

**PNC – PNRR: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei territori colpiti dal sisma 2009–2016, Sub–misura A4, "Investimenti sulla rete stradale statale"**

**S.S. 685 "Tre Valli Umbre"  
Miglioramento funzionale dell'attraversamento della frazione di Serravalle**

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - ICARIA**

**IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

Dott. Ing. Nando Granieri  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

**IL PROGETTISTA:**

Dott. Ing. Elena Bartolucci  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A3217

**IL GEOLOGO:**

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini  
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

Dott. Ing. Filippo Pambianco  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**

Dott. Ing. Gianluca De Paolis  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1344

**IL DEC**

Dott. Arch. Lara Eusanio  
Ordine degli Architetti P.P.C. della Prov. di L'Aquila n° 859

**PROTOCOLLO**

**DATA**

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

**MANDATARIA:**



Dott.Ing. N.Granieri  
Dott.Ing. V.Truffini  
Dott.Ing. T.Berti Nulli  
Dott.Arch. A.Bracchini  
Dott.Ing. E.Bartolucci  
Dott.Ing. L.Spaccini  
Dott.Geol. G.Cerquiglini  
Dott.Ing. F.Pambianco  
Dott.Ing. M.Abram  
Dott.Arch. C.Presciutti  
Dott. Agr. F.Berti Nulli  
Geom. S.Scopetta  
Geom. M.Zucconi  
Geom. L.Pacioselli  
Dott.Ing. E.Santucci  
Dott.Arch. S.Bracchini  
Dott.Ing. C.Rossi

**MANDANTI:**



Dott. Ing. V.Rotisciani  
Dott. Ing. F.Macchioni  
Dott. Ing. G.Pulli  
Dott. Ing. V.Piunno



**08.AMBIENTE  
08.02 ANALISI AMBIENTALE - ARIA E CLIMA**

**Studio di impatto atmosferico**

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T00-IA02-AMB-RE01-A			
PG378	P 23	CODICE ELAB.	T00IA02AMBRE01	A	-
A	Emissione	Ott-23	G.Strani	E.Bartolucci	N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## INDICE

1. PREMESSA .....	3
1.1 VALUTAZIONE DI IMPATTO ATMOSFERICO .....	3
1.2 L’INFRASTRUTTURA ATTUALE .....	4
2. RIFERIMENTI NORMATIVI .....	6
2.1 NORMATIVA ATMOSFERA .....	6
2.2 CAMBIAMENTI CLIMATICI .....	11
2.3 ANALISI DELLO STATO DELLA QUALITÀ DELL’ARIA .....	17
3. SOLUZIONE PROGETTUALE .....	23
3.1 ALTERNATIVA PRESCELTA .....	23
4. VALUTAZIONE DI IMPATTO ATMOSFERICO .....	25
4.1 PREMESSA .....	25
4.2 MODELLO DI CALCOLO .....	25
4.3 ANALISI EMISSIVA E FLUSSI DI TRAFFICO .....	32
4.4 FATTORI DI EMISSIONE .....	33
4.5 ANALISI STATO ATTUALE .....	36
4.6 ANALISI OPZIONE “ZERO” .....	40
4.7 ANALISI STATO DI PROGETTO .....	41
5. IMPATTO FASE DI CANTIERE .....	47
5.1 AREE E PISTE DI CANTIERE .....	47
5.2 IMPATTI IN FASE DI CANTIERE .....	48
5.3 MITIGAZIONI IN FASE DI CANTIERE .....	51
6. CONCLUSIONI .....	55



## **1. PREMESSA**

Il presente Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE) riguarda “*il miglioramento funzionale dell’attraversamento della Frazione di Serravalle*” sulla S.S.685 Tre Valli Umbre.

La **finalità generale dell’intervento** è quella di migliorare l’accessibilità all’area del cosiddetto “*Cratere del terremoto*” o “*Cratere sismico*” (con particolare riferimento alle aree che comprendono i centri di Norcia, e Cascia) dalla viabilità primaria costituita dal tratto della S.S. 685 con origine da Spoleto.

Il tracciato della S.S.685 preso in esame è quello che attraversa l’abitato di Serravalle, all’altezza del quale è presente lo svincolo oggi regolamentato da segnaletica verticale ed orizzontale di “Stop” che collega Spoleto-Cascia e Norcia.

L’obiettivo comune alle tre alternative consiste nella velocizzazione del tratto in esame con la realizzazione di un by-pass al paese di Serravalle utilizzando una sezione stradale tipo C2 per le strade extraurbane secondarie prevista dal D.M. del 5 novembre 2001, avente una larghezza complessiva della piattaforma pari a 9,50 m (circa 2,00 m superiore rispetto all’attuale) con le relative prestazioni in termini di intervallo di velocità di progetto, lunghezze minime di visuale libera e di allargamento delle corsie per la corretta iscrizione dei veicoli in curva e per le verifiche di visibilità.

Tale obiettivo deriva dalla volontà di eliminare o mitigare le criticità attualmente presenti nel tratto stradale oggetto di intervento, riassumibili come segue:

- la presenza di un ponte di epoca medioevale di scavalco del fiume Sordo in direzione Cascia le cui dimensioni non consentono il transito contemporaneo di due bus o mezzi articolati allo stato attuale ha comportato la necessità di regolamentare lo svincolo ponendo due segnali di stop sulla direttrice principale S.S. 685;
- in ingresso all’abitato di Serravalle (direzione Norcia) ai bordi della strada sono presenti due edifici che posti a distanza estremamente ravvicinata limitano la visuale dei veicoli in transito sull’attuale SS685.

### **1.1 VALUTAZIONE DI IMPATTO ATMOSFERICO**

Il presente *Studio di Impatto Atmosferico* ha la finalità di analizzare e determinare gli effetti prevedibili che gli interventi previsti possono generare sulla matrice atmosfera, le misure necessarie a ridurre o compensare tali effetti e a riqualificare e migliorare la qualità ambientale del contesto territoriale interessato dalle opere in progetto. La presente relazione specialistica è parte integrante dello studio contenente tutte le informazioni necessarie al rilascio delle prescritte autorizzazioni e approvazioni in materia ambientale ai sensi del D.Lgs. 152/2006, Art.20-21-22 e s.m.i. Le opere previste dal progetto di “*Miglioramento funzionale*

dell'attraversamento della frazione di Serravalle", si configurano come interventi relativi alla realizzazione di una strada extra-urbana di categoria C1.

## 1.2 L'INFRASTRUTTURA ATTUALE

L'attività preliminare svolta è consistita dell'analisi dello stato attuale nel tratto oggetto di intervento.



**Figura 1** Stato Attuale – elementi di criticità: 1 strettoia all'ingresso dell'abitato, 2-3 segnali di stop, 4 ponte esistente

Il tracciato attuale presenta diverse criticità la più importante delle quali il ponte di epoca medioevale (n.4 in figura) che scavalcando il fiume Sordo consente l'accesso al paese di Cascia, tale ponte presenta una larghezza talmente esigua che non consente la presenza contemporanea sullo stesso di due autobus che lo percorrono in direzione opposta contemporaneamente. Dal momento che Cascia è un punto d'interesse sacro molto importante la percorrenza di autobus turistici sulla strada in oggetto è molto frequente, motivo per cui per risolvere tale criticità il gestore ha deciso di installare due segnali di stop sulla direttrice principale Spoleto -Norcia (n.2 - n.3 in figura) privilegiando i mezzi che provengono da Cascia. Questa organizzazione del traffico, chiaramente nei weekend dove il flusso turistico in Valnerina è elevato crea lunghe code e rallentamenti.

Altra criticità locale è rappresentata dalla presenza di una strettoia lato Spoleto di (ampiezza di circa 6.5m in curva) generata dalla vicinanza del muro di contenimento in sinistra ai piedi del paese e un edificio residenziale in destra.



*Figura 2 Stato Attuale – strettoia*

## **2. RIFERIMENTI NORMATIVI**

### **2.1 NORMATIVA ATMOSFERA**

La normativa di riferimento in materia di tutela della qualità dell'aria è costituita da:

- D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 *"Norme in materia ambientale"*, Parte V *"Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera"* (aggiornato a D. Lgs. 28 giugno 2010, n. 128);
- D. Lgs. 13 agosto 2010 n. 155 *"Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"*.

Ai fini della qualità dell'aria, il D. Lgs. 155/2010 pone le seguenti definizioni:

- valore limite: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato; livello critico: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, oltre il quale possono sussistere effetti negativi diretti su ricettori quali gli alberi, le piante o gli ecosistemi naturali, esclusi gli esseri umani;
- margine di tolleranza: percentuale del valore limite entro la quale è ammesso il superamento del valore limite alle condizioni stabilite dal Decreto;
- valore obiettivo: livello fissato al fine di evitare, pervenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita;
- soglia di allarme: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati.

Nelle Tabelle seguenti sono riportati i valori limite ed i livelli critici per i principali inquinanti, come indicati nell'Allegato XI al D. Lgs. 155/2010.

**Studio di Impatto Atmosferico**

Tabella 1 - Valori limite biossido di azoto secondo D. Lgs. 155/2010.

Valore limite/Livello critico	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO <sub>2</sub> da non superare più di 18 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO <sub>2</sub>

Tabella 2 – Valori limite di Benzene secondo D. Lgs. 155/2010

Valore limite/Livello critico	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> da non superare più di 24 volte per anno civile

Tabella 3 – Valori limite di monossido di carbonio secondo D. Lgs. 155/2010

Valore limite	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 $\text{mg}/\text{m}^3$

Tabella 4 – Valori limite di biossido di zolfo secondo D. Lgs. 155/2010

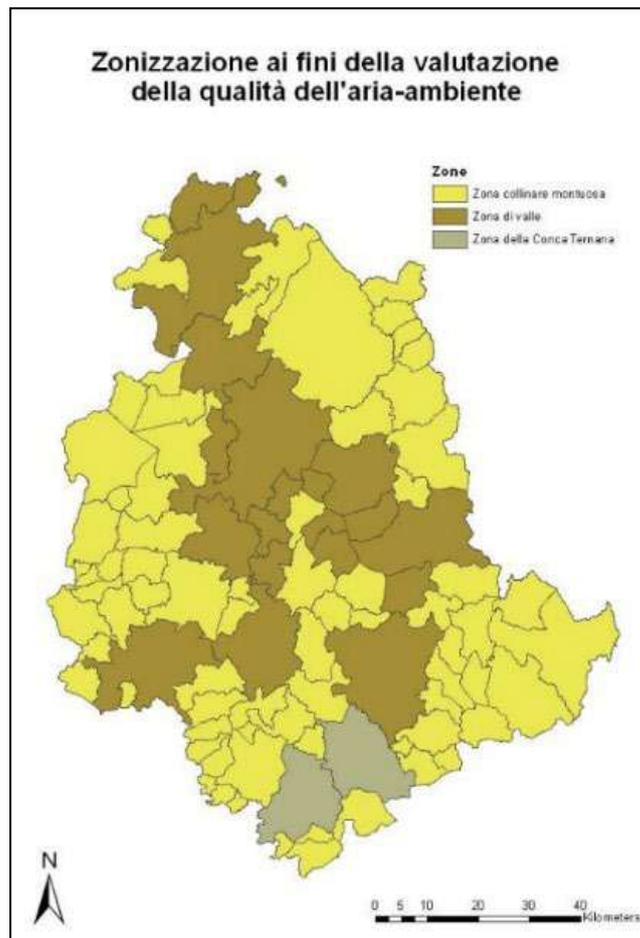
Valore limite	Periodo di mediazione	Valore limite
Soglia di allarme	Superamento per 3 ore consecutive del valore di soglia	500 $\text{mg}/\text{m}^3$
Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media su un ora	350 $\text{mg}/\text{m}^3$
Valore limite per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 24 ore	125 $\text{mg}/\text{m}^3$

Tabella 5 – Valori limite per polveri secondo D. Lgs. 155/2010

Valore limite	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana PM10	1 giorno	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile
Valore limite annuale per la protezione della salute umana PM10	Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Valore limite annuale per la protezione della salute umana PM2,5	Anno civile	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

L'obiettivo strategico del PRQA è il raggiungimento, ovunque nel territorio regionale, degli standard di qualità dell'aria introdotti dalla normativa europea. Il rispetto dei valori limite per le concentrazioni di polveri fini e biossido di azoto nelle realtà urbane maggiormente a rischio viene quindi assunto come obiettivo principale del Piano Regionale su cui concentrare prioritariamente gli sforzi, le iniziative e le risorse. Il piano è stato elaborato in prima fase nel 2013 ed aggiornato con delibera n.286 dell'assemblea legislativa regionale in data 20 dicembre 2022.

All'obiettivo principale del Piano si aggiunge l'obiettivo secondario di garantire il mantenimento dei livelli di qualità già tendenzialmente positivi sulla rimanente parte del territorio regionale e di ridurre le concentrazioni degli inquinanti atmosferici ovunque; tale finalità sarà perseguita con una serie di misure aggiuntive e mirando al raggiungimento di valori di concentrazione al disotto della "soglia di valutazione superiore" e possibilmente più prossimi al valore della "soglia di valutazione inferiore".



*Figura 3 Zonizzazione regionale qualità dell'aria*

Le misure che il piano intende adottare per il raggiungimento degli obiettivi di rispetto dei parametri di qualità dell'aria su tutto il territorio regionale si articolano in diverse tipologie di azione:

- le *"Misure tecniche base"* che costituiscono il nucleo fondamentale di provvedimenti da adottare per affrontare le situazioni maggiormente critiche, i cui effetti sono stati misurati e valutati attraverso gli scenari proiettati al 2015 e al 2020; esse si suddividono in due ambiti di azione, uno rivolto al tema della mobilità e l'altro a quello del riscaldamento domestico alimentato a biomassa;
- le *"Misure tecniche di indirizzo"* che introducono una serie di criteri e vincoli da adottarsi nell'ambito degli strumenti di programmazione e pianificazione a livello sia regionale che locale; tali misure, che coinvolgono una vasta sfera di attività, mirano a promuovere una complessiva riduzione delle emissioni in atmosfera su tutto il territorio regionale, i cui effetti non sono stati tuttavia quantificati nelle proiezioni modellistiche effettuate;

- le *"Misure transitorie"* che individuano una serie di azioni che devono essere adottate a livello locale per fronteggiare le situazioni di maggiore criticità della qualità dell'aria in attesa che le misure di più lungo periodo descritte ai punti precedenti abbiano tempo di produrre gli effetti attesi;
- le *"Misure di supporto"* che sono azioni di natura non tecnica che non intervengono direttamente sugli inquinanti ma sono finalizzate a governare le attività di gestione, monitoraggio e aggiornamento del Piano, nonché le campagne di informazione e divulgazione al pubblico.

Le Misure Tecniche di Indirizzo di interesse sono:

#### Traffico

M2F01 Miglioramento del trasporto pubblico regionale. L'amministrazione regionale e gli enti locali promuovono:

- la sostituzione degli autobus del TPL con mezzi a basse emissioni di particolato e di NO<sub>x</sub>;
- il potenziamento del trasporto pubblico urbano con mezzi elettrici (su rotaia o su gomma) o a basse emissioni di inquinanti.
- M1F01 Riduzione del trasporto privato su tutto il territorio regionale. La Regione e gli Enti Locali promuovono, anche nelle aree urbane non direttamente interessate da situazioni di criticità locale in termini di qualità dell'aria:
  - l'istituzione e ampliamento delle ZTL nelle aree urbane;
  - l'uso del Trasporto Pubblico Locale;
  - la riduzione del trasporto passeggeri su strada mediante l'inserimento di interventi di *"car pooling"* su mezzi a basse emissioni nelle fasce di rispetto delle ZTL;
  - la riduzione del trasporto passeggeri su strada mediante l'incremento delle piste ciclabili urbane e la realizzazione dei relativi parcheggi di scambio autotreno/ bicicletta;
  - la riduzione del limite della velocità (90 km/h) in strade statali a 4 corsie tramite strumenti normativi;
  - azioni di sensibilizzazione per la riduzione dell'utilizzo del mezzo di trasporto privato, per il suo utilizzo condiviso, per l'utilizzo di mezzi collettivi e della bicicletta;
- M1F02 Utilizzo dei mezzi elettrici. La Regione e gli Enti Locali promuovono:
  - l'installazione di una rete infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica;
  - le regolamentazioni da parte dei Comuni per la facilitazione all'uso nell'area urbana dei veicoli alimentati ad energia elettrica per il trasporto privato;

- le regolamentazioni e le incentivazioni da parte dei Comuni per l'uso nell'area urbana dei veicoli alimentati ad energia elettrica per il trasporto di merci.

#### Impianti termici civili

D0F01 Efficienza energetica in edilizia. La Regione e gli Enti Locali promuovono:

- la costruzione di nuovi edifici ad alta efficienza energetica (A+);
- la realizzazione di impianti di riscaldamento centralizzati di servizio a edifici con abitazioni multiple;
- la riqualificazione energetica negli edifici pubblici e privati;
- la realizzazione di impianti di teleriscaldamento (e teleraffrescamento), dotati delle migliori tecnologie disponibili per la riduzione delle emissioni, a servizio di aree urbane;
- la diffusione nel territorio di impianti di combustione della legna ad alta efficienza e riduzione delle emissioni per il riscaldamento domestico;
- il passaggio all'utilizzo di impianti a gas degli impianti attualmente alimentati ad olio combustibile.

## **2.2 CAMBIAMENTI CLIMATICI**

### **Nozioni generali sull'inquinamento atmosferico**

Per inquinante, si intende una sostanza estranea all'ambiente, riversata in atmosfera attraverso processi di origine antropica; il termine è però stato esteso a composti che, seppur normalmente presenti, assumono livelli di concentrazione rilevanti o comunque difforni dalle normali distribuzioni naturali. Nel complesso, i trasporti sono responsabili di una quota rilevante di alcune delle principali sostanze inquinanti di origine antropica. Gli inquinanti prodotti dal sistema dei trasporti possono essere classificati secondo molteplici criteri: con il termine inquinanti primari si intendono tutti gli inquinanti emessi direttamente in atmosfera; con il termine inquinanti secondari si intendono invece i prodotti di reazione tra gli inquinanti primari ed altri componenti dell'atmosfera. Tra i principali processi di trasformazione di inquinanti primari in inquinanti secondari assumono un ruolo rilevante le reazioni fotochimiche che portano alla formazione del cosiddetto smog fotochimico. Gli inquinanti secondari prodotti attraverso reazioni chimiche innescate dalla radiazione solare vanno a costituire questo tipo di inquinamento caratteristico dei mesi estivi, durante le ore diurne. I veicoli utilizzati per il trasporto stradale sono pressoché totalmente azionati da motori termici alimentati principalmente con benzina e con gasolio. Si descrivono di seguito i principali inquinanti primari e secondari connessi al traffico veicolare:

### Ossido di carbonio (CO)

Inquinante primario.

L'ossido di carbonio è un gas incolore e inodore che si forma dalla combustione incompleta del carburante, sia per difetto di ossigeno, sia per le modalità della combustione. Le sue concentrazioni possono essere ben correlate all'intensità del traffico in vicinanza del punto di rilevamento; in particolare in una strada isolata la sua concentrazione mostra di solito valori massimi nell'intorno dell'asse stradale e decresce molto rapidamente fino a diventare trascurabile a una distanza di alcune decine di metri.

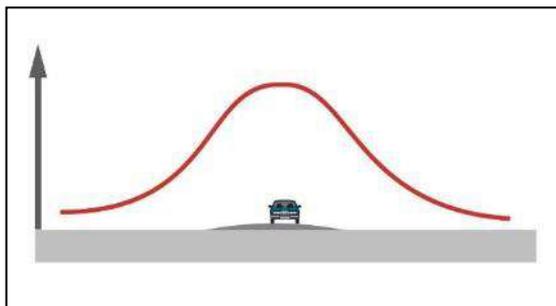


Figura 4 Andamento qualitativo della concentrazione di CO nella sezione di una strada

### Ossidi di azoto (NOx)

Inquinante primario.

I composti dell'azoto maggiormente presenti in atmosfera sono l'ammoniaca, diversi tipi di sali di NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub>, ed NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e diversi tipi di ossidi tra i più importanti l'ossido di azoto (NO), l'ossido di diazoto (N<sub>2</sub>O), il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) e altri presenti in quantità molto piccole. Sono prodotti durante la combustione poiché l'azoto presente nell'aria e, sotto forma di composti azotati, nel combustibile, si combina con l'ossigeno presente nell'aria.

### Ossidi di zolfo (SOx)

Inquinante primario.

I principali ossidi di zolfo presenti in atmosfera sono SO<sub>2</sub> e SO<sub>3</sub>; provengono in generale dall'ossidazione dello zolfo contenuto nei combustibili; la reattività dell'SO<sub>2</sub> con l'umidità dell'aria porta alla formazione di acido solforico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), presente nelle piogge acide. L'emissione di ossidi di zolfo dovuta al traffico veicolare è trascurabile in rapporto al totale delle emissioni nazionali in quanto lo zolfo nelle benzine è pressoché assente e nel gasolio è presente in tracce.

### **Piombo (Pb)**

Inquinante primario.

È un metallo pesante tossico per l'uomo soprattutto nella sua forma ionizzata (Pb<sup>++</sup>). Le emissioni di piombo sono caratteristiche dei motori a scoppio, in quanto composti di piombo sono aggiunti alla benzina per migliorarne le capacità antidetonanti. Le emissioni di piombo risultano proporzionali al consumo di benzina; l'utilizzo della benzina "verde" (0.013 g/l di Pb) sta portando la quasi totale eliminazione del contributo alle emissioni di piombo da parte della circolazione veicolare.

### **Anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)**

Inquinante primario.

L'anidride carbonica è uno dei gas normalmente presenti nell'atmosfera. Fra le cause antropiche di emissione della CO<sub>2</sub> nell'atmosfera sono predominanti tutti i processi di combustione e quindi anche tutti quelli che avvengono nei motori dei veicoli stradali.

### **Composti Organici Volatili diversi dal metano (COVNM)**

Inquinanti primari.

Costituiscono un insieme di specie e di classi di natura organica, presenti in atmosfera in fase gassosa. Sono costituiti da idrocarburi (contenenti solo carbonio e idrogeno) e da sostanze ossigenate. Sono contenuti nei gas di scarico, in conseguenza della combustione incompleta del carburante; hanno un ruolo molto importante nei processi di formazione di inquinanti secondari attraverso reazioni fotochimiche.

I veicoli stradali sono considerati tra le sorgenti più importanti di IPA (idrocarburi policiclici aromatici) in quanto nel recente passato il contenuto di idrocarburi aromatici nelle benzine è stato incrementato, in sostituzione del piombo, per migliorare il potere antidetonante. Tra gli IPA viene considerato separatamente il benzene.

### **Particolato (PTS)**

Inquinante primario e secondario.

Il particolato è costituito da un complesso di particelle di dimensioni microscopiche sia solide che liquide: particelle carboniche incombuste, idrocarburi, sali di vario tipo. Le emissioni di particolato dovute a cause antropiche sono principalmente dovute ad attività industriali e al traffico veicolare; l'emissione di particolato è tipica dei motori diesel e viene esaltata dalla scarsa efficienza del sistema di iniezione; nei motori a benzina l'emissione è trascurabile.

La frazione di particolato che più facilmente può essere trattenuta dai polmoni è quella costituita da particelle di diametro inferiore a 10 µm (indicata con la sigla PM<sub>10</sub>).

### Ozono (O<sub>3</sub>)

Inquinante secondario.

È un gas incolore dal forte potere ossidante e dall'odore pungente; è un normale componente delle zone più elevate dell'atmosfera ma i problemi di inquinamento dell'aria da ozono sono legati al significativo incremento che questo gas subisce nelle zone prossime al suolo a causa di una complessa catena di reazioni fotochimiche favorite da un elevato irraggiamento solare. Le reazioni fotochimiche che portano ad un aumento della concentrazione di ozono a bassa quota sono legate alla presenza di ossidi di azoto e di idrocarburi volatili.



Figura 5 Andamento qualitativo della concentrazione di NO, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> nella sezione di una strada

L'emissione di inquinanti e quindi la variazione della composizione chimica dell'atmosfera possono provocare delle variazioni del clima su piccola e vasta scala. Si considerano di seguito i principali effetti su vasta scala prodotti dall'emissione di inquinanti.

### Effetto serra

L'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) ed altri gas come il metano (CH<sub>4</sub>) e i fluorocarboni (F-11 e F-12) sono capaci di alterare l'equilibrio termico della terra fungendo da schermo unidirezionale alle radiazioni termiche, cioè intrappolando l'energia a piccola lunghezza d'onda inviata dal sole e rinviata dalla terra a lunghezza d'onda superiore; l'equilibrio tra questi fenomeni consente di mantenere, alla temperatura media attuale della terra (15°C), la matrice acquosa presente sulla terra allo stato liquido. Un aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> in atmosfera, dovuto alle combustioni e quindi in maniera rilevante anche al traffico veicolare, porterebbe alla formazione di un sistema più efficace nel trattenere le radiazioni infrarosse rimandate dalla superficie terrestre, portando in modo irreversibile ad un aumento della temperatura media della terra.

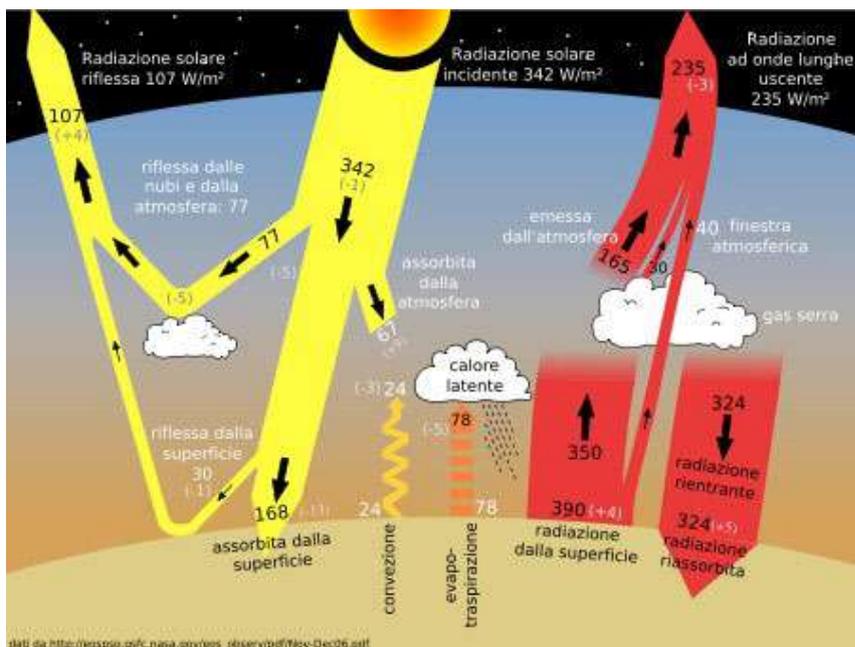


Figura 6 Schema contributi per l'effetto serra

### Effetto frigorifero

Questo tipo di effetto si manifesta con una diminuzione della temperatura media terrestre; esso sembra legato all'aumento dell'inquinamento da particelle sospese in atmosfera: il particolato, infatti, potrebbe agire direttamente sulla temperatura assorbendo, disperdendo e deviando la radiazione solare o la radiazione infrarossa proveniente dalla terra. In particolare, il particolato agirebbe come nucleo di condensazione nella formazione di nuvole che aumentano la riflessione della radiazione solare nello spazio (diminuzione di temperatura).

### Diminuzione dello strato di ozono nella stratosfera

L'ozono (O<sub>3</sub>), forma allotropica dell'ossigeno molecolare, forma uno strato all'interno della stratosfera, ad un'altezza di circa 18-60 km. Questo strato funge da filtro alla radiazione solare bloccando la maggior parte della radiazione ultravioletta tra 240 e 320 nm, che a queste lunghezze d'onda è mutagena e cancerogena a livello cutaneo. Lo strato di ozono è il risultato di processi di formazione e distruzione dello stesso; alcuni NO<sub>x</sub>, sfuggendo ai processi di trasformazione e di rimozione che avvengono nella troposfera, possono arrivare fino alla stratosfera ed inserirsi in questo ciclo impedendo la formazione dell'ozono dissociato; analogamente i cloro-fluorocarboni poiché sono molto stabili vengono trasportati fino all'ozonofera e si inseriscono nel processo.

### **Emissioni da traffico veicolare**

Per emissione, si intende l'introduzione di sostanze nocive nell'atmosfera da parte di sorgenti di inquinamento in un intervallo di tempo determinato; il traffico veicolare è una sorgente di emissione di tipo lineare costituita da un insieme di sorgenti puntiformi (veicoli) che si muovono lungo una linea.

I motori attualmente in uso nei veicoli stradali possono essere classificati, a seconda del tipo di combustione in due categorie: motori ad accensione comandata (detti anche motori a benzina, anche se possono essere usati altri tipi di combustibile) e motori ad accensione spontanea (o motori Diesel). La progettazione e l'esercizio dei motori, da alcuni anni è condizionata da due aspetti molto importanti: la necessità di limitare il contributo all'inquinamento delle aree urbane e l'esigenza di migliorare significativamente l'economia dei consumi di combustibile. Le principali fonti di emissione di un veicolo sono localizzate nell'apparato di propulsione: serbatoio, sistema di alimentazione, motore, tubo di scappamento. Le emissioni da veicoli su strada si possono esprimere come la somma di tre tipologie di contributi:

$$E = E_{hot} + E_{cold} + E_{evap}$$

$E_{hot}$  sono le emissioni a caldo, ovvero le emissioni da veicoli i cui motori hanno raggiunto la loro temperatura d'esercizio;

$E_{cold}$  è il termine che tiene conto dell'effetto delle emissioni a freddo, ovvero delle emissioni durante il riscaldamento del veicolo (convenzionalmente sono le emissioni che si verificano quando la temperatura dell'acqua di raffreddamento è inferiore a 70°C);

$E_{evap}$  sono le emissioni evaporative costituite dai soli COVNM (composti organici volatili non metanici); queste emissioni sono rilevanti solo per i veicoli a benzina.

Alla somma delle emissioni a caldo e a freddo, viene dato il nome di emissioni allo scarico.

La produzione di una vasta gamma di inquinanti da parte di un veicolo dotato di motore a combustione interna è determinata dal fatto che le reazioni di ossidazione del combustibile in presenza di aria non avvengono in condizioni ideali (una combustione completa e in condizioni ideali darebbe come unici prodotti di reazione acqua H<sub>2</sub>O e anidride carbonica CO<sub>2</sub>). I fattori che influenzano le emissioni sono molteplici e reciprocamente correlati:

- caratteristiche del veicolo;
- caratteristiche del tracciato stradale.

L'intensità dell'emissione di inquinanti da parte del traffico stradale può essere espressa per mezzo di diversi parametri; in generale la misura delle emissioni viene riferita a condizioni medie durante un intervallo di tempo fissato e relativamente ad un veicolo si esprime come massa di inquinante emesso per unità di distanza percorsa (esempio: g/km).

Le emissioni non hanno alcun legame diretto con gli effetti (sanitari ed ambientali) dell'inquinamento atmosferico. È infatti, la dispersione atmosferica che determina quanta parte delle emissioni rimane in aria (la concentrazione).

Nel caso del traffico, dato che l'emissione avviene a pochi centimetri dal suolo, quest'ultima può essere considerata in prima approssimazione una variabile proxy (Indicatore statistico che descrive il comportamento di un determinato fenomeno non osservabile direttamente) delle concentrazioni. Pertanto, ad esempio, l'emissione lineare può essere utilizzata come primo indice grossolano di criticità ambientale. L'applicazione più classica delle emissioni rimane, anche nel traffico, quella di individuare la causa principale di inquinamento (auto o mezzi pesanti; auto catalitiche o auto più vecchie) e proporre gli interventi di abbattimento (modifiche alle velocità di percorrenza, limitazione a particolari mezzi o in particolari orari).

Tra i possibili inquinanti emessi in atmosfera, il traffico veicolare ha un peso preponderante, rispetto al totale delle emissioni nazionali, per le emissioni di monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NOx), composti organici volatili diversi dal metano (COVNM), benzene (C6H6); ha un peso considerevole per le emissioni di anidride carbonica (CO2), mentre ha un peso relativamente minore per gli ossidi di zolfo (SOx) a causa della progressiva riduzione del tenore di zolfo nei carburanti.

### **2.3 Analisi dello stato della qualità dell'aria**

In Umbria, il monitoraggio della qualità dell'aria è gestito dall'Agenzia Regionale ARPA UMBRIA, che fornisce, oltre ai report complessivi della qualità dell'aria nella regione, anche i valori puntuali delle centraline disposte lungo la rete di monitoraggio.

Nella zona di interesse studiata nel presente documento, non è compresa nessuna centralina di monitoraggio fissa, vista l'assenza di fonti di inquinamento significative; la più vicina risulta essere Spoleto – Madonna di Lugo, comunque a chilometri di distanza da Serravalle, e quindi non rappresentativa della qualità dell'aria della zona di progetto.



Figura 7 Posizione centralina ARPA Umbria 2013 Spoleto

### Campagna di misure ARPA Umbria

Unico dato reperibile e consultabile per la zona di progetto relativo alla qualità dell'aria è il monitoraggio della qualità dell'aria – Serravalle di Norcia risalente al periodo 06/11/2002 – 03/02/2003, documento redatto da ARPA Umbria.

Nel documento vengono elencate le medie per l'intero periodo di monitoraggio degli inquinanti rilevati: Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>), Ossidi di Azoto (NO e NO<sub>2</sub>), Monossido di Carbonio (CO), Ozono (O<sub>3</sub>), Particolato Totale Sospeso, Benzene.

Di seguito è riportata la tabella riassuntiva con i valori misurati come media complessiva e massimo calcolato.



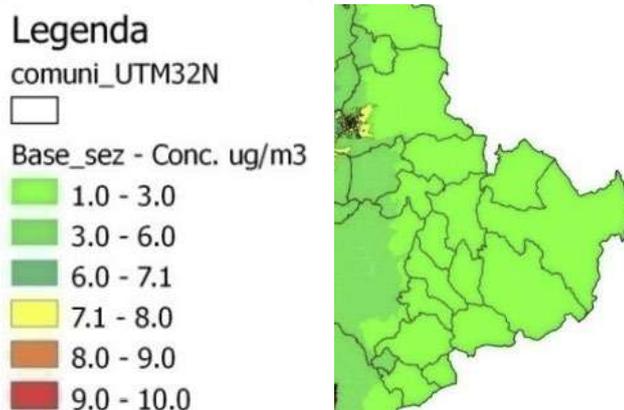
Figura 8 Posizione centralina ARPA Umbria 2002-2003 Serravalle di Norcia

Tabella 6– Parametri qualità dell'aria postazione Cascia-Seravalle 2002-2003

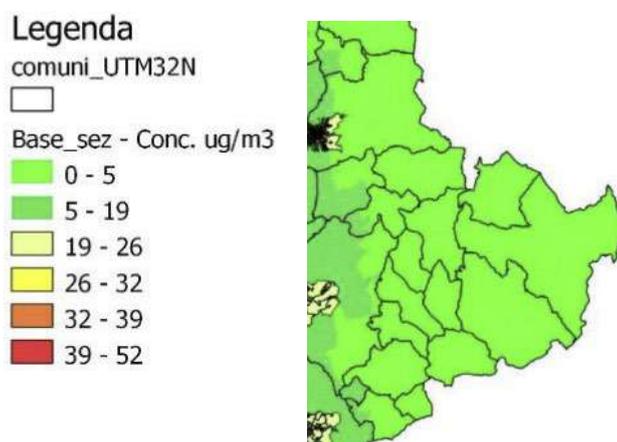
Parametri	CO mg/mc	NO2 µg/mc	O3 µg/mc	SO2 µg/mc	Benzene µg/mc	PTS µg/mc	Cd µg/mc	Cr µg/mc	Ni µg/mc	Pb µg/mc
Medie	0.8	24.0	22.0	0.9	1.6	34	< 0.04	0.013	0.022	< 0.04
Max	10.9	61.0	94.0	28.5	2.2	70	< 0.04	0.014	0.050	< 0.04
95°Percentile						64				
98°Percentile		132.0								

Tutti i parametri sono ampiamente sotto i limiti imposti dal D.Lgs 155/2010, l'unico parametro che si avvicina al limite su base annuale risulta essere il particolato PM10, probabilmente dovuto alla emissione delle combustioni di impianti di riscaldamento civili, visto il periodo di rilevamento nell'inverno del 2002.

Nel seguito si riporta la situazione della qualità dell'aria da censimento regionale 2013 sugli inquinanti NOx (ossidi di azoto) e particolato PM10.



**Figura 9** Situazione attuale: concentrazione media annua di ossidi di azoto



**Figura 10** Situazione attuale: concentrazione media annua particolato PM10

### Campagna di misure 2023

Allo scopo di avere un quadro conoscitivo più completo sulla qualità dell'aria, puntuale nell'intorno dell'abitato di Serravalle di Norcia, in data 13/07/2023 è stato eseguito un monitoraggio di breve periodo sulle concentrazioni in atmosfera dei principali inquinanti.

Per l'esecuzione delle indagini atmosferiche è stata utilizzata una centralina Waspnote Libelium (modello Plug&Sense, Serial ID 52891CE819623C26), che permette l'acquisizione di alcuni dati meteorologici e le concentrazioni di diversi inquinanti.

La centralina è equipaggiata con i seguenti sensori:

- Carbon Monoxide (CO) gas sensor, sensore per il rilevamento del CO con range nominale di 0 - 30 mg/ m3 e sensibilità di 0,1 mg/ m3;
- Nitric Oxide (NO) gas sensor, sensore per il rilevamento di NO con range nominale di 0 - 240 µg/m3 e sensibilità di 1 µg/m3;

- Nitric Dioxide (NO<sub>2</sub>) gas sensor, sensore per il rilevamento di NO<sub>2</sub> con range nominale di 0 - 410 µg/m<sup>3</sup> e sensibilità di 2 µg/m<sup>3</sup>;
- Sulfur Dioxide (SO<sub>2</sub>) gas sensor, sensore per il rilevamento di SO<sub>2</sub> con range nominale di 0 - 580 µg/m<sup>3</sup> e sensibilità di 2 µg/m<sup>3</sup>;
- Particle Matter Sensor (PM 2.5, / PM10), sensore per il rilevamento di polveri sottili che permette di catalogare, in base alla dimensione delle particelle, fino a un massimo di 2000 µg/m<sup>3</sup>.

Oltre ai parametri citati, viene trasmesso su server dedicato, l'andamento in continuo di temperatura, umidità e pressione atmosferica. Per i rilevamenti dei parametri citati, è stata utilizzata una centralina Waspote 4G con sensori calibrati, unità GPS, scheda trasmissione dati 4G, alimentazione a batteria con cella solare

La centralina è stata posizionata in prossimità del tracciato di progetto, a ridosso dell'incrocio attuale nell'abitato di Serravalle come da immagini seguenti.

Nella scheda di report seguente vengono riportati i parametri rilevati durante il monitoraggio citato; tutti i principali inquinanti gassosi evidenziano una qualità dell'aria buona con valori molto al di sotto della norma.

Rispetto alle concentrazioni emerse nel report di ARPA al paragrafo precedente, si denota una corrispondenza di tutti i valori, con miglioramento del particolato PM10.



*Figura 11* Posizione Monitoraggio Centralina Libelium

Punto di Misura <b>P01</b>	<b>RILIEVI ATMOSFERICI AMBIENTE ESTERNO</b>				
<b>Toponimo:</b>	Serravalle di Norcia (PG)				
	<b>MONITORAGGIO INQUINAMENTO ATMOSFERICO</b>				
<b>Serial ID centralina:</b>	Waspnote 4G - 52891CE819623C26				
<b>Periodo di riferimento:</b>	13-14/07/2023				
<b>Condizioni meteo:</b>	Temperatura media (°C)	Umidità media	Pressione Atmosferica Media (Pa)		
	<b>23,9</b>	<b>59,80%</b>	<b>95989</b>		
Esecutori delle misure: Ing. Strani Giancarlo, Schillaci Andrea		Inizio:	13/07/23 h.10:23		
		Fine:	14/07/23 h.12:48		
<b>Installazione Stazione</b>					
					
<b>VALORI MEDI REGISTRATI</b>					
<b>NO</b>	4,14	µg/m <sup>3</sup>	<b>PM<sub>2,5</sub></b>	9,90	µg/m <sup>3</sup>
<b>NO<sub>2</sub></b>	25,49	µg/m <sup>3</sup>	<b>PM<sub>10</sub></b>	23,00	µg/m <sup>3</sup>
<b>SO<sub>2</sub></b>	0,96	µg/m <sup>3</sup>	<b>CO</b>	1,53	mg/m <sup>3</sup>

Figura 12 Report Monitoraggio Centralina Libelium

### 3. SOLUZIONE PROGETTUALE

#### 3.1 ALTERNATIVA PRESCELTA

La soluzione presenta tra le alternative analizzate, realizza una variante completa all'abitato di Serravalle mantenendo come direttrice principale l'asse Spoleto – Norcia.

Arrivando da Spoleto (nord) il tracciato sia allontana dalla sede esistente attraversando il corso d'acqua con un viadotto a 4 campate, si accosta alla montagna in rilevato e attraversa nuovamente il corso d'acqua con un secondo viadotto a tre campate. La spalla terminale del secondo viadotto si attesta in prossimità di una rotonda alta circa 1.5m rispetto al piano campagna. La rotonda ha diametro 40m, 3 bracci e garantisce il collegamento alle tre direzioni principali Norcia, Spoleto, Cascia.

Il ramo di rotonda verso Cascia torna sulla sede esistente con una livelletta discendente fino a recuperare l'attuale quota stradale. Il ramo di rotonda verso Norcia prosegue con un primo tratto in rilevato seguito subito dopo da un viadotto (con impalcato a via inferiore) che scavalca la ciclabile e il fiume Sordo. Prosegue un rilevato che ricongiunge la strada alla galleria esistente



Figura 13 Planimetria di progetto Alternativa1- variante completa

**Alternativa 1: Variante in viadotto**

L'alternativa 1 consente la velocizzazione dell'attraversamento dello svincolo tra Norcia-Cascia-Spoleto spostando lo svincolo fuori dall'abitato di Serravalle ma rimanendo sempre nell'intorno, in questo modo il paese viene valorizzato in quanto l'area assume una valenza prevalentemente turistica/commerciale e la nuova strada ne diviene la porta di accesso da tutte le direzioni. Le nuove strade che confluiscono in rotatoria sono completamente in sicurezza secondo D.M.2005 e dal punto di vista idraulico hanno  $V_p = 60\text{km/h}$  e  $V$  effettiva  $= 50\text{km/h}$ .

<b>PRO</b>	<b>CONTRO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• il tracciato è parzialmente nascosto e ben mimetizzato con l'ambiente</li> <li>• i viadotti possono essere realizzati in sezione mista acciaio calcestruzzo</li> <li>• consente di non utilizzare il ponte storico e preservarne la testimonianza storica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• è il tracciato con maggior estensione</li> <li>• la pista ciclabile in prossimità della rotatoria deve essere traslata al bordo della stessa</li> </ul>

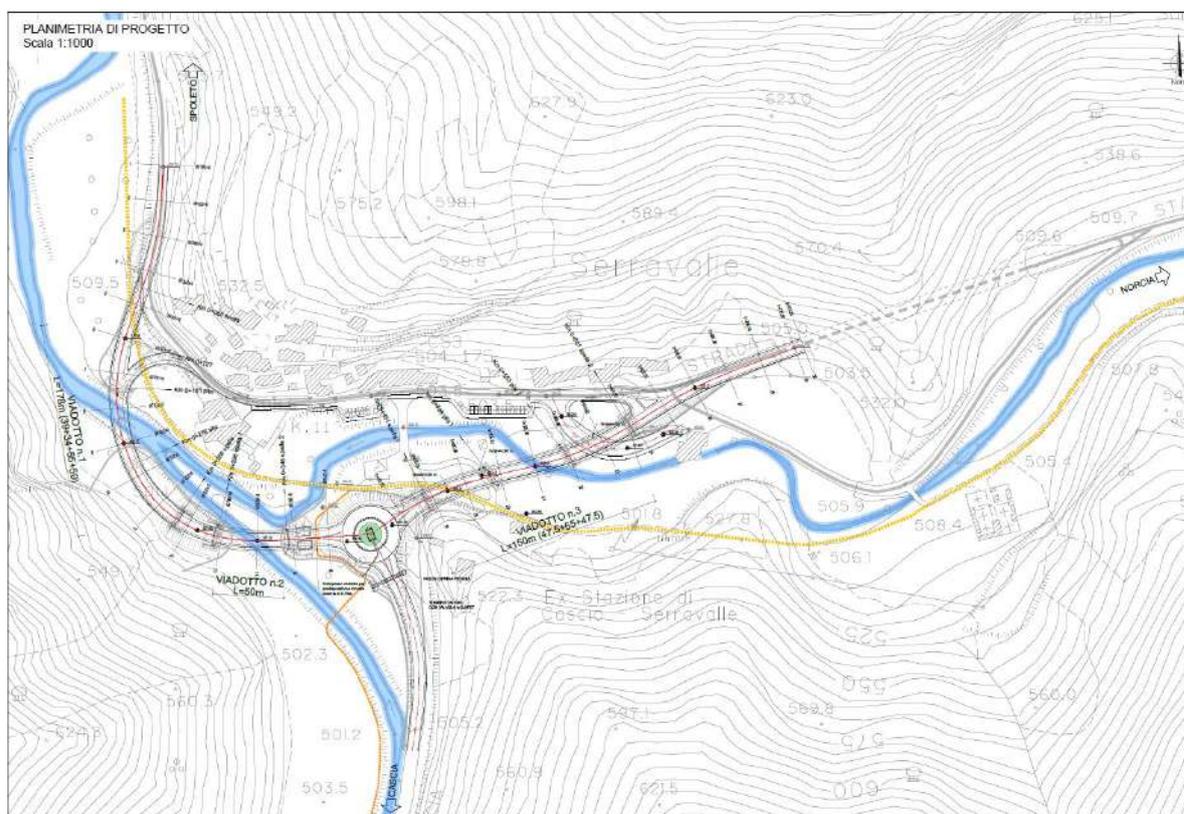


Figura 14 Planimetria di progetto su CTR

## 4. VALUTAZIONE DI IMPATTO ATMOSFERICO

### 4.1 Premessa

Nel presente paragrafo si analizza l'impatto sull'atmosfera generato in fase di esercizio per l'opera variante Serravalle.

L'analisi della dispersione di inquinanti in atmosfera è stata condotta mediante l'ausilio della modellazione matematica per una parte di territorio ritenuta più significativa.

L'analisi, condotta in accordo con quanto prescritto al Decreto n.46/VAA, è riferita agli inquinanti PM10, PM2.5, CO e NOx, generati dal traffico veicolare di mezzi leggeri e pesanti transitanti lungo il tracciato di progetto.

### 4.2 Modello di calcolo

Per l'elaborazione del modello descrittivo dell'area oggetto di studio, in termini di diffusione e dispersione degli inquinanti in atmosfera, è stato adottato un modello di distribuzione gaussiana delle principali sostanze derivanti da processi di combustione.

Il software utilizzato è AERMOD View nella versione 10.2.1 che supporta il codice di calcolo AERMOD dell'US-EPA n. 18081; in base alle linee guida degli enti internazionali per la protezione dell'ambiente (EPA Environmental Protection Agency e EEA European Environment Agency), AERMOD è riconosciuto tra gli strumenti modellistici raccomandati per le analisi di qualità dell'aria.

AERMOD si presta ad essere usato per lo studio di qualsiasi sorgente di emissione; il software dà la possibilità di ricostruire geometrie complesse ben rappresentative delle reali aree di studio, di considerare gli effetti dell'orografia del territorio, di calcolare le condizioni meteorologiche come variabili spazio-temporali.

Il software si configura come sistema di modellazione con tre distinte componenti: AERMOD, AERMAP e AERMET. Il modulo AERMOD, come finora espresso, calcola la dispersione degli inquinanti in atmosfera in funzione dei dati territoriali di natura orografica e meteorologica; i dati gestiti dal modulo derivano dalle elaborazioni dei pre-processor AERMAP e AERMET: il primo è dedicato alla ricostruzione del modello tridimensionale del terreno, il secondo alla creazione del modello spaziale e temporale dell'atmosfera.

Al momento della creazione di un nuovo progetto in AERMOD, si specifica il sistema di coordinate di riferimento (sistema di proiezione e datum) e si definisce l'area di studio (coordinate del punto di riferimento ed estensione dell'area), come mostrato a titolo di esempio in Figura 12; la definizione geografica del progetto è di fondamentale importanza per tutte le successive elaborazioni.

Studio di Impatto Atmosferico

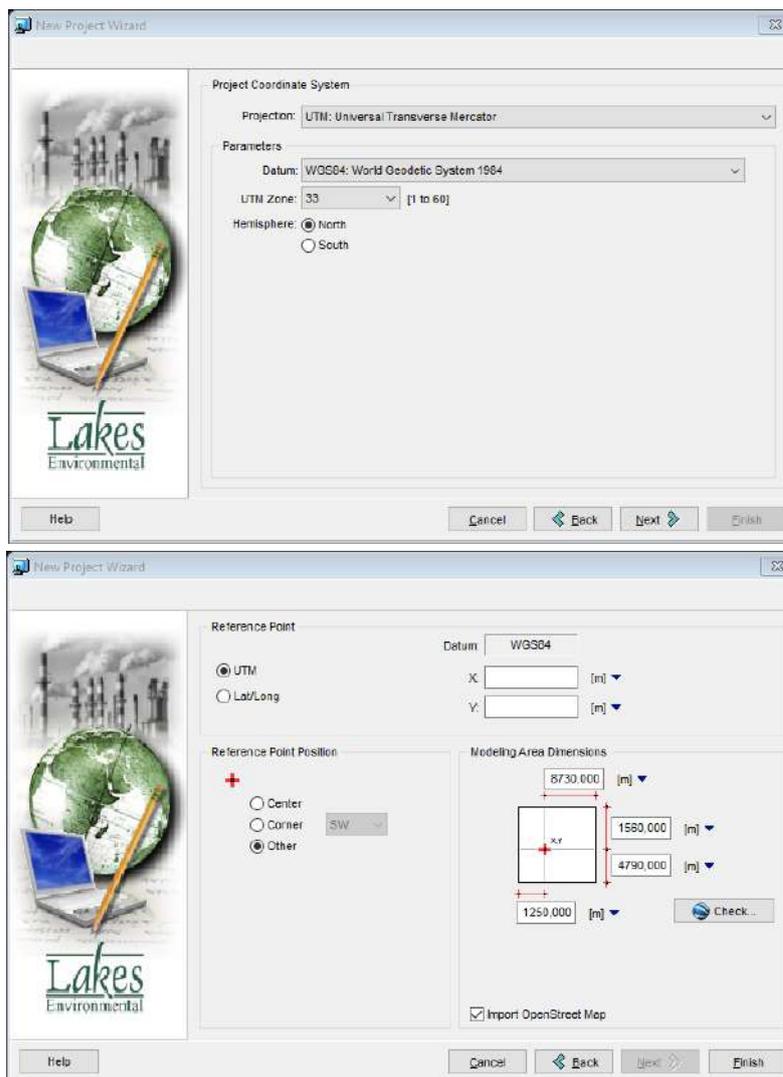


Figura 15 Esempio di definizione geografica del progetto

Successivamente viene importata la mappa dell'area di studio, come riportato nella prossima figura. È possibile inserire files in formato raster (ad esempio \*.jpeg) o vettoriale (ad esempio \*.dxf); per le ragioni sopra indicate, è necessario che i files vengano preventivamente georeferenziati.

La mappa caricata costituisce un utile sfondo grazie al quale l'utente riesce ad orientarsi rapidamente nell'identificazione e nella modellazione degli elementi dell'area di studio.

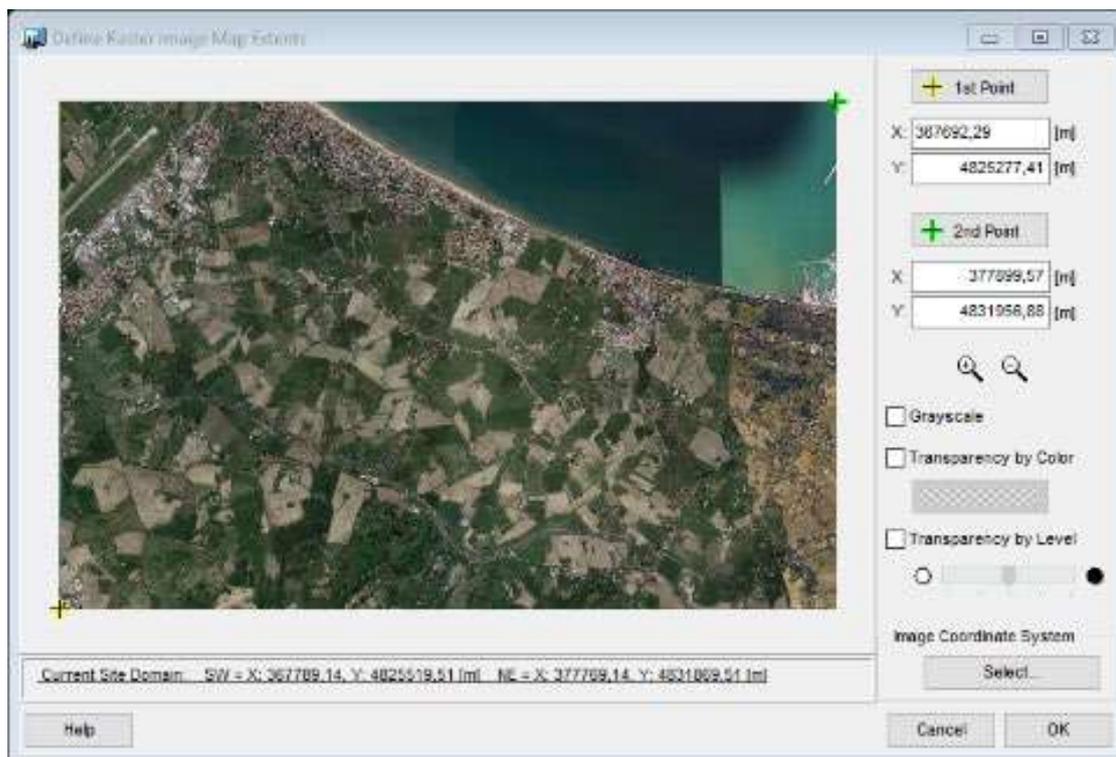


Figura 16 Esempio di importazione della mappa in formato \*.jpeg

Dopo aver definito il progetto, si procede all'inserimento dei dati di input del modello attraverso le sezioni descritte nel seguito.

Nella sezione "*control pathway*" è possibile definire opzioni di modellazione quali processo di dispersione e grandezza restituita, tipo di inquinante e intervallo temporale di restituzione dei risultati, andamento del terreno.

Attraverso la sezione "*source pathway*" si accede finestra di definizione delle sorgenti emissive oggetto di studio, nella suddetta sezione è possibile visualizzare un riepilogo delle sorgenti imputate ed impostare opzioni di modellazioni avanzate.

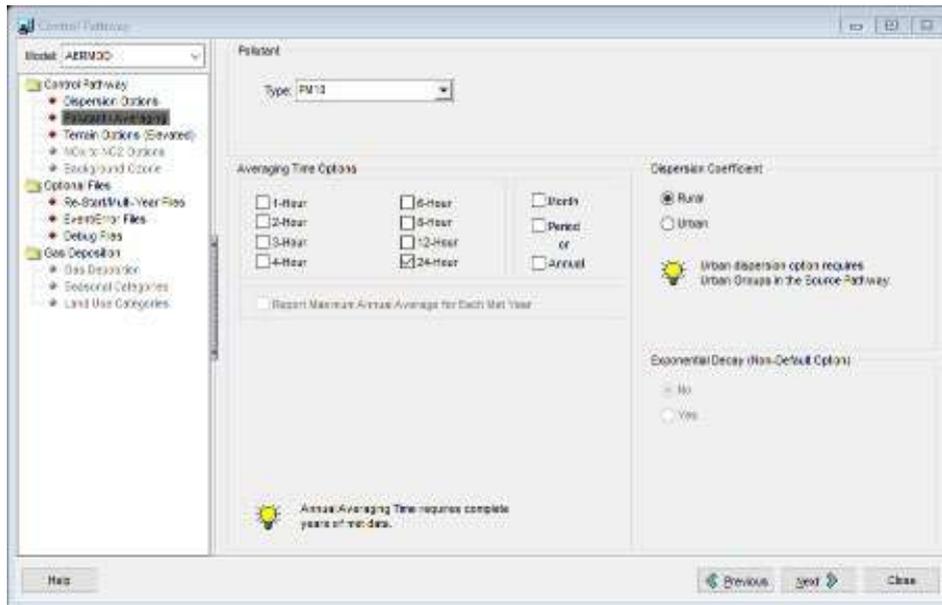


Figura 17 Sezione "control pathway": esempio di definizione dell'inquinante

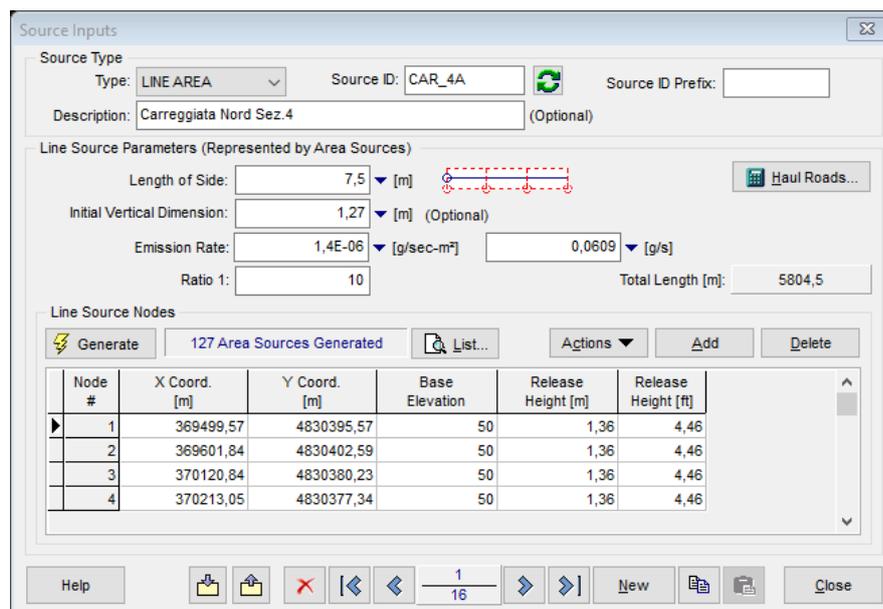


Figura 18 Esempio di definizione delle sorgenti lineari

Dalla sezione "receptor pathway" si perviene alla definizione dei ricettori interessati dal processo emissivo oggetto di studio; all'interno dello stesso progetto possono essere inseriti ricettori distribuiti su una griglia o localizzati in specifiche posizioni di interesse. Le griglie possono essere sia rettangolari che polari, collocate a diverse altezze da terra.

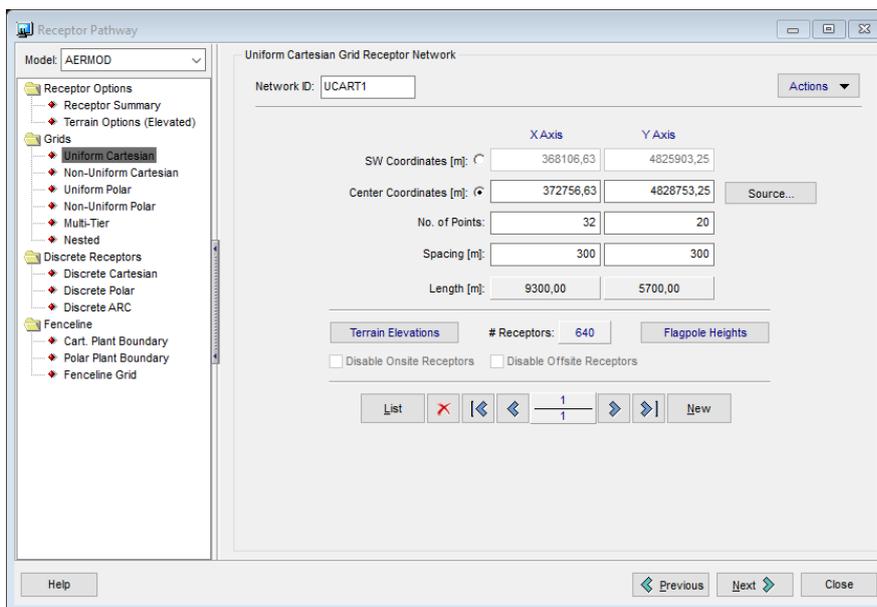


Figura 19 Esempio di definizione della griglia di ricettori

Nella successiva sezione "meteorology pathway" vengono caricati i files di dati meteorologici \*.sfc e \*.pfl, contenenti rispettivamente i parametri atmosferici orari sulla superficie terrestre e lungo il profilo verticale, elaborati in precedenza mediante il modulo AERMET.

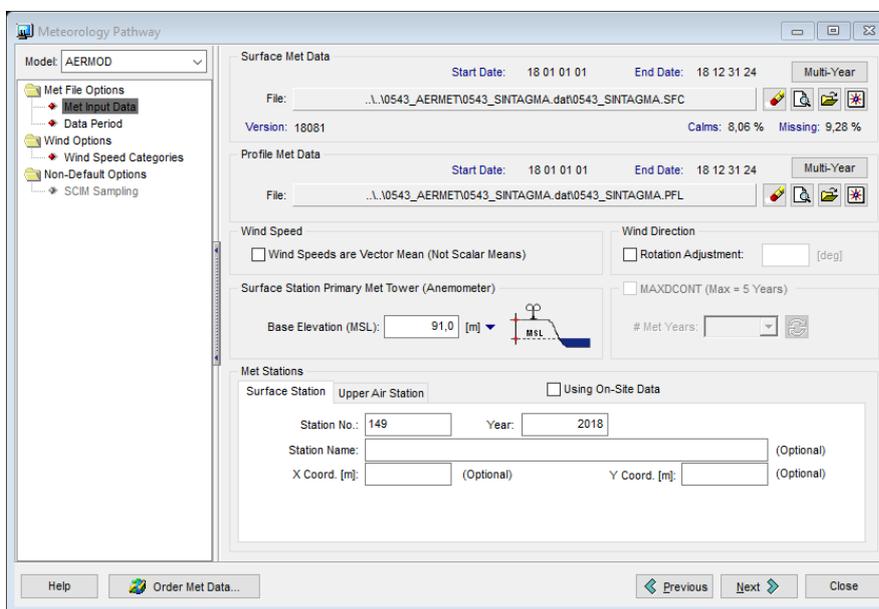


Figura 20 Esempio di definizione dei files di dati meteorologici elaborati da AERMET

Nell’ultima sezione “*output pathway*” vengono scelte le impostazioni di output per la simulazione di interesse, riguardanti ad esempio le linee di isolivello delle concentrazioni inquinanti o le informazioni da includere nei files di report.

Per migliorare la modellazione con AERMOD, è possibile inserire nel progetto altri dati di input, quali altimetria del terreno e presenza di edifici.

Attraverso la sezione “*terrain options*” viene attivato un processore che elabora e gestisce il modello tridimensionale del terreno, per consentire al programma di considerare gli effetti dell’orografia sulla propagazione degli inquinanti.

Nella sezione “*building options*” possono essere ricostruiti gli edifici reali, nell’ottica di valutare l’interazione che i più vicini alla sorgente potrebbero avere con la propagazione degli inquinanti.

È infine possibile lanciare il “*run*” del programma, per ottenere le concentrazioni degli inquinanti nell’area di indagine, espresse come valori puntuali e come andamento di curve di isolivello.

Definiti i contorni dell’area oggetto di studio, è stata creata una mappa georeferenziata ed inserita come base cartografica nel software AERMOD.

Su tale base è stata tracciata la viabilità attuale, corrispondente alla sorgente emissiva del modello di propagazione atmosferica; la medesima base cartografica, inserita nel pre-processore AERMAP, ha inoltre consentito la modellazione dell’orografia locale e la creazione del modello tridimensionale dell’area di studio.



*Figura 21* Vista del modello 3D dell'area di interesse, Serravalle di Norcia

L'area di studio considerata ha ampiezza 800 x 800 m, comprendente il tracciato stradale di progetto, le zone di raccordo stradale gli ambiti circostanti.

All'interno dell'area di studio sono stati impostati dei ricettori secondo una griglia cartesiana 20 x 20 e passo pari a 40 m (Figura 20), all'altezza di 1,5 m da terra, corrispondente alle condizioni di propagazione al suolo. In accordo con la valutazione di impatto acustico sono stati individuati 51 ricettori corrispondenti alle strutture e alle aree in generale più esposte.



*Figura 22 Area di studio su ortofoto con griglie cartesiane*

### **4.3 Analisi emissiva e flussi di traffico**

Definiti i tratti di intervento come riportato nel paragrafo precedente, sono stati determinati, mediante specifico studio trasportistico, i volumi di traffico giornaliero medio (TGM) suddivisi tra mezzi leggeri e mezzi pesanti. Per la situazione di stato attuale (ante operam) si riportano in tabella seguente i valori di TGM definiti ai fini del presente progetto.

Tabella 7 – Traffico giornaliero medio (TGM) ante operam

Ante-Operam		Leggeri		Pesanti		Totali	
Tratto Cerreto-Serravalle	A-B1	752	1400	48	103	800	1503
	B1-A	648		55		703	
Tratto Serravalle- Norcia	B1-C	726	1495	43	97	769	1592
	C-B1	769		54		823	
Tratto Serravalle-Cascia	B1-D	441	735	19	34	460	769
	D-B1	294		15		309	

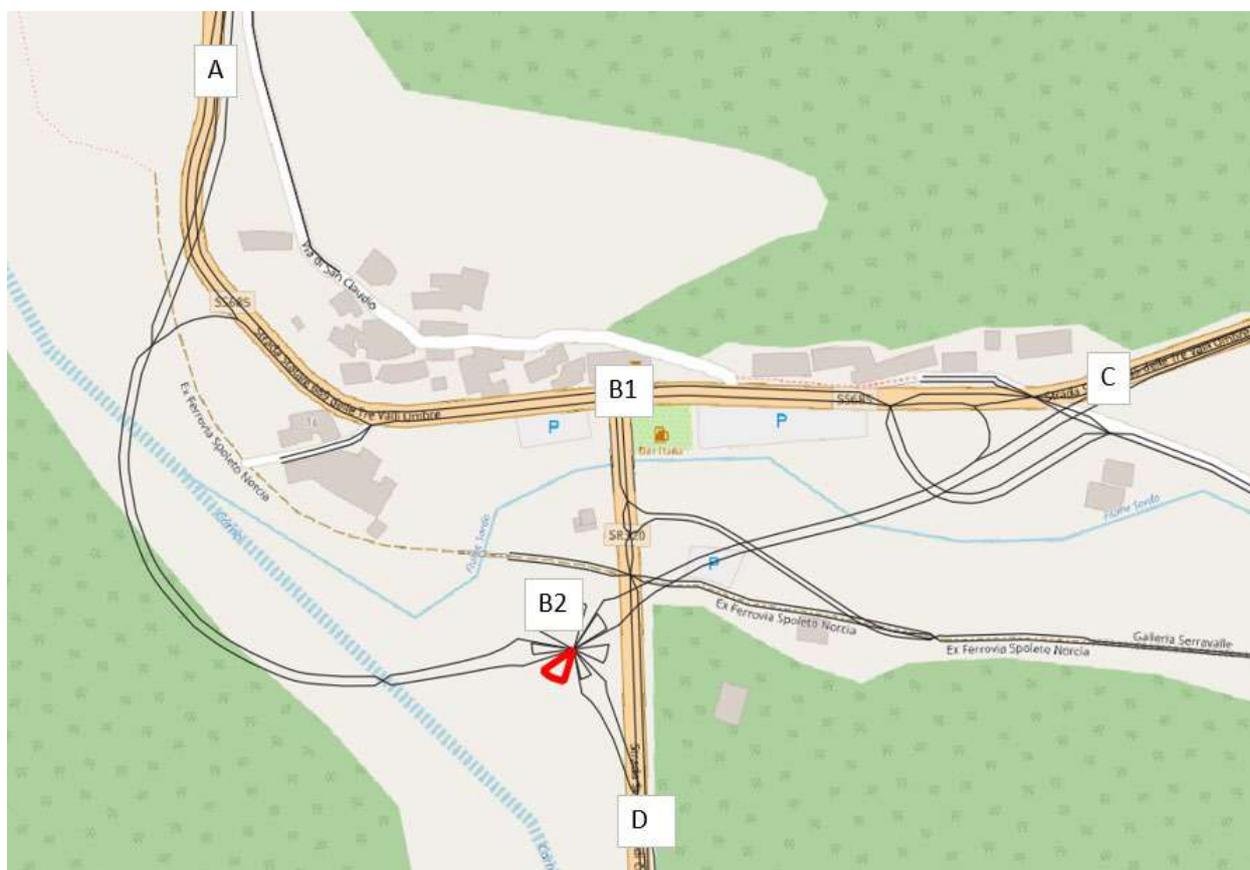


Figura 23 Tratti e nodi individuati ante-operam

#### 4.4 Fattori di emissione

I fattori di emissione richiesti dal software AERMOD sono espressi in grammi al secondo su metro quadrato ( $g/s \cdot m^2$ ) per meglio rappresentare la diffusione degli inquinanti emessi dall'intera piattaforma stradale, considerata con le specifiche larghezze di progetto; nel caso in esame, come previsto dalle linee guida ANAS per

la redazione di S.I.A., sono stati considerati gli inquinanti NOx (espressi come NO<sub>2</sub>), PM<sub>10</sub> e CO.

I fattori di emissione utili alla modellazione sono stati reperiti dalla "Banca dati dei fattori di emissione medi del trasporto stradale in Italia", basata sulle stime annualmente aggiornate da ISPRA ai fini della redazione dell'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera.

I fattori di emissione sono calcolati con l'utilizzo del software COPERT v.5.1.1. sulla base dei dati di input nazionali riguardanti il parco e la circolazione dei veicoli all'anno 2020, espressi sia rispetto ai Km percorsi che rispetto ai consumi, con riferimento sia al dettaglio delle tecnologie che all'aggregazione per settore e combustibile, elaborati sia a livello totale che distintamente per l'ambito urbano, extraurbano ed autostradale.

Come anticipato, non potendo disporre di dati specifici sulla composizione del traffico veicolare in termini di tipologia di alimentazione, in input al modello viene introdotto un fattore emissivo medio per tecnologie e combustibili sul dato totale del parco veicolare nazionale al 2020.

In relazione a quanto detto, si evidenzia che i risultati di modellazione così ottenuti andranno valutati considerando la naturale evoluzione tecnologica che comporterà una riduzione dei fattori di emissione per il traffico veicolare rispetto a quelli attualmente disponibili. A titolo di esempio si riportano di seguito i ratei emissivi riferiti ai veicoli attualmente più efficienti (EURO 6) in termini di emissioni in atmosfera di particolato e ossidi di azoto.

Tabella 8 – Ratei emissivi per veicoli EURO 6

TIPOLOGIA VEICOLO	DI	Fattore di emissione PM <sub>10</sub> (g/Km*veic)	Fattore di emissione NO <sub>x</sub> (g/Km*veic)	Ciclo di guida
Veicoli leggeri		0,024	0,042	Misto
Veicoli pesanti		0,087	0,201	Misto

In Tabella 9 sono indicati i fattori di emissioni di modellazione riferiti ai diversi inquinanti per veicoli leggeri e pesanti, in ambito autostradale ed urbano ed espressi in g/veic\*Km. Per il Benzene è presente il solo dato "Misto" e non la disaggregazione tra Urbano, Extraurbano e Autostradale.

Tabella 9 – Ratei emissivi di input per il modello

TIPOLOGIA VEICOLO	DI	FATTORI DI EMISSIONE (g/Km*veic)					Ciclo di guida
		PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>	Benzen e	PM <sub>2.5</sub>	CO	
Veicoli leggeri		0,048	0,459	-	0,032	2,317	Urbano
		0,026	0,495	-	0,022	0,423	Autostradale
		0,036	0,422	0,0025	0,026	0,724	Misto
Veicoli Pesanti		0,334	7,501	-	0,259	2,058	Urbano
		0,169	4,196	-	0,137	1,123	Autostradale
		0,202	4,644	0,0001	0,158	1,222	Misto

Si annota che le sorgenti emissive rappresentative della nuova opera, sono state considerate nella condizione di ambito extraurbano.

Ciascun fattore di emissione, moltiplicato per il volume di traffico previsto lungo la tratta, fornisce la relativa emissione per unità di lunghezza secondo la formula:

$$E = (\text{TGM} \times \text{Fattore di emissione}) / 86400 \text{ [g/s*m]}$$

$$E = (\text{TOP} \times \text{Fattore di emissione}) / 3600 \text{ [g/s*m]}$$

#### 4.5 Analisi stato attuale

È stata effettuata una simulazione dello stato della qualità dell'aria, allo stato attuale, per meglio poter comprendere ed analizzare l'impatto provocato sulla matrice atmosfera dal progetto.

Per l'elaborazione del modello descrittivo dell'area oggetto di studio, in termini di diffusione e dispersione degli inquinanti in atmosfera, è stato adottato un modello di distribuzione gaussiana delle principali sostanze derivanti da processi di combustione.

Nelle elaborazioni della ricaduta inquinanti da traffico veicolare è stato considerato soltanto il contributo delle sorgenti emissive (strade), senza considerare i valori di fondo.

Inseriti i parametri di base per l'esecuzione delle elaborazioni, si riportano nel seguito i risultati ottenuti dalle modellazioni atmosferiche, indicando le condizioni di propagazione considerate.

L'analisi, come detto, è stata condotta sugli inquinanti  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ , Benzene e CO; gli output sono stati impostati come concentrazione degli inquinanti su base esclusivamente annuale, per fornire una generale analisi dell'area di studio.

Per gli ossidi di azoto, le concentrazioni sono espresse come  $\text{NO}_2$  per renderne possibile il confronto con i limiti di legge per la qualità dell'aria. La conversione di  $\text{NO}_x$  in  $\text{NO}_2$  è eseguita dal software con il metodo PVMRM (Plume Volume Molar Ratio Method) che richiede, come parametro aggiuntivo per il calcolo di conversione, la concentrazione di Ozono nell'area di studio.

I risultati delle analisi dello stato attuale di impatto atmosferico elaborate mediante AERMOD, per le condizioni sopra esposte, vengono di seguito commentati e rappresentati in termini di mappe orizzontali di propagazione (curve isolivello di concentrazione) negli elaborati allegati al presente studio.

In linea generale si osserva che: in base all'interazione tra l'orografia ed il regime dei venti, le concentrazioni inquinanti maggiori si riscontrano nell'intorno del ricettore R32 corrispondente a una abitazione a due piani.

Presso i ricettori puntuali individuati, per gli inquinanti analizzati e per le impostazioni di modellazione cautelative assunte, **lo stato attuale della qualità dell'aria si configura come non critico**, si puntualizza che sono state simulate le condizioni più gravose possibili, in generale si rileva che i valori calcolati dal modello di simulazione sono di molto inferiori rispetto ai valori di fondo descritti nel paragrafo precedente.

Per l'inquinante **PM<sub>10</sub>** le modellazioni forniscono valori di output pienamente conformi ai limiti di legge nelle diverse condizioni analizzate, con concentrazione media annuale pari a circa 0,21 µg/m<sup>3</sup> (valore limite 40 µg/m<sup>3</sup>) ottenuta al ricettore 32.

Per le modellazioni su base annuale delle polveri **PM<sub>2,5</sub>** presso i ricettori individuati, si prevedono valori più bassi rispetto ai limiti di legge, raggiungendo un massimo di 0,16 µg/m<sup>3</sup> al ricettore 32 (valore limite 25 µg/m<sup>3</sup>)

La propagazione del **Benzene** non presenta condizioni di particolare criticità raggiungendo nel ricettore citato R32, la massima concentrazione media annuale di 0,01 µg/m<sup>3</sup> (valore limite 5 µg/m<sup>3</sup>).

Il modello per il **monossido di carbonio (CO)**, nelle simulazioni effettuate su base annuale non mostra condizioni di criticità raggiungendo al suolo, nei pressi del ricettore R32, il valore massimo di 0,003 mg/m<sup>3</sup>.

Per le propagazioni al suolo (H=1,5 m) degli ossidi di azoto, espressi come **NO<sub>2</sub>**, nelle simulazioni effettuate su base annuale dei NO<sub>2</sub>, presso i ricettori individuati si prevedono le concentrazioni medie annuali degli NO<sub>2</sub>, non superano 2,78 µg/m<sup>3</sup> (valore limite 40 µg/m<sup>3</sup>).

Nella tabella seguente si riportano i valori puntuali di tutti gli inquinanti analizzati presso tutti i ricettori censiti.

Tabella 10 – Valori puntuali ai ricettori, **stato attuale**

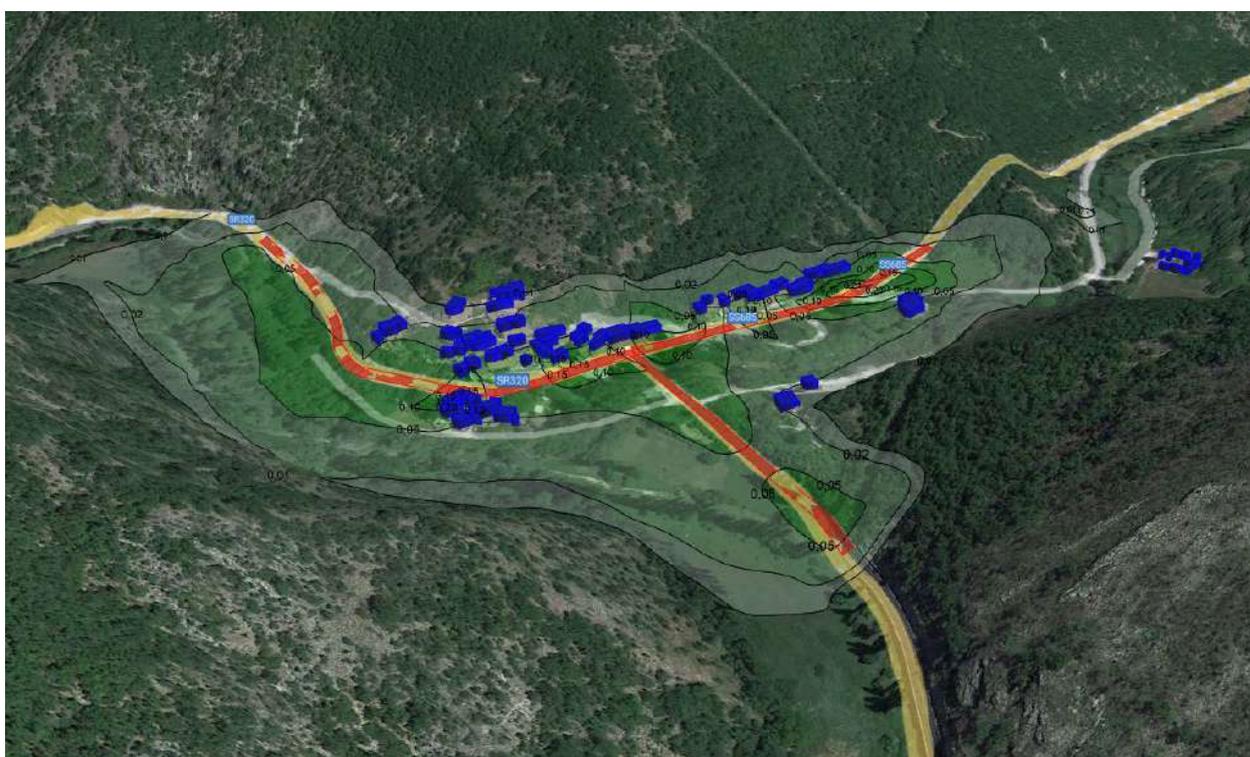
Ric.	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )
	Media Annuale	Media Annuale	Media Annuale	Media Annuale	Media 8 ore
1	0,04	0,03	0,5	0,002	0,49
2	0,02	0,02	0,3	0,001	0,33
3	0,01	0,01	0,2	0,001	0,20
4	0,01	0,01	0,1	0,000	0,15
5	0,03	0,02	0,4	0,001	0,44
6	0,03	0,02	0,4	0,001	0,43
7	0,06	0,04	0,7	0,002	0,75
8	0,04	0,03	0,5	0,002	0,59
9	0,03	0,03	0,4	0,001	0,51
10	0,05	0,04	0,6	0,002	0,68
11	0,09	0,07	1,2	0,004	1,04
12	0,10	0,08	1,3	0,004	1,18
13	0,07	0,05	0,9	0,003	0,94
14	0,06	0,05	0,8	0,003	0,87
15	0,02	0,02	0,3	0,001	0,39

**Studio di Impatto Atmosferico**

Ric.	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )
	Media Annuale	Media Annuale	Media Annuale	Media Annuale	Media 8 ore
16	0,02	0,02	0,3	0,001	0,40
17	0,01	0,01	0,2	0,001	0,21
18	0,01	0,01	0,1	0,000	0,14
19	0,04	0,03	0,5	0,002	0,59
20	0,04	0,03	0,5	0,002	0,55
21	0,08	0,06	1,1	0,004	1,22
22	0,07	0,06	1,0	0,003	1,09
23	0,06	0,05	0,8	0,003	0,90
24	0,04	0,03	0,5	0,002	0,63
25	0,16	0,13	2,2	0,007	2,06
26	0,09	0,07	1,1	0,004	1,23
27	0,06	0,04	0,7	0,002	0,84
28	0,05	0,04	0,6	0,002	0,72
29	0,15	0,12	2,0	0,006	2,01
30	0,07	0,05	0,9	0,003	0,93
31	0,06	0,05	0,8	0,003	0,86
32	0,21	0,16	2,8	0,009	3,29
33	0,17	0,13	2,3	0,007	2,74
34	0,13	0,10	1,8	0,006	2,29
35	0,08	0,06	1,0	0,003	1,33
36	0,07	0,06	0,9	0,003	1,43
37	0,05	0,04	0,7	0,002	1,01
38	0,05	0,04	0,7	0,002	0,93
39	0,05	0,04	0,7	0,002	1,08
40	0,02	0,01	0,2	0,001	0,37
41	0,02	0,01	0,2	0,001	0,43
42	0,03	0,03	0,4	0,001	0,38
43	0,03	0,02	0,4	0,001	0,29
44	0,05	0,04	0,6	0,002	0,49
45	0,07	0,05	0,9	0,003	0,65
46	0,04	0,03	0,5	0,002	0,38
47	0,03	0,02	0,4	0,001	0,31
48	0,05	0,04	0,6	0,002	0,75
49	0,02	0,02	0,3	0,001	0,28

Ric.	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )
	Media Annuale	Media Annuale	Media Annuale	Media Annuale	Media 8 ore
50	0,04	0,03	0,5	0,002	0,90
51	0,03	0,02	0,4	0,001	0,75

Si riportano a titolo di esempio qualitativo alcune ricadute degli inquinanti su ortofoto 3D della zona di progetto.



**Figura 24** Ricaduta inquinante PM10 su Google Earth

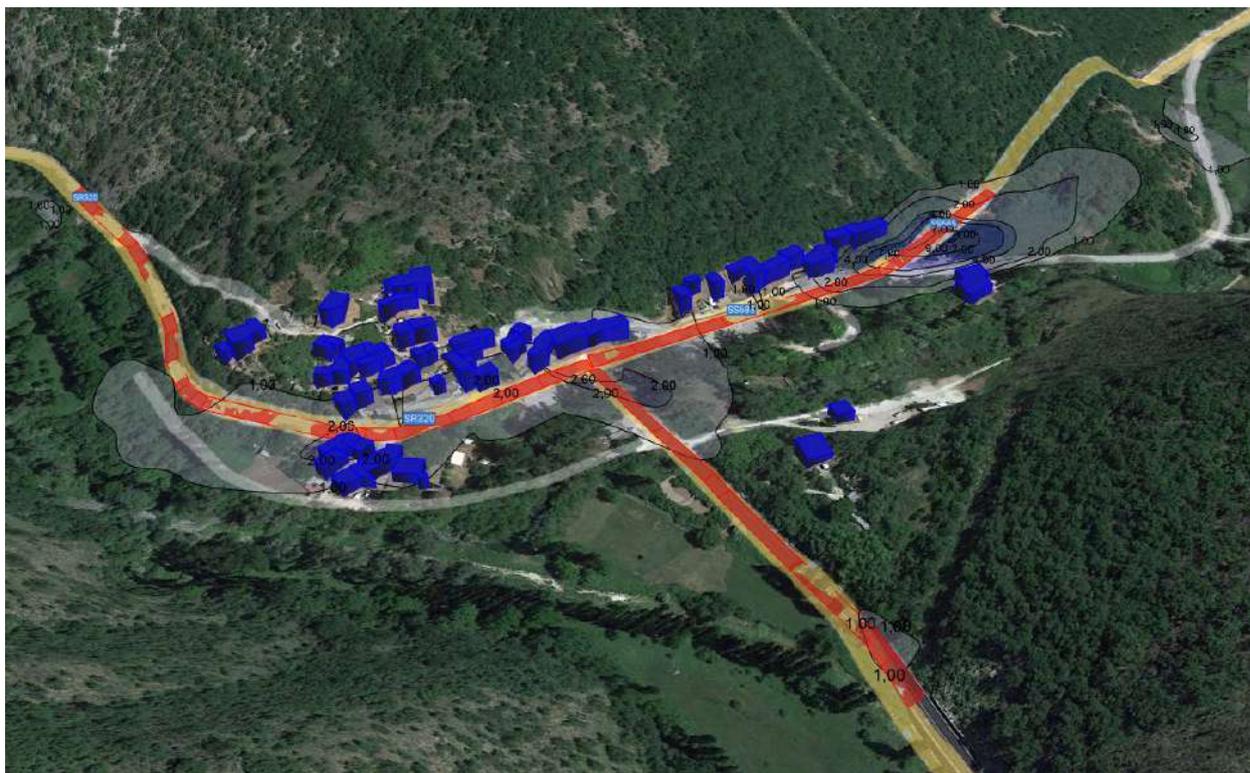


Figura 25 Ricaduta inquinante CO su Google Earth

#### 4.6 Analisi opzione "zero"

Nelle modellazioni ed analisi condotte sulla matrice atmosfera per la variante Serravalle su SS 685, è stata analizzata anche la condizione cosiddetta opzione "zero", corrispondente a tracciato stradale immutato rispetto allo stato attuale, ma con incremento di traffico di progetto. Le valutazioni sui principali inquinanti analizzati sono riportate nelle specifiche tavole di propagazione; nella figura seguente, a titolo di esempio, si riporta la propagazione degli NOx per l'opzione zero. Risulta in via generale un modesto cambiamento delle condizioni sulla matrice atmosfera, stante il modesto incremento di traffico previsto nella zona.

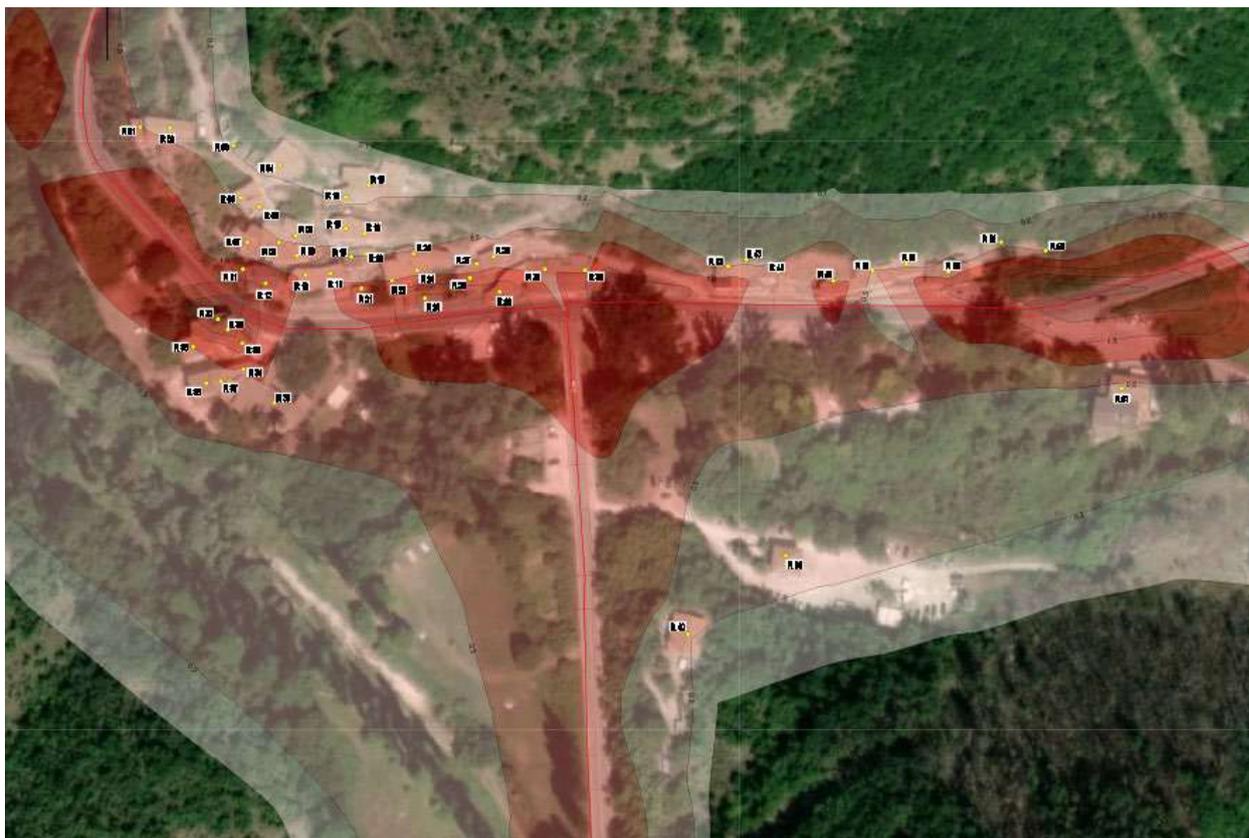


Figura 26 Ricaduta inquinante NOx su Google Earth

#### 4.7 Analisi stato di progetto

Definiti i tratti di intervento come riportato nei paragrafi precedenti, sono stati determinati, mediante specifico studio trasportistico, i volumi di traffico giornaliero medio (TGM) suddivisi tra mezzi leggeri e mezzi pesanti. Per la situazione di stato di progetto e attuale (ante e post operam) si riportano in tabella seguente i valori di TGM definiti ai fini del presente progetto.

Tabella 11 Traffico giornaliero medio (TGM) ante operam

Ante-Operam		Leggeri		Pesanti		Totali	
Tratto Cerreto-Serravalle	A-B1	752	1400	48	103	800	1503
	B1-A	648		55		703	
Tratto Serravalle- Norcia	B1-C	726	1495	43	97	769	1592
	C-B1	769		54		823	
Tratto Serravalle-Cascia	B1-D	441	735	19	34	460	769
	D-B1	294		15		309	

Tabella 12 Traffico giornaliero medio (TGM) post operam

Post-Operam		Leggeri		Pesanti		Totali	
Tratto Cerreto-Serravalle	A-B2	795	1480	52	113	841	1593
	B2-A	685		61		742	
Tratto Serravalle- Norcia	B2-C	767	1580	47	107	803	1687
	C-B2	813		60		871	
Tratto Serravalle-Cascia	B2-D	466	776	21	38	488	814
	D-B2	310		17		318	

I fattori di emissione assunti per le diverse tipologie di veicoli sono quelli riportati nel precedente par. 4.4.

Per l'elaborazione del modello descrittivo dell'area oggetto di studio, in termini di diffusione e dispersione degli inquinanti in atmosfera, è stato adottato un modello di distribuzione gaussiana delle principali sostanze derivanti da processi di combustione. Anche per questa situazione sono state considerate le caratteristiche emissive delle sorgenti strade, senza il contributo dei valori di fondo degli inquinanti.

Inseriti i parametri di base per l'esecuzione delle elaborazioni, si riportano nel seguito i risultati ottenuti dalle modellazioni atmosferiche, indicando le condizioni di propagazione considerate.

L'analisi, come detto, è stata condotta sugli inquinanti NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, Benzene e CO; gli output sono stati impostati come concentrazione degli inquinanti su base annuale e media su 8 ore esclusivamente per il CO, che non presenta un limite su base annuale, per un coerente confronto con i limiti di qualità dell'aria dettati da normativa.

Per gli ossidi di azoto, le concentrazioni sono espresse come NO<sub>2</sub> per renderne possibile il confronto con i limiti di legge per la qualità dell'aria. La conversione di NO<sub>x</sub> in NO<sub>2</sub> è eseguita dal software con il metodo PVMRM (Plume Volume Molar Ratio Method) che richiede, come parametro aggiuntivo per il calcolo di conversione, la concentrazione di Ozono nell'area di studio.

I risultati delle analisi previsionali di impatto atmosferico elaborate mediante AERMOD, per le condizioni sopra esposte, vengono di seguito commentati e rappresentati in termini di mappe orizzontali di propagazione (curve isolivello di concentrazione) negli elaborati allegati al presente studio.

In linea generale si osserva che: in base all'interazione tra l'orografia ed il regime dei venti, le concentrazioni inquinanti maggiori si riscontrano nell'intorno del ricettore R51.

Presso i ricettori puntuali individuati, per gli inquinanti analizzati e per le impostazioni di modellazione cautelative assunte, lo stato futuro della qualità dell'aria si configura come non

critico e non significativamente alterato rispetto allo stato attuale, in generale si rileva una delocalizzazione della nuvola di ricaduta inquinanti derivati dal traffico veicolare e quindi un generale miglioramento rispetto alla condizione simulata nel modello dello stato attuale in termini di concentrazione ai ricettori, anche se controbilanciato dall'aumento previsto del traffico di progetto sulla nuova viabilità.

Per l'inquinante **PM<sub>10</sub>** le modellazioni forniscono valori di output pienamente conformi ai limiti di legge nelle diverse condizioni analizzate, con concentrazione media annuale pari a circa 0,10 µg/m<sup>3</sup> (valore limite 40 µg/m<sup>3</sup>) ottenuta al ricettore 51.

Per le modellazioni su base annuale delle polveri **PM<sub>2,5</sub>** presso i ricettori individuati, si prevedono valori più bassi rispetto ai limiti di legge, raggiungendo un massimo di 0,08 µg/m<sup>3</sup> al ricettore 51 (valore limite 25 µg/m<sup>3</sup>)

La propagazione del **Benzene** non presenta condizioni di particolare criticità raggiungendo nel ricettore citato R51, la massima concentrazione media annuale di 0,006 µg/m<sup>3</sup> (valore limite 5 µg/m<sup>3</sup>).

Il modello per il **monossido di carbonio (CO)**, nelle simulazioni effettuate su base annuale non mostra condizioni di criticità raggiungendo al suolo, nei pressi del ricettore R51, il valore massimo di 0,005 mg/m<sup>3</sup>.

Per le propagazioni al suolo (H=1,5 m) degli ossidi di azoto, espressi come **NO<sub>2</sub>**, nelle simulazioni effettuate su base annuale dei NO<sub>2</sub>, presso i ricettori individuati si prevedono le concentrazioni medie annuali dei NO<sub>2</sub>, non superano 1,75 µg/m<sup>3</sup> (valore limite 40 µg/m<sup>3</sup>).

Nella tabella seguente si riportano i valori puntuali di tutti gli inquinanti analizzati presso tutti i ricettori censiti.

Tabella 13 Valori puntuali ai ricettori, stato attuale

Ric.	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )
	Media Annuale	Media Annuale	Media Annuale	Media Annuale	Media 8 ore
1	0,03	0,03	0,6	0,002	0,44
2	0,02	0,01	0,3	0,001	0,19
3	0,01	0,01	0,2	0,001	0,09
4	0,01	0,01	0,1	0,000	0,06
5	0,02	0,01	0,3	0,001	0,12
6	0,01	0,01	0,3	0,001	0,12
7	0,03	0,02	0,4	0,001	0,23
8	0,02	0,01	0,3	0,001	0,15

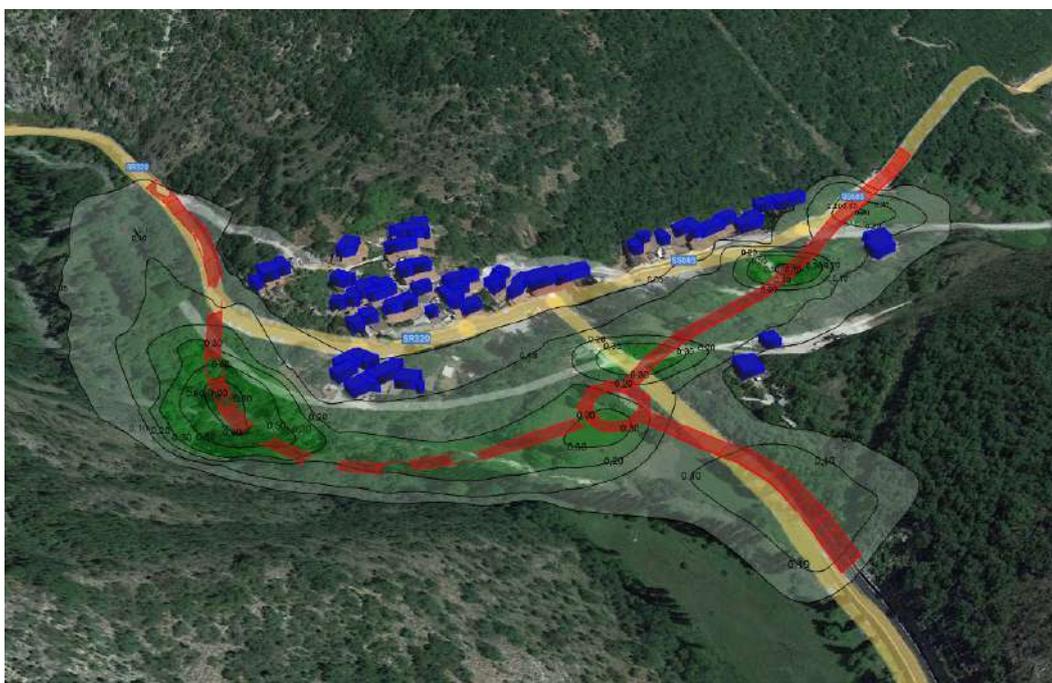
**Studio di Impatto Atmosferico**

Ric.	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )
	Media Annuale	Media Annuale	Media Annuale	Media Annuale	Media 8 ore
9	0,02	0,01	0,3	0,001	0,13
10	0,02	0,02	0,3	0,001	0,17
11	0,03	0,03	0,6	0,002	0,33
12	0,03	0,03	0,6	0,002	0,30
13	0,02	0,02	0,4	0,001	0,21
14	0,02	0,02	0,4	0,001	0,18
15	0,01	0,01	0,2	0,001	0,09
16	0,01	0,01	0,2	0,001	0,10
17	0,01	0,01	0,1	0,000	0,06
18	0,01	0,01	0,1	0,000	0,05
19	0,02	0,01	0,3	0,001	0,14
20	0,01	0,01	0,3	0,001	0,13
21	0,02	0,02	0,4	0,001	0,22
22	0,02	0,02	0,4	0,001	0,20
23	0,02	0,02	0,4	0,001	0,19
24	0,02	0,01	0,3	0,001	0,15
25	0,03	0,03	0,6	0,002	0,31
26	0,02	0,02	0,4	0,001	0,24
27	0,02	0,01	0,3	0,001	0,18
28	0,02	0,01	0,3	0,001	0,15
29	0,03	0,02	0,5	0,002	0,31
30	0,02	0,01	0,3	0,001	0,17
31	0,01	0,01	0,3	0,001	0,15
32	0,05	0,04	0,9	0,003	0,51
33	0,05	0,04	0,9	0,003	0,48
34	0,05	0,04	1,0	0,003	0,45
35	0,07	0,05	1,1	0,004	0,63
36	0,06	0,05	1,1	0,004	0,55
37	0,07	0,06	1,3	0,004	0,73
38	0,08	0,06	1,3	0,004	0,81
39	0,08	0,06	1,3	0,004	0,99
40	0,02	0,02	0,4	0,001	0,35
41	0,06	0,04	1,0	0,003	1,06
42	0,01	0,01	0,2	0,001	0,10

Ric.	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )
	Media Annuale	Media Annuale	Media Annuale	Media Annuale	Media 8 ore
43	0,01	0,01	0,2	0,001	0,10
44	0,01	0,01	0,2	0,001	0,13
45	0,02	0,01	0,3	0,001	0,15
46	0,01	0,01	0,2	0,001	0,13
47	0,01	0,01	0,2	0,001	0,13
48	0,02	0,01	0,3	0,001	0,19
49	0,02	0,01	0,3	0,001	0,17
50	0,03	0,02	0,5	0,002	0,27
51	0,10	0,08	1,8	0,006	4,85

Negli elaborati grafici allegati al presente progetto sono riportate tutte le modellazioni in formato mappa di isolivello di distribuzione delle concentrazioni degli inquinanti in µg/m<sup>3</sup>.

Si riportano a titolo di esempio qualitativo alcune ricadute degli inquinanti su ortofoto 3D della zona di progetto.



**Figura 27** Ricaduta inquinante PM10 su Google Earth

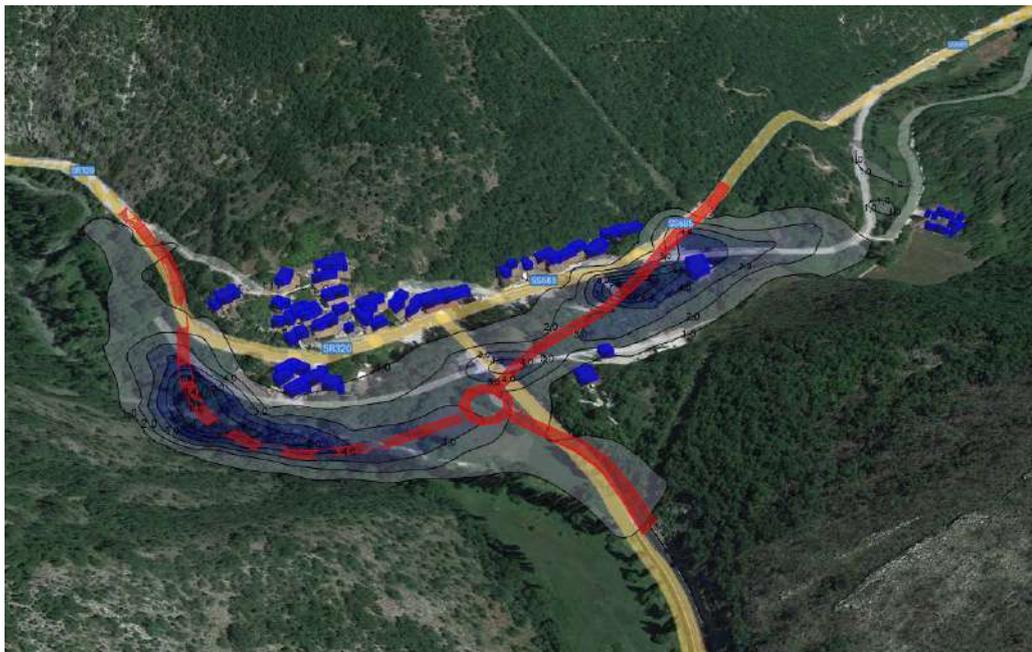


Figura 28 Ricaduta inquinante CO su Google Earth

In conclusione, lo spostamento dell'asse stradale su nuovo tracciato, più a sud e quindi a maggiore distanza rispetto al nucleo abitativo di Serravalle, non comporta variazioni sostanziali dello stato attuale della qualità dell'aria, restando molto al di sotto dei limiti normativi imposti dal D.Lgs. 155/2010. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle concentrazioni rilevate in ante operam e modellate in post operam, relazionate ai valori limite imposti dalla normativa:

Tabella 14 Valori max ai ricettori, confrontati con valori di fondo

Valore Max ai ricettori	CO (mg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
	Media 8 ore	Media ann	Media ann	Media ann	Media ann
Stato Attuale	0,003	0,21	0,16	0,01	2,78
Stato Progetto	0,004	0,10	0,08	0,01	1,75
Valore di fondo (ARPA e Campagna misure 2022)	1,8	32	21	1,4	25
Limiti Normativi	10 (Su base 8 ore)	40	25	5	40

## 5. IMPATTO FASE DI CANTIERE

### 5.1 Aree e piste di cantiere

Le principali piste di cantiere saranno realizzate con piattaforma stradale a doppia corsia di marcia, di almeno 6.00m di larghezza.

Per quanto riguarda la realizzazione delle piste di cantiere, esse verranno realizzate per mettere in comunicazione le aree tecniche con il cantiere base/operativo al fine di limitare le interferenze con il traffico stradale che rimarrà comunque sempre in esercizio.

Al fine di eliminare completamente il passaggio dei mezzi di cantiere sul ponte esistente che rappresenta ad oggi già una criticità per il traffico stradale, si prevede la realizzazione di due guadi, uno sull'alveo del Sordo e l'altro sull'alveo del Corno, in questo modo si potranno raggiungere facilmente tutte le aree tecniche previste in progetto.

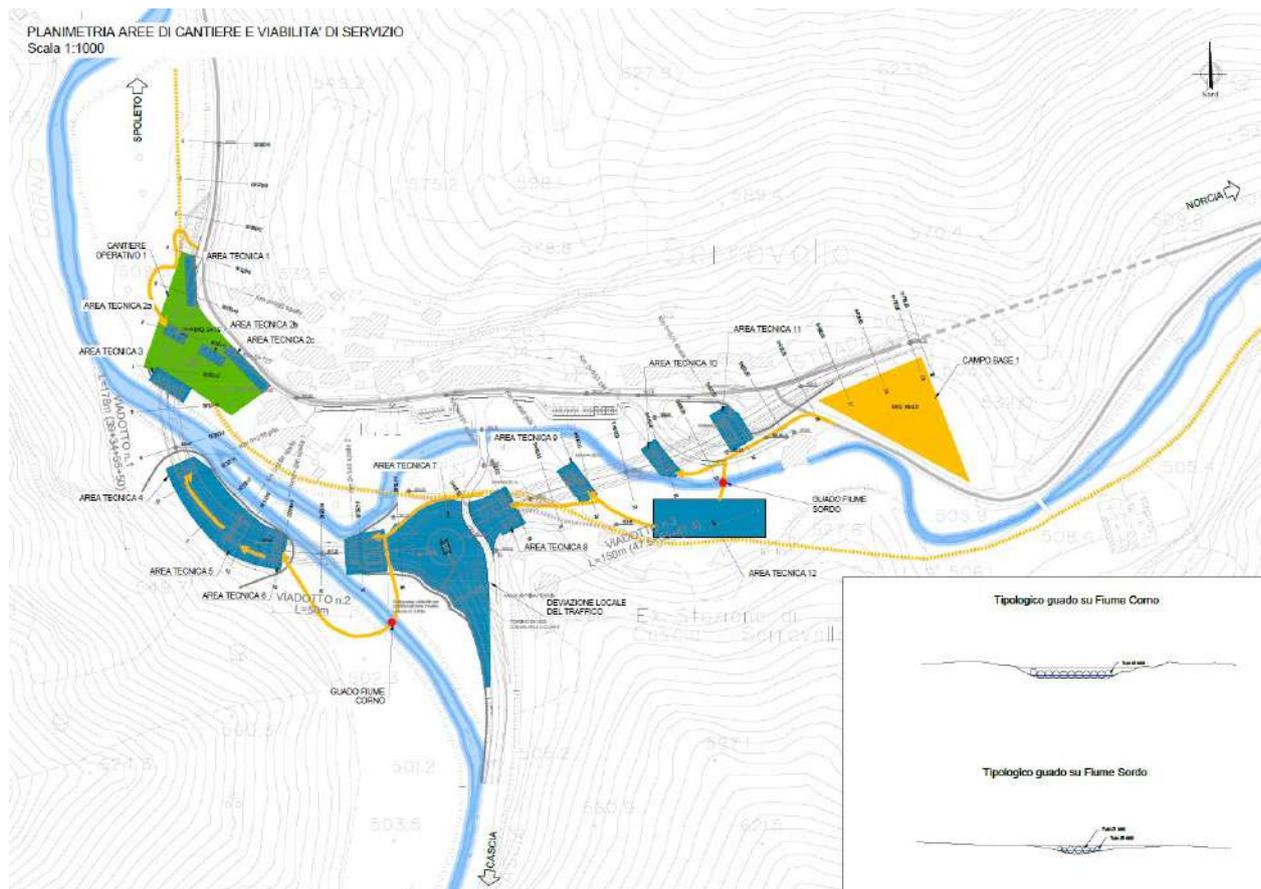


Figura 29 Inquadramento aree e viabilità di cantiere

## 5.2 Impatti in fase di cantiere

Gli impatti sull'atmosfera connessi alla presenza dei cantieri sono collegati, in generale, alle lavorazioni relative alle attività di scavo ed alla movimentazione di materiali ed il transito dei mezzi pesanti e di servizio, che in determinate circostanze possono causare il sollevamento e la propagazione di polveri, oltre a determinare l'emissione di gas di scarico nell'aria. I contributi emissivi indotti dalle attività di cantiere per l'opera in progetto sono riconducibili a:

- rilascio di polveri (PM<sub>10</sub>), in particolare lungo il fronte di avanzamento dei lavori per la realizzazione dell'infrastruttura (movimenti terra per riempimenti, scavi, demolizioni, transito mezzi su piste cantiere ecc....);
- emissioni di inquinanti dai gas di scarico dei mezzi, per transito lungo le piste di cantiere;
- emissioni di inquinanti dei macchinari presenti in cantiere.

Le aree di cantiere previste per la realizzazione dell'infrastruttura stradale in esame si distinguono in due tipologie:

- Cantiere Base;
- Cantiere Operativo.

Il cantiere base sarà posizionato al termine del tracciato di progetto, alla km 0+660 circa, nel comune di Norcia.

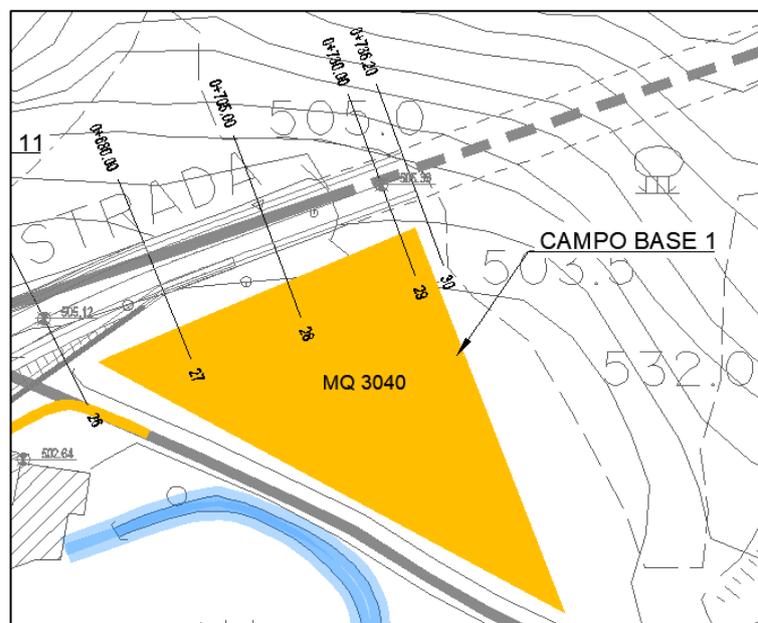


Figura 30 Inquadramento campo base

L'accesso al cantiere avverrà tramite la viabilità esistente e da questo sarà realizzata una pista di cantiere che permetta il raggiungimento delle zone di realizzazione delle pile e delle spalle del Viadotto sul Fiume Sordo, con guado dello stesso per consentirne il raggiungimento.

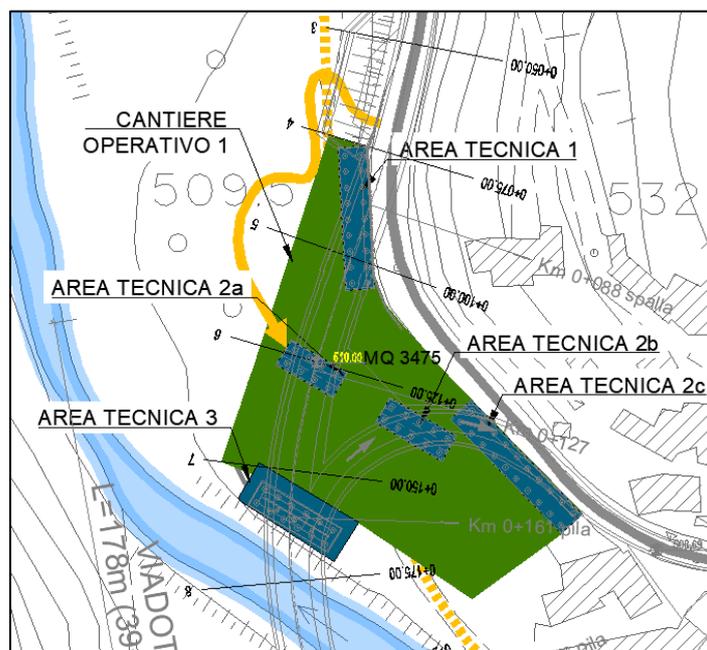


Figura 31 Inquadramento aree tecniche di cantiere

Il cantiere operativo sarà localizzato nel tratto iniziale del tracciato di progetto, alla pk 0+080 circa, laddove la viabilità di nuova costruzione si discosta dalla attuale SS685 e sarà dotato di impianti e servizi strettamente legati all'esecuzione delle specifiche opere o lavorazioni dei tratti di competenza, fornendo appoggio alle aree tecniche delle relative opere.

L'accesso al cantiere avverrà tramite la realizzazione di una pista di cantiere che ne consenta il collegamento con la SS685. Tramite tale area di cantiere sarà possibile accedere alle spalle del primo viadotto, nonché alla pila alla km 0+152.

Allo scopo di evitare la potenziale alterazione degli attuali livelli di qualità dell'aria, che può essere determinata dall'emissione delle polveri prodotte in seguito allo svolgimento delle attività di realizzazione delle opere di progetto, nonché della movimentazione di materiali da costruzione e di risulta lungo la viabilità di cantiere e sulle sedi stradali ordinarie, verranno previste le modalità operative e gli accorgimenti di seguito indicati:

- copertura dei carichi che possono essere dispersi nella fase di trasporto dei materiali, utilizzando a tale proposito dei teli aventi adeguate caratteristiche di impermeabilità e di resistenza agli strappi;

- pulizia ad umido degli pneumatici degli autoveicoli in uscita dal cantiere, con l'utilizzo di apposite vasche d'acqua;
- riduzione delle superfici non asfaltate all'interno delle aree di cantiere;
- rispetto di una bassa velocità di transito per i mezzi d'opera nelle zone di lavorazione;
- predisposizione di impianti a pioggia per le aree eventualmente destinate al deposito temporaneo di inerti;
- programmazione di sistematiche operazioni di innaffiamento delle viabilità percorse dai mezzi d'opera, con l'utilizzo di autobotti, nonché della bagnatura delle superfici durante le operazioni di scavo e di demolizione;
- posa in opera, ove necessario, di barriere antipolvere di tipo mobile, in corrispondenza dei ricettori più esposti agli inquinanti atmosferici;
- ottimizzazione delle modalità e dei tempi di carico e scarico, di creazione dei cumuli di scarico e delle operazioni di stesa.

Tutti i veicoli, gli impianti e le installazioni per le lavorazioni dei materiali che provochino emissioni di polveri, saranno sottoposte a revisioni generali periodiche, come pure i filtri ed i sistemi di stoccaggio dei materiali polverulenti; i mezzi di cantiere destinati alla movimentazione dei materiali dovranno essere coperti con teli adeguati aventi caratteristiche di resistenza allo strappo e di impermeabilità. Al fine di evitare il sollevamento delle polveri, i mezzi di cantiere dovranno viaggiare a velocità ridotta e dovranno essere lavati giornalmente nell'apposita platea di lavaggio.



*Figura 32 Esempio di lavaggio canale del mezzo di cantiere*

Le aree destinate allo stoccaggio temporaneo dei materiali dovranno essere bagnate o in alternativa coperte al fine di evitare il sollevamento delle polveri. In particolare, si dovrà provvedere alla bagnatura del pietrisco prima della fase di lavorazione ed alla bagnatura dei materiali risultanti dalle demolizioni e scavi.

Altro possibile impatto non considerato finora, è la produzione di polvere con la movimentazione dei mezzi nei piazzali con fondo in stabilizzato. È previsto comunque che i piazzali siano regolarmente bagnati con acqua, probabilmente verrà utilizzata quella contenuta nelle vasche di raccolta delle precipitazioni meteoriche.

Per la valutazione degli effetti mitigativi delle bagnature sulle emissioni di polveri di cantiere, può costituire utile riferimento il contenuto delle Linee Guida ARPAT – All.1 DGP. 213-09.

In tale documento tecnico vengono descritti gli effetti della bagnatura strade e superfici sterrate di cantiere, descritti sia all'interno dell'AP-42 dell'EPA che nel BREF (paragrafo 4.4.6.12 EIPPCB, 2006: Emissions from storage) relativo alle emissioni da accumuli.

### 5.3 Mitigazioni in fase di cantiere

Relativamente all'impatto potenziale in fase di cantiere costituito dall'emissione in atmosfera di elementi inquinanti, si prevede di mitigare con il trattamento superficie-bagnamento descritto di seguito.

Trattamento della superficie – bagnamento (wet suppression) e trattamento chimico (dust Suppressants).

I costi di tali tecniche di mitigazione sono moderati, ma richiedono applicazioni periodiche e costanti. Esistono due modi per il calcolo indicativo dell'efficienza di mitigazione del bagnamento con acqua del manto stradale sterrato:

a) l'utilizzo della figura successiva, in cui l'efficienza di controllo è calcolata in base al rapporto del contenuto di umidità M tra strada trattata (bagnata) e non trattata (asciutta). M è calcolabile secondo le indicazioni di appendice C.1 e C.2 dell'AP-42 citata. Come è prevedibile più il terreno è asciutto minore è l'efficienza di rimozione. In base all'andamento sperimentale della curva mostrata in figura si considera un valore di riferimento dell'efficienza di controllo del 75%.

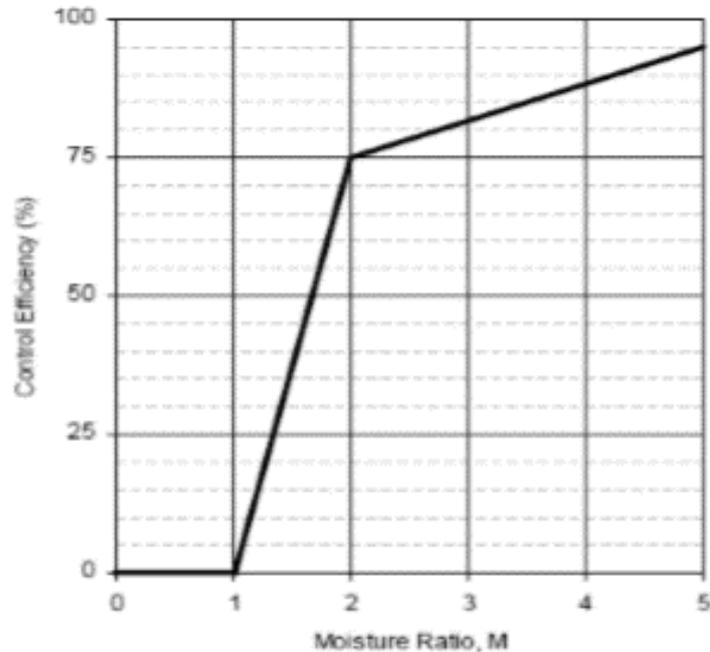


Figura 33 Curva efficienza bagnatura

b) la formula proposta da Cowherd et al (1998):

$$C(\%) = 100 - (0.8 * P * trh * \tau) / I$$

con:

C = efficienza di abbattimento del bagnamento (%)

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

Trh = traffico medio orario (h-1)

I = quantità media del trattamento applicato (l/m<sup>2</sup>)

$\tau$  = intervallo di tempo che intercorre tra le applicazioni (h)

L'efficienza media della bagnatura deve essere superiore al 50% e, come è evidente dall'espressione, per raggiungere l'efficienza impostata si può agire sia sulla frequenza delle applicazioni sia sulla quantità di acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario e al potenziale medio di evaporazione giornaliera. Riguardo quest'ultimo, considerando la difficoltà a reperire dati reali, si assume come riferimento il valore medio annuale di un caso-studio riportato nel rapporto EPA (1998)  $P = 0.34 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Per esemplificare il calcolo, si riportano nelle tre tabelle seguenti, i valori dell'intervallo di tempo tra due applicazioni successive  $t(h)$ , considerando diverse efficienze di abbattimento a

partire dal 50% fino al 90%, per un intervallo di valori di traffico medio all'ora trh: inferiore a 5, tra 5 e 10 e superiore a 10.

Tabella 15 – Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive  $\tau(h)$  per un valore di trh < 5.

Quantità media del trattamento applicato I (l/m <sup>2</sup> )	Efficienza di abbattimento				
	50%	60%	75%	80%	90%
0.1	5	4	2	2	1
0.2	9	8	5	4	2
0.3	14	11	7	5	3
0.4	18	15	9	7	4
0.5	23	18	11	9	5
1	46	37	23	18	9
2	92	74	46	37	18

Tabella 16 -Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive  $\tau(h)$  per un valore di trh tra 5-10.

Quantità media del trattamento applicato I (l/m <sup>2</sup> )	Efficienza di abbattimento				
	50%	60%	75%	80%	90%
0.1	4-2	3-1	2-1	1	1
0.2	7-4	6-3	4-2	3-1	1
0.3	11-5	9-4	5-3	4-2	2-1
0.4	15-7	12-6	7-4	6-3	3-2
0.5	18-9	15-7	9-5	7-4	4-2
1	37-18	30-15	18-9	15-7	7-4
2	74-37	59-30	37-18	30-15	15-7

Tabella 17 -Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive  $\tau(h)$  per un valore di trh > 10.

Quantità media del trattamento applicato I (l/m <sup>2</sup> )	Efficienza di abbattimento				
	50%	60%	75%	80%	90%
0.1	2	1	1	1	1
0.2	3	3	2	1	1
0.3	5	4	2	2	1
0.4	7	5	3	3	1
0.5	8	7	4	3	2
1	17	13	8	7	3
2	33	27	17	14	7

Nel caso specifico dei cantieri della SS685 – Tre Valli Umbre, è previsto un flusso di mezzi pesanti per singolo cantiere inferiore a 5 veicoli/ora (Tabella 11); con un trattamento di bagnatura di 0,3 l/m<sup>2</sup> si prevede di ottenere un'efficienza di riduzione delle polveri del 75% con intervallo di applicazione della bagnatura di 7 ore.

Si ricorda che la costruzione di un quadro definito delle emissioni in atmosfera non può comunque prescindere dalla puntuale conoscenza della collocazione spaziale e temporale di ciascuna lavorazione e dei mezzi impiegati; tale quadro resta comunque soggetto a un certo margine di incertezza dovuto alla natura discontinua e variabile delle lavorazioni e della loro collocazione.

È comunque previsto un punto di monitoraggio in fase di cantiere per verificare i livelli di emissioni in atmosfera durante i lavori.

## **6. CONCLUSIONI**

La presente valutazione previsionale di impatto atmosferico, inerente al progetto della variante S.S. 685 Tre Valli in frazione Serravalle, è stata redatta ai fini dell'iter di assoggettabilità a VIA dell'opera.

Per analizzare in dettaglio l'impatto dell'opera sulla matrice atmosfera, sono state svolte modellazioni matematiche di propagazione atmosferica tramite software AERMOD, con le seguenti impostazioni:

- ricostruzione tridimensionale dell'orografia territoriale, dei dati meteorologici rappresentativi dell'area di studio e dello stato di progetto del tracciato stradale SS685;
- definizione delle emissioni inquinanti stradali in base ai dati di traffico di progetto ed ai ratei emissivi ricavati da fonti ISPRA (per composizione media del parco macchine nazionale al 2020);
- analisi degli inquinanti PM10, PM2.5, CO, SO2, benzene e ossidi di azoto espressi come NO2;
- calcolo delle diffusioni inquinanti generate da venti provenienti da ovest corrispondente alla condizione prevalente;
- calcolo delle concentrazioni inquinanti su base oraria, giornaliera e annuale, per un coerente confronto con i limiti di qualità dell'aria dettati dal D. Lgs. 155/2010;
- analisi dello stato in corso d'opera di qualità dell'aria e dell'impatto atmosferico dovuto alla formazione di cantieri;
- analisi dello stato attuale di qualità dell'aria (ante operam) e dei risultati delle modellazioni (post operam).

In conclusione, considerando l'assunzione di impostazioni di modellazione ampiamente cautelative, soprattutto in termini di ratei emissivi, le diffusioni degli inquinanti ottenute per l'opera in progetto rappresentano uno scenario futuro destinato nella realtà ad essere migliorato significativamente; l'evoluzione tecnologica verso veicoli ad alta efficienza e basse emissioni, potrà di fatto compensare le emissioni da traffico veicolare previsto al 2035-2040, così da non alterare lo stato di qualità dell'aria nella zona di studio oggetto di intervento.