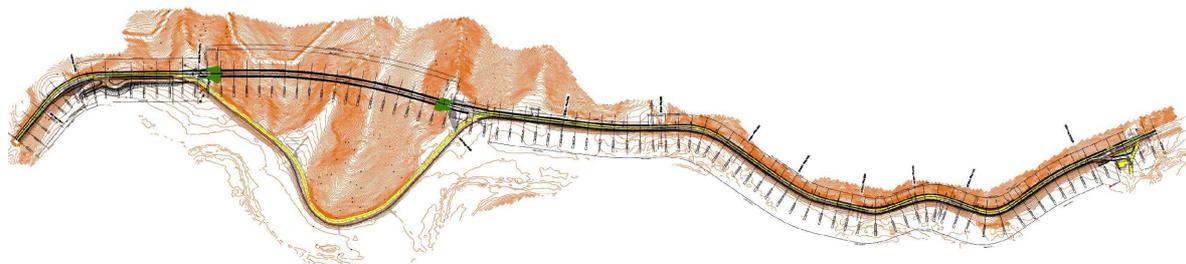


## S.S. 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"

**RETTIFICA DEL TRACCIATO E ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL km 41+500 al km 51+500**  
**STRALCIO 1 - LAVORI DI ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL km 49+300 al km 51+500**



### PROGETTO DEFINITIVO

IMPRESA ESECUTRICE		GRUPPO DI LAVORO ANAS	
			
PROGETTAZIONE		RESPONSABILE DEI LAVORI	
			
IL PROGETTISTA	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE	RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	
<i>Ing. Valerio BAJETTI</i> Ordine degli Ingegneri della provincia di Roma n°A26211 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)	<i>Ing. Fabrizio BAJETTI</i> Ordine degli Ingegneri della provincia di Roma n°10112 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)	<i>Ing. Alessandro MICHELI</i>	
			
		PROTOCOLLO	DATA

N. ELABORATO:	<b>STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE</b>
<b>R104</b>	<b>PARTE GENERALE</b>
	Parte 4 - Gli impatti della cantierizzazione

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	T00_IA_00_AMB_RE_04		
PG0374D2201	CODICE ELAB. T00IA00AMBRE04	A	
D			
C			
B			
A	PRIMA EMISSIONE	MARZO 2023	ING. CAROLINA BAJETTI ING. GIANCARLO TANZI ING. VALERIO BAJETTI
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>7</b>
<b>3.</b>	<b>LA SIGNIFICATIVITÀ DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE.....</b>	<b>8</b>
3.2	A – POPOLAZIONE E SALUTE UMANA .....	8
3.2.1	SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO.....	8
3.2.2	MODIFICA DELLE CONDIZIONI DI ESPOSIZIONE ALL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO.....	9
3.2.3	MODIFICA DELLE CONDIZIONI DI ESPOSIZIONE ALL'INQUINAMENTO ACUSTICO .....	12
3.3	B – BIODIVERSITÀ .....	14
3.3.1	SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO.....	14
3.3.2	VARIAZIONE DELLE CARATTERISTICHE QUALITATIVE DEGLI HABITAT E DELLE BIOCENOSI .....	15
3.3.3	ALLONTANAMENTO E DISPERSIONE DELLA FAUNA.....	18
3.4	C – SUOLO, USO DEL SUOLO E PATRIMONIO AGROALIMENTARE .....	20
3.4.1	ALTERAZIONE DELLA QUALITÀ DEL SUOLO E DEI PRODOTTI AGROALIMENTARI .....	21
3.5	D – GEOLOGIA E ACQUE .....	22
3.5.1	SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO.....	22
3.5.2	MODIFICA DELL'ASSETTO GEOMORFOLOGICO .....	23
3.6	E – ATMOSFERA.....	25
3.6.1	SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO.....	25
3.6.2	MODIFICA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA .....	25
3.6.2.1	METODOLOGIA DI ANALISI .....	25
3.6.2.2	LA METODOLOGIA PER IL CALCOLO DEI FATTORI DI EMISSIONE .....	33
3.6.2.3	OUTPUT DELLE SIMULAZIONI .....	42
3.6.2.4	BEST PRACTICE DA ADOTTARE DURANTE LA FASE DI CANTIERE.....	48
3.7	F – SISTEMA PAESAGGISTICO: PAESAGGIO E PATRIMONIO CULTURALE.....	49
3.7.1	SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO.....	49
3.7.2	MODIFICA DEL PAESAGGIO PERCETTIVO .....	50
3.8	G1 – A GENTI FISICI: RUMORE .....	54
3.8.1	SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO.....	54
3.8.2	MODIFICA DEL CLIMA ACUSTICO .....	54
3.9	G2 – AGENTI FISICI: VIBRAZIONI.....	59

3.9.1	SELEZIONE DEI TEMI DI APPROFONDIMENTO.....	59
3.9.2	MODIFICA DELL'ESPOSIZIONE ALLE VIBRAZIONI .....	60
3.9.2.1	MODELLO DI CALCOLO .....	60
3.9.2.2	CARATTERIZZAZIONE DELLO SCENARIO DI SIMULAZIONE .....	60
3.9.2.3	RISULTANZE DELLE ANALISI .....	62
3.9.2.4	ASPETTI CONCLUSIVI.....	63

## 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 4 del presente SIA, costituita dal documento in esame) e dall'opera della sua dimensione fisica ed operativa (Parte 5 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).

Dimensione	Modalità di lettura
<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. 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>	Attività che deriva dalla lettura degli interventi costitutivi l'opera in progetto, colta nelle sue tre dimensioni.
<b>Fattore causale</b>	Aspetto delle azioni di progetto che interagendo con l'ambiente può dar luogo a possibili impatti
<b>Impatto 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.

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.

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 ciascun e ambientale, al fine dell'individuazione dei fattori causali e conseguentemente degli impatti associati ad ogni azione di progetto.

### Dimensione

### costruttiva

<b>AC.1</b>	Approntamento aree di cantiere
<b>AC.2</b>	Scavi e sbancamenti
<b>AC.3</b>	Scavi di galleria
<b>AC.4</b>	Stoccaggio di materiali polverulenti
<b>AC.5</b>	Movimentazione materie
<b>AC.6</b>	Presenza delle aree di cantiere fisso

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

### 3. LA SIGNIFICATIVITÀ DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

#### 3.2 A – Popolazione e salute umana

##### 3.2.1 Selezione dei temi di approfondimento

Seguendo la metodologia esplicitata al precedente Capitolo 1, di seguito sono stati individuati i principali impatti potenziali che l'opera oggetto del presente studio potrebbe generare sul fattore ambientale 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 Popolazione umana è riportata nella seguente tabella.

#### Popolazione umana

Dimensione costruttiva			
Azioni di progetto		Fattori causali	Impatti potenziali
<b>AC.2</b>	Scavi e sbancamenti	Produzione/emissioni acustiche e di inquinanti	Modifica delle condizioni di esposizione all'inquinamento atmosferico Modifica delle condizioni di esposizione all'inquinamento acustico
<b>AC.3</b>	Scavi di galleria		
<b>AC.4</b>	Stoccaggio di materiali		
<b>AC.5</b>	Movimentazione materie		

Tabella 3-1 Correlazione Azioni di progetto – fattori causali – impatti potenziali

### 3.2.2 Modifica delle condizioni di esposizione all'inquinamento atmosferico

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 PM10, PM2,5 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".

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 (A e B); tuttavia al fine della valutazione delle modifiche sullo stato di salute della popolazione, è possibile prendere in considerazione il solo Scenario A, che comprende l'area del cantiere base (CB.01) e l'area di lavorazione (AL.01) per la realizzazione dell'imbocco della galleria. Inoltre, sono state simulate due sorgenti emissive lineari relative alla strada asfaltata e non asfaltata per il transito dei mezzi di cantiere su cui sono stati ipotizzati 5 veicoli bidirezionali orari circolanti. (per maggiori dettagli si rimanda alla componente atmosfera).

Nel seguito si riportano le caratteristiche principali di tale scenario.

#### SCENARIO A

<i>Sorgenti areali</i>		<i>Attività di cantiere</i>
CB.01	6800 m <sup>2</sup>	Formazione e stoccaggio cumuli
		Erosione del vento dai cumuli
		Gas di scarico dei mezzi di cantiere
AL.01	600 m <sup>2</sup>	Formazione e stoccaggio cumuli
		Erosione del vento dai cumuli
		Gas di scarico dei mezzi di cantiere
<i>Sorgenti lineari</i>		<i>Attività di cantiere</i>
ST.01		Traffico di cantiere
ST.02		Traffico di cantiere
		Transito mezzi di cantiere su strade non asfaltate

Tabella 3-2 Caratteristiche sorgenti emissive - Scenario A

Al fine di poter effettuare, la sovrapposizione degli effetti tra i valori di fondo di qualità dell'aria ed il contributo del cantiere in esame, si è fatto riferimento a 3 ricettori residenziali rappresentativi degli edifici più vicini alle aree di cantiere simulate, secondo quanto riportato in tabella e figura seguenti.

Ricettore	Coordinata X (m)	Coordinata Y (m)	Destinazione d'uso
C1	323228	4734682	Edificio residenziale
C4	323274	4734406	Edificio residenziale
C5	323472	4734947	Edificio residenziale

Tabella 3-3 Coordinate ricettori residenziali considerati - Scenario A



Figura 3-1 Localizzazione sorgenti emittive e ricettori - Scenario A (strada asfaltata ST.01 in giallo e strada non asfaltata ST.02 in rosso)

In particolare, sono state analizzate:

- le concentrazioni medie annue di PM10, PM2,5 e NO<sub>2</sub>;
- il 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere di PM10, in considerazione del limite giornaliero da non superare per più di 35 giorni all'anno;
- il 99,8° percentile delle concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub>, in considerazione del limite orario da non superare per più di 18 volte all'anno.

Per quanto riguarda il PM10:

- il valore più alto in termini di concentrazioni medie annue è stato stimato presso C4 ed è pari a 0,045 µg/m<sup>3</sup>, quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di 40 µg/m<sup>3</sup>;
- il valore più alto in termini di 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere si trova in corrispondenza di C4 ed è pari a 0,183 µg/m<sup>3</sup>, quindi inferiore al limite normativo di 50 µg/m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda il PM2,5:

- il valore più alto in termini di concentrazioni medie annue è stato stimato presso C1 ed è pari a 0,01 µg/m<sup>3</sup>, quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di 25 µg/m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda l'NO<sub>2</sub>:

- il valore più alto in termini di concentrazioni medie annue si trova in corrispondenza di C1 ed è pari a 0,117 µg/m<sup>3</sup>, quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di 40 µg/m<sup>3</sup>;
- il valore più alto in termini di 99,8°percentile delle concentrazioni orarie è stato stimato presso C1 ed è pari a 10,937 µg/m<sup>3</sup>, quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di 200 µg/m<sup>3</sup>.

I risultati qui sinteticamente riportati (per maggiori dettagli si rimanda alla componente atmosfera) hanno evidenziato come le concentrazioni stimate per la fase di cantiere del progetto risultino sempre al di sotto dei limiti normativi e come le interferenze prodotte dalle attività di cantiere sullo stato di salute della popolazione circostante possano dunque ritenersi poco significative.

### **3.2.3 Modifica delle condizioni di esposizione all'inquinamento acustico**

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 acustiche modellistiche finalizzate alla valutazione del livello di esposizione della popolazione all'inquinamento acustico e del disturbo che da esso ne scaturisce.

A tal fine sono stati considerati due diversi scenari operativi di cantiere: il primo connesso alle aree di cantiere di tipo fisso, con le annesse attività lavorative interne e le aree di deposito, e il secondo a quelle di tipo mobile, definendo cantieri tipologici che si differenziano per le diverse attività lavorative e sorgenti emissive presenti al loro interno.

La prima fase consiste nella valutazione del clima acustico legato alle emissioni sonore prodotte dalle attività che si svolgono all'interno dei cantieri operativi e delle aree di deposito.

In riferimento a tale scenario, le aree di cantiere di tipo fisso, le relative aree di deposito e le attività interne sono state localizzate secondo quanto indicato dagli elaborati progettuali.

La seconda fase è finalizzata invece all'analisi e valutazione del rumore indotto dal fronte di avanzamento dei lavori. Per rappresentare le condizioni peggiori determinate dall'operatività e dall'avanzamento, lungo le aree di intervento, delle diverse sorgenti all'interno del cantiere mobile, è stato considerato un cantiere tipologico. Stante le caratteristiche progettuali e considerando la mutevole distanza tra il cantiere mobile e i ricettori adiacenti ad esso, come attività ritenuta critica è stata presa in considerazione quella inerente alla realizzazione del corpo del rilevato.

Tale metodo permette di determinare in ogni situazione la configurazione peggiore. A seguito della modellizzazione dei cantieri mobili viene individuata la distanza che intercorre tra il fronte di lavoro e la curva isolivello, rappresentativa del valore limite indicati dai Piani di Classificazione Acustica dei Comuni territorialmente competenti, verificando la presenza di eventuali ricettori all'interno di tale fascia. Sulla base delle precedenti valutazioni si sono individuati gli opportuni interventi di mitigazione acustica, ovvero barriere antirumore mobili di altezza pari a 3 metri.

Per quanto concerne i cantieri di tipo fisso in ragione della tipologia del tracciato di studio è stato individuato uno scenario di simulazione.

Nello specifico lo scenario selezionato riguarda le aree di cantiere per le quali si sono ritenuti non trascurabili gli effetti indotto dalle lavorazioni e per i quali si è ritenuto necessario verificare le condizioni di esposizione al rumore dei ricettori limitrofi ad esse. Per lo scenario individuato è stata considerata la contemporaneità delle seguenti attività di cantiere:

- Scenario di simulazione:
  - Lavorazione presso area di deposito;
  - Scavo imbocco sud galleria;
  - Traffico di cantierizzazione.

Le risultanze delle simulazioni hanno escluso interferenze acustiche legate alle attività di cantiere fisso, mentre per quanto riguarda il cantiere mobile e dunque l'avanzamento dei lavori le analisi hanno messo in evidenza il superamento, seppur di lieve entità, dei limiti acustici dettati dai PCCA dei comuni competenti.

Come opera di mitigazione volta alla tutela del benessere della popolazione residente nell'area di intervento sono state individuate barriere di tipo mobile di altezza pari a 3 metri da apporre lungo le aree di lavorazione. Le simulazioni mostrano come attraverso l'adozione degli interventi di mitigazione descritti tutti i ricettori residenziali, per i quali nello scenario corso d'opera presentavano un superamento dei limiti normativi, risultano completamente mitigati.

Dai risultati ottenuti e riportati nello studio acustico a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti (cfr. T00IA07AMBRE01A), non si evincono particolari criticità legate a condizioni di disturbo per la salute umana e dunque gli effetti potenziali possono ritenersi trascurabili.

### 3.3 B – Biodiversità

#### 3.3.1 Selezione dei temi di approfondimento

In base alla metodologia esplicitata nel capitolo 1 e alle azioni di progetto identificate nel capitolo 2, di seguito sono stati individuati i principali impatti potenziali che l’opera oggetto del presente studio potrebbe generare sul fattore ambientale 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 al fattore ambientale biodiversità, è riportata nella seguente tabella.

#### Biodiversità

##### Dimensione costruttiva

Azioni di progetto		Fattori causali	Impatti potenziali
<b>AC.2</b>	Scavi e sbancamenti	Produzione/emissioni acustiche e di inquinanti	Variazioni delle caratteristiche qualitative degli habitat e delle biocenosi Allontanamento e dispersione della fauna
<b>AC.3</b>	Scavi di galleria		
<b>AC.4</b>	Stoccaggio di materiali		
<b>AC.5</b>	Movimentazione materie		

Tabella 3-4 Correlazione Aziono di progetto -fattori causali – impatti potenziali

Dall’analisi della precedente tabella si evince che, per quanto concerne il fattore ambientale “biodiversità”, con riferimento alla “Dimensione costruttiva”, 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 relative biocenosi presenti. Inoltre 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.

### **3.3.2 Variazione delle caratteristiche qualitative degli habitat e delle biocenosi**

Durante la fase di cantiere le lavorazioni previste, con riferimento in particolare alle azioni di scavo e sbancamento 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 e reversibile, 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.

Come descritto nella Parte 2 del presente SIA, l'area in esame è caratterizzata da una rilevante presenza di ambienti naturali, tra cui si menziona la fascia ripariale del Fiume Nera, la quale è parte del sito della Rete Natura 2000 "Valnerina".

L'unica area di cantiere fisso prevista, ad esclusione delle aree di scavo della galleria, sarà allestita in un contesto antropico e nello specifico su un campo sportivo (Figura 3-2) adiacente all'attuale SS 685 e al nucleo abitato del Borgo di Castel San Felice.

Tale area, destinata prevalentemente al deposito e allo stoccaggio dei materiali, interessa quindi da una matrice antropica, in cui negli immediati dintorni le biocenosi attese non risultano essere particolarmente sensibili o vulnerabili, inoltre l'area si trova ubicata ad una ragionevole distanza dalla ZSC "Valnerina" e dai relativi a habitat di interesse comunitario.



Figura 3-2 Localizzazione dell'area di cantiere base (stoccaggio e deposito materiali)

In merito alle interferenze sul fattore ambientale "Biodiversità" potenzialmente generate dall'emissione di inquinanti derivanti dalle fasi di cantiere (PM10, PM2,5, NOx e NO2), si è fatto riferimento alle simulazioni condotte per il fattore ambientale "Atmosfera", alle quali si rimanda per maggiori approfondimenti.

In particolare sono state analizzate le situazioni definite cautelativamente a maggiore criticità riconducibili a due scenari di simulazione: uno scenario definito "A" che comprende l'area del cantiere base (CB.01) e l'area di lavorazione (AL.01) per la realizzazione dell'imbocco della galleria ed uno scenario definito "B" che comprende l'area di cantiere relativa al cantiere mobile (AL.02) per la realizzazione del nuovo tratto stradale, situata in prossimità della Zona Speciale di Conservazione "Valnerina". In particolare per entrambi gli scenari sono stati scelti dei recettori considerati appositamente per la vegetazione (recettori C2, C3, C6 e C7 in Figura 3-3) e l'inquinante NOx.



Figura 3-3 Localizzazione ricettori - Scenario A (a sinistra) e scenario B (a destra)

Per entrambi gli scenari, relativamente alla totalità degli inquinanti considerati (PM10, PM2,5, NOx e NO2) i risultati non hanno evidenziato condizioni di criticità e superamento dei limiti normativi né per i recettori vegetazionali, né per i recettori scelti per la salute umana anche con l'aggiunta del valore di fondo di riferimento e del contributo emissivo dello stato attuale.

Inoltre, con la finalità di minimizzare la diffusione degli inquinanti, si sottolinea che verranno adottate alcune Best Practice da adottare in fase di cantiere illustrate dello Studio Atmosferico, al quale si rimanda per maggiori approfondimenti.

Le conclusioni derivanti quindi dalle analisi relative alle eventuali variazioni di qualità dell'aria consentono di valutare come trascurabile anche le potenziali conseguenze sulla qualità degli habitat e sullo stato di salute delle relative biocenosi.

In relazione ai potenziali impatti generati dalle lavorazioni di cantiere, al fine ridurre il rischio di sversamenti accidentali, l'inquinamento delle acque superficiali e sotterranee, nonché al fine di contenere l'aumento della polverosità, saranno previsti una serie di accorgimenti consistenti in buone pratiche di cantiere, atti a minimizzare tali interferenze.

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

### 3.3.3 Allontanamento e dispersione della fauna

La produzione di rumore dovuta alle attività lavorative previste in fase di cantiere può causare disturbo, ed eventuale allontanamento, per le specie faunistiche più sensibili.

Il popolamento faunistico dell'area oggetto delle lavorazioni risulta costituito principalmente da specie che dovrebbero essere abituate al rumore prodotto dal transito degli automezzi, dato che il tracciato del progetto è in parte un adeguamento della viabilità esistente; tuttavia, la vicinanza con la fascia fluviale del Nera e la relativa ZSC ed ai versanti boscati presenti nelle immediate vicinanze potrebbero ospitare numerose specie faunistiche rilevanti, come descritto nella Parte 2 del presente SIA.

Le analisi condotte per il fattore ambientale rumore, al quale si rimanda per specifiche e approfondimenti, hanno previsto delle simulazioni relative alla fase di cantiere considerando due diversi scenari operativi di cantiere: il primo connesso alle aree di cantiere di tipo fisso, con le annesse attività lavorative interne e le aree di deposito, e il secondo a quelle di tipo mobile, definendo cantieri tipologici che si differenziano per le diverse attività lavorative e sorgenti emissive presenti al loro interno.

In merito al secondo scenario, stante le caratteristiche progettuali e considerando la mutevole distanza tra il cantiere mobile e i ricettori adiacenti ad esso, come attività ritenuta critica è stata presa in considerazione quella inerente alla realizzazione del corpo del rilevato per l'allargamento della sezione stradale.

Tra i ricettori scelti per l'analisi della fauna, con particolare riferimento alle specie più sensibili, sono stati presi in considerazione i ricettori individuati all'interno della ZSC "Valnerina" (Figura 3-4).



Figura 3-4 Ubicazione dei ricevitori individuati all'interno dell'area protetta "Valnerina"

Dai risultati ottenuti, emerge come che per le aree di cantiere fisso (cantiere operativo in Figura 3-5) non sussistano superamenti dei limiti individuati dei comuni di riferimento, di conseguenza, si possono escludere eventuali effetti significativi sulle specie faunistiche più sensibili.

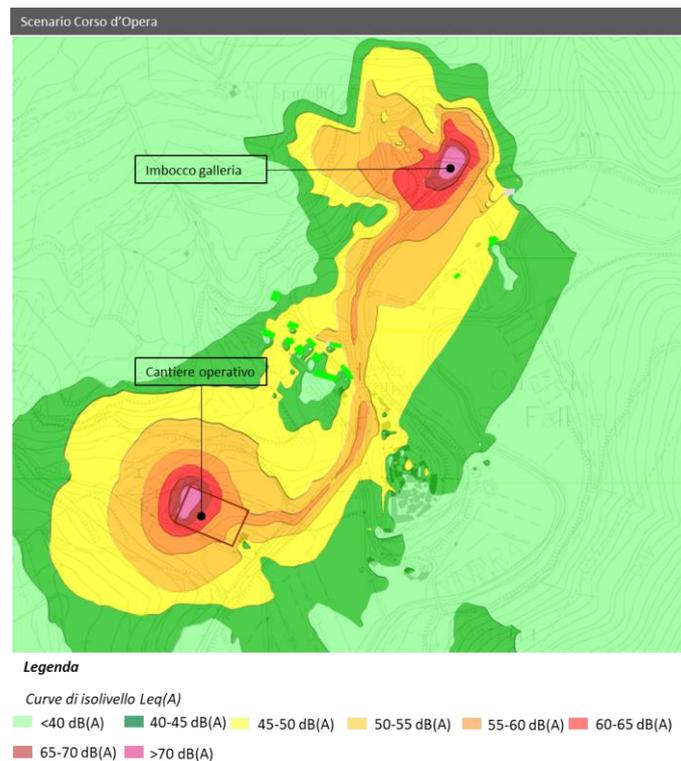


Figura 3-5 Mappatura acustica dello scenario "Corso d'Opera"

In relazione all'area di lavorazione considerata come maggiormente critica è stata presa in considerazione quella inerente alla realizzazione del corpo del rilevato per l'allargamento della piattaforma stradale nel punto più vicino all'area naturale protetta. In merito alle simulazioni condotte per questo secondo scenario, i risultati emersi hanno evidenziato il superamento dei limiti normativi per alcuni ricettori, tra cui anche il ricettore AP\_01, posto all'interno della Zona Speciale di Conservazione. 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. Inoltre, in fase di esecuzione delle opere in progetto si prevede l'adozione di varie misure per la salvaguardia del clima acustico.

In considerazione delle barriere acustiche previste e delle misure per la salvaguardia del clima acustico individuate, della natura temporanea e reversibile dell'interferenza in esame e che le lavorazioni si concentreranno in aree limitrofe al sedime stradale esistente, si può considerare l'impatto relativo all'allontanamento e dispersione della fauna come trascurabile.

### 3.4 C – Suolo, uso del suolo e patrimonio agroalimentare

In base alla metodologia esplicitata nel capitolo 1 e alle azioni di progetto identificate nel capitolo 2 di seguito sono stati individuati i principali impatti potenziali che l’opera oggetto del presente studio potrebbe generare sul fattore ambientale 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 al fattore ambientale suolo, uso del suolo e patrimonio agroalimentare, è riportata nella seguente tabella.

#### Suolo, uso suolo e patrimonio agroalimentare

##### Dimensione costruttiva

Azioni di progetto		Fattori causali	Impatti potenziali
<b>AC.2</b>	Scavi e sbancamenti	Produzione/emissioni di inquinanti	Alterazione della qualità del suolo e dei prodotti agroalimentari
<b>AC.3</b>	Scavi di galleria		
<b>AC.4</b>	Stoccaggio di materiali		
<b>AC.5</b>	Movimentazione materie		

Tabella 3-5 Correlazione Aziono di progetto -fattori causali – impatti potenziali

In relazione alla “Dimensione costruttiva” 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 e/o della funzionalità del suolo prodotti agroalimentari.

### **3.4.1 Alterazione della qualità del suolo e dei prodotti agroalimentari**

I gas e le polveri, prodotte durante le fasi di realizzazione del progetto in esame, possono ricadere sul terreno circostante, con conseguente alterazione della qualità e/o funzionalità dello stesso e dei prodotti agroalimentari ivi presenti.

Le situazioni di maggior criticità in fase di cantiere, sottolineando comunque la natura temporanea delle stesse, risultano essere l'area del cantiere fisso in quanto sarà adibito allo stoccaggio e deposito dei materiali e le aree di lavorazione relative alla galleria.

I suoli limitrofi a tali aree, con particolare riferimento ai terreni agricoli, sono caratterizzati da seminativi e oliveti nelle aree dei versanti.

L'analisi delle concentrazioni delle polveri e degli ossidi di azoto prodotti dalle attività di cantiere, condotte per il fattore ambientale "atmosfera", al quale si rimanda per specifiche e approfondimenti, ha permesso di valutare come non ci siano superamenti dei limiti normativi, anche con l'aggiunta del valore di fondo di riferimento e del contributo emissivo dello stato attuale. In base a quanto esposto si può ritenere non significativa la potenziale conseguente alterazione della qualità del suolo e dei prodotti agroalimentari.

In merito alla suddetta potenziale interferenza, sono previste, nella fase di cantiere, una serie di buone pratiche di cantiere atte a rendere la possibilità di alterazione della qualità del suolo e dei prodotti agroalimentari estremamente improbabile e di conseguenza trascurabile.

### 3.5 D – Geologia e acque

#### 3.5.1 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 sul fattore ambientale in esame.

La catena Azioni – fattori causali – impatti potenziali riferita al fattore ambientale Geologia e Acque è riportata nella seguente tabella.

#### Geologia e acque

##### Dimensione costruttiva

Azioni di progetto		Fattori causali		Impatti potenziali	
<b>AC.2</b>	Scavi e sbancamenti	Movimentazione	di	Modifica	dell’assetto
<b>AC.3</b>	Scavi di galleria	terreno		geomorfologico	

*Tabella 3-6 Correlazione Azioni di progetto -fattori causali – impatti potenziali*

Con riferimento alla “Dimensione Costruttiva”, gli scavi per la realizzazione dell’opera potrebbero comportare l’instabilità dei versanti potenziale causa di modifica dell’assetto geomorfologico con conseguente modificazione della superficie di ruscellamento delle acque di pioggia.

### **3.5.2 Modifica dell'assetto geomorfologico**

Il tracciato in esame, si colloca nei territori comunali di Sant'Anatolia di Narco e Vallo di Nera, tra le progressive km. 49+300 e km. 51+500 della S.S. 685, dalla località Castel S. Felice (Sant'Anatolia di Narco) e il bivio per Vallo di Nera capoluogo, in località Borbone. L'assetto morfologico dell'area, fortemente dominato dalla presenza del F. Nera, nelle propaggini laterali che bordano la valle risulta modellato dall'intensa attività tettonica, che ha fortemente condizionato la geometria dei versanti montuosi e condizionato lo sviluppo dei processi di erosione, subordinati alla natura dei litotipi affioranti ed al differente grado di alterazione e fratturazione presente, unitamente alla presenza delle lineazioni tettoniche, che hanno condizionato anche la distribuzione dell'idrografia superficiale.

In tale contesto gli interventi di progetto intesi come parametri di progetto che possono dar luogo all'effetto in esame possono sintetizzarsi in:

- allargamento della sede stradale con l'inserimento di un muro di sostegno tra la nuova piattaforma e la pista ciclopedonale
- realizzazione della galleria

Per quanto concerne l'allargamento della sede stradale lato monte in primo luogo occorre sottolineare che tali interventi riguardano limitate parti dell'attuale sede stradale in corrispondenza di tratti in assenza di fenomeni franosi come possibile verificare dalla localizzazione degli interventi nella successiva Figura 3-6 su stralcio della cartografia PAI e Inventario del Fenomeni Franosi.

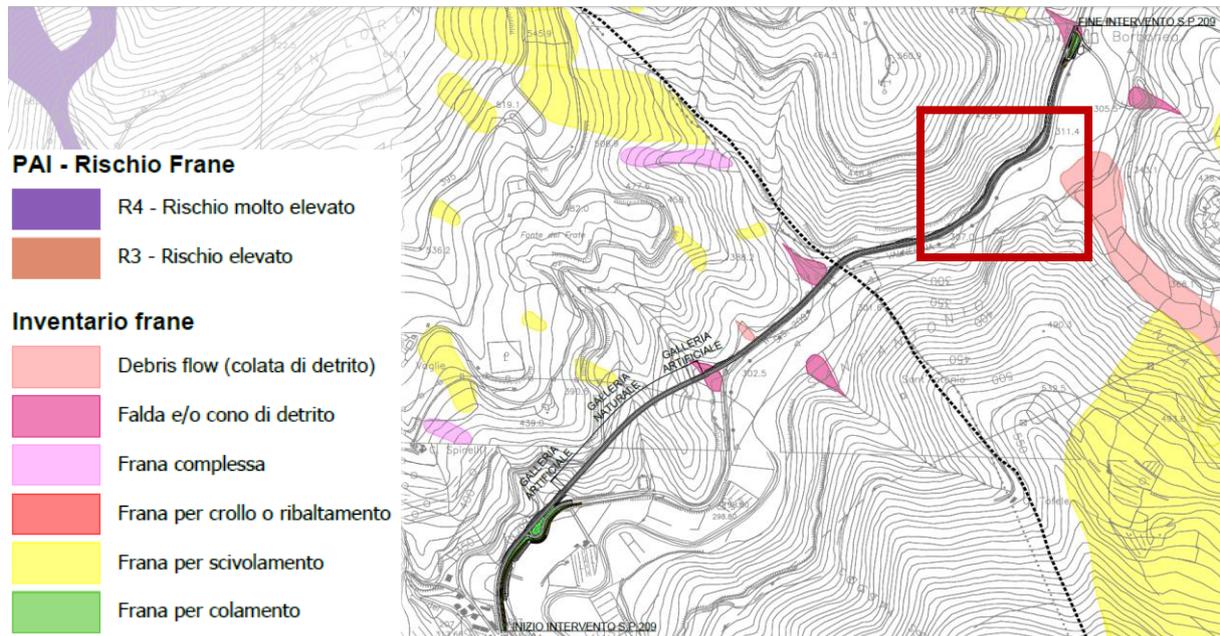


Figura 3-6 Stralcio PAI e IFFI con indicato il tratto d'opera oggetto di allargamento della piattaforma stradale

I versanti interessati da lavori di sbancamento per allargare la sezione stradale e rettificare il tracciato verranno messi in sicurezza con delle reti anticaduta. Inoltre, a valle del versante del tracciato è prevista per la quasi totalità del tratto stradale la realizzazione di un muro di sostegno a L che incrementa la stabilità del versante. La progettazione di tale opera è avvenuta in seguito a dettagliate analisi dei carichi in condizioni ordinarie e in condizioni eccezionali.

Relativamente agli scavi di galleria per la rettifica del tracciato, l'opera in parola sviluppa per una lunghezza di 485 metri. Le lavorazioni di sbancamento per la realizzazione della galleria comporteranno una rimozione di materiale di circa 81.000 m<sup>3</sup> questi verranno in parte riutilizzati e in parte conferiti in discarica o a recupero secondo norma di legge.

Nel complesso gli impatti per la componente geologica e idrica sono da considerarsi di entità bassa in quanto la progettazione ha tenuto in considerazione le criticità dell'area e gli interventi mirano a prevenire impatti importanti.

### 3.6 E – Atmosfera

#### 3.6.1 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.

#### Atmosfera

##### Dimensione costruttiva

Azioni di progetto		Fattori causali	Impatti potenziali
<b>AC.2</b>	Scavi e sbancamenti	Produzione/emissioni di inquinanti	Modifica della qualità dell'aria
<b>AC.3</b>	Scavi di galleria		
<b>AC.4</b>	Stoccaggio di materiali		
<b>AC.5</b>	Movimentazione materie		

Tabella 3-7 Correlazione Aziono di progetto -fattori causali – impatti potenziali

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

#### 3.6.2 Modifica della qualità dell'aria

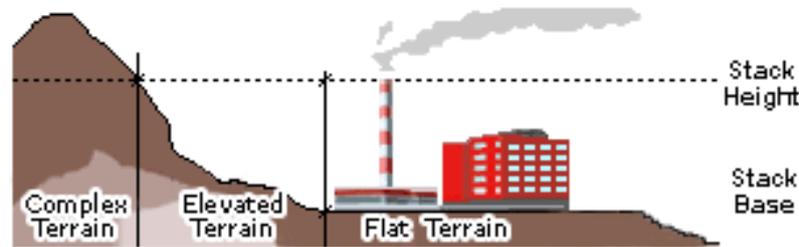
##### 3.6.2.1 METODOLOGIA DI ANALISI

##### **Gli input del software Aermod View**

##### Gli input territoriali

##### *Gli input orografici*

Per la valutazione delle interferenze in fase di cantiere è stato utilizzato il software Aermod 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 3-7.



*Figura 3-7 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".

#### *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 2021.

#### *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 emmissive 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.

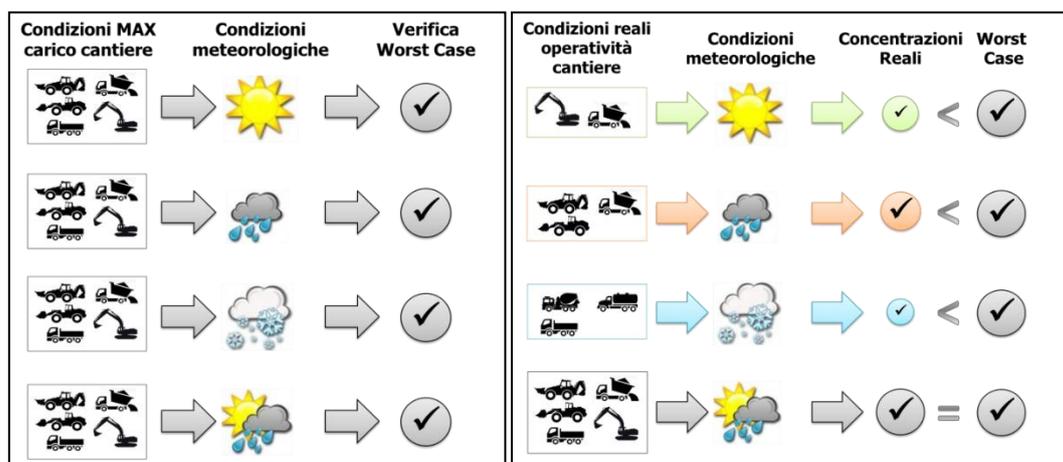


Figura 3-8 Logica delle verifiche con il worst case scenario

Volendo esplicitare la logica della Figura 3-8, 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 rettifica del tracciato e dell'adeguamento alla Sez. Tipo C2 dal km 41+500 al km 51+500 della S.S. 685 "delle tre valli umbre", le attività più critiche per il fattore ambientale atmosfera sono rappresentate principalmente dai movimenti di terra, dai gas di scarico dei mezzi di cantiere e dal traffico di cantiere (per maggiori dettagli si rimanda allo "Studio atmosferico").

Con la finalità di considerare gli scenari rappresentativi delle condizioni peggiori in termini di inquinamento atmosferico e stimare gli effetti di questo sull'uomo e sulla vegetazione, sono stati scelti i seguenti scenari di riferimento in cui si prevedono le attività più critiche in termini di inquinamento atmosferico:

- Scenario A, che comprende l'area del cantiere base (CB.01) e l'area di lavorazione (AL.01) per la realizzazione dell'imbocco della galleria;
- Scenario B, che comprende l'area di cantiere relativa al cantiere mobile (AL.02) per la realizzazione del nuovo tratto stradale, situata in prossimità della Zona Speciale di Conservazione "Valnerina".

Inoltre, sono state simulate due sorgenti emissive lineari relative alla strada asfaltata e non asfaltata per il transito dei mezzi di cantiere su cui sono stati ipotizzati 5 veicoli bidirezionali orari circolanti.

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

Di seguito si riportano le caratteristiche dei due scenari oggetto di simulazione modellistica.

Scenario A

**SCENARIO A**

<i>Sorgenti areali</i>		<i>Attività di cantiere</i>
CB.01	6800 m <sup>2</sup>	Formazione e stoccaggio cumuli
		Erosione del vento dai cumuli
		Gas di scarico dei mezzi di cantiere
AL.01	600 m <sup>2</sup>	Formazione e stoccaggio cumuli
		Erosione del vento dai cumuli
		Gas di scarico dei mezzi di cantiere
<i>Sorgenti lineari</i>		<i>Attività di cantiere</i>
ST.01		Traffico di cantiere
ST.02		Traffico di cantiere
		Transito mezzi di cantiere su strade non asfaltate

Tabella 3-8 Caratteristiche sorgenti emmissive - Scenario A

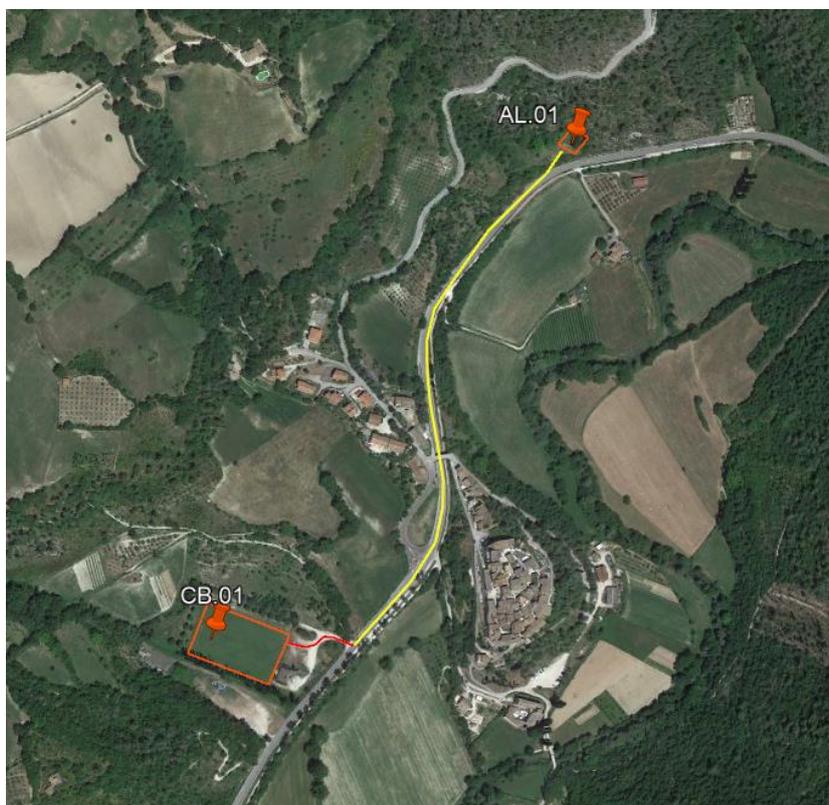


Figura 3-9 Sorgenti emmissive - Scenario A (strada asfaltata ST.01 in giallo e strada non asfaltata ST.02 in rosso)

Scenario B

**SCENARIO B**

<i>Sorgenti areali</i>		<i>Attività di cantiere</i>
AL.02	600 m <sup>2</sup>	Gas di scarico dei mezzi di cantiere

*Tabella 3-9 Caratteristiche sorgenti emissive - Scenario B*

Si sottolinea che, poiché per lo Scenario B è stato considerato un ricettore vegetazionale (cfr. Tabella 3-13), in considerazione del limite annuo per la protezione della vegetazione relativo all'NOx, sono stati considerati i fattori di emissione relativi a tale inquinante.



*Figura 3-10 Sorgente emissiva - Scenario B*

**Definizione dei punti di calcolo**

Prima dell'applicazione del modello è necessario definire 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, per lo Scenario A 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	323296,24
Coordinate del centro della maglia Asse Y	4734563,17
Passo lungo l'asse X	30
Passo lungo l'asse Y	30
N° di punti lungo l'asse X	75
N° di punti lungo l'asse Y	75
N° di punti di calcolo totali	900

Tabella 3-10 Coordinate maglia dei punti di calcolo – Scenario A

Al fine di poter effettuare, la sovrapposizione degli effetti tra i valori di fondo di qualità dell'aria ed il contributo del cantiere in esame, si è fatto riferimento a 3 ricettori residenziali rappresentativi degli edifici più vicini alle aree di cantiere simulate e 3 ricettori vegetazionali, secondo quanto riportato in tabella e figura seguenti.

Ricettore	Coordinata X (m)	Coordinata Y (m)	Destinazione d'uso
C1	323228	4734682	Edificio residenziale
C2	322909	4734389	Vegetazione
C3	323292	4734300	Vegetazione
C4	323274	4734406	Edificio residenziale
C5	323472	4734947	Edificio residenziale
C6	323587	4734991	Vegetazione

Tabella 3-11 Coordinate ricettori considerati - Scenario A

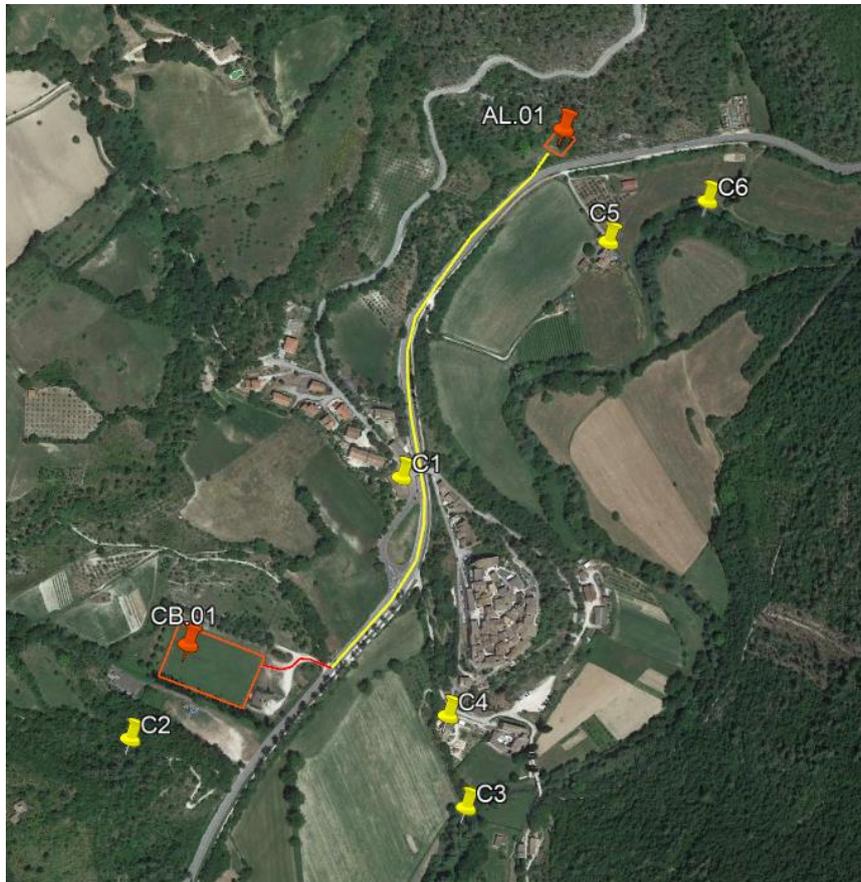


Figura 3-11 Localizzazione ricettori - Scenario A

Per lo scenario B, invece, si può far riferimento alle tabelle e alla figura sottostanti.

Coordinate del centro della maglia Asse X	324117,25
Coordinate del centro della maglia Asse Y	473557,54
Passo lungo l'asse X	50
Passo lungo l'asse Y	50
N° di punti lungo l'asse X	35
N° di punti lungo l'asse Y	35
N° di punti di calcolo totali	1225

Tabella 3-12 Coordinate maglia dei punti di calcolo – Scenario B

Al fine di poter effettuare, la sovrapposizione degli effetti tra i valori di fondo di qualità dell'aria ed il contributo del progetto in esame, si è fatto riferimento ad un ricettore vegetazionale vicino all'area di

cantiere simulata e localizzato all’interno della Zona Speciale di Conservazione “Valnerina”, secondo quanto riportato in tabella e figura seguenti.

Ricettore	Coordinata X (m)	Coordinata Y (m)	Destinazione d’uso
C7	324119	4735643	Vegetazione

Tabella 3-13 Coordinate ricettore considerato - Scenario B

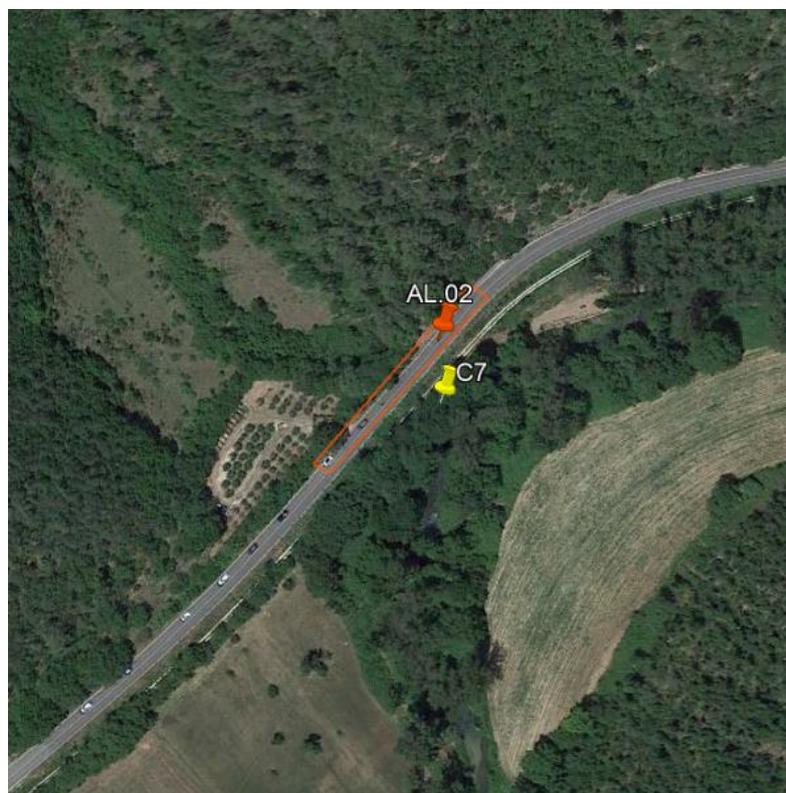


Figura 3-12 Localizzazione ricettore – Scenario B

### 3.6.2.2 LA METODOLOGIA PER IL CALCOLO DEI FATTORI DI EMISSIONE

Il fattore di emissione 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 tale valore si è fatto riferimento a dati e modelli dell’Agenzia di protezione ambientale degli Stati Uniti (US-EPA: AP-42 “Compilation of Air Pollutant Emission Factors”).

All'interno del documento AP-42 sono riportati tutti i fattori di emissione riguardanti le principali sorgenti, dagli impianti industriali, agli impianti estrattivi, sino alle operazioni di costruzioni civili.

In particolare, per la presente analisi, sono stati presi in considerazione i fattori di emissione relativi al PM10, PM2,5 e NOx (i principali inquinanti generati nelle fasi di cantiere), legati alla formazione e allo stoccaggio dei cumuli (AP-42 13.2.4), all'erosione del vento dai cumuli (AP-42 13.2.5) e al transito dei mezzi su strade non asfaltate (AP-42 13.2.2).

Inoltre, per il calcolo delle emissioni dovute ai gas di scarico dei mezzi di cantiere, saranno considerati i fattori di emissione SCAB (South Coast Air Basin) Fleet Average Emission Factors (Diesel) aggiornati al 2021; e per il calcolo delle emissioni relative al traffico di cantiere, i fattori di emissioni forniti da ISPRA<sup>1</sup>.

### **I fattori di emissione relativi alla formazione e stoccaggio dei cumuli**

Nel presente paragrafo vengono calcolati i fattori di emissione generati dall'attività di carico e scarico del materiale movimentato. Nel caso in esame si tratta delle attività di carico sui mezzi pesanti del materiale scavato e dello scarico dai mezzi del materiale per la realizzazione del rilevato nelle aree di lavorazione, nonché della deposizione del materiale nelle aree di stoccaggio. Al fine di calcolare i fattori di emissione per queste attività è stata, pertanto, 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.

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

Tabella 3-14 Valori coefficiente aerodinamico fonte: EPA AP42

<sup>1</sup> fetransp.isprambiente.it

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 3-15 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 in media a 3,1 m/s (valore desunto dall'analisi meteorologica);
- M = percentuale di umidità considerata pari a 4,8 per i rilevati tradizionali;
- k = pari a 0,35 per considerare l'apporto del PM10 e 0,053 per considerare l'apporto del PM2,5.

**I fattori di emissione relativi all'erosione del vento dai cumuli**

Oltre all'attività di carico e scarico del materiale, all'interno delle aree di stoccaggio previste è stata considerata, come attività che genera emissioni di PM10 e PM2,5, anche 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  $P_i$  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 $\mu\text{m}$	<15 $\mu\text{m}$	<10 $\mu\text{m}$	<2.5 $\mu\text{m}$
1,0	0,6	0,5	0,075

Tabella 3-16 Valori coefficiente aerodinamico (Fonte: EPA AP42)

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.

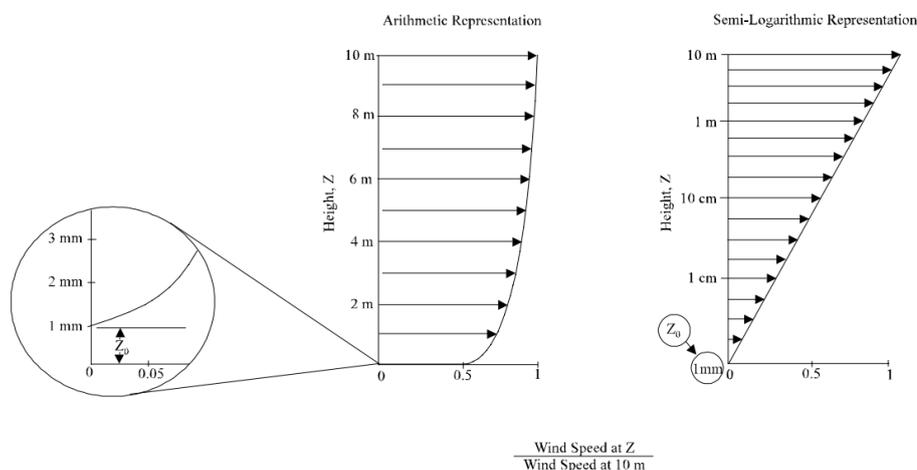


Figura 3-13 Illustrazione del profilo logaritmico della velocità (Fonte: EPA AP42)

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. Chepil). Tuttavia, in mancanza di tali sperimentazioni è possibile fare riferimento ad alcuni risultati già effettuati e riportati in Tabella 3-17.

Material	Threshold Friction Velocity (m/s)	Roughness Height (cm)	Threshold Wind Velocity At 10 m (m/s)	
			Z0=act	Z0=0,5cm
Overburden	1,02	0,3	21	19
Scoria (roadbed material)	1,33	0,3	27	25
Ground coal (surrounding coal pile)	0,55	0,01	16	10
Uncrusted coal pile	1,12	0,3	23	21
Scraper tracks on coal pile	0,62	0,06	15	12
Fine coal dust on concrete pad	0,54	0,2	11	10

Tabella 3-17 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 altezza su diametro sia inferiore a 0,2. 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".

Nel calcolo di  $u_{10}^+$  è stata considerata anche la presenza di eventuali raffiche. Ordinando i valori in senso decrescente in funzione dei diversi giorni dell'anno è possibile determinare il grafico di Figura 3-14.

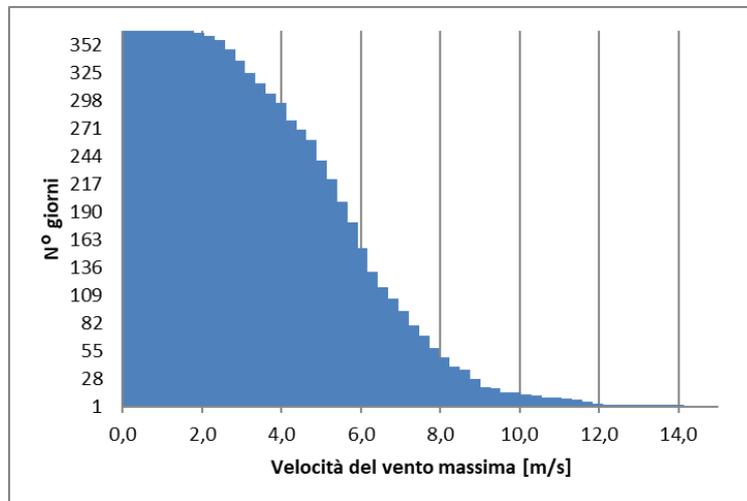


Figura 3-14 Velocità del vento max ordinata in senso crescente

Da tali valori è quindi stato possibile determinare i valori di  $u^*$  così come riportato in Figura 3-15.

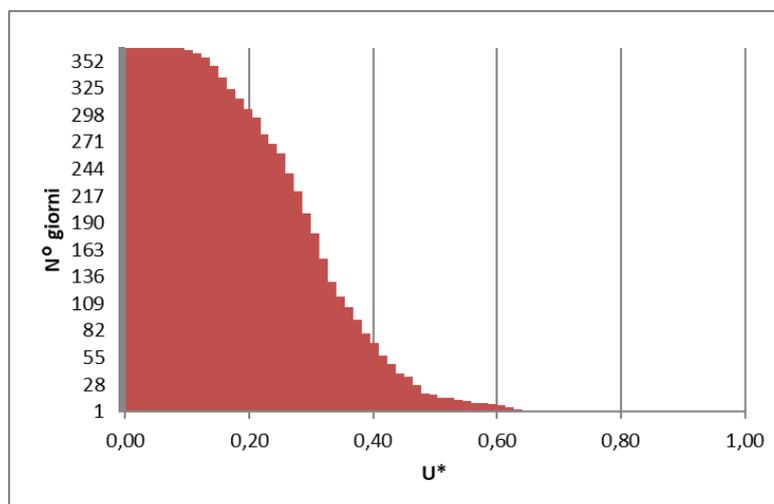


Figura 3-15 - Valori di  $u^*$  ordinati in senso crescente

Dall'analisi dei risultati emerge come  $u^*$  non assuma mai valori soglia, pertanto, l'effetto dell'erosione del vento sui cumuli di materiale depositato nelle aree di stoccaggio risulta trascurabile.

### **I fattori di emissione relativi al transito dei mezzi su strade non asfaltate**

Per il calcolo dell'emissione di particolato dovuto al transito di mezzi su strade non asfaltate si ricorre al modello emissivo proposto nel paragrafo 13.2.2 "Unpaved roads" dell'AP-42. Il rateo emissivo orario risulta proporzionale al volume di traffico e al contenuto di limo (silt) del suolo, inteso come particolato di diametro inferiore a 75 µm. Il fattore di emissione lineare dell'i-esimo tipo di particolato per ciascun mezzo EF (kg km) i per il transito su strade non asfaltate all'interno dell'area industriale è calcolato secondo la formula:

$$EF_i = k_i \times \left(\frac{s}{12}\right)^{a_i} \times \left(\frac{W}{3}\right)^{b_i} [kg/km]$$

dove i è il tipo di particolato, s il contenuto di limo del suolo in percentuale in massa (%), W il peso medio del veicolo (Mg) e k<sub>i</sub>, a<sub>i</sub> e b<sub>i</sub> sono coefficienti che variano a seconda del tipo di particolato, i cui valori sono riportati nella seguente tabella.

Inquinante	k <sub>i</sub>	a <sub>i</sub>	b <sub>i</sub>
PM10	0,423	0,9	0,45
PM2,5	0,00423	0,9	0,45

Tabella 3-18 Definizione coefficienti

Si specifica che la formulazione sopra riportata è valida per un intervallo di valori di limo (silt) compreso tra l'1,8% ed il 25,2%. Poiché la stima di questo parametro non è semplice e richiede procedure tecniche e analitiche precise, in mancanza di informazioni specifiche si suggerisce di considerare un valore all'interno dell'intervallo 12-22%.

Considerato, quindi, il peso medio del mezzo di cantiere, i chilometri percorsi ed il numero medio di viaggi nell'unità di tempo è stato possibile calcolare i fattori di emissione del PM10 e del PM2,5 riferiti alle sorgenti lineari considerate nell'analisi.

### **I fattori di emissione relativi al traffico di cantiere**

Per il calcolo dell'emissione relativa al traffico di cantiere è stato fatto riferimento ai fattori di emissione forniti dall'ISPRA<sup>2</sup>. In particolare, è stata utilizzata la classe Heavy Duty Trucks – Diesel – Rigid 20-26t Euro V

<sup>2</sup> [etransp.isprambiente.it](http://etransp.isprambiente.it)

(riportati nella seguente tabella), tenendo conto del numero dei mezzi impiegati e della lunghezza del percorso.

NOx (g/km)	PM10 (g/km)	PM2,5 (g/km)
2,8776	0,1146	0,0738

*Tabella 3-19 Fattori di emissione relativi al traffico di cantiere considerati*

**I fattori di emissione relativi ai gas di scarico dei mezzi di cantiere**

Per il calcolo dell'emissione dei gas di scarico relativa ai mezzi presenti in cantiere è stato fatto riferimento ai fattori di emissione SCAB (South Coast Air Basin) Fleet Average Emission Factors (Diesel, aggiornati al 2021) dei mezzi di cantiere (riportati nella seguente tabella) tenendo conto del numero dei mezzi impiegati e del numero di ore di lavoro giornaliero di ciascuno di essi.

Mezzi di cantiere	Potenza motore (KW)	NOx (g/s)	PM (g/s)
Escavatore	175	0,0425	0,0021
Escavatore con martellone	175	0,0425	0,0021
Pala gommata	175	0,0528	0,0028
Autocarro	250	0,0552	0,0019

*Tabella 3-20 Fattori di emissione relativi ai gas di scarico dei mezzi di cantiere considerati*

**Sintesi dei fattori di emissione per ogni sorgente**

Nel seguente paragrafo sono stati riportati i fattori di emissione che sono stati utilizzati nelle simulazioni modellistiche di ogni sorgente emissiva nei due scenari di riferimento.

**Scenario A**

Sorgenti emissive	Fattori di emissione		
	NOx (g/s)	PM10 (g/s)	PM2,5 (g/s)
CB.01	0,0954	0,0054	0,0030
AL.01	0,0851	0,0047	0,0026
ST.01	0,0028	0,0001	0,0001
ST.02	0,0003	0,0033	0,0003

*Tabella 3-21 Sintesi dei fattori di emissione dello Scenario A*

**Scenario B**

Sorgenti emissive	Fattori di emissione
	NOx (g/s)
AL.01	0,0978

*Tabella 3-22 Sintesi dei fattori di emissione dello Scenario B*

Si ricorda che, poiché per lo Scenario B è stato considerato un ricettore vegetazionale (cfr. Tabella 3-13), in considerazione del limite annuo per la protezione della vegetazione relativo all'NOx, sono stati considerati i fattori di emissione relativi a tale inquinante.

### 3.6.2.3 OUTPUT DELLE SIMULAZIONI

Nel presente paragrafo si riportano i principali risultati ottenuti dal modello di simulazione. In particolare, per quanto riguarda le concentrazioni degli inquinanti di interesse stimate sull'intera maglia di calcolo è possibile far riferimento agli elaborati grafici allegati:

- "Planimetria dei ricettori e concentrazioni PM10 – Cantiere"
- "Planimetria dei ricettori e concentrazioni PM2,5 – Cantiere"
- "Planimetria dei ricettori e concentrazioni NOx – Cantiere"

#### Scenario A

I risultati delle simulazioni condotte hanno portato alla stima delle concentrazioni di PM10, PM2,5, NOx e NO<sub>2</sub>. In particolare, sono stati analizzati:

- le concentrazioni medie annue di PM10, PM2,5, NOx e NO<sub>2</sub>;
- il 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere di PM10, in considerazione del limite giornaliero per la protezione della salute umana da non superarsi per più di 35 giorni all'anno;
- il 99,8° percentile delle concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub>, in considerazione del limite orario per la protezione della salute umana da non superarsi per più di 18 volte all'anno.

#### PM10

##### *Concentrazioni medie annue di PM10*

Nella tabella di seguito si riportano i valori di concentrazione media annua di PM10 emersi dalle simulazioni in prossimità dei punti ricettori residenziali considerati.

Ricettore	Concentrazione media annua di PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	Media annua di PM10 registrata dalla centralina (µg/m <sup>3</sup> )	Qualità dell'aria complessiva (µg/m <sup>3</sup> )	Limite normativo (µg/m <sup>3</sup> )
C1	0,045	19	19,045	40
C4	0,065		19,065	
C5	0,017		19,017	

Tabella 3-23 Concentrazione media annua di PM10 – Scenario A

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza del ricettore C4, pari a 0,065  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , anche considerando il valore di fondo della centralina di Spoleto – Madonna di Lugo.

*90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere di PM10*

Nella tabella di seguito si riportano i valori del 90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere di PM10 emersi dalle simulazioni in prossimità dei punti ricettori residenziali considerati.

Ricettore	90,4° percentile delle concentrazioni giornaliere di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media annua di PM10 registrata dalla centralina ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Qualità dell'aria complessiva ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite normativo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
C1	0,118	19	19,118	50
C4	0,183		19,183	
C5	0,038		19,038	

*Tabella 3-24 90,4° percentile della concentrazione giornaliera di PM10 – Scenario A*

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza del ricettore C4, pari a 0,183  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , anche considerando il valore di fondo della centralina di Spoleto – Madonna di Lugo.

PM2,5

*Concentrazioni medie annue*

Nella tabella di seguito si riportano i valori di concentrazione media annua di PM2,5 emersi dalle simulazioni in prossimità dei punti ricettori residenziali considerati.

Ricettore	Concentrazione media annua di PM2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media annua di PM2,5 registrata dalla centralina ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Qualità dell'aria complessiva ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite normativo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
C1	0,010	13	13,010	25
C4	0,009		13,009	
C5	0,006		13,006	

Tabella 3-25 Concentrazione media annua di PM2,5 – Scenario A

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza del ricettore C1, pari a 0,01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , anche considerando il valore di fondo della centralina di Spoleto – Madonna di Lugo.

NOx

*Concentrazioni medie annue*

Nella tabella di seguito si riportano i valori di concentrazione media annua di NOx emersi dalle simulazioni in prossimità dei ricettori vegetazionali considerati.

Ricettore	Concentrazione media annua di NOx ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media annua di NOx registrata dalla centralina ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Qualità dell'aria complessiva ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite normativo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
C2	0,151	15	15,151	30
C3	0,077		15,077	
C6	0,142		15,142	

Tabella 3-26 Concentrazione media annua di NOx – Scenario A

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza del ricettore C2, pari a 0,151  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , anche considerando il valore di fondo della centralina di Spoleto – Madonna di Lugo.

### NO<sub>2</sub>

#### *Concentrazioni medie annue*

Nella tabella di seguito si riportano i valori di concentrazione media annua di NO<sub>2</sub> emersi dalle simulazioni in prossimità dei ricettori residenziali considerati.

Si ricorda come i valori di concentrazione dell'NO<sub>2</sub> siano stati ottenuti dall'applicazione della formulazione che lega l'NOx all'NO<sub>2</sub>, individuata sulla base dei monitoraggi condotti da ARPA Umbria in prossimità della centralina di Spoleto – Madonna di Lugo (per maggiori dettagli si rimanda alla Parte 2 del presente SIA).

Ricettore	Concentrazione media annua di NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Media annua di NO <sub>2</sub> registrata dalla centralina ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Qualità dell'aria complessiva ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite normativo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
C1	0,117	10	10,117	40
C4	0,073		10,073	
C5	0,093		10,093	

Tabella 3-27 Concentrazione media annua di NO<sub>2</sub> – Scenario A

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza del ricettore C1, pari a 0,117  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , anche considerando il valore di fondo della centralina di Spoleto – Madonna di Lugo.

#### *99,8° percentile delle concentrazioni orarie dell'NO<sub>2</sub>*

Nella tabella di seguito si riportano i valori del 99,8° percentile delle concentrazioni orarie dell'NO<sub>2</sub> emersi dalle simulazioni in prossimità dei ricettori residenziali considerati.

Ricettore	99,8° percentile della concentrazione oraria di NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Media annua di NO <sub>2</sub> registrata dalla centralina (µg/m <sup>3</sup> )	Qualità dell'aria complessiva (µg/m <sup>3</sup> )	Limite normativo (µg/m <sup>3</sup> )
C1	10,937	10	20,937	200
C4	8,432		18,432	
C5	10,064		20,064	

Tabella 3-28 99,8° percentile della concentrazione oraria dell'NO<sub>2</sub> – Scenario A

Si osserva come il valore di concentrazione maggiore si trova in corrispondenza del ricettore C1, pari a 10,937 µg/m<sup>3</sup>, quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di 200 µg/m<sup>3</sup>, anche considerando il valore di fondo della centralina di Spoleto – Madonna di Lugo.

### **Scenario B**

Stante il fatto che per lo Scenario B è stato considerato un ricettore vegetazionale, in considerazione del limite annuo per la protezione della vegetazione relativo all'NO<sub>x</sub>, i risultati delle simulazioni condotte hanno portato alla stima delle concentrazioni di NO<sub>x</sub> in termini di concentrazioni medie annue.

### **NO<sub>x</sub>**

#### *Concentrazioni medie annue di NO<sub>x</sub>*

Nella tabella di seguito si riportano i valori di concentrazione media annua di NO<sub>x</sub> emersi dalle simulazioni in prossimità del ricettore vegetazionale considerato.

Ricettore	Concentrazione media annua di NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Media annua di NO <sub>x</sub> registrata dalla centralina (µg/m <sup>3</sup> )	Qualità dell'aria complessiva (µg/m <sup>3</sup> )	Limite normativo (µg/m <sup>3</sup> )
C7	8,507	15	23,507	30

Tabella 3-29 Concentrazione media annua di NO<sub>x</sub> – Scenario B

Si osserva come il valore di concentrazione stimato sia pari a  $8,507 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; quindi, risulta essere inferiore al limite normativo di  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , anche considerando il valore di fondo della centralina di Spoleto – Madonna di Lugo. Di seguito si mostra la mappa delle isoconcentrazioni relativa alla concentrazione media annua dell'NOx ottenuta mediante la simulazione modellistica.

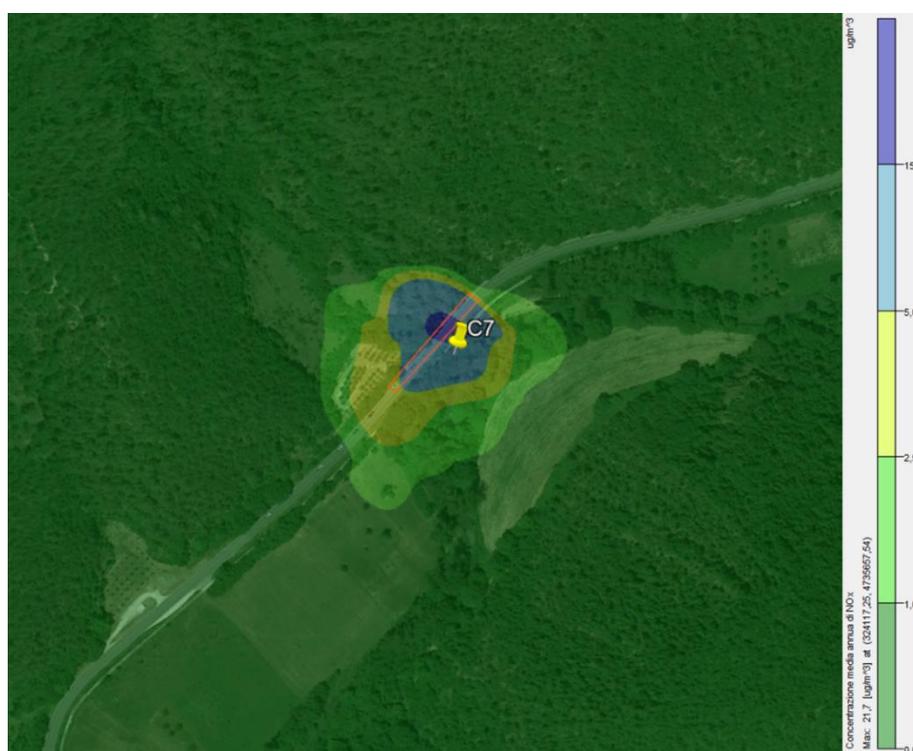


Figura 3-16 Concentrazione media annua di NOx – Scenario B

Dalle analisi delle concentrazioni degli inquinanti prodotti dalle attività di cantiere (PM10, PM2,5, NOx e NO<sub>2</sub>) non sono emerse criticità in quanto i valori stimati risultano bassi e sempre coerenti con il limite imposto dalle normative per tutti gli inquinanti considerati.

Saranno comunque previsti dei punti di monitoraggio in fase di cantiere per verificare i livelli di emissioni in atmosfera durante i lavori.

Inoltre, con la finalità di minimizzare la diffusione degli inquinanti, si sottolinea l'impiego di alcune Best Practice da adottare in fase di cantiere (cfr. paragrafo successivo).

#### 3.6.2.4 BEST PRACTICE DA ADOTTARE DURANTE LA FASE DI CANTIERE

Durante lo svolgimento delle attività di cantiere si prevedono alcune best practice finalizzate ad abbattere la dispersione di polveri nell'atmosfera, nonché a ridurre le emissioni generate dai mezzi di cantiere.

Vengono di seguito individuate, quindi, diverse Best Practices da adottare:

- bagnatura delle terre scavate e del materiale polverulento durante l'esecuzione delle lavorazioni: l'applicazione di specifici nebulizzatori e/o la bagnatura (anche tramite autobotti) permetterà di abbattere l'aerodispersione delle terre conseguente alla loro movimentazione. Questa misura sarà da applicare prevalentemente nei mesi aridi e nelle stagioni in cui si hanno le condizioni di maggior vento;
- copertura e/o bagnatura di cumuli di materiale terroso stoccati: nel caso fosse necessario stoccare temporaneamente le terre scavate in prossimità dell'area di cantiere si procederà alla bagnatura dei cumuli o in alternativa alla copertura degli stessi per mezzo di apposite telonature mobili in grado di proteggere il cumulo dall'effetto erosivo del vento e limitarne la conseguente dispersione di polveri in atmosfera; dovrà essere predisposto un Piano di bagnatura dei cumuli qualora questi debbano permanere all'interno delle aree di cantiere per più di una giornata;
- copertura degli autocarri durante il trasporto del materiale: l'applicazione di appositi teloni di copertura degli automezzi durante l'allontanamento e/o l'approvvigionamento di materiale polverulento permetterà il contenimento della dispersione di polveri in atmosfera;
- limitazione della velocità di scarico del materiale: al fine di evitare lo spargimento di polveri, nella fase di scarico del materiale, quest'ultimo verrà depositato gradualmente modulando l'altezza del cassone e mantenendo la più bassa altezza di caduta;
- bagnatura delle ruote dei mezzi di lavoro in uscita dalle aree di cantiere;
- limitazione delle velocità di transito dei mezzi di cantiere su piste non pavimentate.

### 3.7 F – Sistema paesaggistico: Paesaggio e Patrimonio culturale

#### 3.7.1 Selezione dei temi di approfondimento

Seguendo la metodologia adottata dal presente SIA di seguito sono stati individuati i principali impatti potenziali che l'opera in progetto potrebbe generare sulla componente ambientale in esame. Considerando separatamente le azioni di progetto nelle tre dimensioni in cui è stata distinta l'opera (fisica, costruttiva ed operativa) sono stati individuati i fattori causali dell'impatto e conseguentemente gli impatti potenziali.

La catena Azioni di progetto – fattori causali di impatto – impatti ambientali potenziali riferita al fattore ambientale Paesaggio e Patrimonio culturale, è riportata nella seguente tabella.

#### Sistema paesaggistico: Paesaggio e Patrimonio culturale

Azioni di progetto	Fattori causali	Impatti potenziali
<b>AC.6</b> Presenza delle aree di cantiere fisso	Intrusione o riduzione di elementi strutturanti il paesaggio percettivo	Modifica del paesaggio percettivo

Tabella 3-30 Correlazione Aziono di progetto -fattori causali – impatti potenziali

La metodologia di analisi di potenziali impatti sul sistema paesaggistico il cui esito è riportato al successivo paragrafo si basa sull'individuazione del nesso di causalità tra le scelte di progetto e il contesto paesaggistico. Le scelte progettuali lette nella dimensione Costruttiva, intendendo con questo la presenza delle arre di cantiere fisso, in linea alla metodologia assunta per la presente analisi ambientale, possono, per quanto specificatamente attiene al sistema paesaggistico, alterare la percezione dei valori di paesaggio per deconnotazione.

L'analisi dell'opera nella sua dimensione costruttiva si basa sulla verifica di possibili alterazioni del paesaggio cognitivo, ovvero nella verifica di intrusione visiva di nuovi elementi nel paesaggio scenico causa di possibili variazioni dei rapporti visivi e interpretativi della scena consolidata nell'immaginario comune e quindi dei valori paesaggistici in essa riconosciuti.

### **3.7.2 Modifica del paesaggio percettivo**

La porzione di territorio interessata dalla cantierizzazione dell'opera oggetto di analisi è rappresentata dallo stretto fondovalle del fiume Nera.

Con specifico riferimento alla localizzazione dell'area di cantiere sul territorio in termini di percezione del paesaggio, questa porzione della valle del Nera è connotata prevalentemente da aree agricole di fondovalle o in leggera pendenza caratterizzate da presenza di piccole macchie arboree e siepi poderali.

Nel paesaggio nella sua accezione "cognitiva" durante la fase costruttiva, il fattore causale di potenziali alterazioni nella percezione è rappresentato dalla presenza delle aree di cantiere, dalla presenza di mezzi e manufatti tipici delle suddette aree (quali baraccamenti, impianti, depositi di materiali) che potrebbero costituire un elemento di intrusione visiva originando una modificazione delle condizioni percettive del paesaggio circostante l'area di intervento.

In merito al paesaggio percepito nella porzione della valle del fiume Nera in cui sarà allestita l'area di cantiere, nell'area del "Campo Sportivo S. Anatolia di Narco", la componente percettiva più significativa è definita dalla conformazione della valle stessa e dai versanti boscosi che la delimitano, di fatti l'assetto morfologico è decisivo nella delimitazione del bacino di visibilità dell'opera e dell'area preposta alla cantierizzazione.

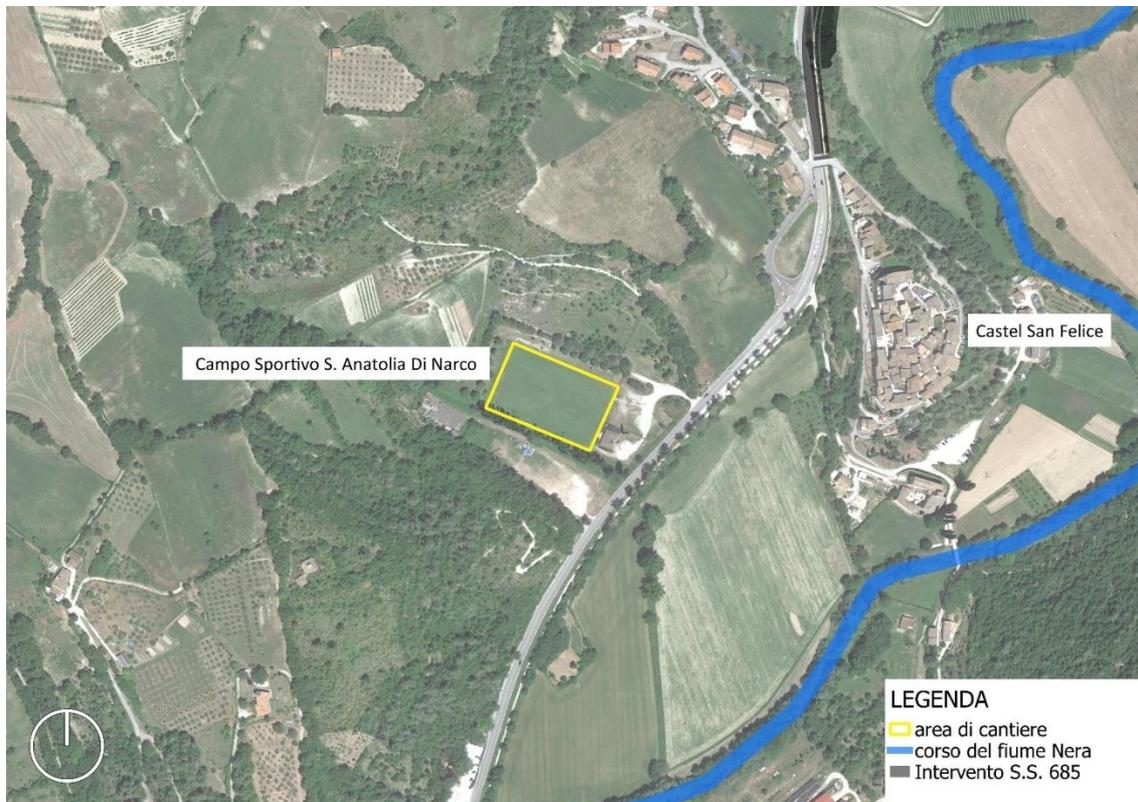


Figura 3-17 Localizzazione dell'area di cantiere

La direttrice di attraversamento del fondovalle, nel caso specifico riguardante l'area di cantiere, è la S.P. 209 ed è assimilabile all'unico asse di fruizione visiva presente; l'esito delle analisi di seguito riportate riguarda essenzialmente l'indagine delle visuali dirette sulle aree di cantiere al fine di verificare in che termini l'intrusione temporanea degli elementi della cantierizzazione possano alterare il contesto percepito.

Le uniche visuali dirette sulle aree di cantiere sono individuabili tra le viste che si hanno percorrendo la strada provinciale al chilometro 52 prima in direzione Sud – Nord e poi Nord – Sud; occorre ribadire che le visuali esperibili dall'asse stradale assumono carattere di visuale diretta solo in prossimità dell'area oggetto di interesse in funzione della morfologia del territorio e della presenza di fasce alberate e crinali all'intorno.



*Figura 3-18 Visuale parziale dell'area di cantiere da S.P. 209 in direzione nord*

La visuale relativa all'area in cui verrà allestito il cantiere risulta ancora parziale ad una distanza di circa 100 metri dall'area stessa come si può vedere in Figura 3-18: una prerogativa del paesaggio esaminato è la scarsità di visuali di largo respiro dalle strade normalmente accessibili agli utenti, fattore che determina, come già spiegato in precedenza, una percezione dei caratteri paesaggistici a distanze relativamente limitate.



*Figura 3-19 Visuale libera dell'area di cantiere da S.P. 209 direzione nord*

La visuale diventa libera solo a ridosso dell'area di cantiere in Figura 3-19, parzialmente filtrata dal filare, è connotata dal paesaggio tipico della media Valnerina, con i rilievi boscosi dell'appennino sullo sfondo e la strada di fondovalle che serpeggia quasi imitando il fiume Nera, tra pendii stretti e profondi e, più raramente come nel caso specifico della figura, tra piccole pianure.

La visuale in direzione sud in Figura 3-20, presenta la medesima matrice percettiva della precedente: un cono visivo che si allarga improvvisamente su una zona pianeggiante da cui è possibile vedere con maggiore chiarezza l'area antropizzata destinata ad uso cantiere ed il suo rapporto con la piccola piana circostante.



*Figura 3-20 Visuale libera dell'area di cantiere da S.P. 209 direzione sud*

A fronte delle considerazioni sopra esposte, temporanee alterazioni delle condizioni percettive funzionali alla cantierizzazione per un periodo di tempo definito, sono da ritenersi sostanzialmente trascurabili.

### 3.8 G1 – Agenti fisici: Rumore

#### 3.8.1 Selezione dei temi di approfondimento

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.

Sulla scorta delle azioni di progetto riferite alla dimensione costruttiva individuate nel capitolo iniziale, per l'agente fisico rumore la matrice di correlazione azioni-fattori causali – impatti è di seguito riportata.

#### Agenti fisici: Rumore

##### Dimensione costruttiva

Azioni di progetto		Fattori causali	Impatti potenziali
<b>AC.2</b>	Scavi e sbancamenti	Produzione/emissioni acustiche	Modifica del clima acustico
<b>AC.3</b>	Scavi di galleria		
<b>AC.4</b>	Stoccaggio di materiali		
<b>AC.5</b>	Movimentazione materie		

Tabella 3-31 Correlazione Aziono di progetto -fattori causali – impatti potenziali

#### 3.8.2 Modifica del clima acustico

Per la fase di "Corso D'Opera" sono stati considerati due diversi scenari operativi di cantiere: il primo connesso alle aree di cantiere di tipo fisso, con le annesse attività lavorative interne e le aree di deposito, e il secondo a quelle di tipo mobile, definendo cantieri tipologici che si differenziano per le diverse attività lavorative e sorgenti emmissive presenti al loro interno.

La prima fase consiste nella valutazione del clima acustico legato alle emissioni sonore prodotte dalle attività che si svolgono all'interno dei cantieri operativi e delle aree di deposito.

In riferimento a tale scenario, le aree di cantiere di tipo fisso, le relative aree di deposito e le attività interne sono state localizzate secondo quanto indicato dagli elaborati progettuali.

La seconda fase è finalizzata invece all'analisi e valutazione del rumore indotto dal fronte di avanzamento dei lavori. Per rappresentare le condizioni peggiori determinate dall'operatività e dall'avanzamento, lungo le aree di intervento, delle diverse sorgenti all'interno del cantiere mobile, è stato considerato un cantiere

tipologico. Stante le caratteristiche progettuali e considerando la mutevole distanza tra il cantiere mobile e i ricettori adiacenti ad esso, come attività ritenuta critica è stata presa in considerazione quella inerente alla realizzazione del corpo del rilevato.

Tale metodo permette di determinare in ogni situazione la configurazione peggiore. A seguito della modellizzazione dei cantieri mobili viene individuata la distanza che intercorre tra il fronte di lavoro e la curva isolivello, rappresentativa del valore limite indicati dai Piani di Classificazione Acustica dei Comuni territorialmente competenti, verificando la presenza di eventuali ricettori all'interno di tale fascia. Sulla base delle precedenti valutazioni si sono indentificati gli opportuni interventi di mitigazione acustica, ovvero barriere antirumore mobili di altezza pari a 3 metri.

Entrando nel merito della modellazione acustica dei cantieri mobili, sono stati definiti dei tipologici che si differenziano per attività e operatività dei mezzi di cantiere presenti al loro interno. L'obiettivo è quello di analizzare e valutare la configurazione peggiore simulando l'avanzamento del cantiere e focalizzando l'attenzione sulle aree in cui sono presenti i ricettori, tralasciando quelle in cui sono assenti.

Pertanto, la definizione di cantieri mobili "tipologici" permette di considerare in ogni situazione la configurazione peggiore. Per ciascuna area di cantiere tipologica potenzialmente più critica sono state individuate le diverse fasi di lavoro in funzione della tipologia del tracciato e i relativi mezzi di cantiere operanti per la realizzazione delle opere. Pertanto, la modellizzazione di un cantiere tipologico permette di definire la distanza che intercorre tra il fronte di lavoro e il livello acustico in facciata ai ricettori che non deve essere superato, nel periodo diurno, durante le fasi di realizzazione dell'opera, e di verificare puntualmente, ricettore per ricettore, la presenza di superamento dei limiti normativi.

In riferimento ad entrambi gli scenari operativi, per quanto riguarda l'orario di lavoro, si assume una operatività di un turno lavorativo, sia per i cantieri fissi che mobili, nel solo periodo diurno nell'arco temporale tra le 6:00 – 22:00, con un'ora di pausa complessiva per ciascun turno di lavoro.

Per quanto concerne i cantieri di tipo fisso in ragione della tipologia del tracciato di studio è stato individuato uno scenario di simulazione.

Nello specifico lo scenario selezionato riguarda le aree di cantiere per le quali si sono ritenuti non trascurabili gli effetti indotto dalle lavorazioni e per i quali si è ritenuto necessario verificare le condizioni di esposizione al rumore dei ricettori limitrofi ad esse. Per lo scenario individuato è stata considerata la contemporaneità delle seguenti attività di cantiere:

- Scenario di simulazione:
  - Lavorazione presso area di deposito;
  - Scavo imbocco sud galleria;
  - Traffico di cantierizzazione.

Per ciascun tipo di cantiere sono state considerate le lavorazioni elementari ritenute più rilevanti in termini acustici. Per ogni lavorazione è stato individuato il numero, la tipologia di macchinari presenti con la rispettiva percentuale di impiego in un'ora e il livello di potenza sonora.

Le sorgenti emissive 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 e con frequenza centrale pari a 500 Hz.

Oltre alle sorgenti acustiche inserite nel modello di simulazione come sopradescritto, è stata considerata l'orografia del territorio secondo l'assetto naturale ed antropico dell'area di studio. La modellazione tiene conto, pertanto, anche dell'attuale assetto infrastrutturale e della presenza degli edifici secondo quanto già sviluppato per lo studio relativo allo scenario di esercizio.

Infine, per quanto concerne il traffico di cantiere, in virtù dei materiali da movimentare, sono stati considerati i seguenti flussi in entrata e uscita dalla relativa area di cantiere:

- area di cantiere: 5 veic/h;

Dai risultati ottenuti emerge come che per le aree di cantiere fisso non sussistano superamenti dei limiti individuati dai Piani di Classificazione Acustica dei comuni di riferimento.

Per quanto attiene il cantiere mobile, in ragione della tipologia del tracciato di studio per rappresentare le condizioni peggiori determinate dall'operatività e dall'avanzamento, lungo le aree di intervento, delle diverse sorgenti all'interno del cantiere mobile, è stato considerato un cantiere tipologico. Entrando nello specifico, stante le caratteristiche progettuali e considerando la mutevole distanza tra il cantiere mobile e i ricettori adiacenti ad esso, come attività ritenuta critica è stata presa in considerazione quella inerente alla realizzazione del corpo del rilevato per l'allargamento della piattaforma stradale.

Per il cantiere mobile è stato individuato il numero, la tipologia di macchinari presenti con la rispettiva percentuale di impiego in un'ora e il livello di potenza sonora.

Data la dinamicità delle attività di cantiere di tipo mobile, ciascuna area viene schematizzata nel modello di simulazione come una sorgente areale posta ad un'altezza di 1,5 m con lunghezza pari a 50 m e larghezza di 25 metri.

Per il cantiere tipologico è stata definita la distanza che intercorre tra il fronte dell'area di lavoro e la curva isolivello, rappresentativa del valore limite indicati dai Piani di Classificazione Acustica dei Comuni territorialmente competenti. Tali distanze sono riportate in Tabella 3-32. Successivamente sono stati individuati gli edifici che ricadono all'interno di questa fascia, rappresentativa del superamento dei livelli acustici in facciata.

Codice ricettore	Numero Piani	Destinazione d'uso	Distanza fronte di cantiere – curva limite [m]	Distanza fronte di cantiere – facciata edificio più esposta [m]
R_01	2	Residenziale	46	33
R_02	2	Residenziale	46	8
R_04	2	Residenziale	46	20
R_16	1	Commerciale	46	12
R_17	2	Commerciale	46	22
AP_01	4	Area protetta ZSC	46	10

Tabella 3-32 Ricettori con superamento dei livelli acustici in facciata

Dai risultati riportati in Tabella 3-32, si evince come sussistano condizioni di superamento dei limiti normativi (nel periodo diurno) per cinque ricettori e per i quali è previsto l'utilizzo 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.

ID Barriera	Pk inizio	Pk fine	H [m]
BA_01	0+000	0+075	3
BA_02	2+300	2+350	3
BA_03	2+300	2+350	3
BA_04	0+350	0+425	3

Tabella 3-33 Localizzazione barriere acustiche di tipo mobile

All'interno del modello di calcolo, le barriere antirumore di tipo mobile sono state computate con un'altezza di 3 m e posizionate lungo la recinzione delle aree di lavorazione con una estensione pari a 100 metri.

In Tabella 3-34 si riporta la distanza tra il fronte dei lavori e il limite della curva di isolivello in presenza di barriera antirumore.

Codice ricettore	Numero Piani	Destinazione d'uso	Distanza fronte di cantiere – curva limite [m]	Distanza fronte di cantiere – facciata edificio più esposta [m]
R_01	2	Residenziale	8	33
R_02	2	Residenziale	8	8
R_04	2	Residenziale	8	20
R_16	1	Commerciale	8	12
R_17	2	Commerciale	8	22
AP_01	4	Area protetta ZSC	8	10

Tabella 3-34 Verifica dei limiti normativi a fronte dell'adozione di barriere acustiche di tipo mobile

Attraverso l'adozione degli interventi di mitigazione descritti tutti i ricettori residenziali, per i quali nello scenario corso d'opera presentavano un superamento dei limiti normativi, risultano completamente mitigati. Anche in questo caso, è previsto nel Piano di Monitoraggio Ambientale, la verifica dei livelli acustici in corrispondenza di due postazioni di monitoraggio, poste in prossimità dei ricettori R\_13 e R\_05.

Tali misure permetteranno di verificare l'effettivo contributo emissivo ed eventuali condizioni di criticità dei livelli di rumore sul territorio e, più nello specifico, sui ricettori più prossimi.

Ad ogni modo, in fase di esecuzione delle opere in progetto si prevede l'adozione delle seguenti misure per la salvaguardia del clima acustico:

- scelta idonea 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'uso di gruppi elettrogeni e compressori insonorizzati di recente fabbricazione.
- manutenzione dei mezzi e delle attrezzature, nell'ambito delle quali provvedere:
  - alla sostituzione dei pezzi usurati;
  - al controllo ed al serraggio delle giunzioni, ecc.
- corrette modalità operative e di predisposizione del cantiere, quali ad esempio:

- l’orientamento degli impianti che hanno una 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’installazione di barriere acustiche provvisorie ove necessario;
- l’imposizione all’operatore di evitare comportamenti inutilmente rumorosi e l’uso eccessivo degli avvisatori acustici, sostituendoli ove possibile con quelli luminosi;
- 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 e tra le 20 e le 22).

### 3.9 G2 – Agenti fisici: Vibrazioni

#### 3.9.1 Selezione dei temi di approfondimento

Per quanto riguarda il tema delle vibrazioni, se come visto per lo stato attuale tale tematica risulta poco significativa nella “Dimensione operativa” per una infrastruttura stradale, nel caso della “Dimensione costruttiva”, in ragione della tipologia di lavorazioni che prevede lo scavo in galleria, si ritiene la necessità di uno studio previsionale vibrazionale al fine di valutare l’entità del disturbo sui ricettori contermini l’area di lavoro.

Sulla scorta quindi delle azioni di progetto riferite alla dimensione costruttiva individuate nel capitolo iniziale, per l’agente fisico vibrazioni la matrice di correlazione azioni-fattori causali – impatti è di seguito riportata.

#### Agenti fisici: Vibrazioni

##### Dimensione costruttiva

Azioni di progetto		Fattori causali	Impatti potenziali
<b>AC.3</b>	Scavi di galleria	Produzioni/emissioni vibrazionali	Modifica dell’esposizione alle vibrazioni

Tabella 3-35 Correlazione Azioni di progetto -fattori causali – impatti potenziali

### 3.9.2 *Modifica dell'esposizione alle vibrazioni*

#### 3.9.2.1 MODELLO DI CALCOLO

Il modello di propagazione impiegato, valido per tutti i tipi di onde, 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 0,5 in quanto la sorgente è puntiforme e posta in superficie (le onde di superficie 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:

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

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.

#### 3.9.2.2 CARATTERIZZAZIONE DELLO SCENARIO DI SIMULAZIONE

Per quanto riguarda le potenziali interferenze vibrazionali indotte durante le attività di realizzazione delle opere, l'analisi è stata limitata allo scenario relativo allo scavo della galleria. Tale scelta deriva da un lato dal fatto che tali lavorazioni risultano essere, tra quelle previste, le più critiche in termini di emissioni vibrazionali e dall'altro in considerazione della vicinanza delle aree di cantiere ad edifici di carattere residenziale.



*Figura 3-21 Localizzazione dello scenario di simulazione per la verifica delle potenziali interferenze vibrazionali*

Per quanto riguarda i valori di emissione si è fatto riferimento a dati sperimentali desunti in letteratura. La caratterizzazione delle emissioni di vibrazioni da parte di mezzi operativi non è soggetta alle stringenti normative e disposizioni legislative che normano invece l'emissione del rumore. Pertanto, in questo caso non si ha una caratterizzazione dell'emissione in condizioni standardizzate, ed una garanzia del costruttore a non superare un preciso valore dichiarato. Non si hanno nemmeno valori limite da rispettare per quanto riguarda i livelli di accelerazione comunicati ai recettori, e quindi ovviamente non è possibile specificare la produzione di vibrazioni con lo stesso livello di dettaglio con cui si è potuto operare per il rumore.

Per la caratterizzazione emissiva della sorgente si fa riferimento ai dati sperimentali desunti in letteratura e riferiti ad un rilievo ad una distanza di 5 m dal fronte di lavorazione relativo allo scavo della galleria in tradizionale con escavatore dotato di martellone, individuato, tra le lavorazioni, quale attività più critica da un punto di vista di emissioni vibrazionali.

**Spettro emissivo sorgente (calcolato a 5 m dal fronte di lavoro)**

<b>Hz</b>	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8
<b>dB</b>	75,5	73	74,1	73,4	73,1	76,1	75,7	76,1	84,4	96
<b>Hz</b>	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
<b>dB</b>	84,3	81,4	96	90,2	95,5	96,9	97,7	99	98,6	97,7

*Tabella 3-36 Spettro emissivo assunto per la caratterizzazione emissiva vibrazionale della totalità dei mezzi di cantiere considerati per l'attività di scavo della galleria*

Per quanto riguarda l'assetto geologico, il tratto in progetto ricade prevalentemente nell'ambito della deposizione di età dal Cretacico all'Oligocene (Serie Umbro-Marchigiana), e dei depositi di copertura recenti (alluvioni del F. Nera, detriti di falda, conoidi alluvionali, e terreni antropici sottesi alle reti infrastrutturali presenti).

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

- $\eta$  (fattore di perdita): 0,05;
- $c$  (velocità di propagazione): 4.000 m/s.

Utilizzando tale metodologia, nota l'emissione vibrazionale del macchinario e la distanza tra ricevitore-sorgente è possibile calcolare l'entità della vibrazione in termini accelerometrici in corrispondenza del potenziale edificio interferito.

### 3.9.2.3 RISULTANZE DELLE ANALISI

Attraverso la metodologia individuata, opportunamente tarata in funzione della localizzazione della sorgente e del terreno caratterizzante l'ambito di studio specifico, e utilizzando la curva di ponderazione  $w_m$  secondo quanto previsto dalla normativa UNI 9614:1990, è stato calcolato il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in dB indotto dal macchinario a diverse distanze dal fronte di lavorazione.

**Livelli dell'accelerazione complessiva ponderata in dB in funzione della distanza dal fronte di lavoro**

<b>Distanza</b>	5 m	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	75 m	100 m
<b>L<sub>w</sub> diurno [dB]</b>	88,9	82,8	76,7	74,0	70,6	68,6	64,9	62,2

*Tabella 3-37 Livelli dell'accelerazione complessiva ponderata in dB in funzione della distanza dal fronte di lavoro*

Contestualmente, come previsto dalla norma UNI 9614:2017, è stato calcolato il livello di accelerazione massima  $L_{w,max}$  ponderata delle vibrazioni immesse dalle attività di cantiere in dB in funzione della distanza:

**Livelli dell'accelerazione massima ponderata in dB in funzione della distanza dal fronte di lavoro**

Distanza	5 m	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	75 m	100 m
$L_{w,max}$ [dB]	91,9	85,8	79,7	77,0	73,6	71,6	67,9	65,2

Tabella 3-38 Livelli dell'accelerazione massima ponderata in dB in funzione della distanza dal fronte di lavoro

#### 3.9.2.4 ASPETTI CONCLUSIVI

Per quanto riguarda il fenomeno delle vibrazioni, questo risulta poco significativo per una infrastruttura stradale nella "Dimensione operativa". Rispetto invece alla fase di realizzazione (Dimensione costruttiva), in ragione della tipologia di opera e dalle attività e mezzi di cantiere necessari, rappresentati dalle attività di scavo della galleria naturale, si è provveduto a sviluppare uno studio modellistico previsionale finalizzato alla valutazione dell'entità del disturbo sui ricettori contermini l'area di lavoro.

A differenza del rumore ambientale, regolamentato a livello nazionale dalla Legge Quadro n. 447/95, non esiste al momento alcuna legge che stabilisca limiti quantitativi per l'esposizione alle vibrazioni. 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 il caso specifico in studio è stata considerata la norma UNI 9614 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo" come riferimento in quanto indica dei valori di riferimento per ciascuna tipologia di ricevente rispetto al tema del disturbo sui ricettori per effetto delle vibrazioni. Ai fini della valutazione dell'opera sull'ambiente, tale scelta appare cautelativa in quanto la norma UNI 9614 individua dei valori di riferimento per il confort delle persone, che se rispettati, implica una condizione di consistenza anche con quelli individuati dalla norma UNI 9916 per la valutazione del danno.

Il modello previsionale considerato permette la valutazione dei livelli di accelerazione in dB al variare della distanza sorgente-ricettore, note le caratteristiche geometriche, la tipologia di terreno e le proprietà emissive della sorgente di cantiere. Per quanto riguarda il caso di studio si è fatto riferimento all'equazione di Bornitz,

valida per tutti i tipi di onde acustiche, considerando una sorgente puntiforme in superficie e le caratteristiche del terreno caratterizzante il sito di lavoro.

In merito invece ai valori di emissione, si è fatto riferimento a dati sperimentali desunti in letteratura e relativi alle attività di allargamento della carreggiata e risanamento profondo del manto stradale.

Attraverso la metodologia individuata, opportunamente tarata in funzione della localizzazione della sorgente e del terreno caratterizzante l'ambito di studio specifico, e utilizzando la curva di ponderazione  $w_m$  secondo quanto previsto dalla normativa UNI 9614, sono stati calcolati da un lato il livello dell'accelerazione complessiva ponderata  $L_w$  in dB, come previsto dalla normativa UNI 9614:1990 e dall'altro il livello di accelerazione massima  $L_{w,max}$ , come previsto dalla più aggiornata normativa UNI 9614:2017, indotti dal macchinario a diverse distanze dal fronte di lavorazione.

La norma UNI 9614:1990 individua due periodi di riferimento nell'arco della giornata: diurno, dalle 7:00 alle 22:00, e notturno dalle 22:00 alle 7:00. Rispetto a tali periodi la norma individua specifici valori di riferimento per la valutazione del disturbo in ragione della tipologia di ricettore e della direzione (asse X, Y e Z). Considerando la condizione di postura non nota, si considerano i valori di riferimento previsti dalla norma UNI 9614 più restrittivi tra quelli definiti per gli assi X, Y e Z. Questi risultano essere in funzione della tipologia di ricettore:

- Aree critiche: 71 dB;
- Abitazioni (periodo notturno): 74 dB;
- Abitazioni (periodo diurno): 77 dB;
- Uffici: 83 dB;
- Fabbriche: 89 dB.

La norma UNI 9614:2017 rappresenta la versione più aggiornata e definisce il metodo di misurazione delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti interne o esterne agli edifici e i criteri di valutazione del disturbo delle persone all'interno degli edifici stessi. La norma modifica, in modo sostanziale, la versione precedente introducendo un approccio innovativo e profondamente diverso nelle modalità di valutazione dei disturbi da vibrazione. Essa fa riferimento alla ISO 2631-2:2003, prevalentemente per i metodi di misurazione e valutazione, ed alla norma norvegese NS 8176.E. Relativamente alle modalità di misura, si sottolinea che, sebbene esse siano le stesse della versione precedente (UNI 9614:1990), nella versione più attuale (UNI 9614:2017) la valutazione del disturbo è effettuata sulla base del valore di accelerazione delle

vibrazioni immesse nell'edificio dalla specifica sorgente oggetto di indagine ( $v_{sor}$ ), quale valore pari al 95esimo percentile della distribuzione cumulata di probabilità della massima accelerazione ponderata  $a_{w,max}$  misurata sui singoli eventi. Tale valore viene confrontato con una serie di limiti individuati per gli edifici a seconda della destinazione d'uso e dal periodo temporale di riferimento (diurno 6:00-22:00, notturno 22:00-6:00).

I livelli di soglia indicati dalla suddetta norma sono riportati di seguito:

- Abitazioni (periodo notturno): 71 dB
- Abitazioni (periodo diurno): 77 dB
- Luoghi lavorativi: 83 dB
- Ospedali, case di cura ed affini: 66 dB
- Asili e case di riposo: 71 dB
- Scuole: 75 dB

Nel caso in esame, considerando che la simulazione si basa su dati sperimentali e che non sono disponibili dati relative a misure vibrazionali effettuate sul luogo necessarie per la valutazione del parametro  $v_{sor}$ , per motivi cautelativi sono stati considerati all'interno del modello i valori dell'accelerazione massima ponderata  $a_{w,max}$ , confrontati con i limiti previsti dalla normativa UNI 9614:2017.

I valori dell'accelerazione complessiva ponderata in dB riportati in Tabella 3-39 si riferiscono ai livelli istantanei percepiti alle diverse distanze indotti dalla sorgente di cantiere. Questi per essere confrontati con quelli di riferimento indicati dalla norma UNI 9614:1990, devono essere riferiti ai due periodi di riferimento secondo l'operatività giornaliera dei mezzi di cantiere considerati, ipotizzata 8 ore/giorno nel solo periodo diurno (inteso come periodo 7-22 come da norma UNI 9614:1990).

**Livelli dell'accelerazione complessiva ponderata in dB in funzione della distanza dal fronte di lavoro**

Distanza	5 m	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	75 m	100 m
<b>L<sub>w</sub> diurno [dB]</b>	88,9	82,8	76,7	74,0	70,6	68,6	64,9	62,2

*Tabella 3-39 Livelli dell'accelerazione complessiva ponderata in dB in funzione della distanza dal fronte di lavoro*

Considerando il valore di riferimento indicato dalla norma UNI 9614:1990 per le abitazioni nel periodo diurno (77 dB), si evince come questo, secondo la modellazione previsionale costruita, sia raggiunto ad una distanza

di circa 20 m rispetto al fronte di lavorazione relativo allo scavo in galleria. Ne consegue pertanto che tutti gli edifici a destinazione residenziale ricadenti ad una distanza inferiore ai 20 m dal fronte di lavoro sono potenzialmente oggetto di disturbo alle vibrazioni indotte dalle attività di scavo.

Contestualmente, i valori dell'accelerazione massima ponderata in dB riportati in Tabella 3-40 si riferiscono ai livelli istantanei percepiti alle diverse distanze indotti dalla sorgente di cantiere. Questi per essere confrontati con quelli di riferimento indicati dalla norma UNI 9614:2017, devono essere riferiti ai due periodi di riferimento secondo l'operatività giornaliera dei mezzi di cantiere, ipotizzata 8 ore/giorno nel solo periodo diurno (inteso come periodo 6-22 come da norma UNI 9614:2017).

**Livelli dell'accelerazione massima ponderata in dB in funzione della distanza dal fronte di lavoro**

Distanza	5 m	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	75 m	100 m
<b>L<sub>w,max</sub> [dB]</b>	91,9	85,8	79,7	77,0	73,6	71,6	67,9	65,2

*Tabella 3-40 Livelli dell'accelerazione massima ponderata in dB in funzione della distanza dal fronte di lavoro*

Considerando il valore di riferimento indicato dalla norma UNI 9614:2017, che anche in questo caso risulta essere, per le abitazioni nel periodo diurno, di 77 dB, si evince come questo, secondo la modellazione previsionale costruita, sia raggiunto ad una distanza di circa 30 m rispetto al fronte di lavorazione relativo allo scavo in galleria. Ne consegue pertanto che tutti gli edifici a destinazione residenziale ricadenti ad una distanza inferiore ai 30 m dal fronte di lavoro sono potenzialmente oggetto di disturbo alle vibrazioni indotte dalle attività di lavorazione.

La seguente Figura 3-22 mostra un quadro complessivo di quanto fin qui illustrato, confrontando rispettivamente i livelli L<sub>w,max</sub> (curva in blu) e L<sub>w</sub> (curva in rosso) con i limiti previsti rispettivamente dalle normative UNI 9614:1990 (in arancione) e la più aggiornata UNI 9614:2017 (in azzurro).

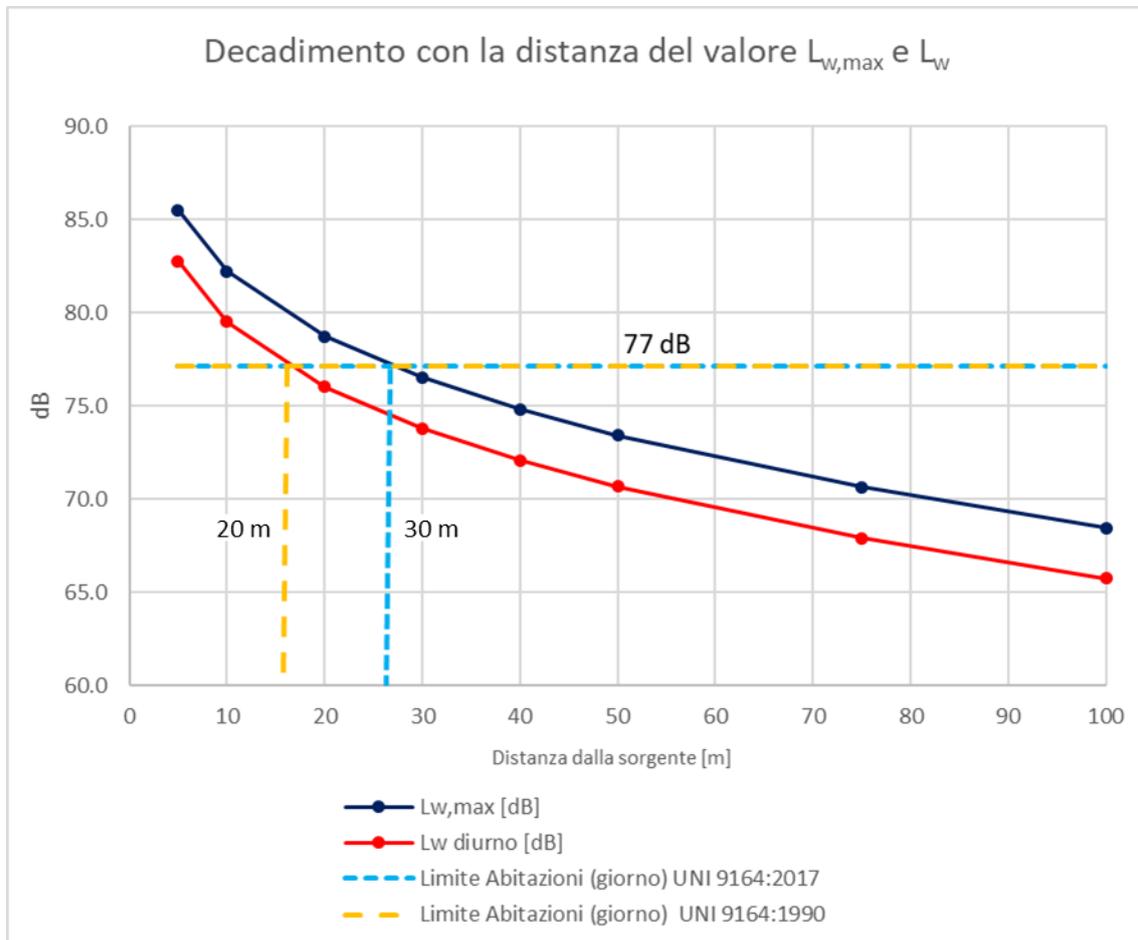


Figura 3-22 Decadimento con la distanza del valore  $L_{w,max}$  e  $L_w$  e confronto con i limiti previsti dalle normative UNI 9614:1990 e UNI 9614:2017

Per l'individuazione degli edifici potenzialmente interferiti si è fatto riferimento agli elaborati progettuali sia rispetto alla planimetria che al profilo verticale data la propagazione tridimensionale delle onde vibrazionali. La verifica è stata effettuata considerando le ipotesi più gravose, ovvero il posizionamento della sorgente nel punto più esterno al fronte di lavorazione, lungo il perimetro esterno delle aree di cantiere. In questo modo è stata considerata la distanza minima intercorrente tra sorgente-ricettore.

Dall'individuazione sul territorio dei ricettori rispetto al tracciato planimetrico di progetto si può notare come in prossimità delle aree di cantiere i ricettori abitativi più prossimi siano all'esterno dei 100 metri distanza alla quale le accelerazioni indotte dalle lavorazioni ai ricettori risultano essere pari a 67,9 dB.

Stante quanto sopra riportato non si evince la presenza di ricettori residenziali ad una distanza inferiori ai 30 metri e pertanto i potenziali effetti possono ritenersi trascurabili.