

**S.S. 45bis - Gardesana Occidentale**

Opere di costruzione della galleria in variante tra il km 86+567 e il km 88+800 finalizzata a sottendere le attuali gallerie ogivali a sezione ristretta

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. MI92

**PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

**PROGETTISTA:**

*Dott. Ing. Antonio Scalamandrè  
Ordine Ing. di Frosinone n. 1063*

**IL GEOLOGO**

*Dott. Geol. Serena Majetta  
Ordine Geol. di Roma n. 928*

**IL RESPONSABILE DEL S.I.A.**

*Dott. Ing. Laura Troiani  
Ordine Ing. di Roma n. 31890*

**COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

*Geom. Fabio Quondam*

**VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**

*Dott. Ing. Giancarlo Luongo*

PROTOCOLLO

DATA

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE**

**Parte 5 - Gli impatti della cantierizzazione**

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	T00IA10AMBRE05_A.pdf				
DPMI0092	D 18	CODICE ELAB.	T00IA10AMBRE05		A	-
D						
C						
B						
A	EMISSIONE		Mar 2020			
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

## INDICE

<b>1</b>	<b>LA METODOLOGIA GENERALE PER L'ANALISI DEGLI IMPATTI</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>LA DEFINIZIONE DELLE AZIONI DI PROGETTO PER LA DIMENSIONE COSTRUTTIVA</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>LA SIGNIFICATIVITÀ DEGLI IMPATTI DI CANTIERE</b>	<b>8</b>
3.1	ARIA E CLIMA	8
3.1.1	SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO	8
3.1.2	ANALISI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE	8
3.1.3	IL RAPPORTO OPERA – AMBIENTE E LE MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE ADOTTATE DURANTE LA FASE DI CANTIERE	30
3.2	GEOLOGIA E ACQUE	33
3.2.1	SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO	33
3.2.2	ANALISI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE	34
3.2.3	IL RAPPORTO OPERA – AMBIENTE E LE MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE ADOTTATE DURANTE LA FASE DI CANTIERE	45
3.3	TERRITORIO E SUOLO	47
3.3.1	SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO	47
3.3.2	ANALISI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE	47
3.3.3	IL RAPPORTO OPERA – AMBIENTE E LE MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE ADOTTATE DURANTE LA FASE DI CANTIERE	49
3.4	BIODIVERSITÀ	51
3.4.1	SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO	51
3.4.2	ANALISI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE	52
3.4.3	IL RAPPORTO OPERA – AMBIENTE E LE MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE ADOTTATE DURANTE LA FASE DI CANTIERE	57
3.5	RUMORE E VIBRAZIONI	60
3.5.1	SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO	60
3.5.2	ANALISI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE	61
3.5.3	IL RAPPORTO OPERA – AMBIENTE E LE MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE ADOTTATE DURANTE LA FASE DI CANTIERE	65
3.6	SALUTE UMANA	67
3.6.1	SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO	67
3.6.2	ANALISI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE	67
3.6.3	IL RAPPORTO OPERA – AMBIENTE E LE MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE ADOTTATE DURANTE LA FASE DI CANTIERE	75
3.7	PAESAGGIO E PATRIMONIO CULTURALE	76
3.7.1	SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO	76
3.7.2	ANALISI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE	76
3.7.3	IL RAPPORTO OPERA – AMBIENTE E LE MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE ADOTTATE DURANTE LA FASE DI CANTIERE	79

## 1 LA METODOLOGIA GENERALE PER L'ANALISI DEGLI IMPATTI

Scopo del presente capitolo è quello di fornire una metodologia da applicare per la determinazione degli impatti indotti sull'ambiente dalla realizzazione dell'opera nella sua dimensione costruttiva (Parte 5 del presente SIA, costituita dal documento in esame) e dall'opera della sua dimensione fisica ed operativa (Parte 6 del presente SIA, alla quale si rimanda).

Stante tale finalità, la metodologia si compone di cinque step, ed in particolare:

- lettura dell'opera secondo le tre dimensioni;
- scomposizione dell'opera in azioni;
- determinazione della catena azioni-fatti causali-impatti;
- stima dei potenziali impatti;
- stima degli impatti residui.

Il primo step, sul quale si fonda la seguente analisi ambientale, risiede nella lettura delle opere ed interventi previsti dal progetto in esame secondo le tre seguenti dimensioni, ciascuna delle quali connotata da una propria modalità di lettura (cfr. Tabella 1-1).

<b>Dimensione</b>	<b>Modalità di lettura</b>
<b>Costruttiva:</b> "Opera come costruzione"	Opera intesa rispetto agli aspetti legati alle attività necessarie alla sua realizzazione ed alle esigenze che ne conseguono, in termini di materiali, opere ed aree di servizio alla cantierizzazione, nonché di traffici di cantierizzazione indotti
<b>Fisica:</b> "Opera come manufatto"	Opera come manufatto, colto nelle sue caratteristiche fisiche e funzionali
<b>Operativa:</b> "Opera come esercizio"	Opera intesa nella sua operatività con riferimento al suo funzionamento

*Tabella 1-1 Le dimensioni di lettura dell'opera*

Muovendo da tale tripartizione, il secondo momento di lavoro consiste nella scomposizione delle opere secondo specifiche azioni di progetto, come riportato nel successivo paragrafo per quanto riguarda la dimensione costruttiva e nella Parte 6 alla quale si rimanda, per la dimensione fisica ed operativa dell'opera in progetto. Tali azioni per ogni dimensione dell'opera sono state definite in funzione della tipologia di opera e delle attività di cantiere necessarie alla sua realizzazione e della sua funzionalità una volta finalizzata.

A seguito della determinazione delle azioni di progetto, vengono individuati tutti i possibili fattori potenzialmente causa di impatto e i relativi impatti da essi generati.

I fattori di pressione o fattori causali sono definiti e analizzati nell'ambito dello studio di ciascuna componente ambientale. La caratterizzazione in termini di "detrattore" dipende infatti, oltre che dal tipo di intervento previsto in progetto, dalle caratteristiche proprie della matrice analizzata ovvero dalla sensibilità o vulnerabilità della componente con cui le opere interagiscono.

Di seguito una tabella esplicativa della catena “Azioni – Fattori causali – Impatti potenziali”.

<b>Azione di progetto</b>	<b>Attività che deriva dalla lettura degli interventi costitutivi l'opera in progetto, colta nelle sue tre dimensioni</b>
<b>Fattore causale di impatto</b>	Aspetto delle azioni di progetto suscettibile di interagire con l'ambiente in quanto all'origine di possibili impatti
<b>Impatto ambientale potenziale</b>	Modificazione dell'ambiente, in termini di alterazione e compromissione dei livelli qualitativi attuali derivante da uno specifico fattore causale

*Tabella 1-2 Catena Azioni – fattori causali – impatti potenziali*

Una volta individuati i potenziali impatti generati dall'opera nelle sue tre dimensioni, considerando tutte le componenti ambientali interferite, se ne determina la significatività, ovvero il livello di interferenza che l'opera può determinare (nelle sue tre dimensioni) sull'ambiente circostante.

Gli impatti potenziali sono stimati a diversi livelli, ovvero come impatti:

- diretti e indiretti,
- a breve e a lungo termine,
- temporanei e permanenti,
- reversibili e irreversibili,
- cumulativi,
- locali, estesi e transfrontalieri.

Sarà quindi attribuito, a ciascun impatto, un livello di giudizio, ovvero sarà verificato se:

- l'impatto si manifesta sulla specifica matrice ambientale, ossia se si verifica il fattore di pressione che lo genera;
- l'impatto non si manifesta, ossia se il fattore di pressione che lo genera non sussiste;
- l'impatto si manifesta con effetti non significativi sulla matrice ambientale, ossia se il fattore di pressione che potenzialmente lo genera è trascurabile.

Si evidenzia che, dall'analisi del contesto in cui l'opera si va ad inserire e delle specificità costruttive, risulta evidente che le azioni di progetto potranno dar luogo a potenziali impatti solo a scala locale.

Per quanto attiene alla puntuale definizione dei nessi di causalità intercorrenti tra le azioni di progetto ed i potenziali impatti ambientali relativi a ciascuna delle componenti, si rimanda agli specifici paragrafi della Parte 5 in esame e della Parte 6 relativi ad ogni componente ambientale.

Per quanto concerne le misure di prevenzione e mitigazione adottate nell'ambito del progetto in esame, per gli eventuali impatti potenzialmente generati ne sarà stimata l'efficacia ed in particolare sarà verificato se:

- le misure adottate sono sufficienti alla risoluzione dell'interferenza: non si verifica l'impatto ipotizzato (Impatto mitigabile);
- le misure adottate non sono pienamente sufficienti alla risoluzione dell'interferenza ma ne consentono solo l'attenuazione: l'impatto ipotizzato si verifica ma avrà effetti limitati sulla matrice ambientale (Impatto parzialmente mitigabile);
- le misure adottate non sono sufficienti alla risoluzione dell'interferenza: l'impatto ipotizzato si verifica e non è possibile individuare misure idonee ad una sua efficace risoluzione/attenuazione (Impatto non mitigabile).

Nel caso l'impatto inizialmente stimato sia mitigabile o, ad ogni modo, gli impatti residui siano trascurabili, la valutazione si conclude con esito positivo senza registrare impatti negativi.

Qualora l'impatto inizialmente stimato sia parzialmente mitigabile o non mitigabile, saranno stimati gli impatti residui, ed in particolare sarà verificato se:

- l'impatto residuo non è distinguibile dalla situazione preesistente (Impatto residuo non significativo);
- l'impatto residuo è distinguibile ma non causa una variazione significativa della situazione preesistente (Impatto residuo scarsamente significativo);
- l'impatto residuo corrisponde ad una variazione significativa della situazione preesistente ovvero causa di un peggioramento evidente di una situazione preesistente già critica (Impatto residuo significativo);
- l'impatto residuo corrisponde ad un superamento di soglie di attenzione specificatamente definite per la componente (normate e non) ovvero causa di un aumento evidente di un superamento precedentemente già in atto (Impatto residuo molto significativo).

Nel caso in cui si registri in impatto ambientale residuo significativo, sono valutate e individuate per ciascuna matrice interferita, le adeguate opere ed interventi di compensazione.

Infine, si evidenzia che la stima degli impatti darà conto anche degli eventuali "effetti positivi" generati dalla presenza dell'opera in termini di miglioramento dello stato qualitativo iniziale della matrice ambientale analizzata.

## 2 LA DEFINIZIONE DELLE AZIONI DI PROGETTO PER LA DIMENSIONE COSTRUTTIVA

In merito al secondo step della metodologia sopra definita, il presente paragrafo è volto all'individuazione delle azioni di progetto relative alla realizzazione dell'opera, ovvero alla sua dimensione costruttiva. Si specificano, pertanto, nella seguente tabella, le azioni di cantiere che saranno poi analizzate nei paragrafi successivi, all'interno di ciascuna componente ambientale, al fine dell'individuazione dei fattori causali e conseguentemente degli impatti associati ad ogni azione di progetto.

<b>AC.1</b>	approntamento aree di cantiere
<b>AC.2</b>	scavi e sbancamenti
<b>AC.3</b>	demolizione pavimentazione esistente
<b>AC.3</b>	demolizione manufatti
<b>AC.5</b>	rinterri
<b>AC.6</b>	realizzazione pavimentazione stradale
<b>AC.7</b>	realizzazione elementi gettati in opera
<b>AC.8</b>	posa in opera di elementi prefabbricati
<b>AC.9</b>	scavo meccanizzato con fresa puntuale
<b>AC.10</b>	scavo con microcariche
<b>AC.11</b>	traffico di cantiere
<b>AC.12</b>	attività di frantumazione
<b>AC.13</b>	movimentazione materie
<b>AC.14</b>	disgaggio
<b>AC.15</b>	gestione acque di cantiere
<b>AC.16</b>	inalveazioni
<b>AC.17</b>	realizzazione finiture

*Tabella 2-1 Definizione azioni di progetto per la dimensione costruttiva*

Analizzando nel dettaglio l'insieme delle suddette azioni, esse possono essere correlate alle differenti tipologie di opere in progetto, così come indicato nella tabella seguente.

<b>Tipologie di opere in progetto</b>		<b>Azioni di progetto</b>
<b>Tratti dell'opera all'aperto</b>	Strada in trincea	scavi e sbancamenti
		demolizione pavimentazione esistente
		rinterri
		realizzazione pavimentazione stradale
		realizzazione elementi gettati in opera
		posa in opere di elementi prefabbricati
		traffico di cantiere
<b>Tratti dell'opera in</b>	galleria naturale	scavo con microcariche
		scavo meccanizzato con fresa puntuale

<b>Tipologie di opere in progetto</b>	<b>Azioni di progetto</b>	
<b>sottterraneo</b>	disgaggio	
	realizzazione pavimentazione stradale	
	realizzazione finiture	
	galleria artificiale	scavi e sbancamenti
	traffico di cantiere	
	realizzazione pavimentazione stradale	
	realizzazione finiture	
	gallerie esistenti	realizzazione finiture
	scatolare	demolizione manufatti
		posa in opere di elementi prefabbricati
	rinterri	
	inalveazioni	
<b>Aree di cantiere</b>	Cantiere Base	approntamento aree di cantiere
		gestione acque di cantiere
		attività di frantumazione
		movimentazione materie
	Cantieri operativi	approntamento aree di cantiere
movimentazione materie		

*Tabella 2-2 Definizione azioni di progetto per la dimensione costruttiva correlate alla tipologia di opera*

### 3 LA SIGNIFICATIVITÀ DEGLI IMPATTI DI CANTIERE

#### 3.1 ARIA E CLIMA

##### 3.1.1 SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO

Per quanto riguarda la verifica delle potenziali interferenze sulla qualità dell'aria legate alla dimensione costruttiva dell'opera oggetto di studio, si può fare riferimento alla seguente matrice di correlazione azioni-fattori causali-effetti.

Azioni di progetto	Fattori causali	Impatti potenziali
<i>Aria e clima</i>		
<b>AC</b> <b>Attività di cantiere - lavorazioni</b>	Produzione emissioni inquinanti	Modifica della qualità dell'aria

*Tabella 3-1 Aria e Clima: Matrice di causalità – dimensione Costruttiva*

Nel seguito della trattazione, si riportano le analisi quantitative delle concentrazioni prodotte durante la fase di cantiere.

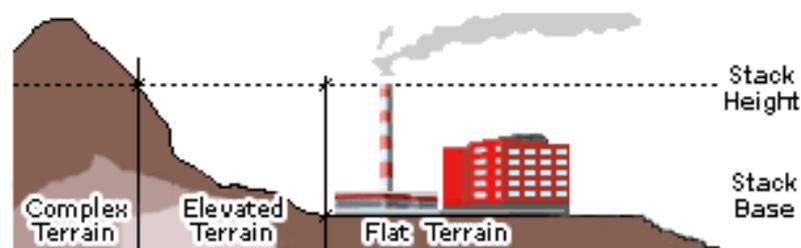
##### 3.1.2 ANALISI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE

###### **Gli input del software Aermid View**

###### *Gli input territoriali*

###### *Gli input Orografici*

Come per le simulazioni in fase di esercizio, anche per la valutazione delle interferenze in fase di cantiere è stato utilizzato il software Aermid View. Questo, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare l'orografia del territorio in esame, essenzialmente distinguendo tre tipologie di territorio così come mostrato in Figura 3-1.



*Figura 3-1 Tipologie di configurazioni territoriali*

Con riferimento all'area di intervento, in cui avvengono i lavori di cantierizzazione per la realizzazione della nuova galleria in oggetto, si è adottata una conformazione del territorio di tipo "elevated terrain". Infatti, nel caso in esame, l'orografia è di fondamentale importanza, in quanto l'intervento è localizzato nella zona che costeggia il lago di Garda, in particolare in un'area di mezza costa, caratterizzata da un lato dal lago e dall'altro da una parte montuosa.

*Gli input meteorologici*

Un altro input fondamentale per l'applicazione del modello di simulazione in AERMOD è il dato meteorologico. Pertanto, per le simulazioni della fase di cantiere sono stati considerati gli stessi dati utilizzati per le simulazioni della fase di esercizio, ossia i dati dell'anno 2017.

*Gli input progettuali*

*La metodologia del worst case scenario*

La metodologia che è stata seguita per la definizione degli input di progetto e quindi delle sorgenti emissive presenti durante la fase di cantiere dell'opera in esame è quella del "Worst Case Scenario". Tale metodologia, ormai consolidata ed ampiamente utilizzata in molti campi dell'ingegneria civile ed ambientale, consiste, una volta definite le variabili che determinano gli scenari, nel simulare la situazione peggiore possibile tra una gamma di situazioni "probabili". Pertanto, il primo passo sta nel definire le variabili che influenzano lo scenario, che nel caso in esame sono le variabili che influenzano il modello di simulazione.

Una volta valutati gli scenari è possibile fare riferimento ad uno o più scenari, ritenuti maggiormente critici, nell'arco di una giornata.

A titolo esemplificativo, al fine di comprendere la logica del processo di simulazione si può fare riferimento allo schema di processo sottostante.

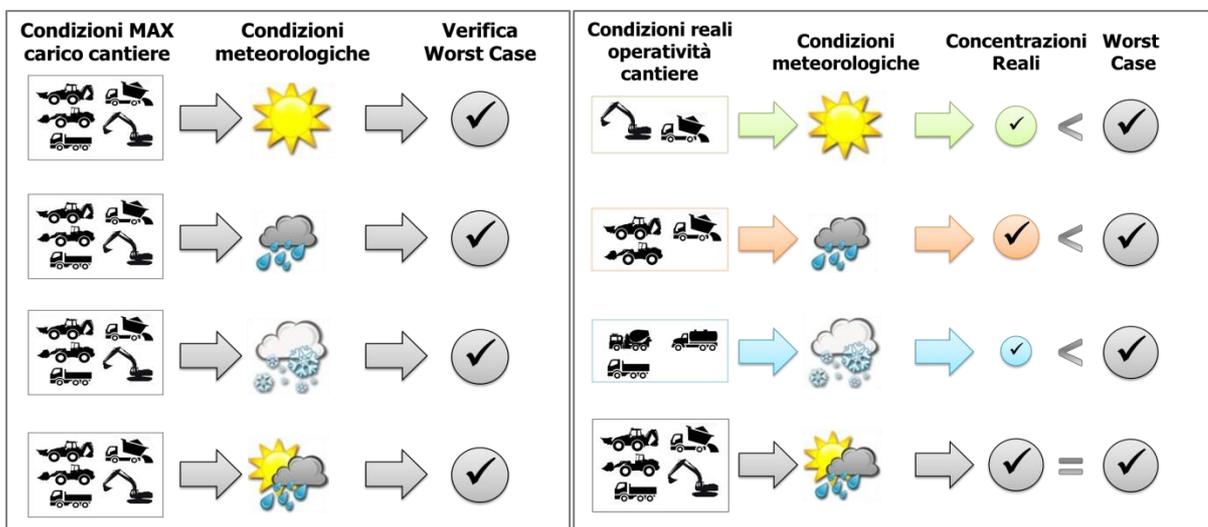


Figura 3-2 Logica delle verifiche con il worst case scenario

Volendo esplicitare la logica della Figura 3-2, dal punto di vista metodologico, occorre simulare lo scenario più critico dal punto di vista atmosferico. È infatti possibile definire le attività maggiormente critiche all'interno di un singolo cantiere, analizzandone le emissioni, ed assumere che tale attività si svolga per tutta la durata del cantiere. Tale ipotesi risulta molto conservativa, permettendo di avere elevati margini di sicurezza rispetto anche ai possibili scarti temporali e variazioni meteorologiche che negli scenari futuri sono difficilmente valutabili.

Oltre all'aspetto relativo alla singola attività all'interno del cantiere occorre valutare anche la contemporaneità delle diverse attività in relazione al cronoprogramma del cantiere.

In ultimo, al fine di realizzare gli scenari di analisi occorre definire la tipologia di inquinante considerato. Tale aspetto influenza l'arco temporale di riferimento (ovvero l'intervallo di mediazione di riferimento) con il quale effettuare le verifiche normative e, al tempo stesso, l'operatività del cantiere che deve essere considerata all'interno della metodologia *Worst Case* implementata. Come meglio verrà esplicitato in seguito, gli inquinanti da tenere in considerazione sono funzione delle attività effettuate all'interno del cantiere. Verificando, quindi, il rispetto di tutti i limiti normativi per il *Worst Case Scenario*, è possibile assumere in maniera analoga il rispetto dei limiti normativi per tutti gli scenari differenti dal peggiore, scenari nei quali, il margine di sicurezza sarà ancora maggiore.

*La definizione delle sorgenti emissive di cantiere:*

Nel caso in esame relativo alla realizzazione della nuova galleria, atta alla risoluzione delle criticità delle gallerie ogivali attualmente esistenti sulla S.S. 45 bis "Gardesana" nel tratto ricadente nel Comune di Gargnano, le attività più critiche per la componente atmosferica sono rappresentate principalmente dai movimenti di terra e dal trasporto della stessa per mezzo di veicoli pesanti. La configurazione peggiore in termini di inquinamento atmosferico è caratterizzata dalle seguenti attività:

- Attività di frantumazione del materiale all'interno del cantiere base CB\_01(AL\_01);
- Carico e scarico del materiale polverulento nelle aree di stoccaggio;
- Erosione del vento sui cumuli presenti nelle aree di stoccaggio;
- Attività di carico e scarico del materiale nei pressi del fronte di scavo della galleria (AL\_02).

In funzione della localizzazione delle sorgenti e della contemporaneità delle lavorazioni maggiormente interferenti con la componente atmosferica, nonché della presenza degli elementi sensibili presenti al contorno dell'area, sono stati individuati due scenari di simulazione: il primo, è caratterizzato dalle sorgenti areali delle aree di stoccaggio AS\_01, AS\_02, AS\_03 e AS\_04 e dell'area di lavoro AL\_01 all'interno del cantiere base; il secondo, è caratterizzato dalle sorgenti areali dell'area di stoccaggio AS\_05 e dell'area di lavoro AL\_02 in prossimità dell'imbocco sud della galleria.

In ciascun scenario, le attività sopra citate sono considerate contemporanee tra loro in termini temporali e spaziali al fine di simulare la configurazione di cantiere peggiore.

Qui di seguito, si riportano le caratteristiche dei due scenari oggetto di simulazione modellistica:

**SCENARIO 1**

Sorgenti areali		Attività di cantiere
Cantiere	Superficie	
Area di stoccaggio AS_01	1680 mq	Carico e scarico del materiale Erosione del vento sui cumuli
Area di stoccaggio AS_02	7860 mq	Carico e scarico del materiale Erosione del vento sui cumuli
Area di stoccaggio AS_03	110 mq	Carico e scarico del materiale Erosione del vento sui cumuli
Area di stoccaggio AS_04	2065 mq	Carico e scarico del materiale Erosione del vento sui cumuli
Area di lavoro AL_01	175 mq	Frantumazione e carico e scarico del materiale

Tabella 3-2 Caratteristiche scenario 1 della fase di cantiere

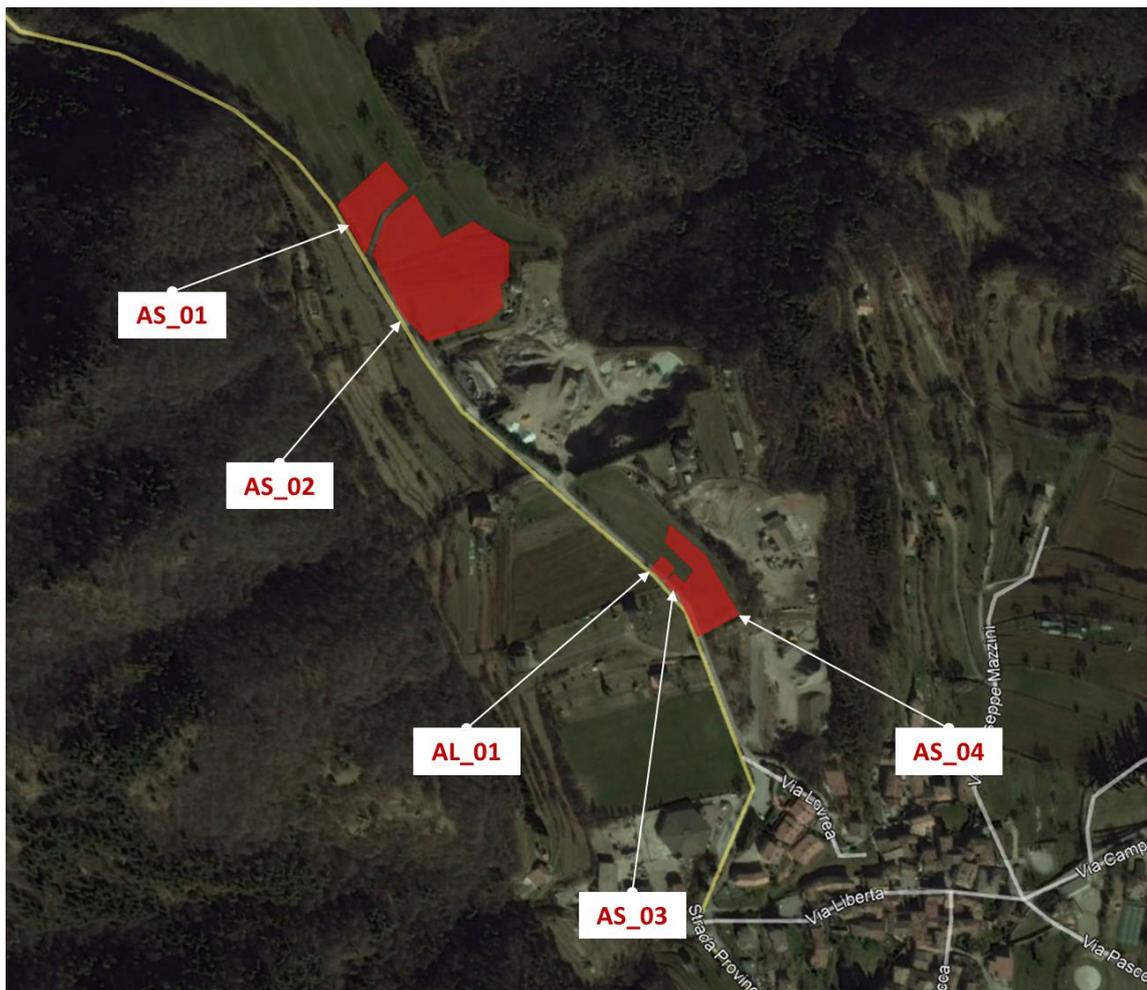


Figura 3-3 Rappresentazione aree di cantiere – Scenario1

**SCENARIO 2**

Sorgenti areali		Attività di cantiere
Cantiere	Superficie	
<b>Area di stoccaggio AS_05</b>	105 mq	Carico e scarico del materiale Erosione del vento sui cumuli
<b>Area di lavoro AL_02</b>	600 mq	Carico e scarico del materiale

*Tabella 3-3 Caratteristiche scenario 2 della fase di cantiere*



*Figura 3-4 Rappresentazione aree di cantiere – Scenario2*

In relazione alle attività previste, dalle quali vengono generate le emissioni polverulente, sarà effettuata la stima dei fattori di emissione, che rappresentano uno degli input principali per l'applicazione del modello di simulazione.

Si specifica come per tali attività di movimentazione di terra verranno valutati come inquinanti le polveri (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>), tralasciando gli altri inquinanti di poco interesse per la tipologia di sorgente individuata.

*Il traffico di cantiere:*

Con riferimento allo scenario 1, sono state valutate inoltre le concentrazioni di NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> generate dal traffico di cantiere circolante sulla viabilità. Nello specifico, è stato assunto un flusso medio pari a 66 veicoli/ giorno bidirezionali.

Per la rappresentazione della viabilità di cantiere è possibile far riferimento alla figura sottostante.

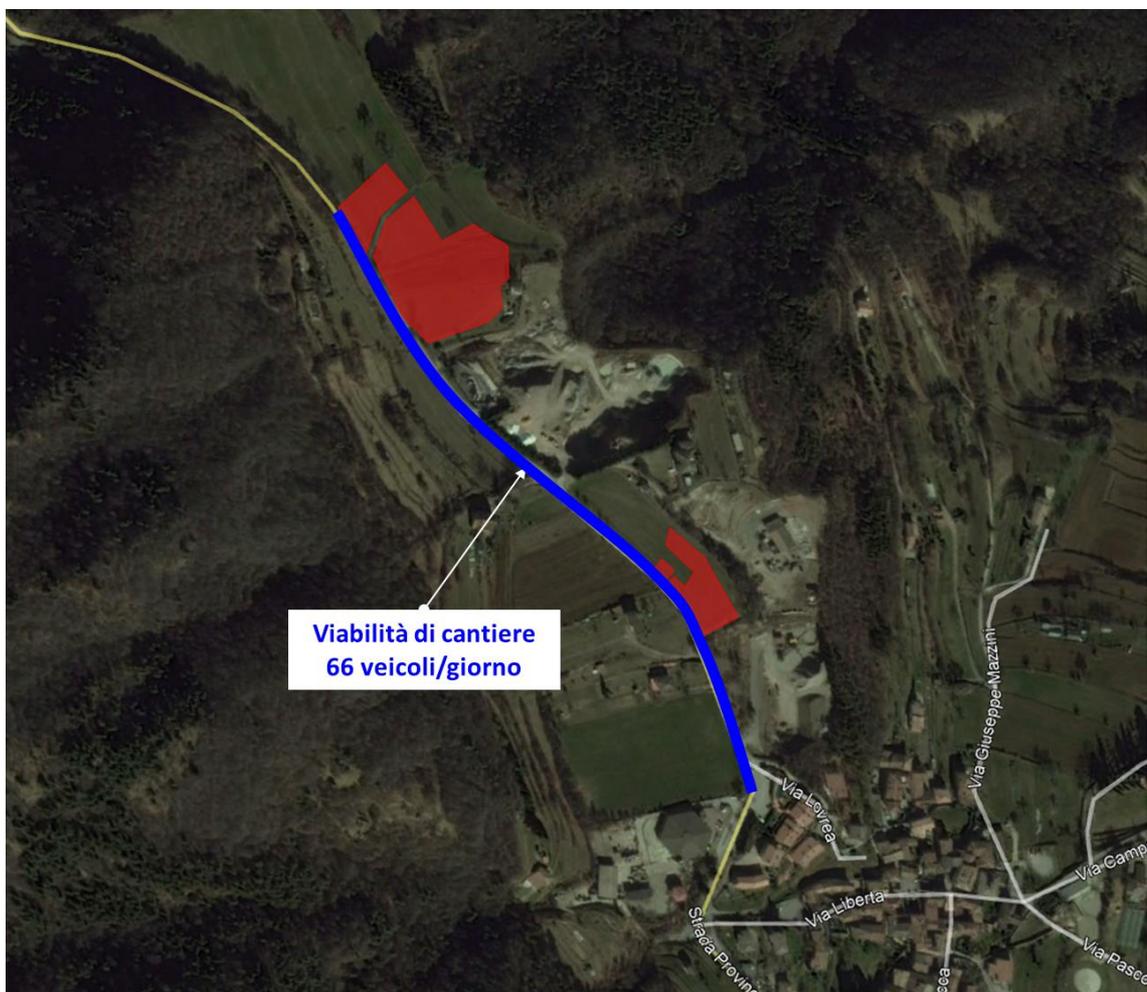


Figura 3-5 Rappresentazione viabilità di cantiere – Scenario1

*I fattori di emissione*

*La metodologia di riferimento*

I fattori di emissione rappresentano la capacità unitaria di emissione delle attività che si stanno analizzando. Il fattore di emissione, quindi, rappresenta la parte unitaria delle emissioni che, moltiplicata per l'unità di tempo in cui la sorgente rimane in condizione "attiva", permette il calcolo delle emissioni di inquinanti totali "uscenti" dalla sorgente.

Per la stima di tali valori si è ricorso ai dati bibliografici messi a disposizione dalla U.S. E.P.A. (United States Environmental Protection Agency) Emission Factors & AP42 "Compilation of Air Pollutant Emission Factor". In tale documento sono riportati tutti i fattori di emissione riguardanti le principali sorgenti, dagli impianti industriali, agli impianti estrattivi, sino alle operazioni di costruzioni civili.

Nei seguenti paragrafi, verranno calcolati i singoli fattori di emissione relativi al PM10 e al PM2.5 (principali inquinanti generati dalle operazioni di cantiere), in relazione alle attività ritenute critiche per l'inquinamento atmosferico.

*I fattori di emissione relativi al carico e scarico del materiale:*

Nel presente paragrafo vengono calcolati i fattori di emissione generati dalle attività di carico e scarico del materiale polverulento nelle aree di stoccaggio e nelle aree di lavoro.

Con riferimento alle attività in esame è stata applicata la formulazione fornita dall'E.P.A. relativa alle attività di carico e scarico, di seguito riportata.

$$EF_c = k(0.0016) \cdot \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}} [kg/t]$$

Il fattore di emissione sopra definito, pertanto, dipende da una costante k che tiene conto della dimensione del particolato che si intende analizzare, della velocità media del vento espressa in metri al secondo, e della % M di umidità del materiale.

Per il valore di k si può fare riferimento ai valori di tabella seguente.

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k)				
<30 µm	<15 µm	<10 µm	<5 µm	<2.5 µm
0,74	0,48	0,35	0,20	0,053

Tabella 3-4 Valori coefficiente aerodinamico fonte: EPA AP42

Mentre per il range di validità degli altri parametri è possibile fare riferimento alla tabella seguente.

Ranges Of Source Conditions			
Silt Content (%)	Moisture Content (%)	Wind speed	
		m/s	mph
0,44 – 19	0,25 – 4,8	0,6 – 6,7	1,3 – 15

Tabella 3-5 Range di validità dei coefficienti per il calcolo di EF fonte: EPA AP42

Con riferimento ai valori dei coefficienti, assunti per l'analisi in esame, si è considerato:

- U = velocità media del vento considerando la configurazione più frequente pari a 4,5 m/s (valore desunto dall'analisi meteorologica);
- M = percentuale di umidità considerata pari a 4,8 %;
- k = pari a 0,35 per considerare l'apporto del PM<sub>10</sub> e 0,053 per considerare l'apporto del PM<sub>2.5</sub>.

Applicando la formulazione sopra indicata ed ipotizzati circa 300 m<sup>3</sup>/giorno di materiale mobilitato, le emissioni di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub> generate dai singoli cantieri in esame sono quelli riportati nella tabella sottostante.

Scenario di riferimento	Cantiere	Fattori di emissione aerea	
		Fattore di emissione PM10[g/s]	Fattore di emissione PM2.5[g/s]
<b>Scenario1</b>	Aree di stoccaggio AS_01, 02, 03, 04	0,00289	0,00044
	Area di lavoro AL_01	0,00260	0,00039
<b>Scenario2</b>	Aree di stoccaggio AS_05	0,00289	0,00044
	Area di lavoro AL_02	0,00289	0,00044

Tabella 3-6 Fattori di emissione aerea di PM10 e PM2.5 - carico e scarico

I fattori di emissione relativi all'erosione del vento sui cumuli:

All'interno delle aree di stoccaggio viene tenuta in considerazione, come altra attività che genera emissioni di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>, l'erosione del vento sui cumuli di materiale depositati.

Al fine di poter determinare il fattore di emissione di tale azione è possibile riferirsi alla già citata guida dell'EPA.

In questo caso il modello fa dipendere il fattore di emissione da due fattori che concorrono alla possibile emissione di particolato da parte del cumulo:

- il numero di "movimentazioni" ovvero di interferenze intese come deposito e scavo di materiale sul/dal cumulo;
- la velocità del vento a cui è sottoposto il cumulo stesso.

La formula per il calcolo del fattore di emissione è data pertanto da:

$$EF = k \sum_{i=1}^N P_i$$

dove k è la costante che tiene conto della grandezza della particella considerata, N è il numero di giorni l'anno in cui la superficie è sottoposta a "movimentazioni" e P<sub>i</sub> è pari all'erosione potenziale corrispondente alla velocità massima del vento al giorno. Il valore di k è, anche in questo caso, tabellato.

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k)			
30 µm	<15 µm	<10 µm	<2.5 µm
1,0	0,6	0,5	0,075

Tabella 3-7 Valori coefficiente aerodinamico (Fonte: EPA AP42)

Il fattore N, invece, dipende dal numero di movimentazioni a cui è sottoposto un cumulo ogni anno. Nel

caso in esame si è supposto, in via cautelativa, che tutti i cumuli fossero sottoposti ad almeno una movimentazione giornaliera. In ultimo, l'erosione potenziale,  $P_i$ , parte dal concetto di profilo di velocità del vento, per il quale è possibile utilizzare la seguente equazione:

$$u(z) = \frac{u^*}{0,4} \ln \frac{z}{z_0}$$

in cui  $u$  è la velocità del vento e  $u^*$  rappresenta la velocità di attrito.

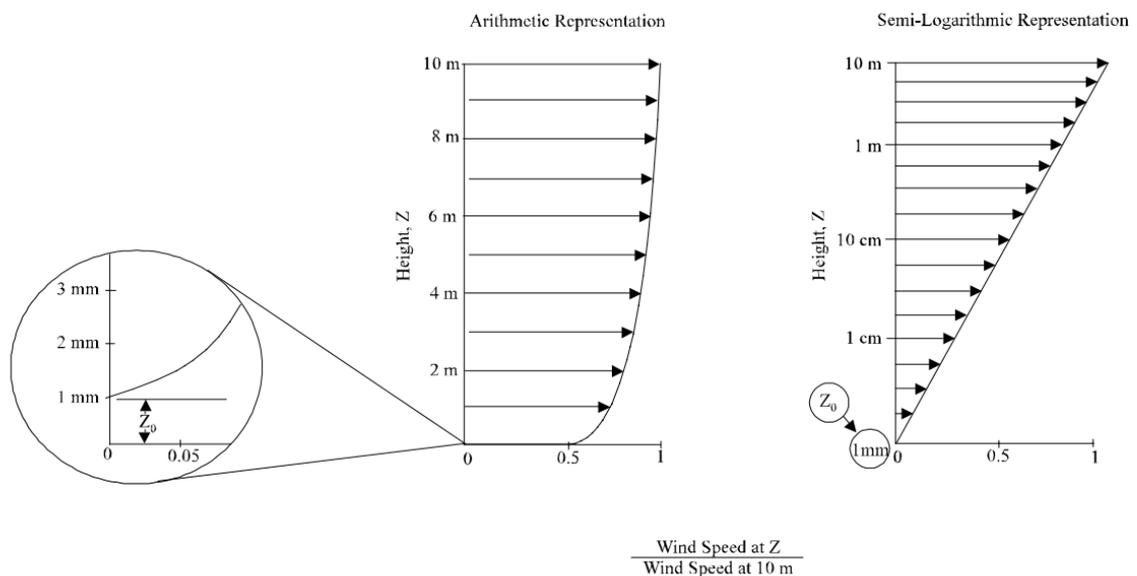


Figura 3-6 Illustrazione del profilo logaritmico della velocità (Fonte: EPA AP42)

L'erosione potenziale pertanto dipende dalla velocità di attrito e dal valore soglia della velocità d'attrito secondo l'equazione:

$$P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*)$$

Da tale espressione si evince come ci sia erosione potenziale solo qualora la velocità d'attrito superi il valore soglia. Per la determinazione di tale valore il modello individua una procedura sperimentale (cfr. 1952 laboratory procedure published by W. S. Chapil). Tuttavia, in mancanza di tali sperimentazioni è possibile fare riferimento ad alcuni risultati già effettuati e riportati in Tabella 3-8.

Material	Threshold Friction Velocity (m/s)	Roughness Height (cm)	Threshold Wind Velocity At 10 m (m/s)	
			Z0=act	Z0=0,5cm
<b>Overburden</b>	1,02	0,3	21	19
<b>Scoria (roadbed material)</b>	<b>1,33</b>	0,3	27	25
<b>Ground coal (surrounding)</b>	0,55	0,01	16	10

Material	Threshold Friction Velocity (m/s)	Roughness Height (cm)	Threshold Wind Velocity At 10 m (m/s)	
			Z0=act	Z0=0,5cm
<b>coal pile)</b>				
<b>Uncrusted coal pile</b>	1,12	0,3	23	21
<b>Scraper tracks on coal pile</b>	0,62	0,06	15	12
<b>Fine coal dust on concrete pad</b>	0,54	0,2	11	10

Tabella 3-8 Valore di velocità di attrito limite

La velocità del vento massima tra due movimentazioni può essere determinata dai dati meteorologici utilizzati per le simulazioni. Tali dati, essendo riferiti ad un'altezza dell'anemometro pari a 10 metri, non hanno bisogno di alcuna correzione e pertanto è possibile determinare la relazione.

$$u^* = 0,053u_{10}^+$$

in cui  $u_{10}^+$  è la massima intensità misurata nell'arco della giornata attraverso i dati sopracitati.

È importante, inoltre, evidenziare come tale formulazione sia valida per cumuli "bassi", ovvero cumuli per cui il rapporto base su altezza sia inferiore a 2. Nel caso in esame, in relazione all'operatività del cantiere si è ipotizzata la realizzazione di tali tipologie di cumuli. Non si necessita pertanto di ulteriori correzioni ed è quindi possibile determinare i casi in cui il valore di  $u^*$  supera il valore di  $u_t^*$ . A tale proposito si è scelto di fare riferimento alla classe "roadbed material".

Ordinando i valori di  $u_{10}^+$  in senso decrescente in funzione dei diversi giorni dell'anno è possibile determinare il grafico di Figura 3-7.

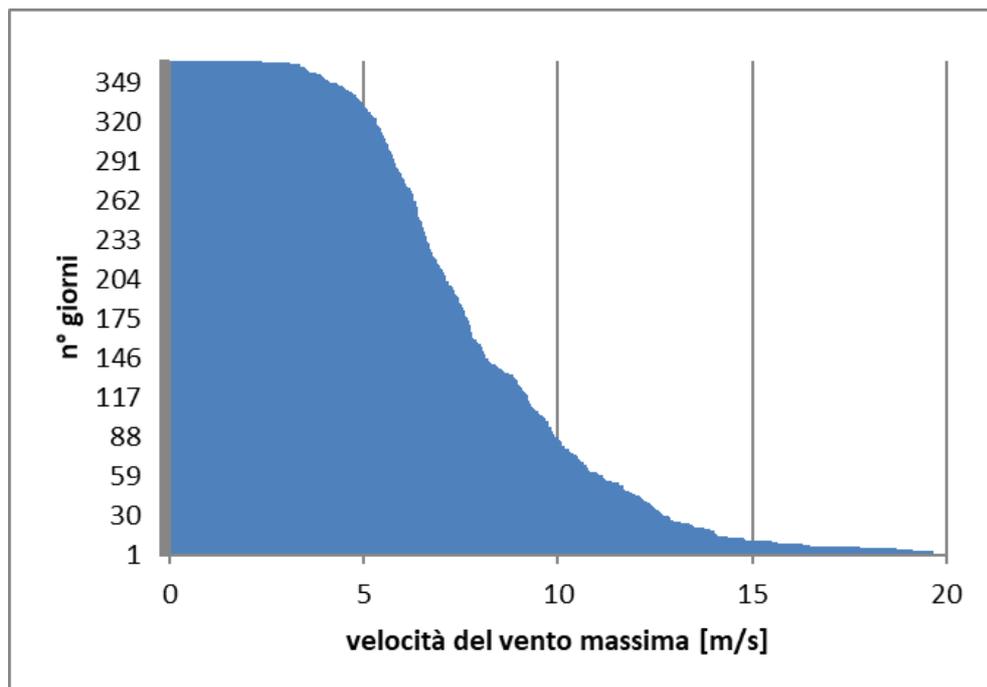


Figura 3-7 Velocità del vento max ordinata in senso crescente

Da tali valori è quindi stato possibile determinare i valori di  $u^*$  così come riportato in Figura 3-8.

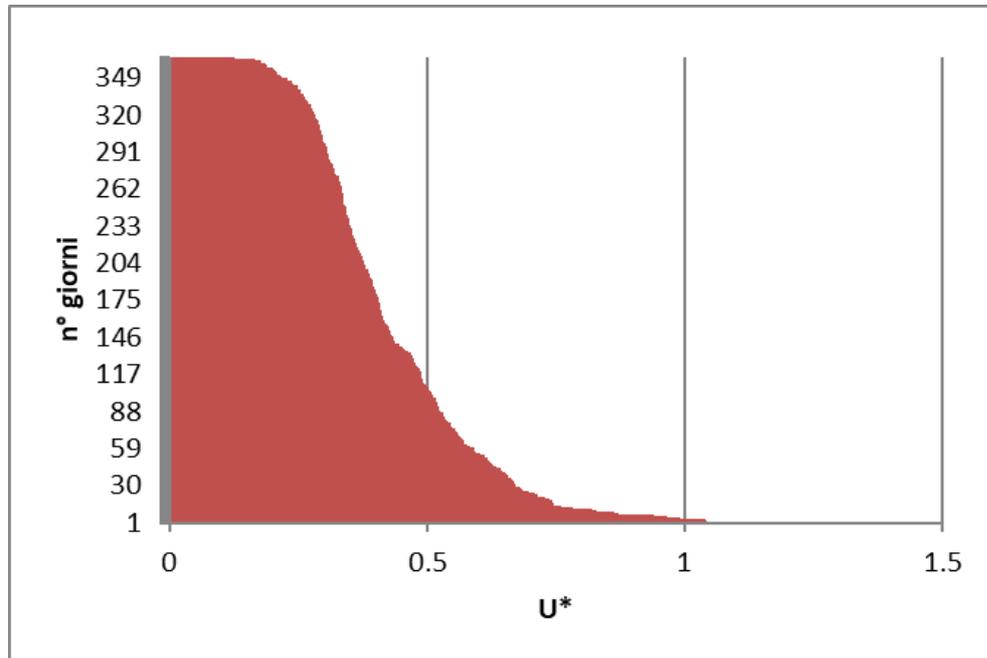


Figura 3-8 - Valori di  $u^*$  ordinati in senso crescente

Dall'analisi dei risultati emerge come  $u^*$  non assuma mai valori soglia e pertanto l'erosione potenziale risulta nulla.

#### Le sorgenti lineari

Come detto in precedenza, i gas di scarico degli automezzi che transitano sulla viabilità di cantiere costituiscono una potenziale sorgente di emissione di NO<sub>x</sub>, PM10 e PM2.5. Con riferimento ai dati utili al calcolo del fattore di emissione si è ipotizzato una gamma di mezzi di cantiere suddivisa omogeneamente tra veicoli con omologazione Euro IV, Euro V ed Euro VI prendendo in considerazione la categoria veicolare dei mezzi pesanti tra le 14 e le 20 tonnellate.

Tali categorie sono state inserite nel programma Copert, il quale ha restituito i fattori di emissioni di NO<sub>x</sub>, PM10 e PM2.5 in grammi al chilometro per veicolo.

Il fattore di emissione espresso in g/s da implementare in Aermid è dato dal prodotto tra il FE sopra indicato [g/ veic km], la lunghezza del tronco stradale di riferimento ed il numero di veicoli in transito giornalmente sullo stesso.

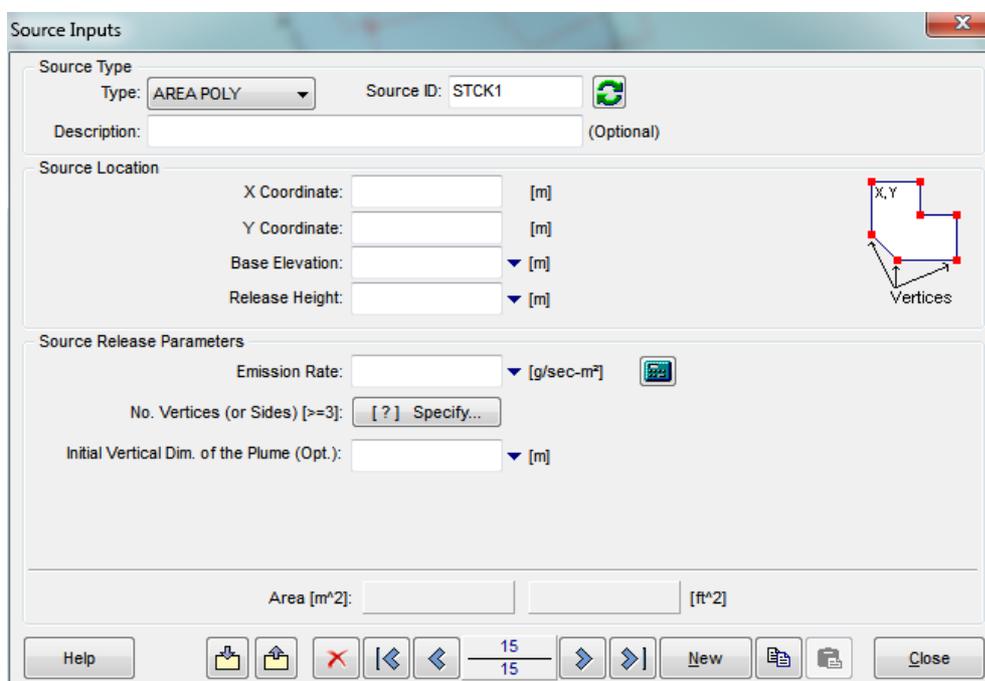
Sorgente lineare – Scenario 1	Flusso [veicoli/giorno]	Lunghezza[km]	Fattore di emissione lineare		
			PM10 [g/s]	PM 2.5 [g/s]	NO <sub>x</sub> [g/s]
LineA	66	0,55	0,000012	0,000007	0,00141

Tabella 3-9 Fattori di emissione lineare PM10 e NO<sub>x</sub> – Scenario 1

### **La modellazione delle sorgenti in Aermod View**

Una volta definite le metodologie per la stima dei fattori di emissione è stato possibile implementare all'interno del modello Aermod le diverse sorgenti, schematizzandole a seconda che si trattasse di sorgenti areali o lineari.

In particolare, le aree di lavoro e le aree di cantiere sono state schematizzate come sorgenti areali e in linea generale i dati richiesti dal software sono quelli mostrati in Figura 3-9.



*Figura 3-9 Tipologico input per sorgenti areali software AERMOD View*

Nello specifico gli input inseriti sono:

- coordinate X, Y rispetto al baricentro della sorgente,
- altezza del terreno su cui è situata la sorgente,
- altezza della sorgente,
- fattore di emissione espresso in g/s m<sup>2</sup>.

Un'altra tipologia di sorgente simulata all'interno del modello Aermod View (per lo scenario 1) riguarda i traffici di cantiere. Dal punto di vista modellistico la viabilità di cantiere può essere schematizzata come una sorgente lineare areale i cui dati richiesti per la modellizzazione sono quelli mostrati in Figura 3-10.

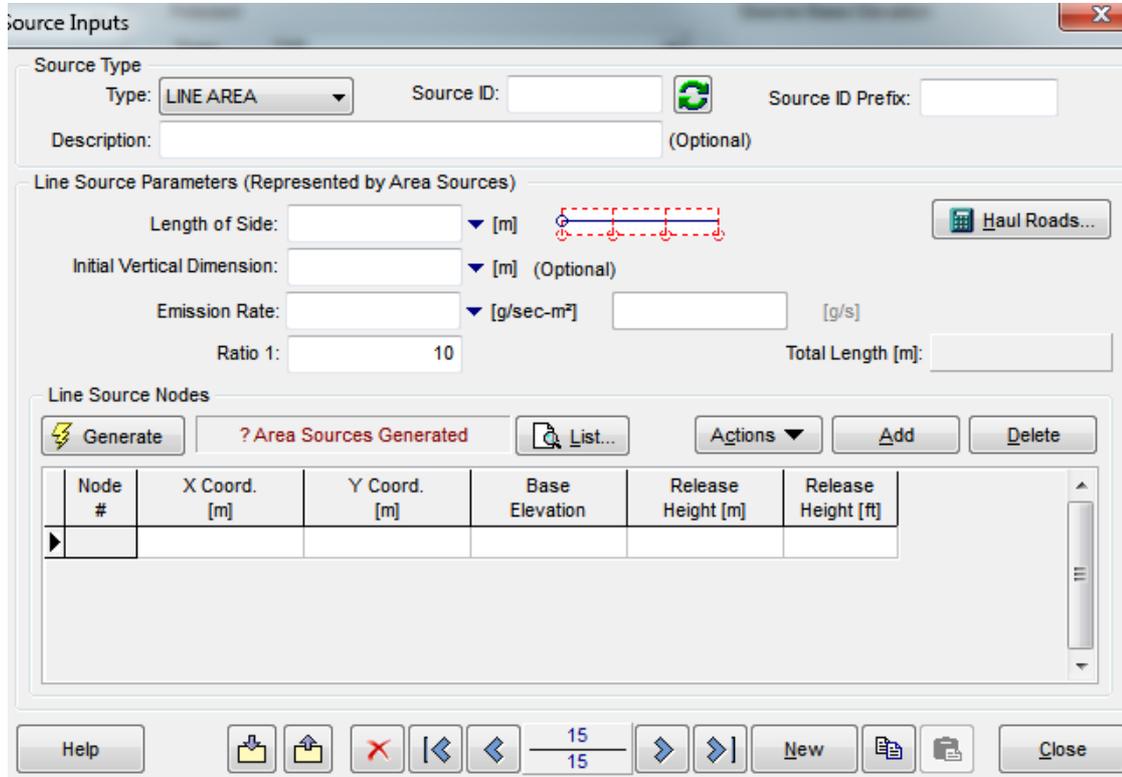


Figura 3-10 Dati di input per le sorgenti lineari-areali

Nello specifico ciò che occorre definire è

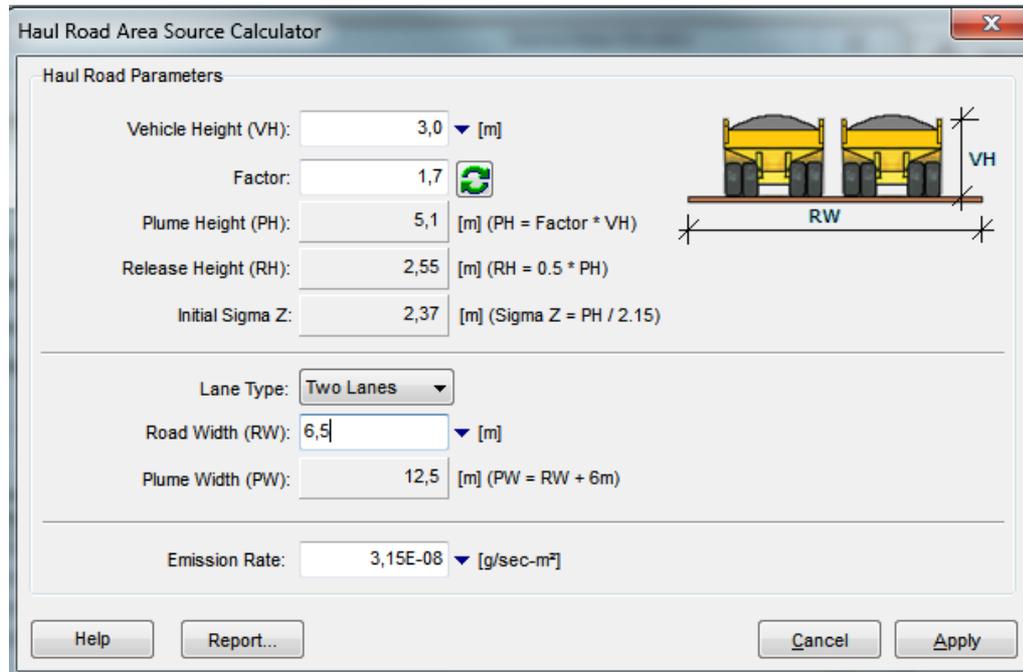
- Larghezza del lato della sorgente lineare, espresso in metri;
- Dimensione verticale iniziale: meglio nota come Sigma Z, utilizzata al fine di identificare la quota iniziale verticale del “pennacchio” della sorgente verticale, espresso in metri;
- Fattore di emissione espresso in g/s al metro quadrato;
- Lunghezza totale.

Definiti tali parametri è possibile generare, in maniera automatica delle sorgenti areali, che il software definisce in funzione dei numeri di nodi assegnati alla sorgente lineare.

I nodi assegnati richiedono i seguenti dati di input:

- Coordinate X-Y;
- Altezza della base della sorgente;
- Altezza del punto di rilascio degli inquinanti.

Tali valori, una volta individuati i nodi spazialmente, è possibile definirli attraverso il processore di calcolo “Haul Road Area Source Calculator”, il quale, impostando l’altezza media dei veicoli e la larghezza della strada consente di valutare la sigma z, ovvero l’altezza del “pennacchio”, così come larghezza del “pennacchio” prodotto dalla sorgente.



**Haul Road Area Source Calculator**

Haul Road Parameters

Vehicle Height (VH): 3,0 [m]

Factor: 1,7

Plume Height (PH): 5,1 [m] (PH = Factor \* VH)

Release Height (RH): 2,55 [m] (RH = 0.5 \* PH)

Initial Sigma Z: 2,37 [m] (Sigma Z = PH / 2.15)

Lane Type: Two Lanes

Road Width (RW): 6,5 [m]

Plume Width (PW): 12,5 [m] (PW = RW + 6m)

Emission Rate: 3,15E-08 [g/sec-m²]

Buttons: Help, Report..., Cancel, Apply

Figura 3-11 Haul Road Area Source Calculator contenuto all'interno del software AERMOD View

### **Definizione dei punti di calcolo**

Ultimo step dell'analisi prima dell'applicazione del modello è la definizione di una maglia di punti di calcolo al fine di poter pervenire alla definizione di curve di isoconcentrazione.

A tale scopo occorre soddisfare la duplice necessità di avere una maglia di calcolo spazialmente idonea a poter descrivere una porzione di territorio sufficientemente ampia e dall'altro di fissarne un passo adeguato al fine di non incrementare inutilmente l'onerosità dei calcoli.

Seguendo tali principi è stata definita una maglia di punti di calcolo le cui caratteristiche sono sinteticamente riportate in Tabella 3-10.

Coordinate del centro della maglia Asse X	634318,45
Coordinate del centro della maglia Asse Y	5068306,02
Passo lungo l'asse X	50
Passo lungo l'asse Y	50
N° di punti lungo l'asse X	21
N° di punti lungo l'asse Y	21
N° di punti di calcolo totali	441
Altezza relativa dal suolo	1,8

Tabella 3-10 Coordinate maglia dei punti di calcolo

Al fine di poter effettuare la sovrapposizione degli effetti tra i valori di esercizio, i valori di fondo ed il

contributo del cantiere, si è fatto riferimento a sette punti ricettori rappresentativi degli edifici più vicini al cantiere.

Per lo scenario 1 in particolare sono stati considerati i seguenti recettori:

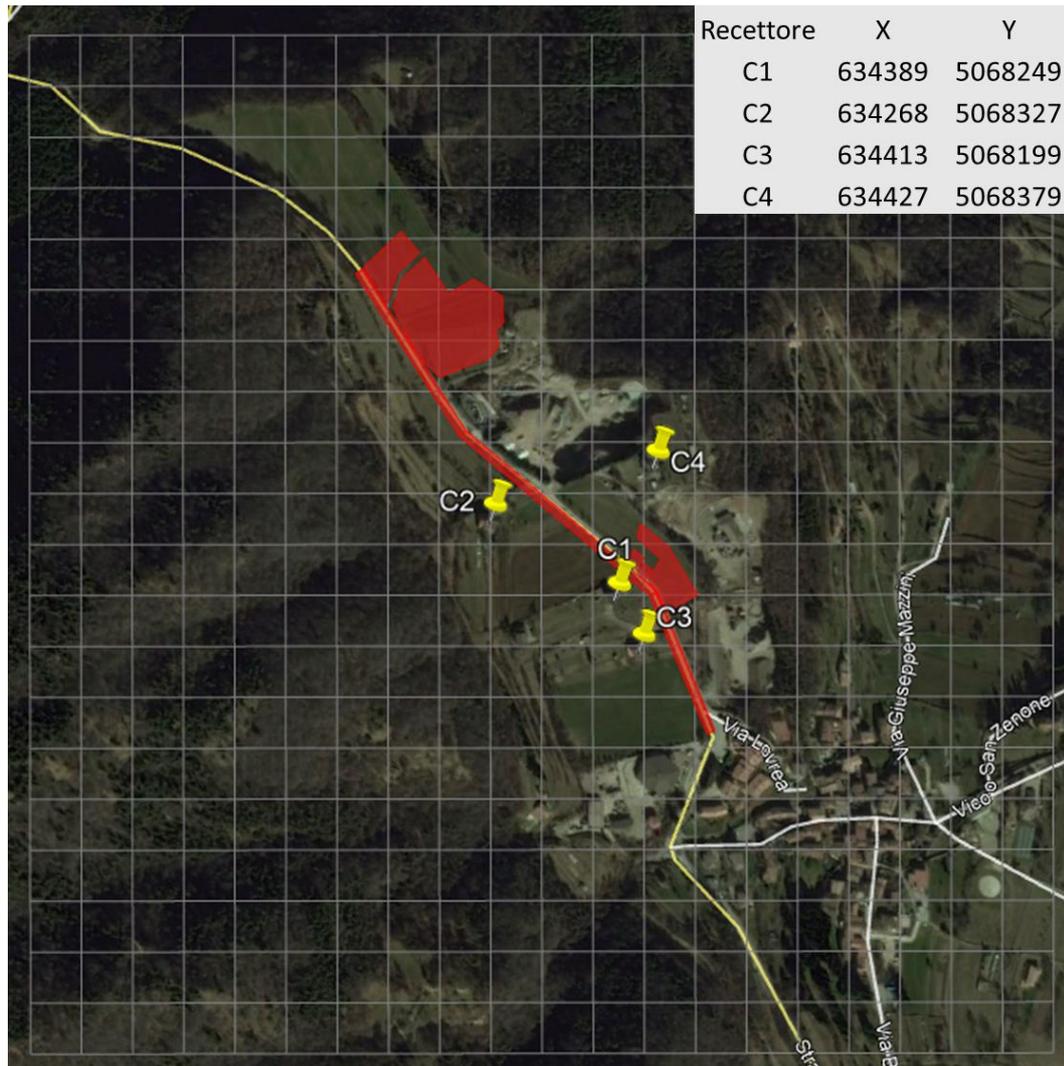


Figura 3-12 Schematizzazione sorgenti con maglia dei punti di calcolo e ricettori discreti – Scenario 1

Per lo scenario 2, invece, si può far riferimento all'immagine sottostante:



Figura 3-13 Schematizzazione sorgenti con maglia dei punti di calcolo e ricettori discreti – Scenario 2

### **I dati di output**

A valle dell'applicazione delle simulazioni condotte per i due scenari di riferimento, sono stati ottenuti i valori di concentrazioni degli inquinanti PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub> in prossimità dei ricettori individuati. Si specifica che, al fine di effettuare il confronto con i limiti normativi, il PM<sub>10</sub> è stato valutato in termini di medie annue e massimi giornalieri e il PM<sub>2.5</sub> in termini di medie annue.

Scenario di riferimento	Recettori	Medie annue di PM10 [µg/m3]	Valore normativo [µg/m3]	Massimi giornalieri di PM10 [µg/m3]	Valore normativo [µg/m3]
Scenario 1	C1	4,051	40	14,195	50
	C1	0,194	40	1,814	50

Scenario di riferimento	Recettori	Medie annue di PM10 [µg/m3]	Valore normativo [µg/m3]	Massimi giornalieri di PM10 [µg/m3]	Valore normativo [µg/m3]
Scenario 2	C3	2,580	40	17,867	50
	C4	1,072	40	8,590	50
	C5	0,318	40	1,697	50
	C6	0,156	40	0,931	50
	C7	2,126	40	10,834	50

Tabella 3-11 Valori di PM10 (medie annue e massimi giornalieri) calcolati sui recettori discreti

Scenario di riferimento	Recettori	Medie annue di PM2.5 [µg/m3]	Valore normativo [µg/m3]
Scenario 1	C1	0,612	25
	C1	0,030	25
	C3	0,392	25
Scenario 2	C4	0,162	25
	C5	0,048	25
	C6	0,024	25
	C7	0,324	25

Tabella 3-12 Valori di PM2.5 (medie annue) calcolati sui recettori discreti

Con riferimento allo scenario 1, sono stati ricavati anche i livelli di concentrazione di NO<sub>2</sub> derivanti dai traffici di cantiere. Si sottolinea come dal software di calcolo si ottengono i valori di concentrazione per l'NO<sub>x</sub>. Per la trasformazione di questi in NO<sub>2</sub>, si fa riferimento alla formulazione riportata nella parte 2 del presente studio.

Al fine di effettuare il confronto con i limiti normativi, l'NO<sub>2</sub> è stato valutato in termini di medie annue e massimi orari.

Scenario di riferimento	Recettori	Medie annue di NO2 [µg/m3]	Valore normativo [µg/m3]	Massimi orari di NO2 [µg/m3]	Valore normativo [µg/m3]
Scenario 1	C1	0,119	40	2,923	200
	C1	0,061	40	2,724	200
	C3	0,104	40	2,614	200
	C4	0,036	40	1,638	200

Tabella 3-13 Valori di NO2 (medie annue e massimi orari) calcolati sui recettori discreti

Qui di seguito si riportano le mappe di isoconcentrazione relative ai due scenari di riferimento ricavate dal software Aermod.

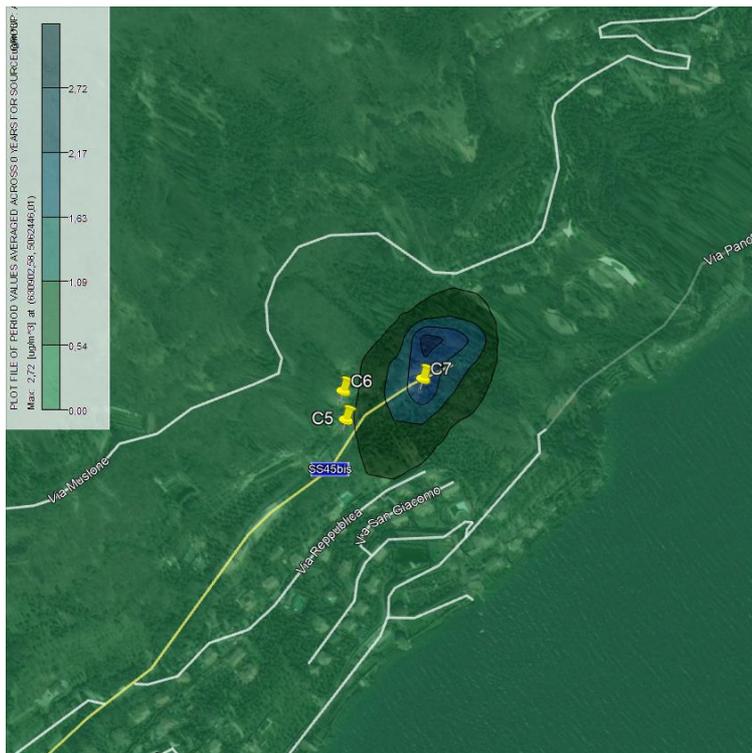
Nello specifico le mappe rappresentano le seguenti informazioni:

- PM10 - Media annua;
- PM10 – Massimi giornalieri;
- PM2.5 - Media annua;
- NOx - Media annua;
- NOx – Massimi orari.

**Mappa delle concentrazioni di PM10 - Media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**  
 Scenario 1



**Scenario 2**





**Mappa delle concentrazioni di PM2.5 - Media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**

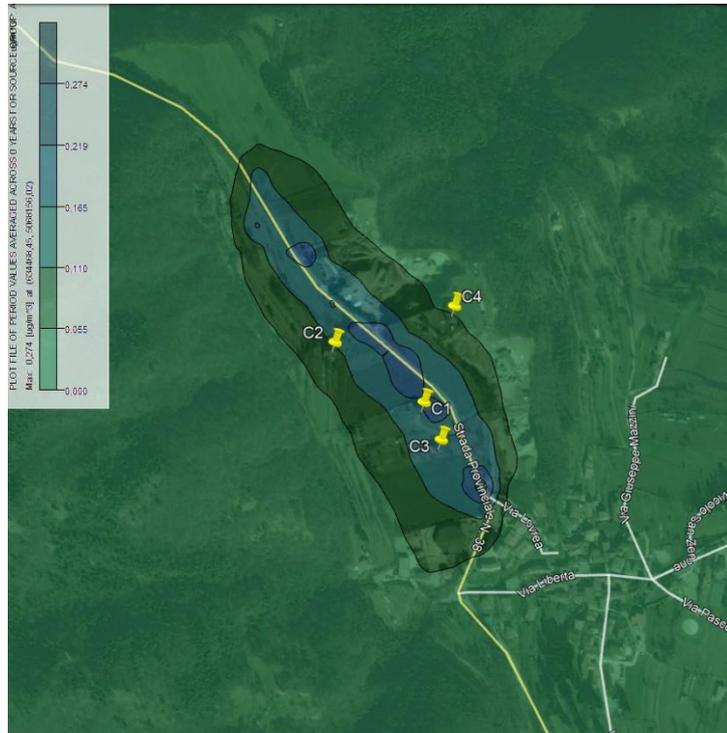
Scenario 1



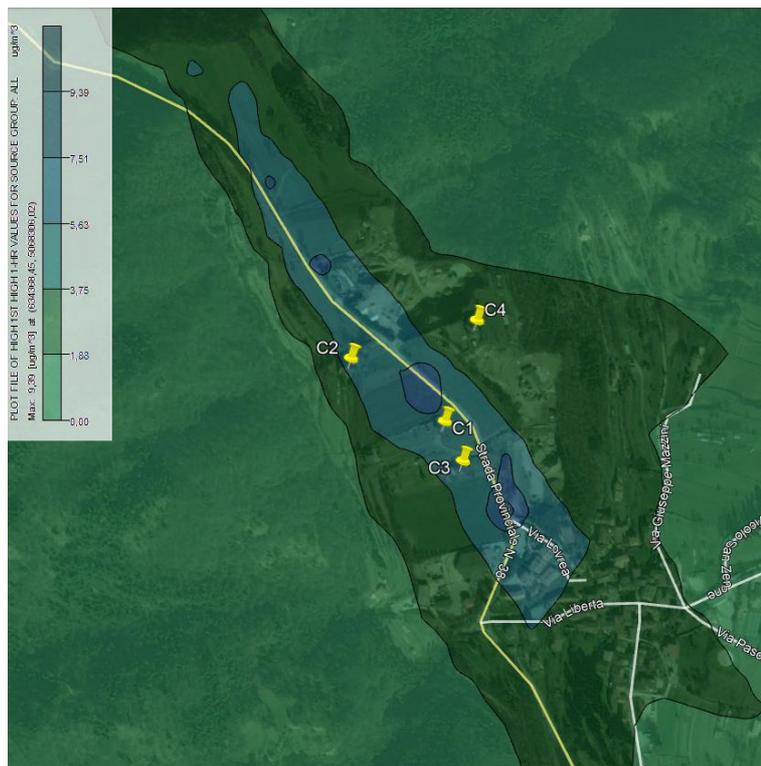
Scenario 2



**Mappa delle concentrazioni di NOx – Media annua [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**  
 Scenario 1



**Mappa delle concentrazioni di NOx – Massimi orari [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**  
 Scenario 1



### 3.1.3 IL RAPPORTO OPERA – AMBIENTE E LE MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE ADOTTATE DURANTE LA FASE DI CANTIERE

Al fine di analizzare l'interazione tra l'opera e l'ambiente in fase di cantiere e avere contezza della qualità dell'aria totale in prossimità dei ricettori individuati, si riportano i risultati della simulazione con l'aggiunta del fondo rilevato dalla centralina di riferimento (stazione di Odolo) e si confronta il totale con i limiti normativi. Inoltre, per i ricettori appartenenti allo scenario 2, è stato aggiunto anche il contributo stradale emissivo dello stato attuale. Si precisa che tale contributo è stato ricavato a partire dalle simulazioni effettuate per lo scenario ante operam.

Scenario di riferimento	Recettori	Medie annue di PM10 [µg/m3]	Fondo [µg/m3]	Qualità dell'aria totale PM10 [µg/m3]	Valore normativo [µg/m3]	Contributo del cantiere sul totale [%]
<b>Scenario 1</b>	<b>C1</b>	4,051	28,82	32,871	40	12,32%
	<b>C1</b>	0,194	28,82	29,014	40	0,67%
	<b>C3</b>	2,58	28,82	31,4	40	8,22%
	<b>C4</b>	1,072	28,82	29,892	40	3,59%

Tabella 3-14 Output dato medio annuo dell'inquinante PM10- Fase di cantiere

Scenario di riferimento	Recettori	Massimi giornalieri di PM10 [µg/m3]	Fondo [µg/m3]	Qualità dell'aria totale PM10 [µg/m3]	Valore normativo [µg/m3]
<b>Scenario 1</b>	<b>C1</b>	14,195	28,82	43,015	50
	<b>C1</b>	1,814	28,82	30,634	50
	<b>C3</b>	17,867	28,82	46,687	50
	<b>C4</b>	8,59	28,82	37,41	50

Tabella 3-15 Output dato massimi giornalieri dell'inquinante PM10- Fase di cantiere

Scenario di riferimento	Recettori	Medie annue di PM2.5 [µg/m3]	Fondo [µg/m3]	Qualità dell'aria totale PM2.5 [µg/m3]	Valore normativo [µg/m3]	Contributo del cantiere sul totale [%]
<b>Scenario 1</b>	<b>C1</b>	0,612	17,3	17,912	25	3,42%
	<b>C1</b>	0,03	17,3	17,33	25	0,17%
	<b>C3</b>	0,392	17,3	17,692	25	2,22%
	<b>C4</b>	0,162	17,3	17,462	25	0,93%

Tabella 3-16 Output dato medio annuo dell'inquinante PM2.5- Fase di cantiere

Scenario di riferimento	Recettori	Medie annue di NO2 [µg/m3]	Fondo [µg/m3]	Qualità dell'aria totale NO2 [µg/m3]	Valore normativo [µg/m3]	Contributo del cantiere sul totale [%]
Scenario 1	C1	0,119	20,34	20,459	40	0,58%
	C1	0,061	20,34	20,401	40	0,30%
	C3	0,104	20,34	20,444	40	0,51%
	C4	0,036	20,34	20,376	40	0,18%

Tabella 3-17 Output dato medio annuo dell'inquinante NO2- Fase di cantiere

Scenario di riferimento	Recettori	Massimi orari di NO2 [µg/m3]	Fondo [µg/m3]	Qualità dell'aria totale NO2 [µg/m3]	Valore normativo [µg/m3]
Scenario 1	C1	2,923	20,34	23,263	200
	C1	2,724	20,34	23,064	200
	C3	2,614	20,34	22,954	200
	C4	1,638	20,34	21,978	200

Tabella 3-18 Output dato massimi orari dell'inquinante NO2- Fase di cantiere

Scenario di riferimento	Recettori	Medie annue di PM10 [µg/m3]	Fondo [µg/m3]	Contributo emissivo stato attuale [µg/m3]	Qualità dell'aria totale PM10 [µg/m3]	Valore normativo [µg/m3]	Contributo del cantiere sul totale [%]
Scenario 2	C5	0,318	28,82	0,028	29,166	40	1,09%
	C6	0,156	28,82	0,015	28,991	40	0,54%
	C7	2,126	28,82	0,372	31,318	40	6,79%

Tabella 3-19 Output dato medio annuo dell'inquinante PM10- Fase di cantiere

Scenario di riferimento	Recettori	Massimi giornalieri di PM10 [µg/m3]	Fondo [µg/m3]	Contributo emissivo stato attuale [µg/m3]	Qualità dell'aria totale PM10 [µg/m3]	Valore normativo [µg/m3]
Scenario 2	C5	1,697	28,82	0,028	30,545	50
	C6	0,931	28,82	0,015	29,766	50
	C7	10,834	28,82	0,372	40,026	50

Tabella 3-20 Output dato massimi giornalieri dell'inquinante PM10- Fase di cantiere

Scenario di riferimento	Recettori	Medie annue di PM2.5 [µg/m3]	Fondo [µg/m3]	Contributo emissivo stato attuale [µg/m3]	Qualità dell'aria totale PM2.5 [µg/m3]	Valore normativo [µg/m3]	Contributo del cantiere sul totale [%]
Scenario 2	C5	0,048	17,3	0,015	17,363	25	0,28%
	C6	0,024	17,3	0,008	17,332	25	0,14%
	C7	0,324	17,3	0,199	17,823	25	1,82%

Tabella 3-21 Output dato medio annuo dell'inquinante PM2.5- Fase di cantiere

Alla luce dei risultati sopra riportati, considerando che gli scenari individuati sono rappresentativi della condizione più critica in fase di costruzione, le interferenze prodotte dalle attività di cantiere sulla componente atmosfera, possono ritenersi poco significative in quanto, anche con l'aggiunta del valore di fondo di riferimento e del contributo emissivo dello stato attuale, non si hanno superamenti dei limiti normativi sia in termini di PM<sub>10</sub> che di PM<sub>2,5</sub> che di NO<sub>2</sub>.

Saranno comunque previsti dei punti di monitoraggio in fase di cantiere per verificare i livelli di emissioni in atmosfera durante i lavori. Inoltre, si sottolinea comunque l'impiego di alcune *best practice* (cfr. paragrafo successivo) da adottare in fase di cantiere al fine di minimizzare la dispersione di inquinanti, specialmente di polveri, in atmosfera.

### **Best practice per il cantiere**

Nonostante le basse concentrazioni di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> stimate, al fine di ridurre maggiormente la dispersione delle polveri in atmosfera, si prevedono, durante lo svolgimento delle attività, alcune *best practice* finalizzate, appunto, ad abbattere ulteriormente le concentrazioni di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>, nonché a ridurre le emissioni generate dai mezzi di cantiere, nonostante il contributo trascurabile degli stessi.

Tra queste misure si evidenzia:

- utilizzare, per le macchine di cantiere, filtri di abbattimento del particolato, nonché gruppi elettrogeni e di produzione di calore in grado di assicurare le massime prestazioni energetiche e minimizzare le emissioni; impiegare inoltre, ove possibile, apparecchi con motore elettrico;
- limitare la velocità di scarico del materiale al fine di evitare lo spargimento di polveri; il materiale verrà depositato gradualmente modulando l'altezza del cassone e mantenendo la più bassa altezza di caduta;
- ottimizzare il carico dei mezzi di trasporto al fine di ridurre il numero dei veicoli in circolazione;
- applicare appositi teloni di copertura degli automezzi durante l'allontanamento e/o l'approvvigionamento di materiale polverulento per garantire il contenimento della dispersione di polveri in atmosfera;
- umidificare i depositi di materiale sciolto caratterizzati da frequente movimentazione, e coprire con teli e stuoie quelli con scarsa movimentazione.

## 3.2 GEOLOGIA E ACQUE

### 3.2.1 SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO

Seguendo la metodologia sopra esplicitata, di seguito sono stati individuati i principali impatti potenziali legati alle azioni afferenti alla dimensione Costruttiva che l'opera oggetto del presente studio potrebbe generare sulla componente in esame.

La catena Azioni – fattori causali – impatti potenziali riferita alla componente Geologia e Acque è riportata nella seguente tabella.

Azioni di progetto	Fattori Causali	Impatti potenziali
<i>Geologia ed acque</i>		
<b>AC.1 Approntamento aree di cantiere</b>	Presenza aree impermeabilizzate	Modifica delle caratteristiche quantitative dei corpi idrici superficiali e sotterranei
<b>AC.9 Scavo meccanizzato con fresa puntuale</b>	Movimento terra	Interazione stabilità versanti
<b>AC.10 Scavo con microcariche</b>		Intercettazione acque di venuta
<b>AC.14 Disgaggio</b>		
<b>AC.15 Gestione acque di cantiere</b>	Presenza acque meteoriche di dilavamento dei piazzali del cantiere	Modifica delle caratteristiche qualitative dei corpi idrici superficiali e sotterranei
	Produzione acque di cantiere	
	Produzione acque reflue (scarichi civili)	
	Sversamenti accidentali da lavorazioni e mezzi d'opera	
<b>AC.16 Inalveazioni</b>	Presenza aree lavorazioni in alveo	Modifica delle condizioni di deflusso

*Tabella 3-22 Geologia ed acque: Matrice di causalità – dimensione Costruttiva*

Con riferimento alla "Dimensione costruttiva", l'approntamento delle aree di cantiere potrebbe comportare la variazione del bilancio idrico complessivo, data dalla presenza di nuove aree impermeabilizzate.

Gli scavi per la realizzazione della galleria potrebbero comportare l'instabilità dei versanti e l'eventuale presenza di acque di venuta.

Per quanto concerne lo stato qualitativo delle acque, sia sotterranee che superficiali, i fattori potenzialmente causa di impatto sono legati alla presenza di acque di dilavamento nelle aree adibite a cantiere e alla produzione di acque reflue generate dalle lavorazioni proprie del cantiere, come l'attività di lavaggio dei mezzi. Saranno inoltre prodotte acque reflue dagli scarichi civili in funzione durante la cantierizzazione. La generazione di tali acque reflue potrebbe potenzialmente modificare lo stato qualitativo dei corpi idrici presenti in prossimità dell'intervento.

La necessità di prevedere lavorazioni in alveo potrebbe determinare la variazione temporanea delle condizioni di deflusso idrico.

### 3.2.2 ANALISI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE

#### *Modifica delle caratteristiche quantitative dei corpi idrici superficiali e sotterranei*

La predisposizione delle aree adibite a cantiere, nonché le relative piste e le aree di stoccaggio temporaneo, comporterà l'impermeabilizzazione di superfici attualmente soggette a scorrimento superficiale e infiltrazione di acqua meteorica. Tale presenza potrebbe comportare quindi la diminuzione dell'apporto idrico, sia per quanto concerne le acque superficiali che l'infiltrazione nel suolo; la superficie impermeabilizzata infatti, fungendo da barriera, può impedire che le acque meteoriche si infiltrino nel terreno e non vadano ad alimentare le falde presenti nel sottosuolo.

Il progetto in esame prevede la predisposizione di due cantieri base, di due cantieri operativi e di due aree di stoccaggio temporaneo (cfr. Figura 3-14).

Denominazione: Cantieri base CB01 e CB02

Superficie:

- CB01: 6.200 mq
- CB02: 3.300 mq

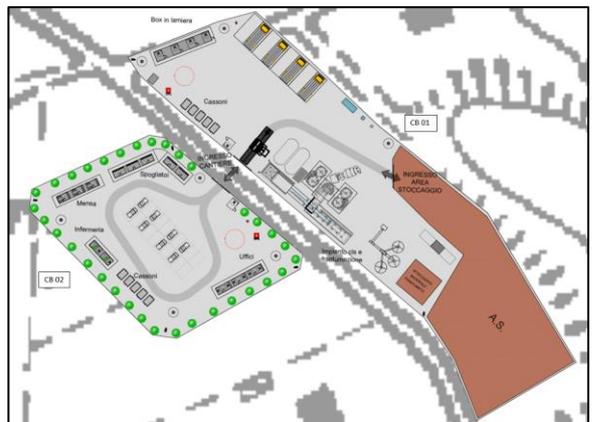
Localizzazione: comune di Tignale, a circa 9.5 km dal progetto

Uso suolo: prati permanenti in assenza di specie arboree e arbustive, cave e tessuto residenziale sparso

Funzione:

- CB01: adibita ad area tecnica industriale, ove verranno collocati gli impianti di produzione di cls, frantumazione e vagliatura
- CB02: adibita a funzione di campo base, ove verranno collocati i baraccamenti e gli uffici

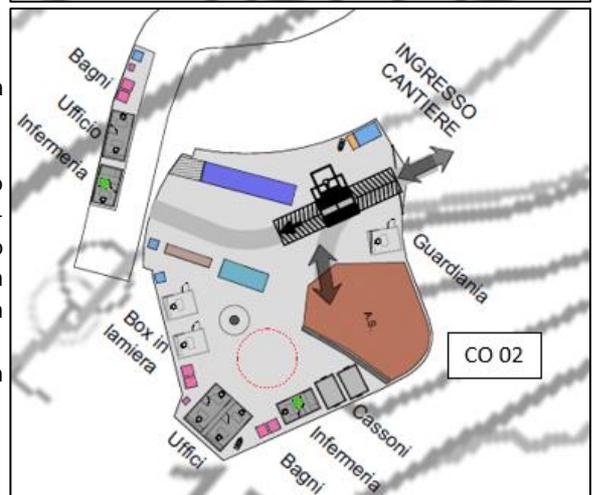
A valle dei lavori: l'area occupata dai cantieri base verrà ripristinata garantendo la destinazione d'uso originaria



**Denominazione:** Cantiere Operativo CO01  
**Superficie:** 1.180 mq  
**Localizzazione:** comune di Gargnano, in corrispondenza dell'imbocco sud  
**Uso suolo:** boschi di latifoglie e tessuto residenziale sparso  
**Funzione:** area per la realizzazione della paratia di imbocco, barriera paramassi, vasca antincendio interrata e galleria artificiale. Quest'area rappresenta uno dei due fronti di attacco della galleria, da cui verranno smarinati i volumi dell'imbocco sud  
**A valle dei lavori:** l'area occupata dal cantiere operativo verrà ripristinata garantendo la destinazione d'uso originaria



**Denominazione:** Cantiere Operativo CO02  
**Superficie:** 790 mq  
**Localizzazione:** comune di Gargnano, in corrispondenza dell'imbocco nord  
**Uso suolo:** oliveti e boschi di latifoglie  
**Funzione:** area per la realizzazione della trincea di accesso all'imbocco, lo scavo dell'imbocco, dell'intero Tronco Nord rappresentando il secondo fronte di attacco della galleria. Saranno inoltre realizzate la galleria paramassi tipo Tensiter, la nuova sede della SP 38 e la rotatoria di raccordo tra le due viabilità principali  
**A valle dei lavori:** l'area occupata dal cantiere operativo verrà ripristinata garantendo la destinazione d'uso originaria



**Denominazione:** Aree di stoccaggio AS01 e AS02  
**Superficie:**  
• AS01: 1.700 mq  
• AS02: 7.800 mq  
**Localizzazione:** comune di Tignale, a circa 9.5 km dal progetto  
**Uso suolo:** prati permanenti in assenza di specie arboree e arbustive e cave  
**Funzione:** aree adibite a stoccaggio temporaneo  
**A valle dei lavori:** l'area occupata dalle aree di stoccaggio verrà ripristinata garantendo la destinazione d'uso originaria

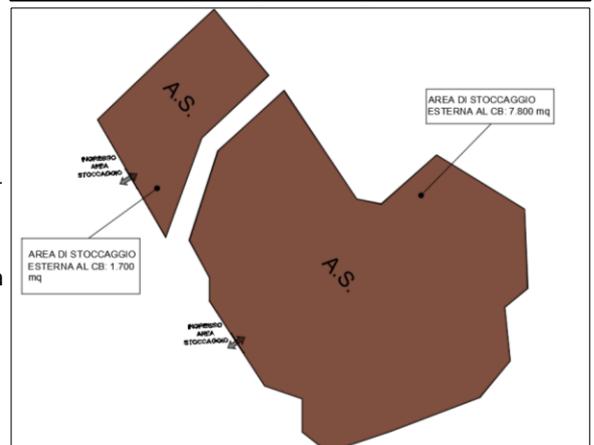


Figura 3-14 Cantiere base e cantieri operativi

Stante le modeste superfici interessate da impermeabilizzazione, il carattere temporaneo delle attività di cantiere ed il ripristino della destinazione d'uso originaria a fine lavori, si può ritenere l'interferenza sullo stato quantitativo delle acque superficiali e sotterranee trascurabile.

Si evidenzia inoltre che, qualora in corrispondenza dell'area di cantiere si determinassero delle locali e limitate modifiche alla morfologia dei colatori naturali, con l'abbandono delle linee di drenaggio esistenti ed il convogliamento delle acque superficiali verso nuove linee di deflusso, si potrà prevedere la realizzazione di adeguate canalizzazioni di raccolta/convogliamento temporaneo delle acque di deflusso dei fronti di scavo.

#### *Interazione stabilità versanti*

Come emerso dall'analisi del contesto geomorfologico (parte P2 del SIA), il tracciato in progetto interferisce con aree classificate a pericolosità geomorfologica dal PAI in corrispondenza degli imbocchi della galleria naturale e lungo tutta la lunghezza della trincea in progetto della S.P. per Tignale.

Nell'ambito dello Studio di compatibilità idrogeologica (T00GE00GEORE09A) è stata effettuata l'analisi combinata delle interazioni fra il tracciato e tali aree classificate dal PAI. Sono stati distinti, all'interno di ciascuna tipologia di area interferita, degli "Ambiti di Interferenza" (A.I.), intesi come tratti discreti di progetto in cui l'asse principale o le opere connesse (rampe, complanari, ecc) intersecano il relativo areale di pericolosità.

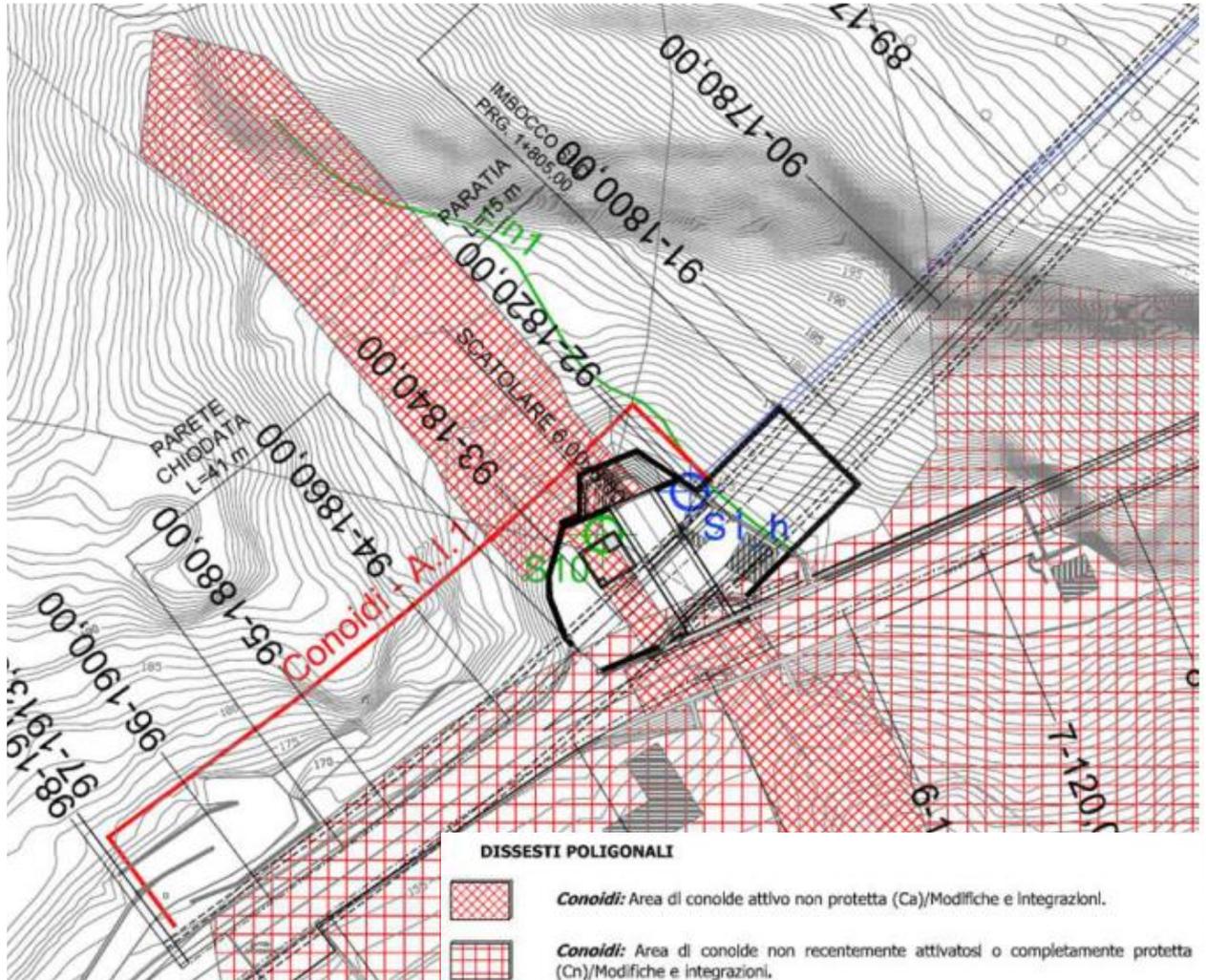
#### **Ambiti di interferenza**

<b>Imbocco sud</b>	A.I.1 Dissesti poligonali - conoidi
	A.I.2 Aree a rischio molto elevato (RME) vigenti - frane
<b>Imbocco nord</b>	A.I.3 Aree a rischio molto elevato (RME) vigenti - frane

Per ciascun Ambito d'Interferenza è stata redatta una scheda descrittiva contenente gli elementi caratteristici, di cui si riporta di seguito la sintesi.

#### **Imbocco sud**

*A.I.1 Dissesti poligonali – conoidi*



### Pericolosità interferita

Dissesti poligonali, rappresentati da aree di conoide attive non protette (Ca) o non recentemente attivatosi/ completamente protette (Cn).

### Litologia affiorante

Calcari e calcari marnosi, silicei, alternati a marne, in stratificazione evidente, appartenenti alla Formazione di Concesio. In corrispondenza del Fosso della Torre, dove insiste l'area di conoide Ca, il substrato roccioso è ricoperto da una coltre detritica e antropica ghiaioso-sabbiosa sciolta, con spessore massimo di 15 m. Nella zona di conoide Cn, a valle dell'imbocco sud della galleria in progetto, lo spessore della coltre detritica aumenta notevolmente.

### Indagini di riferimento

Sondaggio verticale S10 (anno 2019) nel piano antropico antistante l'imbocco della galleria in progetto, per la determinazione dello spessore della coltre detritica.

### Osservazioni

La morfologia dell'area presenta elevate acclività, con la presenza di pareti rocciose sub-verticali. Nel tratto

interferito dalle aree di conoide, l'acclività diminuisce sensibilmente, in ragione della natura dei depositi. Il rilevamento geomorfologico e le indagini eseguite nell'area non evidenziano condizioni di pericolosità derivate dall'interferenza delle aree con gli interventi in progetto.

### Interventi previsti

Verrà realizzata una parete chiodata, di lunghezza 41 m, in corrispondenza dello sbancamento della parete rocciosa subverticale a monte, nel tratto terminale del tracciato. In corrispondenza dell'attraversamento del Fosso della Torre è prevista la realizzazione di uno scatolare idraulico 6x6m.

### Imbocco sud

#### A.I.2 Aree a rischio molto elevato (RME) vigenti - frane



### Pericolosità interferita

Aree a Rischio idrogeologico Molto Elevato (RME) vigenti. In particolare, vengono intercettate principalmente un'ampia Zona 2 (area potenzialmente interessata dal manifestarsi di fenomeni di instabilità coinvolgenti settori più ampi di quelli attualmente riconosciuti o in cui l'intensità dei fenomeni è modesta in rapporto ai danni potenziali sui beni esposti) e solo marginalmente una Zona 1 (area instabile o che presenta un'elevata probabilità di coinvolgimento, in tempi brevi, direttamente dal fenomeno e dall'evoluzione dello stesso).

### Litologia affiorante

Calcari silicei e calcari marnosi, frequentemente selciosi, alternati a marne, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, appartenenti alla Formazione di Concesio. Gli strati immergono verso NW, con un'inclinazione poco superiore ai 20°. La formazione presenta un alto grado di fratturazione per uno spessore di circa dieci metri a partire dal punto di imbocco. In corrispondenza del Fosso della Torre, il substrato roccioso è ricoperto da una coltre detritica e antropica ghiaioso-sabbiosa sciolta, con spessore massimo di 15 m.

#### **Indagini di riferimento**

Sondaggio orizzontale S1\_h (anno 2017) in corrispondenza dell'imbocco, in asse alla galleria in progetto. Sondaggio verticale S10 (anno 2019) nel pianoro antropico antistante l'imbocco, per la determinazione dello spessore della coltre detritica; linea sismica a rifrazione/riflessione Lin1 (anno 2019) in corrispondenza dell'imbocco, trasversale all'asse. Rilievo geostrutturale-geomeccanico delle pareti rocciose a strapiombo sull'imbocco, mediante tecnologia laser-scanner (anno 2019).

#### **Osservazioni**

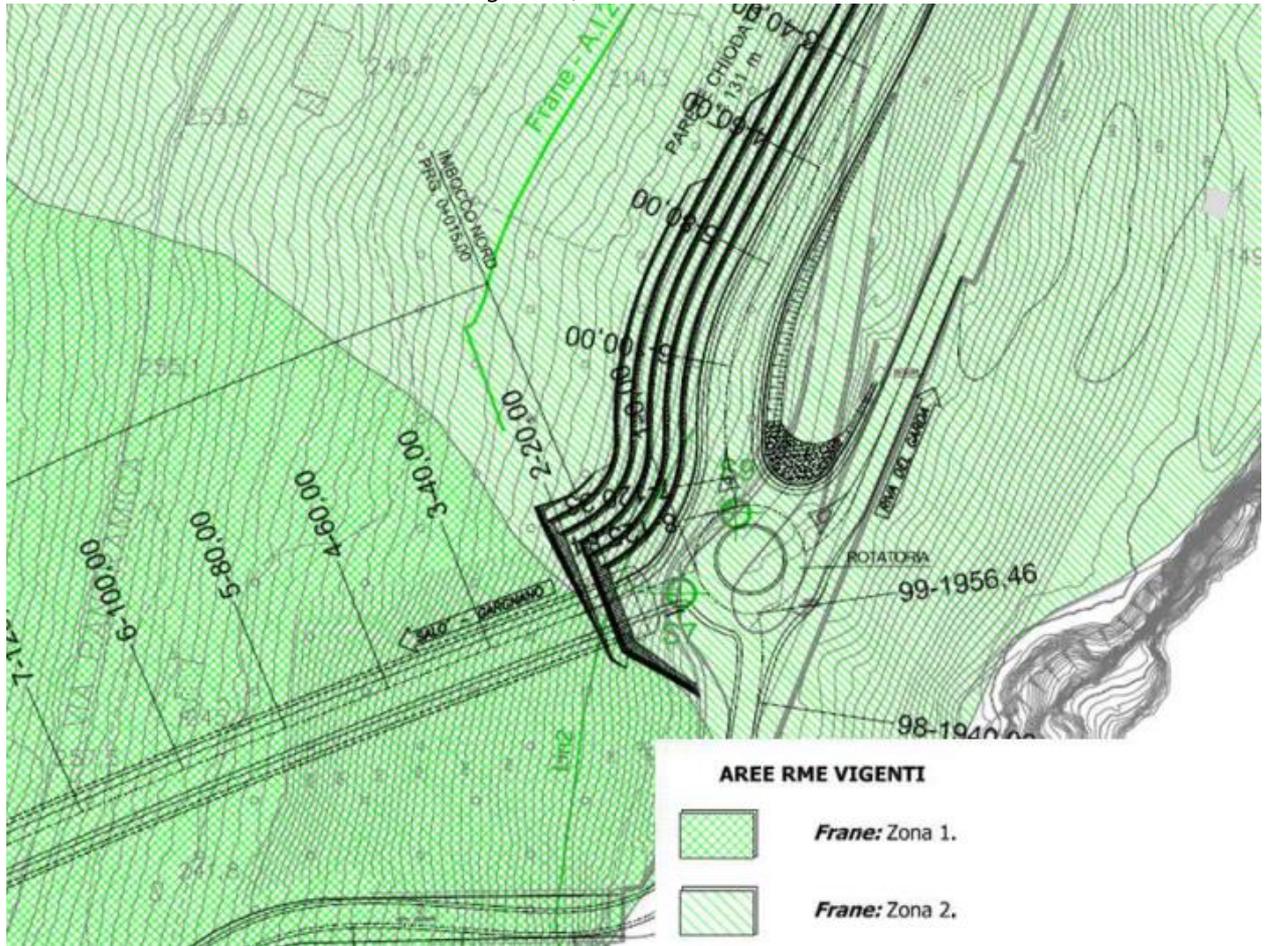
La morfologia dell'area presenta elevate acclività, con la presenza di pareti rocciose sub-verticali o a strapiombo direttamente sulle aree di interesse progettuale. Lo studio geostrutturale-geomeccanico mediante tecnologia laser-scanner eseguito sulle pareti e le analisi cinematiche e traiettografiche di eventuali blocchi che potrebbero distaccarsi, fanno presupporre una potenziale interazione con gli interventi in progetto.

#### **Interventi previsti**

Verrà realizzata una parete chiodata, di lunghezza 41 m, in corrispondenza dello sbancamento della parete rocciosa subverticale a monte, nel tratto terminale del tracciato. In corrispondenza dell'imbocco sud della galleria in progetto verrà realizzata una paratia di micropali. Sulle aree sovrastanti gli imbocchi in progetto ed esistente verranno realizzate opere di difesa attiva e/o passiva delle pareti rocciose.

## Imbocco nord

### A.I.3 Aree a rischio molto elevato (RME) vigenti - frane



#### Pericolosità interferita

Aree a Rischio idrogeologico Molto Elevato (RME) vigenti. In particolare, vengono intercettate principalmente un'ampia Zona 2 (area potenzialmente interessata dal manifestarsi di fenomeni di instabilità coinvolgenti settori più ampi di quelli attualmente riconosciuti o in cui l'intensità dei fenomeni è modesta in rapporto ai danni potenziali sui beni esposti) e solo marginalmente una Zona 1 (area instabile o che presenta un'elevata probabilità di coinvolgimento, in tempi brevi, direttamente dal fenomeno e dall'evoluzione dello stesso).

#### Litologia affiorante

Calcarei silicei e calcari marnosi, frequentemente selciosi, alternati a marne, in strati di spessore da centimetrico a decimetrico, appartenenti al Medolo. Gli strati immergono verso NW, con un'inclinazione di circa 30°. La formazione presenta un grado di fratturazione medio basso. Il substrato roccioso è ricoperto da una coltre di detrito cementato, a consistenza litoide o pseudolitoide, con spessore variabile fino a un massimo di 2 m circa. In superficie, le formazioni litoidi sottostanti sono ricoperte, in maniera discontinua,

da una coltre detritica sciolta, eterometrica ed eterogenea, di modesto spessore.

#### **Indagini di riferimento**

Sondaggio orizzontale S7\_h (anno 2019), in corrispondenza dell'imbocco, in asse alla galleria; linea sismica a rifrazione/riflessione Lin2 (anno 2019) in corrispondenza dell'imbocco, trasversale all'asse. Ulteriore sondaggio orizzontale S9\_h (anno 2019) lungo i contrafforti ad arco sul lato monte della S.P. per Tignale.

#### **Osservazioni**

La morfologia dell'area presenta acclività moderate in ragione della natura dei depositi affioranti. Il rilevamento geomorfologico e le indagini eseguite nell'area non evidenziano condizioni di pericolosità derivate dall'interferenza delle aree con gli interventi in progetto.

#### **Interventi previsti**

Verrà realizzata una importante trincea in corrispondenza della S.P. per Tignale. Lo sbancamento di monte verrà protetto tramite intervento di parete chiodata, con lunghezza complessiva di 131 m.

In particolare, con riferimento alle condizioni di stabilità geomorfologica, sono state analizzate in maniera puntuale, alla luce dei dati direttamente acquisiti (di ordine geognostico e di rilievo diretto sul terreno) tutti gli ambiti di interferenza delle aree delimitate dal PAI con il tracciato in progetto.

Per approfondimenti si rimanda allo Studio compatibilità idrogeologica (T00GE00GEORE09A).

Stante quanto indicato, gli interventi in progetto sono stati sviluppati tenendo nella massima attenzione le problematiche di carattere geomorfologico; le soluzioni progettuali sono state adottate con l'obiettivo di rendere trascurabile la perturbazione dell'equilibrio ambientale esistente nelle aree interessate.

#### *Intercettazione acque di venuta*

Limitatamente al sondaggio S5 (cfr. Figura 3-15), è stata riscontrata la presenza di falda contenuta all'interno della formazione del Medolo; tale falda, posta ad una quota assoluta di circa 160 m s.l.m. è collocata ben al di sotto della quota di scavo.

Seppur non è stata riscontrata la presenza di una falda principale, si ritiene plausibile la presenza di modeste falde sospese in corrispondenza di contrasti di permeabilità fra le diverse litologie presenti.

Inoltre, a seguito di precipitazioni meteoriche, sono possibili delle venute d'acqua in corrispondenza dei piani di faglia e delle zone a maggior fratturazione dell'ammasso roccioso.

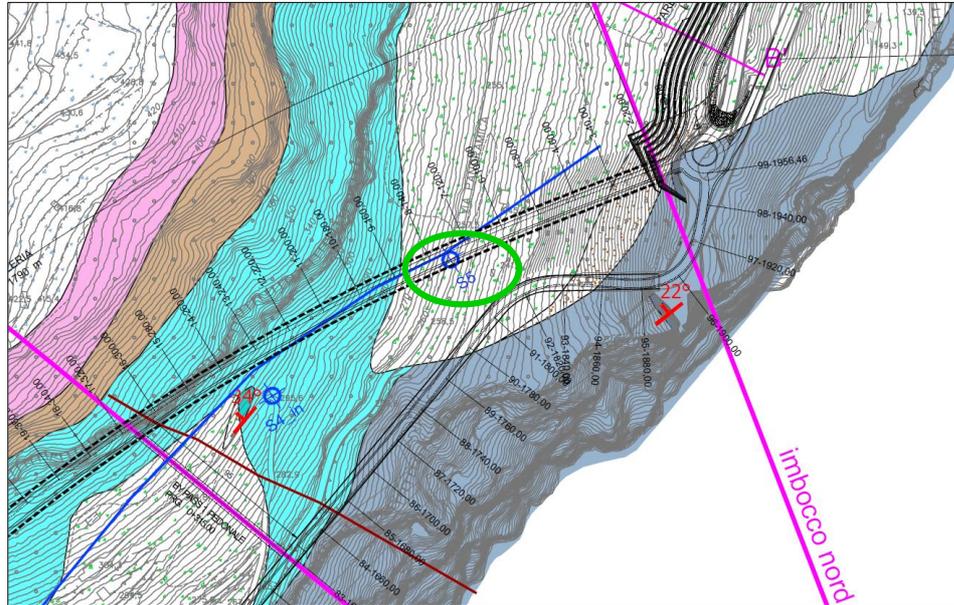


Figura 3-15 Localizzazione punto sondaggio S5 (stralcio tavola Carta geologica – T00GE00GEOCG01A)

In riferimento alla galleria in progetto, le condizioni idrogeologiche di scavo previste sono quindi essenzialmente secco-umide, con condizioni bagnate a livello stagionale circoscritte nelle zone degli imbocchi. Limitatamente alle zone di faglia intercettate dal corpo della galleria, durante lo scavo potrebbero verificarsi fenomeni idrogeologici che vanno dagli stillicidi alle venute d'acqua.

Nell'eventualità della presenza di acque di venuta saranno adottate le opportune misure atte al confinamento e l'allontanamento delle acque.

#### *Modifica delle caratteristiche qualitative dei corpi idrici superficiali e sotterranei*

Come illustrato specificatamente nella Relazione di cantiere (T00CA00CANRE01A), l'esecuzione dei lavori comporterà una serie di attività che potrebbero potenzialmente generare, direttamente o indirettamente, la produzione di acque reflue di differente origine, ed in particolare:

- di origine meteorica;
- da attività di cantiere;
- da scarichi civili.

Al fine di limitare la produzione di tali acque, che potrebbe potenzialmente modificare lo stato qualitativo dei corpi idrici superficiali e sotterranei presenti in prossimità dell'intervento, nell'ambito della cantierizzazione saranno previsti adeguati sistemi di gestione; in particolare l'area di cantiere sarà munita di un sistema di depurazione delle acque, sia di prima pioggia che quelle derivanti dalle attività connesse con la realizzazione dell'opera, le quali saranno o convogliate direttamente nel sistema fognario, oppure saranno sversate nei recettori esistenti previo raggiungimento dei limiti imposti dalla normativa vigente.

Nello specifico, per quanto attiene alle acque meteoriche provenienti dalle aree esterne, queste, non interferendo con l'area di cantiere, possono essere considerate "acque pulite" e, pertanto, potranno essere raccolte lungo i limiti del cantiere mediante fossi di guardia e direttamente convogliate al recapito finale; in alternativa, potrà essere predisposto, sempre all'intorno dell'area di cantiere, uno strato in materiale drenante.

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

Per le acque di lavorazione, gli interventi previsti per il trattamento saranno individuati in funzione della loro origine; in particolare, le acque prodotte durante le fasi di getto del calcestruzzo occorrente per la realizzazione di opere d'arte, nonché quelle derivanti dal lavaggio degli aggregati, verranno raccolte in apposite vasche.

La realizzazione di tali vasche consentirà di evitare la dispersione di acqua mista a cemento che, mescolandosi alle acque superficiali, ovvero penetrando nel terreno ed incontrando le acque di falda, potrebbe provocarne l'inquinamento.

Le acque di supero verranno quindi opportunamente fatte decantare, allo scopo di consentire la sedimentazione delle sostanze inquinanti ed il successivo deflusso nel sistema fognario, oppure saranno sversate nei recettori esistenti previo raggiungimento dei limiti imposti dalla normativa vigente.

Per quanto riguarda la gestione delle acque di piazzale: i piazzali del cantiere e le aree di sosta delle macchine operatrici saranno dotati di una regimazione idraulica, che consenta la raccolta delle acque di qualsiasi origine (piovane o provenienti da processi produttivi), per convogliarle nella vasca di accumulo di prima pioggia.

Le acque di officina provenienti dal lavaggio dei mezzi meccanici o dei piazzali dell'officina, che sono ricche di idrocarburi ed olii, nonché di sedimenti terrigeni vanno sottoposte ad un ciclo di disoleazione, prima di essere immessi nell'impianto di trattamento generale. I residui del processo di disoleazione devono essere smaltiti come rifiuti speciali in discarica autorizzata.

Le acque di lavaggio delle betoniere, che provengono dal lavaggio delle botti per il trasporto di conglomerato cementizio e spritz-beton, contengono una forte componente di materiale solido che, prima di essere immesso nell'impianto di trattamento generale, deve essere separato dal fluido mediante una vasca di sedimentazione.

Per quanto concerne gli eventuali sversamenti accidentali dovuti alle lavorazioni o da parte dei mezzi coinvolti nella realizzazione delle opere, nell'ambito della cantierizzazione saranno previste sia le opportune azioni di prevenzione, come ad esempio lo svolgimento del trasferimento di sostanze potenzialmente inquinanti sempre in aree impermeabilizzate, sia le idonee misure da attuare in caso del verificarsi dell'evento accidentale, come ad esempio la realizzazione di reti di captazione, drenaggio ed impermeabilizzazione temporanee, soprattutto in corrispondenza dei punti di deposito carburanti o di stoccaggio di sostanze inquinanti, finalizzate ad evitare che si verifichino eventuali episodi di contaminazione, nel caso di sversamenti accidentali.

Gli sversamenti causati da macchinari e mezzi restano di natura puntuale e non estesa e, grazie ai suddetti accorgimenti previsti a tutela dell'ambiente, possono interessare un'area limitata solo per un breve periodo di tempo. Questa condizione comporta quindi una portata limitata del problema a livello di quantità ed estensione (sia superficiale che in profondità).

Le acque provenienti dagli scarichi di tipo civile, connesse alla presenza del personale di cantiere, saranno trattate a norma di legge in impianti di depurazioni.

Nel caso dei lavori in alveo, saranno adottati opportuni sistemi al fine di evitare rilasci di miscele cementizie e relativi additivi e/o altre parti solide nelle acque e nell'alveo.

Per quanto concerne le attività di scavo e sbancamento, data l'eventuale presenza di livelli superficiali di acqua di falda, saranno messi in campo tutti gli accorgimenti utili ad evitare sversamenti di sostanze inquinanti nella falda e la sua locale risalita per effetto degli scavi.

Da quanto sopradescritto si evince che le acque derivanti dalle attività di cantiere saranno tutte raccolte in modo idoneo e gestite correttamente; ne consegue quindi che l'interferenza relativa alla variazione delle caratteristiche qualitative delle acque superficiali e sotterranee sulla componente idrica superficiale e sotterranea potenzialmente generata dalla fase di costruzione può essere considerata trascurabile.

#### *Modifica deflusso corpi idrici*

Come meglio illustrato in merito alle interferenze afferenti alla dimensione fisica (cfr. Parte P6), per la realizzazione della variante alla SS45 bis si dovrà procedere alla demolizione del tombamento un vallone denominato "Valle della Torre" esistente ed alla realizzazione di un nuovo attraversamento idraulico.

A monte dell'opera è prevista un'opera di imbocco con gradonatura di dissipazione, stante la forte pendenza longitudinale del corso d'acqua.

Le lavorazioni saranno effettuate preferibilmente in periodi di magra, rendendo l'interferenza poco significativa.

### 3.2.3 IL RAPPORTO OPERA – AMBIENTE E LE MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE ADOTTATE DURANTE LA FASE DI CANTIERE

In merito alla dimensione Costruttiva la predisposizione delle aree adibite a cantiere, nonché le relative piste e le aree di stoccaggio temporaneo, comporterà l'impermeabilizzazione di superfici attualmente soggette a scorrimento superficiale e infiltrazione di acqua meteorica. Stante le modeste superfici interessate da impermeabilizzazione, il carattere temporaneo delle attività di cantiere ed il ripristino della destinazione d'uso originaria a fine lavori, si può ritenere l'interferenza sullo stato quantitativo delle acque superficiali e sotterranee trascurabile.

In merito alle attività di scavo il tracciato in progetto interferisce con alcune aree classificate a pericolosità geomorfologica dal PAI. In particolare, con riferimento alle condizioni di stabilità geomorfologica, sono state analizzate in maniera puntuale, alla luce dei dati direttamente acquisiti (di ordine geognostico e di rilievo diretto sul terreno) tutti gli ambiti di interferenza delle aree delimitate dal PAI con il tracciato in progetto.

Gli interventi in progetto sono stati sviluppati tenendo nella massima attenzione le problematiche di carattere geomorfologico; le soluzioni progettuali sono state adottate con l'obiettivo di rendere trascurabile la perturbazione dell'equilibrio ambientale esistente nelle aree interessate.

Le condizioni idrogeologiche di scavo previste sono essenzialmente secco-umide, con condizioni bagnate a livello stagionale circoscritte nelle zone degli imbocchi. Limitatamente alle zone di faglia intercettate dal corpo della galleria, durante lo scavo potrebbero verificarsi fenomeni idrogeologici che vanno dagli stillicidi alle venute d'acqua. Nell'eventualità della presenza di acque di venuta saranno adottate le opportune misure atte al confinamento e l'allontanamento delle acque.

L'esecuzione dei lavori comporterà una serie di attività che potrebbero potenzialmente generare, direttamente o indirettamente, la produzione di acque reflue di differente origine; al fine di limitare la produzione di tali acque, che potrebbe potenzialmente modificare lo stato qualitativo dei corpi idrici superficiali e sotterranei presenti in prossimità dell'intervento, nell'ambito della cantierizzazione saranno previsti adeguati sistemi di gestione; in particolare l'area di cantiere sarà munita di un sistema di depurazione delle acque, sia di prima pioggia che quelle derivanti dalle attività connesse con la realizzazione dell'opera, le quali saranno o convogliate direttamente nel sistema fognario, oppure saranno sversate nei recettori esistenti previo raggiungimento dei limiti imposti dalla normativa vigente.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi dei sistemi di gestione delle acque previsti nelle aree di cantiere.

Tipologia di acque per origine		Modello di gestione
Meteoriche	esterne all'area di cantiere	Raccolta in fossi di guardia perimetrali e convogliamento al recapito finale
	interne (piazze)	Raccolta, trattamento in impianto acque di prima pioggia e recapito finale in fognatura
Da attività di cantiere	acque di lavorazione	Le acque prodotte durante le fasi di getto del calcestruzzo e quelle derivanti dal lavaggio degli aggregati, verranno raccolte in apposite vasche.

		Le acque di supero verranno o fatte decantare e convogliate al recapito finale
	da piazzali acque di officina	Raccolta, trattamento in impianto acque di prima pioggia e recapito finale Provenienti dal lavaggio dei mezzi meccanici o dei piazzali dell'officina, vanno sottoposte ad un ciclo di disoleazione, prima di essere immessi nell'impianto di trattamento generale. I residui del processo di disoleazione sono smaltiti come rifiuti speciali in discarica autorizzata
	da lavaggio autobetoniere	Impianti a ciclo chiuso, con trattamento delle acque e loro successivo riutilizzo, esclusivamente per le operazioni di lavaggio degli stessi
	sversamenti accidentali	Impermeabilizzazione area di cantiere, misure di prevenzione e gestione dell'emergenza
Scarichi civili	Servizi igienici	Trattamento a norma di legge (bagni chimici, fosse settiche a tenuta spurgate periodicamente)

Nel caso dei lavori in alveo, saranno adottati opportuni sistemi al fine di evitare rilasci di miscele cementizie e relativi additivi e/o altre parti solide nelle acque e nell'alveo.

Per quanto concerne le attività di scavo e sbancamento, data l'eventuale presenza di livelli superficiali di acqua di falda, saranno messi in campo tutti gli accorgimenti utili ad evitare sversamenti di sostanze inquinanti nella falda e la sua locale risalita per effetto degli scavi.

Da quanto sopra descritto si evince che le acque derivanti dalle attività di cantiere saranno tutte raccolte in modo idoneo e gestite correttamente; ne consegue quindi che l'interferenza relativa alla variazione delle caratteristiche qualitative delle acque superficiali e sotterranee sulla componente idrica superficiale e sotterranea potenzialmente generata dalla fase di costruzione può essere considerata trascurabile.

Infine in merito alle lavorazioni previste in alveo, data la temporaneità dell'attività e l'accortezza di effettuare le lavorazioni nei periodi di magra, l'interferenza può essere considerata poco significativa.

### 3.3 TERRITORIO E SUOLO

#### 3.3.1 SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO

In base alla metodologia esplicitata nel cap. 1 di seguito sono stati individuati i principali impatti potenziali che l'opera oggetto del presente studio potrebbe generare sulla componente in esame.

Considerando separatamente le azioni di progetto nelle tre dimensioni in cui è stata distinta l'opera (costruttiva, fisica ed operativa) sono stati individuati, per il presente documento, i fattori causali dell'impatto e conseguentemente gli impatti potenziali per la sola dimensione costruttiva.

La catena Azioni di progetto – fattori causali di impatto – impatti ambientali potenziali riferita alla componente territorio e suolo è riportata nella seguente tabella.

Azioni di progetto	Fattori causali di impatto	Impatti ambientali potenziali
<i>Territorio e patrimonio agroalimentare</i>		
<b>Approntamento area di cantiere (AC.1)</b>	Asportazione del terreno vegetale agricolo	Consumo di aree agricole
<b>Attività costruttive (tutte le attività comprese tra AC.2 e AC.17)</b>	Sversamenti accidentali, gestione acque di cantiere, produzione di gas e polveri	Alterazione della qualità dei terreni e dei prodotti agroalimentari

*Tabella 3–23 Territorio e patrimonio agroalimentare: Matrice di causalità – dimensione Costruttiva*

Con riferimento alla "Dimensione costruttiva" dell'opera in esame, essa potrebbe comportare il consumo di aree agricole e la conseguente riduzione della produzione agroalimentare, in modo temporaneo, per le aree occupate dai cantieri.

Inoltre le attività di lavorazione necessarie per la realizzazione del progetto in esame possono comportare la produzione di polveri, emissione di gas, sversamenti accidentali, con conseguente alterazione della qualità dei terreni e dei prodotti agroalimentari. La suddetta alterazione può anche essere indotta dalle acque di cantiere.

#### 3.3.2 ANALISI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE

##### *Consumo di aree agricole*

In particolare, per quanto concerne la "Dimensione costruttiva", nella fase di cantiere l'unica superficie agricola sottratta è quella interessata dal cantiere relativo all'imbocco nord della galleria.

In particolare il suddetto cantiere (CO\_02) interessa una porzione limitata di un oliveto ed una superficie di estensione ridotta di un'area agroforestale. Quest'ultima è costituita da specie coltivate frammiste a vegetazione naturale e nello specifico consiste in un oliveto con una copertura arborea caratterizzata dal tipo forestale dell'orno-ostrieto con leccio.

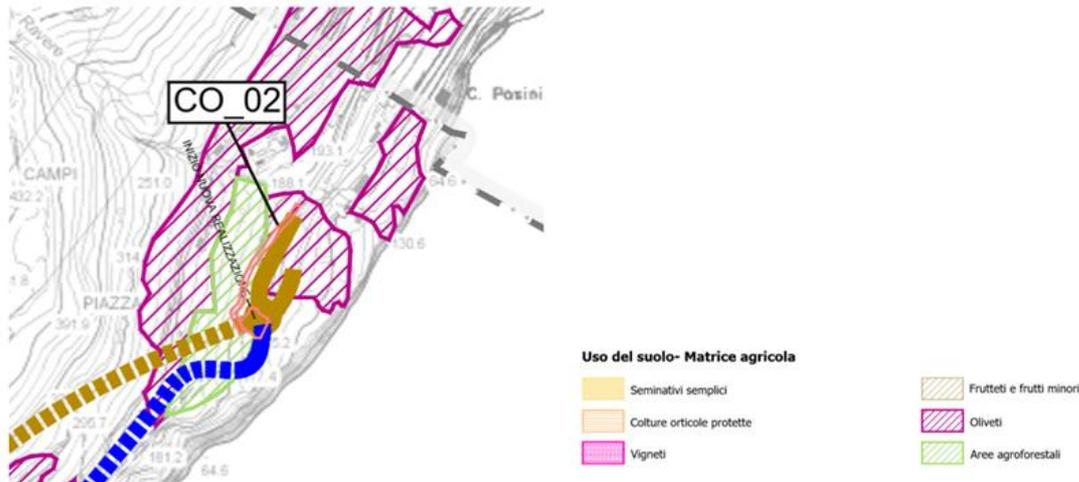


Figura 3-16 Stralcio della "Carta uso suolo-Matrice agricola" (elaborato T00IA33AMBCT01\_A)

La suddetta potenziale interferenza è trascurabile sia per la dimensione estremamente ridotta della superficie sottratta (790 m<sup>2</sup>), sia perchè interessa formazioni marginali localizzate in prossimità della viabilità esistente.

#### *Alterazione della qualità dei terreni e dei prodotti agroalimentari*

I gas e le polveri, prodotte durante le attività di allestimento dei cantieri e nella fase di realizzazione del progetto in esame, possono ricadere sul terreno circostante, con conseguente alterazione della qualità dello stesso e dei prodotti agroalimentari ivi presenti.

Inoltre le acque di piattaforma relative ai cantieri, se non opportunamente gestite, possono inficiare la qualità delle acque e dei suoli nei quali si riversano.

Infine eventuali sversamenti accidentali possono provocare inquinamento delle acque e dei suoli interessati dagli stessi.

Le zone interessate dai cantieri e le superfici limitrofe al tracciato di progetto non sono interessate da produzioni agricole, se si esclude l'area dell'imbocco nord, zone prossime al progetto interessate prevalentemente da oliveti, zone vicine ai cantieri base caratterizzate prevalentemente da seminativi

In merito alla suddetta potenziale interferenza, sono previsti una serie di accorgimenti, nella fase di cantiere, atti a rendere le incidenze assenti o trascurabili, come specificato nel paragrafo seguente.

### 3.3.3 IL RAPPORTO OPERA – AMBIENTE E LE MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE ADOTTATE DURANTE LA FASE DI CANTIERE

Per quanto concerne la componente “territorio e suolo”, dallo studio dello stato dei luoghi in cui si va ad inserire l’opera e dalla disamina delle azioni di progetto, gli impatti sono stati ragionevolmente ritenuti trascurabili.

La coltura dominante nell’area in esame è costituita dagli oliveti, infatti le colline del Garda ospitano una produzione di oli extravergine d’oliva di alto livello.

Nell’area del Garda Bresciano la tradizione vinicola è parte integrante della storia, della cultura e del paesaggio. I vigneti, che si estendono dal lago ai dolci colli circostanti, armonizzano e caratterizzano il territorio, creando un insieme meraviglioso. Diverse le tipologie vinicole prodotte da nord a sud, ma tutte si distinguono per unicità e qualità.

Altra risorsa economica importante per la sponda occidentale del Garda è costituita dai limoni: introdotti in passato sul Garda dalla Riviera Ligure, hanno trovato nel clima mite e temperato del lago le caratteristiche ideali per la produzione.

Tra gli altri prodotti agroalimentari di qualità si possono citare: capperi gardesani, diversi formaggi, tartufo.

Nello specifico dell’area interessata dal progetto dominano gli oliveti, mentre poche sono le superfici a vigneti. Nelle zone limitrofe a quelle interessate dai cantieri base e dalle aree di stoccaggio sono presenti soprattutto seminativi.

Nessuna delle aree di cantiere interessa vigneti, agrumeti o oliveti, questi ultimi sono presenti, frammentati a vegetazione naturale, solo in un tratto del cantiere operativo CO 02, relativo all’imbocco nord della galleria. La superficie interessata dal cantiere è estremamente ridotta, considerando che l’intero cantiere ha un’estensione di soli 790 m<sup>2</sup>. La suddetta interferenza viene ulteriormente ridotta tramite gli accorgimenti previsti da tenere nella fase di cantiere al fine di limitare l’asporto di vegetazione solo laddove strettamente necessario, con protezione di individui arborei ed arbustivi limitrofi alle aree interessate dai lavori.

Il consumo di aree agricole, quindi, in considerazione degli usi suolo in atto e delle azioni di progetto, risulta costituire una potenziale interferenza trascurabile.

Durante la fase di cantiere, la produzione di gas e polveri, che possono interferire con la qualità del patrimonio agroalimentare, sono ridotte tramite modalità operative e accorgimenti, riportati per la componente aria e clima nella “Relazione di cantierizzazione” ed elencati di seguito:

- copertura degli autocarri durante il trasporto del materiale tramite l’applicazione di appositi teloni di copertura degli automezzi;
- bagnatura delle ruote dei mezzi di lavoro in uscita dalle aree di cantiere;
- riduzione delle superfici non asfaltate all’interno delle aree di cantiere;
- limitazione delle velocità di transito dei mezzi di cantiere su piste non pavimentate e nelle zone di lavorazione;
- programmazione di sistematiche operazioni di innaffiamento delle viabilità percorse dai mezzi

- d'opera, nonché della bagnatura delle superfici durante le operazioni di scavo e di demolizione;
- posa in opera, ove necessario, di barriere antipolvere di tipo mobile, in corrispondenza dei ricettori più esposti agli inquinanti atmosferici;
  - ottimizzazione delle modalità e dei tempi di carico e scarico, di creazione dei cumuli di scarico e delle operazioni di stesa;
  - bagnatura delle terre scavate e del materiale polverulento durante l'esecuzione delle lavorazioni;
  - copertura e/o bagnatura di cumuli di materiale terroso stoccati.

La produzione di polvere è ulteriormente ridotta tramite gli impianti di depolverazione.

Il sistema di gestione delle acque di piattaforma e le misure di attenzione ad evitare sversamenti accidentali, descritte nella Relazione di cantierizzazione, sono stati previsti proprio al fine di rendere nulla o trascurabile la potenziale variazione di qualità del suolo. Le suddette interferenze sono tutte a carattere temporaneo, in quanto con la fine dei lavori cessa di esistere il fattore causale di impatto e di conseguenza i potenziali impatti ambientali che esso potrebbe determinare.

Dallo studio dello stato dei luoghi in cui si va ad inserire l'opera e dalla disamina delle azioni di progetto, le incidenze sono state ritenute ragionevolmente trascurabili, anche grazie all'adozione, in fase di cantiere, di una serie di opportune misure preventive e gestionali. In particolare si tratta di interferenze a carattere temporaneo e reversibile.

Risulta quindi evidente che, anche se l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di alcune aree agricole, considerando l'area di studio e la tipologia dell'opera in esame, si può ritenere trascurabile il generarsi di incidenze negative sulla componente "territorio e suolo", relativamente alla dimensione costruttiva.

### 3.4 BIODIVERSITÀ

#### 3.4.1 SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO

Seguendo la metodologia esplicitata nei cap. 1 e 2, di seguito sono stati individuati i principali impatti potenziali che l'opera oggetto del presente studio potrebbe generare sulla componente in esame.

Considerando separatamente le azioni di progetto nelle tre dimensioni in cui è stata distinta l'opera (costruttiva, fisica ed operativa) sono stati individuati, per il presente documento, i fattori causali dell'impatto e conseguentemente gli impatti potenziali per la sola dimensione costruttiva.

La catena Azioni di progetto – fattori causali di impatto – impatti ambientali potenziali riferita alla componente biodiversità è riportata nella seguente tabella.

Azioni di progetto	Fattori causali di impatto	Impatti ambientali potenziali
<i>Biodiversità</i>		
<b>Approntamento area di cantiere (AC.1)</b>	Scotico del terreno vegetale	Sottrazione di habitat e di biocenosi
<b>Attività costruttive (tutte le attività comprese tra AC.2 e AC.17)</b>	Sversamenti accidentali, gestione acque di cantiere, produzione di gas e polveri	Modificazione delle caratteristiche qualitative degli habitat e delle specie floristiche e degli habitat delle specie faunistiche
	Modifica del clima acustico	Modifica della biodiversità

*Tabella 3–24 Biodiversità: Matrice di causalità – dimensione Costruttiva*

Dall'analisi della precedente tabella si evince che, per quanto concerne la componente "biodiversità", con riferimento alla "Dimensione costruttiva" dell'opera in esame, essa potrebbe comportare la sottrazione di habitat e di biocenosi, in modo temporaneo, per le aree occupate dai cantieri.

Inoltre le attività di lavorazione necessarie per la realizzazione del progetto in esame possono comportare la produzione di polveri, emissione di gas, sversamenti accidentali, con conseguente alterazione della qualità degli habitat e delle specie floristiche e degli habitat delle specie faunistiche. La suddetta alterazione può anche essere indotta dalle acque di cantiere.

Infine l'alterazione del clima acustico, indotto da macchinari e mezzi in lavorazione, potrebbe causare allontanamento delle specie animali più sensibili con conseguente modifica della comunità faunistica presente nell'area.

### 3.4.2 ANALISI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE

#### *Sottrazione di habitat e biocenosi*

L'interferenza si verifica laddove la realizzazione dell'opera può portare all'eliminazione di vegetazione o alla sottrazione di superfici, con conseguente perdita e/o alterazione di particolari ambienti o habitat specie-specifici, e delle specie faunistiche ad essi associate.

La suddetta potenziale interferenza potrebbe verificarsi in corrispondenza delle varie aree di cantiere che nello specifico sono costituite da 2 aree di cantiere fisso e due aree di stoccaggio temporaneo ubicate a 9 Km dall'opera da realizzare oltre a 2 cantieri operativi ubicati in prossimità degli imbocchi della galleria.

Si specifica che l'organizzazione ed il dimensionamento di ogni cantiere è stato basato sulla tipologia d'opera, sulla sua estensione, sui caratteri geometrici delle stesse, sulle scelte progettuali e di costruzione, quali il numero di fronti d'attacco della galleria ed i metodi di scavo di adoperato. Dunque, nell'individuazione delle aree da adibire ai cantieri principali e secondari si è tenuto conto, in linea generale, dei seguenti requisiti:

- Aree disponibili in intorni già a carattere industriale con dimensioni areali sufficientemente vaste,
- Prossimità a vie di comunicazioni importanti e/o con sedi stradali adeguate al transito pesante,
- Preesistenza di strade minori per gli accessi, onde evitare il più possibile la realizzazione di nuova viabilità di servizio,
- Buona disponibilità idrica ed energetica,
- Lontananza da zone residenziali significative e da ricettori sensibili (scuole, ospedali, ecc.),
- Adiacenza alle opere da realizzare,
- Morfologia (evitando, per quanto possibile, pendii o luoghi eccessivamente acclivi in cui si rendano necessari consistenti lavori di sbancamento o riporto),
- Possibilità di approvvigionamento di inerti e di smaltimento dei materiali di scavo.

L'utilizzo di tutti questi criteri, molti dei quali necessari proprio a ridurre eventuali interferenze sull'ambiente, ha ristretto le superfici che avessero le caratteristiche idonee ad essere utilizzate.

I due cantieri operativi (CO 01 CO 02) saranno ubicati, come detto, in prossimità degli imbocchi della galleria, e quindi interesseranno rispettivamente una superficie boscata a sud ed una zona agroforestale a nord. Quest'ultimo (CO 02) interessa una superficie molto ridotta, pari a 790 m<sup>2</sup>, localizzata in prossimità di viabilità esistente, quindi con valore naturalistico basso. Tale area, infatti, pur ricadendo all'interno della ZPS non interessa nessun habitat di Direttiva. La potenziale interferenza risulta quindi trascurabile.

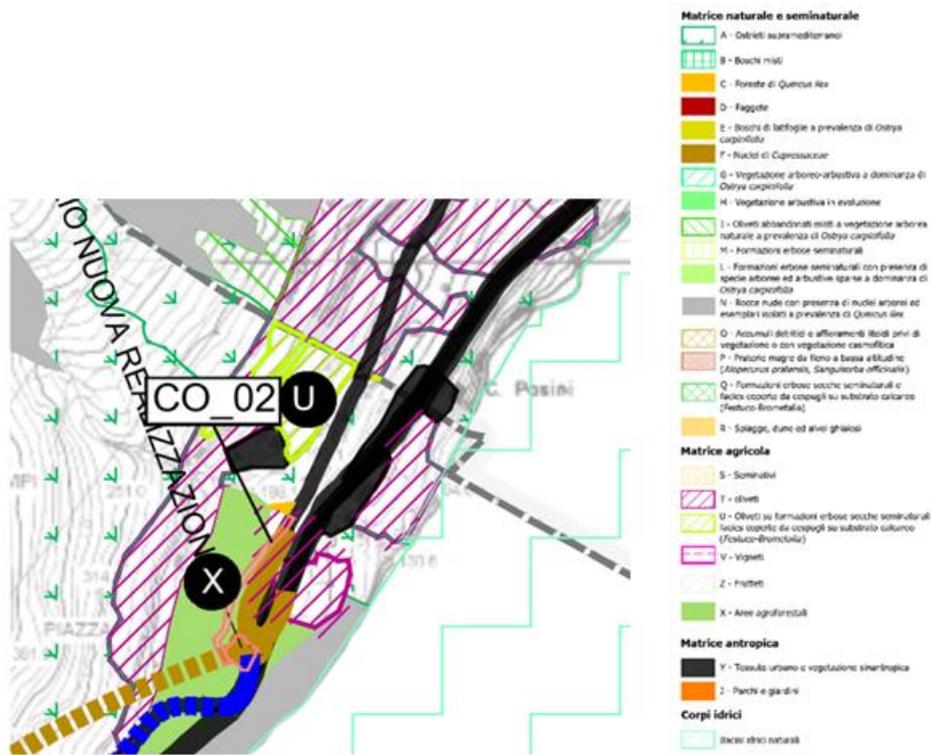


Figura 3-17 Stralcio della "Carta della vegetazione reale" (elaborato T00IA34AMBCT01A)

Il cantiere CO\_01 è in parte relativo ad un'area boscata a prevalenza di leccio *Quercus ilex* che, sebbene esterna ai Siti Natura 2000, è ascritto all'habitat di Direttiva 9340 "Foreste di *Quercus ilex*, ma occorre considerare che ne interessa una superficie ridotta, pari a 1180 m<sup>2</sup>, e marginale, considerata l'ubicazione del cantiere rispetto all'habitat stesso. Inoltre la suddetta area è in prossimità alla viabilità esistente ed in parte alterata dalla presenza di specie non caratteristiche dell'habitat e introdotte dall'uomo.

La potenziale interferenza risulta quindi bassa e grazie ad una serie di misure previste e specificate nel paragrafo seguente viene ulteriormente ridotta.

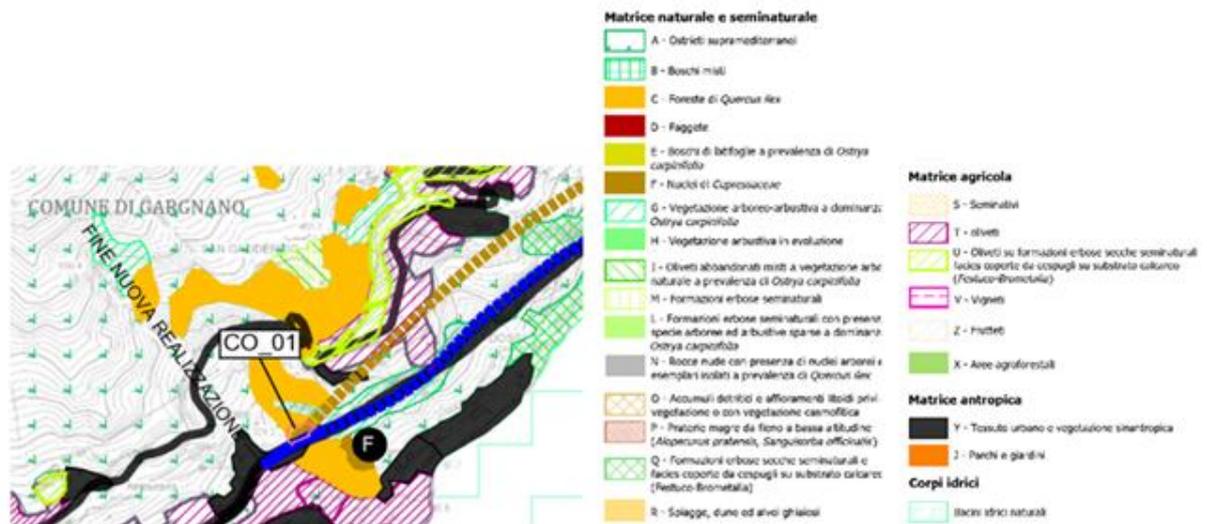


Figura 3-18 Stralcio della "Carta della vegetazione reale" (elaborato T00IA34AMBCT01A)

In considerazione del contesto prevalentemente naturale e secondariamente occupato da superfici destinate a coltivazioni legnose (oliveti), il criterio di scelta della localizzazione dei cantieri base (CB 01 e CB 02) e delle arre di stoccaggio (AS 01 e AS 02), ha privilegiato la loro ubicazione su superfici a vegetazione erbacea gestite dall'uomo, allo scopo di evitare di eliminare superfici boscate e gli habitat faunistici ad esse associate. Gli habitat faunistici interessati dalla suddetta interferenza, quindi, sono essenzialmente di specie ad elevata adattabilità o antropofila o tolleranti la presenza umana. Per quanto riguarda, invece, la vegetazione, la scelta della localizzazione dei cantieri base e delle aree di stoccaggio, effettuata in considerazione di quanto detto, dei criteri sopraelencati e della conformazione territoriale della zona interessata dal progetto, è ricaduta inevitabilmente in una zona con habitat di Direttiva interna alla ZPS (habitat 6510), ma si evidenzia che si tratta di arrenatereti, i quali non ospitano specie di rilevante interesse floristico e sono espressione di un paesaggio culturale, antropizzato. La capacità di recupero del suddetto habitat, anche a seguito di interventi con movimenti di terra, è abbastanza elevata. Di conseguenza l'incidenza per la superficie occupata dai cantieri base e dalle aree di stoccaggio è a carattere temporaneo, in quanto essa terminerà con la fine dei lavori ed il seguente ripristino, nelle suddette aree, dell'attuale destinazione d'uso.

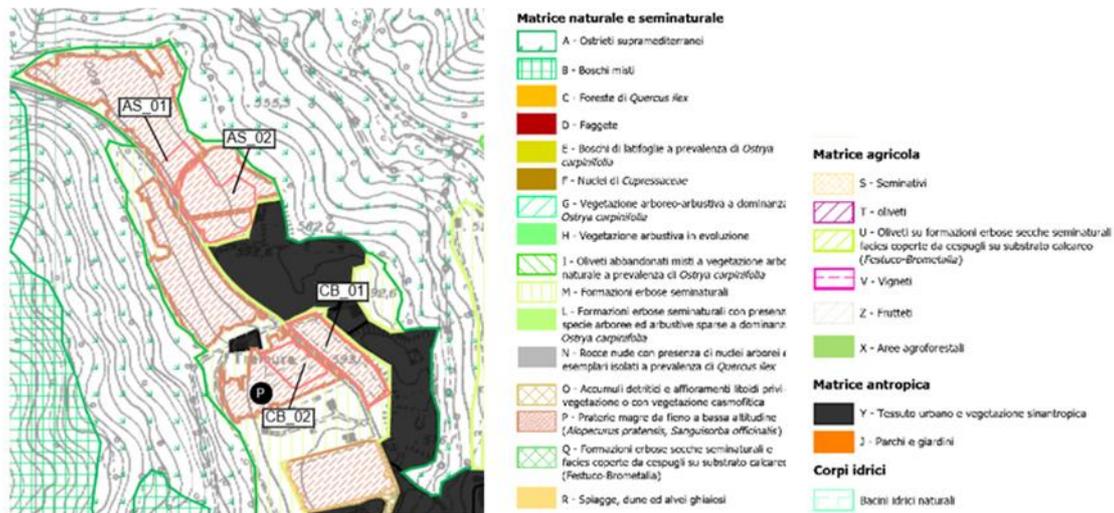


Figura 3-19 Stralcio della "Carta della vegetazione reale" (elaborato T00IA34AMBCT01A)

Per quanto attiene, invece, il cantiere di lavoro per la realizzazione della galleria, non si verifica la sottrazione di habitat e di biocenosi, in quanto, trattandosi di una galleria naturale, i lavori saranno eseguiti in sotterraneo.

In generale, quindi, tale interferenza è a carattere temporaneo, ad esclusione delle superfici interessate dai tratti stradali di raccordo degli imbocchi con la viabilità esistente (che saranno trattate nell'analisi delle interferenze relative alla dimensione fisica dell'opera), in quanto essa terminerà con la fine dei lavori ed il seguente ripristino allo stato originario, nelle suddette aree, dell'attuale destinazione d'uso.

In considerazione di quanto detto si rende trascurabile in tali aree la sottrazione di fitocenosi e di habitat faunistici.

Inoltre sono previsti una serie di accorgimenti da adottare in fase di cantiere, che limiteranno le superfici interessate dai lavori, come specificato nel paragrafo seguente.

#### *Modificazione delle caratteristiche qualitative degli habitat e delle specie floristiche e degli habitat faunistici delle specie*

Durante la fase di cantiere le lavorazioni previste, con riferimento in particolare alle azioni di scavo e sbanamento ed alla movimentazione di terre e materiali, e la presenza dei mezzi di cantiere, potrebbero causare un'alterazione della qualità di acque superficiali, suolo e atmosfera con la conseguente perturbazione degli habitat prossimi alle aree di cantiere, a causa di sversamenti accidentali, perdita di carburanti e materiali oleosi, stoccaggio e smaltimento di materiali, incremento della polverosità per lo spostamento di mezzi e materiali.

La potenziale interferenza derivante dai citati fattori causali è a carattere temporaneo, in quanto terminerà

con la conclusione dei lavori, ed è ridotta da tutta una serie di azioni e accorgimenti previsti per la fase di cantiere e riportati nel paragrafo seguente. Inoltre le aree di stoccaggio ed i cantieri base sono stati localizzati a distanza dall'opera, in un contesto agricolo, e per la viabilità di cantiere è stata utilizzata quella esistente.

Allo scopo di ridurre la produzione di polveri e di evitare gli sversamenti accidentali e la perdita di carburanti, sono previste una serie di misure preventive e gestionali adottate in fase di cantiere e descritte nel seguente paragrafo.

Vista la temporaneità delle attività di lavorazione e la loro entità e le misure preventive e gestionali adottate, si assume che la potenziale modificazione delle caratteristiche qualitative degli habitat e delle specie floristiche e degli habitat faunistici delle specie in fase di cantiere sia comunque contenuta. L'interferenza, quindi, risulta trascurabile.

#### *Modifica della biodiversità*

La produzione di rumore e vibrazioni, dovute alle attività lavorative previste in fase di cantiere, può causare disturbo, ed eventuale allontanamento, per le specie faunistiche più sensibili. Questa potenziale interferenza nella fase di cantiere è determinata dai macchinari e dagli uomini necessari alla realizzazione dell'intervento in esame ed in particolare dalle operazioni di scavo della galleria, che avverranno sia tramite l'utilizzo di esplosivo che per avanzamento meccanico tramite frese puntuali. Per quanto riguarda, invece, il rumore prodotto presso i cantieri base e le aree di stoccaggio esso è limitato alle attività lavorative in esse previste, ed in considerazione dell'ubicazione a distanza dall'area di intervento, in un contesto agricolo ma in prossimità di cave, gli habitat interessati sono essenzialmente di specie animali ad elevata adattabilità o antropofile o tolleranti la presenza umana.

L'interferenza in esame, quindi, è a carattere temporaneo, in quanto non sussisterà più al termine dei lavori, e reversibile.

Le luci e gli stimoli visivi dei mezzi in movimento non sono ben tollerati da alcune specie di animali, ma anche in questo caso si tratta di un'interferenza temporanea e reversibile.

Allo scopo di ridurre i citati fattori di disturbo, sono previste una serie di misure preventive e gestionali adottate in fase di cantiere e descritte nel seguente paragrafo.

Vista la temporaneità delle attività di lavorazione e la loro entità e le misure preventive e gestionali adottate, si assume che la potenziale alterazione del clima acustico sia comunque contenuta. L'interferenza, quindi, risulta non significativa.

### 3.4.3 IL RAPPORTO OPERA – AMBIENTE E LE MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE ADOTTATE DURANTE LA FASE DI CANTIERE

L'analisi della biodiversità, in tutti gli elementi che la costituiscono, ha permesso di rilevare che il contesto nel quale si inserisce l'opera ha una valenza naturalistica e questo è proprio uno dei motivi per i quali si è scelto di adottare la soluzione di una galleria naturale.

L'ecosistema dominante è quello forestale, seguito da quello agricolo.

Alcune superfici boscate che caratterizzano l'area direttamente interessata dal progetto sono costituite dall'habitat di Direttiva 9340 "Foreste a *Quercus ilex*", ma tutte, se si esclude una porzione limitrofa all'imbocco sud, come riportato nel precedente paragrafo, sono attraversate da una galleria naturale e quindi non interferite.

L'ecosistema forestale ha una struttura che si presenta più complessa rispetto a quella degli altri ecosistemi e quindi tali ambienti possono ospitare un maggior numero di specie animali. La componente faunistica dominante è costituita dall'avifauna, che comprende specie di interesse conservazionistico, tra le quali si possono citare alcuni picidi, come il picchio cenerino *Picus canus* e il picchio nero *Dryocopus martius* e varie specie di rapaci come il biancone *Circaetus gallicus*, il falco pellegrino *Falco peregrinus*, il falco pecchiaiolo *Pernis apivorus*, il nibbio bruno *Milvus migrans*, il gufo reale *Bubo bubo*, l'allocco *Strix aluco*. Nell'area sono presenti anche le specie più comuni o a più ampia distribuzione, tra le quali si possono citare: cornacchia grigia *Corvus cornix*, storno *Sturnus vulgaris*, passera d'Italia *Passer italiae*, merlo *Turdus merula*.

Gli ambienti forestali dell'area di indagine possono essere frequentati, o attraversati durante i loro spostamenti, da diverse specie di mammiferi, quali ad esempio alcuni chiroteri, lo scoiattolo comune *Sciurus vulgaris* e la volpe *Vulpes vulpes*.

Numerosi sono anche i rettili che si possono rinvenire nell'area, quali ad esempio ramarro occidentale *Lacerta bilineata*, lucertola muraiola *Podarcis muralis*, saettone *Zamenis longissimus*, biacco *Hierophis viridiflavus*

In particolare con riferimento agli aspetti in esame, che sono relativi alla "Dimensione costruttiva", i criteri di scelta adottati per l'ubicazione dei cantieri base e delle aree di stoccaggio hanno permesso di evitare, per dette aree, la sottrazione di superfici boscate e degli habitat faunistici ad esse associati. Tali habitat, costituiscono, infatti, nell'area in esame quelli di maggior valenza naturalistica. Inoltre le quattro aree di cantiere suddette sono state localizzate a distanza dall'opera, che interessa invece diverse superfici boscate.

La conformazione territoriale dell'area in esame e la presenza di diverse superfici caratterizzate da habitat di Direttiva, hanno portato inevitabilmente la collocazione dei citati cantieri base ed aree di stoccaggio, su superfici erbacee gestite dall'uomo, ma che corrispondono ad un habitat di Direttiva: 6510 Praterie magre da fieno a bassa altitudine (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*). Il suddetto habitat è costituito da prati da mesici a pingui, regolarmente falciati e concimati in modo non intensivo, floristicamente ricchi, distribuiti dalla pianura alla fascia montana inferiore. Si evidenzia che la loro esistenza è legata all'attività

dell'uomo, infatti si tratta di tipi di vegetazione che si possono mantenere esclusivamente attraverso interventi di sfalcio essendo, infatti, la vegetazione potenziale rappresentata da formazioni arboree; anche la concimazione è decisiva. Ad ogni modo l'habitat 6510 è caratterizzato da una ricca comunità floristica e faunistica, inoltre la sua importanza va considerata anche nel suo essere parte di un sistema e quindi deve essere conservato, per questo si prevede al termine dei lavori, un ripristino dell'habitat. In particolare è previsto, per tutte le aree vegetate, lo scotico del terreno vegetale ed il suo successivo deposito, per il riutilizzo nelle operazioni di ripristino attuate al termine dei lavori, con modalità opportune e sempre in aree di deposito separate da quelle relative ad altre tipologie di terre. Inoltre si sottolinea che il ripristino, se opportunamente attuato, è favorito dalla capacità di recupero abbastanza elevata che ha l'habitat 6510, come riportato anche nel Piano di Gestione della ZPS "Alto Garda Bresciano", dove ricade l'area in esame. La sottrazione della sopraccitata vegetazione, quindi, è a carattere temporaneo e reversibile.

L'ubicazione dei cantieri operativi è legata agli imboschi della galleria, quindi mentre quello a nord riguarda una zona agroforestale che non riveste grande valore naturalistico, quello a sud interessa parzialmente una superficie boscata. Quest'ultima rientra nell'habitat di Direttiva 9340.

Le dimensioni dei cantieri operativi, proprio in considerazione delle caratteristiche naturali della zona, sono state limitate a quanto strettamente necessario, al fine di ridurre quanto più possibile la sottrazione di vegetazione e dei relativi habitat faunistici. Inoltre gli individui arborei ed arbustivi che devono essere riutilizzati saranno espantati, depositati e reimpiegati alla fine dei lavori, tramite opportune modalità al fine di una loro corretta conservazione che eviti alterazione delle loro caratteristiche. Le modalità operative previste per la movimentazione degli esemplari arborei arbustive che saranno riutilizzati, sono descritte nel già citato elaborato IT622\_8\_T00CA00CANRE01A "Relazione di cantierizzazione".

Si specifica inoltre che la vegetazione arborea ed arbustiva presente in prossimità delle aree di intervento non solo sarà conservata, ma saranno attuate una serie di misure, quale ad esempio la delimitazione delle superfici vegetate mediante idonee recinzioni, al fine di tutelare la suddetta vegetazione. Per specifiche relative alle modalità di salvaguardia delle piante limitrofe alle aree di intervento si può fare riferimento al già citato elaborato IT622\_8\_T00CA00CANRE01A.

Per quanto riguarda le possibili modifiche degli habitat e delle relative specie faunistiche associate, dovute all'alterazione della qualità delle acque, la potenziale interferenza è trascurabile in considerazione degli interventi che saranno previsti nella fase di realizzazione, allo scopo di evitare l'inquinamento delle acque superficiali e sotterranee, l'alterazione del deflusso delle acque di ruscellamento, nonché gli interventi che verranno realizzati per la raccolta ed il trattamento delle acque di scarico o di eventuali sversamenti accidentali.

Le emissioni di gas e polveri, che possono interferire con la qualità degli habitat e delle biocenosi, sono ridotte tramite modalità operative e gli accorgimenti, riportati per la componente aria e clima nella "Relazione di cantierizzazione" ed elencati di seguito:

- copertura degli autocarri durante il trasporto del materiale tramite l'applicazione di appositi teloni di copertura degli automezzi;
- bagnatura delle ruote dei mezzi di lavoro in uscita dalle aree di cantiere;
- riduzione delle superfici non asfaltate all'interno delle aree di cantiere;
- limitazione delle velocità di transito dei mezzi di cantiere su piste non pavimentate e nelle zone di lavorazione;
- programmazione di sistematiche operazioni di inaffiamento delle viabilità percorse dai mezzi d'opera, nonché della bagnatura delle superfici durante le operazioni di scavo e di demolizione;
- posa in opera, ove necessario, di barriere antipolvere di tipo mobile, in corrispondenza dei ricettori più esposti agli inquinanti atmosferici;
- ottimizzazione delle modalità e dei tempi di carico e scarico, di creazione dei cumuli di scarico e delle operazioni di stesa;
- bagnatura delle terre scavate e del materiale polverulento durante l'esecuzione delle lavorazioni;
- copertura e/o bagnatura di cumuli di materiale terroso stoccati.

Inoltre sono previsti degli impianti di depolverazione per quelle tipologie di scavo che produrranno elevate concentrazioni di polveri minerali, tali da non poter essere convenientemente trattate e riportate al di sotto dei limiti ammissibili solo mediante diluizione. In tali casi si effettuerà un'adeguata captazione e depurazione delle polveri mediante i suddetti appositi impianti di depolverazione.

Infine per quanto riguarda il rumore prodotto nella fase di cantiere, se esso è limitato nelle aree di cantiere, diviene più sostenuto nelle zone di realizzazione della galleria naturale, dove si prevede, come detto, l'utilizzo sia di esplosivo che di frese puntuali. L'interferenza, viene ridotta tramite l'applicazione di una serie di accorgimenti atti a limitare la rumorosità delle macchine e dei cicli di lavorazione.

Dallo studio dello stato dei luoghi in cui si va ad inserire l'opera e dalla disamina delle azioni di progetto, si evidenzia che le potenziali incidenze sono a carattere temporaneo e reversibile, inoltre saranno ridotte dall'adozione, in fase di cantiere, di una serie di opportune misure preventive e gestionali.

Risulta quindi evidente che, anche se l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di alcune aree naturali tutelate e da ecosistemi naturali, considerando l'area di studio e la tipologia dell'opera in esame, si può ritenere che le potenziali incidenze negative sulla componente "biodiversità", relativamente alla dimensione costruttiva, sono temporanee e reversibili.

### 3.5 RUMORE E VIBRAZIONI

#### 3.5.1 SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO

Rispetto al tema del rumore e delle vibrazioni indotte dalle attività di cantiere, sono state sviluppate specifiche analisi previsionali finalizzate a valutare le interferenze indotte dalle diverse attività, mezzi, impianti impiegati per la realizzazione dell'opera in progetto sul territorio adiacente le diverse aree di cantiere e i ricettori più prossimi. In virtù del differente fenomeno fisico lo studio è stato distinto tra studio acustico e studio vibrazionale.

Per quanto concerne il fenomeno "Rumore", rispetto alla tematica dell'inquinamento acustico le potenziali sorgenti emmissive che interferiscono sul clima acustico territoriale sono quelle connesse alla cantierizzazione, ovvero le lavorazioni, i macchinari e gli impianti presenti nelle seguenti aree:

- Aree operative di lavoro, in prossimità dei due imbocchi alle gallerie, nelle quali si esplicano le attività di cantiere connesse alla realizzazione delle opere di progetto;
- Cantiere base, localizzato nel comune di Tignale lungo la SP3B, all'interno del quale è presente sia l'impianto di frantumazione che quello di betonaggio per i fabbisogni di cls.
- Aree di stoccaggio temporaneo dei materiali poste in adiacenza al cantiere base e posizionate lungo la SP3B.

Sulla scorta quindi delle azioni di progetto riferite alla dimensione costruttiva individuate nel capitolo iniziale, per la componente rumore la matrice di correlazione azioni-fattori causali – impatti è di seguito riportata:

Azioni di progetto	Fattori causali	Impatti potenziali
<i>Rumore</i>		
<b>AC      Attività di cantiere - lavorazioni</b>	Produzione emissioni acustiche	Compromissione del clima acustico

*Tabella 3-25 Rumore: Matrice di causalità – dimensione Costruttiva*

La metodologia assunta per l'analisi delle interferenze rispetto al clima acustico riferita alla fase di cantierizzazione si basa sulla teoria del "Worst Case Scenario". Tale metodo individua la condizione operativa di cantiere più gravosa in termini di emissioni acustiche sul territorio in modo che verificandone le condizioni di esposizione del territorio al rumore indotto rispetto ai limiti acustici territoriali possano essere individuate le eventuali soluzioni di mitigazione più opportune al fine di contenere il disturbo sui ricettori più esposti. L'analisi tiene conto dell'insieme delle diverse attività di cantiere in funzione della localizzazione delle diverse aree di lavoro e del trasporto dei materiali dall'area di stoccaggio.

Per quanto riguarda invece il fenomeno delle "vibrazioni", in ragione della tipologia di opera progettuale e delle lavorazioni individuate per la sua realizzazione, si è ritenuto necessario sviluppare specifici studi modellistici previsionali finalizzati a individuare le possibili aree di disturbo sui ricettori. In tal senso l'attività

potenzialmente più interferente è connessa allo scavo mediante esplosivo e più nello specifico nel brillamento delle microcariche poste all'interno della galleria in corrispondenza del fronte di scavo, le cui vibrazioni immesse si propagano all'interno della roccia nelle diverse direzioni costituendo fonte di possibile disturbo seppur tali attività come noto sono limitate nell'arco della giornata a 1-2 eventi nel periodo diurno. Si prevede che alcuni tratti della galleria siano scavati mediante fresa puntuale. Tuttavia tale tipo di attività non è stata considerata in quanto è noto come una fresa puntuale sia in grado di trasmettere in fase di scavo vibrazioni molto limitate rispetto sia al tradizionale scavo con martello idraulico sia al brillamento delle microcariche.

Azioni di progetto	Fattori Causali	Impatti potenziali
<i>Vibrazioni</i>		
<b>AC.10 Scavo con microcariche</b>	Produzione di emissioni vibrazionali	Disturbo da vibrazioni negli edifici

*Tabella 3-26 Vibrazioni: Matrice di causalità – dimensione Costruttiva*

L'analisi delle interferenze vibrazionali si riferiscono agli aspetti connessi al disturbo potenziale sui ricettori e quindi ai criteri individuati dalla norma UNI 9614:2017 per le attività di cantiere. A riguardo occorre precisare inoltre come a differenza del rumore ambientale per il tema delle vibrazioni non esiste al momento una specifica legge che stabilisca limiti quantitativi per l'esposizione alle vibrazioni rispetto al tema del disturbo. Esistono invece numerose norme tecniche, emanate in sede nazionale ed internazionale, che costituiscono un utile riferimento per la valutazione del disturbo in edifici interessati da fenomeni di vibrazione. Per quanto riguarda il disturbo alle persone, i principali riferimenti sono costituiti dalla norma ISO 2631 / Parte 2 "Evaluation of human exposure to whole body vibration / "Continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz)". La norma assume particolare rilevanza pratica poiché ad essa fanno riferimento le norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale relativi alla componente ambientale "Vibrazioni", contenute nel D.P.C.M. 28/12/1988. Ad essa, seppur con alcune non trascurabili differenze, fa riferimento la norma UNI 9614 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo", considerata in tale studio previsionale come riferimento in quanto indica dei valori di riferimento per ciascuna tipologia di ricettore. Rispetto a tale norma si è deciso di considerare la versione più aggiornata al 2017 che introduce valori limite di riferimento più restrittivi e riferiti al singolo evento anziché all'intero periodo di attività.

### 3.5.2 ANALISI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE

#### *Compromissione del clima acustico*

Per la caratterizzazione della fase di cantiere della componente ambientale di riferimento si rimanda integralmente allo Studio acustico allegato al presente SIA (elaborato "T00IA35AMBRE01A").

### *Disturbo da vibrazioni sui ricettori*

L'impostazione metodologica assume come riferimento la norma UNI 9614:2017 che individua dei valori soglia per ciascuna tipologia di edificio per stabilire l'entità del disturbo da vibrazioni sugli edifici.

Il fenomeno delle vibrazioni risulta particolarmente complesso in virtù di molteplici fattori legati alla generazione delle onde vibrazionali, alla loro trasmissione nel terreno e al loro monitoraggio. In particolare nel caso della tecnica di scavo mediante esplosivi la generazione di vibrazione dipende da:

- Modalità di divisione della volata in cariche istantanee;
- Lo schema delle mine di prima apertura;
- Il tipo e l'entità del ritardo dei detonatori;
- Il tipo di esplosivo utilizzato;
- Le caratteristiche dell'ammasso roccioso da abbattere.

La trasmissione delle vibrazioni nel terreno dipende altresì dalla forma dello scavo e dalle proprietà geologiche e fisiche della roccia da abbattere oltre che dalla sua litologia e dalle caratteristiche di discontinuità. Ne consegue quindi come il problema del fenomeno delle vibrazioni indotte dal brillamento delle mine e della loro generazione sia estremamente complesso per la presenza dei suddetti molteplici fattori, alcuni dei quali determinabili esclusivamente in sito.

In tale sede lo studio previsionale ha come scopo quello di individuare una legge di propagazione di sito per la previsione delle vibrazioni immesse in termini di accelerazione in quanto, come detto, ci si riferisce alla tematica del disturbo sui ricettori e quindi alla UNI 9614 nella versione più recente 2017. Rimandando alle fasi preliminari dell'avvio dei lavori la progettazione della volata, in tale sede si intende individuare il valore massimo di accelerazione da raggiungere in prossimità del fronte di scavo affinché in corrispondenza dei ricettori residenziali più prossimi, e quindi potenzialmente più interferiti, siano rispettati i valori di vibrazione di soglia imposti dalle normative vigenti.

In fase di avvio dei lavori sulla base di una progettazione di dettaglio delle volate, nella quale sarà individuato anche il tipo di esplosivo, sarà opportuno prevedere preliminarmente un piano di misura delle vibrazioni indotte in galleria durante il brillamento controllato di alcune volate prova affinché possano essere individuate la tipologia di carica, la quantità di esplosivo, etc. oltre che le caratteristiche geomorfologiche del sito, lo stato di fratturazione della roccia e la possibile presenza di discontinuità in funzione dei valori soglia di riferimento per la valutazione del disturbo sui ricettori. Sarà altresì valutata la possibilità di concerto con le Amministrazioni comunali e con le Autorità competenti di richiedere specifiche deroghe ai limiti di riferimento così come indicato dalla norma UNI 9614:2017 (appendice C) per le attività temporanee per le quali misure mitigative adeguate non sono implementabili o economicamente non sensate quando viste all'interno della breve durata dell'attività disturbante. Nel caso specifico infatti il disturbo provocato da una volata ha una durata limitata in un intervallo particolarmente ristretto nel tempo nonché una frequenza limitata al solo periodo diurno di 1-2 eventi giornalieri.

A tale scopo il modello di propagazione assunto e valido per tutti i tipi di onde è di tipo analitico e si basa sull'equazione di Bornitz che tiene conto dei diversi meccanismi di attenuazione a cui l'onda vibrazionale è sottoposta durante la propagazione nel suolo.

$$w_2 = w_1 \left( \frac{r_1}{r_2} \right)^n e^{-a(r_2 - r_1)}$$

dove  $w_1$  e  $w_2$  sono le ampiezze della vibrazione alle distanze  $r_1$  e  $r_2$  dalla sorgente,  $n$  è il coefficiente di attenuazione geometrica e dipende dal tipo di onda e di sorgente,  $a$  è il coefficiente di attenuazione del materiale e dipende dal tipo di terreno.

Il primo termine dell'equazione esprime l'attenuazione geometrica del terreno. Questa oltre ad essere funzione della distanza, dipende dalla localizzazione e tipo di sorgente (lineare o puntuale, in superficie o in profondità) e dal tipo di onda vibrazionale (di volume o di superficie). Il valore del coefficiente  $n$  è determinato sperimentalmente secondo i valori individuati da Kim-Lee e, nel caso specifico in esame, equivale a 1 in quanto la sorgente è puntiforme e posta in profondità (le onde di volume sono predominanti).

Il secondo termine dell'equazione fa riferimento invece all'attenuazione dovuta all'assorbimento del terreno indotto dai fenomeni di dissipazione di energia meccanica in calore. Il coefficiente di attenuazione  $a$  è esprimibile secondo la seguente formula:

$$a = \frac{2\pi\eta f}{c}$$

dove  $f$  è la frequenza in Hz,  $c$  è la velocità di propagazione dell'onda in m/s e  $\eta$  il fattore di perdita del terreno. Questi dipendono dalle caratteristiche del terreno e i loro valori sono stati determinati dalla letteratura in ragione della natura del terreno. Nel caso in studio, il tratto in galleria nel quale si prevede l'uso di esplosivi interessa terreni di tipo "Depositi quaternari e recenti", essenzialmente costituiti da rocce calcaree (cfr. elaborato T00IA32AMBCT01A "Carta geologica e geomorfologica").

Di seguito i valori assunti per la determinazione del coefficiente di attenuazione  $a$ :

- $\eta$  (fattore di perdita): 0,05;
- $c$  (velocità di propagazione): 6000 m/s.

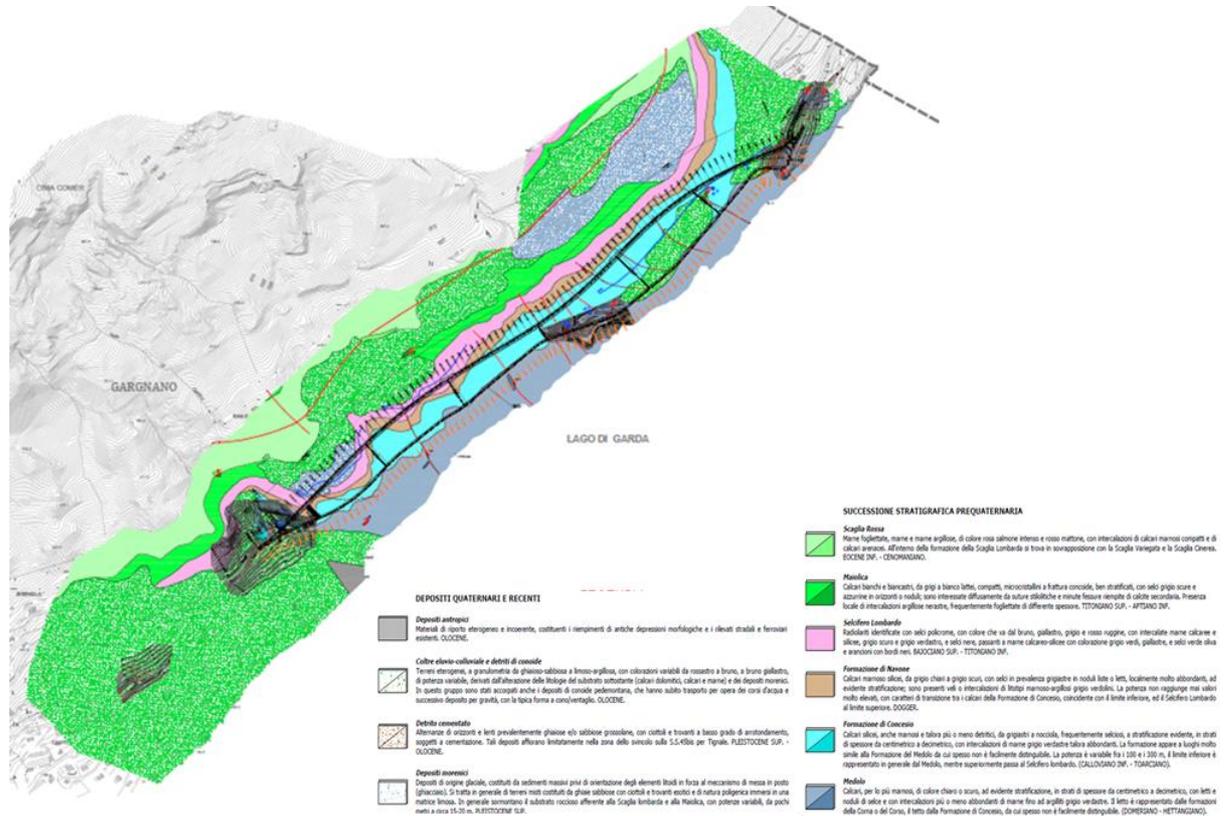


Figura 3-20 Stralcio della tavola geologica e geomorfologica T00IA32AMBCT01A

Utilizzando tale metodologia, applicando il percorso inverso, nota la distanza tra fronte di scavo e ricettore e il valore soglia limite di riferimento si determina la massima emissione vibrazionale necessaria affinché la volata risulti indurre un'immissione vibrazionale non disturbante. Tali valori potranno essere oggetto di modifica, di concerto gli Ente pubblici competenti, sulla scorta delle analisi preliminari all'avvio dei lavori e del brillamento di volate prova affinché possa essere individuato un eventuale valore soglia in deroga al limite di riferimento quale connubio tra aspetti progettuali ed operativi e entità del disturbo sui ricettori anche in virtù delle azioni preventive che saranno messe in atto dalla Ditta appaltatrice nell'ambito della gestione ambientale del cantiere.

Essendo le attività previste esclusivamente nel periodo diurno e i ricettori più critici, ovvero quelli caratterizzati da un valore soglia inferiore, quelli a destinazione residenziale, il valore di riferimento assunto per determinare la condizione massima ammissibile in corrispondenza della volata è pari a  $7,2 \text{ mm/s}^2$  in prossimità del ricettore. Nota quindi la distanza tra ricettore e fronte di scavo, si individua il valore massimo ammissibile in prossimità della volata affinché sia rispettato il criterio di disturbo da vibrazioni indicato dalla UNI 9614:2017.

Dall'altimetria di progetto si evince come i ricettori più esposti siano quelli in prossimità dell'imbocco sud posti tra le pk 0+100 e 0+300 m ad una differenza di quota tra fronte scavo e piano campagna tra i 60 e i

100 m. Considerando il caso critico si ottiene che l'accelerazione massima da assumere come riferimento nella progettazione della volata deve essere tale da raggiungere un valore di  $257 \text{ mm/s}^2$  ad una distanza di circa 10 m dal fronte di esplosione delle microcariche.

Tale valore come detto potrà essere oggetto di modifica a seguito di eventuali richieste di deroga in virtù della tipologia di attività temporanea e della frequenza di accadimento e di concerto con gli Enti competenti.

### 3.5.3 IL RAPPORTO OPERA – AMBIENTE E LE MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE ADOTTATE DURANTE LA FASE DI CANTIERE

#### *Clima acustico in fase di cantiere*

Per il rapporto opere ambiente della fase di cantiere della componente ambientale di riferimento si rimanda integralmente allo Studio acustico allegato al presente SIA (elaborato "T00IA35AMBRE01A").

#### *Disturbo da vibrazioni sui ricettori*

In tale sede il tema delle vibrazioni indotte dalle attività di scavo con esplosivo è affrontato rispetto alla tematica del disturbo sui ricettori secondo la norma UNI 964:2017. Questa definisce dei valori di riferimento in funzione del periodo temporale e della tipologia di ricettore. Nel caso specifico essendo le attività lavorative previste nel solo periodo diurno e non essendo presenti edifici sensibili, il valore soglia di riferimento è pari a  $7,2 \text{ mm/s}^2$ .

Come detto, il fenomeno delle vibrazioni risulta particolarmente complesso in virtù di molteplici fattori legati alla generazione delle onde vibrazionali, alla loro trasmissione nel terreno e al loro monitoraggio. In particolare nel caso della tecnica di scavo mediante esplosivi la generazione di vibrazione dipende da:

- Modalità di divisione della volata in cariche istantanee;
- Lo schema delle mine di prima apertura;
- Il tipo e l'entità del ritardo dei detonatori;
- Il tipo di esplosivo utilizzato;
- Le caratteristiche dell'ammasso roccioso da abbattere.

La trasmissione delle vibrazioni nel terreno dipende altresì dalla forma dello scavo e dalle proprietà geologiche e fisiche della roccia da abbattere oltre che dalla sua litologia e dalle caratteristiche di discontinuità. Il problema del fenomeno delle vibrazioni indotte dal brillamento delle mine e della loro generazione è estremamente complesso per la presenza dei suddetti molteplici fattori, alcuni dei quali determinabili esclusivamente in sito.

In tale sede lo studio previsionale ha avuto come scopo quello di individuare una legge di propagazione di sito per la previsione delle vibrazioni immesse in termini di accelerazione in quanto, come detto, ci si riferisce alla tematica del disturbo sui ricettori e quindi alla UNI 9614 nella versione più recente 2017. Riman-

dando alle fasi preliminari dell'avvio dei lavori la progettazione della volata, in tale sede si intende individuare il valore massimo di accelerazione da raggiungere in prossimità del fronte di scavo affinché in corrispondenza dei ricettori residenziali più prossimi, e quindi potenzialmente più interferiti, siano rispettati i valori di vibrazione di soglia imposti dalle normative vigenti. Tali edifici sono quelli posizionati in prossimità dell'imbocco sud tra le progressive pk 0+100 e 0+300, per i quali la distanza con il fronte di scavo è variabile tra i 60 e i 100 m.

In fase di avvio dei lavori sulla base di una progettazione di dettaglio delle volate, nella quale sarà individuato anche il tipo di esplosivo, sarà opportuno prevedere preliminarmente un piano di misura delle vibrazioni indotte in galleria durante il brillamento controllato di alcune volate prova affinché possano essere individuate la tipologia di carica, la quantità di esplosivo, etc. oltre che le caratteristiche geomorfologiche del sito, lo stato di fratturazione della roccia e la possibile presenza di discontinuità in funzione dei valori soglia di riferimento per la valutazione del disturbo sui ricettori. Sarà altresì valutata la possibilità di concerto con le Amministrazioni comunali e con le Autorità competenti di richiedere specifiche deroghe ai limiti di riferimento così come indicato dalla norma UNI 9614:2017 (appendice C) per le attività temporanee per le quali misure mitigative adeguate non sono implementabili o economicamente non sensate quando viste all'interno della breve durata dell'attività disturbante. Nel caso specifico infatti il disturbo provocato da una volata ha una durata limitata in un intervallo particolarmente ristretto nel tempo nonché una frequenza limitata al solo periodo diurno di 1-2 eventi giornalieri.

Quali ulteriori azioni che la Ditta appaltatrice metterà in atto preliminarmente ai lavori, unitamente al progetto di esecuzione delle volate, si prevede in accordo con quanto indicato dalla norma UNI 9614:2017:

- di individuare, qualora necessario sulla base delle necessità realizzative, di individuare eventuali valori soglia in deroga ai limiti indicati dalla UNI 9614:2017 di concerto con l'Autorità competente in virtù anche della tipologia di attività (evento breve durata, frequenza limitata nel giorno);
- di definire un Piano di gestione dell'impatto vibrazionale di cantiere (PGIVC) in accordo alla norma UNI 9614:2017;
- di predisporre una attività informativa preventiva in modo da tenere informata la popolazione interessata e quindi facilitare la tollerabilità delle persone alle vibrazioni indotte;
- di prevedere un monitoraggio attivo mediante misure vibrazionali così come definito nell'ambito del Piano di Monitoraggio Ambientale riferito al Corso d'Opera.

### 3.6 SALUTE UMANA

#### 3.6.1 SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO

Seguendo la metodologia esplicitata nei cap. 1 e 2, di seguito sono stati individuati i principali impatti potenziali che l'opera oggetto del presente studio potrebbe generare sulla componente in esame.

Considerando separatamente le azioni di progetto nelle tre dimensioni in cui è stata distinta l'opera (costruttiva, fisica ed operativa) sono stati individuati, per il presente documento, i fattori causali dell'impatto e conseguentemente gli impatti potenziali per la sola dimensione costruttiva.

La catena Azioni di progetto – fattori causali di impatto – impatti ambientali potenziali riferita alla componente Salute umana è riportata nella seguente tabella.

Azioni di progetto		Fattori causali	Impatti potenziali
<i>Salute umana</i>			
<b>AC</b>	<b>Attività di cantiere - lavorazioni</b>	Produzione emissioni acustiche;	Compromissione del clima acustico;
		Produzione emissione inquinanti,	Modifica della qualità dell'aria,
<b>AC.10</b>	<b>Scavo con microcariche</b>	Produzione di emissioni vibrazionali	Disturbo da vibrazioni negli edifici

*Tabella 3-27 Salute umana: Matrice di causalità – dimensione Costruttiva*

Nel seguito della trattazione, si riportano le analisi quantitative delle concentrazioni e delle interferenze acustiche prodotte durante la fase di cantiere.

#### 3.6.2 ANALISI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE

##### *Inquinamento atmosferico e salute umana*

Al fine di comprendere come la nuova infrastruttura, durante la fase di cantiere, possa determinare modifiche sullo stato di salute della popolazione residente nel suo intorno, sono state condotte delle simulazioni atmosferiche modellistiche finalizzate alla valutazione delle concentrazioni di PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> e NO<sub>2</sub> generate dalle attività di cantiere e dai mezzi circolanti sulla viabilità. La metodologia utilizzata è quella del "Worst Case Scenario", (si rimanda al Par. 3.1.2 per una dettagliata descrizione).

Al fine di individuare gli scenari peggiori occorre non solo identificare l'attività più critica in termini di emissioni di inquinanti, ma anche tenere in considerazione la contemporaneità delle lavorazioni, la sovrapposizione spaziale degli effetti e la localizzazione degli elementi sensibili presenti al contorno dell'area. Sulla base di ciò sono stati individuati due scenari di simulazione, all'interno dei quali avvengono le seguenti attività:

- Attività di frantumazione del materiale all'interno del cantiere base;
- Carico e scarico del materiale polverulento nelle aree di stoccaggio;
- Erosione del vento sui cumuli presenti nelle aree di stoccaggio;

- Attività di carico e scarico del materiale nei pressi del fronte di scavo della galleria.

Inoltre, con riferimento allo scenario 1, sono state valutate le concentrazioni di NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> generate dal traffico di cantiere circolante sulla viabilità. Nello specifico, è stato assunto un flusso medio pari a 66 veicoli/ giorno bidirezionali.

Attraverso la schematizzazione delle aree e della viabilità di cantiere all'interno del software Aermod View, i cui input principali fanno riferimento alle caratteristiche geometriche e ai fattori di emissione, è stato possibile determinare le concentrazioni di PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> e NO<sub>2</sub> complessive.

All'interno delle simulazioni, sono stati inseriti recettori puntuali situati nei pressi delle aree di cantiere per la verifica dei limiti normativi sulla protezione della salute umana.

Qui di seguito si riporta una schematizzazione dei dati di input implementati all'interno del modello, per ciascun scenario.

Per lo scenario 1, si può far riferimento all'immagine sottostante:

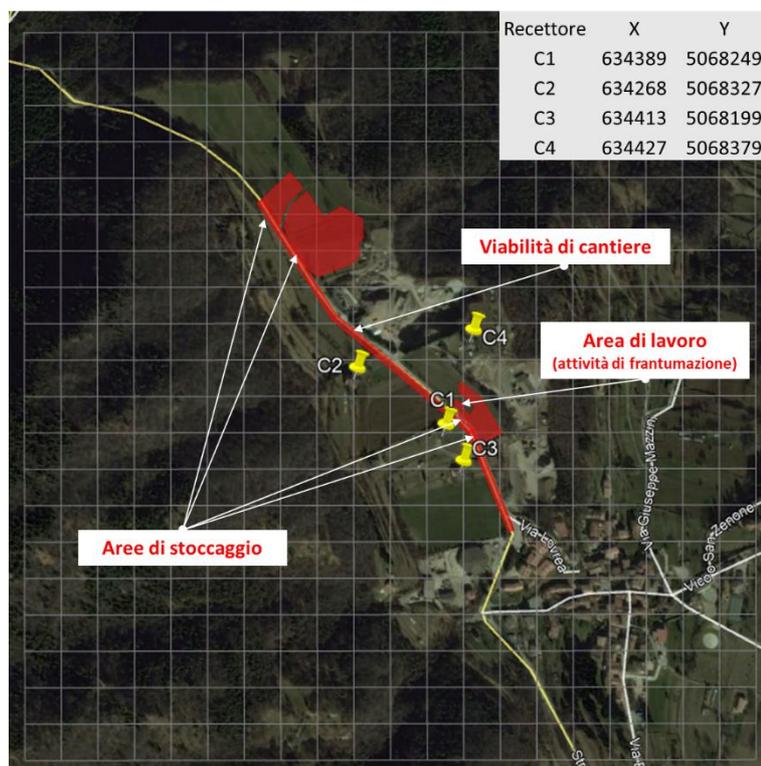


Figura 3-21 Schematizzazione sorgenti con maglia dei punti di calcolo e ricettori discreti – Scenario 1

Per lo scenario 2, invece, si può far riferimento all'immagine sottostante:

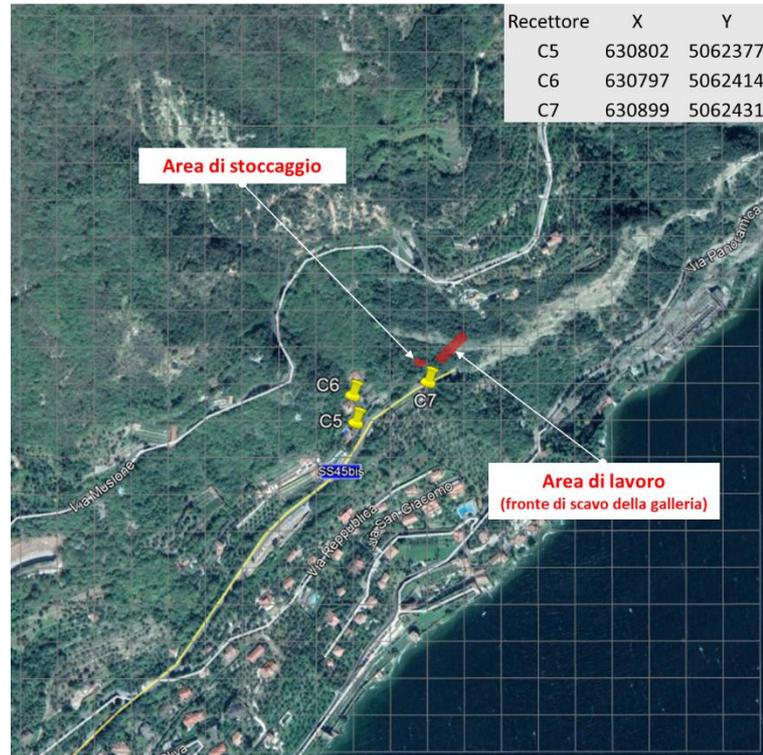


Figura 3-22 Schematizzazione sorgenti con maglia dei punti di calcolo e ricettori discreti – Scenario 2

Dall'analisi degli output del modello, nello scenario 1, è emerso che il recettore maggiormente esposto in termini di medie annue di particolato atmosferico è C1. Infatti, in prossimità di questo si registrano concentrazioni medie annue totali di PM10 (comprensive del fondo misurato dalla centralina Arpa di riferimento) pari a 32,871  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e concentrazione medie annue totali di PM2.5 pari a 17,912  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tuttavia, si precisa che il contributo del solo cantiere (al netto del valore di fondo) sulla qualità dell'aria totale è modesto: circa il 12% per il PM10 e solo il 3% per il PM2.5. In termini di massimi giornalieri di PM10, invece, il ricettore più esposto è risultato C3, in cui si registra una concentrazione massima giornaliera totale di 46,687  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Come detto in precedenza, nello scenario 1 sono state valutate inoltre le concentrazioni di NO2. Dall'analisi delle simulazioni modellistiche è emerso che il recettore più esposto al biossido di azoto è sempre C1, in cui si registra un valore di concentrazione massima oraria totale pari a 22,263  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e un valore di concentrazione media annua totale pari a 20,459  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il contributo del solo cantiere sul totale è comunque modesto è pari al solo 1%.

Per quanto riguarda lo scenario 2, è emerso che il recettore maggiormente esposto in termini di particolato atmosferico è C7. Infatti, in prossimità di questo si registrano concentrazioni massime giornaliera totali di PM10 (comprensive del fondo e del contributo stradale dello stato attuale) pari a 40,026  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , concentrazioni medie annue totali di PM10 pari a 31,318  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e concentrazione medie annue totali di PM2.5 pari a 17,823  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tuttavia, si precisa che il contributo del solo cantiere (al netto del valore di fondo) sulla qualità dell'aria totale è modesto: circa il 7% per il PM10 e solo il 2% per il PM2.5.

### *Inquinamento acustico e salute umana*

Come per la componente Aria e Clima per la componente rumore la metodologia utilizzata è quella del “Worst Case Scenario”, (si rimanda al Par. 3.1.2 per una dettagliata descrizione).

Nel modello è stato quindi imputato il layout delle diverse aree di cantiere, ovvero quelle relative alle aree operative di lavoro (fronte scavo) e le aree di deposito materiali/inerti.

Inoltre, per quanto concerne le aree di stoccaggio situate nel comune di Tignale è stato considerato unitamente alle attività di cantiere interne alle aree, il rumore indotto dal traffico di cantiere e per il quale è stato considerato lo scenario più critico legato alla Fase 2 della realizzazione dell’opera in cui è previsto un traffico di cantiere pari a 66 mezzi/giorno e ad essi è stata correlata una velocità di 30 Km/h.

Per ciascun scenario è stata considerata la condizione operativa potenzialmente più impattante definita sulla scorta delle lavorazioni previste, impianti e macchinari presenti, caratteristiche emissive e maggior frequenza di esecuzione. In tal senso gli scenari riferiti ai cantieri operativi in prossimità degli imbocchi alla galleria di progetto tiene conto di una modalità di scavo mediante esplosivo in quanto certamente caratterizzata da un livello emissivo maggiore seppur concentrata in pochi secondi e limitata ad una frequenza di uno solo evento nell’intero periodo di attività del cantiere.

Altresì lo scenario riferito al cantiere base tiene conto del funzionamento in continuo degli impianti di betonaggio e frantumazione, oltre che alle attività di stoccaggio inerti, che certamente costituiscono una condizione di maggior interferenza in virtù della loro operatività in continuo durante il periodo di attività diurna. Tutti gli scenari si limitano al solo periodo diurno, in quanto in tutti i casi non sono previste attività o lavorazioni nel periodo notturno.

In virtù di quanto detto gli scenari assunti nelle simulazioni acustiche previsionali sono:

Tipologia cantiere	Lavorazioni	Sorgenti acustiche
<b>Imbocco sud</b>	Scavo mediante esplosivo	Esplosivo
	Movimentazione e stoccaggio temporaneo materiale da scavo	Pala gommata Camion Escavatore
	Ventilazione galleria	Impianto ventilazione/aspirazione aria Gruppo elettrogeno
<b>Imbocco nord</b>	Scavo mediante esplosivo	Esplosivo
	Movimentazione e stoccaggio temporaneo materiale da scavo	Pala gommata Camion Escavatore
	Ventilazione galleria	Impianto ventilazione/aspirazione aria Gruppo elettrogeno
<b>Cantiere base e aree di stoccaggio temporaneo</b>	Frantumazione inerti da scavo	Impianto di frantumazione
	Produzione calcestruzzi	Impianto di betonaggio
	Movimentazione e stoccaggio materiale da scavo	Pala gommata Camion

Tipologia cantiere	Lavorazioni	Sorgenti acustiche
		Escavatore
	Trasporto terre alle aree di stoccaggio	Traffico cantiere

Tabella 3–28 Caratterizzazione degli scenari oggetto di studio riferiti alla fase di Corso d’Opera individuati secondo la metodologia del “worst case scenario”

Per quanto concerne le sorgenti acustiche caratterizzanti le aree di cantiere, l’analisi consiste nell’individuazione dei ricettori potenzialmente interferiti dal rumore indotto dalle attività di cantiere.

Le sorgenti emmissive presenti all’interno dei cantieri fissi sono state schematizzate all’interno del modello di calcolo come sorgenti di tipo puntuale, poste ad un’altezza di 1,5 metri, fatta eccezione per l’impianto di frantumazione e l’impianto di betonaggio posti ad un’altezza di 4 metri. Per quanto concerne le aree di stoccaggio esse sono state imputate all’interno del modello come sorgenti areali poste ad un’altezza di 1,5 metri.

Dai risultati ottenuti e riportati in appendice, si evince come sussistano condizioni di superamento dei limiti individuati dai P.C.C.A. dei comuni di riferimento per 6 ricettori, di cui un solo ricettore situato nell’area di lavorazione CO\_01 relativa al fronte di scavo dell’imbocco sud della galleria e i rimanenti 5 ricettori in prossimità del cantiere base CB\_01.

Si evidenzia che per quanto concerne il cantiere operativo CO\_02, data la consistente distanza che intercorre tra i ricettori e le aree di lavorazione, con particolare riferimento al fronte di scavo della galleria, non si sono riscontrate condizioni di criticità e pertanto non sono previste opere di mitigazione di tipo temporaneo.

Nella Tabella 3-29 si riportano i valori calcolati ad 1 metro della facciata più esposta dei ricettori per i quali si è verificato il superamento dei limiti di immissione acustica:

ID	N° Piano	Limiti esterni Leq(A)	Livelli esterni Leq(A)	Livello residuo in facciata
R_A16	PT	60	62,5	2,5
R_A16	P1	60	64,9	4,9
R_A16	P2	60	66,6	6,6
RC_02	PT	60	63,7	3,7
RC_02	P1	60	64,1	4,1
RC_02	P2	60	64,5	4,5
RC_03	PT	70	69,4	-
RC_03	P1	70	70,2	0,2
RC_05	PT	70	64,9	-
RC_07	PT	60	63,9	3,9
RC_08	PT	60	74,8	14,8
RC_08	P1	60	76,4	16,4

ID	N° Piano	Limiti esterni Leq(A)	Livelli esterni Leq(A)	Livello residuo in facciata
RC_09	PT	60	68,2	8,2
RC_09	P1	60	68,9	8,9

Tabella 3-29 Rumore di cantiere: Valori acustici ai ricettori in assenza di opere di mitigazione acustica

Quale mitigazione acustica per il contenimento della rumorosità indotta dalle attività di cantiere, si è individuata l'installazione di barriere antirumore di tipo mobile lungo le aree di lavoro.

Nella Tabella 3-30 e nella Tabella 3-31 si riportano rispettivamente le caratteristiche dimensionali delle barriere antirumore previste e i valori acustici registrati ad un metro dalla facciata più esposta degli edifici potenzialmente interferiti dalle attività di cantiere, prima e dopo l'inserimento delle opere di mitigazione acustica:

ID	Localizzazione	Lunghezza [m]	Altezza [m]
BA_01	CO_01	35	3
BA_02	CO_01	16	3
BA_03	CO_01	12	3
BA_04	CB_01	300	4
BA_05	AS_02	170	4
BA_06	AS_02	60	4
BA_07	AS_01	82	4
BA_08	AS_01	70	4

Tabella 3-30 Corso d'opera post mitigazione: Caratteristiche dimensionali barriere antirumore

ID	N° Piano	Limiti esterni Leq(A)	Livelli esterni Leq(A) Ante mitiga- zione	Livelli esterni Leq(A) Post mitiga- zione	Riduzione Livelli esterni dB(A))	H Bar- riera
R_A16	PT	60	62,5	50,6	-11,9	3 m
R_A16	P1	60	64,9	54,8	-10,1	3 m
R_A16	P2	60	66,6	57,2	-9,4	3 m
RC_02	PT	60	63,7	59,9	-3,8	4 m
RC_02	P1	60	64,1	60,7	-3,4	4 m
RC_02	P2	60	64,5	61,5	-3	4 m
RC_03	PT	70	69,4	65,8	-3,6	4 m
RC_03	P1	70	70,2	68,5	-1,7	4 m
RC_05	PT	70	64,9	62,8	-2,1	4 m
RC_07	PT	60	63,9	57,6	-6,3	4 m
RC_08	PT	60	74,8	66,3	-8,5	4 m
RC_08	P1	60	76,4	67,9	-8,5	4 m
RC_09	PT	60	68,2	61,9	-6,3	4 m
RC_09	P1	60	68,9	63	-5,9	4 m

Tabella 3-31 Rumore di cantiere: confronto valori in facciata ante e post mitigazione

Come si evince dalla Tabella 3-31 attraverso l'adozione degli interventi di mitigazione descritti si ha una riduzione consistente dei livelli acustici in facciata agli edifici, tuttavia, per quanto concerne i ricettori RC\_02, RC\_08 e RC\_09, persiste il superamento dei limiti acustici indicati dal PCCA del Comune di Tignale.

In tal senso per limitare il disturbo indotto dalle attività di cantiere, la ditta appaltatrice, nella fase di realizzazione delle opere di progetto dovrà adottare i seguenti accorgimenti:

1. Corretta scelta delle macchine e delle attrezzature da utilizzare, attraverso:
  - la selezione di macchinari omologati, in conformità alle direttive comunitarie e nazionali;
  - l'impiego di macchine per il movimento di terra ed operatrici gommate, piuttosto che cingolate;
  - l'installazione di silenziatori sugli scarichi;
  - l'utilizzo di impianti fissi schermati;
  - l'uso di gruppi elettrogeni e compressori insonorizzati di recente fabbricazione.
2. Manutenzione dei mezzi e delle attrezzature, nell'ambito delle quali provvedere:
  - all'eliminazione degli attriti, attraverso operazioni di lubrificazione;
  - alla sostituzione dei pezzi usurati;
  - al controllo e al serraggio delle giunzioni, ecc.
3. Corrette modalità operative e di predisposizione del cantiere, quali ad esempio:
  - l'orientamento degli impianti che hanno un'emissione direzionale (quali i ventilatori) in posizione di minima interferenza;
  - la localizzazione degli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori critici;
  - l'utilizzo di basamenti antivibranti per limitare la trasmissione delle vibrazioni;
  - l'imposizione all'operatore di evitare comportamenti inutilmente rumorosi e l'uso eccessivo degli avvisatori acustici, sostituendoli ove possibile con quelli luminosi;
  - l'obbligo, ai conducenti, di spegnere i mezzi nei periodi di mancato utilizzo degli stessi;
  - la limitazione, allo stretto necessario, delle attività più rumorose nelle prime/ultime ore del periodo di riferimento diurno indicato dalla normativa (vale a dire tra le ore 6 e le ore 8 del mattino e tra le 20 e le 22).

Per quanto riguarda, invece, il traffico indotto dai mezzi d'opera, si evidenzia che qualora si dovessero determinare delle situazioni di particolare criticità dal punto di vista acustico in corrispondenza di ricettori prossimi alla viabilità di cantiere, potrà essere previsto il ricorso all'utilizzo di barriere antirumore di tipo mobile, in grado di essere rapidamente movimentate da un luogo all'altro. In particolare, si tratta di barriere fonoassorbenti, generalmente realizzate con pannelli modulari in calcestruzzo alleggerito con fibra di legno mineralizzato e montate su un elemento prefabbricato di tipo new-jersey, posto su di un basamento in cemento armato.

Si specifica infine, che gli interventi di mitigazione individuati saranno oggetto di ottimizzazione da parte della ditta appaltatrice, la quale, si farà carico in fase di inizio lavori, di avviare le procedure per la richiesta al Comuni di Tignale della deroga temporanea ai limiti acustici nel periodo diurno (06:00-22:00), così come previsto dalla L.447/95 e dalla Legge Regionale Lombardia n°13 del 10 agosto 2001.

Stante la temporaneità delle azioni di cantiere e il limitato periodo di sovrapposizione delle attività ritenute più critiche si ritiene comunque l'impatto acustico poco significativo.

In ogni caso al fine di monitorare le attività di cantiere rispetto alla componente "Rumore" si prevede una attività di monitoraggio per la quale si rimanda allo specifico elaborato T00MO00MOARE01\_A.

#### *Le vibrazioni e la salute umana*

Al fine di determinare l'impatto generato dalle vibrazioni durante lo scavo della galleria sulla popolazione, l'impostazione metodologica assunta come riferimento segue la norma UNI 9614:2017 che individua dei valori soglia per ciascuna tipologia di edificio per stabilire l'entità del disturbo da vibrazioni sugli edifici.

Lo studio previsionale condotto ha come scopo quello di individuare una legge di propagazione di sito per la previsione delle vibrazioni immesse in termini di accelerazione.

A tale scopo il modello di propagazione assunto e valido per tutti i tipi di onde è di tipo analitico e si basa sull'equazione di Bornitz che tiene conto dei diversi meccanismi di attenuazione a cui l'onda vibrazionale è sottoposta durante la propagazione nel suolo.

Utilizzando tale metodologia, applicando il percorso inverso, nota la distanza tra fronte di scavo e ricevitore e il valore soglia limite di riferimento si determina la massima emissione vibrazionale necessaria affinché la volata risulti indurre un'immissione vibrazionale non disturbante. Tali valori potranno essere oggetto di modifica, di concerto gli Enti pubblici competenti, sulla scorta delle analisi preliminari all'avvio dei lavori e del brillamento di volate prova affinché possa essere individuato un eventuale valore soglia in deroga al limite di riferimento quale connubio tra aspetti progettuali ed operativi e entità del disturbo sui ricettori anche in virtù delle azioni preventive che saranno messe in atto dalla Ditta appaltatrice nell'ambito della gestione ambientale del cantiere.

Essendo le attività previste esclusivamente nel periodo diurno e i ricettori più critici, ovvero quelli caratterizzati da un valore soglia inferiore, quelli a destinazione residenziale, il valore di riferimento assunto per determinare la condizione massima ammissibile in corrispondenza della volata è pari a  $7,2 \text{ mm/s}^2$  in prossimità del ricevitore. Nota quindi la distanza tra ricevitore e fronte di scavo, si individua il valore massimo ammissibile in prossimità della volata affinché sia rispettato il criterio di disturbo da vibrazioni indicato dalla UNI 9614:2017.

Dall'altimetria di progetto si evince come i ricettori più esposti siano quelli in prossimità dell'imbocco sud posti tra le pk 0+100 e 0+300 m ad una differenza di quota tra fronte scavo e piano campagna tra i 60 e i 100 m. Considerando il caso critico si ottiene che l'accelerazione massima da assumere come riferimento nella progettazione della volata deve essere tale da raggiungere un valore di  $257 \text{ mm/s}^2$  ad una distanza di circa 10 m dal fronte di esplosione delle microcariche.

Tale valore come detto potrà essere oggetto di modifica a seguito di eventuali richieste di deroga in virtù della tipologia di attività temporanea e della frequenza di accadimento e di concerto con gli Enti competenti.

### 3.6.3 IL RAPPORTO OPERA – AMBIENTE E LE MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE ADOTTATE DURANTE LA FASE DI CANTIERE

#### *Inquinamento atmosferico e salute umana*

Alla luce delle analisi sopra riportate, considerando che gli scenari individuati sono rappresentativi della condizione più critica, le interferenze prodotte dalle attività di cantiere sullo stato di salute della popolazione circostante, possono ritenersi poco significative in quanto, anche con l'aggiunta del valore di fondo di riferimento e del contributo emissivo dello stato attuale, non si hanno superamenti dei limiti normativi sia in termini di PM<sub>10</sub> che di PM<sub>2,5</sub> che di NO<sub>2</sub>.

Saranno comunque previsti dei punti di monitoraggio in fase di cantiere per verificare i livelli di emissioni in atmosfera durante i lavori. Inoltre, si sottolinea comunque l'impiego di alcune *best practice* (per le quali si rimanda al Par.3.1.3) da adottare in fase di cantiere al fine di minimizzare l'esposizione agli inquinanti da parte della popolazione circostante.

#### *Inquinamento acustico e salute umana*

Le analisi condotte in relazione alla componente rumore per la dimensione costruttiva hanno messo in luce la necessità di ricorrere ad opere di mitigazione acustica di tipo indiretto al fine di contenere le emissioni prodotte dai mezzi di cantiere. Si evidenzia che gli interventi di mitigazione individuati saranno oggetto di ottimizzazione da parte della ditta appaltatrice, la quale, qualora si renda necessario, avvierà in fase di inizio lavori, le procedure per la richiesta ai Comuni territorialmente competenti, della deroga temporanea ai limiti acustici così come previsto dalla L.447/95.

Stante la temporaneità delle azioni di cantiere e il limitato periodo di sovrapposizione delle attività si ritiene comunque l'impatto acustico poco significativo.

Come per la componente Aria e Clima al fine di monitorare le attività di cantiere rispetto alla componente "Rumore" si prevede inoltre un'attività di monitoraggio mediante due postazioni in corrispondenza degli edifici R\_A16 e R\_A10 in quanto quelli più prossimi alle aree di lavoro per lo scavo della galleria e un'ulteriore postazione in prossimità dell'edificio RC\_08 in corrispondenza del cantiere base e delle aree di stoccaggio site nel Comune di Tignale.

#### *Le vibrazioni e la salute umana*

Le analisi effettuate attraverso il modello di propagazione basato sull'equazione di Bornitz hanno determinato che l'accelerazione massima da assumere come riferimento nella progettazione della volata deve essere tale da raggiungere un valore di 257 mm/s<sup>2</sup> ad una distanza di circa 10 m dal fronte di esplosione delle microcariche.

Sarà valutata la possibilità di concerto con le Amministrazioni comunali e con le Autorità competenti di richiedere specifiche deroghe ai limiti di riferimento così come indicato dalla norma UNI 9614:2017 (appendice C) per le attività temporanee per le quali misure mitigative adeguate non sono implementabili o economicamente non sensate quando viste all'interno della breve durata dell'attività disturbante. Nel caso specifico infatti il disturbo provocato da una volata ha una durata limitata in un intervallo particolarmente

ristretto nel tempo nonché una frequenza limitata al solo periodo diurno di 1-2 eventi giornalieri.

Quali ulteriori azioni che la Ditta appaltatrice metterà in atto preliminarmente ai lavori, unitamente al progetto di esecuzione delle volate, si prevede in accordo con quanto indicato dalla norma UNI 9614:2017:

- di individuare, qualora necessario sulla base delle necessità realizzative, di individuare eventuali valori soglia in deroga ai limiti indicati dalla UNI 9614:2017 di concerto con l’Autorità competente in virtù anche della tipologia di attività (evento breve durata, frequenza limitata nel giorno);
- di definire un Piano di gestione dell’impatto vibrazionale di cantiere (PGIVC) in accordo alla norma UNI 9614:2017;
- di predisporre una attività informativa preventiva in modo da tenere informata la popolazione interessata e quindi facilitare la tollerabilità delle persone alle vibrazioni indotte;
- di prevedere un monitoraggio attivo mediante misure vibrazionali così come definito nell’ambito del Piano di Monitoraggio Ambientale riferito al Corso d’Opera.

### 3.7 PAESAGGIO E PATRIMONIO CULTURALE

#### 3.7.1 SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO

Lo schema di processo, ossia la sequenza logica di operazioni mediante le quali individuare le tipologie di effetti potenzialmente prodotti da un’opera sull’ambiente, si fonda sul concetto di nesso di causalità intercorrente tra Azioni di progetto, Fattori causali ed Impatti potenziali.

Per quanto concerne la matrice di correlazione tra Azioni di progetto, Fattori causali di impatto e tipologie di Impatti ambientali potenziali, nella tabella seguente si riporta la matrice di sintesi Azioni-Fattori-Impatti, per la componente in questione.

Azioni di progetto		Fattori causali	Impatti potenziali
<i>Paesaggio e patrimonio culturale</i>			
<b>AC</b>	<b>Attività di cantiere - lavorazioni</b>	Presenza mezzi d’opera e aree di cantiere	Modificazione dell’assetto percettivo, scenico e panoramico Modificazione dell’assetto agricolo e vegetazionale Modificazione della morfologia dei luoghi Alterazione dei sistemi paesaggistici

*Tabella 3–32 Paesaggio e patrimonio culturale: Matrice di causalità – dimensione Costruttiva*

#### 3.7.2 ANALISI DELLE POTENZIALI INTERFERENZE IN FASE DI CANTIERE

In riferimento alla metodologia utilizzata per l’analisi degli impatti potenziali, per quanto riguarda la dimensione costruttiva, le azioni di progetto da considerare per i diversi interventi, sono riassunte nella matrice di correlazione Azioni-Fattori causali-Impatto potenziali (Tabella 3–32).

In fase di cantiere, le azioni di progetto individuate, correlate alla componente in esame si esplicitano nelle seguenti attività specifiche, inerenti alle lavorazioni:

- Approntamento aree di cantiere, scotico del terreno vegetale, scavi e sbancamenti, demolizione pavimentazioni, formazione rilevati, rinterrì, esecuzione fondazioni, posa in opera di elementi prefabbricati, realizzazione elementi gettati in opera, realizzazione della sovrastruttura stradale e trasporto di materiali.

In relazione ad una possibile compromissione di aree sensibili dal punto di vista paesaggistico, in riferimento alle azioni di progetto e le relative attività considerate come significative, si possono quindi considerare come impatti potenziali:

- Modificazione dell'assetto percettivo, scenico e panoramico
- Modificazione dell'assetto agricolo e vegetazionale
- Modificazione della morfologia dei luoghi
- Alterazione dei sistemi paesaggistici

Con riferimento alla dimensione costruttiva, la finalità dell'indagine è quella di verificare le potenziali interferenze che le attività di cantiere connesse alla realizzazione dell'opera possono indurre sul paesaggio e patrimonio culturale in termini di modifica degli aspetti connessi al paesaggio nel suo assetto percettivo, scenico e panoramico.

L'indagine operata, si è sviluppata mediante analisi relazionali tra gli aspetti strutturali e cognitivi del paesaggio e le azioni di progetto relative alla dimensione costruttiva, evidenziando di quest'ultime, quelle che possono maggiormente influire in riferimento alla alterazione delle condizioni percettive del paesaggio.

In ragione di tale approccio si ipotizza che le attività riconducibili all'approntamento delle aree di cantiere ed il connesso scavo del terreno, per la presenza di mezzi d'opera e, più in generale, quella delle diverse tipologie di manufatti relativi alle aree di cantiere (quali baraccamenti, impianti, depositi di materiali), possano costituire elementi di intrusione visiva, originando così una modificazione delle condizioni percettive, nonché comportare un'alterazione del significato dei luoghi, determinando una modificazione del paesaggio percettivo.

Per la modificazione dell'assetto percettivo, scenico e panoramico, l'entità degli impatti derivanti dalle installazioni dei cantieri previsti può tuttavia considerarsi di livello basso, perché se è vero che da un lato su alcune aree la percezione generale del territorio potrà variare a livello di ingombro fisico, dall'altro c'è da sottolineare come questa rivesta sempre carattere temporaneo.

Per quanto concerne la potenziale modifica dell'uso del suolo, è possibile affermare quindi come a seguito dell'installazione dei cantieri, non si rileverà formazione di reliquati agricoli (se non piccolissime porzioni in rapporto all'estensione dell'intervento), ovvero di aree con attuale destinazione agricola che risulterebbero marginali e non più in connessione con il resto degli appezzamenti agricoli e pertanto soggette ad abbandono e degrado, in quanto se per quanto riguarda i cantieri operativi l'ubicazione è agli imbocchi delle

gallerie, per cantieri base ed aree di stoccaggio, questi si svilupperanno su aree di dimensioni e localizzazione tali da non dare origine al fenomeno.

Per quanto detto quindi l'impatto relativo alla modifica dell'assetto agricolo e vegetazionale, sarà di tipo temporaneo e limitato alle attività di cantiere, in quanto necessariamente andrà a modificarsi la configurazione nell'area per realizzare la nuova opera.

In riferimento alle aree di cantiere previste dal progetto, alla conclusione dei lavori di realizzazione degli interventi, tali aree saranno tempestivamente smantellate, con la pulizia delle aree interferite, con asportazione di eventuali rifiuti e/o residui di lavorazione. Successivamente si procederà al rimodellamento morfologico locale e puntuale in maniera tale da raccordare l'area oggetto di smantellamento con le adiacenti superfici del fondo, utilizzando il terreno vegetale precedentemente accantonato; si può perciò affermare che le attività connesse all'approntamento di tali aree determineranno degli impatti pressoché trascurabili in termini di modifica della morfologia del paesaggio. Non si rileva inoltre eliminazione o compromissione di tracciati caratterizzanti riconoscibili sul terreno.

Infine, analizzando la struttura paesaggistica nel suo insieme, a partire dalle variazioni nei suoi caratteri percettivi scenici e panoramici per poi valutarne anche tutti gli altri aspetti sia tipo fisico, che naturale ed antropico, per quanto riguarda i cantieri analizzati (base, operativi ed aree di stoccaggio), si può affermare come resti pressoché invariata. Le uniche alterazioni sono di tipo temporaneo e ad ogni modo di modesta entità a livello di intrusione visiva, ad esempio in relazione alla presenza costante di mezzi lungo la rete stradale (dalle aree di cantiere base al tracciato da realizzare) che ovviamente saranno temporanee e limitate ai tempi di lavorazione.

Analoghe considerazioni valgono anche per quanto attiene alla presenza dei baraccamenti, dei mezzi d'opera, nonché dei depositi temporanei, dal momento che l'intrusione visiva determinata dai detti elementi è limitata nel tempo.

Pertanto, l'alterazione dei sistemi paesaggistici, non si rileva come significativa in quanto i sistemi paesaggistici nell'area di indagine restano riconoscibili anche durante la fase di cantierizzazione che non ne modifica i caratteri sostanziali, fondamentalmente per la modesta entità degli interventi in relazione all'estensione dei sistemi e dei loro caratteri peculiari.

In conclusione, quindi in merito alle operazioni legate alla fase di cantiere, a partire dai cantieri operativi localizzati agli imbocchi della galleria si prevede che la significatività degli impatti in questa fase possa essere generalmente considerata di livello basso e comunque di tipo reversibile.

Nelle aree occupate dal cantiere base e dalle aree di stoccaggio, di dimensioni maggiori, le quali sorgeranno su aree agricole ma comunque lontane dai percorsi panoramici e significativi per la fruizione delle visuali paesaggisticamente rilevanti, la significatività dell'impatto può considerarsi di livello medio-basso, in quanto ad ogni modo reversibile.

Dopo aver introdotto e specificato quindi quali possano essere le caratteristiche specifiche di ogni tipo di impatto analizzato inerente alla dimensione di tipo costruttivo sulla componente paesaggio e beni culturali, questi possono essere ragionevolmente valutati complessivamente di bassa entità.

### 3.7.3 IL RAPPORTO OPERA – AMBIENTE E LE MISURE DI PREVENZIONE E MITIGAZIONE ADOTTATE DURANTE LA FASE DI CANTIERE

Alla luce dell'analisi degli impatti ambientali potenziali che la realizzazione dell'opera potrebbe indurre sulla componente in esame, è stato valutato nel rapporto opera – ambiente, quanto questi possano incidere e come poterli eventualmente mitigare.

Per quanto riguarda una possibile compromissione di aree sensibili in riferimento alla componente paesaggistica, in fase di cantiere si può ritenere che gli impatti abbiano una significatività di livello basso ed ad ogni modo di tipo reversibile.

In merito alla modificazione dell'assetto percettivo, scenico e panoramico, anche questo, in riferimento alle aree di cantiere è da considerarsi di modesta entità in quanto il carattere dell'interferenza sarà di tipo temporaneo, dal momento in cui tutte le lavorazioni previste così come le aree impegnate, lo saranno solo per il tempo necessario al completamento dell'opera infrastrutturale di progetto.

Lo stesso può dirsi per quanto concerne la modifica dell'assetto agricolo e vegetazionale, con riferimento specifico alle aree di lavorazione che verranno ripristinate al termine dei lavori riportandole al loro stato originario; posto quanto detto, quindi l'impatto non è significativo né a lungo termine come appena descritto, né a breve, poiché la scelta di localizzare le aree di lavorazione non permetterà la formazione di reliquati agricoli durante le lavorazioni, conservando così gli usi presenti allo stato attuale nell'intorno del territorio interessato.

Neanche a livello morfologico al termine delle operazioni di lavorazione si potranno apprezzare modifiche significative a causa degli accumuli di materiale nelle aree adibite, poiché saranno tempestivamente smantellate asportando rifiuti e residui di lavorazione.

In merito alla struttura paesaggistica nel suo insieme e quindi in riferimento all'alterazione dei sistemi paesaggistici interessati dall'opera, non si rilevano modifiche significative durante la fase di cantiere, in ragione del fatto che tutti gli aspetti che potrebbero concorrere a rilevare una diversa percezione, non sussistono come appena esplicitato, anche in ragione della localizzazione delle aree più significative a livello di dimensioni, al di fuori di visuali panoramiche di rilievo

L'analisi generale porta quindi alla conclusione che l'impatto stimato sia mitigabile e quindi non si registrino impatti negativi, poiché al termine dei lavori, le aree di cantiere saranno tempestivamente smantellate, sarà effettuato lo sgombero e lo smaltimento del materiale di risulta derivante dalle opere di realizzazione, evitando la creazione di accumuli permanenti in loco. Si procederà a fare lavorazioni del terreno sgomberato dal cantiere sul quale verrà poi ripristinato il terreno precedentemente rimosso con lo scotico. Nella stagione utile precedente allo sgombero del cantiere verrà effettuata la raccolta del fiorume dai prati limitrofi che presentano le stesse caratteristiche e la stessa tipologia di habitat, il fiorume se necessario verrà stoccato in luogo fresco e asciutto per essere poi steso sul terreno di scotico ripristinato.