizzando le diverse ipotesi e conseguenti azioni di prevenzione e mitigazione”*;
- A22: *“Ambiente idrico: occorre impedire che le acque solfuree entrino in contatto con le acque delle falde acquifere e comunque che entrino in contatto con le altre acque drenate dalle gallerie; dovranno essere inoltre adottati tutti gli accorgimenti tecnici atti ad impedire che tali acque possano interagire con i calcestruzzi; il controllo dovrà essere effettuato dal comitato di cui al punto 2”*.

In ottemperanza alle prescrizioni richiamate, sono stati prodotti due codici di scavo a fini idrogeologici, uno (cfr. elaborato TUN0501) per le gallerie naturali e opere in sottterraneo la cui realizzazione è prevista con scavo in tradizionale (19 gallerie naturali, 14 situate ad Est del torrente Polcevera e 5 ad Ovest del torrente Polcevera, e 8 cameroni situati lungo tali gallerie, in corrispondenza degli innesti fra i diversi rami del tracciato) e l’altro (cfr. elaborato TUN0502) per le gallerie naturali situate ad Ovest del torrente Polcevera per la cui realizzazione è previsto lo scavo meccanizzato con TBM (3 gallerie a doppia canna).

Infatti, il progetto e la costruzione di opere in sottterraneo devono essere finalizzati a ridurre il più possibile i rischi di impatto ambientale dovuti all’abbassamento della superficie di falda (o alla riduzione della pressione dell’acqua nel caso di acquiferi confinati) a seguito dell’azione di drenaggio esercitata dalla galleria durante lo scavo e in esercizio. A questo scopo, assume un’importanza fondamentale disporre in fase costruttiva di un documento che riepiloghi tutte le fasi progettuali che hanno portato al progetto della galleria e indichi in dettaglio le procedure da adottare per lo scavo e la costruzione dell’opera. Tale documento, detto “Codice di Scavo”, affronta i seguenti punti fondamentali:

- (1) esposizione dei risultati dell’analisi del rischio idrogeologico relativo agli scavi;

- (2) previsione dei probabili afflussi d'acqua in galleria nell'eventualità che non siano realizzati specifici interventi di consolidamento ed impermeabilizzazione per ridurre il drenaggio del cavo;
- (3) previsione, sulla base delle probabili portate di acqua drenata dalla galleria, degli impatti sull'ambiente circostante, mediante un vero e proprio bilancio idrogeologico;
- (4) elaborazione, sulla base del bilancio idrogeologico, dei criteri da seguire per la realizzazione di eventuali interventi di impermeabilizzazione in galleria;
- (5) definizione, sulla base dei punti precedenti, delle modalità di scavo e delle sezioni tipo di impermeabilizzazione e drenaggio, con riferimento anche alla gestione delle acque drenate durante lo scavo, all'eventuale impianto di trattamento delle stesse, ai controlli e al tipo di monitoraggio da predisporre e operare all'interno e all'esterno della galleria.

I primi tre punti consentono, una volta noto il quadro idrogeologico di riferimento sulla base delle indagini e dei rilievi condotti (fase conoscitiva), di valutare gli afflussi d'acqua in galleria ed i relativi impatti sull'ambiente circostante in assenza di interventi (fase di diagnosi), mentre i successivi due punti permettono di definire le azioni di impermeabilizzazione o di compensazione da adottare in progetto (fase di terapia) ed i controlli da condurre in corso d'opera (fase di costruzione e di monitoraggio).

L'approccio adottato per la predisposizione del Codice di Scavo a fini idrogeologici relativo al progetto in esame è riepilogato nella seguente Figura.

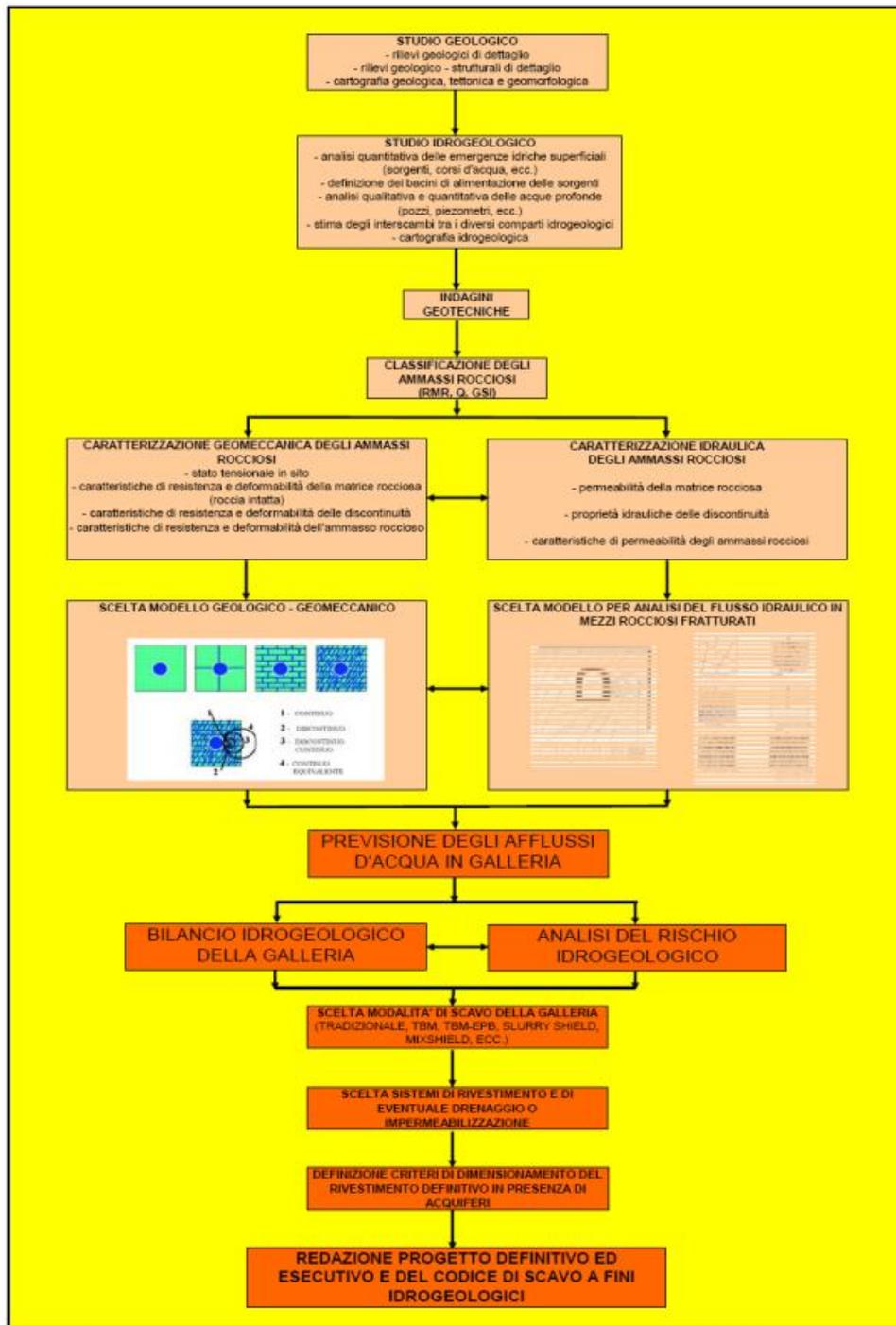


Figura 2-1 – Approccio metodologico adottato per la predisposizione dei Codici di Scavo

Per quanto concerne la prescrizione A22 del Decreto VIA (contatto con acque sulfuree), si precisa che la tratta nella quale il chimismo degli acquiferi può assumere facies idrogeochimiche particolari

in relazione a valori di pH molto elevati ($10 \square 12$) e a saturazione in idrossido di calcio è quella in corrispondenza delle incisioni del Branega e del rio San Pietro.

Come ampiamente illustrato nel Codice di scavo (cfr. elaborato TUN0502), in relazione alla tecnica di scavo scelta ed alla pressione adottata nella camera di scavo, qualora ci si trovasse in presenza d'acqua è possibile contrastarne la pressione limitando le quantità emunte. Il drenaggio dovuto allo scavo risulterebbe comunque limitato alla sola lunghezza dello scudo della TBM in quanto, una volta montato il rivestimento definitivo in corrispondenza della coda dello scudo, la galleria è di fatto impermeabile e quindi è impossibile che, anche nelle tratte con presenza di acque solfuree, si manifesti un drenaggio verso l'interno della galleria.

Inoltre, grazie alle iniezioni di contatto e cucitura che vengono eseguite a tergo del rivestimento definitivo, il vuoto (gap) presente fra l'estradosso del rivestimento definitivo e il profilo di scavo viene completamente riempito mediante una miscela cementizia bicomponente. Poiché tale miscela è iniettata ad elevate pressioni (superiori ad almeno 5 bar), il risultato dell'iniezione non è solamente quello di riempire il vuoto a tergo del rivestimento definitivo ma anche quello di iniettare l'ammasso roccioso circostante e, conseguentemente, non è possibile che si manifesti alcun flusso d'acqua esterno e longitudinale alla galleria.

2.4 PRESCRIZIONE T3: PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO TERRE

La prescrizione oggetto del presente paragrafo è la seguente:

- T3: *“Prima di cominciare i lavori su ciascun dominio di amianto, come definito dal Piano di utilizzo, per tutti i lavori, cantieri, tratte o imbocchi delle gallerie che interessano suolo in superficie, e preventivamente o in avanzamento dello scavo delle gallerie con metodi tradizionali, dovranno essere effettuate le procedure di campionamento, con sondaggi e prelievi Top Soil, secondo gli intervalli e le densità stabilite dal Regolamento DM161/2012, ad integrazione della campagna di indagini 2012, per l'accertamento delle qualità ambientali dei materiali da scavo con particolare riferimento all'amianto ed ai metalli. I campionamenti sul corridoio stradale di progetto dovranno interessare i terreni appartenenti allo schema geologico strutturale rappresentato dai domini di amianto dal N.1 al N. 5 (Val Leiro, Val Branega, Bric Boessa, Varenna-Contessa, Timone-Scarpino) ad ovest del Polcevera e più precisamente nelle Tratte a rischio amianto dalla N. 1 alla Tratta N.10 compresa. I campionamenti devono essere ubicati su affioramenti di “serpentinite” che dovranno essere caratterizzati da studio geostrutturale indirizzato ad individuare le seguenti caratteristiche dell'ammasso roccioso: frequenza ed ampiezza delle vene, entità della fatturazione, tipo di deformazione, grado di alterazione della roccia e tipo di minerale fibroso presente. Le analisi petrografiche sui campionamenti serviranno per la classificazione e distinzione degli asbesti tra inosilicati e fillosilicati secondo la forma cristallina caratteristica del minerale con particolare ricerca di tutte le varietà fibrose degli Anfiboli (crocidolite/riebeckite-riconoscibile per la sua marcata colorazione blu, tremolite, grunerite/amosite, antofillite, actinolite), le cui fibre presentano un potere cancerogeno decisamente superiore rispetto al Crisotilo”.*

Con riferimento a quanto riportato nello “Studio geologico-ambientale inerente gli aspetti connessi alla presenza di amianto naturale nella zona ad ovest del Polcevera tra Vesima e Bolzaneto” (cfr. elaborato GEO0179) ed in particolare nel paragrafo 2.4.2 “Criteri di campionatura” si ricordano qui i **criteri utilizzati per la campionatura** operata in fase di progettazione in grado di garantire una corretta quantificazione del contenuto di fibre nell'ammasso roccioso del dominio di riferimento. La necessità di disporre di un campione rappresentativo dell'ammasso roccioso stesso è stata soddisfatta eseguendo una:

1. **Campionatura dei litotipi prevalenti:** scelta di campioni rappresentativi del singolo litotipo da caratterizzare, tenendo conto dell'eventuale eterogeneità della roccia;
2. **Campionatura di zone interessate da minerali fibrosi:** campionatura di porzioni di roccia includenti vene, fratture e superfici di movimento nei domini rocciosi che già alla scala del campione a mano presentano evidenze di concentrazione di minerali fibrosi. Sono, inoltre, da campionare le zone di taglio principali che, in ragione della loro maggiore permeabilità, possono essere sede preferenziale per la circolazione di fluidi, con conseguente predisposizione alla crescita di minerali fibrosi.

Nei casi in cui l'eterogeneità litologica dipende principalmente dall'intensità di fratturazione e dalla localizzazione casuale dei minerali fibrosi, la campionatura è condotta in modo casuale ("campione normale o *random*"), mentre in situazioni particolarmente disomogenee e strutturalmente più complesse, il campione viene "ricostituito" assemblando porzioni diverse, rappresentative di tutte le caratteristiche petrografico-strutturali osservate nell'ammasso roccioso.

È evidente che il sistema di campionatura, descritto in dettaglio nei par. 2.3.2 e 4.4.3 della relazione GEO0179, può essere esteso a *tutti i lavori, cantieri, tratte, o imbocchi delle gallerie che interessano suolo in superficie e preventivamente o in avanzamento dello scavo delle gallerie con metodi tradizionali* ottenendo una **valutazione statisticamente corretta ai sensi del DM 161/2012**. Il numero degli intervalli e le densità di campionamenti della metodica descritta sono, infatti, superiori a quanto prescritto dalla norma tecnica nell'allegato 2 - Procedure di campionamento in fase di progettazione. In particolare, vengono soddisfatte sia la frequenza di campionamento che le modalità di composizione del campione incrementale previste in caso di opere infrastrutturali lineari e gallerie (un sondaggio ogni 500 metri di avanzamento; un campionamento ad ogni variazione significativa di litologia; tre incrementi per sondaggio, a formare il campione rappresentativo). Vale la pena ricordare che l'analisi dei campioni per la valutazione quantitativa amianto della fase previsionale (par. 4.6.6. della relazione GEO0179) era stata progettato ed eseguito per commisurare il **tenore di amianto totale**, sottoponendo a **macinazione totale** l'interno provino analitico, primario o ricostituito, anticipando di fatto le richieste normative e procedurali più recenti (cfr. Allegato 4 alla presente relazione per ulteriori dettagli). Nello studio previsionale le fibre di amianto presenti sui singoli campioni analitici (filtri) sono state cautelativamente determinate fino al limite inferiore di rilevabilità del metodo, ovvero sono state conteggiate tutte le fibre con diametro maggiore od uguale a circa un micron, superando il criterio

più restrittivo di “fibra respirabile” definito dal WHO (1986), presente nella normativa italiana ed europea in relazione alle misure delle fibre aerodisperse (cfr. DM 6/9/94).

Per quanto concerne, invece, le prescrizioni circa lo studio geostrutturale per la valutazione delle caratteristiche dell’ammasso roccioso, si farà riferimento in senso generale a quanto descritto dalla relazione GEO0001 al paragrafo – “Criteri di analisi mesostrutturale”. Se da un lato i criteri di analisi mesostrutturale forniscono le indicazioni sulle procedure di individuazione della porzione di roccia da prelevare e sulla sua caratterizzazione strutturale ai fini di rendere esplicite le motivazioni delle scelte effettuate, dall’altro lato la conoscenza geologica del sito (desunta dal modello geologico-strutturale, ovvero dallo schema geologico-strutturale e dalle sezioni geologiche della relazione GEO0001) permette di orientare il campionamento (Criteri di campionamento) in base alla distribuzione di domini geo-litologici e strutturali omogenei rispetto alle caratteristiche d’interesse (Domini Strutturali). Si ricorda che l’individuazione dei domini strutturali è stata ottenuta tenendo conto delle suddivisioni tettono-metamorfiche della letteratura (dati pregressi), riviste ad una scala di maggiore dettaglio necessaria per le esigenze del progetto (nuovi dati geologici). I domini strutturali sono stati ulteriormente suddivisi in tratte omogenee dal punto di vista litologico (tratte omogenee litologico-strutturali, riportate sulle sezioni geologiche allegate alla relazione GEO0001), ottenute combinando osservazioni, effettuate alle diverse scale, sull’assetto geometrico interno dei corpi rocciosi e sulle zone di contatto tra i domini (caratterizzazione macro- e mesostrutturale). Le tratte omogenee sono state poi caratterizzate anche in base alla presenza delle “facies petro-strutturali” (combinazioni di litotipi e strutture nelle quali è ricorrente la presenza di una specifica tipologia o di uno specifico contenuto di amianto), riconosciute nell’area di indagine e definite al paragrafo 4.5.1 della relazione GEO0179). L’insieme di tali conoscenze ha permesso di orientare la scelta dei siti di campionamento, per ciascuna delle tratte di tracciato omogenee dal punto di vista del rischio della presenza di amianto (“tratte a rischio amianto omogeneo”, vedi par. 5.3.2.1 della relazione GEO0179), che sono state riconosciute lungo il tracciato e rappresentate nella fincatura 11 in calce alle sezioni geologiche del Progetto Definitivo.

L’insieme di tali conoscenze ha permesso inoltre di produrre una stima dei volumi di rocce potenzialmente amiantifere (cfr. Cap. 7 della relazione GEO0179) calcolata sulla base delle relazioni tra le facies petro-strutturali e il “rischio amianto” (cfr. par. 4.5.1 della relazione GEO0179). La stima è stata prodotta per le classi di rischio “elevato” e “medio”, dove il rischio elevato derivava da un riscontro analitico di amianto in roccia > 1000 ppm, mentre il “rischio medio” era legato a concentrazioni di ca. 1000 ppm. Le stime volumetriche delle rocce potenzialmente amiantifere sono stati calcolate proiettando sul tracciato di progetto i corpi

geologici corrispondenti alle facies petro-strutturali e rappresentati nella fincatura n. 12 della sezione geologica allegata al Progetto Definitivo. Ai volumi così definiti è stato applicato un fattore di correzione, calcolato come rapporto tra il numero di campioni con contenuto in amianto > 1000 ppm e il numero di campioni totali prelevati per descrivere ciascun corpo geologico. In questo si è potuto tenere conto del fatto che l'amianto è distribuito nella roccia in maniera eterogena. Per quanto riguarda, invece, la caratterizzazione di dettaglio (mesostrutturale), mirata a descrivere le "caratteristiche geostrutturali dell'ammasso roccioso" dei siti di campionamento, come indicato alla prescrizione n.3, si prevede di utilizzare schede di rilevamento strutturale progettate "ad hoc" per le specifiche esigenze del progetto, consistenti nella duplice necessità di caratterizzare le associazioni strutturali sia per quanto riguarda il loro assetto geometrico, sia in funzione delle loro relazioni con i minerali fibrosi.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1	STAZIONE STRUTTURALE:																		
2																			
3	INFORMAZIONI GENERALI CI SAA09 B14																		
4	COMMITTENTE SPEA autostrade																		
5	LOCALITA' Piancaia Scarpino																		
6	QUOTA 375 m																		
7	COORDINATE 1.498.827.786; 4.923.226.210																		
8	RILEVATORI Alessia Musso, Alessandra Gierza																		
9	FACCIA AFFIORAMENTO N190																		
10	UNITA' UTM Eipogna																		
11	ROCCIA oficalcite PLV (metaoficalcite di Pietralvezzara)																		
12	STRUTTURA DI RIFERIMENTO (scala regionale) zona di deformazione di Scarpino																		
13	CONTESTO GEOLOGICO zona di deformazione																		
14	CAMPIONI B13C01B e B13C02B																		
15	FIGRE VISIBILI si																		
16																			
17																			
18																			
19	CLIVAGGIO																		
20	n	imm	ind	SP	tipo	spazt	disp	mod	allung	sim	struttura	n	osservazioni						
21	11	140	48		slip	mm	anast	lenti	cm-dm	// dip	folia	6-12							
22	14	130	25		slip	mm	anast	lenti	cm-dm	// dip	folia	13							
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			
36																			
37																			
38																			
39																			
40																			
41																			
42																			
43																			
44																			
45																			
46																			
47																			
48																			
49																			
50																			
51																			
52																			
53																			
54																			
55																			
56																			
57																			
58																			
59																			
60																			
61																			
62																			
63																			
64																			
65																			
66																			
67																			
68																			
69																			
70																			
71																			
72																			
73																			
74																			

Figura 2-2 – Esempio di scheda per analisi mesostrutturale utilizzata nel corso del progetto

In particolare, verranno utilizzate le schede descrittive del tipo di quelle descritte nella relazione GEO0001, qui illustrate nella **Figura 2-2**, la cui struttura prevede la descrizione dei principali elementi mesostrutturali (nelle loro caratteristiche fisiche, geometriche e cinematiche), la loro aggregazione in associazioni strutturali eventualmente riferite ad elementi macroscopici principali rappresentati nella cartografia geologica e nelle sezioni geologiche, l'eventuale presenza di minerali potenzialmente fibrosi lungo di esse, il riferimento ai campioni prelevati.

Per quanto concerne la distinzione tra inosilicati e fillosilicati, ed in particolare tra le varietà fibrose degli anfiboli e del serpentino, è utile ricordare che la zona interessata dagli scavi, previsti nel presente progetto Gronda di ponente, vede la presenza di tre sole possibili varietà di minerali fibrosi ascrivibili al gruppo degli amianti. A seconda della natura chimica e metamorfica delle unità litostratigrafiche è possibile rinvenire occorrenze di amianto di tremolite, di amianto di actinolite o di amianto di serpentino, cioè crisotilo. Le determinazioni petrografiche in microscopia ottica, affiancate dalla spettrometria micro-Raman, previste in corso di progetto preliminare e descritte nel paragrafo –“Criteri di analisi petrografica” della relazione GEO0001), permettono una classificazione univoca e oggettiva delle tipologie di minerali d'amianto rinvenuti. In particolare, il già citato studio geologico-ambientale descrive nel dettaglio l'approccio analitico utilizzato per classificare univocamente i minerali fibrosi.

2.5 PRESCRIZIONE T7: MATERIALI AMIANTIFERI DA SMALTIRE IN DISCARICA

La prescrizione oggetto del presente paragrafo è la seguente:

- T7: *“In corso d’opera, i materiali provenienti dallo scavo meccanizzato e da scavo tradizionale contenenti amianti appartenenti alla varietà fibroso non aciculare degli Anfiboli (SAC – serie tremolite actinolite) in concentrazione > 0,1 % in volume del campione con percentuale superiore al 50% rispetto agli amianti appartenenti alla varietà fibrosa del serpentino-crisotilo, e non utilizzati per l’arco rovescio delle gallerie nell’ambito dello stesso sito di produzione per il quale è stato verificato che il superamento dei limiti è dovuto a fondo naturale, in applicazione del comma 4 dell’articolo 5 del Regolamento, dovranno essere smaltiti in discarica speciale. Dovrà essere definito d’intesa con ARPAL un protocollo di rappresentatività della campionatura e per la validazione dei risultati delle analisi con tecniche MICRO RAMAN e SEM’.*

La prescrizione ministeriale mette in risalto come la metodica analitica utilizzata deve poter prevedere una valutazione quantitativa disgiunta dei minerali dell'amianto appartenenti alle famiglie degli anfiboli e del serpentino. Il protocollo analitico di campionamento ed analisi delle rocce in corso d'opera è descritto in dettaglio nel paragrafo 14 – "Procedure operative di campionamento ed analisi" dello "Studio metodologico e procedurale in merito alle problematiche ambientali indotte dagli scavi in ambiente amiantifero. *Linee guida per la gestione del rischio amianto negli scavi all'aperto e in galleria*" (cfr. elaborato APG0004). La valutazione quantitativa disgiunta dei tipi di amianto verrà inserita nei certificati di analisi prodotti dai laboratori di cantiere (cfr. par 14.8 - Organizzazione del laboratorio di cantiere) durante tutta la fase esecutiva dell'opera.

Le campionature del materiale lapideo scavato, volte a verificare le caratteristiche chimiche e qualitative ai sensi del DM 161/2012 e D.Lgs. 152/06 e s.m.i., avverranno secondo le modalità descritte in dettaglio nel Capitolo 13 (Procedure operative e prescrizioni tecniche per la gestione dello smarino) della relazione APG0004. Le indicazioni operative sulla gestione delle terre e rocce sono conformi al testo del DM 161/2012 e seguono i concetti introdotti D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e nella normativa specifica della Regione Liguria. In particolare, le predisposizioni di cantiere previste sia per le operazioni di campionamento sia per le operazioni di classificazione e misure analitiche dei campioni fanno riferimento ai seguenti elementi normativi regionali:

- Legge Regionale Liguria 6 marzo 2009, n. 5 recante "Norme per la prevenzione dei danni e dei rischi derivanti dalla presenza di amianto, per le bonifiche e per lo smaltimento."
- Deliberazione del Consiglio regionale R.L. n. 105 del 20.12.1996 "Piano di protezione dell'ambiente, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto di cui all'articolo 10 della legge 27 Marzo 1992 numero 257."
- D.G.R. 859 del 2008 recante "Criteri per l'utilizzo e la gestione delle terre e rocce da scavo (Allegato 1)".
- Documento recante "Istruzioni operative" a cura di Regione Liguria ed ARPAL relativo alla valutazione del contenuto in amianto nelle rocce ofiolitiche liguri. (30.06.2009)¹

¹http://www.liguriainformasalute.it/sanita/ep/risorse%20comuni/pdf/istruzione_operativa_pietre_verdi.pdf

- D.G.R. 1423/2013 recante “Indirizzi operativi per la gestione delle Terre e rocce da scavo (Allegato 1)”²

Le procedure previste per la gestione del materiale scavato distinguono la casistica legata agli scavi in tradizionale (all’aperto o in galleria) e in meccanizzato con EPB o *hydroshield* (in galleria). La gestione delle terre provenienti dal ciclo di scavo in tradizionale differisce leggermente da quella prevista per lo scavo meccanizzato.

Infatti, il materiale di smarino proveniente dagli scavi in tradizionale è caratterizzato da una pezzatura molto più grossolana di quella ottenibile con sistemi meccanizzati; nello stesso tempo, anche l’ambiente di lavoro è controllato in modo diverso rispetto a quello dello scavo meccanizzato, in particolare riguardo al problema del sollevamento delle polveri.

Il processo di scavo e di analisi sul contenuto di amianto presente nella massa di materiale scavato segue, in linea di principio, quello previsto per lo scavo meccanizzato. Variano le produzioni e le modalità di trasferimento del materiale.

Per il resto il ciclo è analogo:

- scavo (anche su più fronti);
- carico e trasporto in **silos di stoccaggio provvisorio**, che avviene attraverso mezzi gommati dotati di sistemi di protezione interna ed esterna;
- analisi di provini rappresentativi di un certo volume scavato e definizione della destinazione finale;
- trasporto alla destinazione finale con gli stessi sistemi adottati per lo smarino derivante dallo scavo meccanizzato, che potrà avvenire a certificazione ottenuta dal laboratorio sulla quantità di amianto presente all’interno della massa rappresentata dal provino.

La destinazione finale sarà funzione della quantità di amianto determinata così come sintetizzato nel quadro sinottico di **Figura 2-3**.

² <http://nuke.geologiliguria.it/Portals/0/normativa/dgr%201423%202013%20TRS.pdf>
http://www.ambienteinliguria.it/eco3/DTS_GENERALE/20140116/alleg_dgr1423_2013.pdf

Le operazioni preliminari prevedono poi i seguenti passi:

1. i vari incrementi devono essere sottoposti ad un'operazione di miscelazione, secondo quanto indicato dalla norma UNI 10802:2004. Quest'operazione andrà condotta in ambiente confinato da personale qualificato ed istruito.
2. Il *campione composito* ottenuto avrà un volume di ca. 50 dm³ per il silos da 1290 m³ e di ca. 25 dm³ per il silos da 780 m³. Il campione composito sarà omogeneizzato per mezzo di un miscelatore meccanico tipo betoniera.
3. Il campione composito omogeneizzato verrà ridotto volumetricamente mediante un apposito procedimento di quartatura. Il *campione secondario* così ottenuto, della massa di ca. 5 kg, verrà essiccato in stufa fino a un'umidità residua inferiore al 3%. Potrebbe essere accettabile, dovendo determinare esclusivamente componenti minerali non volatili e dissociabili, operare la fase di essiccazione a 110°C.³ Eventualmente, per accelerare i tempi di essiccazione, si potrebbe anche utilizzare una centrifuga.
4. Prima di essere inviato in laboratorio, il campione secondario verrà sottoposto a setacciatura con frazione passante pari a 2 cm secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

La gestione dello smarino di galleria in corso d'opera viene concretizzata attraverso una procedura analitica tale da assegnare al materiale in uscita dalle gallerie **quattro possibili codici** che determinano la scelta della destinazione finale:

- a) codice rosso - presenza di amianto > 1000 mg/kg abbinata a caratteristiche geotecniche che non ne consentono il riutilizzo – inertizzazione e sigillatura in *big bag*, conferimento a discarica speciale;
- b) codice giallo - presenza di amianto > 1000 mg/kg abbinata a caratteristiche geotecniche sufficienti al loro riutilizzo;

³ Superando i 50 °C suggeriti dalla normativa si otterrebbe una accelerazione delle operazioni senza che i minerali presenti vengano in alcun modo modificati.

- c) codice verde - presenza di amianto < 1000 mg/kg - trasporto al canale di calma via *slurrydotto* o riutilizzo;
- d) codice bianco - totale assenza di amianto - trasporto al canale di calma via *slurrydotto* o riutilizzo.

Ovviamente, non tutto il materiale che nella sezione geologica previsionale è stato indicato a rischio amianto “elevato” o “medio” risulterà effettivamente avere un contenuto di amianto > 1000 mg/kg. Ciò dipende: i) dall’eterogeneità litologica che caratterizza le formazioni geologiche attraversate dalle gallerie, ii) dal grado di incertezza con cui è noto l’assetto geologico e strutturale a quota galleria e iii) dal numero di analisi di laboratorio svolte in fase di studio, per caratterizzare una data tratta omogenea (significatività dei dati analitici dal punto di vista statistico).

Più in generale, a causa della naturale eterogeneità delle rocce amiantifere, le diverse classi di rischio includono sia rocce che contengono quantità rilevanti di amianto, sia rocce che ne contengono in misura molto minore o non ne contengono affatto, come nel caso, ad esempio, di intercalazioni ripetute di serpentiniti e SAC (rocce amiantifere) e di calcescisti (rocce non amiantifere).

Ne deriva che zone considerate a livello previsionale come “a rischio elevato”, contengono sicuramente porzioni più o meno importanti di rocce con quantità di amianto sotto la soglia di 1000 mg/kg, che quindi potranno essere destinate al Canale di Calma via *slurrydotto*, previo accertamento del loro basso contenuto in amianto.

Un volta classificato in base al suo contenuto d’amianto, lo smarino verrà gestito secondo le modalità descritte nel par. 13.4 - Stoccaggio dello smarino in funzione della quantità di amianto.

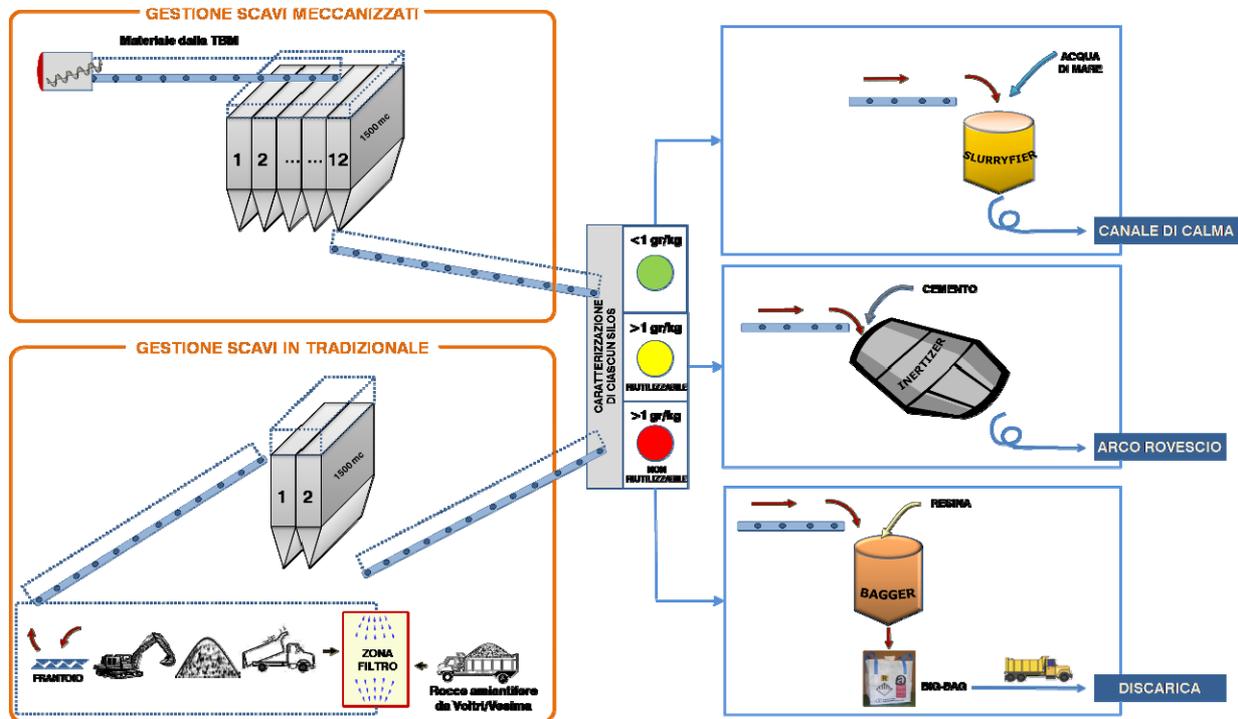


Figura 2-3 – Quadro sinottico delle procedure di gestione dello smarino

In fase di scavo, il campionamento sui cumuli verrà effettuato sul materiale tal quale, in modo da ottenere un campione rappresentativo secondo la **norma UNI 10802:2004**. Nella fase progettuale si è previsto di utilizzare il prospetto di campionamento F.22 della norma citata (UNI 10802:2004, p. 101), opportunamente integrato e descritto in dettaglio nella **Figura 2-4**. Nel caso specifico del progetto Gronda, tutto il materiale da campionare in corso d'opera, **incluso lo smarino proveniente dagli scavi in tradizionale**, dovrà essere macinato ad una granulometria opportuna per essere reso compatibile con il sistema di trasporto del materiale di scavo previsto dal progetto (slurrydotto). A seguito di questa scelta progettuale, la raccolta degli incrementi avverrà direttamente sul nastro trasportatore dedicato al riempimento dei silos di stoccaggio temporaneo (cfr. parr. 13.5 e 13.6 della relazione APG0004).

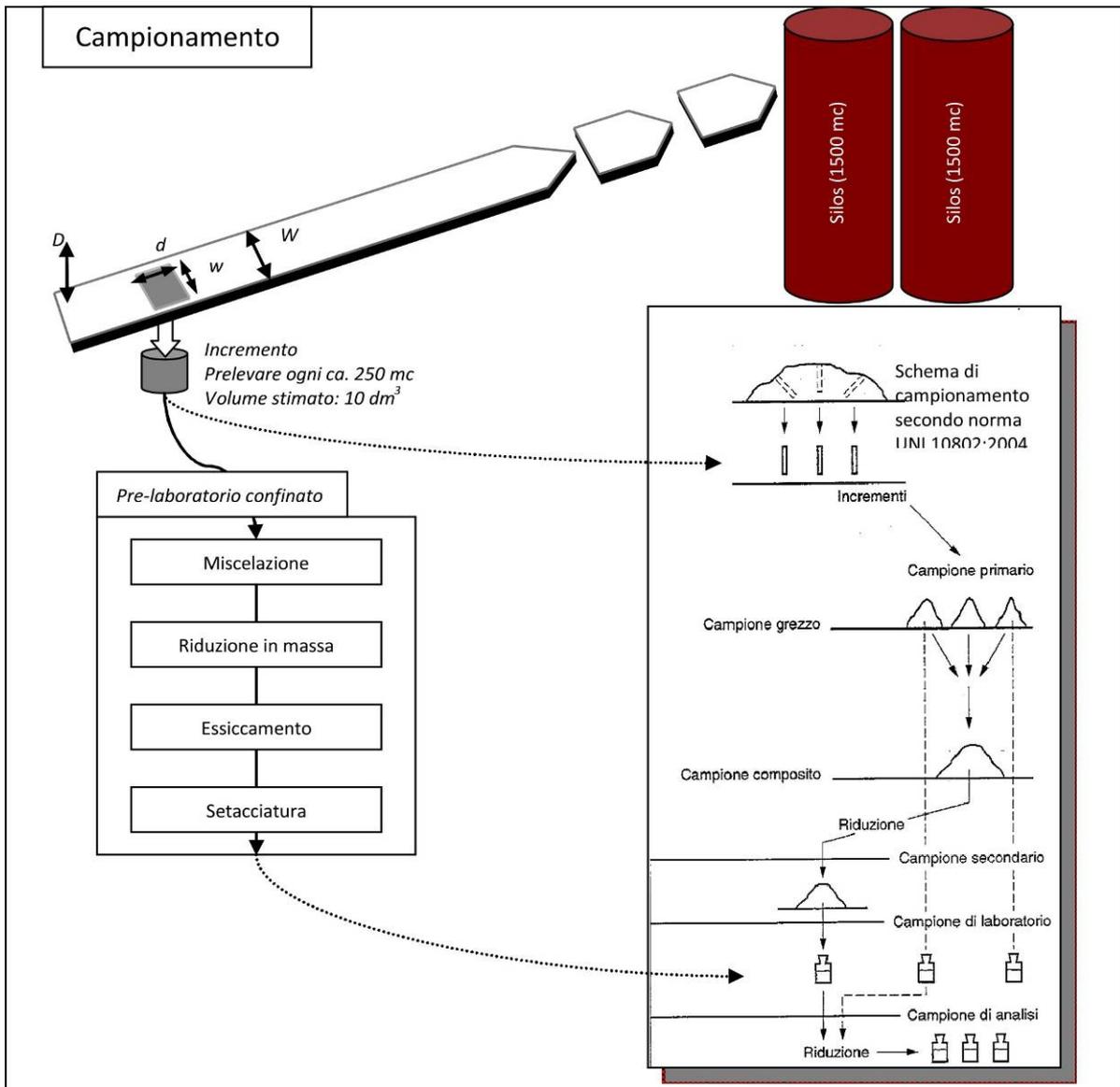
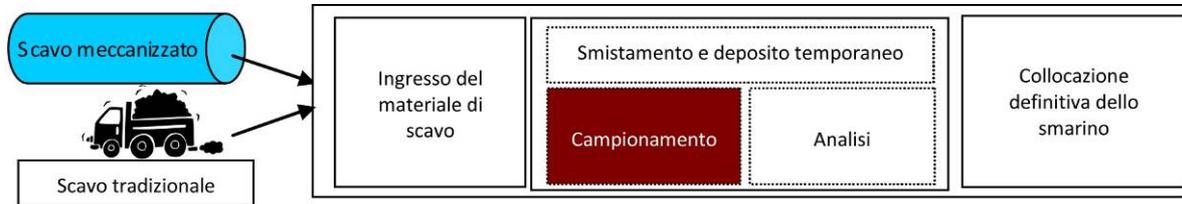


Figura 2-4 – Prospetto di campionamento secondo schema F.22 della norma UNI 10802:2004

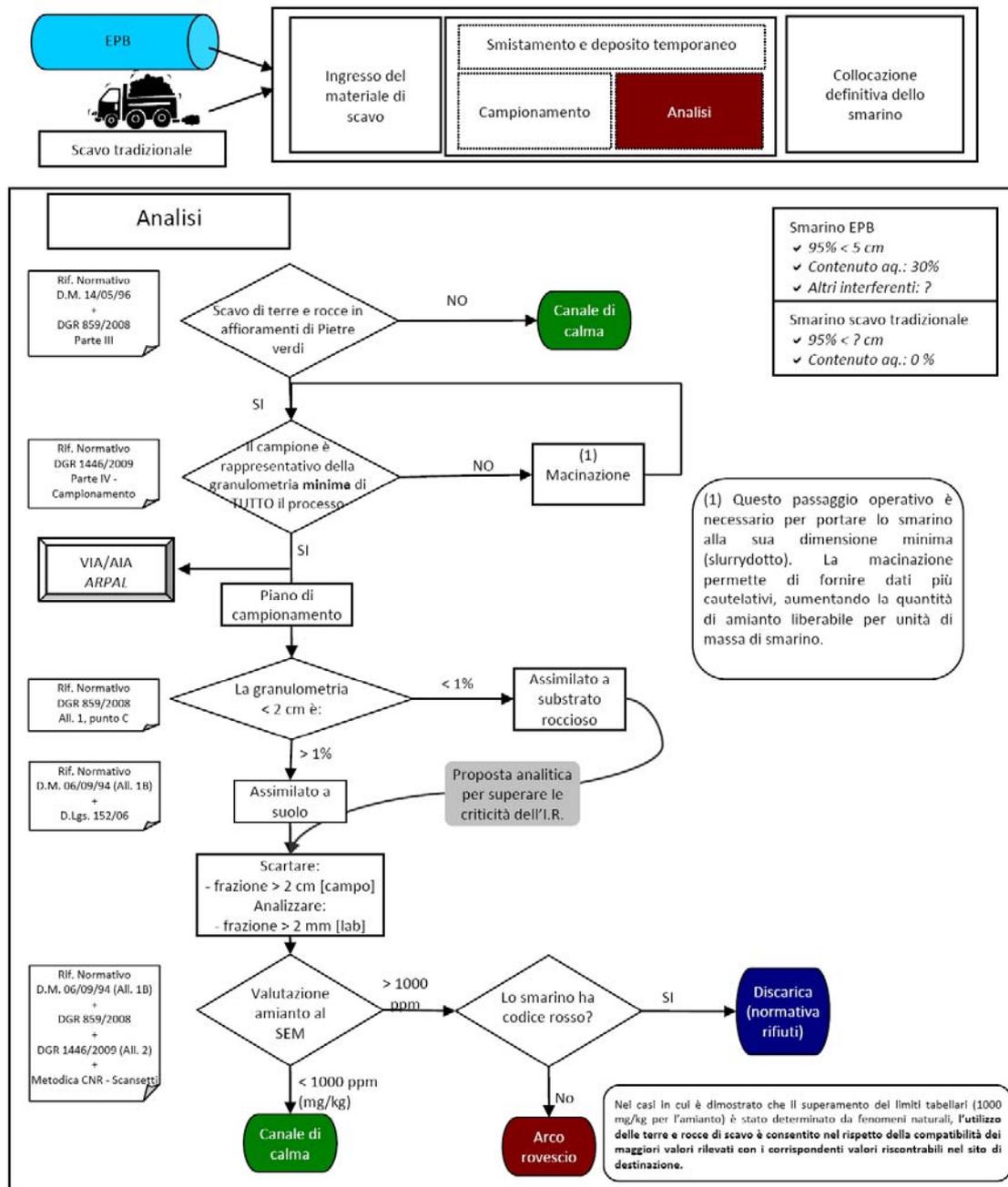


Figura 2-5 – Prospetto della procedura di preparazione e analisi dei campioni di rocce contenenti amianto

Come indicato nel paragrafo “Analisi al SEM”, le procedure analitiche previste dalla relazione APG0004 offrono la possibilità di distinguere il peso relativo delle varie classi mineralogiche. Infatti, la determinazione della concentrazione in peso di amianto, così come prevista nella relazione,

utilizza i criteri di conteggio previsti dal DM 6/9/1994 (Allegato 1B) che esprimono la concentrazione (C) di amianto nel campione analitico come:

$$C = \frac{A \cdot (p_c + p_a)}{n \cdot a \cdot P} \cdot 10^6$$

In cui :

C = concentrazione dell'amianto (ppm);

A = area effettiva del filtro (mm²);

n = numero di campi esaminati sul filtro;

p_a e p_c = peso dell'amianto identificato negli **n** campi (mg) con **a**: anfiboli e **c**: crisotilo;

a = area di un campo all'ingrandimento di lettura utilizzato (mm²);

P = peso totale del campione depositato sul filtro (mg).

Senza modificare la procedura analitica, sarà, dunque, possibile corredare il risultato quantitativo totale di **un parametro percentuale che esprima la concentrazione relativa degli anfiboli della serie tremolite-actinolite nei confronti del crisotilo.**

Seguendo l'indicazione della prescrizione n. 7, si assegnerà pertanto il codice rosso, secondo quanto previsto dallo schema di gestione dello smarino (sintetizzato nel par. 13.7 e in figura 52 della sopracitata relazione APG0004), a quei materiali aventi una concentrazione di amianto > 0,1% (1000 ppm), delle caratteristiche geomeccaniche tali da non renderne possibile il riutilizzo nell'arco rovescio ai sensi del D.Lgs. 152/06 e aventi percentuale della varietà fibrosa non aciculare degli Anfiboli superiore al 50% rispetto agli amianti appartenenti alla varietà fibrosa del serpentino-crisotilo.

In riferimento alla parte della prescrizione che prevede la stesura di un **protocollo di validazione delle metodiche analitiche** utilizzate, fatto salvo quanto esplicitamente indicato già in fase di progettazione, ovvero che si prevede una fase di concertazione con ARPAL e organi di vigilanza, si è ritenuto utile integrare la proposta analitica con il seguente protocollo di validazione interno:

- 1) Si selezioneranno uno o più matrici naturali contenenti i minerali non-fibrosi (fasi tabulari/prismatiche determinate con petrograficamente attraverso la microscopia ottica e Raman) cristallograficamente e chimicamente corrispondenti ai minerali d'amianto di interesse analitico per il progetto (tremolite d'amianto e crisotilo);
- 2) Si prepareranno **20 campioni a concentrazione nota** di tremolite d'amianto e/o crisotilo miscelando in proporzioni variabili gli amianti puri disponibili presso il Centro Scansetti con le matrici naturali contenenti i corrispondenti minerali non fibrosi.
- 3) Si procederà alla preparazione dei filtri in polycarbonato secondo quanto previsto dalla metodica prescelta e descritta nella relazione APG0004. La procedura analitica si avvarrà di un microscopio elettronico a scansione (SEM-EDS), seguendo il protocollo previsto dall'allegato 1B del DM 6/9/94⁴ secondo le linee guida sopracitate. A seguito di un confronto con ARPAL verranno definite le classi dimensionali, ed in particolare il rapporto minimo lunghezza/diametro (L/D) che distinguerà le fasi tabulari dalle fasi asbestiformi. Ai fini di una corretta distinzione tra i polimorfi della tremolite e del serpentino sulla base dei criteri morfologico-dimensionali osservabili al SEM, si indica come possibile valore soglia per il parametro L/D il valore di 10. Verranno dunque considerate fibre asbestiformi tutte le particelle aventi $L/D > 10$, mentre saranno considerate, benché chimicamente identiche, non-asbestiformi e dunque escluse dal conteggio analitico le particelle con $L/D < 10$. Tali indicazioni sono frutto di campagne sperimentali di analisi che hanno permesso di affinare la tecnica analitica ed ottenere risultati quantitativi soddisfacenti utilizzando la metodica descritta. Ulteriori dettagli sono allegati alla presente relazione (cfr. Allegato 4).
- 4) Parallelamente si procederà alla validazione statistica del metodo analitico. La metodica di preparazione dei campioni e analisi proposte nella relazione APG0004 verrà testata sui 20 campioni in matrice reale e verranno valutati la precisione, l'esattezza, la linearità, il limite di rilevabilità e la robustezza del nuovo metodo.

⁴ Allegato 1B "Microscopia elettronica analitica a scansione (per percentuali di amianto comprese fra le 100 ppm e l'1%" in D.M. 6-9-1994 "Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

È utile considerare a margine che l'analisi quantitativa di amianti in SEM-EDS è attualmente oggetto di forti miglioramenti qualitativi anche grazie all'integrazioni di algoritmi di analisi automatica in grado di velocizzare la fase di acquisizione del dato (immagini SEM e spettro EDS) e ridurre i tempi di lavorazione del campione analitico. Il Centro Scansetti è da tempo impegnato nello sviluppo di algoritmi in grado di riconoscere e quantificare le singole fibre, distinguendole dalle fasi non pericolose dei corrispondenti minerali non asbestiformi (cfr. Stellini M., 2013 – tesi di laurea). Il forte interesse verso queste tecnologie ha spinto diverse aziende produttrici di spettrometri EDS alla progettazione di pacchetti di estensione del software (ad es., AZtecFeature della Oxford Instruments) in grado di operare un'analisi quantitativa semi-automatica di campioni di amianto naturale in matrice reale.

3. SINTESI

Nel presente capitolo vengono riportate le schede riepilogative delle attività svolte e degli elaborati progettuali (integrativi o in variante) prodotti in risposta alle prescrizioni analizzate.

Ciascuna scheda riporta le seguenti informazioni:

- il codice di riferimento della prescrizione;
- il titolo della prescrizione;
- la sintesi delle attività svolte in ottemperanza alla prescrizione;
- i riferimenti all'eventuale documentazione di approfondimento predisposta per supportare le valutazioni effettuate.

Codice di riferimento prescrizione		A10
Titolo prescrizione	Piano di gestione ambientale	
Sintesi attività svolte in ottemperanza alla prescrizione		
<p>A oggi non esistono procedure operative standard (sulla rete autostradale) per gli interventi a salvaguardia dell'ambiente, se non come misure di "primo contenimento". Per rispondere alla prescrizione A10 è stato pertanto redatto un "Piano di gestione ambientale" in cui vengono fornite le azioni specifiche relative alla gestione degli incidenti che comportano il rilascio di sostanze in grado di contaminare le matrici ambientali circostanti il tracciato autostradale.</p> <p>Tale documento contiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> • la descrizione sintetica del progetto; • un inquadramento sulle norme di riferimento e sulle procedure attualmente in uso in caso di incidente con pericoli per l'incolumità delle persone; • la descrizione delle diverse tipologie di eventi accidentali attesi sia in fase di cantiere che in fase di esercizio; • l'individuazione di alcune possibili azioni di prevenzione da porre in atto, specialmente in fase di cantiere, al fine di evitare la propagazione di sostanze contaminanti nelle matrici ambientali circostanti; • la descrizione delle misure di messa in sicurezza e di intervento da porre in atto nel caso di incidente con sversamento di sostanze in grado di disperdersi verso le matrici ambientali circostanti. <p>Si ricorda che il tracciato della Gronda è prevalentemente rettilineo e si sviluppa quasi integralmente in galleria, pertanto il rischio di rilascio di sostanze verso l'ambiente è ridotto al minimo. Vi sono però alcuni attraversamenti su viadotto nonché alcuni manufatti per la gestione del cantiere (es. slurrydotto) che certamente richiedono un'attenta gestione delle procedure ambientali.</p>		
Documentazione di Approfondimento		Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Codifica elaborato progettuale		Tipologia
SGT0010: Piano di gestione ambientale		Relazione

Codice di riferimento prescrizione		A12 ter
Titolo prescrizione	Processi e apparecchiature che possono produrre emissioni in atmosfera	
Sintesi attività svolte in ottemperanza alla prescrizione		
<p>L'individuazione puntuale di tutti i processi e apparecchiature che possono produrre emissioni puntuali o diffuse di polveri e dei sistemi di abbattimento applicati e la quantificazione delle emissioni, come richiesto dalla prescrizione in oggetto, saranno possibili solo in fase di progettazione esecutiva. Cionondimeno si è ritenuto proficuo iniziare ad impostare il lavoro già nella presente fase di progettazione definitiva, trattando le tematiche note con il livello di dettaglio possibile. In questa sede, pertanto, si da conto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • della tipologia di emissioni in atmosfera generabili nei diversi cantieri; • della tipologia di sistemi di abbattimento utilizzabili. <p>In generale, i cantieri possono essere suddivisi nelle seguenti categorie, in funzione delle attività che si svolgono all'interno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • campo base; • cantieri industriali; • cantieri di imbocco; • slurrydotto; • viabilità di servizio. <p>Per valutare le emissioni di polveri, così come richiesto nella prescrizione A12, è stata proposta una classificazione dei cantieri basata sulle attività che possono generare polveri all'interno degli stessi e sulla tipologia delle emissioni stesse (puntuali, diffuse o miste). A tale proposito è possibile distinguere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • cantieri in cui le emissioni di polveri possono considerarsi trascurabili o non presenti – CE₀; • cantieri in cui le emissioni di polveri provengono unicamente da sorgenti diffuse (quali ad esempio cumuli o transiti su strade non asfaltate) – CE₁; • cantieri in cui le emissioni di polveri provengono unicamente da sorgenti puntuali – CE₂; • cantieri in cui sono presenti entrambe le sorgenti – CE₃. <p>Ogni cantiere è stato pertanto attribuito ad una categoria specifica e, attraverso la definizione di appositi schemi a blocchi, sono state identificate le diverse attività e/o fasi che potranno essere attivate all'interno dei cantieri e le emissioni correlate alle stesse fasi.</p> <p>È stata inoltre effettuata una approfondita disamina degli strumenti attualmente disponibili ed impiegabili all'interno dei cantieri per l'abbattimento e/o il controllo delle emissioni.</p> <p>A completamento dell'analisi, per ciascun cantiere sono state sintetizzate le tipologie di emissioni previste (nella fase di approntamento ed in quella di esercizio) insieme ai possibili sistemi di abbattimento.</p>		
Documentazione di Approfondimento		Sì <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>

Codice di riferimento prescrizione		A20 bis, A22
Titolo prescrizione	Codice di scavo	
Sintesi attività svolte in ottemperanza alla prescrizione		
<p>Sono stati prodotti due codici di scavo a fini idrogeologici, uno per le gallerie naturali e opere in sotterraneo la cui realizzazione è prevista con scavo in tradizionale (19 gallerie naturali, 14 situate ad Est del torrente Polcevera e 5 ad Ovest del torrente Polcevera, e 8 cameroni situati lungo tali gallerie, in corrispondenza degli innesti fra i diversi rami del tracciato) e l'altro per le gallerie naturali situate ad Ovest del torrente Polcevera per la cui realizzazione è previsto lo scavo meccanizzato con TBM (3 gallerie a doppia canna).</p> <p>Tali documenti affrontano i seguenti temi fondamentali:</p> <ul style="list-style-type: none"> • esposizione dei risultati dell'analisi del rischio idrogeologico relativo agli scavi; • previsione dei probabili afflussi d'acqua in galleria nell'eventualità che non siano realizzati specifici interventi di consolidamento ed impermeabilizzazione per ridurre il drenaggio del cavo; • previsione, sulla base delle probabili portate di acqua drenata dalla galleria, degli impatti sull'ambiente circostante, mediante un vero e proprio bilancio idrogeologico; • elaborazione, sulla base del bilancio idrogeologico, dei criteri da seguire per la realizzazione di eventuali interventi di impermeabilizzazione in galleria; • definizione, sulla base dei punti precedenti, delle modalità di scavo e delle sezioni tipo di impermeabilizzazione e drenaggio, con riferimento anche alla gestione delle acque drenate durante lo scavo, all'eventuale impianto di trattamento delle stesse, ai controlli e al tipo di monitoraggio da predisporre e operare all'interno e all'esterno della galleria. <p>I primi tre punti consentono, una volta noto il quadro idrogeologico di riferimento sulla base delle indagini e dei rilievi condotti (fase conoscitiva), di valutare gli afflussi d'acqua in galleria ed i relativi impatti sull'ambiente circostante in assenza di interventi (fase di diagnosi), mentre i successivi due punti permettono di definire le azioni di impermeabilizzazione o di compensazione da adottare in progetto (fase di terapia) ed i controlli da condurre in corso d'opera (fase di costruzione e di monitoraggio).</p> <p>Per quanto concerne il possibile contatto con acque sulfuree, si precisa che la tratta nella quale il chimismo degli acquiferi può assumere facies idrogeochimiche particolari in relazione a valori di pH molto elevati (10□12) e a saturazione in idrossido di calcio è quella in corrispondenza delle incisioni del Branega e del rio San Pietro (tratto di galleria scavato con TBM). Come ampiamente illustrato nel Codice di scavo, in relazione alla tecnica di scavo scelta ed alla pressione adottata nella camera di scavo, qualora ci si trovasse in presenza d'acqua è possibile contrastarne la pressione limitando le quantità emunte. Il drenaggio causato dallo scavo risulterebbe comunque limitato alla sola lunghezza dello scudo della TBM in quanto, una volta montato il rivestimento definitivo in corrispondenza della coda dello scudo, la galleria è di fatto impermeabile e quindi è impossibile che, anche nelle tratte con presenza di acque solfuree, si manifesti un drenaggio verso l'interno della galleria.</p> <p>Inoltre, a causa delle iniezioni di contatto e cucitura che vengono eseguite a tergo del rivestimento definitivo, il vuoto (gap) presente fra l'estradosso del rivestimento definitivo e il profilo di scavo viene completamente riempito mediante una miscela cementizia bicomponente. Poiché tale miscela è iniettata ad elevate pressioni (superiori ad almeno 5 bar), il risultato dell'iniezione non è solamente quello di riempire il vuoto a tergo del rivestimento definitivo ma anche quello di iniettare l'ammasso roccioso circostante e, conseguentemente, non è possibile che si manifesti alcun flusso</p>		

d'acqua esterno e longitudinale alla galleria.

Documentazione di Approfondimento	Sì <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Codifica elaborato progettuale	Tipologia
TUN0501: Codice di scavo a fini idrogeologici - Gallerie ed opere in sotterraneo realizzate in tradizionale	Relazione
TUN0502: Codice di scavo a fini idrogeologici - Gallerie ad ovest del torrente Polcevera realizzate con scavo meccanizzato con TBM	Relazione

Codice di riferimento prescrizione		T3
Titolo prescrizione	Procedure campionamento terre	
Sintesi attività svolte in ottemperanza alla prescrizione		
<p>In fase di progettazione, la necessità di disporre di un campione rappresentativo dell'ammasso roccioso in termini di contenuto di fibre di amianto è stata soddisfatta eseguendo una:</p> <ul style="list-style-type: none"> • campionatura dei litotipi prevalenti: scelta di campioni rappresentativi del singolo litotipo da caratterizzare, tenendo conto dell'eventuale eterogeneità della roccia; • campionatura di zone interessate da minerali fibrosi: campionatura di porzioni di roccia includenti vene, fratture e superfici di movimento nei domini rocciosi che già alla scala del campione a mano presentano evidenze di concentrazione di minerali fibrosi. <p>Nei casi in cui l'eterogeneità litologica dipende principalmente dall'intensità di fratturazione e dalla localizzazione casuale dei minerali fibrosi, la campionatura è condotta in modo casuale ("campione normale o random"), mentre in situazioni particolarmente disomogenee e strutturalmente più complesse, il campione viene "ricostituito" assemblando porzioni diverse, rappresentative di tutte le caratteristiche petrografico-strutturali osservate nell'ammasso roccioso.</p> <p>È evidente che il sistema di campionatura può essere esteso a tutti i lavori, cantieri, tratte, o imbocchi delle gallerie che interessano suolo in superficie e preventivamente o in avanzamento dello scavo delle gallerie con metodi tradizionali ottenendo una valutazione statisticamente corretta ai sensi del DM 161/2012.</p> <p>Nello studio previsionale le fibre di amianto presenti sui singoli campioni analitici (filtri) sono state cautelativamente determinate fino al limite inferiore di rilevabilità del metodo, ovvero sono state conteggiate tutte le fibre con diametro maggiore od uguale a circa un micron, superando il criterio più restrittivo di "fibra respirabile" definito dal WHO (1986), presente nella normativa italiana ed europea in relazione alle misure delle fibre aerodisperse (cfr. DM 6/9/94).</p> <p>L'insieme delle conoscenze ha permesso di produrre una stima dei volumi di rocce potenzialmente amiantifere, calcolata sulla base delle relazioni tra le facies petro-strutturali e il "rischio amianto".</p> <p>Per quanto concerne la distinzione tra inosilicati e fillosilicati, ed in particolare tra le varietà fibrose degli anfiboli e del serpentino, è utile ricordare che la zona interessata dagli scavi, previsti nel presente progetto Gronda di ponte, vede la presenza di tre sole possibili varietà di minerali fibrosi ascrivibili al gruppo degli amianti. A seconda della natura chimica e metamorfica delle unità litostratigrafiche è possibile rinvenire occorrenze di amianto di tremolite, di amianto di actinolite o di amianto di serpentino, cioè crisotilo. Le determinazioni petrografiche in microscopia ottica, affiancate dalla spettrometria micro-Raman, previste in progetto, permettono una classificazione univoca e oggettiva delle tipologie di minerali d'amianto rinvenuti.</p>		
Documentazione di Approfondimento		Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>

Codice di riferimento prescrizione		T7
Titolo prescrizione	Materiali amiantiferi da smaltire in discarica	
Sintesi attività svolte in ottemperanza alla prescrizione		
<p>La prescrizione ministeriale mette in risalto come la metodica analitica utilizzata deve poter prevedere una valutazione quantitativa disgiunta dei minerali dell'amianto appartenenti alle famiglie degli anfiboli e del serpentino. Il protocollo analitico di campionamento ed analisi delle rocce in corso d'opera è descritto in dettaglio nel paragrafo 14 – “Procedure operative di campionamento ed analisi” dello “Studio metodologico e procedurale in merito alle problematiche ambientali indotte dagli scavi in ambiente amiantifero. <i>Linee guida per la gestione del rischio amianto negli scavi all'aperto e in galleria</i>” (cfr. elaborato APG0004). La valutazione quantitativa disgiunta dei tipi di amianto verrà inserita nei certificati di analisi prodotti dai laboratori di cantiere durante tutta la fase esecutiva dell'opera.</p> <p>Ovviamente, non tutto il materiale che nella sezione geologica previsionale è stato indicato a rischio amianto “elevato” o “medio” risulterà effettivamente avere un contenuto di amianto > 1000 mg/kg. Ciò dipende:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. dall'eterogeneità litologica che caratterizza le formazioni geologiche attraversate dalle gallerie; 2. dal grado di incertezza con cui è noto l'assetto geologico e strutturale a quota galleria; 3. dal numero di analisi di laboratorio svolte in fase di studio, per caratterizzare una data tratta omogenea (significatività dei dati analitici dal punto di vista statistico). <p>Più in generale, a causa della naturale eterogeneità delle rocce amiantifere, le diverse classi di rischio includono sia rocce che contengono quantità rilevanti di amianto, sia rocce che ne contengono in misura molto minore o non ne contengono affatto, come nel caso, ad esempio, di intercalazioni ripetute di serpentiniti e SAC (rocce amiantifere) e di calcescisti (rocce non amiantifere).</p> <p>Ne deriva che zone considerate a livello previsionale come “a rischio elevato”, contengono sicuramente porzioni più o meno importanti di rocce con quantità di amianto sotto la soglia di 1000 mg/kg, che quindi potranno essere destinate al Canale di Calma via <i>slurrydotto</i>, previo accertamento del loro basso contenuto in amianto.</p> <p>Le procedure analitiche previste con le analisi al SEM offrono la possibilità di distinguere il peso relativo delle varie classi mineralogiche; sarà, dunque, possibile corredare il risultato quantitativo totale di un parametro percentuale che esprima la concentrazione relativa degli anfiboli della serie tremolite-actinolite nei confronti del crisotilo.</p> <p>Seguendo l'indicazione della prescrizione n. 7, si assegnerà pertanto il codice rosso a quei materiali aventi una concentrazione di amianto > 0,1% (1000 ppm), delle caratteristiche geomeccaniche tali da non renderne possibile il riutilizzo nell'arco rovescio ai sensi del D.Lgs. 152/06 e aventi percentuale della <u>varietà fibrosa non aciculare degli Anfiboli</u> superiore al 50% rispetto agli amianti appartenenti alla varietà fibrosa del serpentino-crisotilo.</p> <p>In riferimento al protocollo di validazione delle metodiche analitiche utilizzate, si è ritenuto utile integrare la proposta analitica con il seguente protocollo di validazione interno:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) si selezioneranno uno o più matrici naturali contenenti i minerali non-fibrosi (fasi tabulari/prismatiche determinate con petrograficamente attraverso la microscopia ottica e Raman) cristallograficamente e chimicamente corrispondenti ai minerali d'amianto di 		

- interesse analitico per il progetto (tremolite d'amianto e crisotilo);
- 2) si prepareranno **20 campioni a concentrazione nota** di tremolite d'amianto e/o crisotilo miscelando in proporzioni variabili gli amianti puri disponibili presso il Centro Scansetti con le matrici naturali contenenti i corrispondenti minerali non fibrosi;
 - 3) si procederà alla preparazione dei filtri in policarbonato secondo quanto previsto dalla metodica prescelta. La procedura analitica si avvarrà di un microscopio elettronico a scansione (SEM-EDS);
 - 4) parallelamente si procederà alla validazione statistica del metodo analitico.

Documentazione di Approfondimento

Sì **No**

ALLEGATI

Corrispondenza con il MATTM per attivare alcune verifiche di ottemperanza presso la Commissione VIA al fine di acquisire il parere prima dell'approvazione finale del quadro economico da parte del MIT:

- Allegato 1: Nota ASPI prot. 0007880 del 09-04-2015
- Allegato 2: Nota DVA-2015-0010222 del 15-04-2015

Ottemperanza a prescrizione A12 ter:

- Allegato 3: Nota sulle sorgenti emmissive di cantiere e relativi sistemi di abbattimento

Ottemperanza a prescrizioni T3 e T7:

- Allegato 4: Analisi di laboratorio e determinazione quantitative del contenuto di amianto

ALLEGATO 1

Nota ASPI prot. 0007880 del 09-04-2015

NS. RIF. DINV/GTP/PJM/RD

ROMA

VS. RIF.

ASPI/RM/09.04.15/0007880/EU



AA09041500078802025000

Spett.li

**MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA
TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE**
Direzione Generale per la Salvaguardia Ambientale
Divisione II - Sistemi di Valutazione Ambientale
Via Cristoforo Colombo, 44
00147 ROMA

**MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA
TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE**
Commissione Tecnica VIA - VAS
Via Cristoforo Colombo, 44
00147 ROMA

Oggetto: Nodo Stradale ed Autostradale di Genova
Adeguamento del sistema A7 - A10 - A12
Verifiche ottemperanza alle prescrizioni contenute nel D.M. 0000028 del 23/01/2014

Facendo seguito alle attività da porre in essere a seguito dell'emanazione del Decreto VIA in oggetto, si osserva che lo stesso si conclude con complessive 43 prescrizioni da espletare per la maggior parte nel corso della progettazione esecutiva.

Dall'analisi tecnica delle stesse emerge, tuttavia, che diverse prescrizioni implicano degli adeguamenti progettuali che è necessario integrare già nel progetto definitivo in quanto significative per la corretta valutazione economica dell'opera da sottoporre all'approvazione del competente Dipartimento del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti.

Si rappresenta pertanto la necessità di dover svolgere, nella presente fase di adeguamento del progetto definitivo, le verifiche di ottemperanza alle suddette prescrizioni.

A tale scopo si richiede che le stesse possano essere svolte dalla Commissione VIA, così come previsto al punto C2 del citato Decreto VIA, nelle more dell'effettiva operatività dell'Osservatorio Ambientale istituito con provvedimento direttoriale DVA-2013-14268 del 18.06.2013.

Le attività dell'Osservatorio Ambientale, analogamente a tutti gli altri organismi di controllo da tempo già attivi su diversi interventi autostradali, potranno infatti essere avviate solo a seguito della conclusione dell'iter approvativo e dell'approvazione, da parte del Concedente, del quadro economico finale dell'opera con il quale si autorizza anche la corresponsione, a carico di ASPI, degli oneri previsti per il suo funzionamento.

Distinti saluti.

autostrade//per l'italia
Società per azioni
DIREZIONE INVESTIMENTI INFRASTRUTTURE
Il Direttore
(*Alberto Sallert*)

ALLEGATO 2

Nota DVA-2015-0010222 del 15-04-2015



*Ministero dell' Ambiente
e della Tutela del Territorio e del Mare*

DIREZIONE GENERALE PER LE VALUTAZIONI
E LE AUTORIZZAZIONI AMBIENTALI

IL DIRETTORE GENERALE



Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio e
del Mare – D.G. Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali

U.prot DVA-2015-0010222 del 15/04/2015

Pratica N.

Ref. Mittente:

Al Direttore della Direzione Investimenti
Infrastrutture
Autostrade per l'Italia S.p.A.
Ing. Alberto Selleri

autostradeperlitalia@pec.autostrade.it

e p.c. Al Presidente della Commissione Tecnica di
Verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS
Ing. Guido Monteforte

ctva@pec.minambiente.it

**OGGETTO: Nodo Stradale ed Autostradale di Genova. Adeguamento del sistema
A7 - A10 - A12. Verifiche ottemperanza alle prescrizioni contenute
nel D.M. 0000028 del 23/01/2014.**

Con riferimento alla nota prot. n. ASPI/RM/7880/EU del 9 aprile 2015, acquisita agli atti con prot. n. DVA/2015/10013 del 14 aprile 2015, si concorda che l'attivazione dell'Osservatorio Ambientale, istituito con provvedimento della scrivente Direzione Generale prot. n. DVA/2013/14268 del 18 giugno 2013, avvenga a seguito dell'ottenimento di tutte le necessarie approvazioni da parte del competente Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e si chiede che tali approvazioni siano comunicate tempestivamente da codesta Società alla scrivente Direzione Generale.

Preso atto, inoltre, che alcune prescrizioni richiedono l'avvio della procedura di verifica dell'ottemperanza in fase di adeguamento del progetto definitivo da sottoporre all'approvazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, nelle more dell'effettiva operatività del citato Osservatorio Ambientale, si approva che le verifiche di ottemperanza alle prescrizioni contenute nel Decreto Ministeriale di cui in oggetto siano svolte dalla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale – VIA e VAS.

Tuttavia si chiede, preliminarmente, a codesta Società di comunicare alla scrivente Direzione Generale, con riferimento al citato Decreto Ministeriale n. 28 del 23 gennaio 2014, quali siano esattamente le prescrizioni che implicano integrazioni al progetto definitivo da sottoporre all'approvazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Renato Grimaldi

Ufficio Mittente: MATT-DVA-SDG-SE-00
Funzionario responsabile: DVA-SDG-00
DVA-SDG-SE-07_2015-0054.DOC

ALLEGATO 3

**Sorgenti emissive di cantiere e relativi
sistemi di abbattimento**

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. LA METODOLOGIA	6
3. DESCRIZIONE DEI CANTIERI DA PROGETTO.....	9
3.1 Campo Base	9
3.2 Cantieri industriali	9
3.3 Cantieri di imbocco	11
3.4 Quadro sinottico degli apprestamenti di cantiere servizio	13
3.5 Pista provvisoria Slurrydotto	15
3.6 Slurrydotto	15
3.7 Viabilità di servizio	15
4. LA FASE DI APPRONTAMENTO	20
4.1 Identificazione della tipologia dei cantieri per la fase di approntamento	20
4.2 Cantieri con emissioni di polveri trascurabili – CE0a	21
4.3 Cantieri con emissioni derivanti da sorgenti diffuse – CE1a	22
4.3.1 Il cantiere CI01.....	22
4.3.2 I cantieri CI02 e CI06	23
4.3.3 Il cantiere CI09.....	23
4.3.4 Il cantiere CI10.....	24
4.3.5 I cantieri CI13 e CI14	25
4.4 I cantieri della Viabilità di Servizio	26
5. LA FASE DI ESERCIZIO.....	28
5.1 Identificazione della tipologia dei cantieri per la fase di esercizio	28
5.2 Cantieri con emissioni di polveri trascurabili – CE0e	29
5.3 Cantieri con emissioni derivanti da sorgenti diffuse – CE1e	30
5.3.1 Il cantiere CI01.....	30
5.3.2 Il cantiere CI02.....	31
5.3.3 Il Cantiere CI05.....	31
5.3.4 Il cantiere CI06.....	32
5.3.5 Il cantiere CI08.....	34

5.3.6	Il cantiere CI09.....	34
5.3.7	Il cantiere CI12.....	34
5.3.8	Cantieri di imbocco gallerie con scavo tradizionale.....	35
5.3.9	Il cantiere VS15	35
5.4	Cantieri con emissioni derivanti da sorgenti puntuali – CE2e	36
5.4.1	Il cantiere CI13 e CI14	36
5.5	Cantieri con emissioni derivanti da sorgenti puntuali e diffuse – CE3e	37
5.5.1	I cantieri CI03 – CI07 – CI11: impianti di produzione di conglomerati cementizi	37
5.5.2	Il cantiere CI04.....	39
6.	SISTEMI DI ABBATTIMENTO E CONTROLLO	40
6.1	Generalità	40
6.2	Sistemi applicabili per le emissioni diffuse	40
6.3	Sistemi applicabili per le emissioni puntuali	45
7.	QUADRO SINOTTICO EMISSIONI E SISTEMI DI ABBATTIMENTO PER I CANTIERI	48
7.1	Aspetti di sintesi dell'analisi	48

1. INTRODUZIONE

Il progetto definitivo del Nodo stradale e autostradale di Genova – Adeguamento sistema A7-A10-A12 - è stato sottoposto a Valutazione di Impatto Ambientale il 21 giugno 2011 e con Decreto del Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), di concerto con il Ministro per i Beni e le Attività Culturali e del Turismo (MiBACT), n. 28 del 23 gennaio 2014 è stato espresso giudizio di compatibilità ambientale positivo subordinatamente al rispetto di alcune prescrizioni.

Il progetto ha uno sviluppo complessivo di 65 km e prevede il potenziamento fuori sede della A10 tra Genova Ovest e Vesima, la realizzazione della nuova carreggiata nord della A7 tra Genova Ovest e Bolzaneto, della carreggiata Est della A12 tra la interconnessione di Bolzaneto e lo svincolo di Genova Est, delle interconnessioni di Vesima, Voltri, Bolzaneto, Torbella e Genova Ovest e dell'adeguamento dello svincolo di Genova Est. Interessa unicamente il comune di Genova. L'inquadramento del progetto è rappresentato nell'immagine seguente (cfr. Figura 1-1).

Oggetto della presente relazione è l'attività svolta per giungere all'ottemperanza di una delle prescrizioni impartite con il citato decreto, la numero A12, che indica:

*“Almeno 12 mesi prima dell'avvio dei lavori, la società ASPI dovrà concordare con l'ARPA Liguria e attuare il programma di monitoraggio della qualità dell'aria previsto dallo studio per tutte le aree interessate dal traffico in superficie e per gli imbocchi delle gallerie, secondo le tempistiche e le modalità tecniche e gestionali che verranno stabilite in base ad apposito accordo preventivo da sottoporre a verifica di ottemperanza al MATTM; ferme restando le competenze dell'ARPA Liguria, il monitoraggio dovrà iniziare prima dell'avvio dei lavori, dovrà proseguire durante le attività di cantiere e per i primi due anni di esercizio dell'infrastruttura e dovrà essere orientato ai principali inquinanti da traffico veicolare, tra cui almeno ossidi di azoto, monossido di carbonio, polveri sottili, piombo, benzene e ozono; tale programma dovrà prevedere la predisposizione di una idonea banca dati per l'archiviazione e la diffusione delle informazioni e dovrà contenere una valutazione dell'incidenza dell'infrastruttura e del traffico indotto dai cantieri sui recettori presi a riferimento; sulla base di monitoraggi occorre accertare l'effettività delle stime presentate nell'ambito dello studio d'impatto ambientale e, all'occorrenza, potenziare gli interventi di mitigazione e compensativi sia per la fase della cantierizzazione sia per quella post operam, in particolare per le zone critiche di Voltri e Bolzaneto; **il programma dovrà contenere, inoltre, uno schema a blocchi nel quale devono essere riportati tutti i processi e apparecchiature che possono***

produrre emissioni puntuali o diffuse di polveri (compresi i cumuli), le tipologie di movimentazione (camion, nastri trasportatori, mezzi d'opera, ecc.) e i punti dei processi in cui sono effettuati tali spostamenti di materiale, i controlli e i sistemi di abbattimento applicati, le dimensioni del materiale e i flussi trattati. Devono essere inoltre descritti in maniera completa i sistemi di abbattimento, comprensivi di criteri di dimensionamento, efficienza, manutenzioni previste, localizzazione e caratteristiche dei camini, punti di campionamento, portata e concentrazioni al camino. In considerazione della durata della fase di cantiere, per i cantieri in cui sono previste emissioni convogliate si ritiene necessario, in sede di progettazione esecutiva, che venga conseguita una specifica autorizzazione alle emissioni in atmosfera ai sensi della Parte V del D.Lgs. 152/06; l'attuazione del Piano di monitoraggio per le attività di Cantiere dovrà essere verificata dal Comitato di cui al punto 2. Il Piano di monitoraggio per i primi due anni di esercizio dell' opera dovrà essere verificato annualmente dal MATTM;”

Nello specifico, in questa sede ci si riferisce ad una parte della prescrizione citata, evidenziata in grassetto nel testo sopra riportato e relativa all'individuazione delle possibili emissioni puntuali o diffuse di polveri.

È del tutto evidente come una puntuale disamina di tutto quanto richiesto sia possibile solo in fase di progettazione esecutiva ed è dunque solo in quel momento che si potrà ottemperare compiutamente alla prescrizione. Cionondimeno si è ritenuto proficuo iniziare ad impostare il lavoro già nella presente fase di progettazione definitiva, trattando le tematiche note con il livello di dettaglio possibile.

La presente relazione costituisce pertanto una prima stesura della descrizione delle sorgenti emissive di cantiere e dei relativi sistemi di abbattimento in cui si da conto:

- della tipologia di emissioni in atmosfera generabili nei diversi cantieri;
- della tipologia di sistemi di abbattimento utilizzabili.

La quantificazione delle emissioni sarà possibile solo nella successiva fase di progettazione esecutiva.

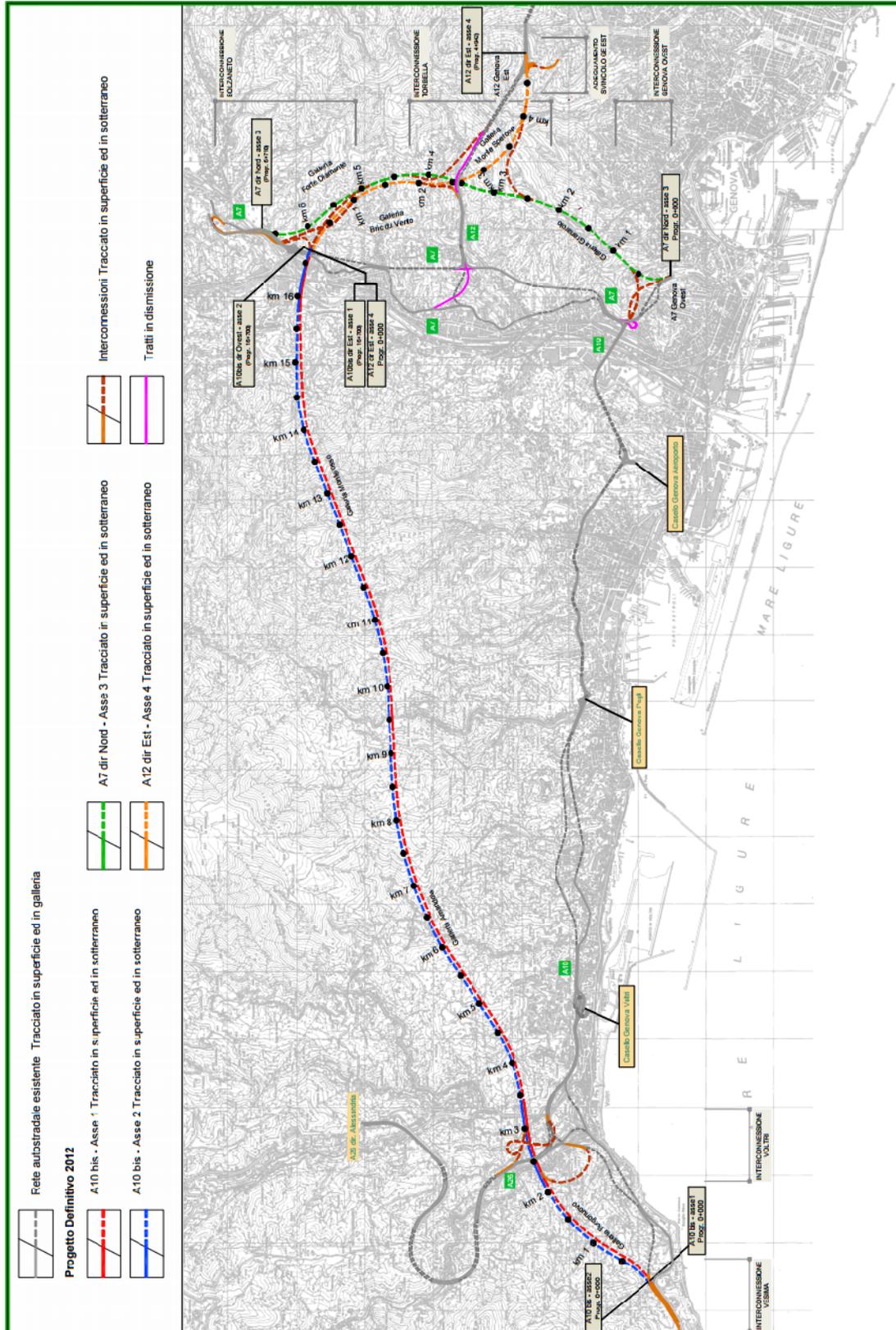


Figura 1-1 – Inquadramento del progetto del Nodo stradale e autostradale di Genova

2. LA METODOLOGIA

La definizione dei cantieri effettuata nello Studio di Impatto Ambientale e negli elaborati di progetto seguiva una discretizzazione funzionale alle attività che venivano svolte all'interno dei cantieri con particolare riferimento agli aspetti operativi ad essi correlati.

Se, ai fini della progettazione della cantierizzazione e dell'analisi globale dei potenziali impatti stimati nello SIA, tale suddivisione poteva essere valutata quale la più appropriata, ai fini della presente relazione è necessario fornire una nuova chiave di lettura.

I cantieri nello SIA erano stati suddivisi in:

- campo base;
- cantieri industriali;
- cantieri di imbocco;
- pista slurrydotto;
- slurrydotto;
- fasizzazione dei lavori e del traffico;
- viabilità di servizio.

Ai fini della valutazione delle emissioni di polveri, così come richiesto nella Prescrizione 12, appare più efficace proporre una classificazione dei cantieri basata sulla tipologia di emissioni che possono verificarsi all'interno degli stessi.

Definita pertanto l'ottica "emissiva" della distinzione che verrà effettuata in questa sede rispetto alla fase di cantierizzazione, occorre inserire un ulteriore assunto di lavoro molto importante per la piena comprensione della metodologia adottata.

Data la complessità dell'opera in esame è infatti necessario introdurre un'ulteriore fase rispetto all'approccio tradizionale e parlare così di una fase di "cantierizzazione per la realizzazione dei cantieri". Con tale termine si vuole intendere che, in alcune parti dell'opera, al fine di realizzare il cantiere che servirà alla realizzazione dell'opera finale, sono da prevedersi una serie di attività che costituiscono anch'esse una preliminare fase di cantierizzazione.

È possibile quindi suddividere la metodologia in due macro fasi temporali: la prima riguarda la fase di approntamento dei cantieri (a), analizzando le diverse attività necessarie per la realizzazione

degli stessi; la seconda riguarda invece la fase di esercizio (e) dei cantieri stessi, determinando i processi che possono generare emissioni durante l'esercizio del cantiere al fine di realizzare l'opera.

La presente relazione è focalizzata su di una prima definizione qualitativa e al tempo stesso tipologica delle emissioni al fine di poter avere una "metodologia guida" sui diversi cantieri, sulle attività che possono generare polveri e sulla tipologia dell'emissione stessa (puntuali, diffuse o miste).

A tale proposito è possibile distinguere:

- cantieri in cui le emissioni di polveri possono considerarsi trascurabili o non presenti – CE_0 ;
- cantieri in cui le emissioni di polveri provengono unicamente da sorgenti diffuse (quali ad esempio cumuli o transiti su strade non asfaltate) – CE_1 ;
- cantieri in cui le emissioni di polveri provengono unicamente da sorgenti puntuali – CE_2 ;
- cantieri in cui sono presenti entrambe le sorgenti – CE_3 .

Volendo pertanto riassumere la metodologia attraverso un diagramma di flusso è possibile fare riferimento alla Figura 2-1.

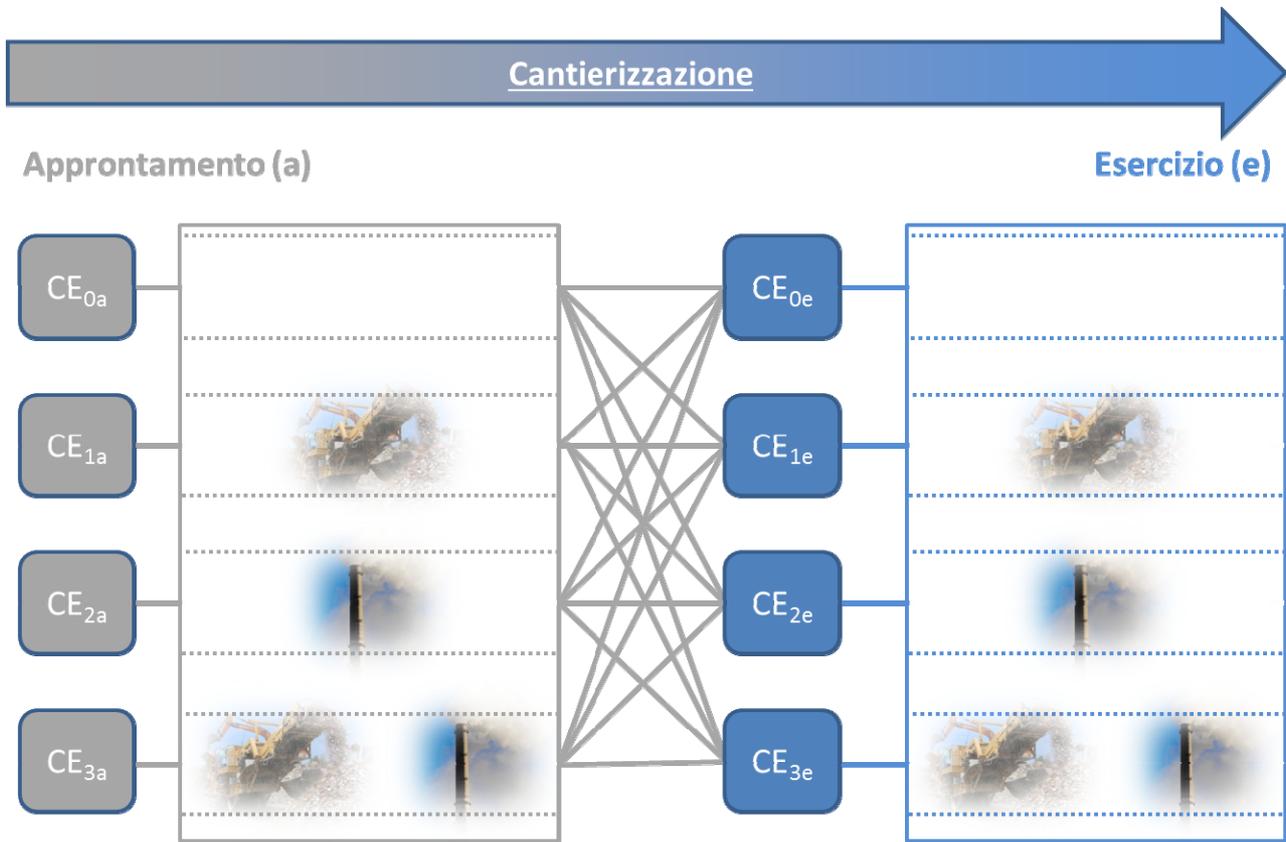


Figura 2-1 Schematizzazione metodologia dell'analisi dei cantieri

In linea teorica si possono individuare quindi le tipologie di cantieri da CE₀ (nessuna emissione) a CE₃ (emissioni diffuse e puntuali) in entrambe le fasi della cantierizzazione, di approntamento (a) e di esercizio del cantiere (e).

La metodologia prosegue prevedendo pertanto l'attribuzione di ogni cantiere ad una categoria specifica, prima in fase di approntamento e poi in fase di esercizio.

Una volta identificate le classi di cantiere si procederà ad analizzarne il funzionamento attraverso la realizzazione di appositi schemi a blocchi, identificativi delle diverse attività e/o fasi che potranno essere attivate all'interno dei cantieri stessi. In tali diagrammi verranno identificate inoltre le emissioni correlate alle stesse fasi.

Ultimo aspetto è la definizione di sistemi e pratiche per l'abbattimento e/o il controllo delle emissioni, fornendo una approfondita disamina degli strumenti attualmente disponibili ed impiegabili all'interno dei cantieri.

3. DESCRIZIONE DEI CANTIERI DA PROGETTO

3.1 Campo Base

Il Campo Base CB01 è un sistema organizzativo per il supporto della logistica finalizzato principalmente ad ospitare la Direzione del Cantiere, la Direzione dei Lavori e gli insediamenti abitativi per le maestranze.

Il Campo Base è ubicato all'interno dell'area urbana di Genova presso il sito ex ERG, situato all'altezza del viadotto Morandi ed in destra idrografica del torrente Polcevera; si estende su una superficie pari a circa 53500 m².

3.2 Cantieri industriali

I cantieri industriali sono rappresentati da aree occupate fin dall'inizio dei lavori e su cui si concentreranno le attività collaterali. I cantieri di questo tipo previsti sono in totale 16 e possono essere così brevemente descritti:

- CI01 – Viadotto Beo – Frana: è situato in fregio all'autostrada A10 – direzione Genova ed è costituito da due aree 'A' e 'B' poste altimetricamente in continuità con la quota della piattaforma stradale;
- CI02 – Viadotti Vesima: è situato in corrispondenza dei viadotti Vesima esistenti ed è costituito da un ritombamento dell'impluvio esistente finalizzato alla creazione di un piano di lavoro per le opere di ampliamento dei viadotti sopra citati;
- CI03 – Viadotti e gallerie Voltri: è situato all'interno dell'area portuale di Voltri ed occupa una superficie pressoché pianeggiante. Dal punto di vista operativo si evidenzia una zona centrale opportunamente delimitata da recinzioni dedicata alla produzione di calcestruzzo. L'impianto di betonaggio è costituito da: un piazzale di scarico degli inerti e da un'area di stoccaggio degli stessi, un'area di miscelazione del calcestruzzo, insonorizzato, con silos per cementi e additivi e da un'area per il carico delle betoniere;
- CI04 – Opera a mare: è situato all'interno dell'area portuale nei pressi della foce del torrente Polcevera in destra idrografica ed occupa una superficie pressoché pianeggiante. Dal punto di vista operativo si distinguono 4 zone: l'area di caratterizzazione, l'area di impianto betonaggio, l'area dell'impianto di depurazione delle acque del canale di calma e l'impianto di frantumazione e produzione dello "slurry";
- CI05 – Demolizione rampa elicoidale: è situato in corrispondenza della rampa elicoidale esistente che, provenendo da Ovest lungo l'autostrada A10, subito dopo il viadotto

Morandi, consente l'immissione sulla autostrada A7 in direzione Milano. In fase di progetto il raccordo A10 – A7 dir. MI avverrà mediante nuovi rami di svincolo, si prevede pertanto la dimissione e al demolizione di tale rampa;

- CI06 – Campursone: è situato in corrispondenza dello svincolo di Genova Est e viene ricavato mediante ritombamento della valle esistente nel tratto a monte dell'imbocco lato Sud della galleria Campursone esistente. Si prevede di adibire tale cantiere ad area di caratterizzazione e stoccaggio dello smarino delle gallerie scavate con metodo tradizionale in materiali non amiantiferi;
- CI07 – Torbella: è situato lungo l'autostrada A12 – direzione Livorno, immediatamente prima dell'imbocco lato Genova della galleria Monte Sperone esistente ed è dedicato alla produzione di calcestruzzo;
- CI08 – Viadotto Genova Pila 2: è situato in fregio al Mercato ortofrutticolo ad Est ed è dedicato alla realizzazione della pila 2 del viadotto Genova;
- CI09 – Viadotto Genova Pila 3: è situato in fregio al Mercato ortofrutticolo ad Ovest ed è dedicato alla realizzazione della pila 3 del viadotto Genova. Tra le sistemazioni per tale area si prevede la realizzazione di un'apposita opera di scavalco affiancata a quella ferroviaria;
- CI10 - Logistica Viadotti e gallerie: situato in destra idrografica del torrente Secca ed immediatamente a Nord del Mercato ortofrutticolo; occupa una superficie che sarà ricavata previa demolizione del fabbricato esistente. Dal punto di vista operativo il cantiere sarà dedicato ad area logistica e di stoccaggio;
- CI11 – Viadotto Mercantile: è situato in destra idrografica del torrente Secca ed immediatamente a Nord della rotatoria sulla Via Sardorella. Dal punto di vista operativo il cantiere sarà destinato alla produzione di calcestruzzo;
- CI12 – Viadotti Secca: è situato in destra idrografica del torrente Secca ed immediatamente a Nord dei viadotti autostradali esistenti (A7). Dal punto di vista operativo il cantiere sarà destinato ad area di caratterizzazione dei materiali, necessaria per attestare l'idoneità degli stessi ad essere riutilizzati per la realizzazione di rilevati o ritombamenti e quindi non allontanati dal cantiere e portati a discarica speciale;
- CI13 – Imbocco frese: tale area costituisce uno dei due punti nodali del sistema di cantierizzazione del Nodo stradale ed autostradale di Genova. È situato in destra idrografica del torrente Burla, immediatamente a monte della confluenza di tale torrente nel Polcevera. Dal punto di vista operativo il cantiere CI13 sarà dedicato alla realizzazione della spalla lato Savona del viadotto Genova e ad area di assemblaggio delle TBM che verranno impiegate per lo scavo della gronda;
- CI14 – Impianti frese: tale area costituisce il secondo dei due punti nodali del sistema di cantierizzazione del Nodo stradale ed autostradale di Genova ed è situato in sinistra idrografica del torrente Burla anch'esso immediatamente a monte della confluenza del tale torrente nel Polcevera. Dal punto di vista operativo sarà invece dedicato alla realizzazione

degli impianti di caratterizzazione e trattamento dei materiali amiantiferi provenienti dalla gronda e dallo scavo delle gallerie dello svincolo di Voltri;

- C116 – Pista Polcevera per slurrydotto: è situato in sinistra idrografica del torrente Polcevera immediatamente a Nord dei viadotti ferroviari lungo Via Perlasca. Dal punto di vista operativo il cantiere sarà destinato ad area di stoccaggio dei materiali necessari (carpenterie metalliche) per la realizzazione dello “slurrydotto”.

3.3 Cantieri di imbocco

I cantieri di imbocco sono tutte le aree che saranno occupate dall’Impresa durante l’esecuzione dei lavori di costruzione delle gallerie e ne sono previsti 16, così definiti:

- C117 – Imbocco galleria Borgonuovo lato SV: è situato in corrispondenza dell’interconnessione di Vesima e costituisce l’area finale di sbocco delle TBM impiegate per lo scavo delle gallerie Borgonuovo;
- C118 – Borgonuovo lato GE: è situato in corrispondenza dell’interconnessione di Voltri e costituisce l’area sulla quale si prevede il riassetto delle TBM precedentemente smontate e trasportate attraverso i viadotti Cerusa ed il loro impiego per lo scavo delle gallerie Borgonuovo;
- C119 – Bric del Carmo lato Sud: è situato in corrispondenza dell’interconnessione di Voltri immediatamente ad Ovest dell’imbocco esistente della galleria Nervallo e tale area verrà utilizzata principalmente a servizio della realizzazione dell’ampliamento del viadotto Cerusa esistente;
- C120 – Voltri lato SV: è situato in corrispondenza dell’interconnessione di Voltri immediatamente ad Est dei nuovi viadotti Cerusa. Tale area verrà utilizzata principalmente come area di transito dei componenti delle TBM verso l’imbocco delle gallerie Borgonuovo e successivamente per la realizzazione dei citati viadotti Cerusa;
- C121 – Voltri lato SV: è situato in corrispondenza dell’interconnessione di Voltri immediatamente ad Ovest dei nuovi viadotti Leiro. Dal punto di vista operativo tale cantiere costituisce il piazzale di imbocco delle gallerie Voltri che verranno scavate interamente con metodo tradizionale. Una volta ultimati gli scavi tali gallerie verranno utilizzate come varco di transito verso l’imbocco delle gallerie Borgonuovo dei componenti delle TBM precedentemente smantellate sul cantiere C120;
- C122 – Ciocia lato AL: è situato in corrispondenza dell’interconnessione di Voltri in fregio all’autostrada A26 – direzione Alessandria. Dal punto di vista operativo tale cantiere costituisce il piazzale di imbocco della galleria Bric del Carmo che verrà scavata con metodo tradizionale;

- CI23 – Delle Grazie lato Sud: è situato in corrispondenza dell'interconnessione di Voltri in fregio all'autostrada A10 – direzione Ventimiglia. Tale area verrà utilizzata principalmente per la realizzazione dell'ampliamento del viadotto Leiro esistente;
- CI24 – Amandola lato SV: è situato in corrispondenza dell'interconnessione di Voltri all'uscita delle gallerie Amandola Est ed Ovest. Su tale piazzale si prevede lo smontaggio delle frese ed il trasporto delle stesse attraverso i viadotti Leiro e le gallerie Voltri per il successivo assemblaggio in corrispondenza del cantiere CI18;
- CI25 – Amandola lato GE + Monterosso lato SV: è situato in corrispondenza della Val Varena ed è costituito da un ritombamento provvisorio a quote comprese tra +122 e +120m s.l.m. Dal punto di vista operativo si prevede che le TBM, una volta ultimato lo scavo delle gallerie Monterosso, transitino sul ritombamento per poi iniziare lo scavo delle gallerie Amandola. Una volta transitate le TBM si prevede di smantellare il ritombamento e di realizzare i viadotti Varena Est ed Ovest come da progetto;
- CI26 – Nodo Torbella: è situato in corrispondenza della Val Torbella immediatamente ad Ovest delle gallerie Montesperone, tale area verrà utilizzata come nodo a partire dal quale verranno scavate con metodo tradizionale le gallerie Torbella Est, Bric du Vento, F.te Diamante, Torbella Ovest, M.te Sperone esistente (alesaggio), Granarolo e M.te Sperone;
- CI27 – F.te Diamante + S. Rocco + Polcevera: è situato in fregio all'autostrada A7 immediatamente a Nord dello svincolo di Bolzaneto a quote comprese tra +72 e +80m s.l.m.. Dal punto di vista operativo il piazzale è organizzato su più livelli collegati da rampe di cantiere ed è previsto a servizio dello scavo con metodo tradizionale delle gallerie Polcevera, S. Rocco e F.te Diamante. Sulla porzione settentrionale di piazzale a quota +77m s.l.m. saranno inoltre realizzate le spalle del viadotto Mercantile e la spalla del viadotto Orpea;
- CI28 – Polcevera + Baccan + Bric du Vento: è situato in fregio all'autostrada A7 immediatamente a Sud dello svincolo di Bolzaneto a quota pari a circa +85m s.l.m.; il piazzale è previsto a servizio dello scavo con metodo tradizionale delle gallerie Baccan e Bric du Vento, mentre per lo smaltimento del materiale di smarino verrà sfruttato il passaggio attraverso la galleria Polcevera già realizzata dal cantiere CI27;
- CI29 – Montesperone + Campursone: è situato in corrispondenza dello svincolo di Genova Est sulla piazzola esistente all'uscita della galleria Campursone. Dal punto di vista operativo si prevede inizialmente lo scavo con metodo tradizionale della galleria Campursone a partire dall'imbocco Sud; tale galleria, una volta ultimata, fungerà da passaggio di collegamento con il piazzale di imbocco principale, previsto a servizio dello scavo con metodo tradizionale della galleria M.te Sperone e con metodo meccanizzato del cunicolo di emergenza;
- CI30 – Granarolo: è situato in corrispondenza della barriera di Genova Ovest e verrà ricavato previo parziale consolidamento e successivo sbancamento del versante orientale affacciato sul piazzale di esazione;

- CI31 – Moro 1 + Moro 2: è situato in fregio alla autostrada A7 all’altezza della rampa elicoidale di raccordo tra tale autostrada e l’autostrada A10 (viadotto Morandi);
- CI32 – Morego: è situato a Nord dei viadotti Orpea e Secca lungo l’autostrada A7 e la sua realizzazione consente il collegamento tra la carreggiata in direzione MI e la carreggiata in direzione GE della stessa autostrada.

3.4 Quadro sinottico degli apprestamenti di cantiere servizio

Al fine di avere un quadro riassuntivo degli apprestamenti dei cantieri sin qui mostrati, in relazione alle possibili sorgenti emissive presenti nei cantieri stessi, si fornisce di seguito una tabella attraverso la quale si intende fornire in forma sintetica indicazione dei “tipi di sorgenti” in essi presenti che possono causare emissioni in atmosfera.

Tipo di sorgente	CANTIERI INDUSTRIALI															
	CI 01	CI 02	CI 03	CI 04	CI 05	CI 06	CI 07	CI 08	CI 09	CI 10	CI 11	CI 12	CI 13	CI 14	CI 16	
AREA DI CARATTERIZZAZIONE				X		X						X				
AREA STOCCAGGIO COMPONENTI FRESA DA ASSEMBLARE																
AREA STOCCAGGIO CONCI													X			
AREA STOCCAGGIO INERTI	X		X	X			X				X					
AREA STOCCAGGIO MATERIALI GALLERIE			X							X	X				X	
AREA STOCCAGGIO MATERIALI VIADOTTI	X							X	X							
AREA STOCCAGGIO SMARINO																
GRUPPO ELETTROGENO IN AMBIENTE INSONORIZZATO										X						
IMPIANTO DI BETONAGGIO			X				X				X					
IMPIANTO DI FRANTUMAZIONE						X						X				
IMPIANTO DI VENTILAZIONE GALLERIE																
LAVAGGIO BETONIERE E AUTOMEZZI			X													
PRODUZIONE AREA SANA IN AMBIENTE INSONORIZZATO																

Tabella 3.4-1 Quadro sinottico sorgenti presenti nei cantieri industriali

Tipo di sorgente	CANTIERI DI IMBOCCO															
	CI 17	CI 18	CI 19	CI 20	CI 21	CI 22	CI 23	CI 24	CI 25	CI 26	CI 27	CI 28	CI 29	CI 30	CI 31	CI 32
AREA DI CARATTERIZZAZIONE																
AREA STOCCAGGIO COMPONENTI FRESA DA ASSEMBLARE	X	X						X	X							
AREA STOCCAGGIO CONCI													X			
AREA STOCCAGGIO INERTI																
AREA STOCCAGGIO MATERIALI GALLERIE																
AREA STOCCAGGIO MATERIALI VIADOTTI																
AREA STOCCAGGIO SMARINO										X						
GRUPPO ELETTROGENO IN AMBIENTE INSONORIZZATO	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X		X
IMPIANTO DI BETONAGGIO																
IMPIANTO DI FRANTUMAZIONE																
IMPIANTO DI VENTILAZIONE GALLERIE		X				X			X	X	X	X	X	X	X	
LAVAGGIO BETONIERE E AUTOMEZZI	X	X			X	X		X		X	X	X	X	X		X
PRODUZIONE AREA SANA IN AMBIENTE INSONORIZZATO		X			X	X			X	X	X	X	X	X	X	

Tabella 3.4-2 Quadro sinottico sorgenti presenti nei cantieri di imbocco

Come meglio descritto in seguito, è possibile notare come sia per i cantieri industriali che nei cantieri di imbocco (cfr. Tabella 3.4-1 e Tabella 3.4-2) sono presenti due tipologie di sorgenti: quelle puntuali costituite da impianti che sono in grado di convogliare le emissioni in un unico punto, e quelle areali, dove, per natura e tipologia della sorgente non è possibile convogliare le emissioni in un unico punto. Un esempio di tale ultima tipologia di sorgenti è rappresentata dalle aree di stoccaggio degli inerti, sorgenti per cui convogliare l'emissione in un unico punto non risulta possibile.

Nel proseguo della trattazione, partendo dalle informazioni desunte dalla descrizione dei cantieri e delle tabelle sinottiche in questo paragrafo riportate, verrà effettuata una distinzione emissiva in relazione alla sopracitata possibilità di individuare sorgenti puntuali o diffuse, in coerenza con la metodologia descritta nel Capitolo 2.

3.5 Pista provvisoria Slurrydotto

Lo smaltimento del materiale potenzialmente amiantifero proveniente dallo scavo delle gallerie della Gronda avverrà all'interno di un apposito impianto di caratterizzazione/ separazione/ confezionamento situato presso il cantiere CI14. A valle della zona di caratterizzazione, i materiali idonei per la produzione dello slurry verranno inviati ad un impianto di miscelazione e da qui rilanciati all'interno di apposite condotte che conferiranno il materiale a mare attraverso lo slurrydotto.

Le condotte dello slurrydotto passano su di una pista che si sviluppa a partire dalla zona portuale sulla sponda destra del Polcevera immediatamente a Sud del nuovo viadotto ferroviario e risale lungo l'alveo del fiume fino alla confluenza del torrente Burla dove, passando sotto il viadotto su via Romairone, si innesta sul piazzale del cantiere CI14.

Al fine di proteggere tale pista si prevede di realizzare un'arginatura lato fiume a partire dal ciglio della pista con pendenza 3:2. Tale arginatura presenta un tratto sommitale piano di larghezza pari a 0.50 m, mentre la scarpata lato fiume presenta pendenza pari a 1:1 ed è rivestita in massi reperiti in loco.

3.6 Slurrydotto

Lo slurrydotto risulta composto da n.2 condotte metalliche DN508 mm – sp. 9.52 mm adibite al trasporto dello slurry. Nel tratto lungo il torrente Polcevera le condotte risultano appoggiate su una apposita struttura costituita da travi metalliche su montanti tubolari DN406 mm – sp. 9.52 mm disposti ad interasse di 12 m. Tali montanti sono impostati nell'alveo del fiume mediante un plinto su micropali e presentano (da intradosso plinto) un'altezza media pari a circa 5.5 m.

3.7 Viabilità di servizio

Le viabilità di servizio vengono inserite nei progetti delle opere infrastrutturali per facilitare l'accesso dei mezzi d'opera alle varie aree di lavoro. Al fine di limitare le interferenze ambientali, per il Nodo di Genova, si è deciso di limitare la costruzione di nuove viabilità utilizzando il più possibile le viabilità esistenti o adeguandole qualora non sufficienti al transito dei mezzi di cantiere. Le viabilità di servizio previste nel progetto sono in tutto 15, per uno sviluppo complessivo di circa

10 km. In analogia a quanto visto in precedenza è possibile sintetizzare i cantieri di Viabilità come segue:

- VS01. Viabilità di servizio Vesima - Viabilità di accesso cantieri viadotti Beo-Frana: la viabilità in esame, costituita da dai rami A e B, ripercorre l'esistente via Vesima da Est verso Ovest nel tratto compreso fra l'attuale diramazione della suddetta via, in prossimità del viadotto Uccelliera, e l'innesto ovest sulla viabilità provinciale costiera SP1 – Via Aurelia di Levante. Lungo il ramo A sono previsti tre tratti in variante all'esistente sede stradale. Il ramo B ridefinisce, in corrispondenza del Viadotto Frana, l'innesto sul ramo A della viabilità locale proveniente da Nord;
- VS02. Viabilità di servizio Vesima - Viabilità di accesso viadotto Vesima Ovest spalla lato: la viabilità in esame di sviluppo complessivo di 650 m serve l'accesso alle lavorazioni per l'ampliamento della spalla Est del viadotto Vesima Ovest. Nella prima parte del suo sviluppo il tracciato ripercorre l'esistente via Vesima, nella seconda parte è previsto un tratto in nuova sede di larghezza 4.00 m che termina in corrispondenza dell'attacco con l'esistente by-pass autostradale;
- VS03. Viabilità di servizio Voltri - Viabilità di accesso cantiere piazzale gallerie Borgonuovo - Bric del Carmo: la viabilità in esame di sviluppo complessivo 1530 m circa assicura il collegamento dell'area di cantiere d'imbocco IB01 delle gallerie Borgonuovo e Bric del Carmo alla viabilità locale via Delle Fabbriche nella zona di Voltri. Tale viabilità è suddivisa in tre rami: il ramo A, che prevede la riqualifica e l'ampliamento del primo tratto dell'attuale Via alla Brigna, il ramo B, che prevede il collegamento in nuova sede al cantiere di imbocco, ed in fine il ramo C, che prevede l'ampliamento di una porzione dell'esistente strada comunale Borgonuovo;
- VS04. Viabilità di servizio Voltri - Viabilità di accesso cantieri piazzali galleria Voltri: la viabilità in oggetto, costituita da quattro rami per uno sviluppo complessivo di 1400 m circa, realizza l'itinerario per l'accesso alle aree dei cantieri d'imbocco IB0A e IB03B delle gallerie Voltri e Ciocia/Delle Grazie. Anche per tale viabilità sono previsti tre rami A e B in nuova sede ed il C in parte in nuova sede ed in parte in ampliamento;
- VS05. Viabilità di servizio Voltri - Viabilità di inversione di marcia A26: la viabilità in esame di lunghezza 525 m assicura, con lo scavalco dell'autostrada A26 all'altezza dell'imbocco sud dell'esistente Galleria del Pero Grosso, la manovra di immissione in autostrada in direzione Genova Voltri per i mezzi di lavoro in uscita dal cantiere IB04B dell'imbocco lato Alessandria della Galleria Ciocia. Tale infrastruttura sarà oggetto di adeguamenti;
- VS06. Viabilità di servizio Voltri - Viabilità di accesso cantiere piazzale gallerie Amandola: il ramo principale di estensione 760 m circa fornisce il collegamento del cantiere IB06A dell'imbocco Savona delle Gallerie Amandola alla rete stradale locale e in particolare con la SP456 Via Ovada della zona di Voltri. Tale intervento è di nuova realizzazione;
- VS07. Viabilità di servizio Bolzaneto - Viabilità di accesso cantiere piazzale gallerie Polcevera - San Rocco-Diamante: l'intervento ha uno sviluppo di circa 146 m con

andamento prevalentemente Nord-Ovest/Sud-Est ed è situato nell'area a Nord dello svincolo di Bolzaneto, più precisamente il tracciato si attesta in corrispondenza della strada esistente Salita Bocchettina;

- VS08. Viabilità di servizio Bolzaneto - Viabilità di accesso cantiere piazzale gallerie Polcevera - Baccan - Bric du Vento: la viabilità in esame di lunghezza pari a 297 m con andamento prevalente Est-Ovest è situato a ridosso dello svincolo di Bolzaneto e, più precisamente, si attesta sulla rotatoria di collegamento tra la barriera di esazione e la strada provinciale SP36;
- VS09. Viabilità di servizio Genova Est - Viabilità di accesso cantiere piazzale gallerie Campursone: la viabilità in esame, di sviluppo complessivo 710 m circa assicura il collegamento tra la rampa di uscita per i veicoli provenienti da Genova Ovest e le rampe di immissione nelle direzioni Genova Ovest e Livorno;
- VS10. Viabilità di servizio Genova Ovest - Viabilità di accesso area di consolidamento galleria Moro 2: tale viabilità è composta da due tracciati. L'asse A presenta uno sviluppo di 369 m con andamento prevalentemente Sud-Est Nord-Ovest ed è situato a ridosso del piazzale di esazione di Genova Ovest, l'asse B presenta uno sviluppo di 209 m con andamento prevalentemente Sud-Est Nord-Ovest ed è situato a ridosso del piazzale di esazione di Genova Ovest;
- VS11. Viabilità di servizio Voltri – Pista di cantiere per l'accesso al piazzale gallerie Delle Grazie: si è resa necessaria la realizzazione di una pista di cantiere che consenta di raggiungere le pile e la spalla del viadotto dal basso. Il percorso della pista ha origine in corrispondenza della viabilità di fondovalle esistente (via Ovada) in corrispondenza dell'attuale parcheggio. La pista di cantiere, ricalcando nel tratto iniziale una pista esistente, attraversa mediante un guado il torrente Leiro, per poi salire lungo il versante fino alla quota di imposta delle fondazioni delle pile e della spalla del viadotto in ampliamento. La lunghezza complessiva risulta essere di circa 387 m;
- VS12. Viabilità di servizio Cornigliano – Collegamento tra CI.04 e Colmata dell'opera a mare - Pista di cantiere: il percorso dell'infrastruttura dello slurrydotto segue l'andamento dell'alveo del torrente Polcevera, fino alla sua foce, in corrispondenza della quale è prevista la realizzazione di un'area di cantiere destinata alla gestione della realizzazione dell'opera a mare e del materiale da conferirvi. Si è deciso di realizzare un corridoio di collegamento tra l'area di cantiere in sponda al Polcevera e l'area dell'opera a mare, suddividendolo in quattro tratte: i tratti A e B rappresentano la realizzazione di una pista a raso a partire dall'area di cantiere che percorre il perimetro del parcheggio di ILVA. La viabilità di cantiere per il trasporto mediante autocarri è realizzata alla quota dell'attuale piazzale destinato a parcheggio dipendenti e planimetricamente posizionata lungo il limite esterno di tale area. Il tratto C attraversa le aree produttive dello stabilimento e tale intervento è previsto con una viabilità sopraelevata rispetto allo stabilimento. L'ultimo tratto il D A anch'esso è sopraelevato ma ad una quota minore;

- VS13. Viabilità di servizio galleria Montesperone esistente: tale viabilità ha uno sviluppo complessivo pari a 877 m con andamento prevalente est-ovest è situata nella zona dell'interconnessione Torbella A7-A12. Il tracciato, lungo quasi tutto il suo sviluppo, ripercorre fino all'incrocio con la viabilità IN02 la viabilità esistente posta a monte della A12 allargando prevalentemente verso valle la piattaforma stradale esistente di larghezza minima 2.50 m con pendenze longitudinali massime del 15%. La parte terminale del tracciato invece (circa 150 m di sviluppo) si snoda su un nuovo sedime stradale che dal punto di vista altimetrico si sviluppa interamente in rilevato sovrapassando il portale d'imbocco della galleria Torbella Ovest per giungere con una livelletta del 10% a quota della A12 esistente attestandosi così all'imbocco della galleria artificiale di collegamento con la galleria Montesperone esistente direzione ovest. La presente viabilità di servizio è caratterizzata da una sezione stradale tipo di larghezza 4.00 m con pavimentazione in conglomerato bituminoso e trattandosi nel complesso di un adeguamento di una viabilità esistente è da considerarsi definitiva. Gli interventi di progetto prevedono generalmente dei piccoli rilevati o delle trincee, tranne lungo gli allargamenti della piattaforma stradale esistente più significativi dove localmente vengono previsti alcuni muri di sostegno;
- VS14. Viabilità di servizio Varenna: presenta uno sviluppo complessivo pari a 188 m, è situata nel tratto all'aperto tra le gallerie Amandola e le gallerie Monterosso dove il tracciato principale interseca la val Varenna e durante i lavori consente il collegamento della viabilità provinciale esistente (via Carpenara) con il cantiere d'imbocco CI25 – Monterosso lato Savona, attestandosi nel tratto intercluso tra le due vie di corsa principali della Gronda. Dal punto di vista altimetrico il tracciato si sviluppa interamente in rilevato a partire dalla quota della provinciale per giungere con una serie di livellette con pendenze tra variabili tra il 4 e il 16% alla quota del piazzale d'imbocco della galleria Monterosso, superando un dislivello massimo di circa 12m. Lungo il tratto più alto del rilevato vengono previsti dei muri di sostegno in terra rinforzata sia lato piazzale che lato provinciale;
- VS.15 Viabilità di servizio Voltri - Viabilità Torrente Leiro: presenta uno sviluppo complessivo pari a 102 m, è situata nell'alveo del torrente Leiro e consente, tramite il collegamento delle strade d'argine esistenti, l'accesso alle aree di cantiere dedicate alla realizzazione delle opere dei viadotti Leiro Est e Leiro Ovest. Inoltre consente il collegamento tra i cantieri d'imbocco CI21 e CI24 dove si trovano le spalle lato Savona e lato Genova dei viadotti stessi. La presente viabilità di servizio è caratterizzata da una sezione stradale tipo di larghezza 4.00 m ed è interamente realizzata con materiale da rilevato erodibile in funzione dei possibili eventi di piena. Per la pavimentazione stradale non è previsto l'impiego di conglomerati bituminosi.

In sintesi è possibile fare riferimento alla Tabella 3.7-1 al fine di avere un quadro riassuntivo della viabilità di servizio.

Viabilità di Servizio		Tipo di intervento		Sviluppo
VS01		Definitiva	Adeguamento viabilità esistente	1.610,55
VS02		Definitiva	Adeguamento viabilità esistente + breve tratto di nuova realizzazione	650,00
VS03	Asse A	Definitiva	Adeguamento viabilità esistente	639,57
	Asse B	Provvisoria	Tratto di nuova realizzazione	193,87
	Asse C	Definitiva	Adeguamento viabilità esistente	698,00
VS04	Asse A	Provvisoria	Tratto di nuova realizzazione	306,79
	Asse B	Provvisoria	Tratto di nuova realizzazione	510,86
	Asse C	Definitiva	Adeguamento viabilità esistente + breve tratto di nuova realizzazione	519,08
VS05		Provvisoria	Tratto di nuova realizzazione	524,52
VS06		Provvisoria	Tratto di nuova realizzazione	757,62
VS07		Provvisoria	Tratto di nuova realizzazione	146,05
VS08		Definitiva	Tratto di nuova realizzazione	296,88
VS09		Provvisoria	Tratto di nuova realizzazione	709,89
VS10	Asse A	Provvisoria	Tratto di nuova realizzazione	368,42
	Asse B	Provvisoria	Tratto di nuova realizzazione	208,94
VS11		Provvisoria	Tratto di nuova realizzazione	387,00
VS12		Provvisoria	Tratto di nuova realizzazione	725,00
VS13		Definitiva	Adeguamento viabilità esistente + breve tratto di nuova realizzazione	877,00
VS14		Definitiva	Tratto di nuova realizzazione	188,00
VS15		Provvisoria	Tratto di nuova realizzazione	102,00
Sviluppo Totale				10.420,04

Tabella 3.7-1 Tabella riepilogativa interventi viabilità

4. LA FASE DI APPRONTAMENTO

4.1 Identificazione della tipologia dei cantieri per la fase di approntamento

Così come introdotto al Capitolo 2, relativo alla metodologia adottata, il primo step che si intende effettuare, dopo aver sinteticamente richiamata la configurazione dei cantieri dell'opera in progetto, è la catalogazione emissiva tipologica dei cantieri nella loro fase di approntamento.

Si ricorda infatti come a livello metodologico fosse stata individuata una fase iniziale di approntamento dei cantieri la quale a sua volta può essere identificata da 4 casistiche emissive: la non emissione, l'emissione diffusa, l'emissione puntuale e la combinazione di queste ultime due.

Nel presente paragrafo si intende sinteticamente attribuire tale classe ai diversi cantieri per poi permettere nel paragrafo successivo di identificare, attraverso uno schema a blocchi relativo al funzionamento del cantiere, le diverse attività e in che fase del processo queste possono generare l'emissione. È quindi possibile fornire la seguente classificazione per i cantieri così come mostrato in Tabella 4.1-1.

Tipologia	Cantiere	
CE _{0a}	Campo Base	
	Cantieri Industriali	CI03;CI04; CI05;CI07;CI08;CI11;CI12;CI16
	Cantieri di Imbocco	
	Slurrydotto	
	Viabilità di Servizio	VS01; VS03 (A e C);
CE _{1a}	Cantieri Industriali	CI01; CI02; CI06;CI09; CI10; CI13; CI14;
	Viabilità di Servizio	VS02; VS03(B); VS04; VS05; VS06; VS07; VS08; VS09; VS10; VS11; VS12; VS13; VS14; VS15
CE _{2a}	Nessun Cantiere presenta in fase di approntamento tali caratteristiche	
CE _{3a}	Nessun Cantiere presenta in fase di approntamento tali caratteristiche	

Tabella 4.1-1 Schematizzazione dei cantieri nella fase di approntamento

4.2 Cantieri con emissioni di polveri trascurabili – CE0a

Con riferimento alla fase di approntamento molti cantieri possono essere considerati “senza emissioni”. Tale termine indica come, in realtà, l'emissione è trascurabile e relegata ad attività temporalmente e spazialmente molto localizzate.

Tali attività possono essere così sintetizzate:

- attività di scotico superficiale di piccole aree;
- livellamento di piccole aree di cantiere;
- spostamento di materie non polverulento e attività di picchettamento dei cantieri.

Entrando nel dettaglio dell'attribuzione fatta nel paragrafo precedente appare evidente come, per quanto riguarda il cantiere “Campo Base”, insistendo su di un'area attualmente già esistente e avendo necessità di piccole opere di adattamento, le emissioni di polvere possono essere considerate trascurabili. Il campo base è ubicato infatti all'interno dell'area urbana di Genova presso il sito ex ERG.

Con riferimento ai cantieri industriali invece, sono stati inseriti tutti quei cantieri che non prevedono opere di sistemazione particolari e che vedono invece unicamente attività limitate nel tempo e/o di scotico superficiale. Tra tali cantieri ricadono i CI03;CI04; CI05;CI07;CI08;CI11;CI12;CI16.

Seguendo la stessa logica sono stati esclusi tutti i cantieri di imbocco, i quali come opere di approntamento prevedono unicamente le attività sopracitate. L'attività di sbancamento, ovvero lo scavo del cantiere stesso, verrà invece considerata nella fase di esercizio.

Con riferimento allo slurrydotto non si prevedono attività di emissioni di polveri correlate all'approntamento di tale cantiere, in considerazione delle particolare tecniche costruttive adottate ed in relazione alla tipologia di manufatto.

In ultimo, con riferimento ai cantieri della viabilità di servizio, sono stati inseriti in tale categoria tutti i cantieri relativi al solo adeguamento di viabilità esistente. Infatti tali cantieri prevedono di utilizzare viabilità già esistente realizzando piccoli allargamenti della sede stradale. Per tali lavorazioni, localizzate in punti specifici di tali viabilità e per brevi tratti, è ragionevole supporre che l'emissione di polveri sia trascurabile.

4.3 Cantieri con emissioni derivanti da sorgenti diffuse – CE1a

4.3.1 Il cantiere CI01

Con riferimento al cantiere CI01 sono previste due attività di approntamento che possono generare emissioni diffuse, rispettivamente correlate all'area A ed all'area B. Entrambe fanno riferimento alla fase di scavo ed allontanamento del materiale. Lo schema a blocchi di tali attività è raffigurato rispettivamente dalle Figura 4.3.1-1 e Figura 4.3.1-2.

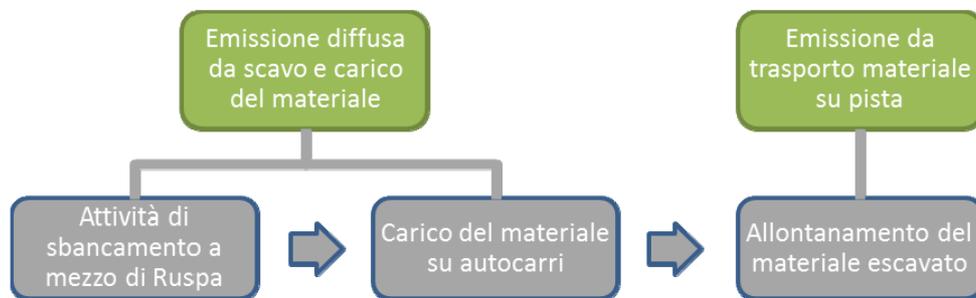


Figura 4.3.1-1 Diagramma a blocchi e sorgenti emissive approntamento CI01 - Ramo A

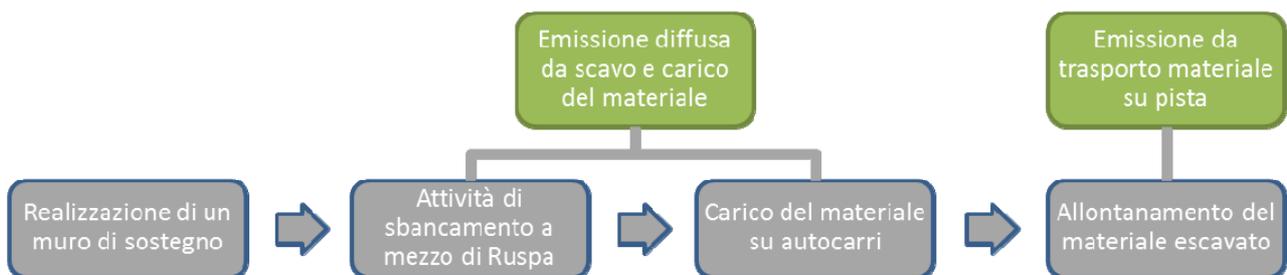


Figura 4.3.1-2 Diagramma a blocchi e sorgenti emissive approntamento CI01 - Ramo B

La localizzazione delle emissioni sarà in prossimità dell'attività di sbancamento del terreno naturale e di carico del terreno stesso sugli autocarri, mentre l'emissione da trasporto di materiale potrà essere correlata al passaggio dei mezzi di cantiere sulle aree interne fintato che queste non saranno pavimentate.

4.3.2 I cantieri CI02 e CI06

Con riferimento al cantiere di tipo CI02, le emissioni correlate alle attività di approntamento del cantiere sono, per natura, simili a quelle analizzate nel cantiere precedente. In questo caso tuttavia la produzione di polvere sarà generata nell'attività di ritombamento dell'impluvio esistente.

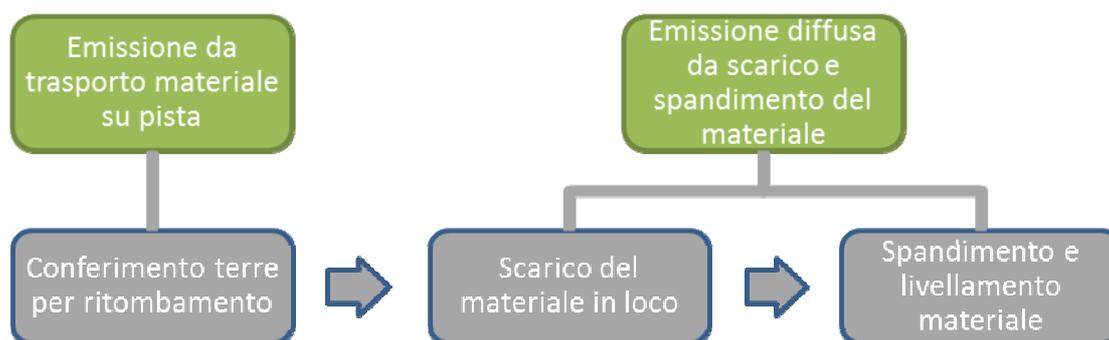


Figura 4.3.2-1 Schema a blocchi ed emissioni cantiere approntamento CI02 e CI06

La Figura 4.3.2-1 esemplifica le attività del cantiere CI02 attraverso un diagramma a blocchi, individuando le attività che possono generare emissione. Anche in questo caso, come per il cantiere precedente, si prevede che tali emissioni saranno contenute in prossimità della localizzazione delle attività stesse.

Il cantiere CI06 prevede la stessa attività di ritombamento, ma collocata nel tratto corrispondente alla valle a monte dell'imbocco lato Sud della galleria Campursone esistente. Si può pertanto fare riferimento allo stesso diagramma a blocchi visto per il cantiere CI02.

4.3.3 Il cantiere CI09

Il cantiere CI09 prevede tra le attività di approntamento la realizzazione di un'apposita opera di scavalco affiancata a quella ferroviaria.

Dal punto di vista emissivo tale attività può generare interferenze nella realizzazione del rilevato di appoggio al sovrappasso stesso. Nella realizzazione di tale elemento infatti occorre gestire, trasportare e porre in opera materiale polverulento come le terre. Tali attività pertanto possono generare la dispersione di polvere in atmosfera.

La Figura 4.3.3-1 costituisce l'esemplificazione attraverso schema a blocchi delle attività previste all'interno del cantiere con il solo riferimento alla serie di attività che possono generare emissioni.

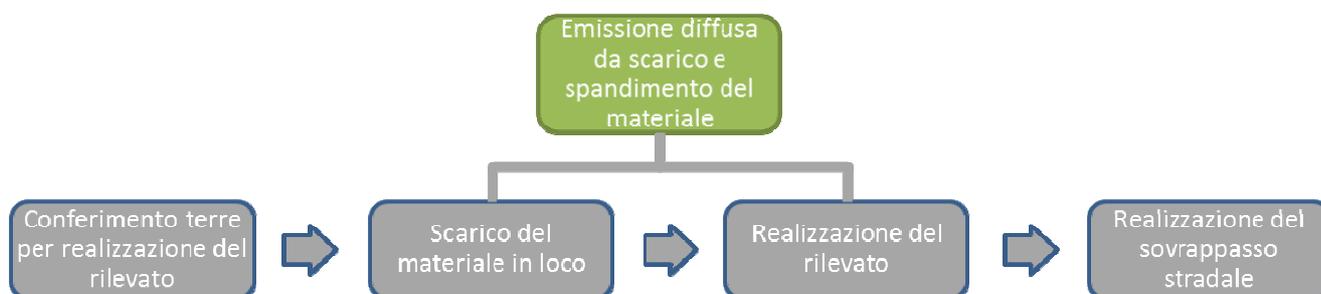


Figura 4.3.3-1 Diagramma a blocchi e sorgenti emissive approntamento CI09

Anche in questo caso le emissioni saranno concentrate nelle immediate prossimità dello scarico e dello spandimento delle terre per la realizzazione del rilevato. In questo caso non è prevista interferenza relativa al trasporto di materiale su piste non asfaltate.

4.3.4 Il cantiere CI10

Il cantiere CI10 sarà adibito, nella fase di esercizio del cantiere, ad area logistica. Al fine di poter avere gli spazi necessari ad adempiere a tale compito, la configurazione dell'area deve subire alcune azioni preparatorie.

Nello specifico sarà necessario demolire un edificio attualmente esistente sull'area destinata allo stoccaggio. Tale attività potrà dare origine ad emissioni diffuse e pertanto è stata presa in considerazione all'interno dell'analisi.



Figura 4.3.4-1 Diagramma a blocchi e sorgenti emissive approntamento CI10

La Figura 4.3.4-1 rappresenta lo schema del cantiere CI10 in cui le emissioni sono strettamente correlate a quanto definito in precedenza, ovvero alla fase di demolizione dell'edificio.

4.3.5 I cantieri CI13 e CI14

Con riferimento ai cantieri CI13 e CI14, come specificato in precedenza, essi rappresentano il punto nodale dell'intera cantierizzazione del Nodo Stradale ed Autostradale di Genova.

Dal punto di vista degli approntamenti, tali cantieri prevedono la realizzazione di alcune opere preparatorie che possono generare emissioni di polveri in atmosfera, anche in relazione alla complessità e grandezza del cantiere stesso. Per i processi attivati in tale fase è possibile analizzare quanto descritto in Figura 4.3.5-1.

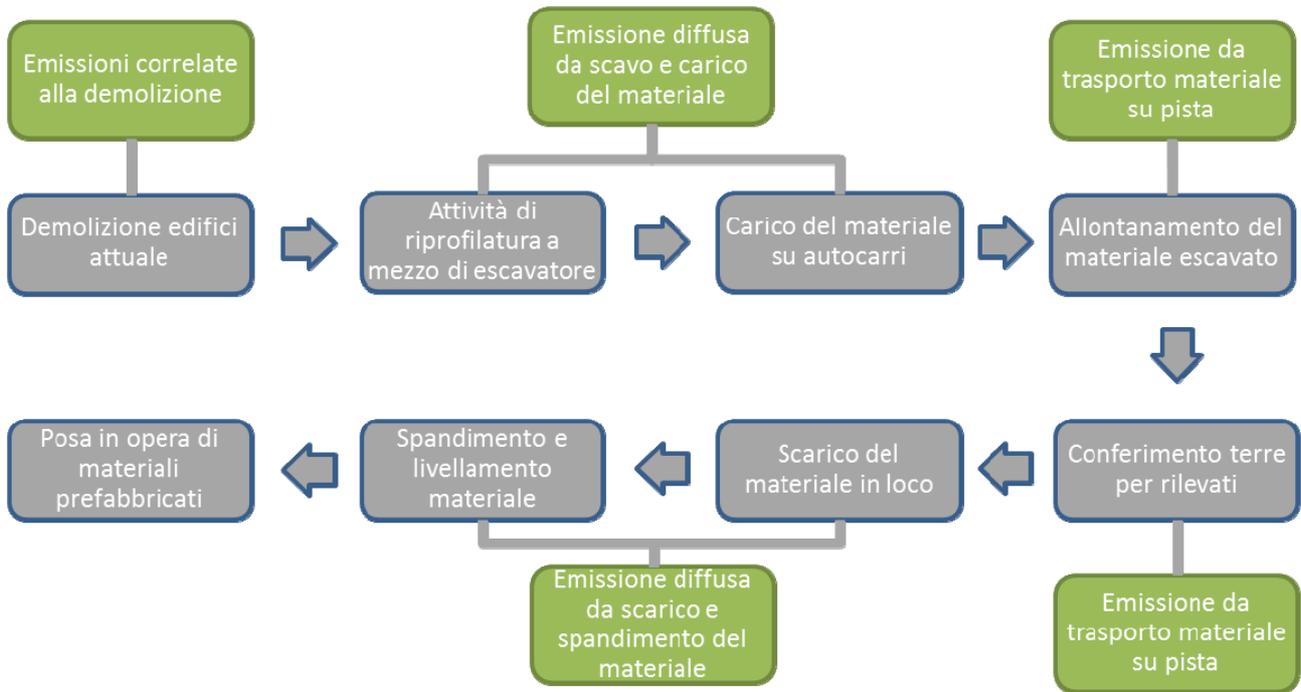


Figura 4.3.5-1 Diagramma a blocchi e sorgenti emissive approntamento C113 e C114

Come è possibile notare, le emissioni sono correlate a diverse attività che verranno messe in campo al fine di approntare il cantiere. La prima è correlata alla demolizioni di alcuni edifici presenti in situ e alla successiva fase di riprofilatura del terreno esistente, comprensiva della fase di scavo e riporto dei materiali. A tali attività sono strettamente correlate le attività di trasporto del materiale (allontanamento a discarica o conferimento in cantiere) in relazione al transito degli autocarri su piste non asfaltate.

4.4 I cantieri della Viabilità di Servizio

Con riferimento ai cantieri della viabilità di servizio sono stati considerati come generanti emissioni diffuse tutti quei cantieri che prevedono la realizzazione di infrastrutture ex-novo.

In relazione a tale attività, lo schema a blocchi tipologico è quello che è stato mostrato nel paragrafo precedente. Si considerano infatti come attività emissive le attività di preparazione del

piano di posa, il conferimento del materiale per la realizzazione della struttura e la realizzazione degli strati non legati.

Lo schema di riferimento pertanto può essere quello definito in Figura 4.4-1.

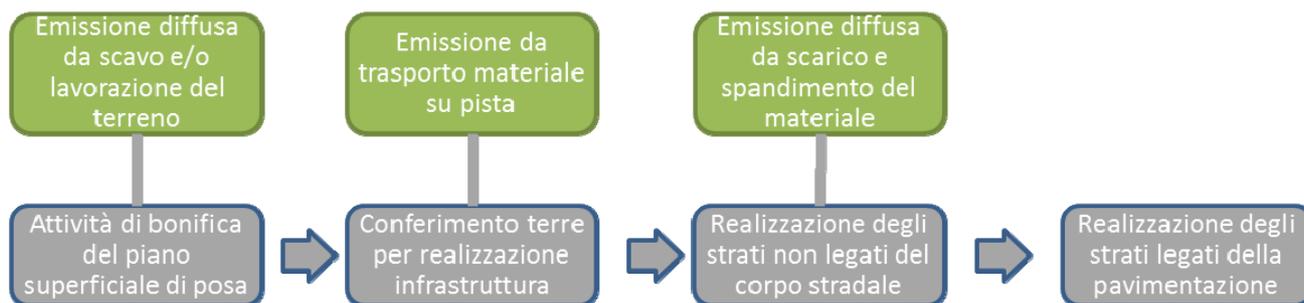


Figura 4.4-1 Diagramma a blocchi e sorgenti emissive per approntamento dei cantieri Viabilità di Servizio

Come specificato nel capitolo precedente i cantieri considerati aventi tali tipologia di schema e di sorgenti emissive sono: VS02; VS03(B); VS04; VS05; VS06; VS07; VS08; VS09; VS10; VS11; VS12; VS13; VS14; VS15.

5. LA FASE DI ESERCIZIO

5.1 Identificazione della tipologia dei cantieri per la fase di esercizio

Analogamente a quanto visto per la fase di approntamento dei cantieri, anche per la fase di esercizio è possibile fare una distinzione dei diversi cantieri al fine di attribuire una determinata tipologia alle aree descritte nei paragrafi precedenti, in relazione alle attività previste nella fase di esercizio stessa.

Le tipologie emissive rimangono le stesse quattro definite per la fase di approntamento (emissione trascurabile, diffusa, puntuale, diffusa e puntuale).

Nella Tabella 5.1-1 Schematizzazione dei cantieri nella fase di esercizio

viene definita la classificazione dei cantieri dal punto di vista emissivo. Nei paragrafi successivi verranno definiti nel dettaglio gli aspetti che hanno portato a tale distribuzione, definendo, attraverso appositi diagrammi a blocchi, le attività dei cantieri e le emissioni ad esse correlate.

Tipologia	Cantiere	
CE _{0e}	Campo Base	
	Cantieri Industriali	CI10; CI16;
	Cantieri di Imbocco	Cantieri con gallerie con scavo meccanizzato;
	Slurrydotto	
CE _{1e}	Viabilità di Servizio	da VS01 a VS14;
	Cantieri Industriali	CI01; CI02; CI05; CI06; CI08; CI09; CI12;
	Cantieri di Imbocco	Cantieri con gallerie con scavo Tradizionale;
CE _{2e}	Viabilità di Servizio	VS15;
	Cantieri Industriali	CI13; CI14;
CE _{3e}	Cantieri Industriali	CI03; CI04; CI07; CI11;

Tabella 5.1-1 Schematizzazione dei cantieri nella fase di esercizio

5.2 Cantieri con emissioni di polveri trascurabili – CE0e

Così come visto nella fase di approntamento, anche per la fase di esercizio è possibile considerare alcuni cantieri ad emissione di polveri trascurabile. È infatti ben noto come non tutte le aree siano adibite a lavorazioni, stoccaggio o manipolazione di materiale polverulento e pertanto è possibile escludere tali aree dall'analisi emissiva.

A titolo di esempio, lo stoccaggio di materiale prefabbricato rientra tra quelle attività che prevedono un'emissione di polveri trascurabile, soprattutto se localizzato su aree pavimentate così come previsto dal progetto.

Entrando nel merito dei singoli cantieri, il primo ad essere stato analizzato e definito ad emissione trascurabile è il Cantiere Base. Tale cantiere è un sistema organizzativo per il supporto della logistica finalizzato principalmente ad ospitare la Direzione del Cantiere, la Direzione dei Lavori, e gli insediamenti abitativi per le maestranze. Non sono quindi presenti attività industriali significative che possono emettere polveri in atmosfera, né lo stoccaggio di terre o altro materiale che può generare polveri.

Con riferimento ai cantieri industriali, il cantiere C110 verrà adibito alla logistica (box, uffici di cantiere e spogliatoi per le maestranze) e come area di stoccaggio del materiale per la realizzazione delle gallerie e dei viadotti. Anche in tale area non è previsto lo stoccaggio di materiale polverulento e pertanto il contributo di tale cantiere risulta trascurabile.

In analogia al cantiere C110, anche il cantiere C116 non fornirà contributi significativi alla emissioni di polveri. Tale cantiere sarà adibito ad area di stoccaggio di carpenteria metallica per la realizzazione dello slurrydotto.

Anche lo slurrydotto, nella sua fase operativa, non contribuisce alla produzione di polveri. È proprio nella natura progettuale di tale opera infatti che si esplica la riduzione dell'interferenza ambientale tra la cantierizzazione ed il territorio in cui essa stessa si realizza. È proprio grazie allo slurrydotto che il materiale prodotto per la realizzazione dell'opera a mare può raggiungere tale cantiere senza emissioni di polveri (il materiale oltre ad avere la consistenza fangosa e quindi non più polverulenta

è anche confinato all'interno di speciali condotte) e minimizzando le interferenze correlate al traffico veicolare.

Con riferimento ai cantieri di imbocco, ed in particolare ai cantieri correlati allo scavo meccanizzato, è stato considerato trascurabile l'apporto fornito in termini di polveri. Infatti, data la specificità della tecnica costruttiva/realizzativa dello scavo meccanizzato, il materiale uscente da tali cantieri (oltre ad essere confinato per essere portato ad altra destinazione) presenta delle caratteristiche tali da non poter essere più considerato polverulento, ma presentando invece la consistenza tipica di un "fango".

In ultimo, è stato valutato il contributo alle emissioni di polveri della viabilità di servizio. Come specificato nei paragrafi precedenti, relativi alla descrizione di tali cantieri, la viabilità di servizio prevede la realizzazione di una pavimentazione in conglomerato legato e non in terra battuta ad eccezione della VS15. Tale caratteristica fa sì che vengano abbattute le emissioni di polveri sospese relative al passaggio degli autocarri sulla viabilità stessa. È pertanto possibile trascurare tali sorgenti nell'analisi di emissioni di polveri sospese, verrà invece considerata come sorgente diffusa la VS 15 realizzata in materiale non legato e pertanto soggetto a sollevamento di polveri durante il transito dei mezzi di cantiere.

5.3 Cantieri con emissioni derivanti da sorgenti diffuse – CE1e

5.3.1 Il cantiere CI01

Dal punto di vista operativo, il cantiere CI01 sarà utilizzato per la realizzazione dei viadotti. Occorre quindi analizzare le attività necessarie da mettere in campo al fine di poter determinare quali possono generare polveri diffuse.

In tale ottica, appare evidente come le uniche attività che possono generare polveri in maniera significativa, all'interno di un cantiere adibito alla realizzazione di un viadotto, siano quelle correlate alle attività di scavo delle fondazioni del viadotto stesso.

Procedendo nell'analisi a livello di macro attività tipologiche correlate al cantiere è possibile impostare il seguente schema a blocchi.

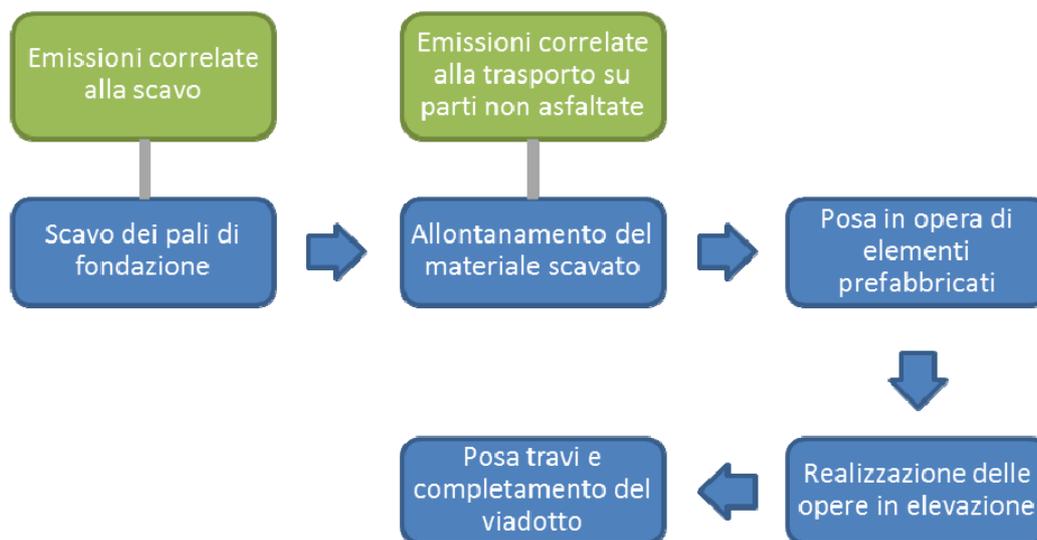


Figura 5.3.1-1 Diagramma a blocchi e sorgenti emissive esercizio CI01

5.3.2 Il cantiere CI02

Il cantiere CI02 dal punto di vista operativo presenta la stessa struttura del cantiere CI01, essendo anch'esso dedicato alla realizzazione dei viadotti. È possibile quindi fare riferimento alla struttura vista nel Paragrafo 5.3.1, e specificatamente al diagramma a blocchi di Figura 5.3.1-1, al fine di determinare le attività che generano emissione all'interno dei processi di lavorazione del cantiere stesso.

5.3.3 Il Cantiere CI05

Con riferimento al cantiere CI05, le attività principali poste in essere all'interno di tale area, sono correlate alla demolizione della rampa elicoidale. Tale processo può essere schematizzato in maniera molto semplice attraverso due macro attività: la demolizione della rampa e l'allontanamento e il conferimento a discarica del materiale di risulta dalla demolizione.



Figura 5.3.3-1 Diagramma a blocchi e sorgenti emissive esercizio CI05

Tale semplice schema vede la generazione di emissioni correlate unicamente alla fase di demolizione del manufatto stradale.

5.3.4 Il cantiere CI06

Dal punto di vista dell'esercizio il cantiere CI06 è adibito alla caratterizzazione, stoccaggio ed eventuale frantumazione dei materiali provenienti dallo scavo in tradizionale delle gallerie in terre non amiantifere.

È evidente come la presenza e la manipolazione di terreno all'interno del cantiere rappresenti un'attività in grado di emettere polveri in atmosfera e che pertanto deve essere considerata all'interno del processo di analisi. Data la specificità del cantiere e delle attività in esso presenti, le emissioni fanno riferimento alla categoria delle emissioni diffuse. Lo stoccaggio in cumuli e la frantumazione in impianto di tipo frantumatore-vaglio, infatti, non consentono di convogliare le emissioni in un unico punto.

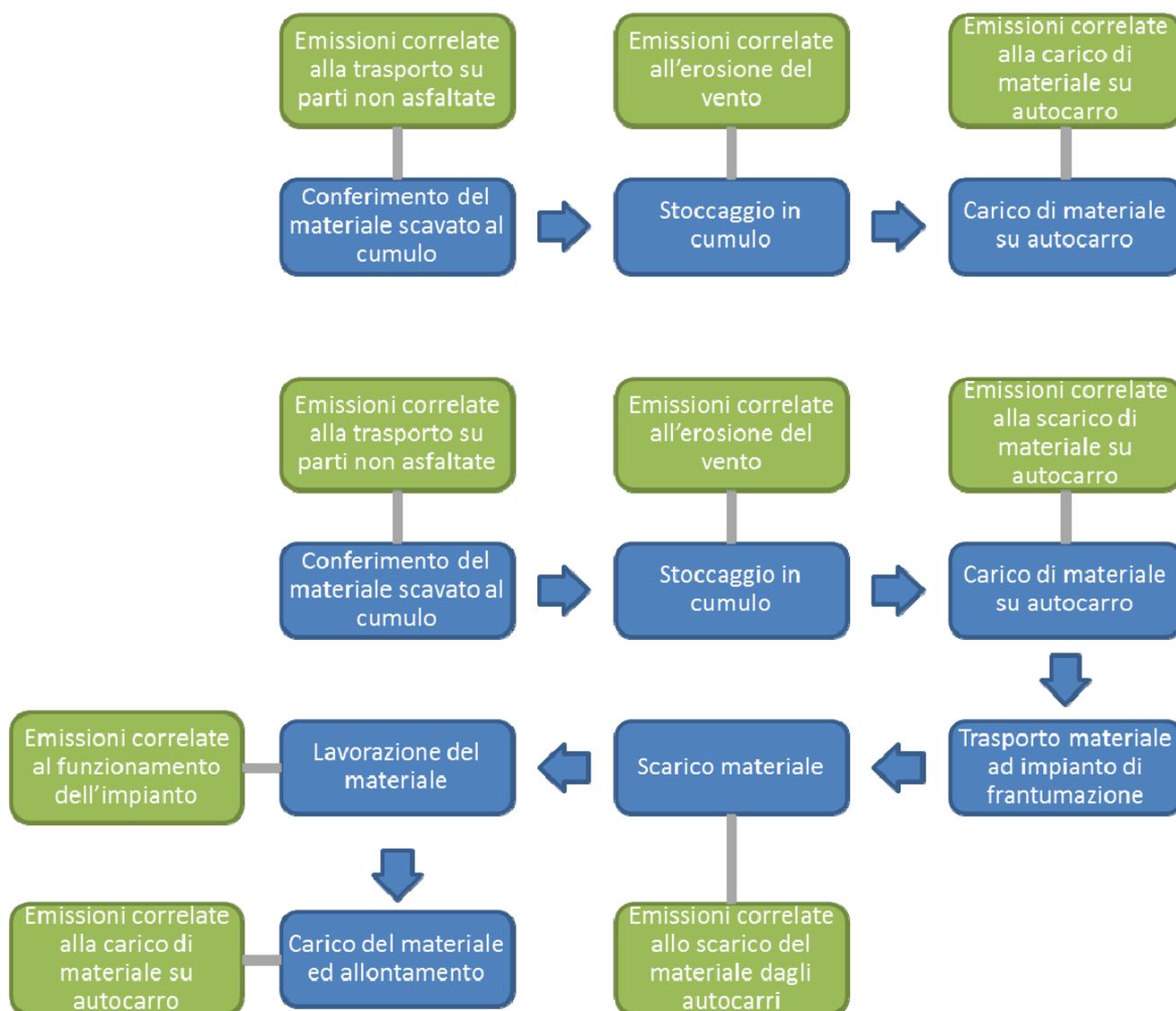


Figura 5.3.4-1 Diagramma a blocchi e sorgenti emissive esercizio CI06

Nello specifico, le attività che possono generare emissioni sono correlate a due processi che possono avvenire nell'area di cantiere.

La prima è correlata alla fase di trasporto dello smarino dal fronte di scavo alle aree di stoccaggio del materiale. In tale attività è possibile definire le seguenti sub-attività che generano emissione: il traffico degli autocarri su strade non asfaltate, lo scarico del materiale sui cumuli nonché le emissioni correlate all'erosione del vento, ed in ultimo il carico del materiale sugli autocarri per l'allontanamento al termine della fase di stoccaggio.

Il secondo processo è correlato alla fase di frantumazione del materiale al fine di ridurlo in pezzature adeguate al suo utilizzo. Rispetto al processo precedente, devono essere considerate tutte le subattività relative al funzionamento dell'impianto che generano emissioni e che possono essere sintetizzate in: scarico del materiale nell'impianto, lavorazione dell'impianto e carico del materiale frantumato sugli autocarri per l'allontanamento dal cantiere.

5.3.5 **Il cantiere CI08**

Il cantiere CI08 dal punto di vista operativo presenta la stessa struttura del cantiere CI01, essendo anch'esso dedicato alla realizzazione dei viadotti. È possibile quindi fare riferimento alla struttura vista nel Paragrafo 5.3.1, e specificatamente al diagramma a blocchi di Figura 5.3.1-1, al fine di determinare le attività che generano emissione all'interno dei processi di lavorazione del cantiere stesso.

5.3.6 **Il cantiere CI09**

Il cantiere CI09 dal punto di vista operativo presenta la stessa struttura del cantiere CI01, essendo anch'esso dedicato alla realizzazione dei viadotti. È possibile quindi fare riferimento alla struttura vista nel Paragrafo 5.3.1, e specificatamente al diagramma a blocchi di Figura 5.3.1-1, al fine di determinare le attività che generano emissione all'interno dei processi di lavorazione del cantiere stesso.

5.3.7 **Il cantiere CI12**

Il cantiere CI12 dal punto di vista operativo presenta la stessa struttura del cantiere CI06, essendo anch'esso dedicato alla caratterizzazione e stoccaggio delle terre provenienti dagli scavi. È possibile quindi fare riferimento alla struttura vista nel Paragrafo 5.3.4, e specificatamente al diagramma a blocchi di Figura 5.3.4-1, al fine di determinare le attività che generano emissione all'interno dei processi di lavorazione del cantiere stesso.

5.3.8 Cantieri di imbocco gallerie con scavo tradizionale

Con riferimento ai cantieri di imbocco, nei capitoli precedenti è stato specificato come sia possibile fare riferimento unicamente alle gallerie realizzate con scavo tradizionale. Rispetto a tale specifica casistica, il diagramma di processo può essere esemplificato come mostrato in Figura 5.3.8-1.

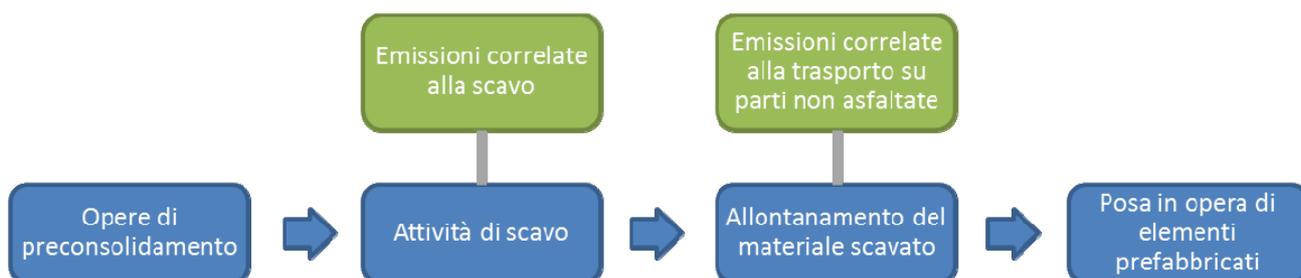


Figura 5.3.8-1 Diagramma a blocchi e sorgenti emissive esercizio cantieri di imbocco con scavo in tradizionale

Dal citato diagramma è possibile definire quali attività ad emissione di polveri in atmosfera l'attività correlata alla fase di scavo ed il conseguente allontanamento del materiale dal fronte di scavo per la quota parte di tratti non asfaltati.

5.3.9 Il cantiere VS15

Con riferimento alla viabilità di servizio in fase di esercizio, e con specifico riferimento alle polveri aero disperse è stata analizzata la Viabilità VS15. Tale viabilità se pur di estensione ridotta rispetto alle altre, non essendo realizzata in materiale legato potrà generare polveri aerodisperse in quantità non trascurabili al passaggio dei mezzi di cantiere.

In questo caso il diagramma a blocchi è costituito da una sola attività che rappresenta l'attività a cui è correlata l'emissione ovvero il passaggio dei mezzi di cantiere ed il relativo sollevamento di polveri al passaggio dei mezzi stessi.



Figura 5.3.9-1 Diagramma a blocchi e sorgenti emissive esercizio viabilità di servizio in materiale non legato

5.4 Cantieri con emissioni derivanti da sorgenti puntuali – CE2e

5.4.1 Il cantiere CI13 e CI14

Con riferimento a tali cantieri, nei paragrafi progettuali ne è stata definita l'importanza strategica all'interno dell'intero processo di cantierizzazione del Nodo di Genova, analizzando inoltre anche quanto necessario al fine di approntare i cantieri stessi prima del loro funzionamento in fase di esercizio.

Data l'importanza di tali cantieri, l'area è stata attrezzata al fine di poter avere principalmente ambienti confinati dove effettuare le lavorazioni di materiale polverulento, quali l'attività di frantumazione, la preparazione dello slurry, impasto ecc.

Essendo tutti i processi di lavorazione e manipolazione del materiale polverulento, confinati in ambienti chiusi, è stato possibile convogliare le emissioni, trasformandole da diffuse a puntuali, permettendone così un maggior controllo ed efficacia nel sistema di filtrazione e monitoraggio.

In coerenza a quanto fatto per gli altri cantieri, in questa sede, si intendono valutare tutti i processi attuati in fase di esercizio all'interno dei suddetti cantieri che possono generare emissioni puntuali. A differenza degli altri cantieri, essendo presenti unicamente emissioni puntuali, il diagramma dei processi è strettamente correlato agli impianti che producono tali emissioni puntuali.



Figura 5.4.1-1 Diagramma a blocchi e sorgenti emissive esercizio CI13 e C14

Facendo riferimento a quanto presente in Figura 5.4.1-1 è possibile valutare quali sorgenti primarie di emissione, lo stoccaggio delle terre nei silos, l'impianto di aspirazione della zona di frantumazione e l'impianto di aspirazione correlato ai nastri trasportatori.

5.5 Cantieri con emissioni derivanti da sorgenti puntuali e diffuse – CE3e

5.5.1 I cantieri CI03 – CI07 – CI11: impianti di produzione di conglomerati cementizi

Con riferimento ai cantieri con CI03, CI07, e CI11, è stata identificata nei paragrafi precedenti l'attività principale alla quale sono destinati, rappresentata dalla produzione di conglomerato cementizio a servizio dei cantieri per la realizzazione del Nodo Autostradale di Genova.

È quindi possibile individuare in tali cantieri due tipologie di sorgenti emissive: quelle diffuse e quelle puntuali. Le due tipologie di sorgenti sono strettamente legate ai processi produttivi che vengono implementati all'interno del cantiere, prevedendo quindi una piccola parte di stoccaggio di materiale inerte vergine per la produzione dei conglomerati cementizi e la lavorazione di tale materiale al fine di poter produrre il conglomerato stesso.

I processi produttivi presenti all'interno di un cantiere di tale tipo sono sinteticamente riportati Figura 5.5.1-1

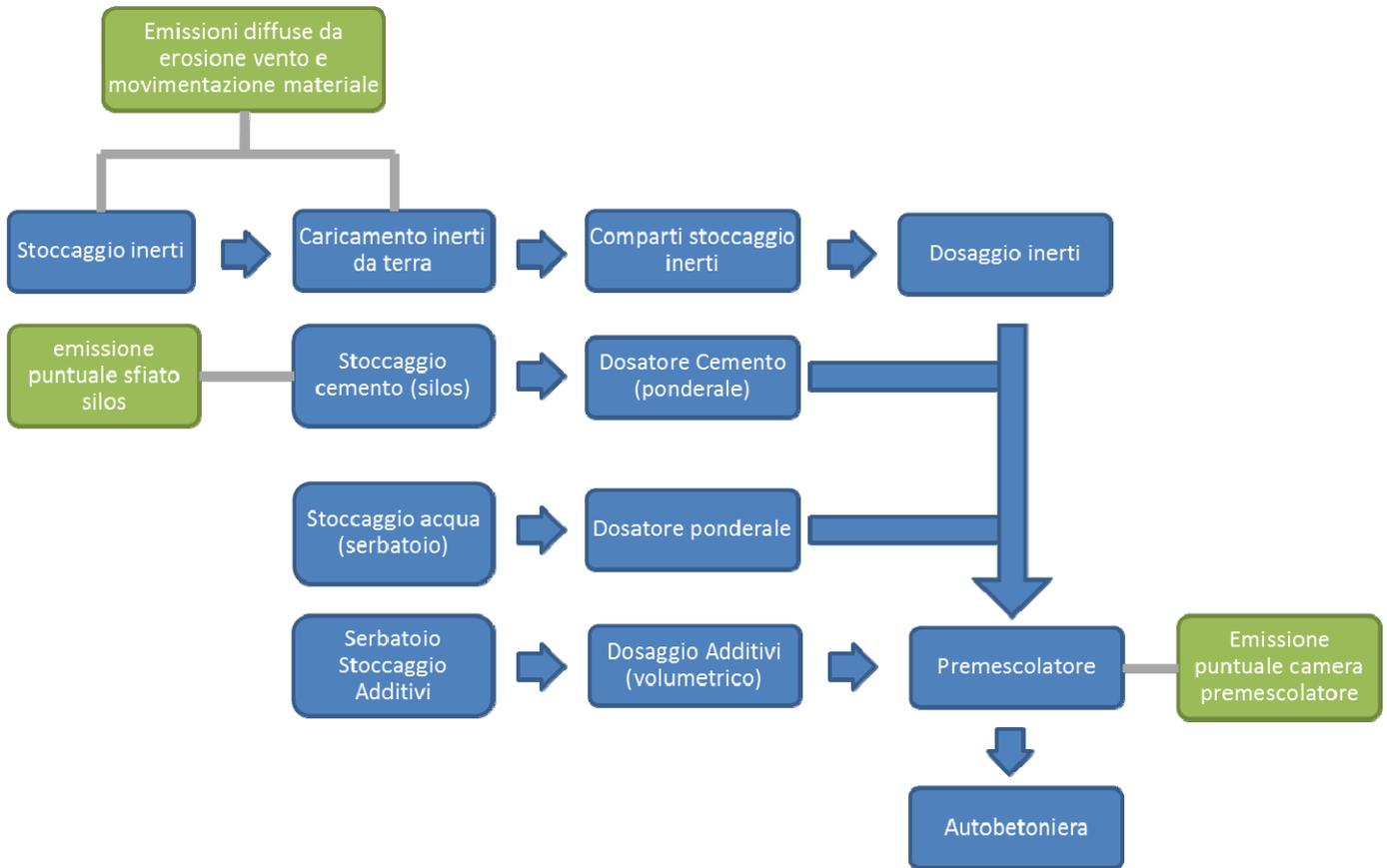


Figura 5.5.1-1 Diagramma a blocchi e sorgenti emissive esercizio impianti di conglomerati cementizi

È possibile quindi individuare le emissioni diffuse nelle aree di stoccaggio del materiale inerte ed in prossimità delle aree di carico e scarico di tale materiale. Per quanto riguarda le emissioni puntuali è invece possibile individuare due sorgenti primarie all'interno degli stabilimenti: i silos di stoccaggio del cemento e l'impianto di produzione dei conglomerati.

La prima sorgente si attiva al momento in cui viene effettuato il carico dei silos, con l'aumento di pressione che si viene a creare dentro i silos al momento di pompaggio interno del cemento. La seconda si attiva nel processo di produzione ed in particolare nella camera di mescolazione dove i diversi materiali costituenti il conglomerato vengono "mescolati" per ottenere il mix design desiderato.

5.5.2 Il cantiere CI04

Con riferimento al cantiere CI04 questo risponde a due diverse finalità: la prima produrre conglomerati cementizi per le opere da realizzarsi nell'interconnessione di Genova Ovest, la seconda di procedere alla caratterizzazione delle terre da scavo per la realizzazione di rilevati ritombamenti etc.

È pertanto possibile fare riferimento a due tipologie di cantieri visti in precedenza al fine di schematizzare le attività in essere all'interno del cantiere CI04.

La prima tipologia, relativa alla produzione dei conglomerati cementizi, segue quanto visto nel Paragrafo 5.5.1 ed il diagramma a blocchi mostrato in Figura 5.5.1-1.

Con riferimento allo stoccaggio del materiale per la caratterizzazione è possibile fare riferimento a quanto visto nel Paragrafo 5.3.4 ed al primo processo mostrato nel diagramma a blocchi di Figura 5.3.4-1, riportante la fase di stoccaggio del materiale in cumuli.

6. SISTEMI DI ABBATTIMENTO E CONTROLLO

6.1 Generalità

Nei capitoli 0 e 5 sono stati descritti i diversi processi, attività e sub attività che caratterizzano i cantieri del Nodo Stradale ed Autostradale di Genova, identificando le diverse tipologie di emissioni, discretizzandole secondo un duplice aspetto: da un lato la tipologia di emissione, se diffusa, puntuale o combinata, dall'altro il momento, spaziale e temporale (all'interno del processo) in cui tali emissioni possono generarsi.

Tale classificazione permette una facile individuazione delle attività emissive al fine di poter avere delle utili indicazioni ai fini di una efficace ed efficiente attività di monitoraggio.

Oltre a ciò è possibile anche individuare una serie di sistemi e pratiche per l'abbattimento ed il controllo delle emissioni stesse. Proprio a tale riferimento, nei paragrafi successivi, vengono sintetizzate tutte le attività e pratiche relative ai sistemi implementati e/o implementabili all'interno dei cantieri, per ridurre e controllare le emissioni diffuse e puntuali.

6.2 Sistemi applicabili per le emissioni diffuse

Per quanto riguarda la formazione di emissioni diffuse, sono state individuate nei paragrafi precedenti tutte le attività svolte all'interno dei cantieri che possono tramutarsi in sorgenti di emissioni diffuse e che possono essere così sintetizzate:

- trasporto del materiale;
- scarico del materiale;
- stoccaggio del materiale;
- transito dei mezzi su strade non asfaltate.

In relazione al trasporto del materiale polverulento, si precisa che tale materiale verrà portato in stabilimento su camion ribaltabili muniti di coperture e che il relativo scarico nelle apposite aree avviene mediante sollevamento del cassone e scivolamento lungo il ribaltabile.



Figura 6.2-1 dettagli tipologici autocarri telonati

Al fine di ridurre al minimo il sollevamento di polveri aerodisperse conseguenti allo scarico del materiale, quest'ultimo verrà depositato gradualmente modulando l'altezza del cassone e mantenendo la più bassa altezza di caduta.

È inoltre possibile, qualora necessario in relazione alla specificità del cantiere e delle condizioni ambientali contingenti, ai fini di ridurre ulteriormente le polveri, una fase di bagnatura delle terre durante la fase di scarico.



Figura 6.2-2 Esempio di riduzione polveri dopo bagnatura durante lo scarico (senza bagnatura sx e con dx)

Il materiale così scaricato verrà quindi depositato in cumuli all'interno di adeguati spazi, che presenteranno superficie di appoggio pavimentate ed impermeabili. Al fine di ridurre le emissioni di polveri generate dall'effetto di erosione provocato dal vento sui cumuli, soprattutto in specifiche condizioni ambientali, sarà possibile agire attraverso due strumenti differenti:

- prevedere apposite coperture dei cumuli con teloni rimovibili, in modo tale da proteggere i cumuli stessi in caso di forte vento;
- prevedere la bagnatura dei cumuli attraverso appositi sistemi "a pioggia", sia fissi che mobili, quali ad esempio annaffiatoio ad effetto spray o a mezzo di autobotti.



Figura 6.2-3 Esempi di sistemi di copertura e di abbattimento delle polveri a mezzo bagnatura

In ultimo, con riferimento alle migliori tecniche impiegabili per ridurre le emissioni di polveri su strade non asfaltate è possibile agire, in maniera sinergica, attraverso due differenti approcci:

- agire sulla infrastruttura: andando ad effettuare una bagnatura delle piste non asfaltate al fine di aumentare l'umidità del terreno ed impedire il sollevamento delle polveri al passaggio degli autocarri;
- agire sui mezzi: riducendo la velocità degli automezzi di cantiere, limitatamente ai tratti di pista non asfaltati, al fine di ridurre l'effetto sollevamento prodotto dal passaggio degli automezzi stessi.



Figura 6.2-4 Sistema di abbattimento tramite bagnatura piste non asfaltate

Con riferimento alla bagnatura questa può avere un'efficienza variabile in relazione alle condizioni climatiche nonché al numero di passaggi di automezzi che si prevedono sull'area stessa. I quantitativi di acqua necessari sono pertanto funzioni delle sopraccitate variabili e devono essere comunque rispettosi di alcuni principi a carattere generale:

- non devono modificare eccessivamente le condizioni del materiali, per fare questo il contenuto d'acqua non dovrebbe aggiungere più dello 0,5% in massa al materiale stesso, con dei valori massimi che si attestano intorno al 4-5%;
- devono attestarsi su di un consumo medio inferiore ai 2.2 l/m².

Da ricerche bibliografiche sono state desunte alcune formulazioni che correlano l'efficienza di abbattimento del bagnamento alle condizioni meteo climatiche e alle grandezze di progetto. In particolare è possibile fare riferimento alla formulazione di Cowherd:

$$C(\%) = 100 - (0.8 \times P \times trh \times \tau)$$

in cui:

C = efficienza di abbattimento del bagnamento (%);

P = potenziale medio dell'evaporazione giornaliera (mm/h);

trh = traffico medio orario (h^{-1});

I = quantità media del trattamento applicato (l/m^3);

τ = intervallo di tempo che intercorre tra le applicazioni.

Attraverso l'analisi di tali grandezze è quindi possibile definire il numero ottimale di passaggi, ovvero il quantitativo di acqua necessaria a mantenere una determinata efficienza di abbattimento.

In ultimo è opportuno annoverare i sistemi applicabili per la riduzione delle emissioni di polveri da sorgenti diffuse: gli inibitori chimici. Tali inibitori sono generalmente applicati su piste o piazzali in relazione al materiale costituente la pista o il piazzale stesso.

I più utilizzati sono il cloruro di calcio ed il cloruro di magnesio ed entrambi hanno la funzione di limitare l'evaporazione di acqua dal terreno. Le efficienze si attestano dal 40 all'80% entro le due settimane dall'applicazione per il cloruro di calcio, mentre tra il 70-80% per il cloruro di magnesio.

6.3 Sistemi applicabili per le emissioni puntuali

Le emissioni puntuali, come specificato ampiamente nei paragrafi precedenti sono correlate al funzionamento degli impianti di produzione del conglomerato cementizio. Nello specifico, i punti convogliati individuati nelle descrizioni precedentemente effettuate sono provenienti da due tipologie di sorgenti:

- silos stoccaggio cemento;
- impianto di produzione conglomerato cementizio: camera di miscelazione.

Con riferimento alle specificità di tali impianti è possibile individuare una serie di tecnologie di abbattimento industrialmente provate che possono ridurre ed abbattere l'emissione di particolato.

Le principali apparecchiature utilizzate possono essere così riassunte:

- cicloni;
- filtri a tasche o a maniche;
- filtri a letto granulare;
- filtri elettrostatici;
- torri di lavaggio.

Con riferimento ai filtri a ciclone, questi sono basati sul principio della separazione per effetto inerziale e risultano particolarmente utilizzati in caso di polveri con alto peso specifico ed elevate dimensioni delle particelle.

I filtri elettrostatici sfruttano la possibilità di caricare elettricamente le particelle di polvere e raccogliarli in una fase successiva attraverso un elettrodo definito captatore. Questo processo si ottiene sottoponendo una particella ad un determinato campo elettrico ad alta tensione.

I filtri a maniche, i più utilizzati in questo campo, sono formati da una serie di maniche che permettono il passaggio dei gas ma bloccano le polveri sino a particelle al disotto di delle dimensioni del micron.

Uno schema di funzionamento di tali filtri è rappresentato da quanto riportato in Figura 6.3-1.



Figura 6.3-1 Esempio di filtro a cartucce del tipo SILOTOP fornito dalla WAMGROUP

Il filtro a cartucce è generalmente costituito da valvole filtranti che si attivano con l'aumento di pressione che si viene a creare ad esempio all'interno dei silos al momento del pompaggio interno del cemento.

Il sistema di funzionamento è il seguente: l'aria sporca entra nel corpo del filtro dove la polvere viene separata attraverso gli elementi filtranti. Un sistema d'aria in controcorrente rimuove dagli elementi filtranti la polvere trattenuta la quale ricade all'interno del silo. L'attivazione avviene tramite rilevatore di differenziale di pressione il quale mette in funzione un'elettrovalvola che attiva il flusso d'aria in controcorrente.

7. QUADRO SINOTTICO EMISSIONI E SISTEMI DI ABBATTIMENTO PER I CANTIERI

7.1 Aspetti di sintesi dell'analisi

Con riferimento a quanto sinora proposto, al solo fine di sintetizzare in un unico momento tutti gli aspetti sinora richiamati, appare utile riferire il quadro sinottico dei cantieri in un'unica tabella, permettendo così di avere il quadro completo in relazione alla fase di approntamento ed esercizio.

Cantiere	Apprestamento		Esercizio	
	Tipo emissione	Abbattimento	Tipo emissione	Abbattimento
Base	CE _{0a}	nessuno	CE _{0e}	nessuno
CI01	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{1e}	bagnatura durante scavo e piste
CI02	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{1e}	bagnatura durante scavo e piste
CI03	CE _{0a}	nessuno	CE _{3e}	bagnatura/copertura cumuli, filtri a maniche/cartucce per impianto di produzione cls
CI04	CE _{0a}	nessuno	CE _{3e}	bagnatura/copertura cumuli, filtri a maniche/cartucce per impianto di produzione cls
CI05	CE _{0a}	nessuno	CE _{1e}	bagnatura della demolizione o demolizione controllata
CI06	CE _{1a}	accorgimenti su scarico materiale e piste	CE _{1e}	bagnatura/copertura cumuli, bagnatura durante lavorazione materiale e bagnatura piste
CI07	CE _{0a}	nessuno	CE _{3e}	bagnatura/copertura cumuli, filtri a maniche/cartucce per impianto di produzione cls
CI08	CE _{0a}	nessuno	CE _{1e}	bagnatura durante scavo e piste
CI09	CE _{1a}	accorgimenti su scarico materiale	CE _{1e}	bagnatura durante scavo e piste
CI10	CE _{1a}	accorgimenti su scarico materiale	CE _{0e}	nessuno
CI11	CE _{0a}	nessuno	CE _{3e}	bagnatura/copertura cumuli, filtri a maniche/cartucce per

Cantiere	Apprestamento		Esercizio	
	Tipo emissione	Abbattimento	Tipo emissione	Abbattimento
				impianto di produzione cls
CI12	CE _{0a}	nessuno	CE _{1e}	bagnatura/copertura cumuli, bagnatura durante lavorazione materiale e bagnatura piste
CI13	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{2e}	filtri a maniche/cartucce per impianto di aspirazione
CI14	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{2c}	filtri a maniche/cartucce per impianto di aspirazione
CI16	CE _{0a}	nessuno	CE _{0e}	nessuno
Cantieri di imbocco TBM	CE _{0a}	nessuno	CE _{0e}	nessuno
Cantieri di imbocco tradizionale	CE _{0a}	nessuno	CE _{1e}	bagnatura durante scavo e piste
VS01	CE _{0a}	nessuno	CE _{0e}	nessuno
VS02	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{0e}	nessuno
VS03 b	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{0e}	nessuno
VS03 a,c	CE _{0a}	nessuno	CE _{0e}	nessuno
VS04	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{0e}	nessuno
VS05	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{0e}	nessuno
VS06	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{0e}	nessuno
VS07	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{0e}	nessuno
VS08	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{0e}	nessuno
VS09	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{0e}	nessuno
VS10	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{0e}	nessuno

Cantiere	Apprestamento		Esercizio	
	Tipo emissione	Abbattimento	Tipo emissione	Abbattimento
VS11	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{0e}	nessuno
VS12	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{0e}	nessuno
VS13	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{0e}	nessuno
VS14	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{0e}	nessuno
VS12	CE _{1a}	bagnatura durante scavo e piste	CE _{1e}	bagnatura piste
Slurrydotto	CE _{0a}	nessuno	CE _{0c}	nessuno

Tabella 7.1-1 Quadro sinottico della classificazione dei cantieri dal punto di vista emissivo

ALLEGATO 4

**Analisi di laboratorio e determinazione
quantitative del contenuto di amianto**



ALLEGATO

Analisi di laboratorio e determinazione quantitative del contenuto di amianto

Premessa

Ai sensi della normativa italiana ed europea, il termine "amianto" designa i seguenti silicati fibrosi (D.Lgs 81/2008 – Capo III, Art. 247. Definizioni):

Nome	Formula ideale	Numero registro CAS
Actinolite d'amianto	$\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	77536-66-4
Grunerite d'amianto (amosite)	$(\text{Fe,Mg})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	12172-73-5
Antofillite d'amianto	$(\text{Mg,Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	77536-67-5
Crisotilo	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	12001-29-5
Crocidolite	$\text{Na}_2(\text{Mg,Fe})_6\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	12001-78-4
Tremolite d'amianto	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	77536-68-6

Nelle rocce del territorio italiano, ed in particolare relativamente all'arco alpino occidentale, la possibilità di incontrare minerali definiti come amianto è praticamente limitata a due sole casistiche: il crisotilo, la forma fibrosa del serpentino, e la forma fibrosa dell'anfibolo della serie isomorfa tremolite-actinolite.

Il crisotilo è un minerale del gruppo dei serpentini, fillosilicati idrati tri-ottaedrici la cui struttura è definita dall'alternanza di strati tetraedrici $[\text{SiO}_4]$ con strati ottaedrici $\text{MgO}_2(\text{OH})_4$, di formula $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Il crisotilo ha una struttura cilindrica - derivante dall'incurvamento e arrotolamento degli strati tetraedrico e ottaedrico - responsabile del suo abito fibroso. E' importante inoltre ricordare che esistono anche altri minerali del serpentino, antigorite e lizardite, con identica composizione chimica. Questi minerali, in genere caratterizzati da abito tabulare o aciculare, diventano, nei rari casi in cui si trovino nella loro forma fibrosa, praticamente indistinguibili dal crisotilo, con cui condividono morfologia e chimismo. Per questo motivo, la microscopia elettronica SEM-EDS non è in grado di distinguere tra loro le fasi fibrose del serpentino, che devono essere opportunamente definite come un'unica classe, utilizzando la nomenclatura convenzionale Ctl-Atg. E' possibile definire univocamente i minerali del gruppo del serpentino utilizzando altre tecniche analitiche (ad es. la spettroscopia micro-Raman o la microscopia elettronica in trasmissione).

Gli altri minerali fibrosi definiti come amianti appartengono alla famiglia degli anfiboli, con una struttura caratterizzata da catene tetraedriche $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$ legate lateralmente a filari di ottaedri MO_6 . Tremolite e actinolite sono anfiboli di Ca in cui i siti M1, M2 e M3 sono occupati da Mg e Fe, mentre il sito M4 è occupato da Ca. Per ragioni strumentali, la tremolite e l'actinolite non sono sempre distinguibili attraverso la microscopia SEM-EDS e sono quindi opportunamente raggruppate in un'unica classe (Trm-Act). Gli altri amianti di anfibolo definiti dalla normativa italiana (amosite, antofillite e crocidolite) non sono compatibili con le condizioni genetiche delle formazioni geologiche del territorio interessato dall'opera della Gronda di Genova.

Durante l'analisi SEM-EDS di campioni di amianto in matrice naturale, l'esistenza di fasi con abito allungato, ma non propriamente "asbestiformi", aventi un'identica composizione chimica dei minerali d'amianto, rappresenta la principale difficoltà nella corretta assegnazione e dunque nella corretta valutazione ponderale.

I minerali con abito allungato vengono infatti indicati, a seconda dei contesti, con differenti termini (ad esempio *aciculare*, *fibroso* o *asbestiforme*), spesso impropriamente utilizzati come sinonimi. Un minerale con abito *aciculare* è un cristallo aghiforme, caratterizzato da una diminuzione del diametro lungo la direzione di crescita. Un minerale *fibroso* è un cristallo di forma allungata che ha una netta prevalenza della dimensione longitudinale su quella trasversale. Questa caratteristica permette di definire un importante parametro detto "*aspect ratio*" che è il rapporto tra lunghezze e diametro della particella. Un minerale *asbestiforme*, cioè un minerale che ha il tipico aspetto di un amianto, è costituito da **fasci di fibrille nelle quali si può suddividere per effetti meccanici**. Le fibrille possono avere diametri anche di pochi nanometri (10^{-9} m) e sono osservabili unicamente attraverso la microscopia elettronica.

Durante l'analisi queste molteplici e non univoche definizioni si traducono in una difficile e soggettiva definizione di "fibra", per quanto concerne la determinazione dell'amianto in campioni massivi naturali, soprattutto in mancanza di chiare indicazioni da parte del legislatore. A complicare il quadro, va ricordato che la definizione operativa di *fibra respirabile*, data dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS, 1986¹) e introdotta in tutta la legislazione corrente, indica come "fibra di amianto" ogni oggetto avente rapporto lunghezza/diametro $L/D > 3$ e, contemporaneamente, lunghezza $L > 5 \mu\text{m}$ e diametro $D < 3 \mu\text{m}$. L'utilizzo di tale criterio morfologico, sviluppato a partire dagli studi tossicologici sugli amianti e dall'anatomia polmonare umana deriva dalla constatazione che sono le fibre con lunghezza $> 8 \mu\text{m}$ ad esplicare il maggior potere cancerogeno. Tale cosiddetta "ipotesi di Stanton" ha portato alla definizione delle dimensioni che una fibra deve avere per poter rappresentare un rischio per la salute umana e tale definizione è stata di conseguenza utilizzata per valutare la concentrazione di fibre aerodisperse in ambienti confinati, espressa come *numero di fibre per litro d'aria campionata* (ff/L). È importante notare che la definizione di fibra utile per una misura di amianto aerodisperso, **non può essere correttamente essere applicata alla valutazione ponderale** (espressa in ppm o mg/kg) dell'amianto in un campione naturale massivo. Il criterio, infatti, può portare ad una errata valutazione quantitativa della presenza di "fibre di amianto" soffrendo, all'atto pratico, di due forti incongruità: 1) considerare "amianto" tutte le particelle con rapporto $L/D > 3$ in un contesto naturale in cui sono sempre presenti fasi non-asbestiformi aciculari, prismatiche o tabulari, può portare a definire *asbestiformi* particelle che sono in realtà *frammenti di sfaldatura* di minerali non asbestiformi, descritti come *non pericolosi per la salute umana* da diversi autori.^{2,3} Inoltre, 2) la limitazione $D < 3 \mu\text{m}$, introdotta nella analisi dell'amianto aerodisperso con lo scopo di evitare di conteggiare particelle che non possono essere inalate, può indurre a sottostimare la quantità di amianto, soprattutto se il campione presenta **grossi fasci di fibre asbestiformi**, che possono essersi liberati dalla roccia nei processi di preparazione del campione, ma non ancora separati nelle componenti più fini.

La corretta distinzione tra amianti (fasi asbestiformi) e minerali ad abito aciculare/tabulare allungato è fondamentale nel contesto della determinazione quantitativa di campioni naturali attraverso la metodica SEM-EDS, in quanto il metodo di misura (illustrato in dettaglio nel D.M. 6/9/94, All. 1B) prevede che sia

¹ WHO, *Asbestos and other natural mineral fibres*, *Env. Health Crit.* (35) 1986

² Gamble JF, Gibbs GW. (2008) *An evaluation of the risks of lung cancer and mesothelioma from exposure to amphibole cleavage fragments*. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* doi: 10.1016/j.yrtph.2007.09.020.

³ Mossman BT. (2008) *Assessment of the pathogenic potential of asbestiform vs. nonasbestiform particulates (cleavage fragments) in in vitro (cell or organ culture) models and bioassays*. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*

calcolato il volume totale delle sole fibre di amianto e che quest'ultimo sia convertito in peso utilizzando la densità media di ogni singolo minerale. Questo tipo di analisi prevede che i volumi relativi alle fibre di amianto di serpentino (crisotilo) e amianto di anfibolo vengano conteggiati separatamente in modo da poter tener conto delle diverse densità medie delle due classi (2.6 e 3.0 g/cm³, rispettivamente). Questa differenza si riflette sul contributo in massa che ogni singola fibra misurata porta al totale dell'amianto nel campione. Come vedremo di seguito, l'applicazione di diversi criteri morfologici di conteggio e principalmente di diversi rapporti lunghezze/diametro (*aspect ratio*) per definire una fibra asbestiforme, può portare a valutazioni ponderali largamente differenti.

Case-study relativo alla variabilità introdotta da diversi criteri morfologici durante l'analisi SEM-EDS di campioni naturali

Si riportano di seguito i risultati analitici ottenuti indagando campioni di suolo contaminato campionati ed analizzati secondo quanto indicato dall'attuale normativa (DM 6/9/94, DM 161/2012 e D.lgs. 152/2006 e s.m.i.) per determinare la **quantità di amianto totale** presente nei campione prelevati in campo.

Nel seguito della relazione verranno illustrate nel dettaglio le caratteristiche morfologiche e composizionali che sono state utilizzate per distinguere in modo univoco il materiale fibroso (amianto) da quello non-fibroso (fasi tabulari del serpentino, es. antigorite/lizardite, e della tremolite). In assenza di precise indicazioni normative, questa distinzione, pur ottenuta applicando rigorosi criteri scientifici, è soggetta ad una forte variabilità e può portare a diverse valutazioni quantitative in analisi ripetute che non vengano eseguite adottando lo stesso protocollo. A supporto di quanto affermato e sottolineando la necessità di avere protocolli operativi univoci, condivisi e statisticamente affidabili, si sono descritte in dettaglio le considerazioni che hanno permesso di evidenziare i diversi possibili criteri di conteggio.

Le concentrazioni espresse in ppm ottenute valutando, secondo tre diversi criteri morfologici, i mg di fibre di amianto presenti in un kg di materiale lapideo passante il vaglio dei 2 mm (frazione analitica < 2mm ex D.lgs. 152/2006) sono riportati in *Tabella 1*. Fatte salve le considerazioni chimico-mineralogiche che permettono di discriminare le particelle di amianto tra loro (serpentino vs. anfiboli) e dalle altre fibre inorganiche, le analisi morfologiche sono state condotte adottando **tre criteri morfologici**: **1)** il meno restrittivo ha incluso nella valutazione ponderale tutte le particelle aventi *aspect ratio* > 3. **2)** Il secondo criterio scelto è stato desunto dalla **definizione di fibra di amianto** contenuta nella normativa per il conteggio delle fibre aerodisperse (277/91, ora abrogata, ma ancora in vigore nell'Allegato 1B DM 6/9/94) derivato a sua volta dalla definizione di fibra prodotta nell'ambito del programma di protezione della salute dei lavoratori dall'Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS) nel 1986. Tale criterio, tuttora in vigore per le analisi del particolato aerodisperso, prevede che vengano considerate asbestiformi tutte le particelle che soddisfano contemporaneamente le seguenti condizioni: lunghezza > 5 µm, diametro < 3 µm, *aspect ratio* > 3. **3)** La terza classe dimensionale considerata è la più restrittiva e considera "asbestiformi" unicamente le fibre con *aspect ratio* > 10. Questo criterio di conteggio oggettivo si basa sulla realistica ipotesi che il numero di fibre con L/D > 10 che non sono amianto (falsi positivi) sia equivalente al numero di fibre con L/D < 10, che sono in realtà amianto (falsi negativi).

Tabella 1 – Concentrazione delle fibre in ppm (mg di amianto/kg di frazione rocciosa < 2 mm) valutate seguendo tre diversi parametri morfologici: tutte le particelle aventi aspect ratio > 3; tutte le particelle riconducibili alla definizione di fibra respirabile data dal WHO ed inclusa nella normativa italiana per la valutazione delle fibre respirabili (aspect ratio (L/D)>3; L>5µm; D<3µm); tutte le fibre aventi aspect ratio > 10. [1] WHO, Asbestos and other natural mineral fibres, Env. Health Crit. (35) 1986. Aspect ratio (L/D)>3; L>5µm; D<3µm.

Concentrazione (ΔC), ppm (DM 6/9/94)			
	Cristallo allungato (L/D)>3	Definizione WHO ^[1]	Fibre asbestiformi (L/D)>10
S1	29'801 (5'517)	27'279 (5'219)	17'940 (4'726)
S2	31'729 (6'191)	21'404 (3'736)	12'667 (3'422)
S3	33'463 (7'195)	27'805 (5'862)	16'598 (4'850)
S4	10'019 (2'823)	9'925 (2'851)	7'521 (2'711)

Dai confronti dei dati numerici riportati in Tabella 1 è immediato notare come durante l'analisi SEM-EDS di un campione naturale di suolo serpentinitico si possano ottenere variazioni anche del 100% utilizzando diversi criteri morfologici di conteggio. Come si può desumere, **la mancanza di una definizione univoca di fibra asbestiforme nella normativa corrente è uno dei principali ostacoli alla determinazione analitica corretta del tenore d'amianto in un campione naturale e richiede che sia esplicitamente specificato il criterio morfologico di conteggio utilizzato per l'analisi.**

Oltre alla scelta dei criteri morfologici, anche tutte le altre fasi di preparazione del campione sono estremamente importanti nel determinare il risultato analitico finale e sono riportate di seguito in dettaglio.

Protocollo esecutivo per la preparazione dei campioni

Le frazioni di rocce e suolo a granulometria inferiore a 2 cm campionate sono state sottoposte ad una serie di procedure, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/2006 e DM 161/2012, per produrre il campione analitico idoneo per la determinazione quantitativa delle fibre di amianto. I campioni prelevati in campo sono stati preparati seguendo lo schema operativo riportato sotto:

1. Essiccazione in stufa
2. Frantumazione in mulino del campione secco a dimensioni < 2 mm
3. Separazione mediante setacciatore automatico delle particelle non ridotte a dimensioni < 2 mm
4. Quartatura della frazione analitica (< 2 mm)
5. Sigillatura

Una delle quattro frazioni analitiche è stata sottoposta alle procedure prescritte dall'Allegato 1B del DM 6/9/94 per l'analisi al SEM-EDS. Di seguito sono descritte in dettaglio le varie fasi della preparazione dei campioni.

Comminuzione del campione (< 100 µm)

I campioni analitici ottenuti seguendo le procedure appena descritte sono stati resi idonei all'analisi SEM-EDS operando secondo quanto indicato dall'All. 1B del DM 6/9/94.

Per l'analisi al SEM è necessario trattare il campione in modo da separare le fibre tra loro e dall'eventuale matrice. Circa 10 mg di campione analitico sono stati macinati a mano in alcol isopropilico con un mortaio

d'agata fino ad ottenere una granulometria del particolato inferiore a 100 μm (l'operazione è stata effettuata in *glove box*). La sospensione omogenea è stata quindi trasferita in stufa a 90°C per evaporare l'alcol isopropilico.

Dispersione in acqua e filtrazione su filtro a membrana

Con una bilancia analitica sono stati pesati circa 5 mg di polvere, trasferiti poi in un matraccio in cui erano stati preparati 200 ml di una soluzione allo 0,1% di tensioattivo in acqua deionizzata e filtrata. Per evitare che la dispersione decantasse, è stata lasciata sotto agitazione magnetica per 5 minuti prima di effettuare il prelievo con pipetta tarata. Mediante il dispositivo di filtrazione sotto vuoto si è proceduto alla filtrazione di un volume di liquido calcolato in modo da depositare sul filtro (membrana di policarbonato con porosità 0,8 μm) ca. 0,1 mg del campione in polvere. Il filtro su cui è depositata la polvere è stato fatto asciugare in una capsula Petri.

Montaggio del filtro su portacampione per il SEM e sua metallizzazione

Il filtro è stato montato sul portacampione per SEM in alluminio, avendo cura di realizzare dei ponti conduttori con collanti di grafite tra il bordo del filtro e il portacampione. Il filtro è stato poi metallizzato con Au mediante *sputtering* catodico.

Lettura del filtro e determinazione delle dimensioni delle fibre di amianto

Le condizioni strumentali utilizzate prevedono un'energia del fascio elettronico incidente di 20 keV e una lettura di un numero campi sufficiente ad esplorare ca. 1 mm^2 del filtro ad un ingrandimento di 1000 x. I campi sono stati scelti in modo da esplorare il filtro evitando la sovrapposizione dei campi stessi, mediante un percorso sistematico secondo uno schema prestabilito. Le fibre sono state identificate in base alla loro morfologia e composizione, indagate mediante spettro a raggi-X seguendo il protocollo dettagliatamente descritto in seguito.

Elaborazione dei dati, calcolo della concentrazione di amianto e valutazione dell'errore

Il volume di ciascuna fibra di amianto è stato calcolato approssimandone la morfologia a cilindri di altezza pari alla lunghezza e diametro pari alla larghezza misurate. La massa delle fibre si ottiene utilizzando una densità di 2,6 g/cm^3 per il crisotilo e 3,0 g/cm^3 per gli anfiboli. La concentrazione dell'amianto nel campione (espressa in ppm) è stata calcolata con la formula seguente:

$$C = \frac{A \times (p_c + p_a)}{n \times a \times P} \cdot 10^6$$

dove:

A = area effettiva del filtro (mm^2);

a = area del campo di lettura (mm^2);

n = numero dei campi di lettura;

P = peso totale del campione depositato sul filtro (mg);

p_c = peso totale delle fibre di crisotilo (mg);

p_o = peso totale delle fibre di anfibolo (mg).

Sensibilità del metodo

È possibile stimare la sensibilità del metodo descritto (definita come la minima quantità di amianto presente nel campione che può essere rivelata dal metodo) tenendo presente che, nell'ipotesi di una distribuzione casuale delle fibre sul filtro, il numero N delle fibre campionate su una data superficie presenta una distribuzione poissoniana. La concentrazione minima di amianto rivelabile è quella concentrazione in corrispondenza della quale il numero medio di fibre di amianto, sull'area complessivamente letta del filtro ($n \times a$), è sufficientemente alto perché al livello di probabilità fissato (solitamente viene adottato il livello del 95%) il limite fiduciario inferiore (LFI) sia per 1 fibra (cioè sia garantita la possibilità di osservare almeno una fibra con il livello di probabilità fissato). Assumendo un livello del 95%, il numero medio di fibre deve risultare almeno pari a 4 (a cui corrisponde un limite fiduciario inferiore pari a 1 ed un limite fiduciario superiore (LFS) pari a 10). Nelle condizioni previste dal metodo descritto (ca. 0,1 mg di materiale su un'area effettiva del filtro di circa 200 mm² e un'area di lettura di circa 1 mm²) il valor medio di 4 fibre sulla superficie di lettura corrisponde a una concentrazione di circa $1,2 \cdot 10^4$ fibre/mg nel campione.

Per una stima esemplificativa della concentrazione ponderale equivalente si può far riferimento ai fattori di conversione da numero di fibre a peso proposti in vari contesti che, è opportuno sottolineare, dipendono fortemente dalla tecnica microscopica utilizzata per il conteggio delle fibre. Nel caso specifico, la stima della concentrazione ponderale equivalente al conteggio di 4 fibre di amianto (LFI = 1, FLS = 10) è pari a 13 ppm (LF95% = 1-32 ppm) per il crisotilo e 15 ppm per gli anfiboli.

Significatività delle misure di concentrazione

Una valutazione dell'errore standard è significativa solo se il numero N delle fibre individuate è sufficiente a rientrare nel limite dei grandi numeri; numeri minori non permettono una stima significativa né della media né della deviazione standard di una distribuzione. È possibile una valutazione della significatività dei valori di concentrazione C per numeri N di fibre maggiori di 30. La metodica descritta nell'intervallo di concentrazioni che vanno da circa 100 ppm a circa 1000 ppm di amianto può fornire solo risultati qualitativi. Stime quantitative della concentrazione di amianto sono ottenibili con concentrazioni maggiori a 1000 ppm.

L'errore sperimentale nella misura della concentrazione C di amianto nel campione è essenzialmente dovuto alla statistica del campionamento delle fibre durante la lettura del filtro (il numero N delle fibre campionate su una data superficie presenta una distribuzione poissoniana se le fibre sono distribuite in modo casuale sul filtro) e alla larghezza dello spettro granulometrico delle fibre contenute nel campione (lo spettro granulometrico delle fibre di amianto prodotte nella macinazione di un campione generalmente è descritto bene da una distribuzione lognormale). L'errore sperimentale ΔC sulla concentrazione C viene valutata mediante la formula:

$$\Delta C \approx C \times \left(\frac{1}{\sqrt{N}} + \frac{\sqrt{\frac{\sum_i (\bar{f} - f_i)^2}{N \cdot (N - 1)}}}{\bar{f}} \right)$$

dove:

C = concentrazione in ppm delle fibre nel campione;

N = numero delle fibre individuate;

\bar{f} = peso medio di una fibra di amianto determinato come media dei pesi delle N fibre di amianto individuate (mg);

f_i = peso della i -esima fibra conteggiata.

Principali casistiche di particelle osservate

Di seguito sono discusse alcune casistiche ricorrenti osservate durante l'analisi dei filtri mediante SEM-EDS. Sulla scorta di queste informazioni si sono stabiliti i criteri di conteggio per l'analisi ponderale.

Fibra di crisotilo (Ctl-Atg)

Quando la dispersione degli oggetti sulla membrana filtrante è buona, si possono osservare distintamente le singole fibre di amianto, caratterizzate da elevato *aspect ratio*, spesso maggiore di 10. L'elevata lunghezza segnala, inoltre, la potenziale pericolosità della fibra in termini di potenziale carcinogenicità (WHO, 1986).

L'analisi composizionale in microsonda EDS (resa possibile sia dalla posizione isolata delle fibre che garantisce l'assenza di artefatti composizionali provenienti da particelle attigue interagenti con il fascio di elettroni, sia dal diametro discreto della fibra $D > 0,2 \mu\text{m}$), che permette una produzione di raggi X di fluorescenza sufficientemente elevata da garantire una corretta analisi chimica, consente di evidenziare l'esclusiva presenza di Mg e Si con tracce di Fe, che indica in modo inequivocabile l'appartenenza della fibra alla classe mineralogica del serpentino. Grazie alla contemporanea conferma morfologica (alto *aspect ratio*, elevata lunghezza, diametro fine) e al chimismo (Mg+Si; Fe in tracce, assenza di Ca e altri elementi), l'analisi indica che si tratta di una fibra di amianto crisotilo (Figura 4).

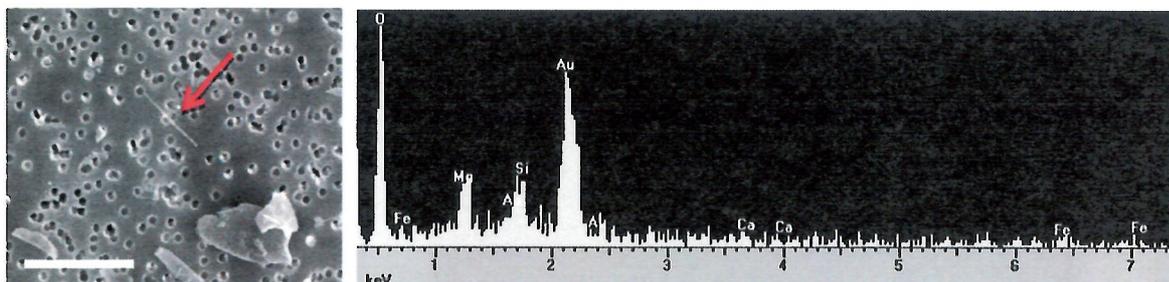


Figura 4: I parametri morfologici ($L = 7.139 \mu\text{m}$; $D = 0.245 \mu\text{m}$; $L/D = 29$) e la composizione chimica (solo Mg, Si) hanno permesso di assegnare in modo univoco la particella a una fibra di crisotilo. Il marker nella foto indica una lunghezza di $10 \mu\text{m}$. Il picco dell'oro (Au) è dovuto alla metallizzazione del campione.

Fibra di tremolite (Trm-Act)

In modo analogo alla casistica descritta nel paragrafo precedente, anche in questo caso la buona dispersione spaziale ottenuta sul filtro ha permesso una facile misura dei parametri dimensionali ed una corretta analisi elementare. Le particelle in questione hanno elevata lunghezza e diametro sub-micrometrico ($L = 13,185 \mu\text{m}$; $D = 0,557 \mu\text{m}$) con conseguente elevato *aspect ratio* ($L/D = 24$). La presenza di Ca e Mg in quantità comparabili e di Si, insieme a tracce di Fe, indicano una composizione chimica compatibile con quella di un anfibolo della serie tremolite-actinolite (Figura 5).

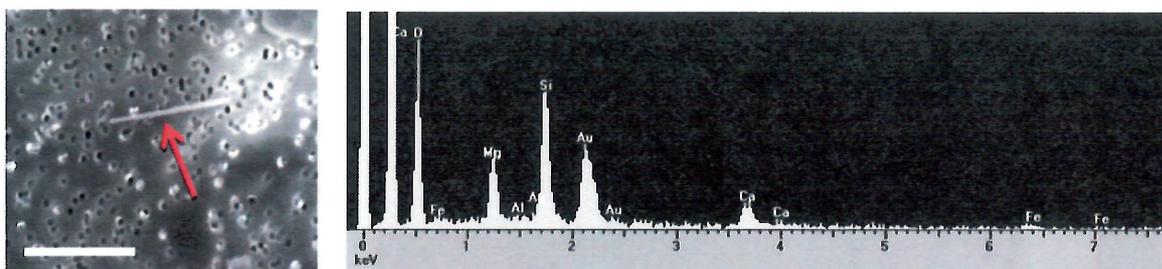


Figura 5: I parametri morfologici ($L = 13,185 \mu\text{m}$; $D = 0,557 \mu\text{m}$; $L/D = 24$) e la composizione chimica (Mg, Ca in quantità confrontabili e Si) hanno permesso di assegnare in modo univoco la particella ad amianto di tremolite. Il marker nella foto indica una lunghezza di $10 \mu\text{m}$.

Cristalli allungati non asbestiformi

Pur avendo una chiara morfologia allungata ed una composizione chimica compatibile ora con il serpentino ora con la tremolite, si è ritenuto opportuno escludere, e dunque non conteggiare nel peso totale delle fibre nel campione, alcune particelle osservate che non presentavano un abito strettamente compatibile con quello degli amianti. Per rendere il meno soggettiva possibile questa valutazione si è scelto di considerare il solo parametro *aspect ratio* e fissare un valore di 10. Sono state, quindi, conteggiate come amianto le fibre con $L/D > 10$, mentre si è scelto di trascurare le particelle con $L/D < 10$. Questa ripartizione, si basa sull'ipotesi realistica che il numero di fibre con $L/D > 10$ che non sono amianto (falsi positivi) sia equivalente al numero di fibre con $L/D < 10$ che sono in realtà amianto (falsi negativi).

Come esempio è riportato in Figura 6 un dettaglio, in cui si può notare un cristallo aciculare caratterizzato da un'analisi chimica compatibile con quella del serpentino (Mg, Si, tracce di Fe), avente tuttavia un rapporto $L/D = 7$. La fibra è stata in questo caso esclusa dal conteggio analitico.

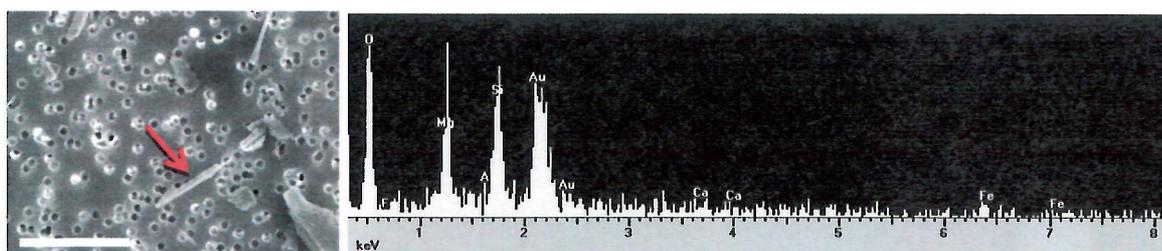


Figura 6: Frammento di serpentino non asbestiforme. Può essere considerato amianto o escluso dal conteggio a seconda dei parametri morfologici considerati ($L = 7,051 \mu\text{m}$; $D = 1,080 \mu\text{m}$; $L/D = 7$). Il marker nella foto indica una lunghezza di $10 \mu\text{m}$.

Aggregati di fibrille di crisotilo

Si sono saltuariamente riscontrati fasci di fibre, chiaramente formati dalla sovrapposizione di fibrille asbestiformi, di difficile determinazione quantitativa. In questi rari casi, l'insufficiente azione del tensioattivo e gli eventuali fenomeni elettrostatici di riaggregazione delle particelle sul filtro producono degli aggregati di diverse centinaia di fibrille disposte in un intreccio così complicato da non permetterne

una corretta valutazione né numerica né tanto meno volumetrica. In quest'eventualità, appurata la corrispondenza dell'analisi elementare con i minerali del serpentino si è provveduto, sulla base di un'approssimazione ragionevole, a considerare l'aggregato come un'unica macro-fibra avente una lunghezza pari a 1/3 dell'aggregato e un diametro pari a 1/2 del diametro dell'aggregato (Figura 7).

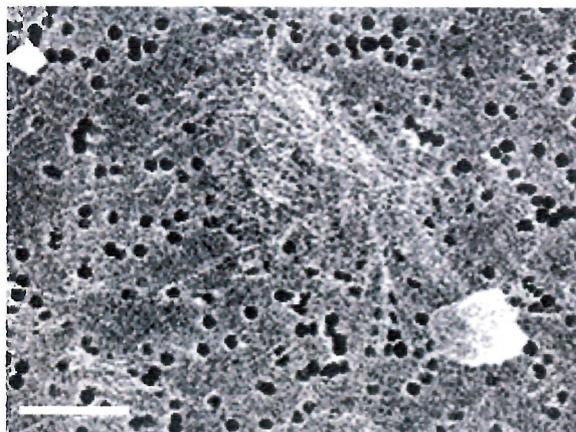


Figura 7: Un aggregato di fibrille di crisotilo. Seppur rari a causa dell'efficace azione disperdente del tensioattivo, gli aggregati di fibre pongono un problema di non semplice soluzione. La massa dell'aggregato è stata in questo caso stimata considerando l'oggetto come un'unica macro-fibra avente una lunghezza pari a 1/3 e un diametro pari a 1/2 delle misure totali dell'aggregato. Il marker nella foto indica una lunghezza di 10 µm.

Nanofibre di amianto ($D \leq 100 \text{ nm}$)

Alcuni campioni sono caratterizzati da un numero elevatissimo di fibre molto sottili (nano-fibre, aventi $D \leq 0,1 \text{ µm}$). Queste fibre presentano una duplice difficoltà nell'analisi quantitativa SEM-EDS: da un lato si riscontra l'impossibilità di condurre corrette analisi elementari (EDS) a causa della limitata risoluzione spaziale della sonda EDS; dall'altro, il diametro di tali fibre non permette una corretta valutazione delle loro dimensioni alla risoluzione di 1000x. Per ovviare a tali difficoltà analitiche si è ricorso alla metodica proposta da ARPA Emilia Romagna per la determinazione del contenuto in amianto all'interno di pietre verdi naturali, limitandosi al conteggio numerico delle fibrille e attribuendo ad ogni fibra di questo tipo un volume medio V_{ave} , in mm^3 , ottenuto misurando ad alti ingrandimenti ($> 4000x$), la lunghezza, in µm , delle fibre riscontrate in circa 20 campi microscopici. Ottenuto il valor medio della lunghezza delle nanofibre, si moltiplica tale dimensione per una superficie circolare avente diametro pari a $0,1 \text{ µm}$ ottenendo così una stima del volume medio di una singola fibrilla.

$$V_{ave} = L_{ave} \cdot \pi \left(\frac{0,1}{2} \right)^2 \cdot 10^{-9}$$

Non potendo, inoltre, avere indicazioni circa la natura chimica delle fibre (crisotilo o tremolite) si è proceduto assumendo l'ipotesi che tutte le nano-fibre fossero nelle stesse proporzioni del resto delle fibre più grosse misurabili. Si è dunque ricavata una densità media (ρ_{ave}) secondo la formula:

$$\rho_{ave} = \frac{(Ctl \% \cdot 2,6 + Trm \% \cdot 3,0)}{100}$$

sostituendo il numeratore nella formula per il calcolo del ppm di amianto:

$$C = \frac{A \cdot (p_c + p_a)}{n \cdot a \cdot P} \cdot 10^6$$

con:

$$C_{nanofibre} = \frac{A \cdot m \cdot \rho_{ave} \cdot V_{ave}}{n \cdot a \cdot P} \cdot 10^6$$

dove

m = numero di nanofibre conteggiate sul filtro;

ρ_{ave} = densità media dipendente dal rapporto tra crisotilo e anfiboli;

V_{ave} = volume medio in mm^3 di una nanofibra;

A = area effettiva del filtro (mm^2);

a = area del campo di lettura (mm^2);

n = numero campi di lettura;

P = peso totale del campione depositato sul filtro (mg).

Chiaramente questo approccio non tende ad avere un'applicabilità assoluta, ma va invece valutato caso per caso, eventualmente correggendo le dimensioni medie delle fibre in base a quanto realmente osservato sul filtro.

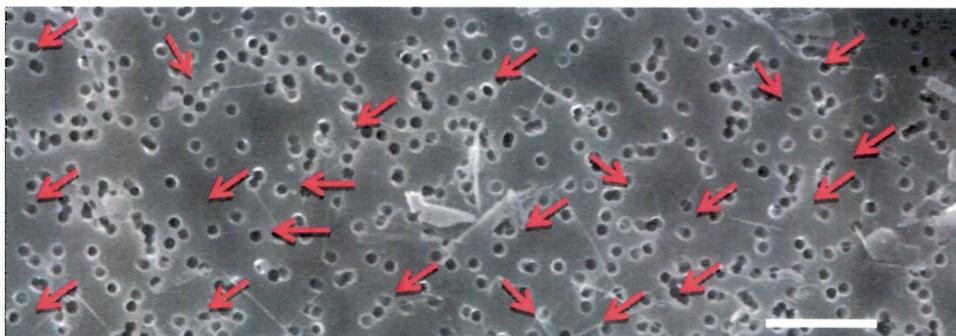


Figura 8: Si possono notare, distribuite in modo uniforme sulla superficie della membrana filtrante, numerosissime fibrille con diametro inferiore a 100 nm (nanofibre). Su queste fibre non è possibile condurre una corretta analisi elementare. Il marker nella foto indica un lunghezza di 10 μm .