

**E45 - SISTEMAZIONE STRADALE DEL NODO DI PERUGIA
Tratto Madonna del Piano - Collestrada**

PROGETTO DEFINITIVO

PG 372

ANAS - DIREZIONE TECNICA

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i> Ordine Geologi Regione Lazio n. 1541</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p> <p><i>Ing. Moreno Panfilì</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. Giovanni Alfredo Dalenz</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14069</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p>GP INGENGNERIA <i>GESTIONE PROGETTI INGENGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p> <p>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12) :</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>	<p><i>Ing. Giovanni Alfredo Dalenz</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14069</p>	<p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p> <p>cooprogetti</p> <p>engeko</p> <p>AIM <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Alessandro Micheli</i></p>	<p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>(Mandante)</p> <p>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>	<p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>(Mandante)</p> <p>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>

**INTERVENTI DI INSERIMENTO PAESAGGISTICO E MITIGAZIONE AMBIENTALE
Impatto atmosferico**

Stima previsionale degli impatti in atmosfera

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG.	ANNO	T00IA09AMBRE01_B			
DTPG372	D	22	CODICE ELAB.	T00IA09AMBRE01	B	-
D						
C						
B	Rev. a seguito istruttorie Prot. U.0834569 e U.0862037	Gennaio '23	Ricci	Panfilì	Guiducci	
A	Emissione	Ottobre '22	Uccellani	Panfilì	Guiducci	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

INDICE

1.	<u>PREMESSA.....</u>	<u>3</u>
2.	<u>DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....</u>	<u>3</u>
2.1.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	4
2.2.	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	6
2.3.	TRAFFICO STRADALE	8
2.4.	RICETTORI	9
2.5.	CANTIERI.....	10
3.	<u>RIFERIMENTI NORMATIVI</u>	<u>13</u>
3.1.	VALORI LIMITE	13
3.2.	INQUINANTI STUDIATI	15
3.2.1.	<i>BIOSSIDO DI AZOTO NO₂</i>	15
3.2.2.	<i>POLVERI SOTTILI PM₁₀ E PM_{2,5}</i>	15
4.	<u>STATO ATTUALE</u>	<u>17</u>
4.1.	DATI CENTRALINE ARPA.....	17
4.1.1.	<i>PM₁₀</i>	18
4.1.2.	<i>PM_{2.5}</i>	19
4.1.3.	<i>NO₂</i>	19
4.2.	DATI TRAFFICO.....	21
5.	<u>MODELLO DI CALCOLO</u>	<u>23</u>
5.1.	DATI OROGRAFICI	24
5.2.	DATI METEO	25
6.	<u>IMPATTI FUTURI.....</u>	<u>32</u>
6.1.	ANALISI TRAFFICO PER IL NODINO DI PERUGIA.....	32
6.2.	RISULTATI SIMULAZIONE.....	36
6.2.1.	<i>PM₁₀</i>	36
6.2.2.	<i>PM_{2.5}</i>	47
6.2.3.	<i>NO₂</i>	57
6.2.4.	<i>NO_x</i>	68
7.	<u>IMPATTI DI CANTIERE: METODOLOGIA DI STIMA DELL'IMPATTO.....</u>	<u>72</u>
7.1.	MOVIMENTAZIONE DEL MATERIALE SUPERFICIALE.....	72
7.2.	EROSIONE DEL VENTO DAI CUMULI	73
7.3.	TRANSITO DI MEZZI SU STRADE NON ASFALTATE.....	74
7.4.	EMISSIONI DEGLI AUTOCARRI E DEI MEZZI D'OPERA.....	75

7.5.	STIMA DEGLI IMPATTI DI PM ₁₀ E NO ₂	76
8.	<u>CONCLUSIONI</u>	77

PROGETTAZIONE ATI:

1. PREMESSA

Il presente studio riguarda l'inquadramento dello stato della qualità dell'aria e la valutazione della sua potenziale alterazione determinata dalle opere in esercizio per il progetto in esame "E45 – Sistemazione stradale del nodo di Perugia, tratto Madonna del Piano - Collestrada", nonché una valutazione preliminare tramite delle simulazioni con il software CALINE per le componenti PM10, PM2,5 e NO₂ legate all'esercizio del Nodino di Perugia. Inoltre è stato analizzato l'impatto medio annuale per la componente NO_x, per la tutela della vegetazione nell'area d'intervento.

Stante la tipologia dell'opera in progetto l'analisi dei relativi impatti si articola nelle seguenti fasi:

- inquadramento territoriale e descrizione dell'intervento;
- analisi dello stato attuale della qualità dell'aria ed individuazione dei ricettori potenzialmente interessati;
- descrizione del modello di calcolo;
- stima della redistribuzione del traffico in seguito alla realizzazione dell'opera e simulazione del conseguente impatto sullo stato attuale della qualità dell'aria per le componenti prese in considerazione;
- stima dell'impatto delle attività di cantiere;
- considerazioni conclusive.

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto consiste nella costruzione del Nodino di Perugia, come soluzione alternativa per oltrepassare Ponte San Giovanni, dallo svincolo di Madonna del Piano a quello di Collestrada. Tale percorso viene attualmente effettuato mediante l'E45 passante la zona industriale di Ponte San Giovanni. Il percorso attuale contiene alcune criticità legate al traffico veicolare in entrata ed in uscita dalla città di Perugia, in quanto il tratto di E45 si lega al Raccordo Autostradale Bettolle-Perugia. Il progetto d'insieme contiene anche un'opera più grande, il Nodo di Perugia, il quale consiste in un proseguimento del tracciato del Nodino, per completare la circonvallazione esterna della città di Perugia; in questo studio viene analizzato solo l'esercizio del Nodino di Perugia, il Nodo verrà valutato in seguito. Nodino e Nodo di Perugia permettono così di alleggerire in modo considerevole il traffico dell'attuale tratto di E45 e del Raccordo Autostradale Bettolle-Perugia.

L'intervento preso in esame è quello affinato nel 2022 a seguito delle prescrizioni Cipe relative al progetto preliminare approvato del 2003 e alle criticità evidenziate nelle prime verifiche modellistiche effettuate nel 2021 sulla base dello stesso progetto preliminare, convertito da autostrada in strada extraurbana principale.

Trattandosi di un intervento sulla rete principale costituita appunto da strade extraurbane principali, conformemente alle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" del 2001, l'entità dello spostamento è di media distanza e la funzione territoriale è interregionale e regionale. La piattaforma stradale ipotizzata per il Nodino di Perugia è organizzata in due carreggiate separate, con due corsie per senso di marcia di larghezza 3,75 m, banchina in sinistra da 0,50 m, banchina in destra da 1,75 m, e larghezza dello spartitraffico da 2,50 m; il Livello di servizio richiesto è B con Portata di servizio per corsia pari a 1000 autovetture equivalenti/ora. Nel caso di asse autostradale, come inizialmente ipotizzato, differivano solo i valori della banchina sinistra pari a 0,70 m, della banchina destra sostituita dalla corsia di emergenza di 3 m e lo spartitraffico centrale pari a 2,60 m per una larghezza complessiva della piattaforma autostradale pari a 25 metri anziché i 22 metri propri di una sezione di strada ex-traurbana principale. Il tracciato d'asse risulta lungo circa 7 chilometri.

Nella nuova conformazione degli svincoli del 2022 di innesto del Nodino sono state modificate la conformazione degli assi principali in relazione all'entità dei flussi di traffico ai nodi e a quelli sulle

PROGETTAZIONE ATI:

relazioni OD d'area, tenendo conto anche del possibile completamento dell'intervento sul Nodino di Perugia attraverso la realizzazione successiva del Nodo di Perugia tra gli svincoli di Corciano e di Madonna del Piano. In particolare, a Madonna del Piano si è data continuità d'asse all'attuale tracciato della E45 con intersezione del nuovo asse principale sulla direttrice Nodo-Nodino mentre lo svincolo di Collestrada, in cui è prevista sempre l'intersezione degli assi principali, viene modificato l'attuale collegamento diretto E45 sud-E45 nord con il nuovo collegamento diretto E45 sud-SS75 a cui si aggiunge il nuovo collegamento Nodino-E45 nord. Tale modifica permette una più aderente ripartizione dei flussi di traffico sulle diverse manovre in relazioni alle effettive capacità delle singole manovre e la somma dei perditempo sulle diverse manovre garantisce il massimo utilizzo delle nuove infrastrutture risultando convenienti per le relazioni OD d'area più cariche.

2.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'intervento del progetto è situato nella provincia di Perugia in Umbria.

In particolare, il nuovo tratto collega la località Collestrada (PG) allo svincolo Madonna del Piano in località Montebello (PG), creando un'alternativa all'attuale E45, per mezzo di un nuovo tracciato, comprendente di viadotti e gallerie. Gli obiettivi che l'intervento si pone di raggiungere risultano essere in sintesi:

- Creare una viabilità alternativa nei due sensi di marcia, in particolar modo per i mezzi pesanti;
- alleggerire la pressione di traffico nella zona industriale di Ponte San Giovanni, in direzione ed in uscita da Perugia;
- velocizzare il superamento del tratto dell'attuale E45, con un tracciato più lineare e non soggetto ai flussi di traffico della città di Perugia.

Nella seguente figura viene mostrato il nuovo tracciato; in blu il nuovo tracciato principale, in azzurro il tratto in galleria ed in arancione i nuovi svincoli.



Figura 1 – Visualizzazione del nuovo tracciato su Google Earth.

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 2 – Specifica dello svincolo di Collestrada.

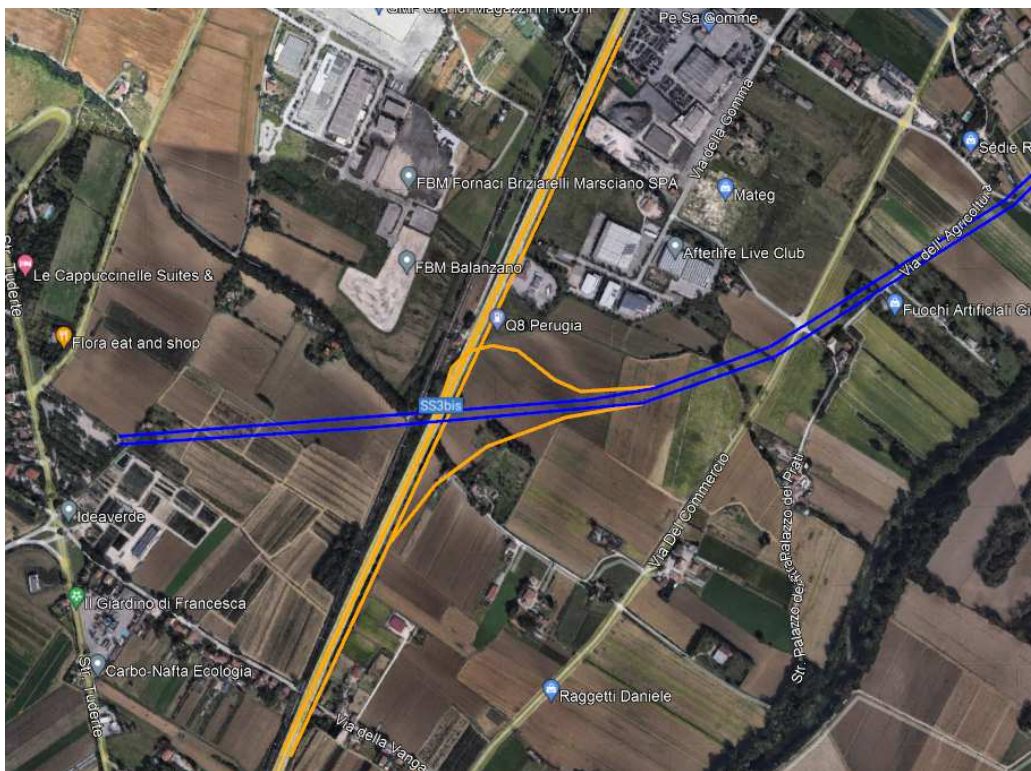
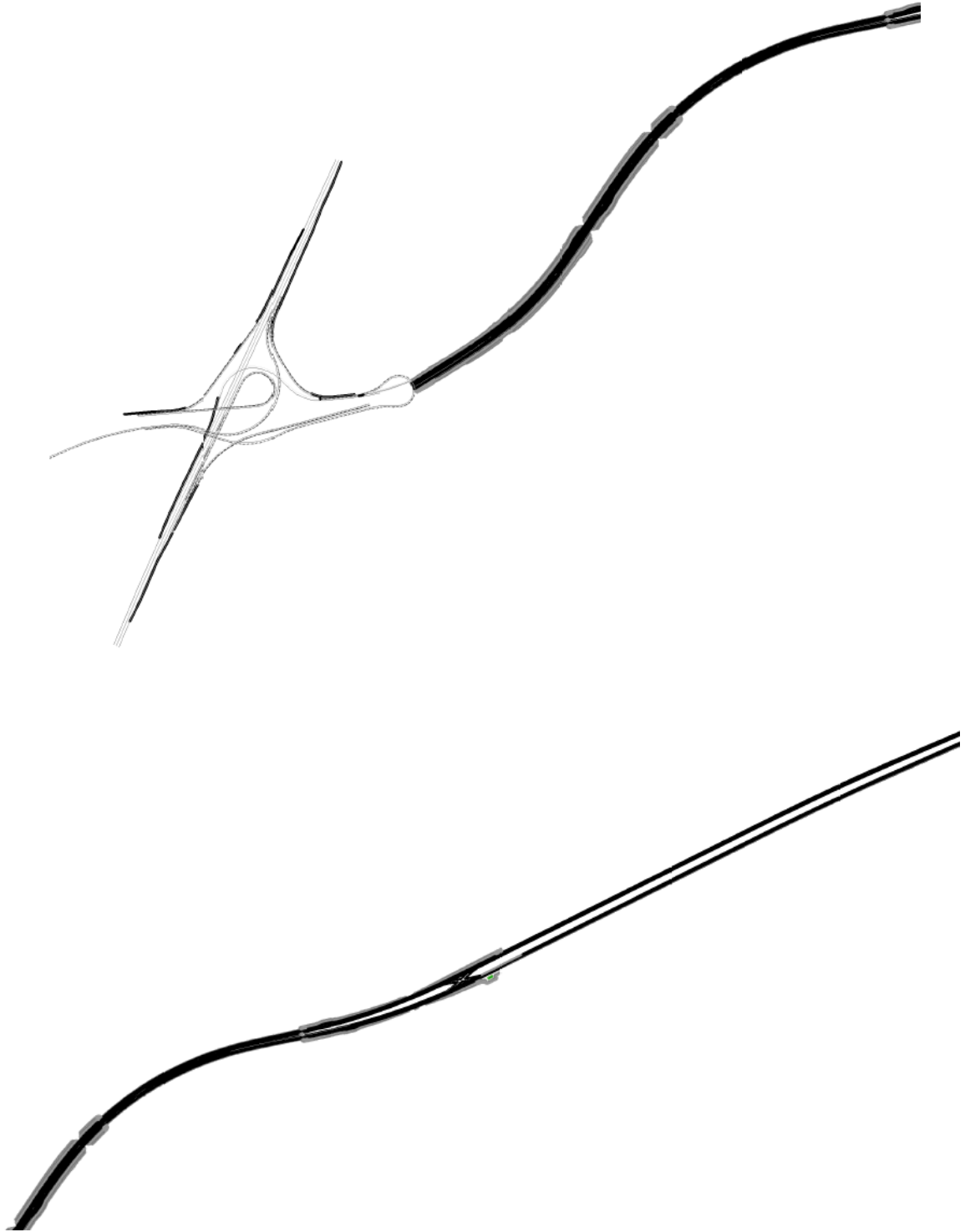


Figura 3 – Specifica dello svincolo di Madonna del Piano.

PROGETTAZIONE ATI:

2.2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Di seguito si riporta la planimetria d'insieme dell'intervento sul Lotto I.



PROGETTAZIONE ATI:

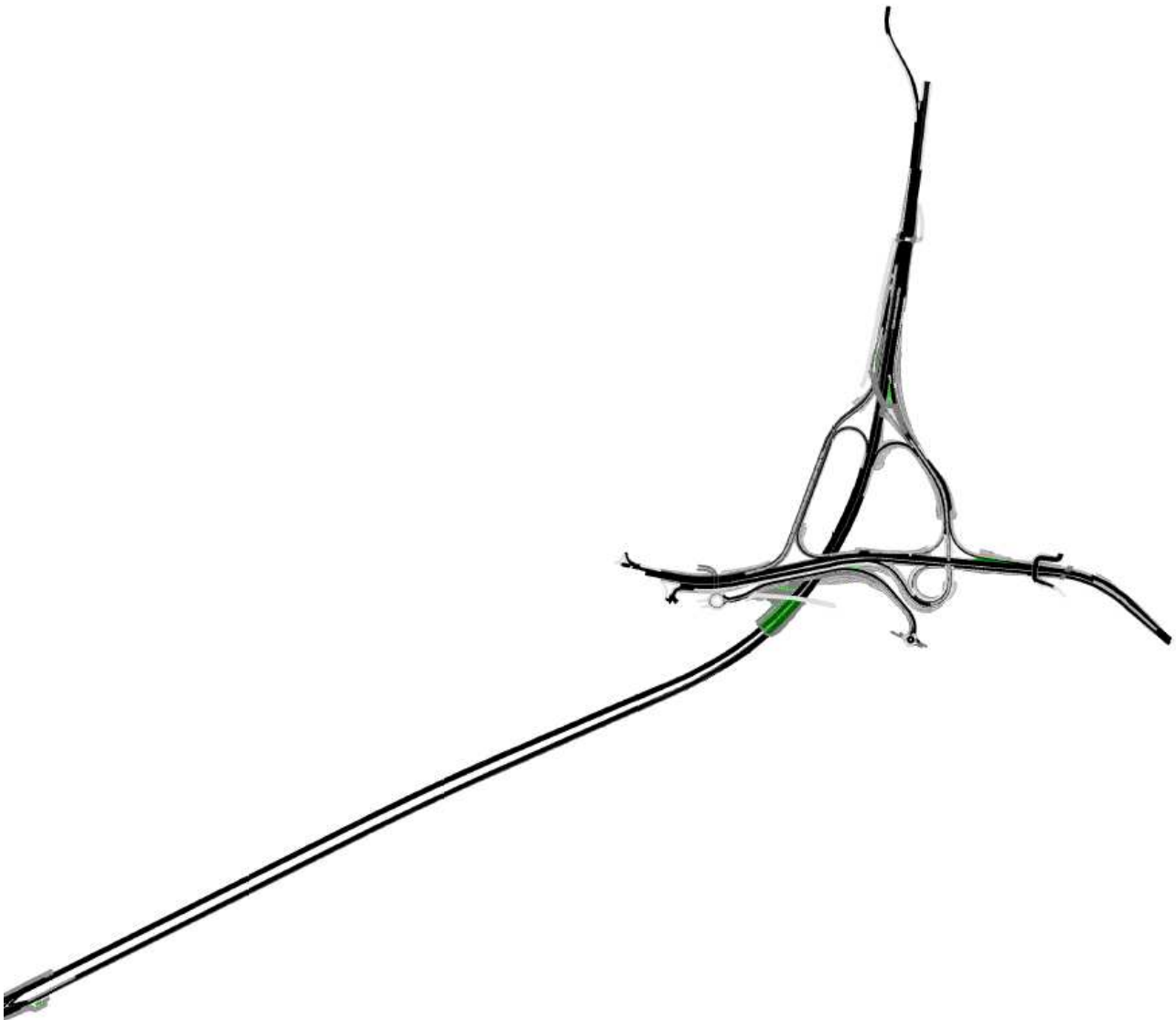


Figura 4 – Planimetria.

La soluzione proposta per il bypass dell'attuale E45 verso Perugia, si innesta a nord con un nuovo svincolo ad ovest della cittadina di Collestrada. Lo svincolo risulta avere una struttura abbastanza complessa che dà la possibilità di recarsi in ogni direzione, qualsiasi sia la provenienza; in particolare, vengono costruiti due viadotti, nell'asse principale del Nodino di Perugia (di lunghezza 267 metri) e nella rampa est dello svincolo (di lunghezza 206 metri).

Proseguendo verso sud per il Nodino di Perugia, viene costruita una galleria di 2279 metri, per oltrepassare l'avvallamento collinare ad ovest di Collestrada.

Il tracciato continua verso sud-ovest, oltrepassando il fiume Tevere, per mezzo di un viadotto di lunghezza 660 metri.

Il Nodino di Perugia si conclude con lo svincolo di Madonna del Piano, il quale consiste principalmente in due rampe di collegamento con l'attuale E45 e verrà poi sviluppato in seguito, quando l'opera sarà completata con il Nodo di Perugia; in particolare, la rampa di nord viene completata costruendo un viadotto lungo 215 metri.

PROGETTAZIONE ATI:

2.3. TRAFFICO STRADALE

La valutazione del traffico stradale ante e post operam si basa sulle indicazioni fornite dallo Studio di simulazione del traffico effettuato da TPS PRO srl.

Il modello di simulazione del traffico implementato è esteso all'intera regione Umbria in modo da poter valutare correttamente l'instradamento non solo degli spostamenti locali ma anche quelli di media e lunga distanza, cioè di quelli che hanno origine e/o destinazione esterna alla regione come di quelli che risultano di attraversamento rispetto al territorio comunale di Perugia e che quindi possono trovare interesse ad utilizzare le nuove infrastrutture stradali rappresentate dal cosiddetto "Nodino di Perugia".

Il confronto viene riportato sulle sezioni di rilievo della viabilità principale, sia sugli assi principali che sulle rampe agli svincoli dell'area di intervento, Nodo e Nodino di Perugia complessivamente, e cioè ricadenti nei comuni di Perugia, Corciano e Torgiano.

Lo studio del traffico è stato validato in base ad una verifica di corrispondenza tra i flussi calcolati ed i flussi rilevati. La simulazione è stata effettuata in quattro scenari: la prima riguardante lo stato attuale, la seconda con il Nodino di Perugia e le ultime altre due con l'implementazione di tratti del Nodo di Perugia (non considerate in questo report).

Nei paragrafi 4.2 e 6.2 verranno esposti i dati di traffico attuali, quelli risultanti dalla simulazione ed un'analisi sul cambiamento di flusso veicolare a seguito dell'intervento previsto.

2.4. RICETTORI

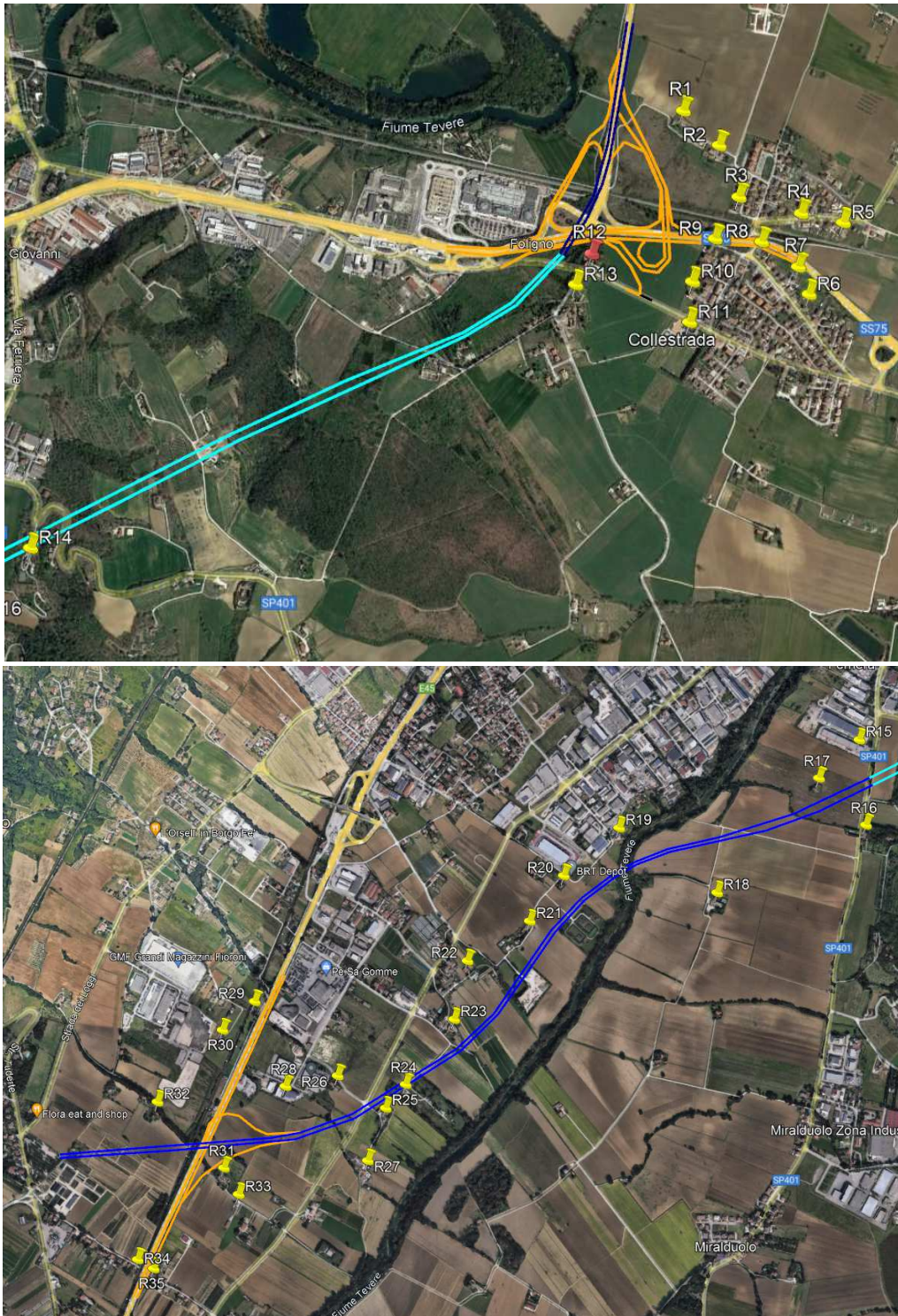


Figura 5 – Ricettori.

Nella Figura 5 sono raffigurati i ricettori individuati nell’area di intervento. Sono stati considerati 39 ricettori lungo l’intera tratta. In particolare, sono stati presi in considerazione 13 ricettori per lo svincolo di Collestrada (da R1 a R13) e 8 ricettori per lo svincolo

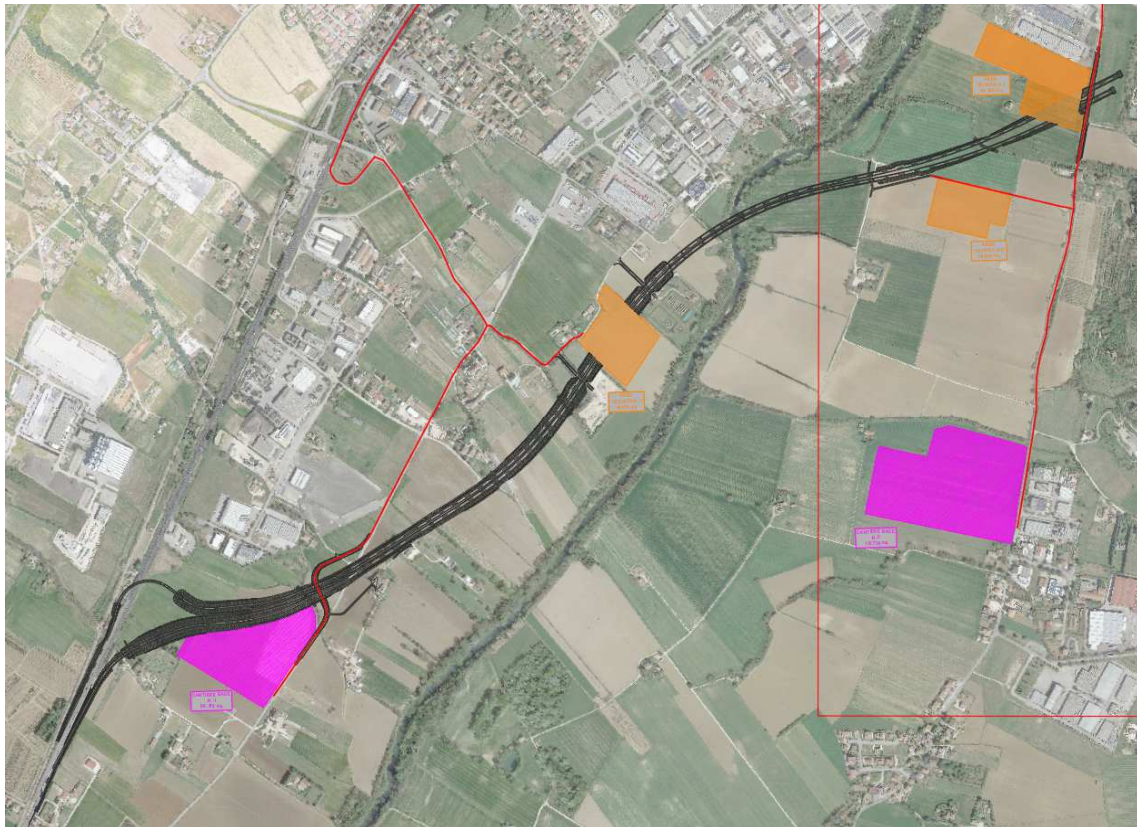
PROGETTAZIONE ATI:

di Madonna del Piano (da R28 a R35); i restanti recettori (da R14 lungo il nuovo percorso di collegamento tra i due svincoli. a R27) sono stati posizionati.

Tra i diversi ricettori si evidenzia R12, scuola primaria di Collestrada, come ricettore sensibile. Come si può notare, nella simulazione non sono stati presi in considerazione ricettori nei pressi della galleria, in quanto gli edifici non sono influenzati dall'esercizio del nuovo tratto stradale.

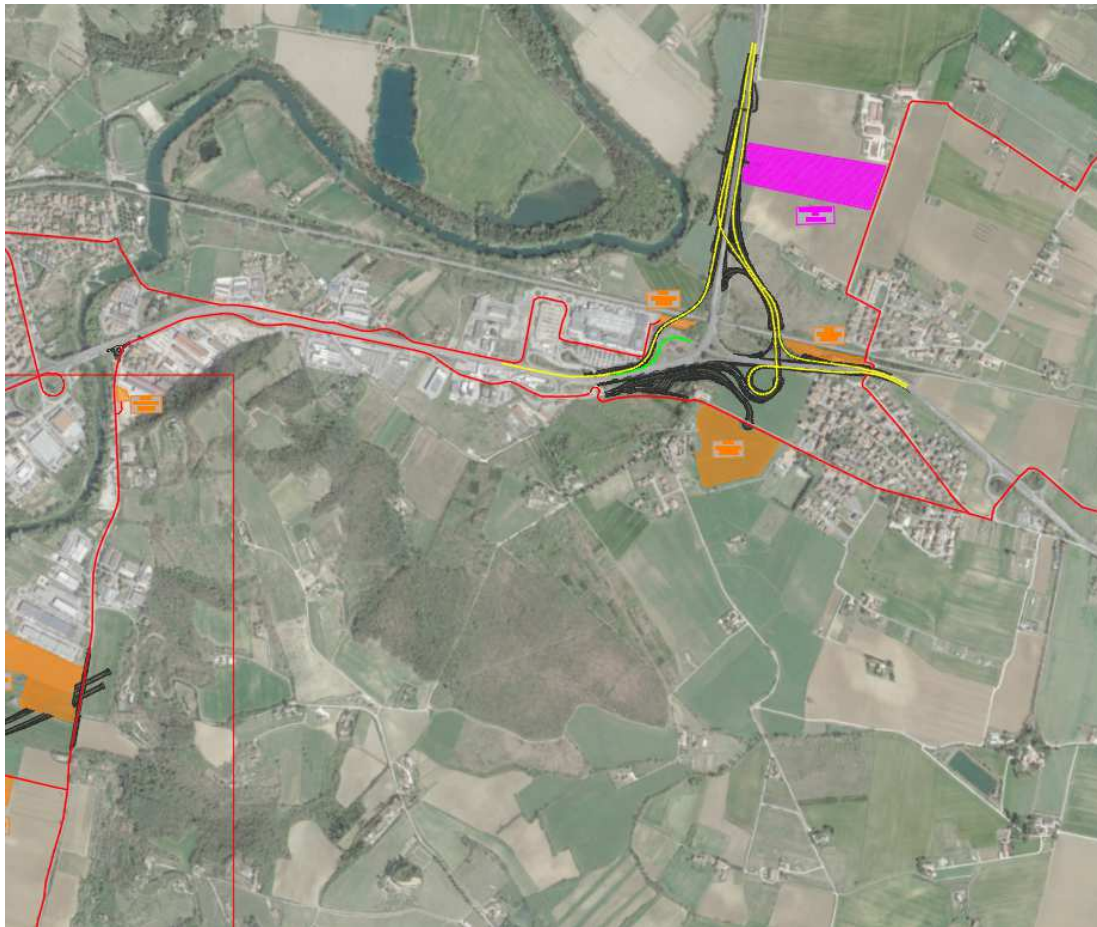
2.5. CANTIERI

Nelle immagini successive vengono mostrate disposizione il layout dei campi base.



LEGENDA CANTIERIZZAZIONE	
	CANTIERE BASE
	AREA TECNICA
	LAVORAZIONI IN ESECUZIONE
	LAVORAZIONI COMPLETATE
	CANTIERE OPERATIVO
	VIABILITA' TEMPORANEA DI RICUCITURA
	VIABILITA' ALTERNATIVA ESISTENTE
	VIABILITA' DI CANTIERE ESTERNA

Figura 6 – Disposizione dei cantieri, tratto sud-ovest.



LEGENDA CANTIERIZZAZIONE	
	CANTIERE BASE
	AREA TECNICA
	LAVORAZIONI IN ESECUZIONE
	LAVORAZIONI COMPLETE
	CANTIERE OPERATIVO
	VIABILITA' TEMPORANEA DI RICUCITURA
	VIABILITA' ALTERNATIVA ESISTENTE
	VIABILITA' DI CANTIERE ESTERNA

Figura 7 – Disposizione dei cantieri, tratto nord-est.

Il cantiere presuppone diverse fasi:

FASE 0

La fase 0 comprende l'esecuzione del Piano di bonifica dagli Ordigni Bellici (B.O.B.) e tutte le attività di accantieramento propedeutiche all'inizio vero e proprio dei lavori: la predisposizione dei cantieri principali, o cantieri base CB01 e CB02 e CB03, che rimarranno attivi per tutta la durata delle lavorazioni previste all'interno della fase in esame.

PROGETTAZIONE ATI:

FASE 1

In fase 1 si procederà alla realizzazione di:

- Tutte le viabilità di ricucitura indispensabili per mantenere in esercizio quelle esistenti
- Gli accessi in progetto per garantire l'accesso a zone private interdette
- L'adeguamento di tutte le viabilità alternative non asfaltate
- La predisposizione delle aree tecniche che saranno a servizio delle opere principali e le rispettive piste di cantiere che verranno trattate con depolverizzazione come indicato nella relazione della cantierizzazione.

Inoltre è prevista, in concomitanza alle lavorazioni sopra indicate, la realizzazione della rotatoria all'incrocio tra Via Ferriera e Via della Valtiera, per aumentare preventivamente i LOS in vista dei lavori in Fase 2 che determineranno inevitabilmente un rallentamento del traffico, negli orari di punta, anche nelle strade limitrofe a quelle principali ad alto scorrimento.

Prima dell'inizio dei lavori effettivi dovranno essere

Come criterio generale in questa fase è stato scelto di realizzare tutti i tratti al di fuori dei sedimi esistenti e quindi non prevedono deviazioni sostanziali del traffico.

3. RIFERIMENTI NORMATIVI

La norma quadro in materia di controllo dell'inquinamento atmosferico è rappresentata dal Decreto Legislativo n. 155/2010 che ha abrogato il Decreto Legislativo n. 351/99 e i rispettivi decreti attuativi (il DM 60/02, il Decreto Legislativo n.183/2004 e il DM 261/2002). Il Decreto Legislativo n.155/2010 contiene le definizioni di valore limite, valore obiettivo, soglia di informazione e di allarme, livelli critici, obiettivi a lungo termine e valori obiettivo. Il Decreto individua l'elenco degli inquinanti per i quali è obbligatorio il monitoraggio (NO₂, NO_x, SO₂, CO, O₃, PM₁₀, PM_{2.5}, Benzene, Benzo(a)pirene, Piombo, Arsenico, Cadmio, Nichel, Mercurio, precursori dell'ozono) e stabilisce le modalità della trasmissione e i contenuti delle informazioni sullo stato della qualità dell'aria, da inviare al Ministero dell'Ambiente.

Il provvedimento individua nelle Regioni le autorità competenti per effettuare la valutazione della qualità dell'aria e per la redazione dei Piani di Risanamento della qualità dell'aria nelle aree nelle quali sono stati superati i valori limite. Sono stabilite anche le modalità per la realizzazione o l'adeguamento delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria (Allegato V e IX).

L'allegato VI del decreto contiene i metodi di riferimento per la determinazione degli inquinanti. Gli allegati VII e XI, XII, XIII e XIV riportano i valori limite, i livelli critici, gli obiettivi a lungo termine e i valori obiettivo rispetto ai quali effettuare la valutazione dello stato della qualità dell'aria.

Successivamente sono stati emanati il DM Ambiente 29 novembre 2012 che, in attuazione del Decreto Legislativo n.155/2010, individua le stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria, il Decreto Legislativo n.250/2012 che modifica ed integra il Decreto Legislativo n.155/2010 definendo anche il metodo di riferimento per la misurazione dei composti organici volatili, il DM Ambiente 22 febbraio 2013 che stabilisce il formato per la trasmissione del progetto di adeguamento della rete di monitoraggio e il DM Ambiente 13 marzo 2013 che individua le stazioni per le quali deve essere calcolato l'indice di esposizione media per il PM_{2.5}. Il DM 5 maggio 2015 definisce i metodi di valutazione delle stazioni di misurazione della qualità dell'aria di cui all'articolo 6 del Decreto Legislativo n.155/2010. In particolare, in allegato I, è descritto il metodo di campionamento e di analisi da applicare in relazione alle concentrazioni di massa totale e per speciazione chimica del materiale particolato PM₁₀ e PM_{2.5}, mentre in allegato II è riportato il metodo di campionamento e di analisi da applicare per gli idrocarburi policiclici aromatici diversi dal benzo(a)pirene. Il DM 26 gennaio 2017 modifica ulteriormente il Decreto Legislativo n.155/2010, recependo i contenuti della Direttiva 1480/2015 in materia di metodi di riferimento per la determinazione degli inquinanti, procedure per la garanzia di qualità per le reti e la comunicazione dei dati rilevati e in materia di scelta e documentazione dei siti di monitoraggio.

3.1. VALORI LIMITE

La normativa di riferimento in materia di qualità dell'aria è costituita dal D.Lgs. 155/2010, come modificato dal D.Lgs. 250/2012, dal D.M. 5 maggio 2015 e dal D.M. 26 gennaio 2017. Tale decreto regola i livelli in aria ambiente di biossido di zolfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), ossidi di azoto (NO_x), monossido di carbonio (CO), particolato (PM₁₀ e PM_{2.5}), piombo (Pb) benzene (C₆H₆), oltre alle concentrazioni di ozono (O₃) e ai livelli nel particolato PM₁₀ di cadmio (Cd), nichel (Ni), arsenico (As) e Benzo(a)pirene (BaP). Il quadro dei valori limite previsti dal Decreto è riassunto di seguito.

Inquinante	Nome limite	Indicatore statistico	Valore
SO ₂	Livello critico per la protezione della vegetazione	Media annuale e Media invernale	20 µg/m ³
	Soglia di allarme	superamento per 3h consecutive del valore soglia	500 µg/m ³
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1 h	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile
	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24 h	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile
NO _x	Livello critico per la protezione della vegetazione	Media annuale	30 µg/m ³
NO ₂	Soglia di allarme	superamento per 3h consecutive del valore soglia	400 µg/m ³
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1 h	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m ³
PM10	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24 h	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 µg/m ³
PM2.5	Valore limite per la protezione della salute umana	Media annuale	25 µg/m ³
CO	Limite per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	10 mg/m ³
Pb	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	0.5 µg/m ³
BaP	Valore obiettivo	Media annuale	1.0 ng/m ³
C ₆ H ₆	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	5.0 µg/m ³
O ₃	Soglia di informazione	superamento del valore orario	180 µg/m ³
	Soglia di allarme	superamento del valore orario	240 µg/m ³
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	120 µg/m ³
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Max giornaliero della Media mobile 8h	120 µg/m ³ da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni
	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	18000 µg/m ³ ·h da calcolare come media su 5 anni
	Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori orari da maggio a luglio	6000 µg/m ³ · h
Ni	Valore obiettivo	Media Annuale	20.0 ng/m ³
As	Valore obiettivo	Media Annuale	6.0 ng/m ³
Cd	Valore obiettivo	Media Annuale	5.0 ng/m ³

Tabella 1 – Valori limite per la protezione della salute umana e della vegetazione (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.).

3.2. INQUINANTI STUDIATI

In questo documento viene verificato il rispetto dei valori limite per i seguenti parametri:

- Biossido di azoto NO₂
- Ossidi di azoto NO_x (media annuale per la protezione della vegetazione)
- Polveri sottili PM₁₀ e PM_{2,5}

Di seguito si evidenziano le caratteristiche principali degli inquinanti trattati.

3.2.1. BIOSSIDO DI AZOTO NO₂

Gli ossidi di azoto (NO_x) sono una famiglia di composti, i più caratteristici dei quali sono il monossido (NO) ed il biossido di azoto (NO₂). Il monossido di azoto (NO) è un gas incolore e inodore che si forma in tutti i processi di combustione, durante i quali viene emessa anche una piccola quantità di biossido di azoto (NO₂), circa il 5% del totale. Per la maggior parte però, l'NO₂ è di origine secondaria, poiché deriva principalmente dall'ossidazione dell'ossido di Azoto (NO), favorita dalla presenza di ossidanti come l'ozono.

Gli ossidi di azoto intervengono in una serie di reazioni chimiche che portano alla formazione di ozono troposferico (O₃), un altro inquinante dannoso per la salute umana e degli ecosistemi. Inoltre contribuiscono al fenomeno delle piogge acide, e alla formazione di una frazione importante del PM_{2,5}.

Le più importanti fonti emissive per questi inquinanti sono il traffico e il riscaldamento domestico. L'NO₂ è dannoso per la salute, essendo associato a una diminuzione della funzionalità polmonare. Ad alte concentrazioni è un gas tossico, che causa infiammazioni importanti delle vie polmonari (WHO, Ambient (outdoor) air quality and health, Fact sheet, updated in September 2016). Gli effetti negativi sull'ambiente dovuti ad alte concentrazioni di NO₂ sono legati alla formazione di smog fotochimico in presenza di irraggiamento solare e alla acidificazione delle piogge.

3.2.2. POLVERI SOTTILI PM₁₀ E PM_{2,5}

Con il termine polveri sottili, o PM₁₀, si indica la componente del particolato atmosferico con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm. Il PM_{2,5} è quella frazione del PM₁₀ che ha un diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm, e costituisce circa il 60-70% del PM₁₀ nel nostro territorio: viene indicato come "frazione respirabile" delle polveri poiché, a causa delle sue ridotte dimensioni, penetra fino agli alveoli polmonari. Invece, la frazione più grossolana del PM₁₀, pur venendo inalata, rimane confinata alla parte più esterna del tratto respiratorio, fermandosi al naso e alla laringe.

Le polveri sottili sono un insieme alquanto eterogeneo di composti che in parte derivano dall'emissione diretta causata da attività antropiche quali traffico, industria, riscaldamento. Tuttavia, si stima che la maggior parte di esse, più dell'80%, sia di origine secondaria, cioè non venga emessa direttamente, ma sia prodotta da reazioni chimico-fisiche che avvengono in atmosfera e coinvolgono altri inquinanti come i composti organici volatili, l'ammoniaca, gli ossidi di azoto, gli ossidi di zolfo. Grazie alle ridotte dimensioni, le particelle di PM₁₀ possono rimanere in atmosfera per periodi di tempo anche relativamente lunghi prima di subire il processo di dilavamento o sedimentazione. Non è quindi possibile mettere in relazione la concentrazione di PM₁₀ misurata localmente con una o più precise fonti emissive, poiché essa è il risultato di un complesso insieme di fenomeni che implicano l'emissione di sostanze inquinanti, il loro ricombinarsi e coagularsi in atmosfera, il trasporto dovuto alle dinamiche dei bassi strati dell'atmosfera: questo spiega la diffusione pressoché omogenea del PM₁₀ sul nostro territorio.

Gli effetti sanitari principali dell'esposizione, sia a breve sia a lungo termine, alle polveri sottili sono disturbi respiratori. Una attenzione particolare è rivolta negli ultimi anni agli studi sulla componente più sottile delle polveri, in quanto le particelle più fini possono veicolare sostanze tossiche in grado

di raggiungere gli alveoli polmonari, dando origine a problemi di tipo cardiovascolare. Recentemente sono emerse evidenze di un possibile legame anche con altre malattie croniche come il diabete (WHO, Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: final technical report, 2013). Gli studi epidemiologici indicano che non vi è una soglia di concentrazione al di sotto della quale non si manifestino effetti negativi sulla salute in conseguenza all'esposizione alle polveri sottili: di conseguenza è auspicabile ridurre le concentrazioni quanto più possibile. Le stime di rischio di mortalità precoce per esposizioni a lungo termine indicano un aumento della mortalità giornaliera del 4% per ogni incremento della concentrazione media (su 24 ore) di PM₁₀ di 10 µg/m³ (WHO, 2016).

PROGETTAZIONE ATI:

4. STATO ATTUALE

In questo capitolo viene analizzato lo stato attuale d'inquinamento, per quanto concerne PM10 e NO₂, nell'area di intervento.

In particolare, vengono esposti ed analizzati i dati delle centraline Arpa nei dintorni del tratto d'interesse.

Inoltre, viene riportato lo stato attuale di traffico, analizzato tramite lo studio di TPS PRO srl.

4.1. DATI CENTRALINE ARPA

Per l'analisi dello stato attuale d'inquinamento di PM10, PM2.5 e NO₂ sono state considerate quattro centraline nei dintorni dell'area di interesse. Per tutti parametri vengono considerati i valori dell'anno solare 2021. Nella seguente tabella vengono riportate le coordinate, la quota ed i parametri monitorati per ogni centralina.

	Tipologia	Coordinate		Quota s.l.m.	Parametri
		E	N		
Perugia – Parco Cortese	Urbana – Fondo	285468	4775784	274	PM10, PM2.5, NO ₂
Perugia - Fontivegge	Urbana - Traffico	286371	4775810	306	PM10, PM2.5, NO ₂
Perugia – Ponte San Giovanni	Urbana - Traffico	291791	4773948	195	PM10, PM2.5, NO ₂
Torgiano Brufa	Rurale - Fondo	293839	4771464	286	PM10, PM2.5, NO ₂

Tabella 2 – Stazioni Arpa Umbria di riferimento.

Come si può notare dalla Tabella 2 tutte le centraline dispongono di tutti e tre i parametri considerati. Inoltre, le centraline differiscono nella tipologia. In particolare, la stazione "Torgiano Brufa" è l'unica rurale (fondo). Le altre tre centraline sono classificate come Urbane; la stazione di "Parco Cortese" è di fondo, mentre le stazioni di "Fontivegge" e "Ponte San Giovanni" sono di traffico. Le centraline di "Torgiano Brufa" e di "Ponte San Giovanni" sono quelle più vicine al nuovo tracciato; le altre due stazioni vengono considerate più che altro per confronto.



Figura 8 – Ubicazione centraline Arpa Umbria di riferimento.

4.1.1. PM10

Nella seguente tabella vengono riportate, a titolo indicativo, le medie annue di PM10 nelle diverse centraline considerate.

	Tipo di stazione	Media annua PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Superamenti
Perugia – Parco Cortese	Urbana – Fondo	17	7
Perugia - Fontivegge	Urbana - Traffico	17	4
Perugia – Ponte San Giovanni	Urbana - Traffico	19	12
Torgiano Brufa	Rurale - Fondo	15	3

Tabella 3 – Media annuale dei valori di PM10 e superamenti per le centraline Arpa Umbria.

Come si può notare, a parte alcuni picchi, i valori di PM10 sono largamente inferiori al limite normativo vigente di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La stazione “Ponte San Giovanni” risulta essere quella con i valori di PM10 più elevati, con una media annuale di $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e 12 superamenti annui del limite. Le stazioni urbane di “Parco Cortese” e “Fontivegge” risultano avere una media annua di $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e rispettivamente 7 e 4 superamenti annui del limite normativo. Infine, la centralina rurale di “Torgiano Brufa” risulta essere quella con i valori di PM10 più bassi, con una media annuale di $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e solo 3 superamenti annui.

L’area d’intervento può essere assimilabile per orografia ed urbanizzazione all’area in cui è situata la stazione “Torgiano Brufa”, con una maggiore influenza della zona industriale di Ponte San Giovanni.

Si suppone perciò che i valori di PM10 per l’area d’intervento si attestano in media tra i 15 ed i $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.1.2. PM2.5

Nella seguente tabella vengono riportate, a titolo indicativo, le medie annue di PM2.5 nelle diverse centraline considerate.

	Tipo di stazione	Media annua PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Perugia – Parco Cortese	Urbana – Fondo	10
Perugia - Fontivegge	Urbana - Traffico	10
Perugia – Ponte San Giovanni	Urbana - Traffico	12
Torgiano Brufa	Rurale - Fondo	10

Tabella 4 – Media annuale dei valori di PM2.5 per le centraline Arpa Umbria.

La stazione “Ponte San Giovanni” risulta essere quella con i valori di PM2.5 più elevati, con una media annuale di $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le stazioni urbane di “Parco Cortese” e “Fontivegge” e la stazione rurale di “Torgiano Brufa” risultano avere una media annua di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Come detto in precedenza, l’area d’intervento può essere assimilabile per orografia ed urbanizzazione all’area in cui è situata la stazione “Torgiano Brufa”, con una maggiore influenza della zona industriale di Ponte San Giovanni.

Si suppone perciò che i valori di PM2,5 per l’area d’intervento si attestano in media tra i 10 ed i $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.1.3. NO₂

Nella seguente tabella vengono riportate, a titolo indicativo, le medie annue di NO₂ nelle diverse centraline monitorate.

	Tipo di stazione	Media annua NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Superamenti
Perugia – Parco Cortese	Urbana – Fondo	12	0
Perugia - Fontivegge	Urbana - Traffico	17	0
Perugia – Ponte San Giovanni	Urbana - Traffico	16	0
Torgiano Brufa	Rurale - Fondo	10	0

Tabella 5 – Medie mensili e media annuale dei valori di PM10 per le centraline Arpa Umbria.

La stazione “Fontivegge” risulta essere quella con i valori di NO₂ più elevati, con una media annuale di $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$; tutte e tre le centraline risultano avere comunque valori nettamente inferiori al limite normativo vigente di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le stazioni urbane di “Parco Cortese” e “Ponte San Giovanni” risultano avere una media annua rispettivamente di 12 e $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Infine, la centralina rurale di “Torgiano Brufa” risulta essere quella con i valori di NO₂ più bassi, con una media annuale di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nessuna centralina ARPA risulta avere superamenti del limite normativo vigente per l’NO₂ di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Come detto in precedenza, l'area d'intervento può essere assimilabile per orografia ed urbanizzazione all'area in cui è situata la stazione "Torgiano Brufa", con una maggiore influenza della zona industriale di Ponte San Giovanni.

Si suppone perciò che i valori di NO₂ per l'area del Lotto I siano compresi tra i 10 ed i 16 µg/m³.

PROGETTAZIONE ATI:

4.2. DATI TRAFFICO

In questo paragrafo vengono riportati i risultati sullo stato attuale dello studio del traffico effettuato da TPS PRO srl.

Nella Figura seguente viene mostrato un flussogramma dello stato attuale del traffico nell’Area del Nodino di Perugia. In particolare, vi è una distinzione tra veicoli leggeri (in blu) e veicoli pesanti (in rosso), con una conseguente simulazione di auto equivalenti (in verde).

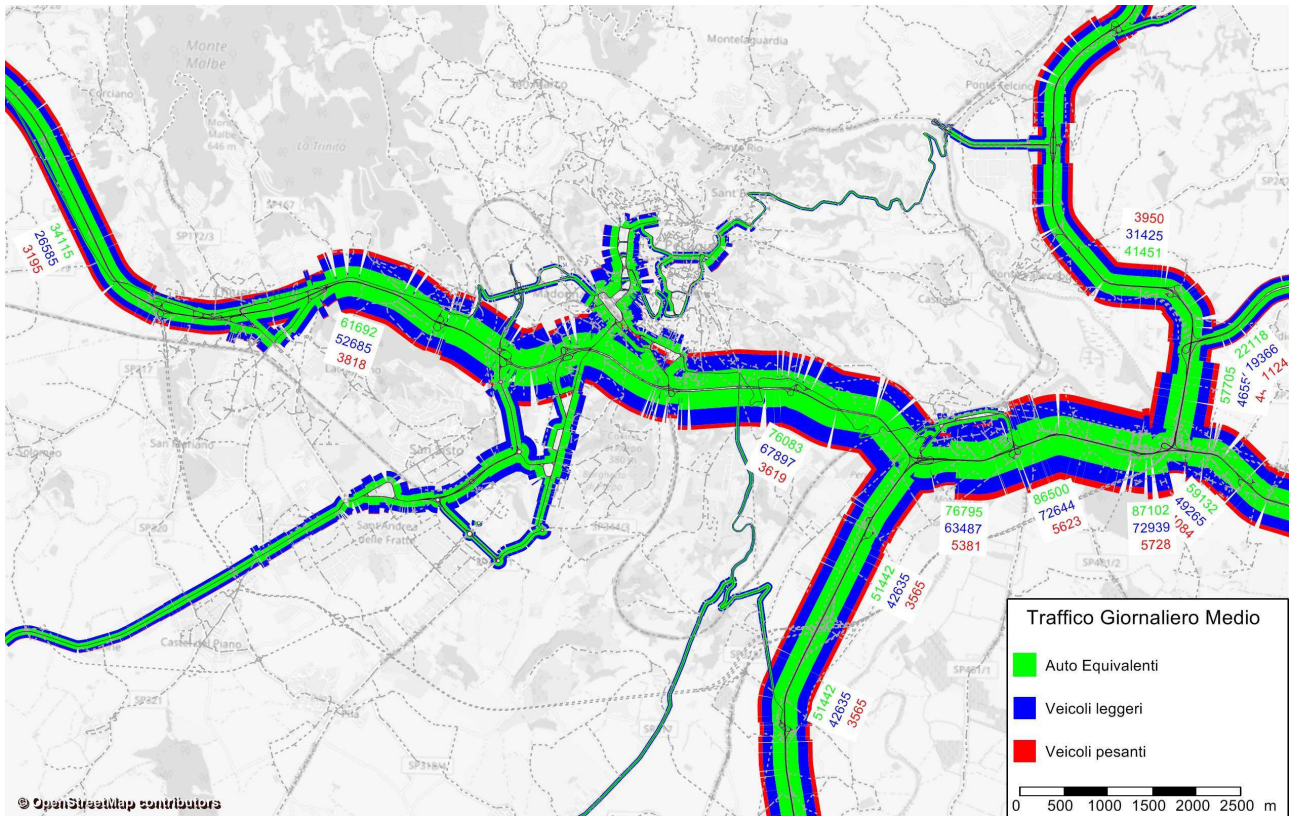


Figura 9 – Flussogramma dello stato attuale del traffico giornaliero medio.

Come si può notare dalla figura, il tratto di E45 che fa da collegamento al raccordo Autostradale Bettolle-Perugia risulta essere quello attualmente più trafficato, con circa 86500 veicoli equivalenti come traffico medio giornaliero; l’obiettivo di alleggerire la pressione stradale con l’intervento del Nodino di Perugia risulta essere quindi fondato.

Dallo svincolo per il raccondo Autostradale, sono state simulate 76083 auto equivalenti verso la città di Perugia e 51442 auto equivalenti verso sud.

Per completezza, vengono riportati nelle figure sottostanti i flussogrammi nei due svincoli di interesse del Nodino di Perugia (Collestrada a sinistra e Madonna del Piano a destra), calcolati come traffico medio giornaliero, orario di punta mattutino ed orario di punta pomeridiano.

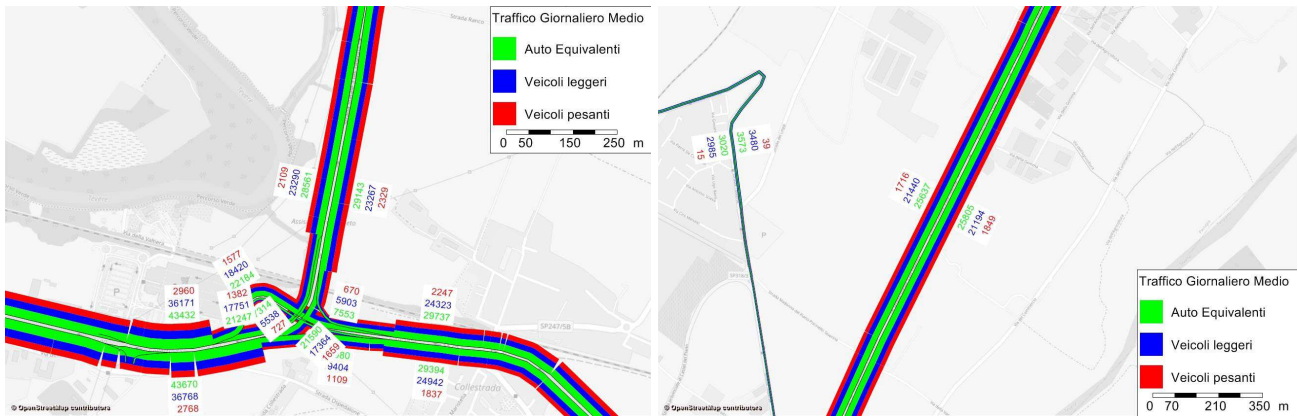


Figura 10 – Flussogramma dello stato attuale del traffico giornaliero medio agli svincoli di Collestrada (a sinistra) e Madonna del Piano (a destra).

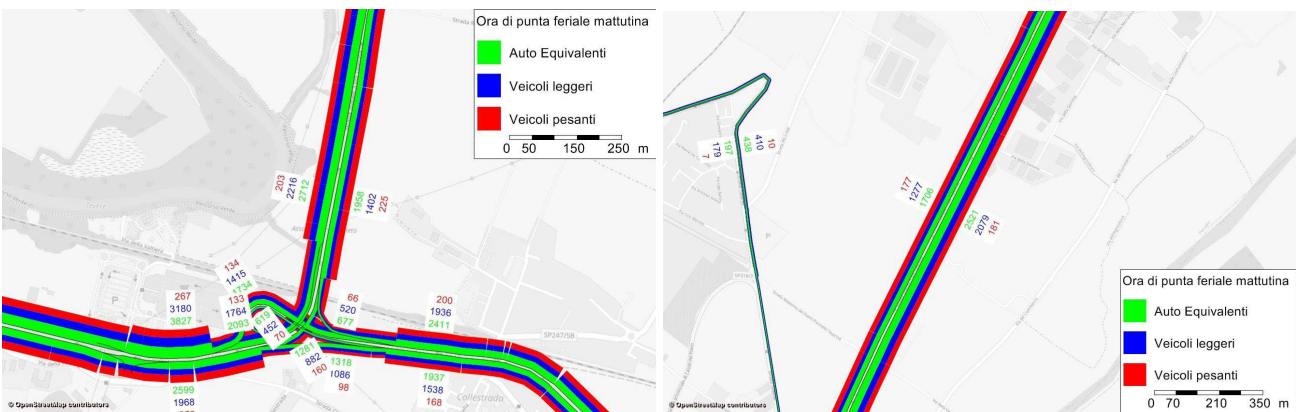


Figura 11 – Flussogramma dello stato attuale del traffico nell'ora di punta feriale mattutina agli svincoli di Collestrada (a sinistra) e Madonna del Piano (a destra).

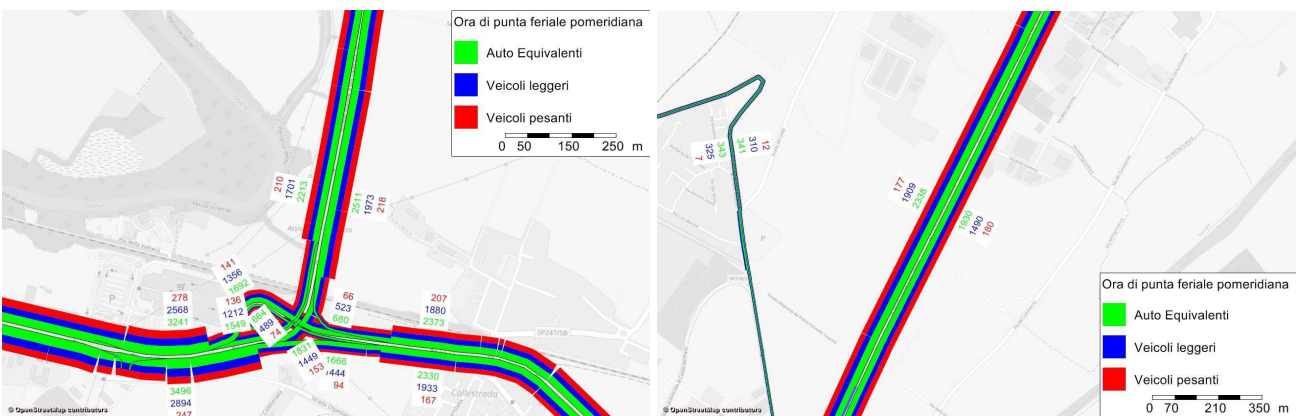


Figura 12 – Flussogramma dello stato attuale del traffico nell'ora di punta feriale pomeridiana agli svincoli di Collestrada (a sinistra) e Madonna del Piano (a destra).

Come si può notare dalle figure precedenti il traffico nelle ore di punta mattutine e pomeridiane, risulta essere quasi ovunque doppio rispetto alla media oraria del traffico giornaliero.

PROGETTAZIONE ATI:

5. MODELLO DI CALCOLO

Il modello di simulazione matematica relativo alla dispersione degli inquinanti in atmosfera a cui si è fatto riferimento è il software Maind MMS CALINE, il quale, partendo dalle informazioni sulle sorgenti e sulle condizioni meteorologiche, fornisce la dispersione degli inquinanti in atmosfera e i relativi livelli di concentrazione al suolo.

CALINE è un modello di dispersione gaussiano a plume per il calcolo della concentrazione media e massima emessa da percorsi autostradali (sorgenti lineari).

Il modello CALINE è inserito nell'elenco dei modelli consigliati da APAT (Agenzia Italiana per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici) per la valutazione e gestione della qualità dell'aria negli scenari di emissioni da traffico urbano.

In MMS CALINE sono state potenziate le caratteristiche di calcolo del modello; in particolare è stato aumentato il limite di 20 recettori per il calcolo delle concentrazioni e dei 20 link come sorgenti inquinanti. Con MMS Caline è possibile quindi utilizzare fino a 10.000 recettori, un reticolo cartesiano, recettori discreti posizionati in qualunque posizione nel dominio di calcolo, recettori stradali e fino a 200 tratti stradali di input.

Il programma è compatibile ed utilizzato con gli altri programmi MAIND, come MMS RunAnalyzer, programma per la postelaborazione dei dati calcolati e la verifica dei limiti di legge.

Ogni progetto contiene in un unico file tutte le informazioni utilizzate nel calcolo (definizione del dominio, recettori discreti, sorgenti emmissive, dati meteo) e tutti i calcoli effettuati rendendo più semplice il trasferimento delle informazioni.

Per ogni elemento del progetto sono disponibili semplici finestre d'inserimento dati o in alternativa sono disponibili diverse modalità di importazione dei dati.

È possibile importare i dati di recettori e dei tratti stradali da file di testo, vecchi progetti MMS CALINE e progetti di altri software della Maind Model Suite. E' inoltre possibile importare la posizione di recettori e tratti stradali da file kml estratti da Google Earth.

Il programma dispone di un avanzato editor dei dati meteorologici. Inoltre è possibile importare direttamente file meteorologici.

Il programma consente di generare un report dei dati meteo utilizzati che contiene il grafico della rosa dei venti, la tabella della rosa dei venti, le statistiche mensili di temperatura e precipitazione e la tabella dei dati meteorologici orari utilizzati nel calcolo.

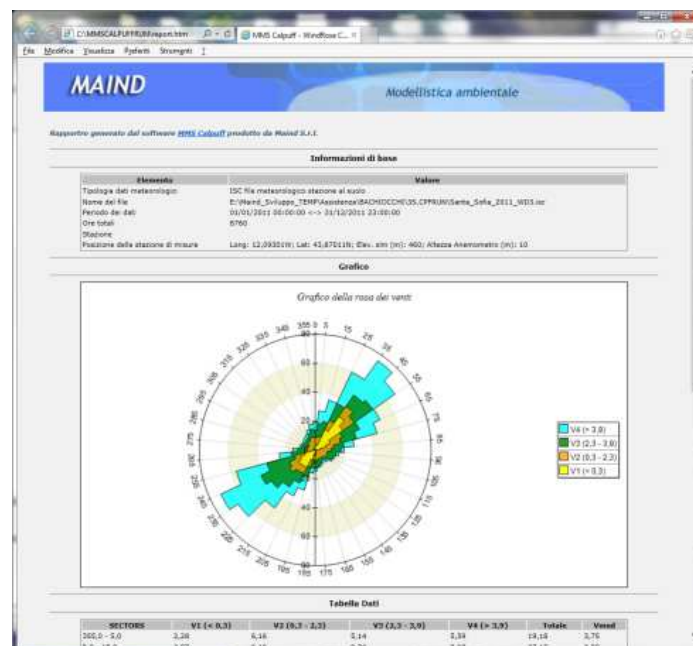


Figura 13 – Report dati meteo MMS CALINE.

Tutti i dati calcolati possono essere esportati in diversi formati CSV, GRD (utilizzato dal programma Surfer), XYZ.

Il programma consente la visualizzazione dei dati calcolati tramite isolinee implementate direttamente nel programma; in particolare, vengono visualizzati anche i valori calcolati sui recettori discreti attraverso una interpolazione preliminare, è possibile definire il numero di livelli, la gradazione dei colori e altre impostazioni ed esportare l'immagine calcolata direttamente su Google Earth.

Il programma contiene un visualizzatore degli elementi del progetto interattivo basato su Google Maps che consente, oltre alla visualizzazione degli elementi del progetto, la loro gestione (eliminazione, modifica) e l'inserimento di nuovi elementi selezionandone le coordinate direttamente sulla mappa.

Infine, CALINE consente di generare, per ogni calcolo presente nel progetto, un report che contiene tutte le impostazioni e gli elementi usati nel calcolo (recettori, sorgenti etc..) e una selezione dei risultati con i valori calcolati in ogni recettore discreto e i primi 10 valori calcolati nel reticolo di calcolo.

5.1. DATI OROGRAFICI

Aspetto fondamentale di cui tenere conto nella simulazione d'impatto atmosferico è l'orografia del territorio. Tale fattore ricopre, infatti, un'influenza non secondaria nella dispersione degli inquinanti, anche se nel caso in esame si tratta prevalentemente di un territorio abbastanza pianeggiante.

Ai fini del calcolo si è definito un dominio orografico avente le seguenti caratteristiche:

- sistema di riferimento geodetico: UTM fuso 33 – WGS84;
- origine (vertice Sud-Ovest): long x = 284668m E, lat y = 4767380m N;
- numero totale celle: 30 km x 22 km;
- dimensioni griglia: dx = dy = 500 m.

Nell'immagine sotto riportata il dominio individuato è rappresentato dal reticolo rettangolare al cui interno è collocata l'area d'intervento.

Le quote orografiche fornite nel file sono state calcolate direttamente dal software MMS CALINE.

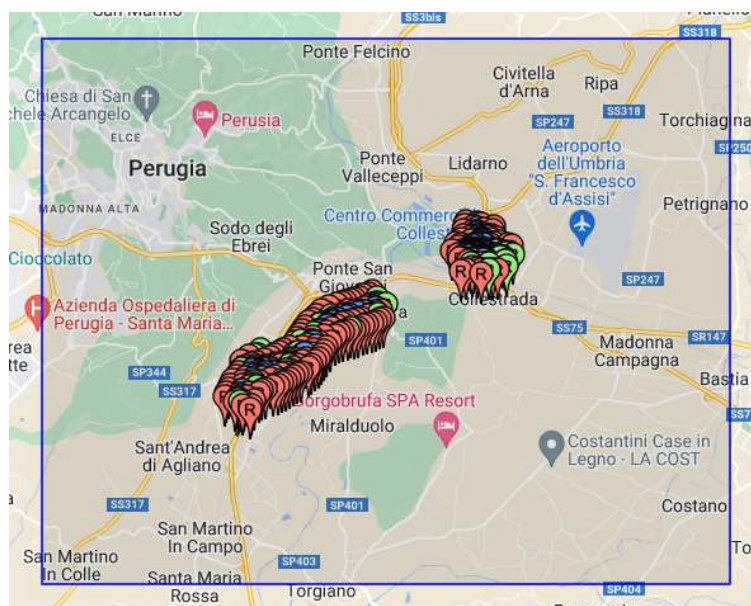


Figura 14 – Dominio di Calcolo.

PROGETTAZIONE ATI:

5.2. DATI METEO

Una volta definito il dominio orografico, seguono il reperimento e successiva elaborazione dei dati meteorologici, parametri essenziali per l'esecuzione della simulazione.

I dati forniti sono stati ricostruiti per il punto richiesto attraverso un'elaborazione "mass consistent" effettuata con il modello meteorologico CALMET, all'interno del quale è stata utilizzata la risoluzione geomorfologica di 500 m.

Il modello CALMET ricostruisce per interpolazione 3D "mass consistent", pesata sull'inverso del quadrato della distanza, un campo iniziale tridimensionale (FIRST GUESS) che viene modificato per incorporare gli effetti geomorfologici ed orografici del sito in esame alla risoluzione spaziale richiesta (campo meteo STEP 1). Il processo di interpolazione avviene per strati orizzontali; l'interazione tra i vari strati orizzontali viene definita attraverso opportuni fattori di BIAS che permettono di pesare strato per strato l'influenza dei dati di superficie rispetto ai dati profilometrici (es: nel primo strato verticale adiacente al terreno che va da 0 a 20 metri sul suolo in genere viene azzerato il peso del profilo verticale rispetto a quello delle stazioni di superficie mentre negli strati verticali superiori al primo viene gradatamente aumentato il peso dei dati profilometrici rispetto a quelli di superficie fino ad azzerare il peso di questi ultimi dopo alcune centinaia di metri dal suolo). Sul campo meteo (STEP 1) così definito vengono infine reinserite le osservabili misurate per ottenere il campo finale (STEP 2) all'interno del quale in questo modo vengono recuperate le informazioni sito-specifiche delle misure meteo.

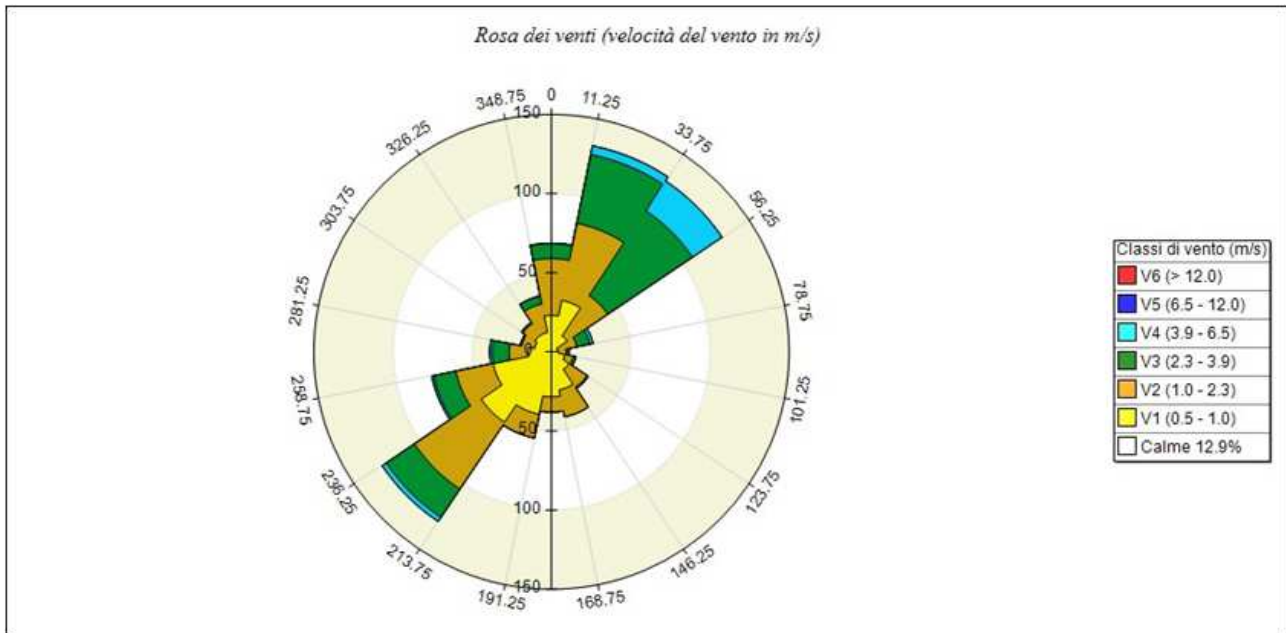
Le stazioni meteorologiche utilizzate per il modello sono le seguenti:

- Perugia Lirz 161810 (43.095994°N - 12.512997°E) – stazione sinottica;
- Perugia Sede (43.105171°N - 12.376489°E) Rete Regione Umbria – stazione sito specifica da rete regionale.

Nella Figura seguente viene riportata la posizione spaziale delle stazioni metereologi che utilizzate per la ricostruzione del sito.



Figura 15 – Stazioni per modello dati meteo.



SECTORS	V1 (0.5 - 1.0)	V2 (1.0 - 2.3)	V3 (2.3 - 3.9)	V4 (3.9 - 6.5)	V5 (6.5 - 12.0)	V6 (> 12.0)	Totale	Vmed (m/s)
348.8 - 11.3	23.06	35.84	9.47	0.23	0.00	0.00	68.61	1.52
11.3 - 33.8	33.22	49.54	44.29	5.59	0.00	0.00	132.65	2.01
33.8 - 56.3	12.10	30.59	64.50	22.49	0.00	0.00	129.68	2.83
56.3 - 78.8	3.88	12.44	8.45	1.94	0.00	0.00	26.71	2.23
78.8 - 101.3	4.45	4.79	1.71	0.23	0.00	0.00	11.19	1.52
101.3 - 123.8	8.68	5.25	1.60	0.11	0.00	0.00	15.64	1.21
123.8 - 146.3	13.36	13.58	0.91	0.00	0.00	0.00	27.85	1.19
146.3 - 168.8	24.54	17.24	0.00	0.00	0.00	0.00	41.78	1.02
168.8 - 191.3	28.42	9.59	0.00	0.00	0.00	0.00	38.01	0.88
191.3 - 213.8	40.18	15.07	0.11	0.00	0.00	0.00	55.37	0.89
213.8 - 236.3	53.42	50.80	21.46	3.08	0.00	0.00	128.77	1.53
236.3 - 258.8	37.56	23.97	14.27	1.26	0.00	0.00	77.05	1.49
258.8 - 281.3	14.61	11.99	10.73	1.60	0.00	0.00	38.93	1.78
281.3 - 303.8	10.84	8.22	0.91	0.00	0.00	0.00	19.98	1.13
303.8 - 326.3	12.56	9.02	1.03	0.00	0.00	0.00	22.60	1.16
326.3 - 348.8	12.56	18.26	5.02	0.11	0.00	0.00	35.96	1.49
Variabili	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calme < 0.5	129.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	129.22	0.00
Totale	462.67	316.21	184.47	36.64	0.00	0.00	1000.00	0.00

Figura 16 – Rosa dei venti associata alla stazione meteo.

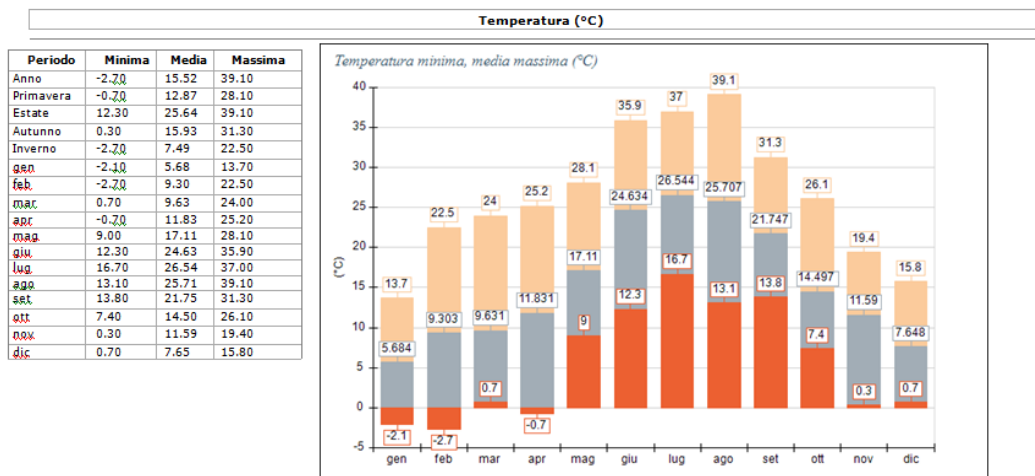


Figura 17 – Temperatura.

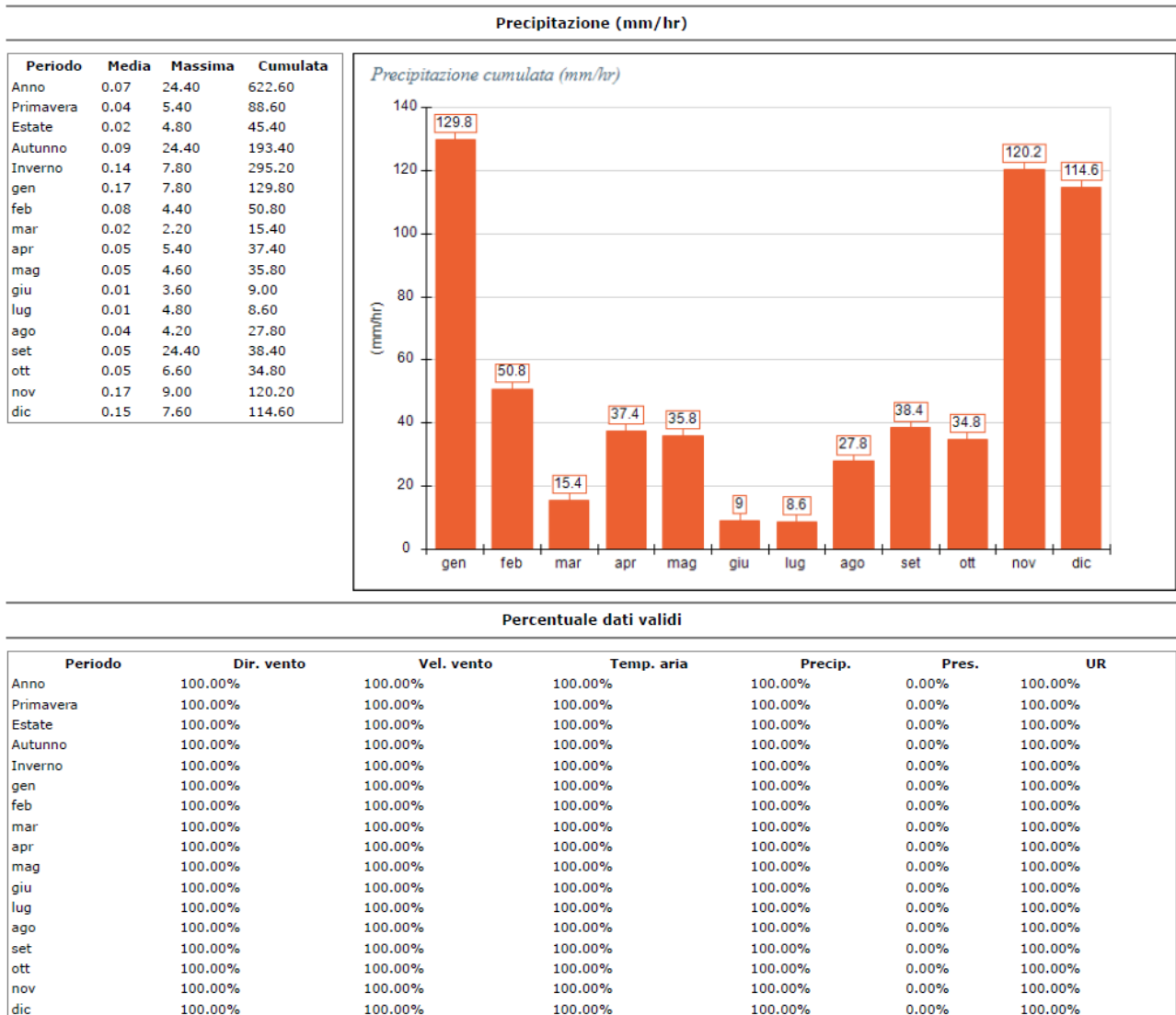
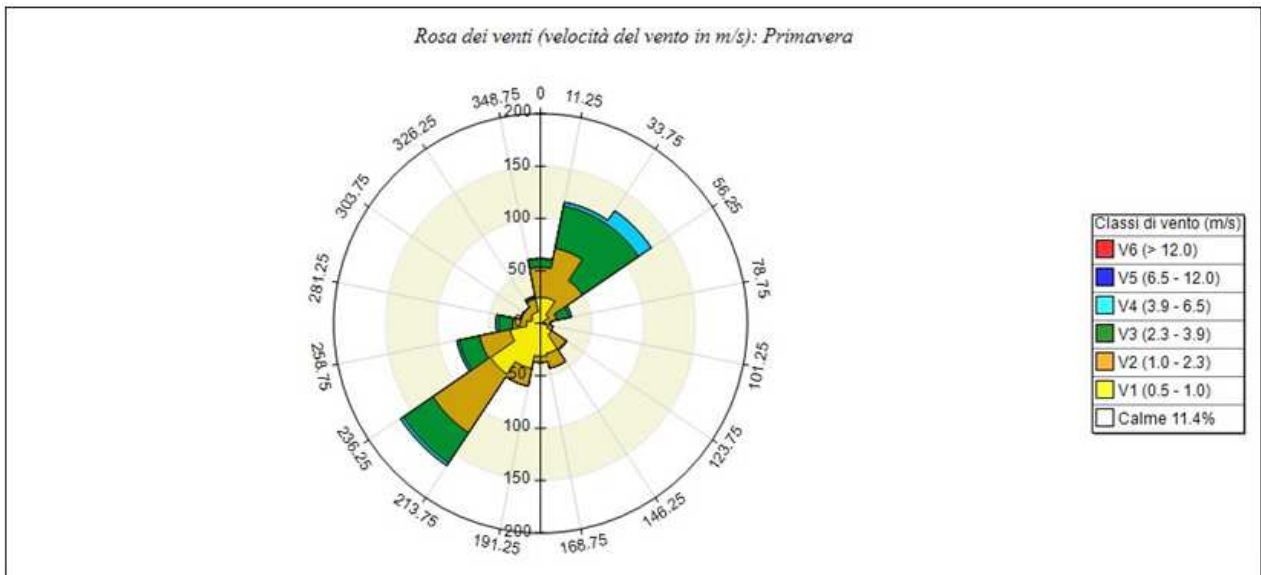
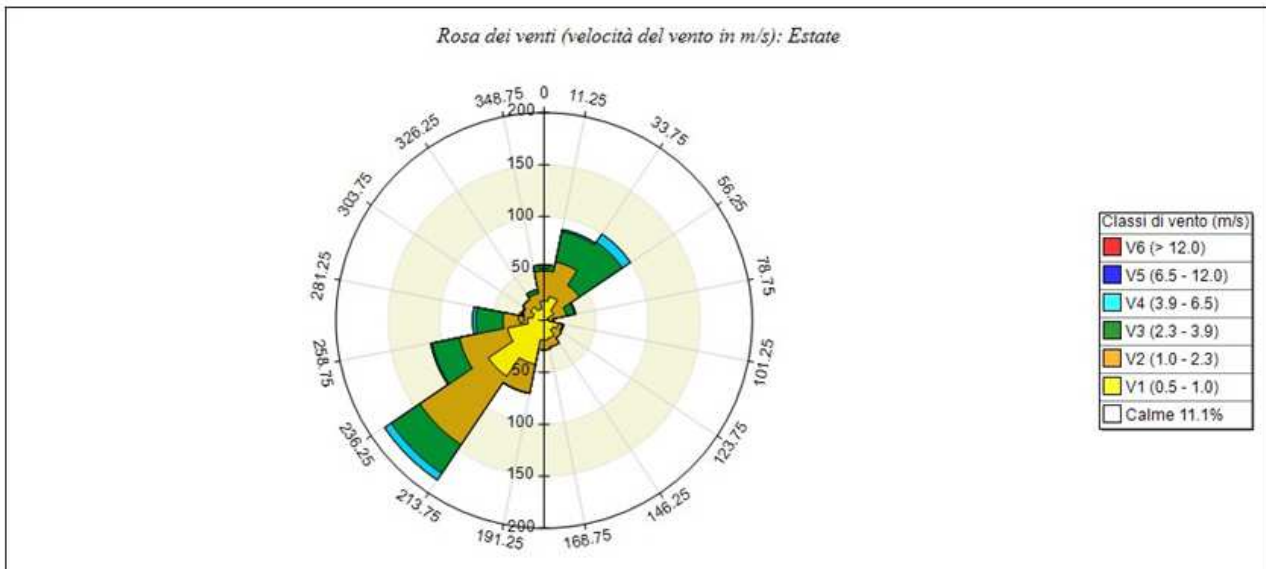


Figura 18 – Precipitazione e validazione dati.



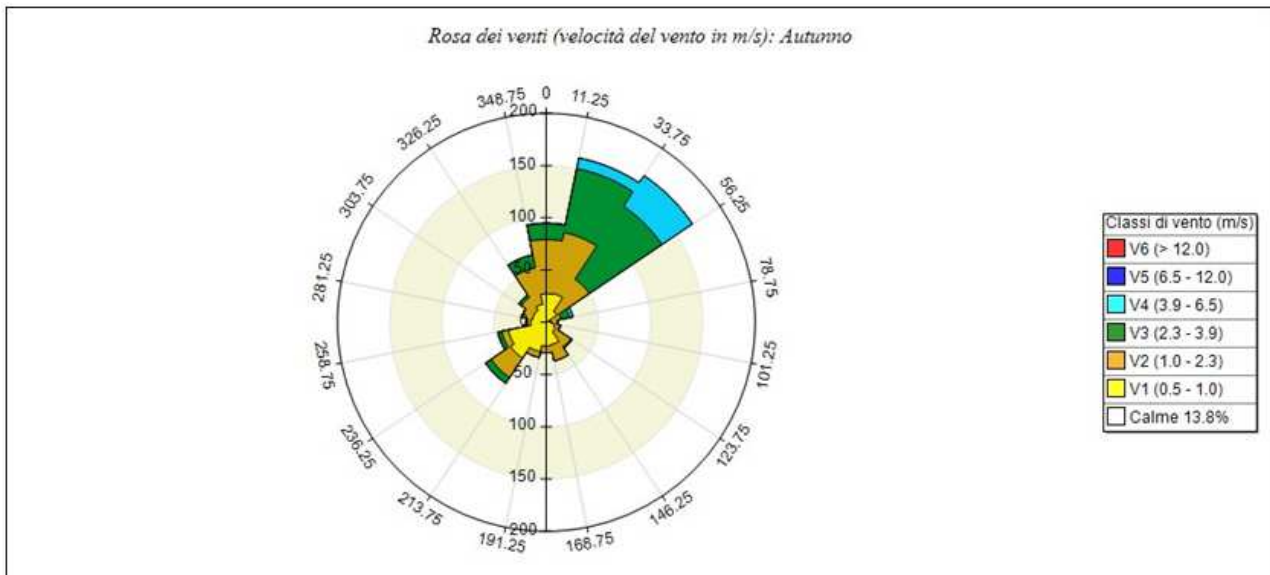
Primavera	V1 (0.5 - 1.0)	V2 (1.0 - 2.3)	V3 (2.3 - 3.9)	V4 (3.9 - 6.5)	V5 (6.5 - 12.0)	V6 (> 12.0)	Totale	Vmed (m/s)
348.8 - 11.3	24.64	28.67	8.06	0.45	0.00	0.00	61.83	1.47
11.3 - 33.8	25.09	47.94	41.22	3.58	0.00	0.00	117.83	2.05
33.8 - 56.3	9.41	39.43	65.41	14.78	0.00	0.00	129.03	2.71
56.3 - 78.8	2.69	12.99	12.54	2.24	0.00	0.00	30.47	2.36
78.8 - 101.3	1.79	7.62	0.00	0.00	0.00	0.00	9.41	1.40
101.3 - 123.8	7.17	4.93	0.00	0.00	0.00	0.00	12.10	1.02
123.8 - 146.3	12.99	16.58	0.90	0.00	0.00	0.00	30.47	1.20
146.3 - 168.8	29.12	14.34	0.00	0.00	0.00	0.00	43.46	0.93
168.8 - 191.3	31.36	5.82	0.00	0.00	0.00	0.00	37.19	0.83
191.3 - 213.8	43.91	17.03	0.00	0.00	0.00	0.00	60.93	0.88
213.8 - 236.3	58.24	67.20	34.50	3.14	0.00	0.00	163.08	1.64
236.3 - 258.8	30.02	30.02	20.16	2.24	0.00	0.00	82.44	1.76
258.8 - 281.3	13.44	13.44	13.44	2.69	0.00	0.00	43.01	2.02
281.3 - 303.8	8.96	9.86	0.90	0.00	0.00	0.00	19.71	1.25
303.8 - 326.3	11.20	7.17	0.45	0.00	0.00	0.00	18.82	1.05
326.3 - 348.8	11.20	12.54	2.24	0.45	0.00	0.00	26.43	1.37
Variabili	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calme < 0.5	113.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	113.80	0.00
Totale	435.04	335.57	199.82	29.57	0.00	0.00	1000.00	0.00

Figura 19 – Rosa dei venti associata alla stazione meteo – Primavera.



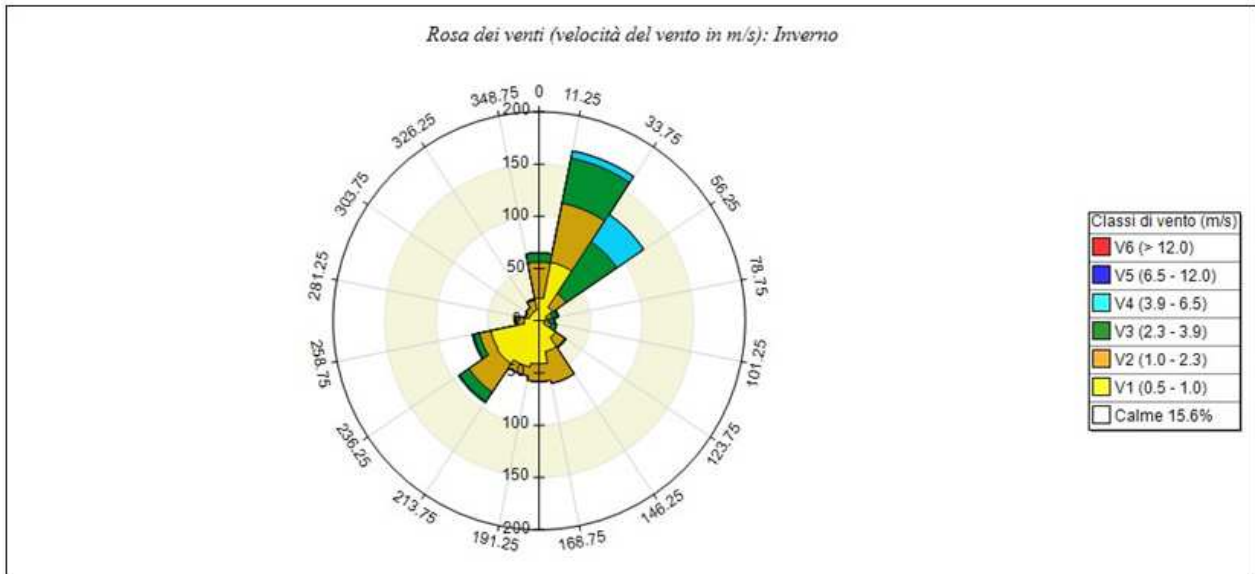
Estate	V1 (0.5 - 1.0)	V2 (1.0 - 2.3)	V3 (2.3 - 3.9)	V4 (3.9 - 6.5)	V5 (6.5 - 12.0)	V6 (> 12.0)	Totale	Vmed (m/s)
348.8 - 11.3	18.82	28.67	5.82	0.00	0.00	0.00	53.32	1.46
11.3 - 33.8	23.30	34.05	30.02	1.79	0.00	0.00	89.16	1.92
33.8 - 56.3	11.20	29.57	49.73	9.41	0.00	0.00	99.91	2.53
56.3 - 78.8	3.14	18.82	8.06	0.90	0.00	0.00	30.91	2.08
78.8 - 101.3	4.93	3.14	0.90	0.00	0.00	0.00	8.96	1.22
101.3 - 123.8	13.89	4.03	0.90	0.45	0.00	0.00	19.27	1.08
123.8 - 146.3	10.75	9.41	0.00	0.00	0.00	0.00	20.16	1.05
146.3 - 168.8	17.47	8.51	0.00	0.00	0.00	0.00	25.99	0.94
168.8 - 191.3	18.82	9.41	0.00	0.00	0.00	0.00	28.23	0.95
191.3 - 213.8	43.01	28.23	0.45	0.00	0.00	0.00	71.68	1.00
213.8 - 236.3	64.52	79.30	33.15	7.62	0.00	0.00	184.59	1.67
236.3 - 258.8	35.84	47.04	26.88	1.34	0.00	0.00	111.11	1.71
258.8 - 281.3	15.68	23.75	25.99	3.14	0.00	0.00	68.55	2.05
281.3 - 303.8	11.20	9.86	1.34	0.00	0.00	0.00	22.40	1.24
303.8 - 326.3	15.68	8.51	0.45	0.00	0.00	0.00	24.64	1.07
326.3 - 348.8	11.20	15.23	4.03	0.00	0.00	0.00	30.47	1.41
Variabili	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calme < 0.5	110.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	110.66	0.00
Totale	430.11	357.53	187.72	24.64	0.00	0.00	1000.00	0.00

Figura 20 – Rosa dei venti associata alla stazione meteo – Estate.



Autunno	V1 (0.5 - 1.0)	V2 (1.0 - 2.3)	V3 (2.3 - 3.9)	V4 (3.9 - 6.5)	V5 (6.5 - 12.0)	V6 (> 12.0)	Totale	Vmed (m/s)
348.8 - 11.3	27.31	51.85	15.28	0.46	0.00	0.00	94.91	1.58
11.3 - 33.8	28.24	59.26	62.50	10.19	0.00	0.00	160.19	2.22
33.8 - 56.3	12.50	37.04	83.80	35.19	0.00	0.00	168.52	2.97
56.3 - 78.8	2.31	12.04	8.33	3.24	0.00	0.00	25.93	2.48
78.8 - 101.3	5.09	5.56	0.46	0.00	0.00	0.00	11.11	1.26
101.3 - 123.8	8.33	5.09	0.46	0.00	0.00	0.00	13.89	1.08
123.8 - 146.3	10.65	17.59	1.39	0.00	0.00	0.00	29.63	1.36
146.3 - 168.8	21.76	15.74	0.00	0.00	0.00	0.00	37.50	1.02
168.8 - 191.3	22.69	6.48	0.00	0.00	0.00	0.00	29.17	0.86
191.3 - 213.8	28.70	5.56	0.00	0.00	0.00	0.00	34.26	0.83
213.8 - 236.3	41.20	22.22	6.48	0.00	0.00	0.00	69.91	1.18
236.3 - 258.8	37.04	6.48	3.70	0.00	0.00	0.00	47.22	0.99
258.8 - 281.3	14.81	3.24	1.39	0.00	0.00	0.00	19.44	1.04
281.3 - 303.8	13.43	9.72	0.46	0.00	0.00	0.00	23.61	0.98
303.8 - 326.3	13.89	14.81	2.78	0.00	0.00	0.00	31.48	1.35
326.3 - 348.8	17.59	35.65	12.50	0.00	0.00	0.00	65.74	1.67
Variabili	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calme < 0.5	137.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	137.50	0.00
Totale	443.06	308.33	199.54	49.07	0.00	0.00	1000.00	0.00

Figura 21 – Rosa dei venti associata alla stazione meteo – Autunno.



Inverno	V1 (0.5 - 1.0)	V2 (1.0 - 2.3)	V3 (2.3 - 3.9)	V4 (3.9 - 6.5)	V5 (6.5 - 12.0)	V6 (> 12.0)	Totale	Vmed (m/s)
348.8 - 11.3	21.54	34.64	8.90	0.00	0.00	0.00	65.07	1.52
11.3 - 33.8	57.12	57.58	44.01	7.02	0.00	0.00	165.73	1.82
33.8 - 56.3	15.45	15.92	59.46	31.37	0.00	0.00	122.19	3.02
56.3 - 78.8	7.49	5.62	4.68	1.40	0.00	0.00	19.19	1.90
78.8 - 101.3	6.09	2.81	5.62	0.94	0.00	0.00	15.45	1.96
101.3 - 123.8	5.15	7.02	5.15	0.00	0.00	0.00	17.32	1.62
123.8 - 146.3	19.19	10.77	1.40	0.00	0.00	0.00	31.37	1.10
146.3 - 168.8	29.96	30.90	0.00	0.00	0.00	0.00	60.86	1.12
168.8 - 191.3	41.20	16.85	0.00	0.00	0.00	0.00	58.05	0.88
191.3 - 213.8	44.94	8.90	0.00	0.00	0.00	0.00	53.84	0.81
213.8 - 236.3	49.16	32.77	10.77	1.40	0.00	0.00	94.10	1.30
236.3 - 258.8	47.75	11.24	5.62	1.40	0.00	0.00	66.01	1.13
258.8 - 281.3	14.51	7.02	1.40	0.47	0.00	0.00	23.41	1.12
281.3 - 303.8	9.83	3.28	0.94	0.00	0.00	0.00	14.04	0.98
303.8 - 326.3	9.36	5.62	0.47	0.00	0.00	0.00	15.45	1.04
326.3 - 348.8	10.30	9.83	1.40	0.00	0.00	0.00	21.54	1.23
Variabili	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calme < 0.5	156.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	156.37	0.00
Totale	545.41	260.77	149.81	44.01	0.00	0.00	1000.00	0.00

Figura 22 – Rosa dei venti associata alla stazione meteo – Inverno.

6. IMPATTI FUTURI

In questo capitolo vengono analizzati i possibili impatti, per quanto concerne i parametri PM10, PM2.5 e NO₂, dovuti dall'intervento del Nodino di Perugia.

In particolare, verrà prima completata la descrizione dell'analisi del traffico effettuata da TPS PRO srl, mettendo a confronto la situazione attuale con il cambiamento dei flussi di traffico a seguito dell'implementazione del Nodino di Perugia, sia come media giornaliera che negli orari di punta della giornata.

In seguito vengono esposti i risultati ottenuti tramite la simulazione effettuata con il software CALINE e con il post-processore RUN ANALYZER, per i tre inquinanti presi in considerazione, in diversi scenari.

Infine, viene analizzato, tramite una simulazione, l'impatto medio annuale per la componente NO_x, per la tutela della vegetazione nell'area d'intervento.

6.1. ANALISI TRAFFICO PER IL NODINO DI PERUGIA

In questo paragrafo vengono riportati i risultati dello studio del traffico effettuato da TPS PRO srl, a seguito dell'implementazione del Nodino di Perugia.

Nella Figura seguente viene mostrato un flussogramma dello stato attuale del traffico nell'Area del Nodino di Perugia. In particolare, vi è una distinzione tra veicoli leggeri (in blu) e veicoli pesanti (in rosso), con una conseguente simulazione di auto equivalenti (in verde).

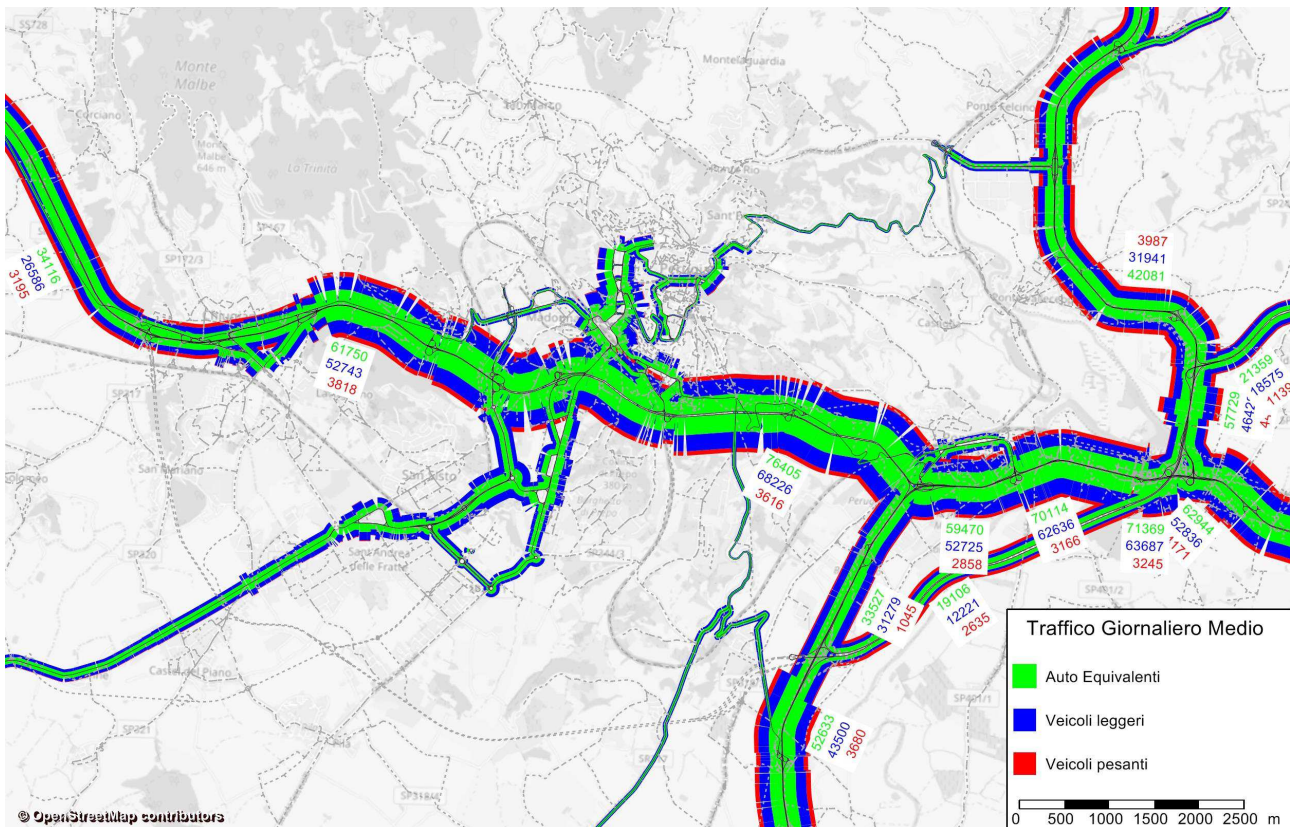


Figura 23 – Flussogramma del traffico giornaliero medio, Nodino di Perugia.

Come si può notare dalla figura, il tratto di E45 che fa da collegamento al raccordo Autostradale Bettolle-Perugia risulta essere alleggerito a livello di traffico rispetto al flussogramma mostrato in Figura 7. In particolare, il Nodino di Perugia risulta essere utile soprattutto per il flusso dei veicoli

PROGETTAZIONE ATI:

pesanti; circa la metà di questi infatti utilizzerebbero il nuovo tracciato. La percentuale dei veicoli leggeri che utilizzerebbe il Nodino di Perugia risulta invece essere circa del 20%, comportando una notevole diminuzione del traffico.

Nella seguente figura viene illustrato, in maniera grafica, il cambiamento del traffico previsto a seguito dell'intervento effettuato sul Nodino di Perugia: in verde i tratti in cui vi è un miglioramento del traffico, in rosso le strade dove vi sarà un peggioramento ed in arancione i tratti in cui il traffico rimarrà inalterato.

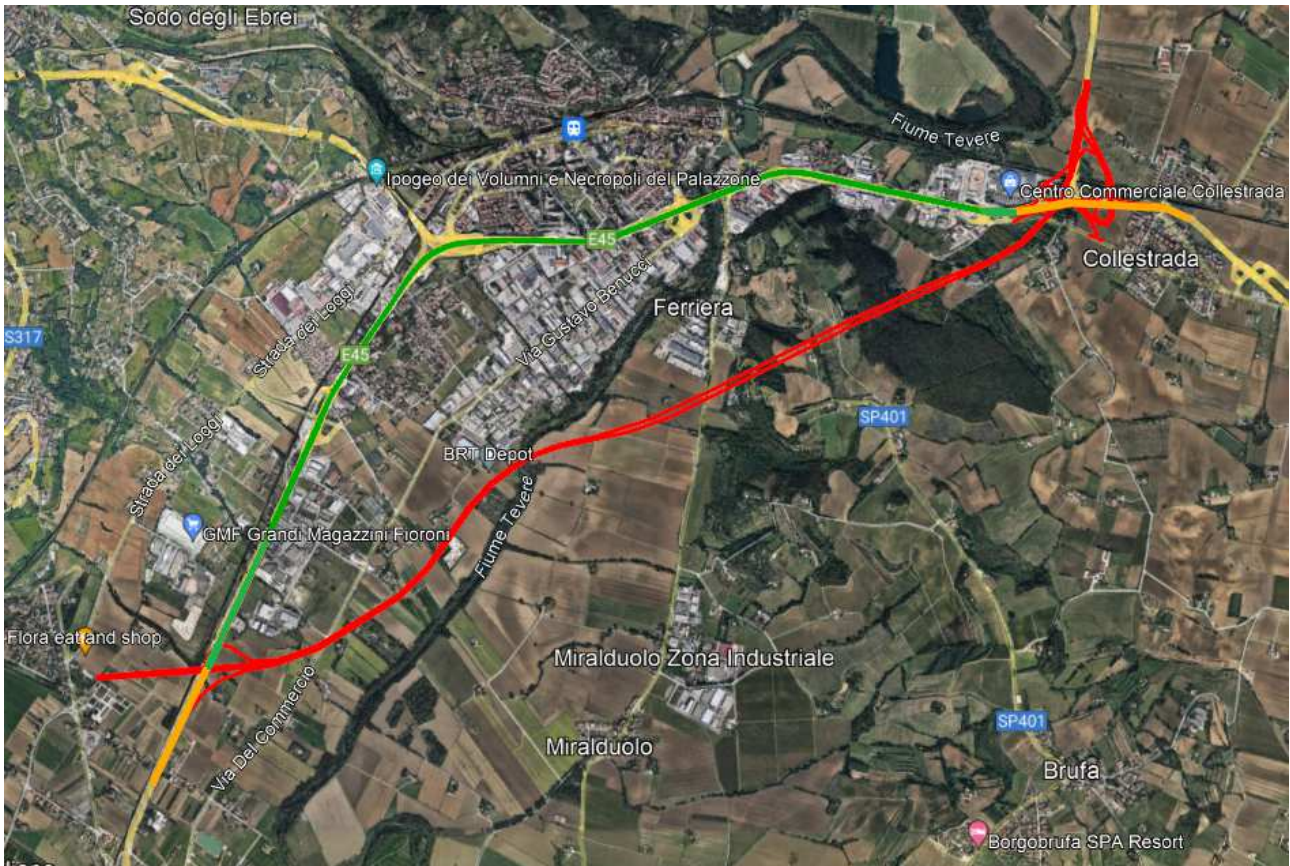


Figura 24 – Variazione dei flussi di traffico.

Come si può notare dalla Figura 24, l'attuale E45 subirà una riduzione nel flusso di traffico, a scapito del nuovo intervento sul Nodino di Perugia.

Si evidenzia come al contempo entrambi i tratti stradali non avranno un traffico eccessivo a seguito del nuovo progetto.

Per completezza, viene riportato nelle figure sottostanti un confronto tra i flussogrammi nei due svincoli di interesse prima e dopo la costruzione del Nodino di Perugia, calcolati come traffico medio giornaliero, orario di punta mattutino ed orario di punta pomeridiano. Questi dati sono stati utilizzati per la simulazione degli inquinanti con il software CALINE.



Figura 25 – Flussogramma del cambiamento del traffico nell'ora di punta feriale mattutina agli svincoli di Collestrada (in alto) e Madonna del Piano (in basso).



Figura 26 – Flussogramma del cambiamento del traffico nell'ora di punta feriale pomeridiana agli svincoli di Collestrada (in alto) e Madonna del Piano (in basso).

PROGETTAZIONE ATI:

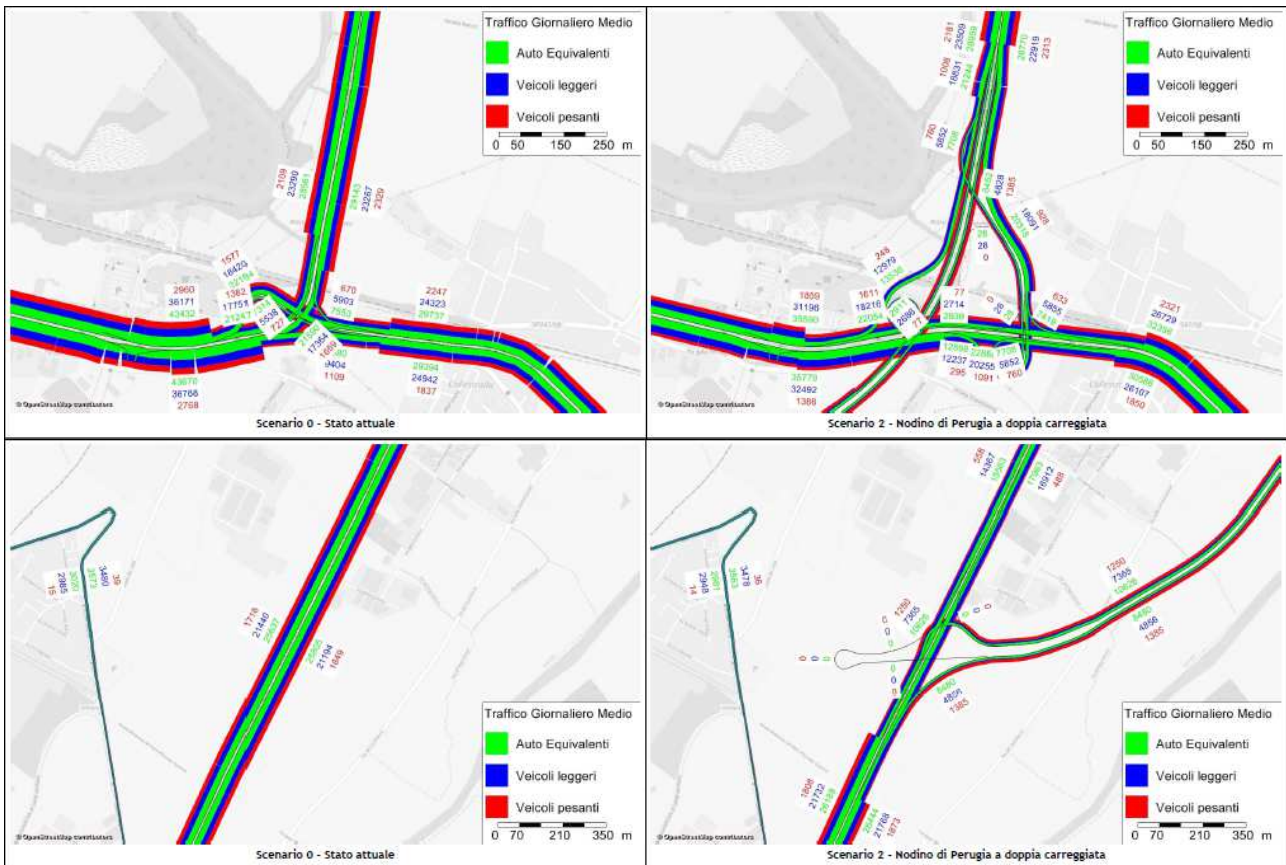


Figura 27 – Flussogramma del cambiamento del traffico medio giornaliero agli svincoli di Collestrada (in alto) e Madonna del Piano (in basso).

6.2. RISULTATI SIMULAZIONE

In questo capitolo vengono analizzati i risultati delle simulazioni atmosferiche effettuate con il software MMS CALINE e con il post processore MMS RUN ANALYZER, per tre inquinanti studiati (PM10, PM2.5 e NO₂).

Per ogni inquinante sono state effettuate tre simulazioni: giornaliera, ora di punta feriale mattutina, ora di punta feriale pomeridiana.

Per quanto concerne gli NO_x è stata effettuata una simulazione per valutarne la media annuale.

6.2.1. PM10

Per il calcolo dei PM10 sono stati utilizzati i dati di traffico forniti dallo studio prodotto da TPS PRO srl. Il fattore di emissione per un'auto equivalente è stato selezionato dalla banca dati ISPRA ambiente (<https://fetransp.isprambiente.it/#/ricerca>); è stato preso il valore più alto corrispondente a 0,040531 al fine di valutare il peggior scenario possibile.

6.2.1.1. Giornaliero

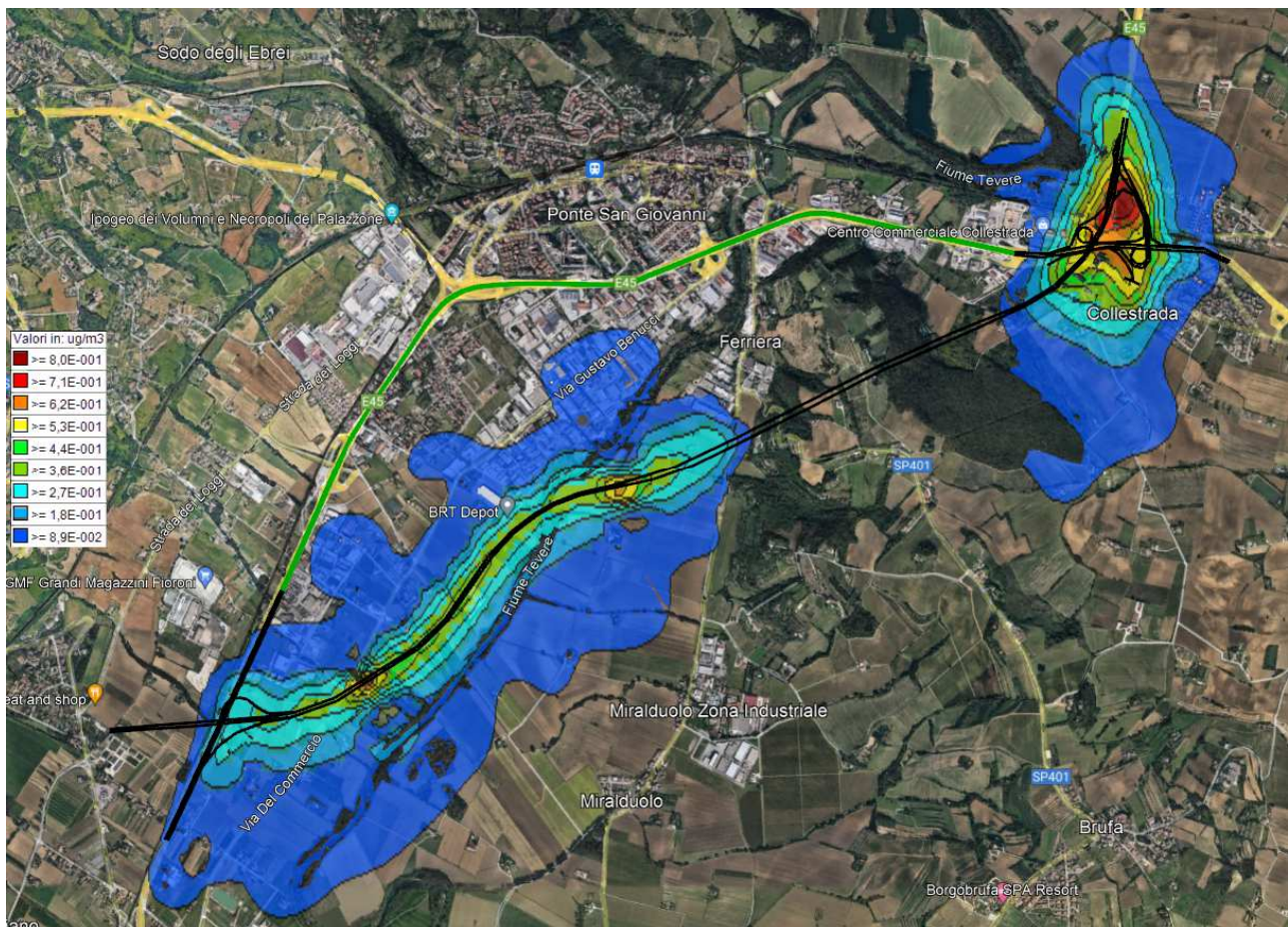


Figura 28 – Analisi impatti atmosferici PM10, media giornaliera (scala colori da 0,08 a 0,8 µg/m³).

Nella Figura 28 viene mostrato l'impatto del Nodino di Perugia sulla media giornaliera delle PM10. I valori si riferiscono solo all'aumento in µg/m³ sullo stato attuale della zona d'intervento. Come si può notare i valori medi di PM10, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano irrisori ed inferiori ad 1 µg/m³.

PROGETTAZIONE ATI:

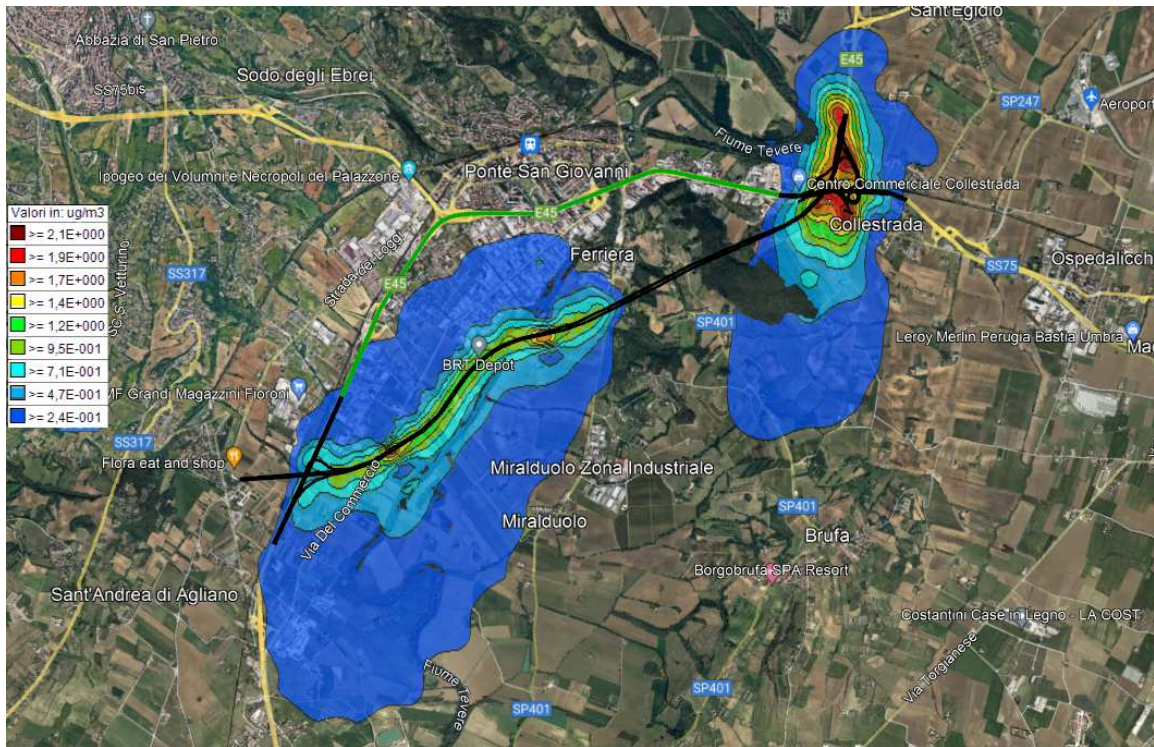


Figura 29 – Analisi impatti atmosferici PM10, 90,4 percentile (scala colori da 0,24 a 2,1 µg/m³).

Nella Figura 29 viene raffigurato l'impatto sul 90,4 percentile del Nodino di Perugia sulle PM10. Come si può notare i valori di PM10, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati e sempre inferiori a 3 µg/m³.

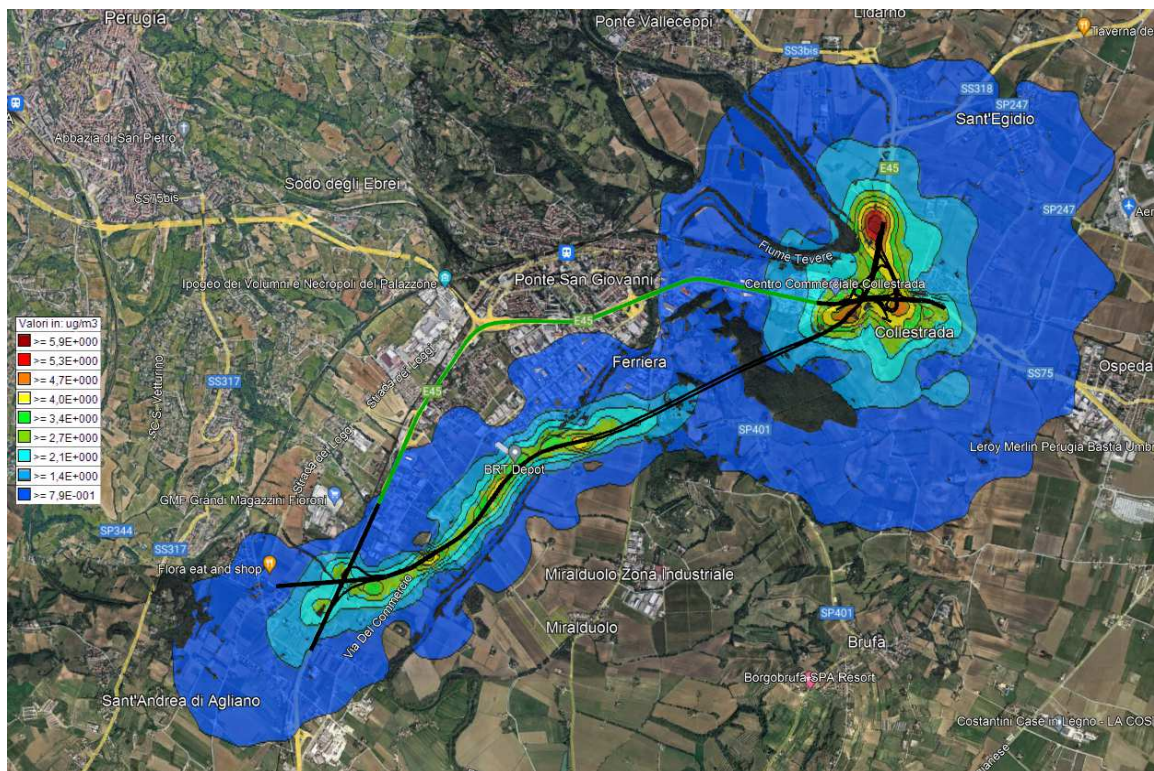


Figura 30 – Analisi impatti atmosferici PM10, massimo giornaliero (scala colori da 0,7 a 5,9 µg/m³).

PROGETTAZIONE ATI:

Nella Figura 30 viene mostrato l'impatto massimo giornaliero del Nodino di Perugia sulle PM10. I valori si riferiscono solo all'aumento in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sullo stato attuale della zona d'intervento. Come si può notare i valori massimi di PM10, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati e sempre inferiori a $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$; il valore massimo nell'intero dominio di calcolo risulta essere di $6,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a nord dello svincolo di Collestrada.

Nella tabella seguente vengono mostrati i valori medi e massimi registrati ai ricettori.

Ricettori	Media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90,4 percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massimo giornaliero ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R1	0,31	1,00	3,43
R2	0,18	0,63	2,34
R3	0,20	0,59	2,50
R4	0,07	0,23	2,67
R5	0,03	0,10	2,08
R6	0,03	0,10	2,30
R7	0,06	0,24	2,82
R8	0,18	0,55	3,60
R9	0,32	0,95	4,73
R10	0,25	0,84	4,35
R11	0,21	0,80	3,25
R12	0,50	1,78	3,55
R13	0,40	1,54	3,28
R14	0,06	0,25	1,96
R15	0,15	0,54	1,60
R16	0,10	0,42	1,21
R17	0,32	0,93	2,54
R18	0,17	0,59	1,20
R19	0,21	0,73	2,26
R20	0,24	0,82	2,69
R21	0,28	0,91	3,24
R22	0,16	0,51	2,05
R23	0,32	0,91	2,54
R24	0,66	1,83	4,79
R25	0,39	1,19	3,19
R26	0,21	0,62	1,49
R27	0,20	0,70	1,64
R28	0,18	0,55	1,24
R29	0,07	0,30	0,87
R30	0,08	0,35	0,86
R31	0,29	0,91	2,75
R32	0,05	0,18	1,76
R33	0,18	0,59	2,08
R34	0,09	0,22	1,68
R35	0,13	0,41	1,37

Tabella 6 – Valori di PM10 ai ricettori.

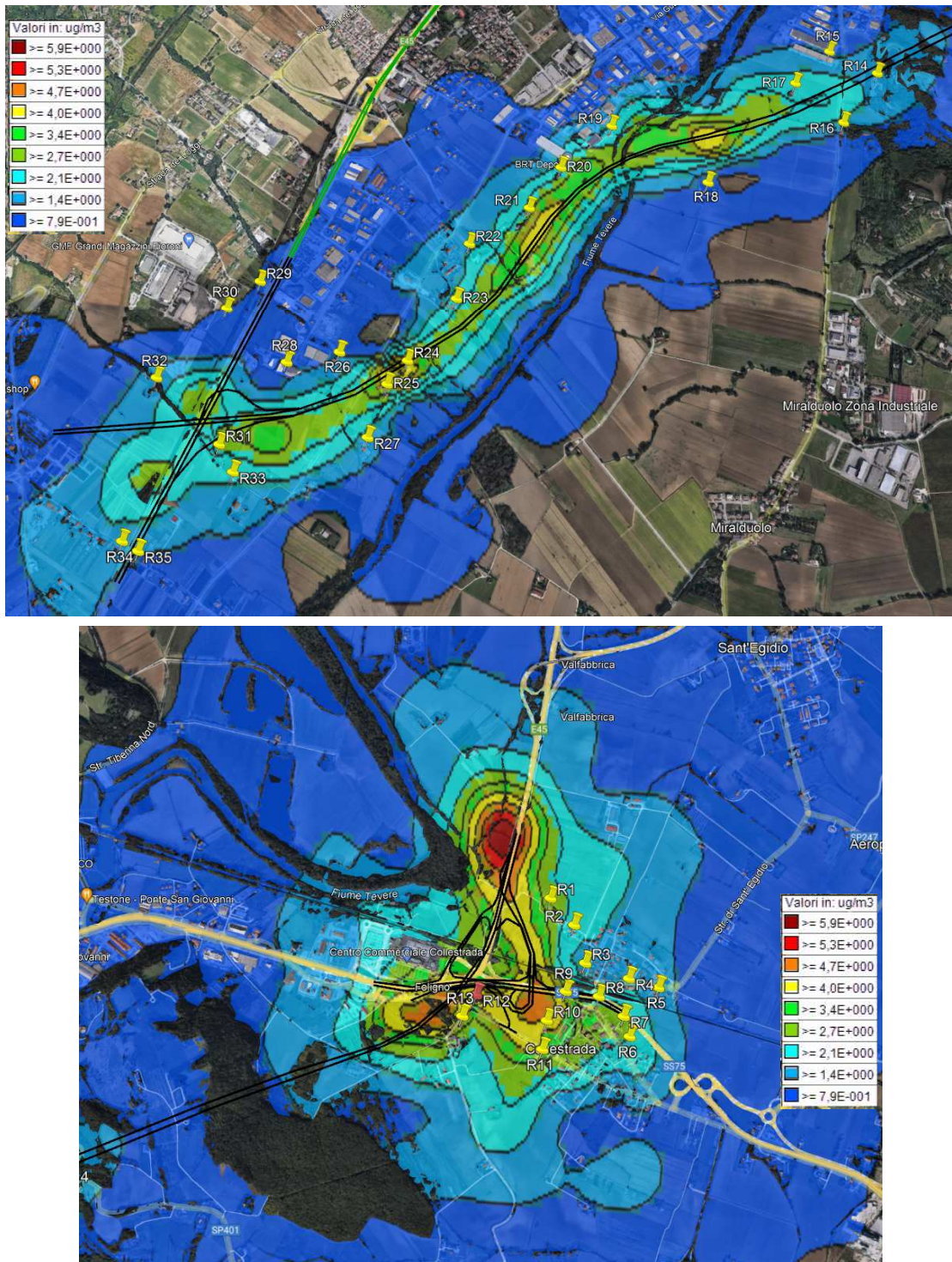


Figura 31 – Focus in Google Earth con ricettori.

La simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodino di Perugia sia R24, con una media giornaliera aggiuntiva di $0,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$, un valore al 90,4 percentile di $1,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed un massimo giornaliero di $4,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il ricettore sensibile R12 non presenta valori di innalzamento elevati ($0,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di media, $1,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di 90,4 percentile e $3,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di massimo), così come tutti gli altri ricettori considerati nella simulazione.

Considerando i valori di fondo analizzati nel paragrafo 4.1.1. si può affermare che, a seguito dell'intervento del Nodino di Perugia, i valori di PM10 saranno in media sempre inferiori a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.1.2. Orario di punta feriale mattutino

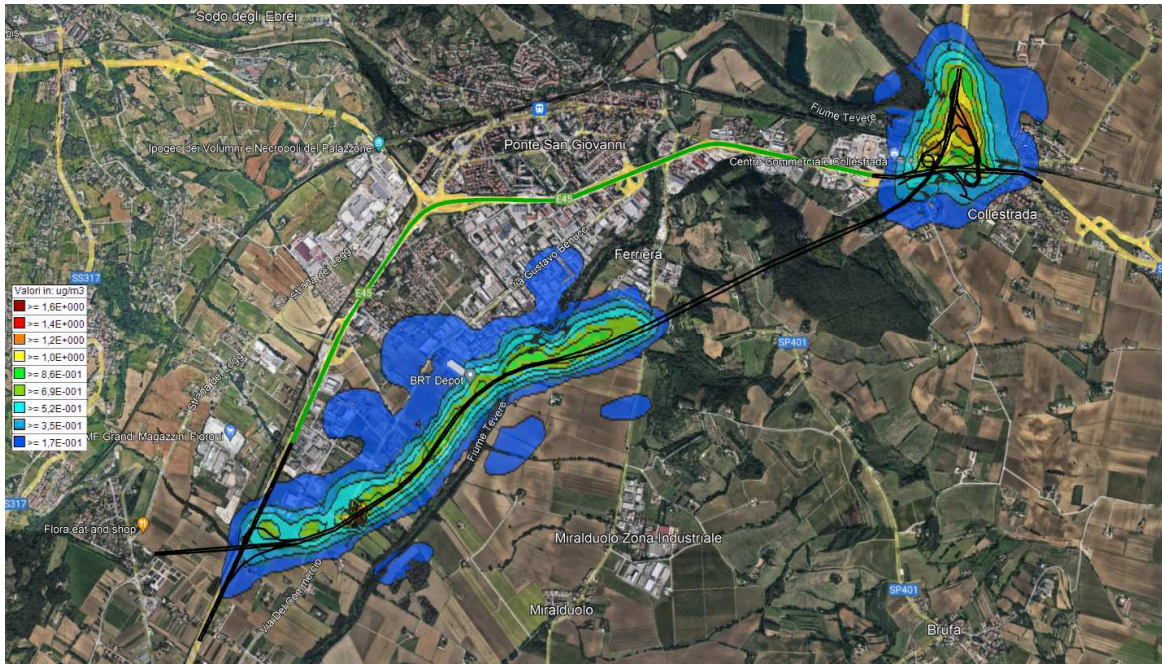


Figura 32 – Analisi impatti atmosferici PM10, media ora di punta mattutina (scala colori da 0,17 a 1,6 µg/m³).

Nella Figura 32 viene mostrato l’impatto del Nodino di Perugia sulle PM10 nell’ora di punta feriale mattutina. I valori si riferiscono solo all’aumento in µg/m³ sullo stato attuale della zona d’intervento. Come si può notare i valori medi di PM10, dovuti all’esercizio del Nodino di Perugia, risultano irrilevanti ed inferiori ad 2 µg/m³.

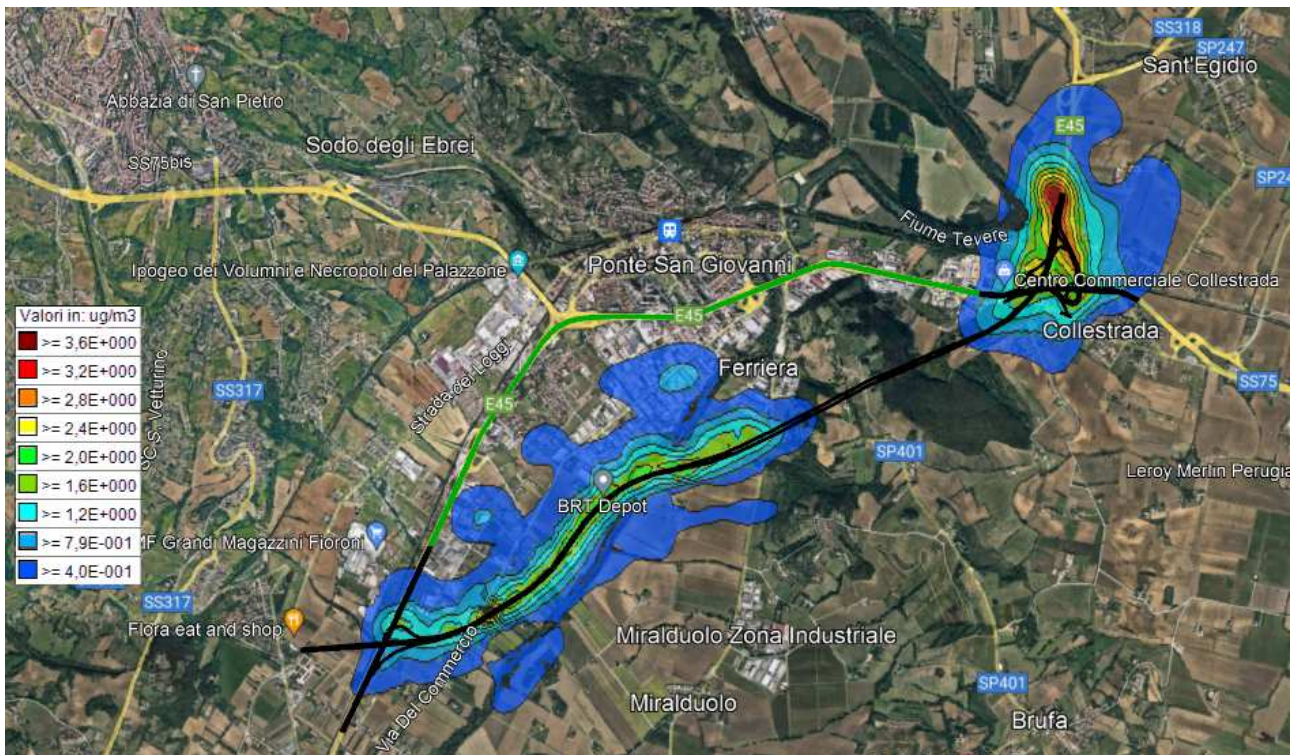


Figura 33 – Analisi impatti atmosferici PM10, 90,4 percentile (scala colori da 0,4 a 3,6 µg/m³).

PROGETTAZIONE ATI:

Nella Figura 33 viene raffigurato l’impatto al 90,4 percentile del Nodino di Perugia sulle emissioni di PM10 nell’ora di punta feriale mattutina. Come si può notare i valori di PM10, dovuti all’esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati e sempre inferiori a 4 µg/m³.

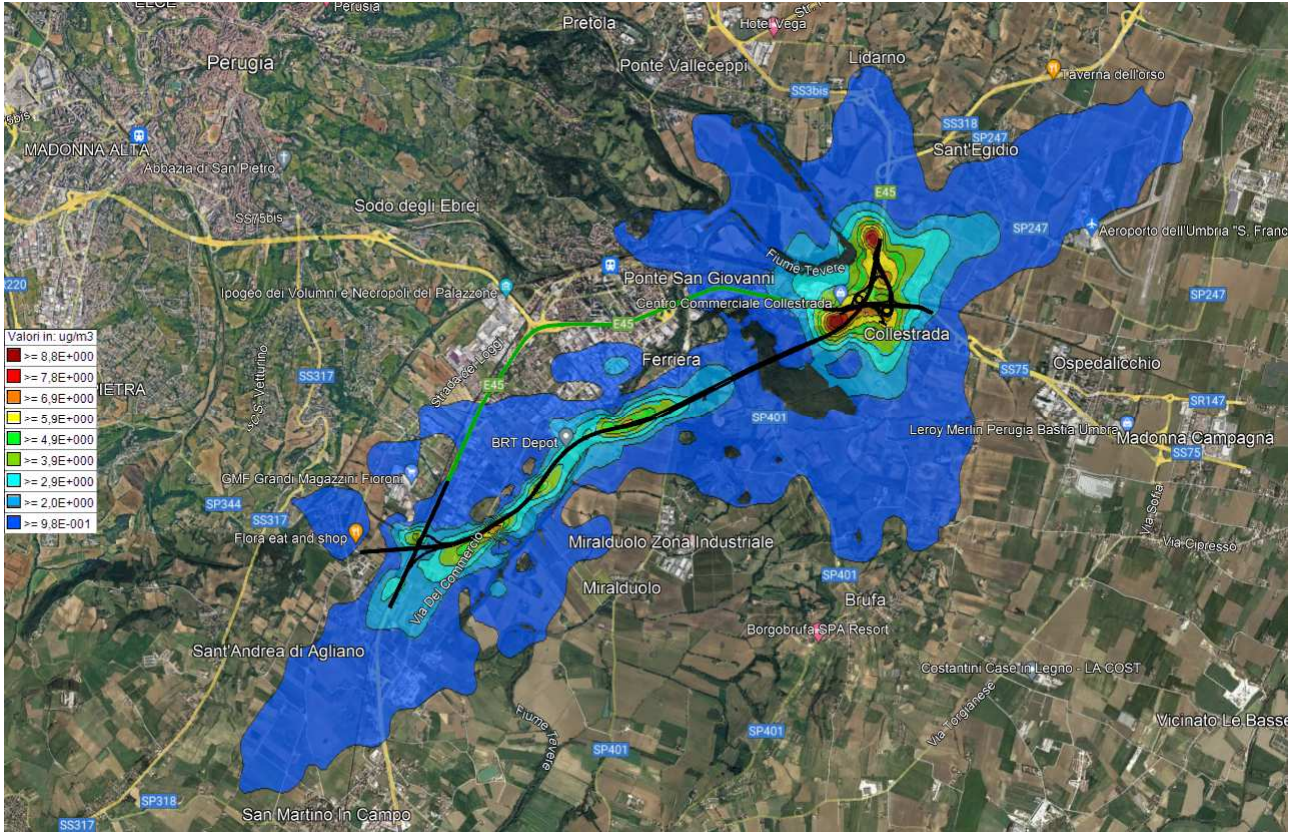


Figura 34 – Analisi impatti atmosferici PM10, massimo ora di punta mattutina (scala colori da 0,9 a 8,8 µg/m³).

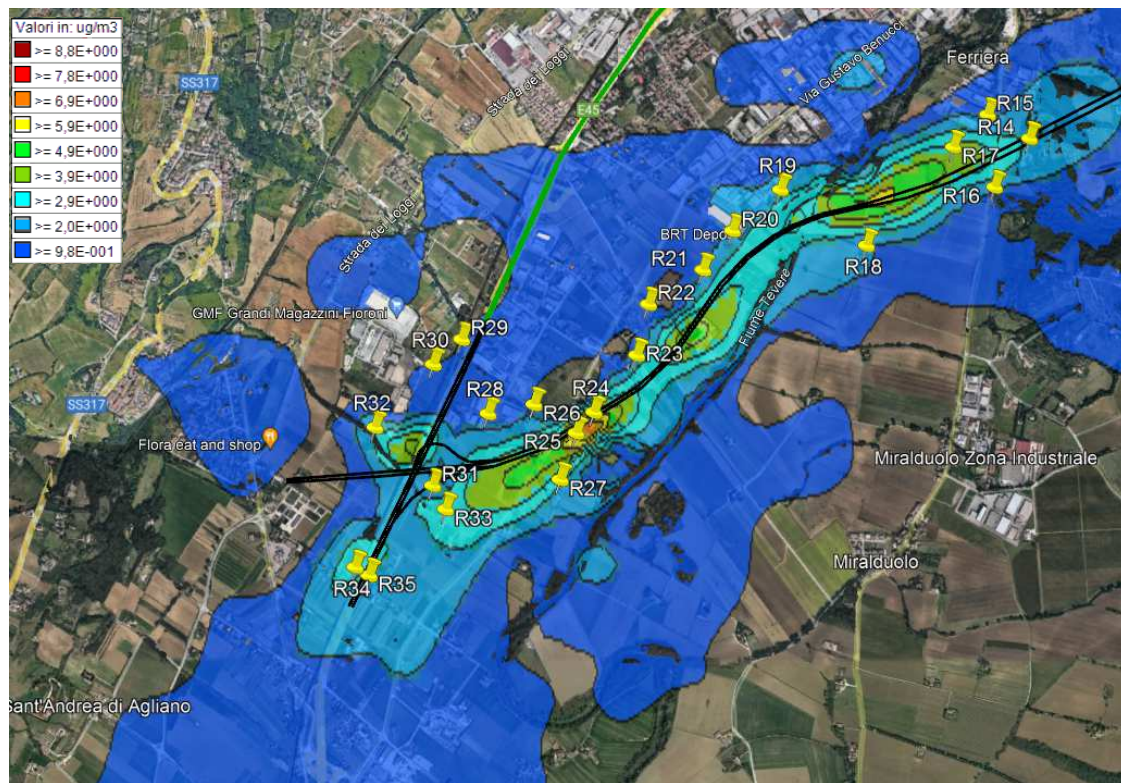
Nella Figura 34 viene mostrato l’impatto massimo del Nodino di Perugia sulle emissioni di PM10 nell’ora di punta feriale mattutina. I valori si riferiscono solo all’aumento in µg/m³ sullo stato attuale della zona d’intervento. Come si può notare i valori massimi di PM10, dovuti all’esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati e sempre inferiori a 10 µg/m³; il valore massimo nell’intero dominio di calcolo risulta essere di 9,79 µg/m³, a sud-ovest dello svincolo di Collestrada.

Nella tabella seguente vengono mostrati i valori medi e massimi registrati ai ricettori.

Ricettori	Media ora di punta mattutina (µg/m ³)	90,4 percentile (µg/m ³)	Massimo ora di punta mattutina (µg/m ³)
R1	0,67	1,85	6,33
R2	0,39	1,24	3,87
R3	0,44	1,16	3,89
R4	0,17	0,56	2,55
R5	0,06	0,26	1,71
R6	0,04	0,10	1,69
R7	0,06	0,21	1,73
R8	0,19	0,62	3,07
R9	0,36	1,08	4,59
R10	0,18	0,58	5,68
R11	0,13	0,39	4,48

Ricettori	Media ora di punta mattutina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90,4 percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massimo ora di punta mattutina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R12	0,36	1,33	6,45
R13	0,27	0,96	5,49
R14	0,16	0,74	2,84
R15	0,34	0,93	2,76
R16	0,11	0,41	1,34
R17	0,75	1,65	4,56
R18	0,16	0,45	2,18
R19	0,46	1,22	3,02
R20	0,50	1,34	2,25
R21	0,56	1,36	2,22
R22	0,29	0,66	1,45
R23	0,67	1,43	2,51
R24	0,86	2,36	8,29
R25	0,41	1,17	5,68
R26	0,43	0,94	2,02
R27	0,14	0,46	2,60
R28	0,39	0,85	1,78
R29	0,12	0,37	1,02
R30	0,14	0,45	1,12
R31	0,31	0,83	3,06
R32	0,08	0,32	2,93
R33	0,14	0,44	3,19
R34	0,12	0,31	3,02
R35	0,16	0,36	2,30

Tabella 7 – Valori di PM10 ai ricettori.



PROGETTAZIONE ATI:

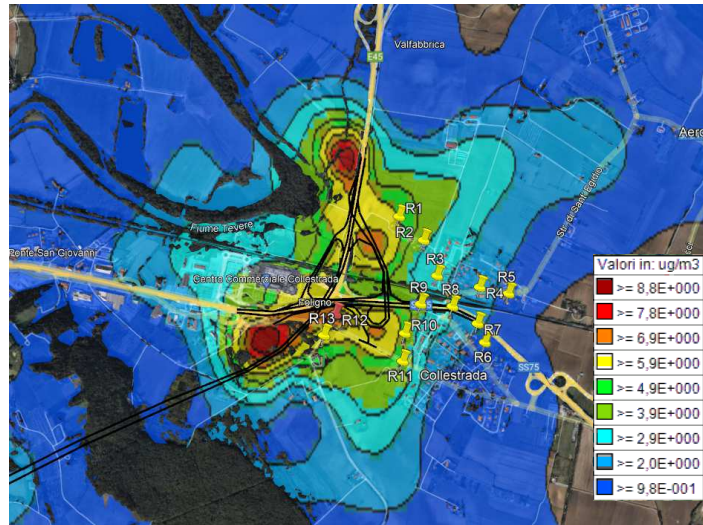


Figura 35 – Focus in Google Earth con ricettori.

La simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodino di Perugia sia R24, con una media aggiuntiva nell'ora di punta mattutina di $0,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$, un valore al 90,4 percentile di $2,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed un massimo di $8,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il ricettore sensibile R12 non presenta valori di innalzamento elevati ($0,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di media, $1,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di 90,4 percentile e $6,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di massimo), così come tutti gli altri ricettori considerati nella simulazione.

Si può quindi concludere che, anche nell'ora di punta feriale mattutina, l'intervento del Nodino di Perugia non apporta peggioramenti significativi in termini di emissioni di PM10.

6.2.1.3. Orario di punta feriale pomeridiano

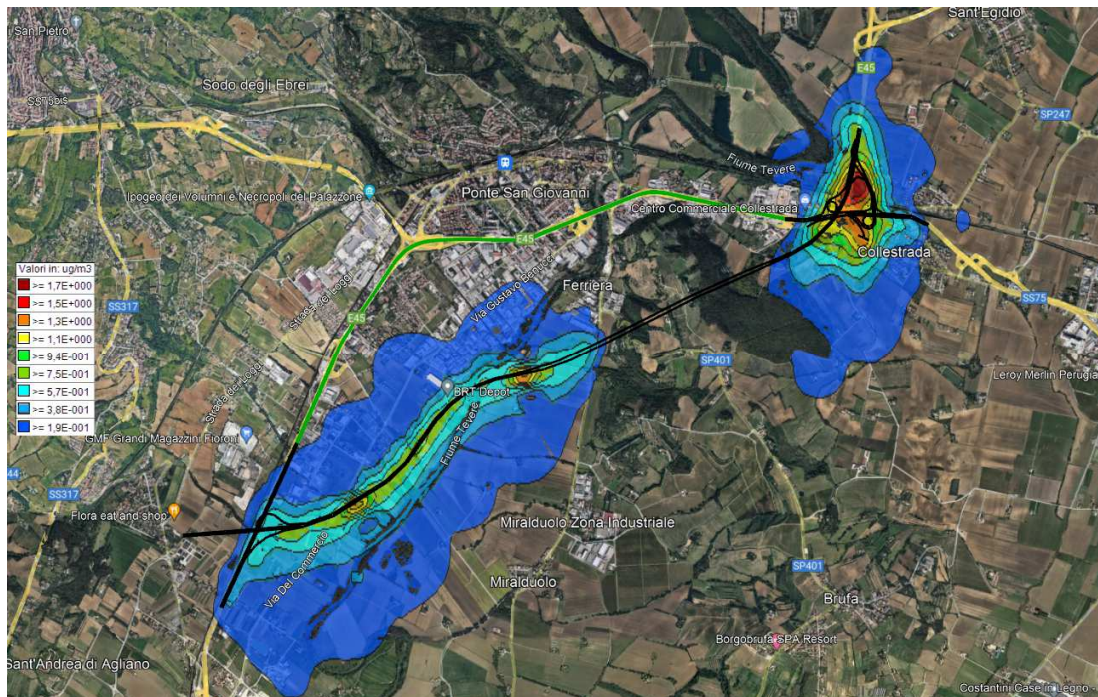


Figura 36 – Analisi impatti atmosferici PM10, media ora di punta pomeridiana (scala colori da $0,19$ a $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nella Figura 36 viene mostrato l'impatto del Nodino di Perugia sulle PM10 nell'ora di punta feriale pomeridiana. I valori si riferiscono solo all'aumento in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sullo stato attuale della zona

PROGETTAZIONE ATI:

d'intervento. Come si può notare i valori medi di PM10, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano irrilevanti ed inferiori ad $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

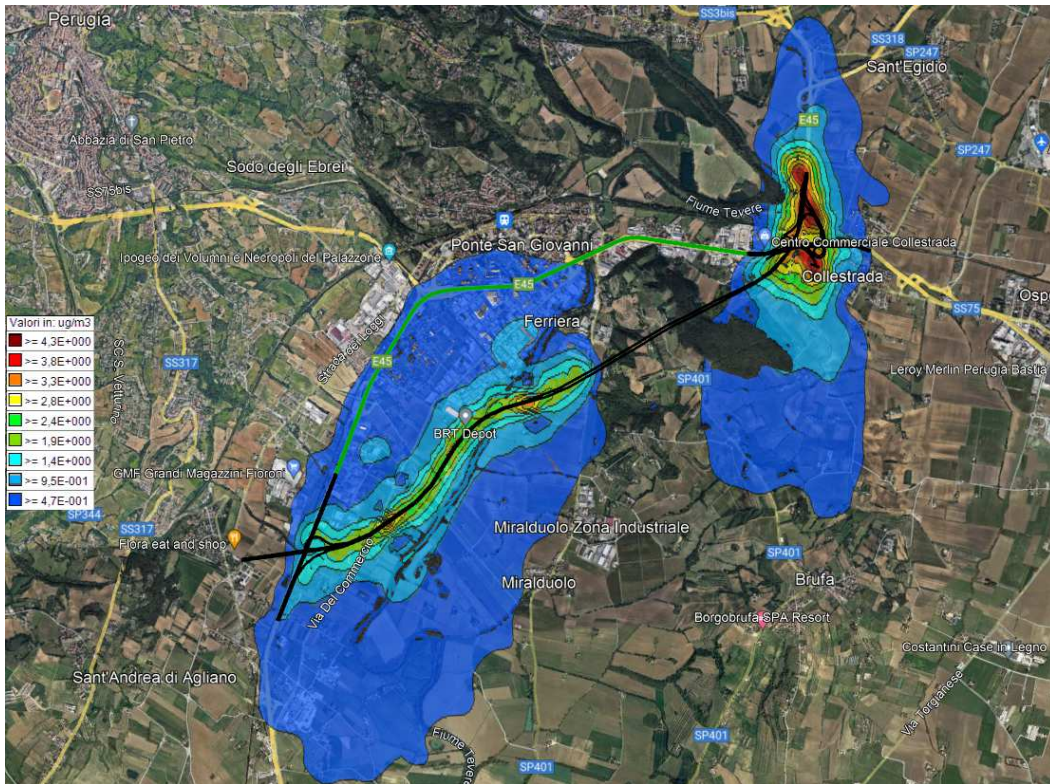


Figura 37 – Analisi impatti atmosferici PM10, 90,4 percentile (scala colori da 0,47 a 4,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nella Figura 37 viene mostrato l'impatto al 90,4 percentile del Nodino di Perugia sulle emissioni di PM10 nell'ora di punta feriale pomeridiana. Come si può notare i valori massimi di PM10, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati e sempre inferiori a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

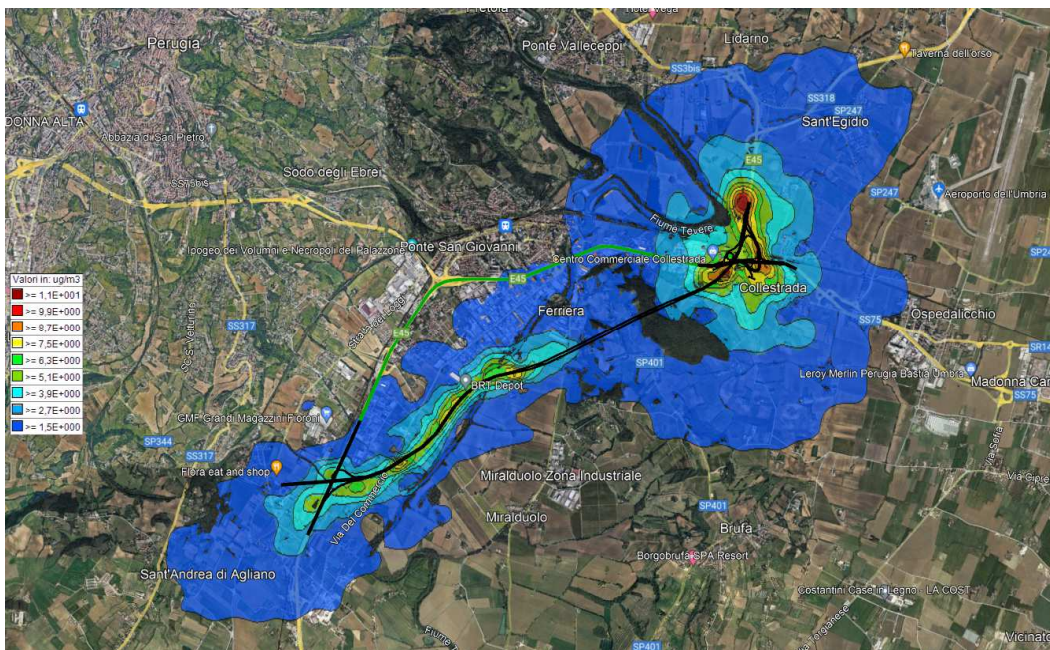


Figura 38 – Analisi impatti PM10, massimo ora di punta pomeridiana (scala colori da 1,5 a 11,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

PROGETTAZIONE ATI:

Nella Figura 38 viene mostrato l'impatto massimo del Nodino di Perugia sulle emissioni di PM10 nell'ora di punta feriale pomeridiana. I valori si riferiscono solo all'aumento in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sullo stato attuale della zona d'intervento. Come si può notare i valori massimi di PM10, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati e sempre inferiori a $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$; il valore massimo nell'intero dominio di calcolo risulta essere di $12,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a nord dello svincolo di Collestrada.

Nella tabella seguente vengono mostrati i valori medi e massimi registrati ai ricettori.

Ricettori	Media ora di punta pomeridiana ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90,4 percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massimo ora di punta pomeridiana ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R1	0,61	1,98	6,05
R2	0,36	1,16	4,34
R3	0,40	1,23	3,47
R4	0,16	0,58	3,20
R5	0,07	0,15	3,36
R6	0,12	0,31	3,62
R7	0,23	0,68	4,01
R8	0,56	1,38	5,46
R9	0,83	2,05	9,53
R10	0,64	2,27	8,36
R11	0,52	1,91	6,23
R12	1,17	3,23	6,74
R13	0,93	2,88	6,12
R14	0,07	0,26	2,64
R15	0,30	1,20	3,24
R16	0,25	0,89	2,40
R17	0,56	2,06	4,16
R18	0,41	1,10	2,30
R19	0,43	1,58	4,53
R20	0,50	1,90	4,10
R21	0,57	1,97	6,45
R22	0,34	1,20	4,11
R23	0,64	1,95	5,09
R24	1,48	3,57	9,00
R25	0,91	2,29	5,61
R26	0,41	1,39	3,00
R27	0,49	1,32	3,29
R28	0,36	1,24	2,51
R29	0,17	0,78	1,54
R30	0,18	0,82	1,59
R31	0,70	1,71	5,45
R32	0,11	0,34	3,16
R33	0,44	1,18	4,19
R34	0,30	0,76	3,95
R35	0,45	1,09	2,79

Tabella 8 – Valori di PM10 ai ricettori.

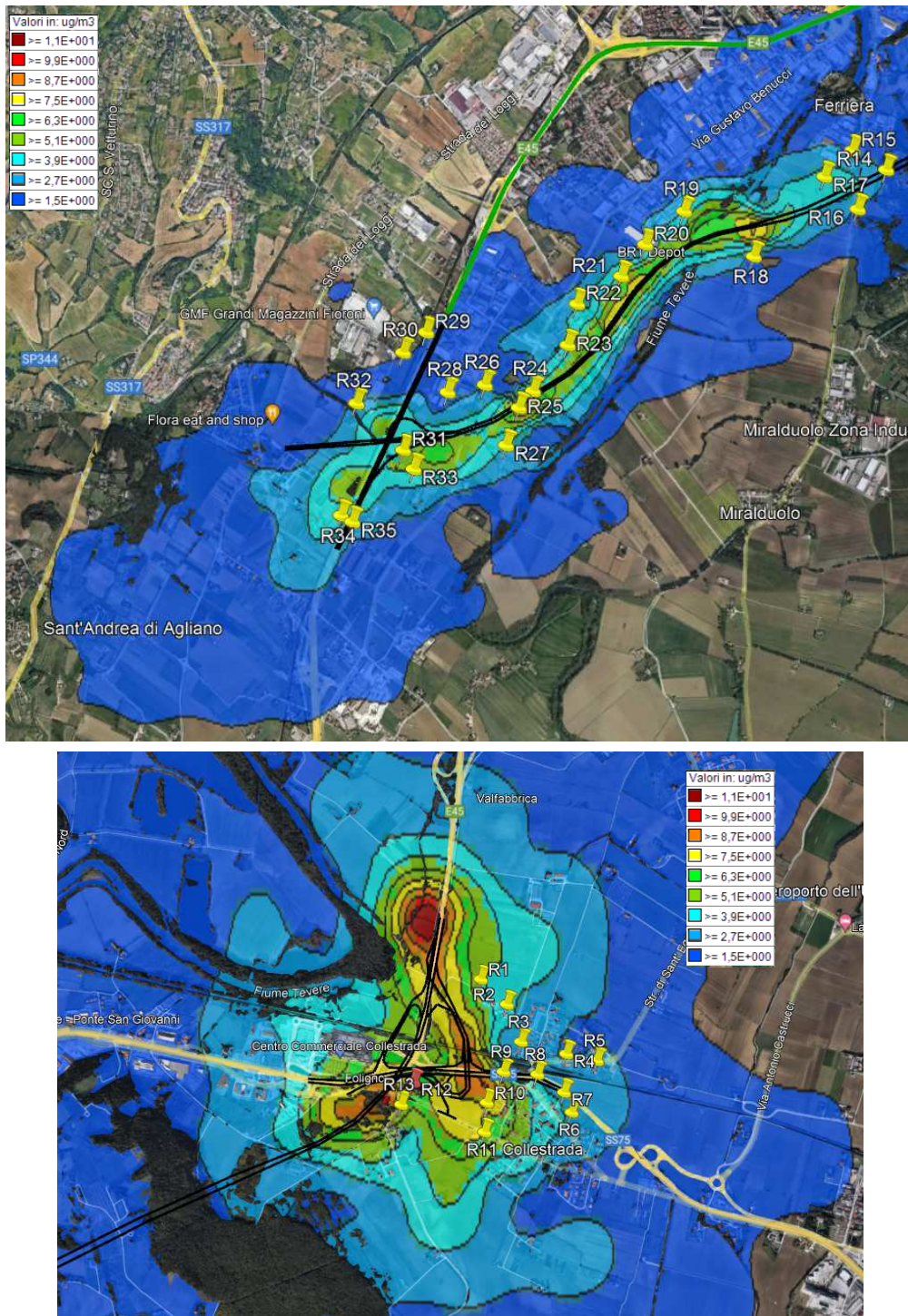


Figura 39 – Focus in Google Earth con ricettori.

La simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodino di Perugia sia R24, con una media aggiuntiva nell’ora di punta pomeridiana di 1,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, un valore al 90,4 percentile di 3,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ed un massimo di 9,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il ricettore sensibile R12 non presenta valori di innalzamento elevati (1,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di media, 3,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di 90,4 percentile e 6,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di massimo), così come tutti gli altri ricettori considerati nella simulazione.

Si può quindi concludere che, anche nell’ora di punta feriale pomeridiana, l’intervento del Nodino di Perugia non apporta peggioramenti significativi in termini di emissioni di PM10.

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.2. PM2.5

Per il calcolo dei PM2.5 sono stati utilizzati i dati di traffico forniti dallo studio prodotto da TPS PRO srl. Il fattore di emissione per un'auto equivalente è stato selezionato dalla banca dati ISPRA ambiente (<https://fetransp.isprambiente.it/#/ricerca>); è stato preso il valore più alto corrispondente a 0,02699 al fine di valutare il peggior scenario possibile.

6.2.2.1. Giornaliero

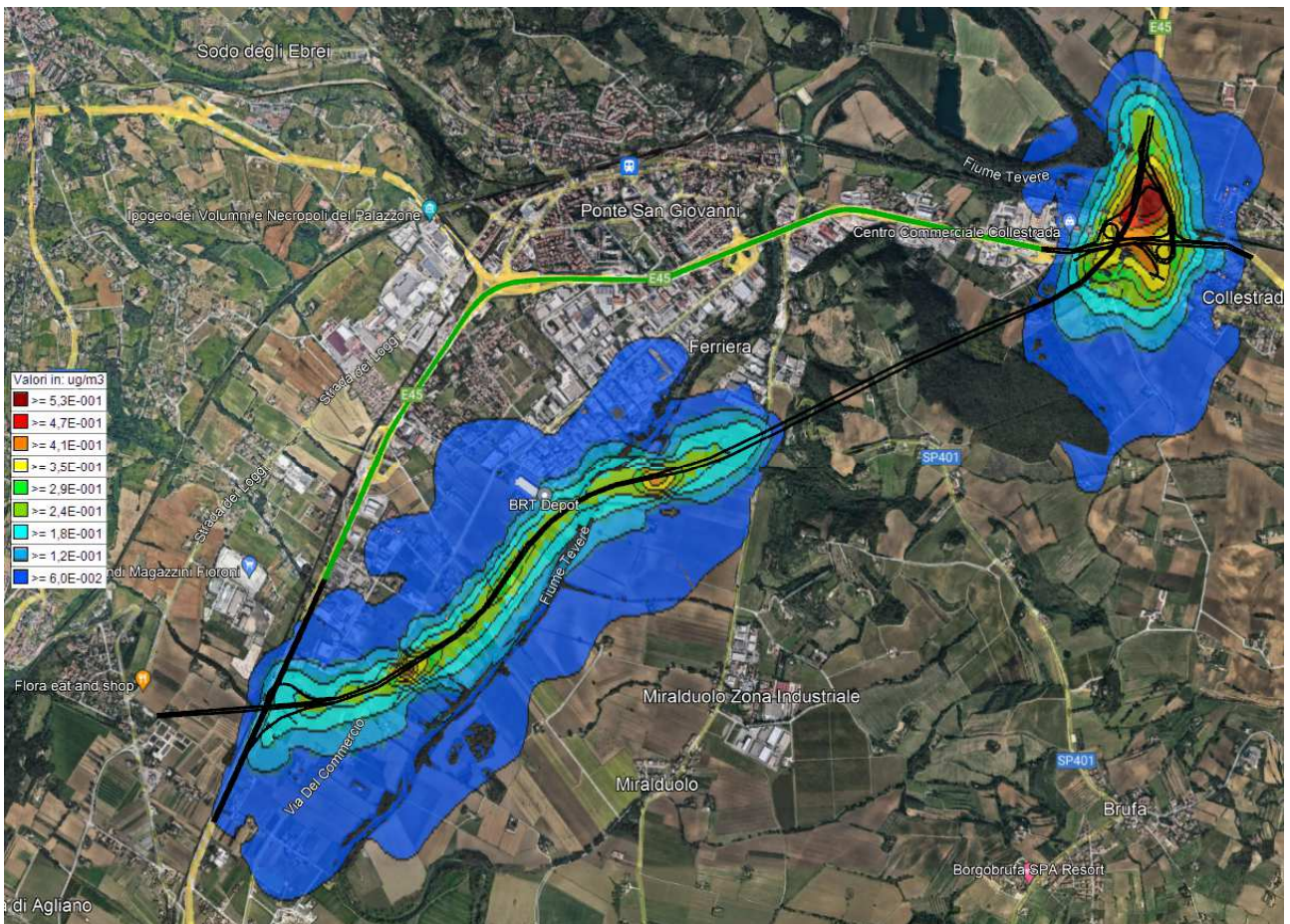


Figura 40 – Analisi impatti atmosferici PM2.5, media giornaliera (scala colori da 0,06 a 0,53 µg/m³).

Nella Figura 40 viene mostrato l'impatto del Nodino di Perugia sulla media giornaliera delle PM2.5. I valori si riferiscono solo all'aumento in µg/m³ sullo stato attuale della zona d'intervento. Come si può notare i valori medi di PM2.5, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano irrisori ed inferiori ad 0,7 µg/m³.

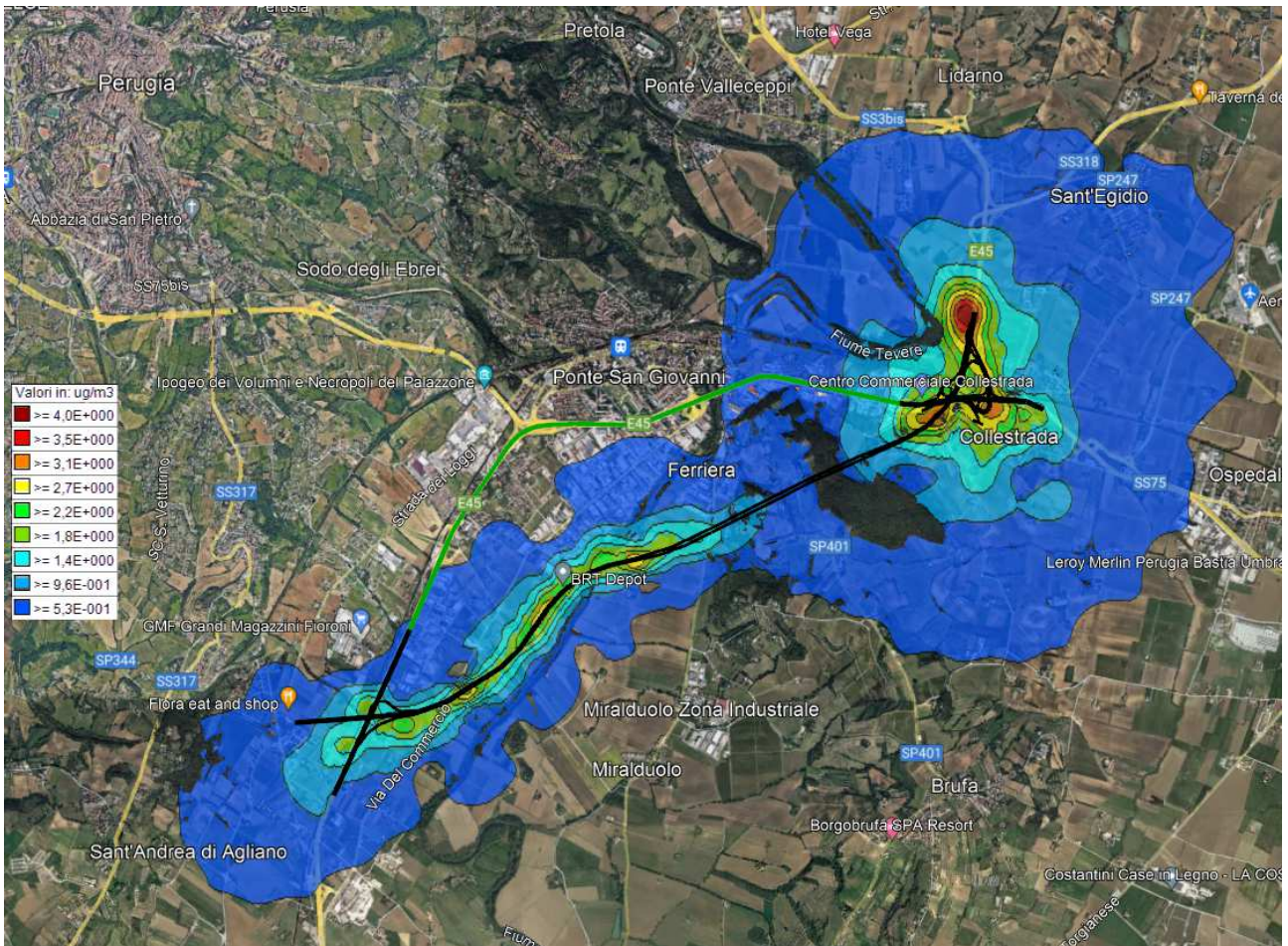


Figura 41 – Analisi impatti atmosferici PM2.5, massimo giornaliero (scala colori da 0,53 a 4,0 µg/m³).

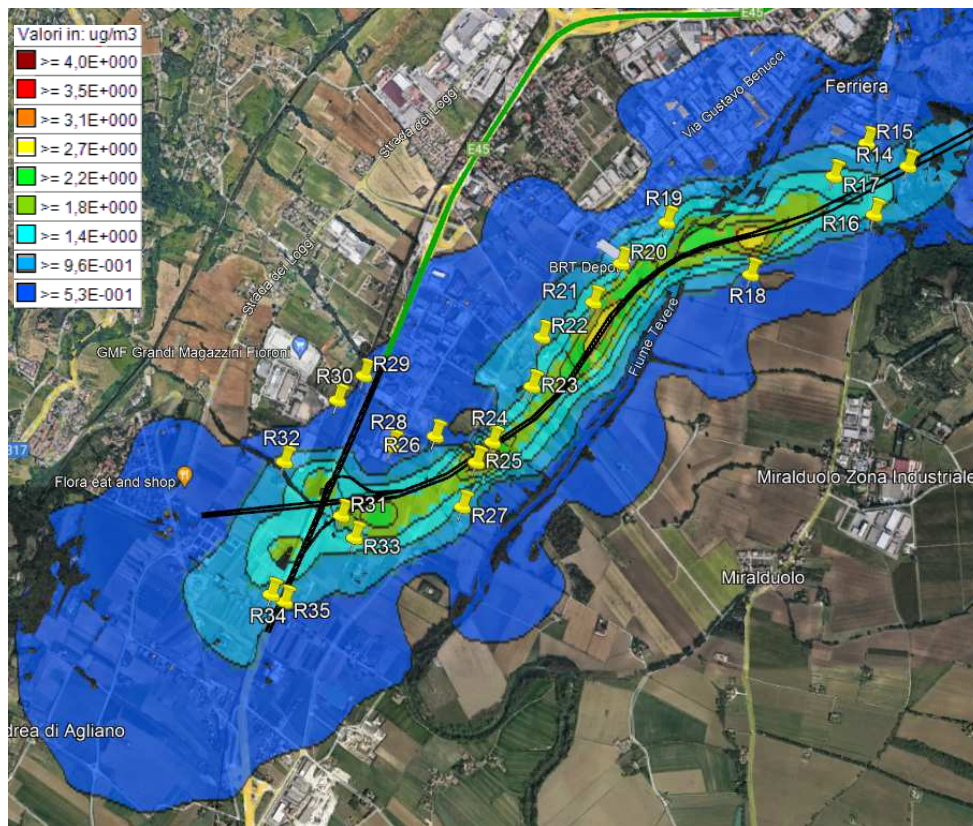
Nella Figura 41 viene mostrato l’impatto massimo giornaliero del Nodino di Perugia sulle PM2.5. I valori si riferiscono solo all’aumento in µg/m³ sullo stato attuale della zona d’intervento. Come si può notare i valori massimi di PM2.5, dovuti all’esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati e sempre inferiori a 5 µg/m³; il valore massimo nell’intero dominio di calcolo risulta essere di 4,38 µg/m³, a nord dello svincolo di Collestrada.

Nella tabella seguente vengono mostrati i valori medi e massimi registrati ai ricettori.

Ricettori	Media giornaliera (µg/m³)	Massimo giornaliero (µg/m³)
R1	0,20	2,28
R2	0,12	1,56
R3	0,13	1,67
R4	0,05	1,78
R5	0,02	1,39
R6	0,02	1,53
R7	0,04	1,88
R8	0,12	2,40
R9	0,21	3,15
R10	0,17	2,90
R11	0,14	2,16
R12	0,33	2,36
R13	0,27	2,18

Ricettori	Media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massimo giornaliero ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R14	0,04	1,31
R15	0,10	1,06
R16	0,07	0,81
R17	0,21	1,69
R18	0,12	0,80
R19	0,14	1,51
R20	0,16	1,79
R21	0,18	2,16
R22	0,10	1,37
R23	0,21	1,69
R24	0,44	3,19
R25	0,26	2,12
R26	0,14	0,99
R27	0,13	1,10
R28	0,12	0,83
R29	0,05	0,58
R30	0,05	0,57
R31	0,19	1,83
R32	0,03	1,17
R33	0,12	1,39
R34	0,06	1,12
R35	0,09	0,92

Tabella 9 – Valori di PM2.5 ai ricettori.



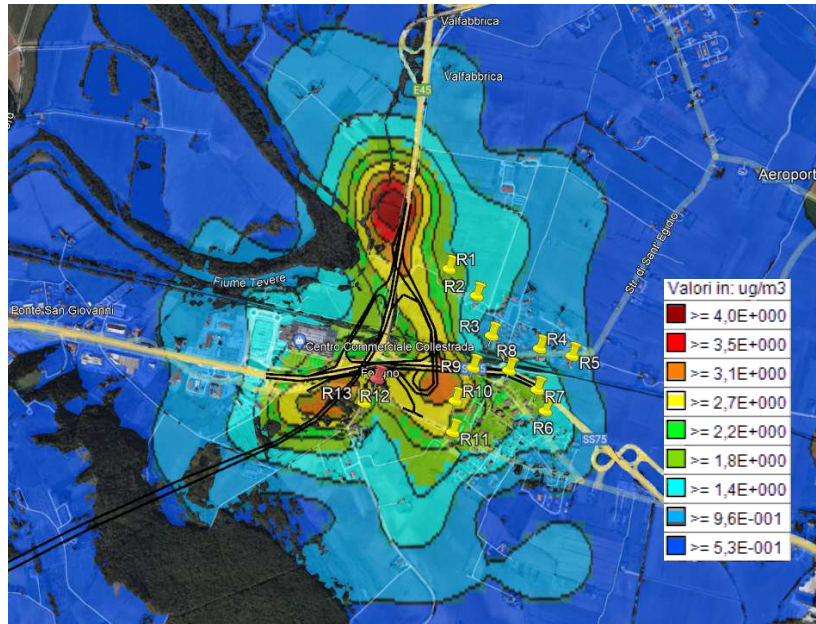


Figura 42 – Focus in Google Earth con ricettori.

La simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodino di Perugia sia R24, con una media giornaliera aggiuntiva di $0,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un massimo giornaliero di $3,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il ricettore sensibile R12 non presenta valori di innalzamento elevati ($0,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di media e $3,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di massimo), così come tutti gli altri ricettori considerati nella simulazione. Considerando i valori di fondo analizzati nel paragrafo 4.1.2. si può affermare che, a seguito dell'intervento del Nodino di Perugia, i valori di PM2.5 saranno in media sempre inferiori a $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

6.2.2.2. Orario di punta feriale mattutino

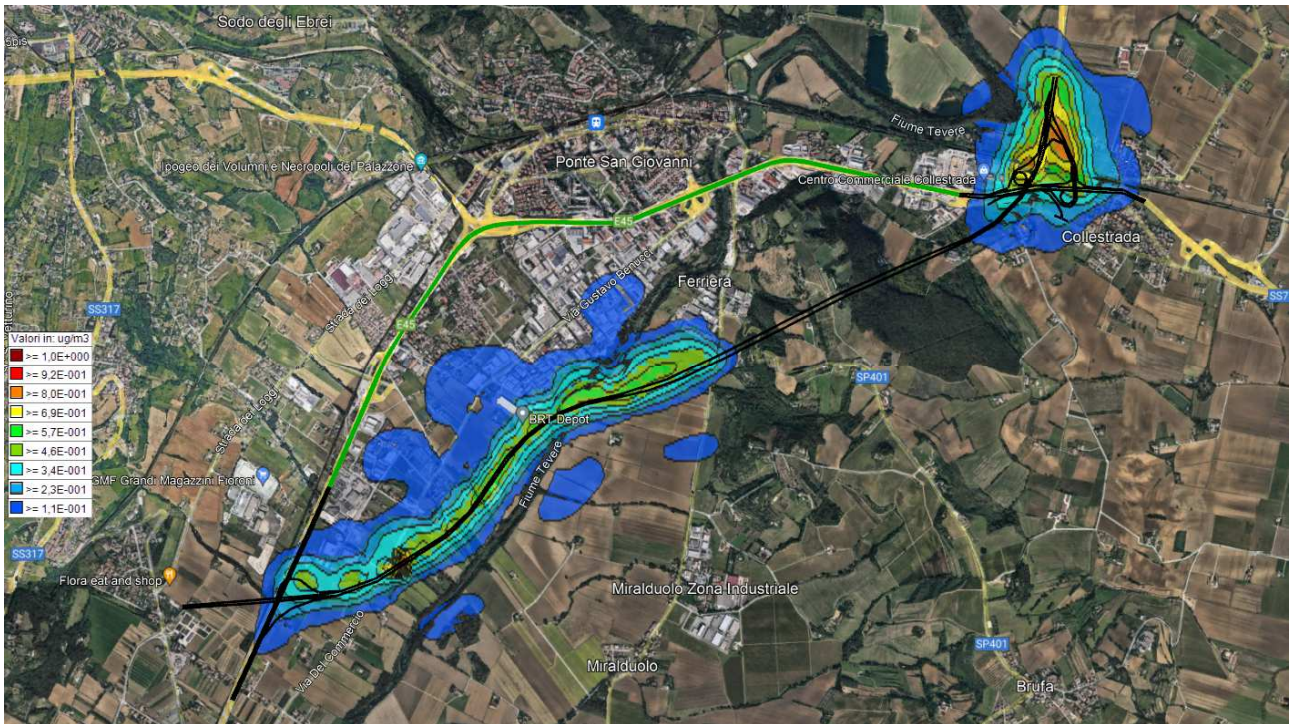


Figura 43 – Analisi impatti atmosferici PM2.5, media ora di punta mattutina (scala colori da 0,11 a $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

PROGETTAZIONE ATI:

Nella Figura 43 viene mostrato l'impatto del Nodino di Perugia sulle PM2.5 nell'ora di punta feriale mattutina. I valori si riferiscono solo all'aumento in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sullo stato attuale della zona d'intervento. Come si può notare i valori medi di PM2.5, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano irrilevanti ed inferiori ad $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

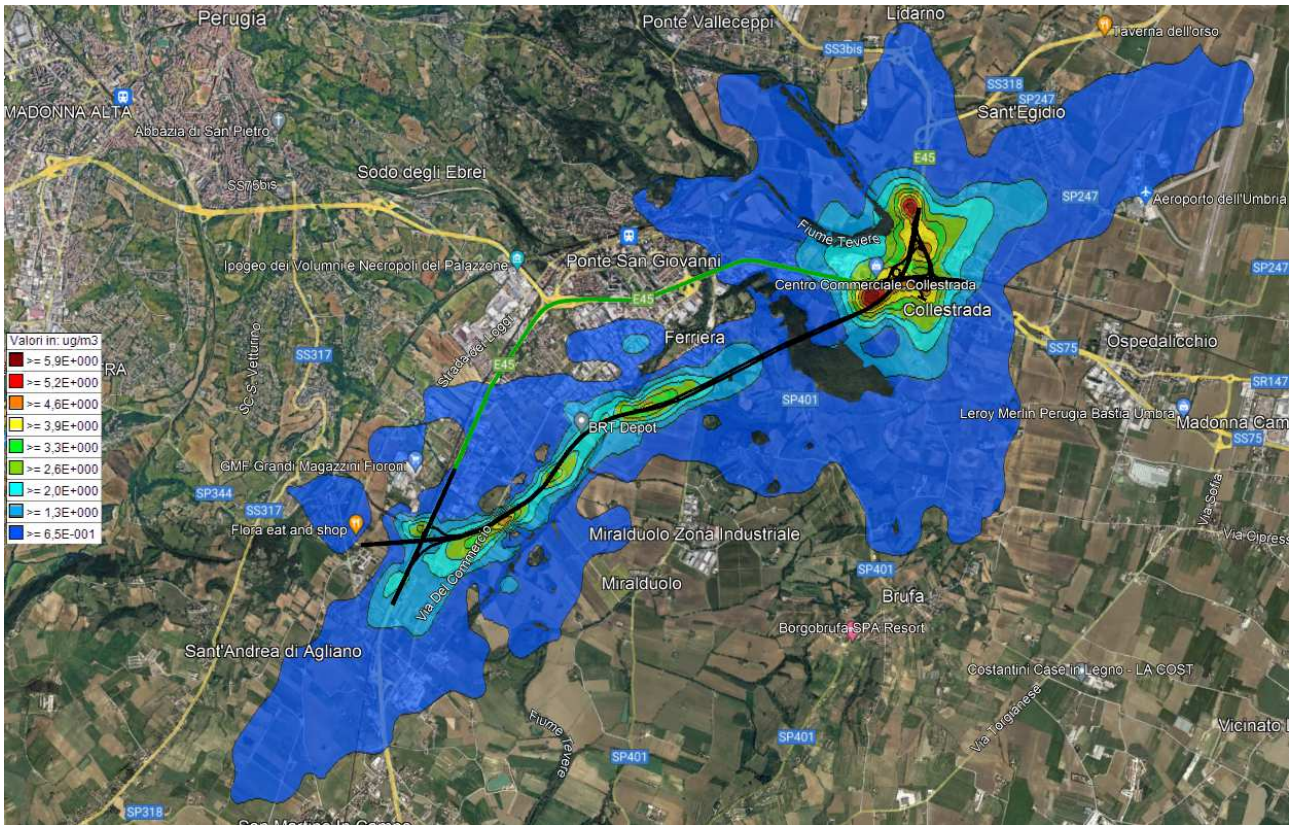


Figura 44 – Analisi impatti atmosferici PM2.5, massimo ora di punta mattutina (scala colori da 0,65 a 5,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nella Figura 44 viene mostrato l'impatto massimo del Nodino di Perugia sulle emissioni di PM2.5 nell'ora di punta feriale mattutina. I valori si riferiscono solo all'aumento in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sullo stato attuale della zona d'intervento. Come si può notare i valori massimi di PM2.5, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati e sempre inferiori a $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$; il valore massimo nell'intero dominio di calcolo risulta essere di $6,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a sud-ovest dello svincolo di Collestrada.

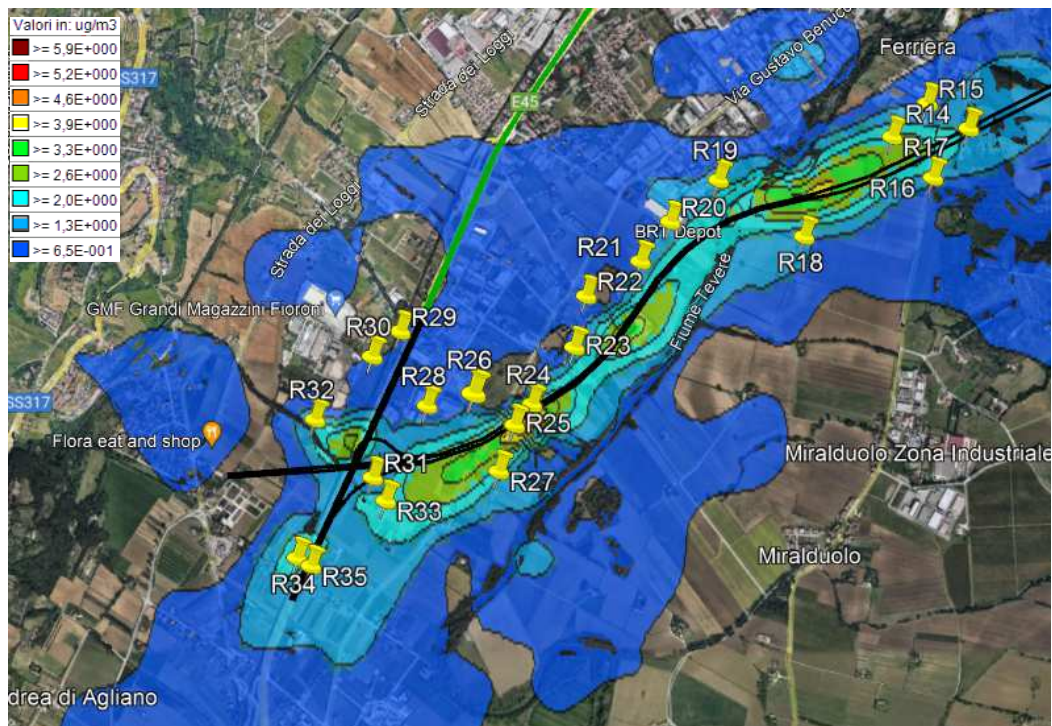
Nella tabella seguente vengono mostrati i valori medi e massimi registrati ai ricettori.

Ricettori	Media ora di punta mattutina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massimo ora di punta mattutina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R1	0,45	4,22
R2	0,26	2,58
R3	0,30	2,59
R4	0,11	1,70
R5	0,04	1,14
R6	0,02	1,13
R7	0,04	1,15
R8	0,13	2,04
R9	0,24	3,05
R10	0,12	3,78
R11	0,08	2,98
R12	0,24	4,30

PROGETTAZIONE ATI:

Ricettori	Media ora di punta mattutina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massimo ora di punta mattutina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R13	0,18	3,66
R14	0,11	1,89
R15	0,22	1,84
R16	0,07	0,89
R17	0,50	3,04
R18	0,11	1,45
R19	0,30	2,01
R20	0,33	1,50
R21	0,37	1,48
R22	0,19	0,97
R23	0,45	1,67
R24	0,57	5,52
R25	0,27	3,78
R26	0,29	1,34
R27	0,09	1,73
R28	0,26	1,18
R29	0,08	0,68
R30	0,09	0,75
R31	0,21	2,04
R32	0,05	1,95
R33	0,09	2,13
R34	0,08	2,01
R35	0,11	1,53

Tabella 10 – Valori di PM2.5 ai ricettori.



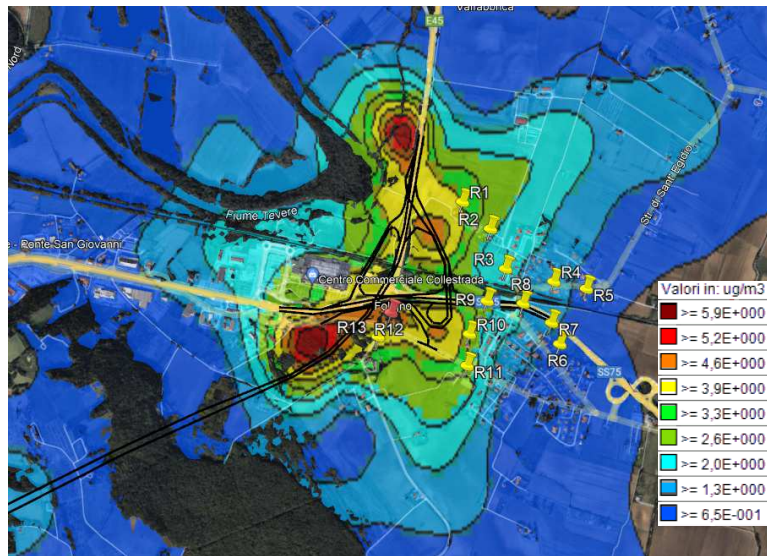


Figura 45 – Focus in Google Earth con ricettori.

La simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodino di Perugia sia R24, con una media aggiuntiva nell'ora di punta mattutina di $0,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un massimo di $5,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il ricettore sensibile R12 non presenta valori di innalzamento elevati ($0,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di media e $4,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di massimo), così come tutti gli altri ricettori considerati nella simulazione. Si può quindi concludere che, anche nell'ora di punta feriale mattutina, l'intervento del Nodino di Perugia non apporta peggioramenti significativi in termini di emissioni di PM2.5.

6.2.2.3. Orario di punta feriale pomeridiano

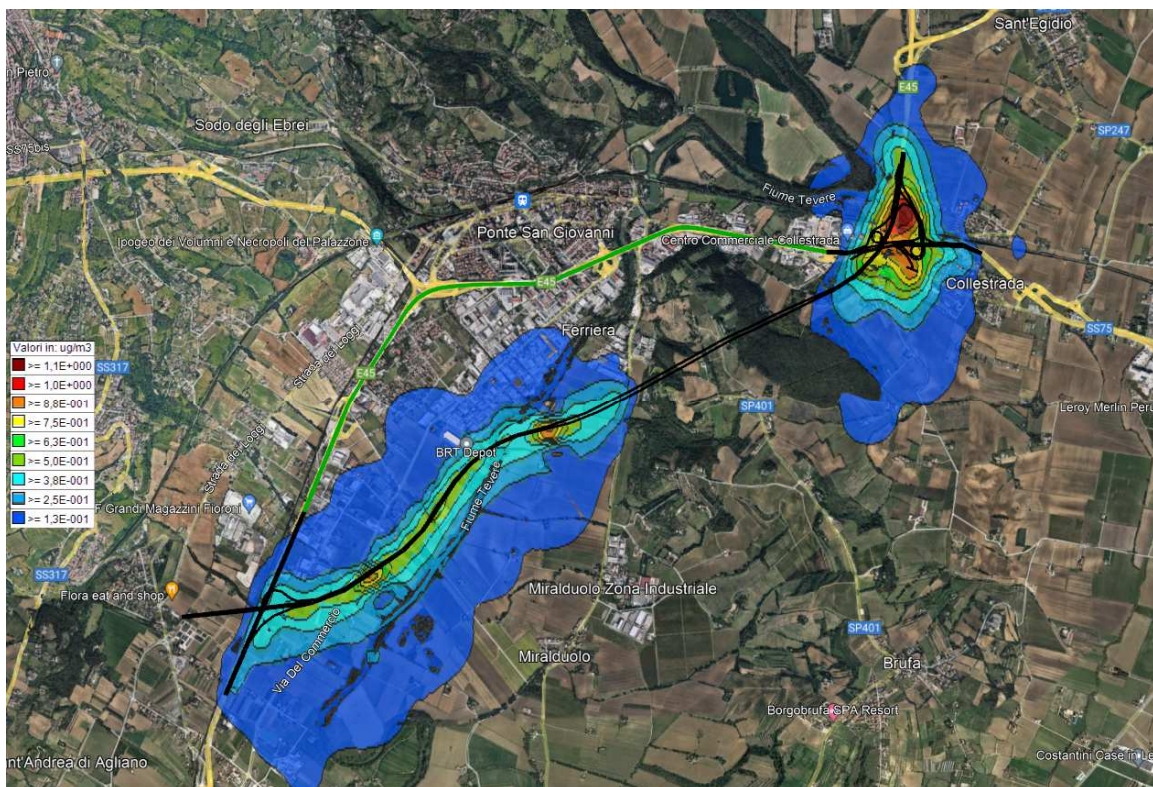


Figura 46 – Analisi impatti atmosferici PM2.5, media ora di punta pomeridiana (scala colori da $0,13$ a $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

PROGETTAZIONE ATI:

Nella Figura 46 viene mostrato l'impatto del Nodino di Perugia sulle PM2.5 nell'ora di punta feriale pomeridiana. I valori si riferiscono solo all'aumento in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sullo stato attuale della zona d'intervento. Come si può notare i valori medi di PM2.5, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano irrilevanti ed inferiori a $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

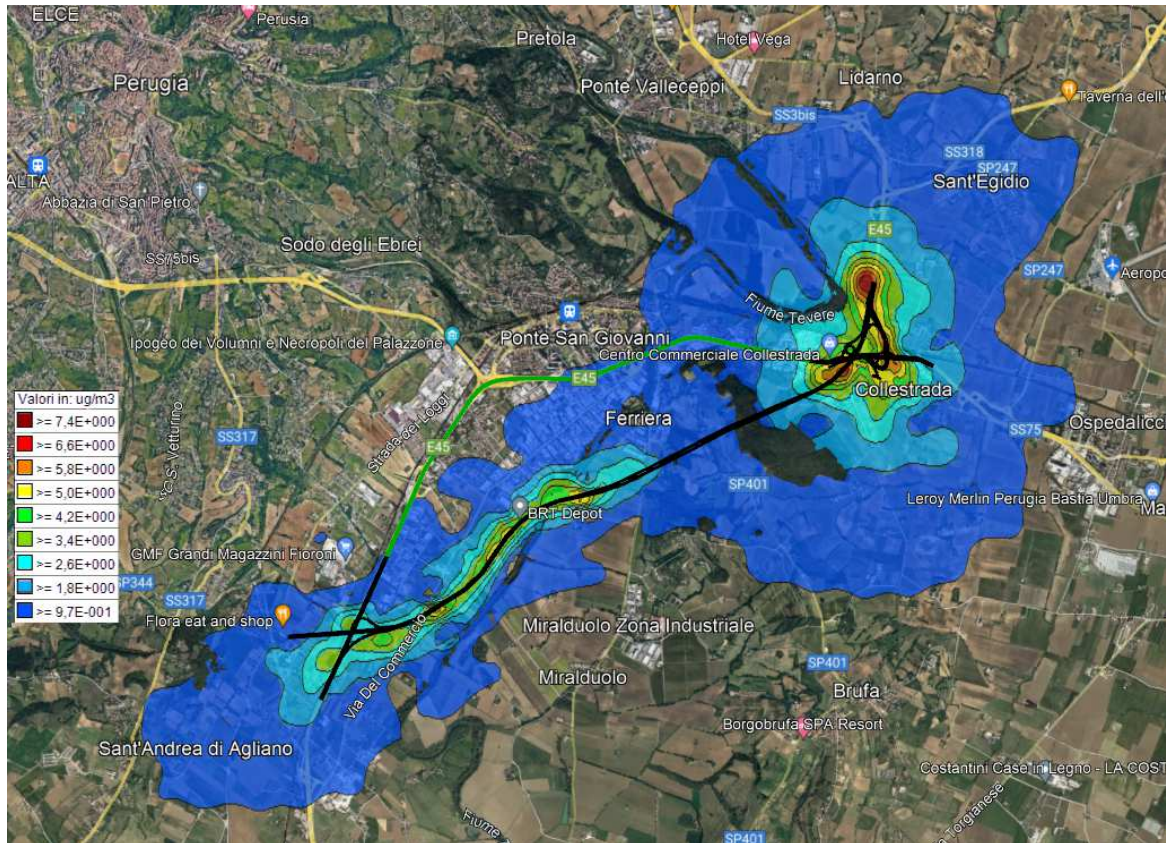


Figura 47 – Analisi impatti PM2.5, massimo ora di punta pomeridiana (scala colori da $0,97$ a $7,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nella Figura 47 viene mostrato l'impatto massimo del Nodino di Perugia sulle emissioni di PM2.5 nell'ora di punta feriale pomeridiana. I valori si riferiscono solo all'aumento in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sullo stato attuale della zona d'intervento. Come si può notare i valori massimi di PM2.5, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati e sempre inferiori a $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$; il valore massimo nell'intero dominio di calcolo risulta essere di $8,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a nord dello svincolo di Collestrada.

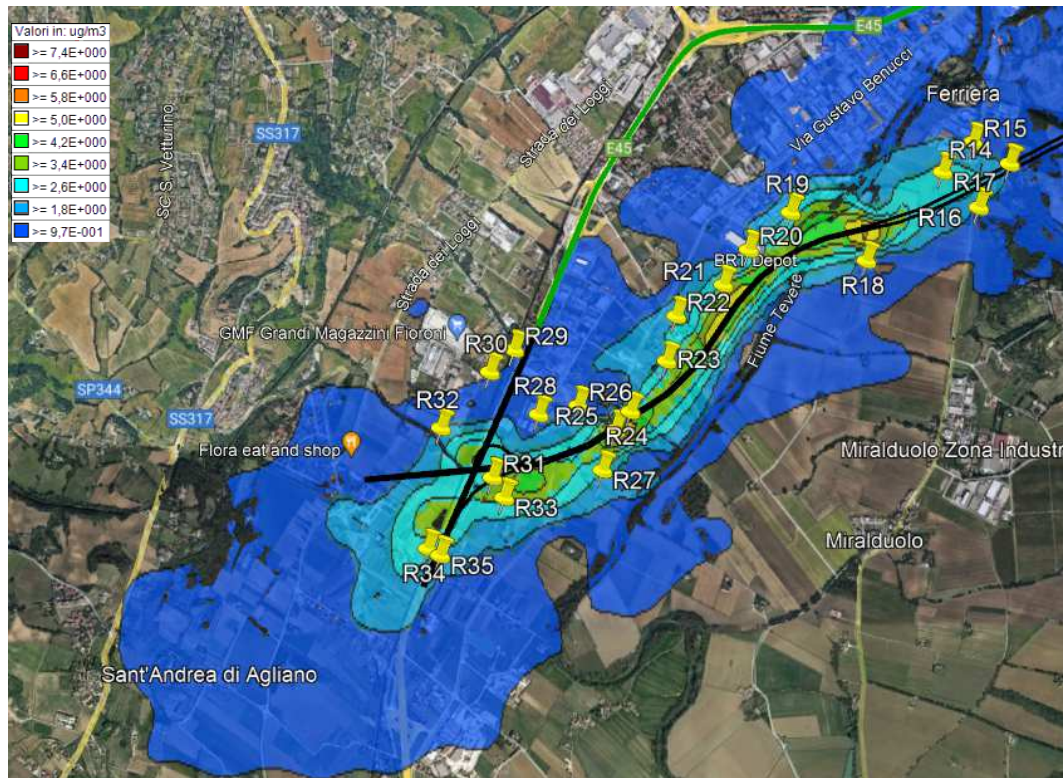
Nella tabella seguente vengono mostrati i valori medi e massimi registrati ai ricettori.

Ricettori	Media ora di punta pomeridiana ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massimo ora di punta pomeridiana ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R1	0,40	4,03
R2	0,24	2,89
R3	0,27	2,31
R4	0,11	2,13
R5	0,05	2,24
R6	0,08	2,41
R7	0,16	2,67
R8	0,37	3,64
R9	0,56	6,35
R10	0,43	5,56
R11	0,35	4,15

PROGETTAZIONE ATI:

Ricettori	Media ora di punta pomeridiana ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massimo ora di punta pomeridiana ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R12	0,78	4,49
R13	0,62	4,08
R14	0,05	1,76
R15	0,20	2,16
R16	0,17	1,60
R17	0,37	2,77
R18	0,27	1,53
R19	0,29	3,02
R20	0,33	2,73
R21	0,38	4,29
R22	0,23	2,74
R23	0,43	3,39
R24	0,99	6,00
R25	0,61	3,74
R26	0,27	2,00
R27	0,33	2,19
R28	0,24	1,67
R29	0,12	1,03
R30	0,12	1,06
R31	0,47	3,63
R32	0,07	2,10
R33	0,29	2,79
R34	0,20	2,63
R35	0,30	1,86

Tabella 11 – Valori di PM2.5 ai ricettori.



PROGETTAZIONE ATI:

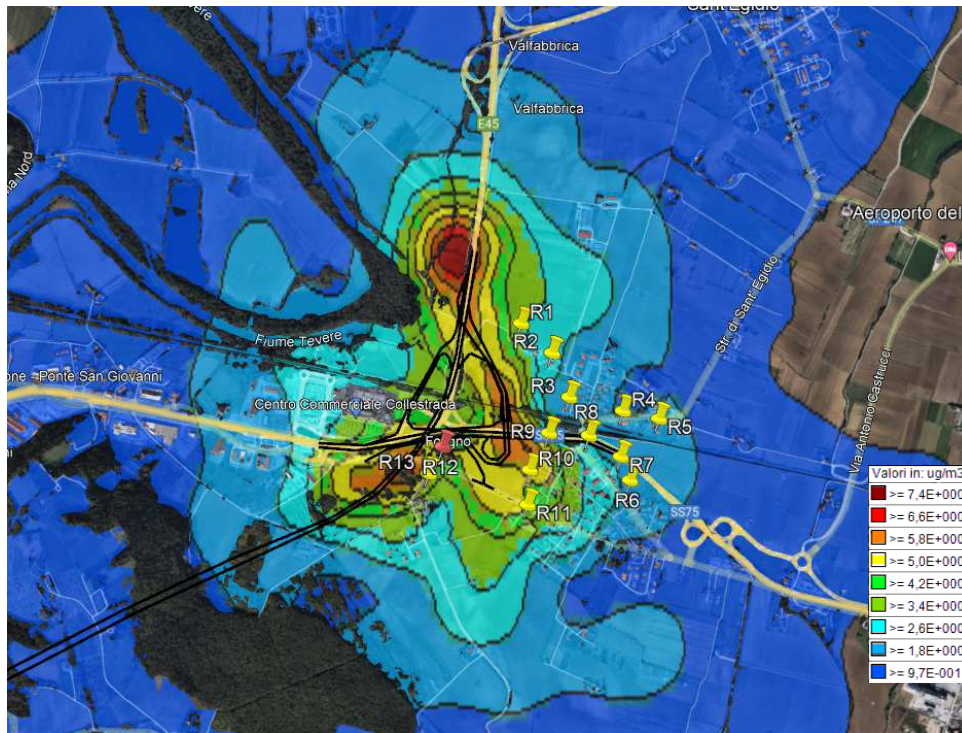


Figura 48 – Focus in Google Earth con ricettori.

La simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodino di Perugia sia R24, con una media aggiuntiva nell'ora di punta pomeridiana di $0,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un massimo di $6,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e R9, con una media aggiuntiva nell'ora di punta pomeridiana di $0,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un massimo di $6,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il ricettore sensibile R12 non presenta valori di innalzamento elevati ($0,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di media e $4,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di massimo), così come tutti gli altri ricettori considerati nella simulazione.

Si può quindi concludere che, anche nell'ora di punta feriale pomeridiana, l'intervento del Nodino di Perugia non apporta peggioramenti significativi in termini di emissioni di PM2.5.

6.2.3. NO₂

Per il calcolo dei NO₂ sono stati utilizzati i dati di traffico forniti dallo studio prodotto da TPS PRO srl. Il fattore di emissione, utilizzato per il software Caline, per un'auto equivalente è stato selezionato dalla banca dati ISPRA ambiente (<https://fetran.sp.isprambiente.it/#/ricerca>); è stato preso il valore più alto corrispondente a 0,444824 (NO_x) al fine di valutare il peggior scenario possibile. Una volta simulati gli NO_x, è stata utilizzata la tecnologia ARM2, disponibile nel post-processore RUN ANALYZER, per ricavare i valori corrispondenti di NO₂.

6.2.3.1. Giornaliero

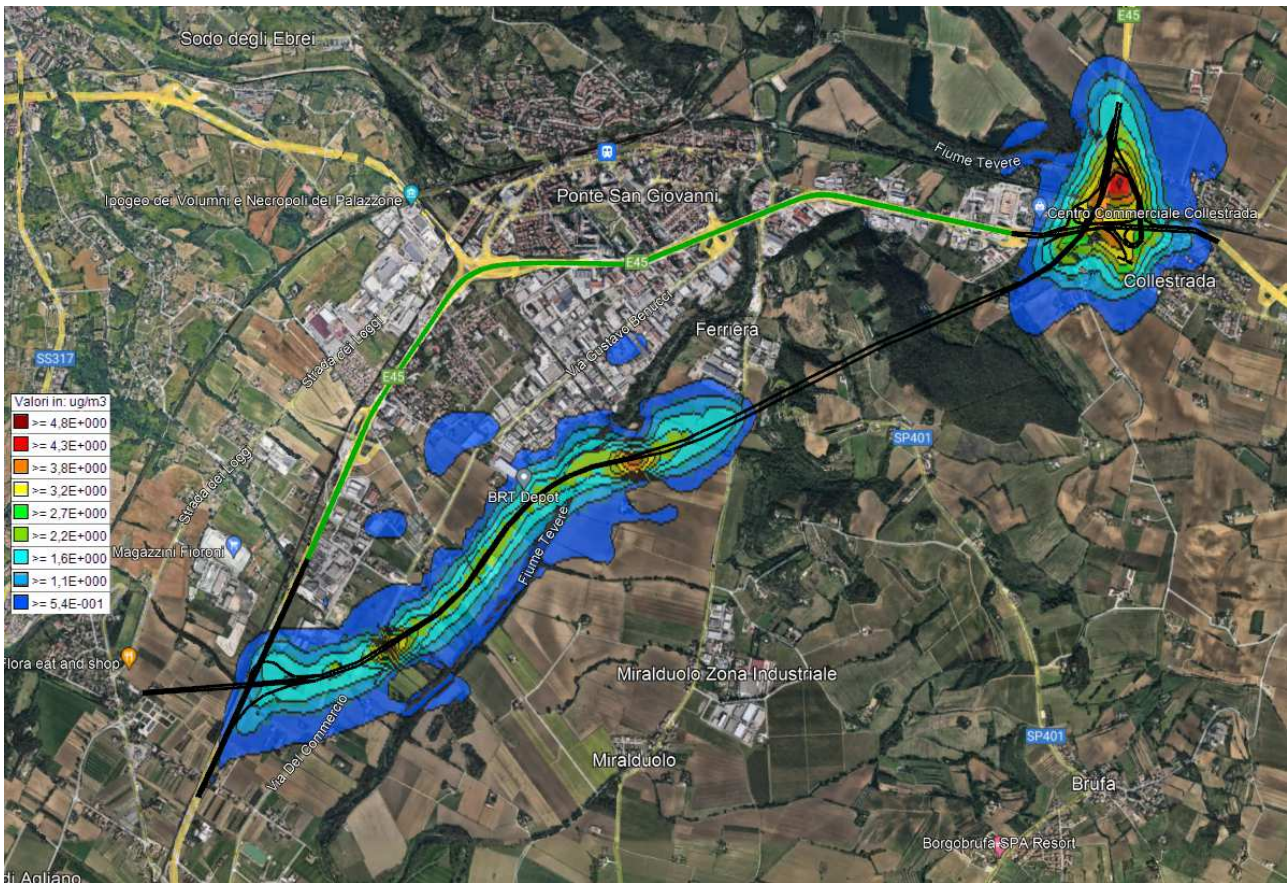


Figura 49 – Analisi impatti atmosferici NO₂, media giornaliera (scala colori da 0,54 a 4,8 µg/m³).

Nella Figura 49 viene mostrato l'impatto del Nodino di Perugia sulla media giornaliera di NO₂. I valori mostrati si riferiscono solo all'aumento in µg/m³ sullo stato attuale della zona d'intervento. Come si può notare i valori medi di NO₂, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati ed inferiori ad 5,5 µg/m³.

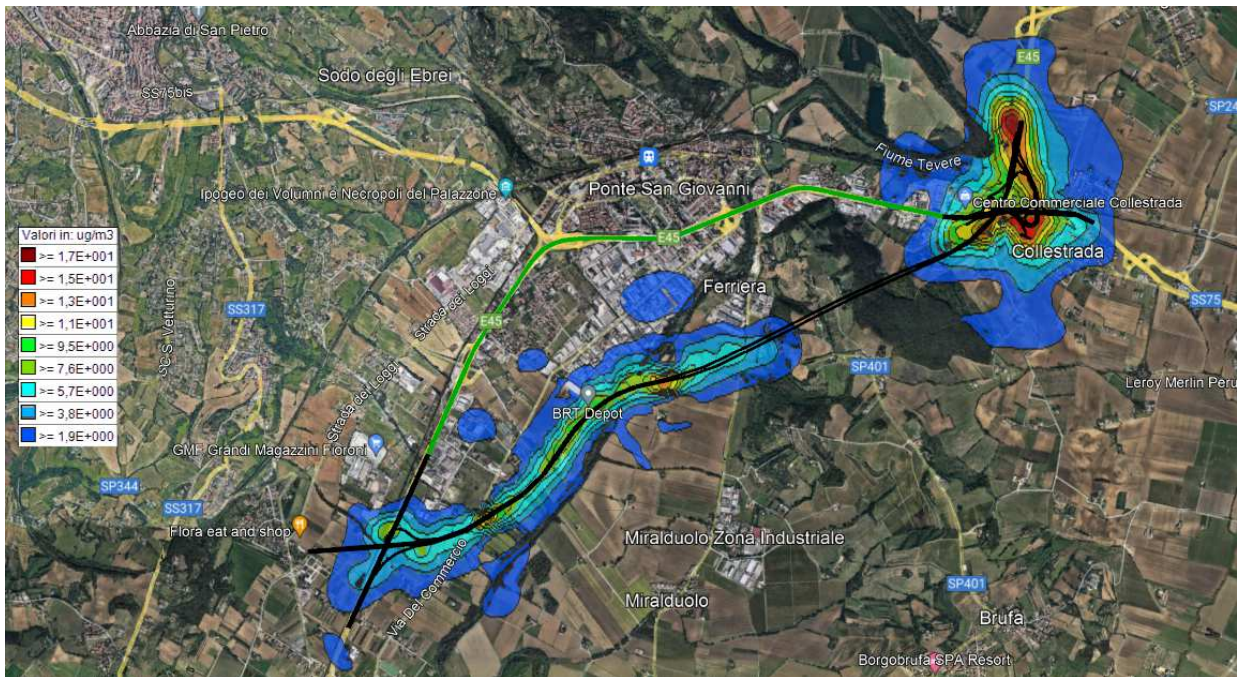


Figura 50 – Analisi impatti atmosferici NO₂, 99,8 percentile (scala colori da 1,9 a 17,0 µg/m³).

Nella Figura 50 viene mostrato l'impatto giornaliero al 99,8 percentile del Nodino di Perugia sull' NO₂. Come si può notare i valori massimi di NO₂, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati e sempre inferiori a 19 µg/m³.

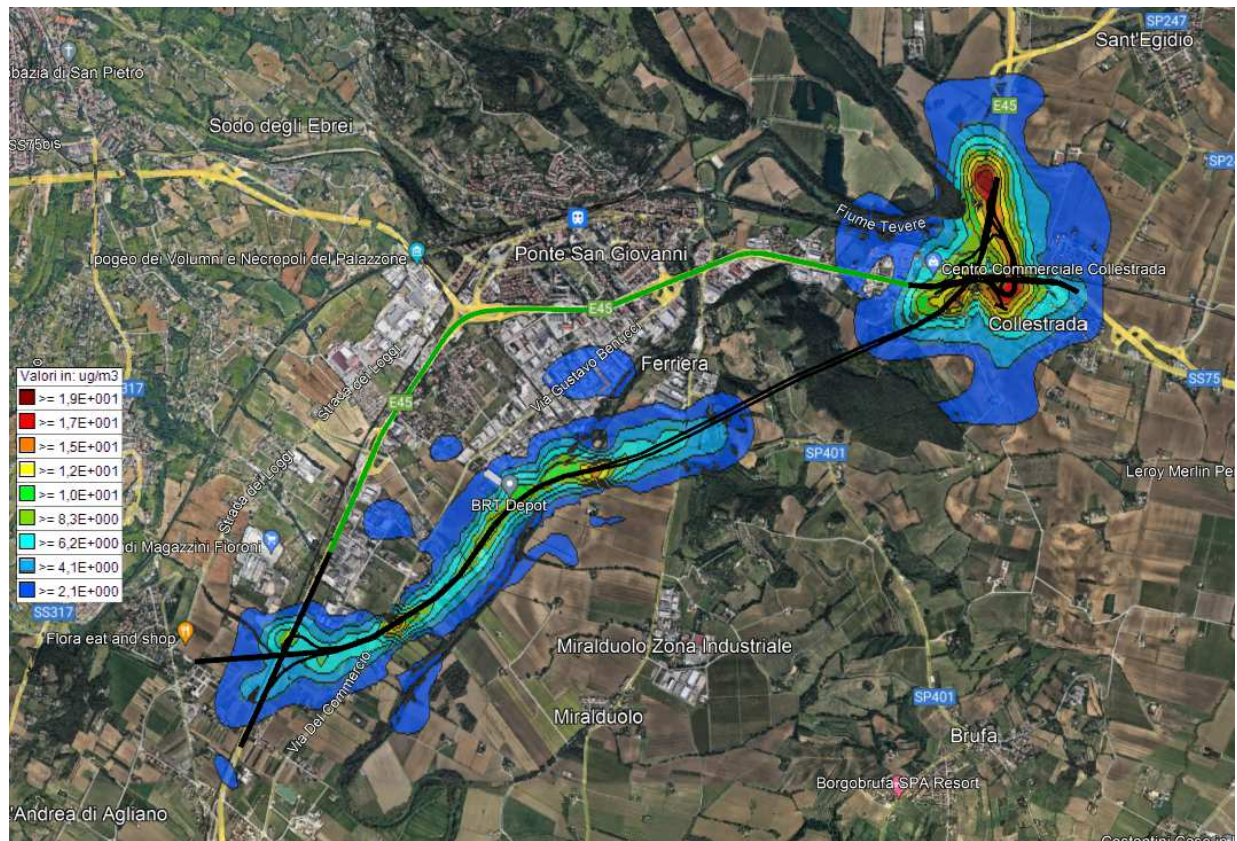


Figura 51 – Analisi impatti atmosferici NO₂, massimo giornaliero (scala colori da 2,1 a 19,0 µg/m³).

PROGETTAZIONE ATI:

Nella Figura 51 viene mostrato l'impatto massimo giornaliero del Nodino di Perugia sull' NO₂. I valori mostrati si riferiscono solo all'aumento in µg/m³ sullo stato attuale della zona d'intervento. Come si può notare i valori massimi di NO₂, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati e sempre inferiori a 21 µg/m³; il valore massimo nell'intero dominio di calcolo risulta essere di 20,7 µg/m³, a nord dello svincolo di Collestrada.

Nella tabella seguente vengono mostrati i valori medi e massimi registrati ai ricettori.

Ricettori	Media giornaliera (µg/m ³)	99,8 percentile (µg/m ³)	Massimo giornaliero (µg/m ³)
R1	1,59	7,78	8,75
R2	0,92	5,24	5,48
R3	1,07	5,48	5,74
R4	0,36	4,85	5,36
R5	0,13	2,89	3,46
R6	0,12	3,22	3,45
R7	0,31	4,46	4,60
R8	1,07	7,91	8,58
R9	1,87	11,80	12,60
R10	1,04	9,99	10,00
R11	0,71	6,43	6,50
R12	2,30	8,98	9,06
R13	1,66	7,58	7,61
R14	0,28	4,82	5,58
R15	0,72	2,98	2,99
R16	0,43	2,46	2,75
R17	1,80	5,83	5,92
R18	0,69	1,81	1,88
R19	1,06	4,47	4,70
R20	1,17	5,40	6,19
R21	1,38	6,56	6,90
R22	0,66	2,69	3,02
R23	1,71	5,03	5,08
R24	4,12	13,30	13,60
R25	2,05	6,83	8,12
R26	1,00	2,91	2,94
R27	0,72	2,36	2,47
R28	0,89	2,56	2,71
R29	0,23	1,08	1,09
R30	0,27	1,40	1,42
R31	1,53	4,84	4,94
R32	0,16	2,98	3,18
R33	0,69	2,54	2,84
R34	0,34	1,90	1,97
R35	0,55	1,70	1,71

Tabella 12 – Valori di NO₂ ai ricettori.

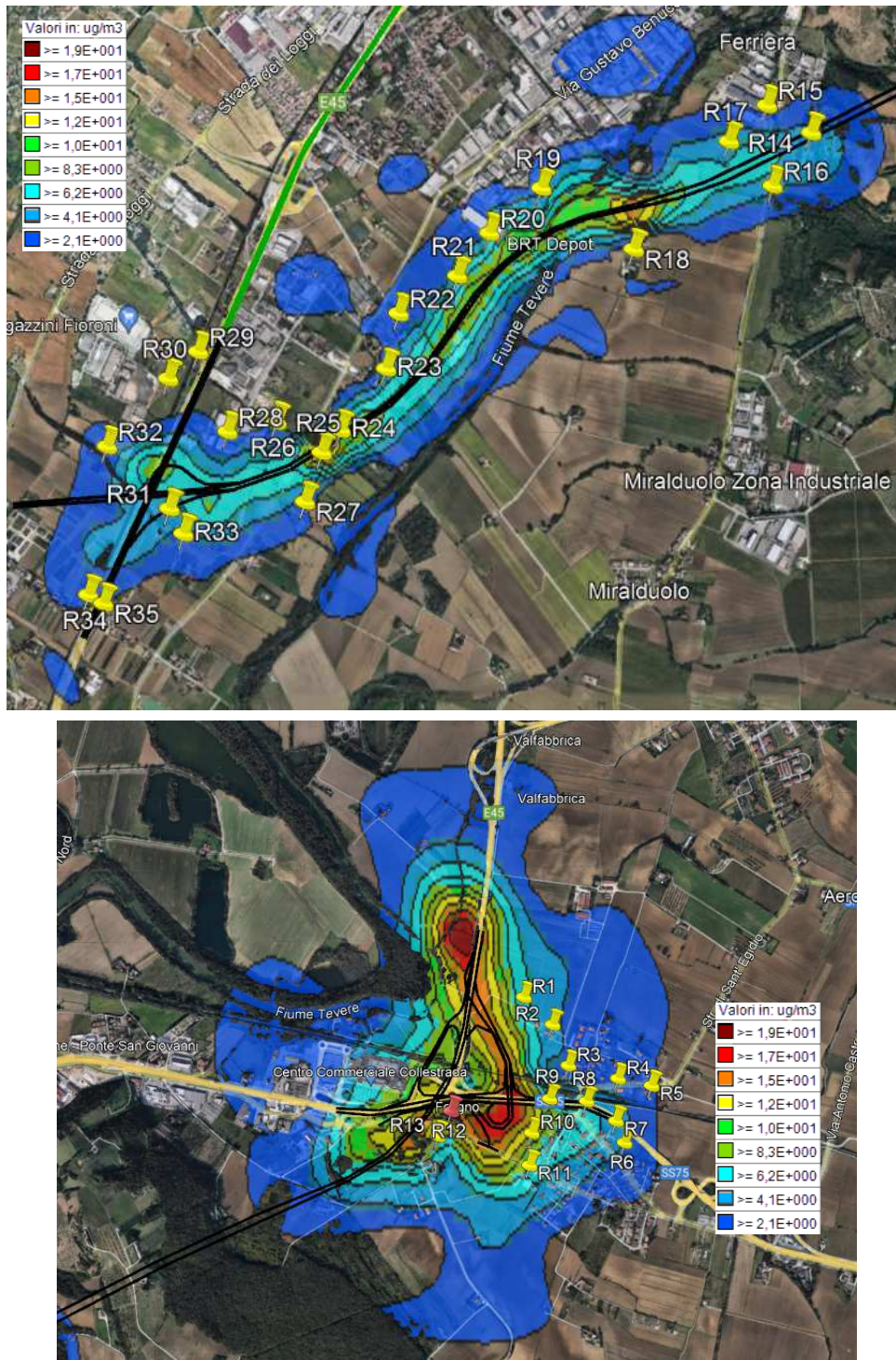


Figura 52 – Focus in Google Earth con ricettori.

La simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodino di Perugia sia R24, con una media giornaliera aggiuntiva di $4,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, un valore al 99,8 percentile di $13,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ed un massimo giornaliero di $13,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il ricettore sensibile R12 non presenta valori di innalzamento elevati ($2,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di media, $8,98$ di 99,8 percentile e $9,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di massimo), così come tutti gli altri ricettori considerati nella simulazione.

Considerando i valori di fondo analizzati nel paragrafo 4.1.3. si può affermare che, a seguito dell'intervento del Nodino di Perugia, i valori di NO_2 saranno in media sempre inferiori a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.3.2. Orario di punta feriale mattutino

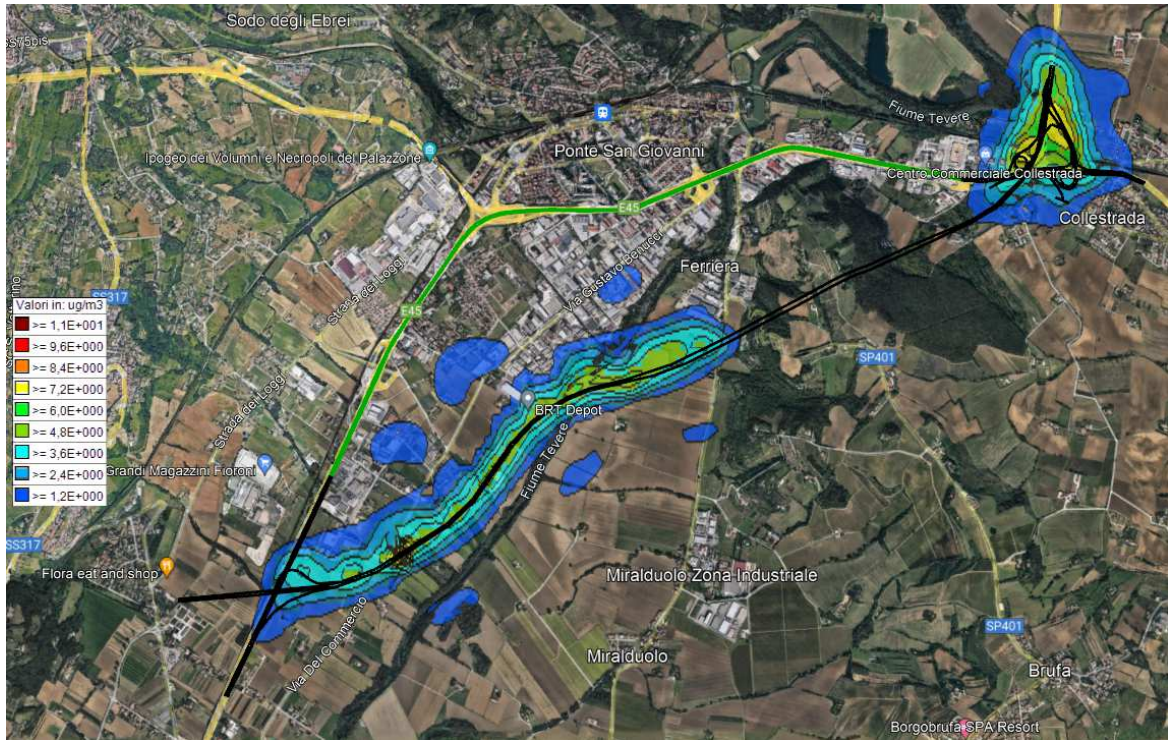


Figura 53 – Analisi impatti atmosferici NO₂, media ora di punta mattutina (scala colori da 1,2 a 11,0 µg/m³).

Nella Figura 53 viene mostrato l’impatto del Nodino di Perugia sull’NO₂ nell’ora di punta feriale mattutina. I valori mostrati si riferiscono solo all’aumento in µg/m³ sullo stato attuale della zona d’intervento. Come si può notare i valori medi di NO₂, dovuti all’esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati ed inferiori a 12 µg/m³.



Figura 54 – Analisi impatti atmosferici NO₂, 99,8 percentile (scala colori da 3,5 a 32,0 µg/m³).

PROGETTAZIONE ATI:

Nella Figura 54 viene mostrato l'impatto al 99,8 percentile del Nodino di Perugia sulle emissioni di NO₂ nell'ora di punta feriale mattutina. Come si può notare i valori massimi di NO₂, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati e sempre inferiori a 36 µg/m³.

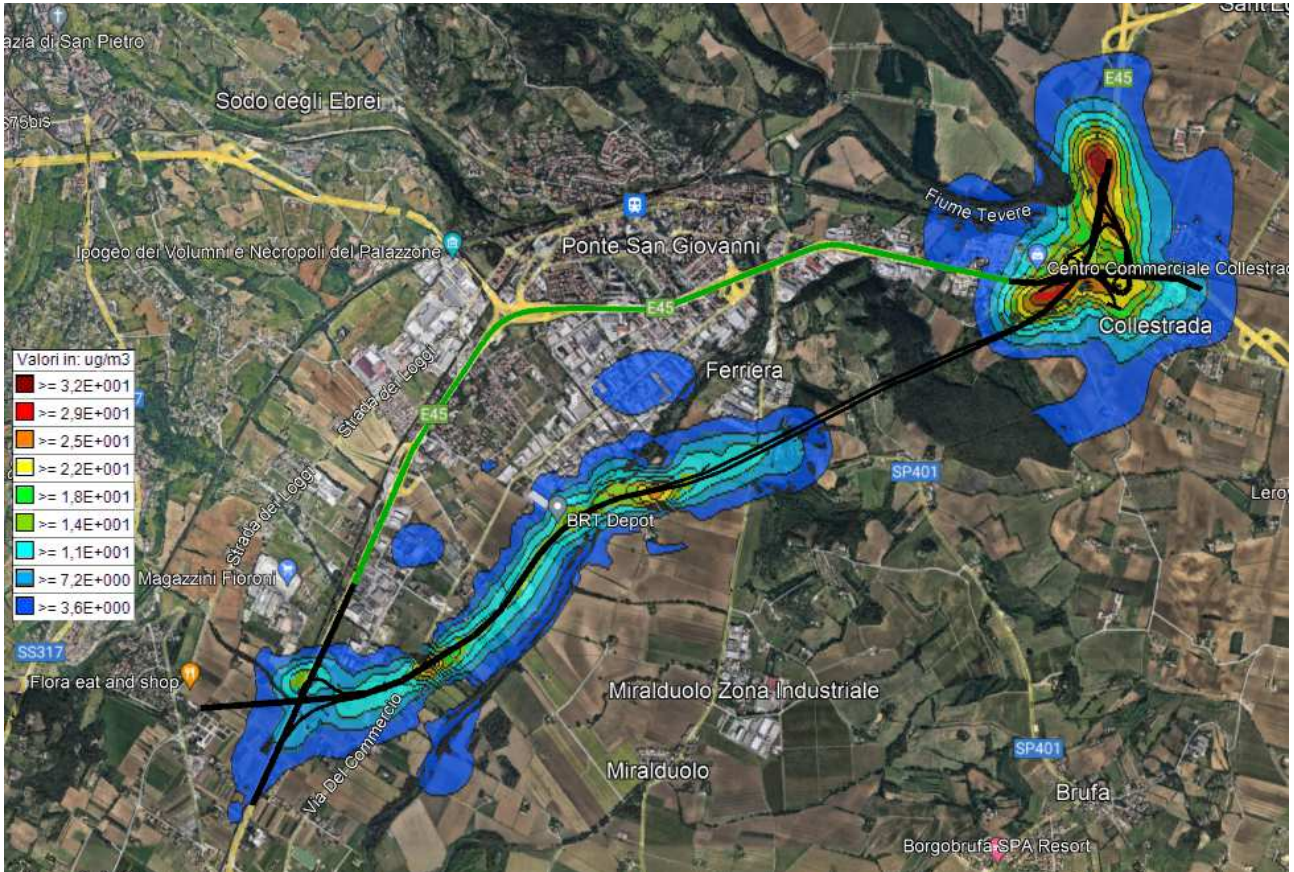


Figura 55 – Analisi impatti atmosferici NO₂, massimo ora di punta mattutina (scala colori da 3,6 a 32,0 µg/m³).

Nella Figura 55 viene mostrato l'impatto massimo del Nodino di Perugia sulle emissioni di NO₂ nell'ora di punta feriale mattutina. I valori mostrati si riferiscono solo all'aumento in µg/m³ sullo stato attuale della zona d'intervento. Come si può notare i valori massimi di NO₂, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati e sempre inferiori a 40 µg/m³; il valore massimo nell'intero dominio di calcolo risulta essere di 36,0 µg/m³, a sud-ovest dello svincolo di Collestrada.

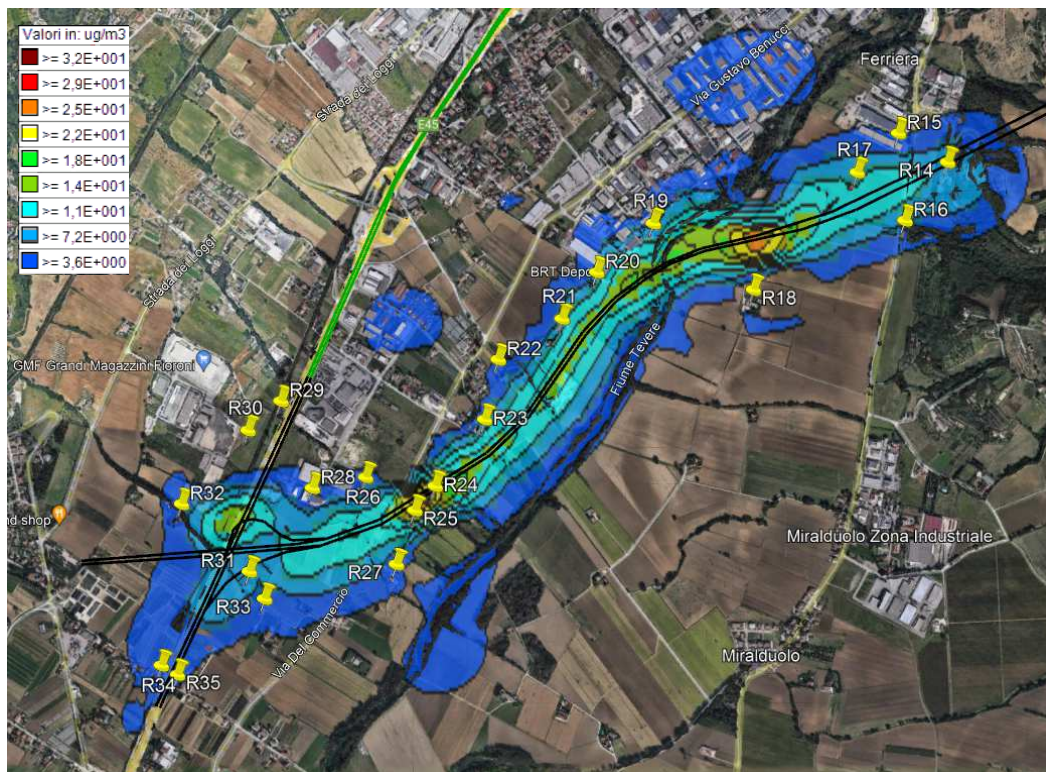
Nella tabella seguente vengono mostrati i valori medi e massimi registrati ai ricettori.

Ricettori	Media ora di punta mattutina (µg/m ³)	99,8 percentile (µg/m ³)	Massimo ora di punta mattutina (µg/m ³)
R1	3,78	14,30	17,30
R2	2,12	9,86	9,86
R3	2,58	9,30	9,44
R4	0,90	8,93	8,93
R5	0,29	5,28	5,77
R6	0,16	5,27	6,04
R7	0,32	6,46	7,55
R8	1,20	12,50	13,70
R9	2,32	18,60	20,30
R10	0,99	14,00	15,90
R11	0,64	9,41	10,60

PROGETTAZIONE ATI:

Ricettori	Media ora di punta mattutina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	99,8 percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Massimo ora di punta mattutina ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R12	2,31	15,30	18,90
R13	1,62	12,70	15,10
R14	0,82	10,30	10,30
R15	1,84	5,66	5,66
R16	0,54	4,14	4,88
R17	4,62	10,50	11,40
R18	0,90	3,42	3,51
R19	2,61	8,16	8,16
R20	2,88	8,39	8,57
R21	3,30	9,21	9,46
R22	1,58	3,98	4,25
R23	4,08	8,98	9,89
R24	5,84	23,30	26,60
R25	2,61	13,30	13,30
R26	2,49	5,53	5,72
R27	0,82	4,07	4,46
R28	2,27	5,02	5,02
R29	0,59	1,92	1,98
R30	0,68	2,73	2,76
R31	2,04	8,33	9,13
R32	0,41	4,85	5,77
R33	0,86	4,33	4,67
R34	0,74	4,00	4,22
R35	1,05	3,55	3,69

Tabella 13 – Valori di NO₂ ai ricettori.



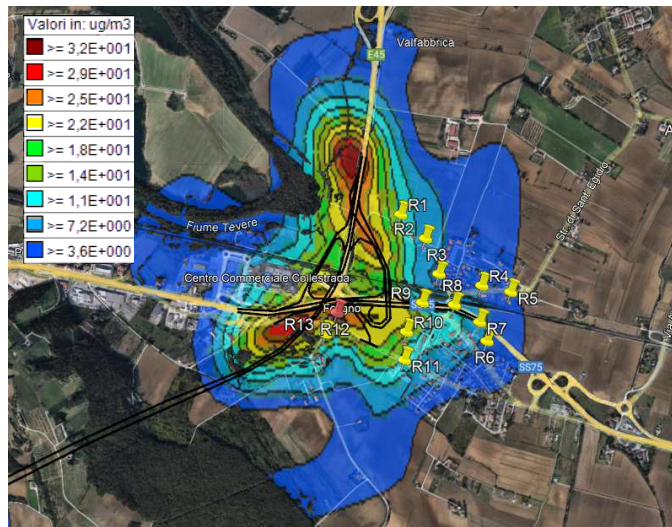


Figura 56 – Focus in Google Earth con ricettori.

La simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodino di Perugia sia R24, con una media aggiuntiva nell'ora di punta mattutina di $5,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$, un valore al 99,8 percentile di $23,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un massimo di $26,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il ricettore sensibile R12 non presenta valori di innalzamento elevati ($2,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di media, $15,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di 99,8 percentile e $18,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di massimo), così come tutti gli altri ricettori considerati nella simulazione.

Si può quindi concludere che, anche nell'ora di punta feriale mattutina, l'intervento del Nodino di Perugia non apporta peggioramenti significativi in termini di emissioni di NO_2 .

6.2.3.3. Orario di punta feriale pomeridiano

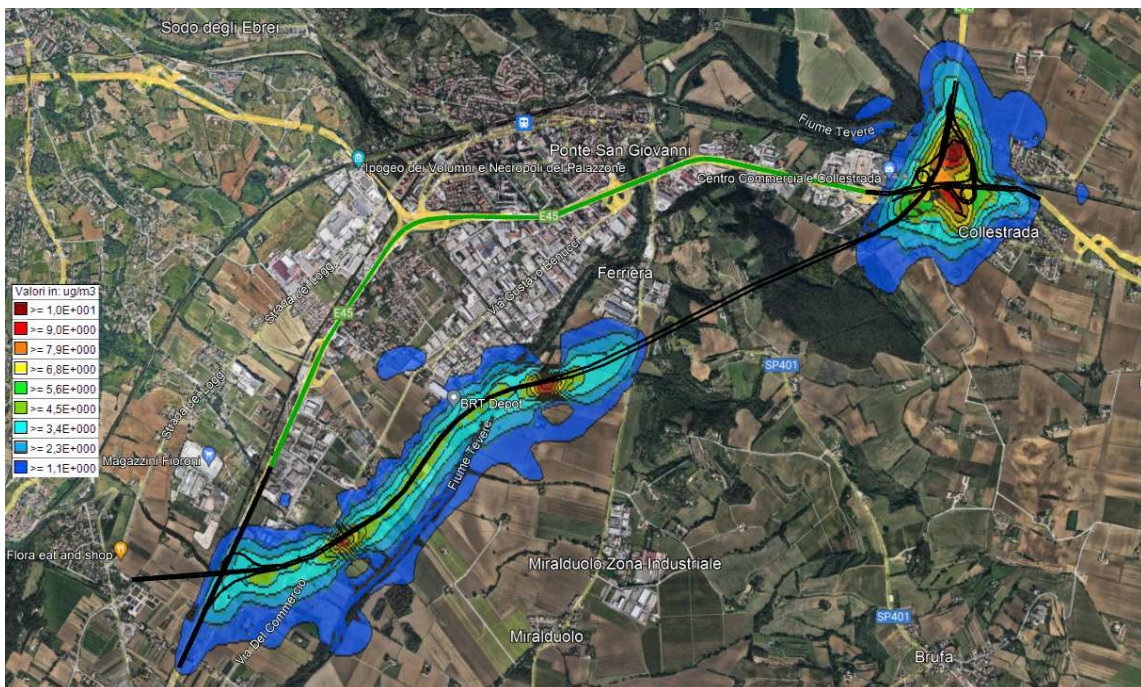


Figura 57 – Analisi impatti atmosferici NO_2 , media ora di punta pomeridiana (scala colori da 1,1 a $10,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nella Figura 57 viene mostrato l'impatto del Nodino di Perugia sull' NO_2 nell'ora di punta feriale pomeridiana. I valori mostrati si riferiscono solo all'aumento in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sullo stato attuale della zona

PROGETTAZIONE ATI:

d'intervento. Come si può notare i valori medi di NO₂, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano irrilevanti ed inferiori a 1,5 µg/m³.

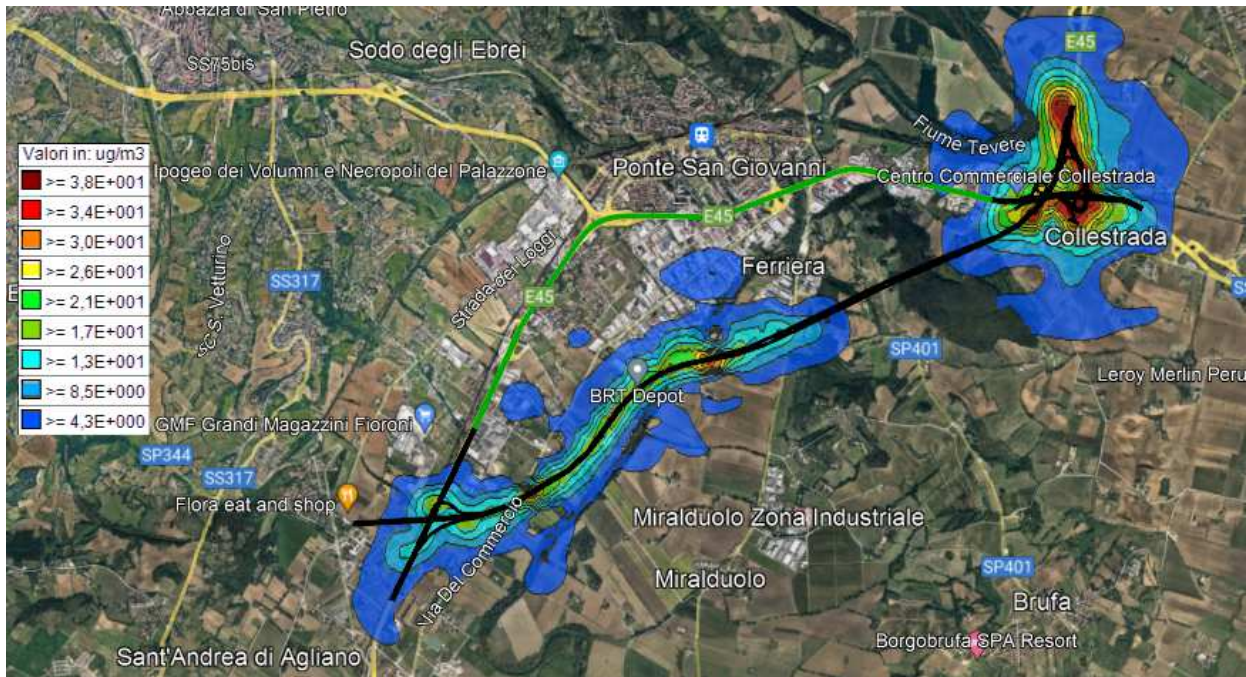


Figura 58 – Analisi impatti atmosferici NO₂, 99,8 percentile (scala colori da 4,3 a 38,0 µg/m³).

Nella Figura 58 viene mostrato l'impatto al 99,8 percentile del Nodino di Perugia sulle emissioni di NO₂ nell'ora di punta feriale pomeridiana. Come si può notare i valori massimi di NO₂, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati e sempre inferiori a 43 µg/m³.

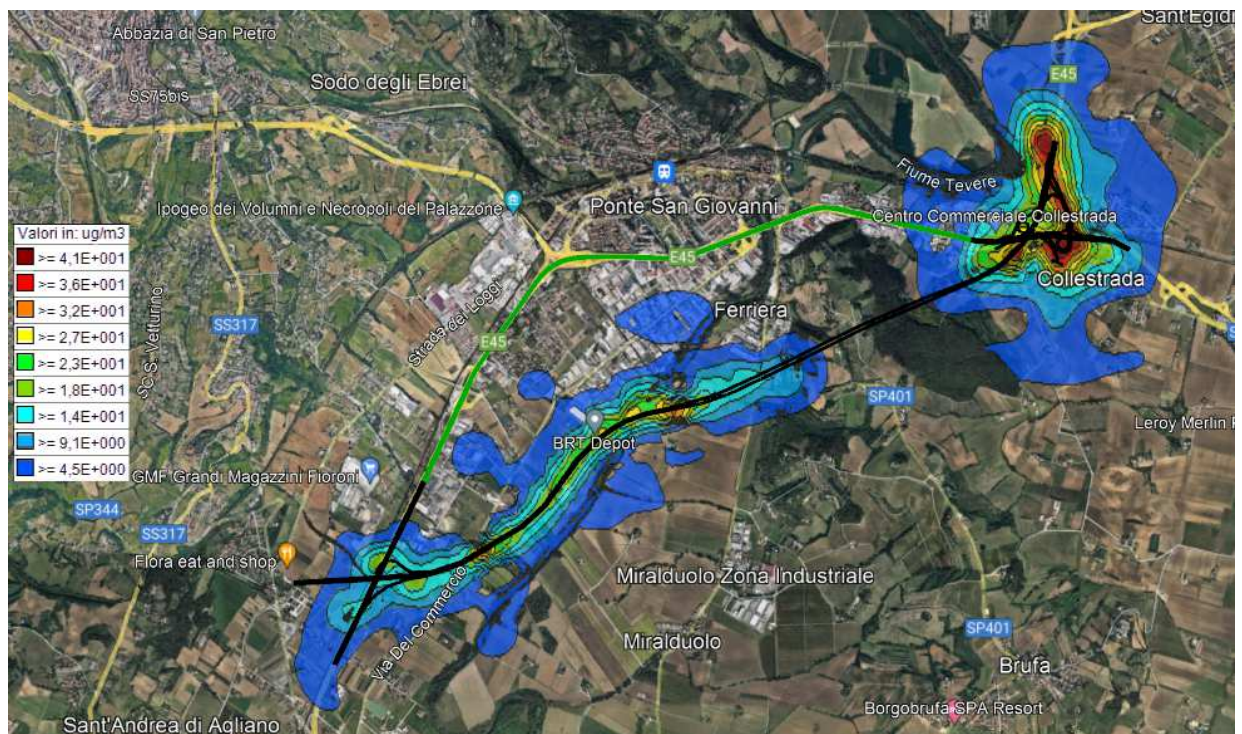


Figura 59 – Analisi impatti atmosferici NO₂, massimo ora di punta pomeridiana (scala colori da 4,5 a 41,0 µg/m³).

PROGETTAZIONE ATI:

Nella Figura 59 viene mostrato l'impatto massimo del Nodino di Perugia sulle emissioni di NO₂ nell'ora di punta feriale pomeridiana. I valori mostrati si riferiscono solo all'aumento in µg/m³ sullo stato attuale della zona d'intervento. Come si può notare i valori massimi di NO₂, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati e sempre inferiori a 46 µg/m³; il valore massimo nell'intero dominio di calcolo risulta essere di 45,4 µg/m³, a sud-est dello svincolo di Collestrada.

Nella tabella seguente vengono mostrati i valori medi e massimi registrati ai ricettori.

Ricettori	Media ora di punta pomeridiana (µg/m ³)	99,8 percentile (µg/m ³)	Massimo ora di punta pomeridiana (µg/m ³)
R1	2,97	18,30	19,00
R2	1,74	12,30	12,80
R3	2,13	12,00	12,40
R4	0,84	9,37	9,66
R5	0,32	8,44	8,78
R6	0,46	8,38	8,97
R7	1,17	11,90	11,90
R8	3,50	21,50	22,00
R9	5,24	31,90	33,00
R10	3,01	25,30	25,60
R11	2,08	16,00	16,30
R12	6,02	21,50	21,60
R13	4,33	18,10	18,20
R14	0,36	10,50	13,40
R15	1,38	7,40	7,42
R16	1,17	6,24	6,90
R17	3,15	14,10	14,10
R18	1,83	4,50	4,64
R19	2,07	11,00	11,50
R20	2,28	13,70	14,50
R21	2,75	13,50	17,20
R22	1,34	6,55	6,77
R23	3,40	11,90	12,40
R24	9,90	31,70	32,90
R25	5,29	15,80	16,10
R26	1,91	7,21	7,21
R27	2,06	5,99	6,04
R28	1,66	6,55	7,04
R29	0,47	2,84	2,85
R30	0,55	3,58	3,71
R31	3,99	11,80	12,20
R32	0,32	6,86	7,63
R33	1,98	6,54	7,06
R34	1,41	6,69	6,70
R35	2,25	6,60	6,70

Tabella 14 – Valori di NO₂ ai ricettori.

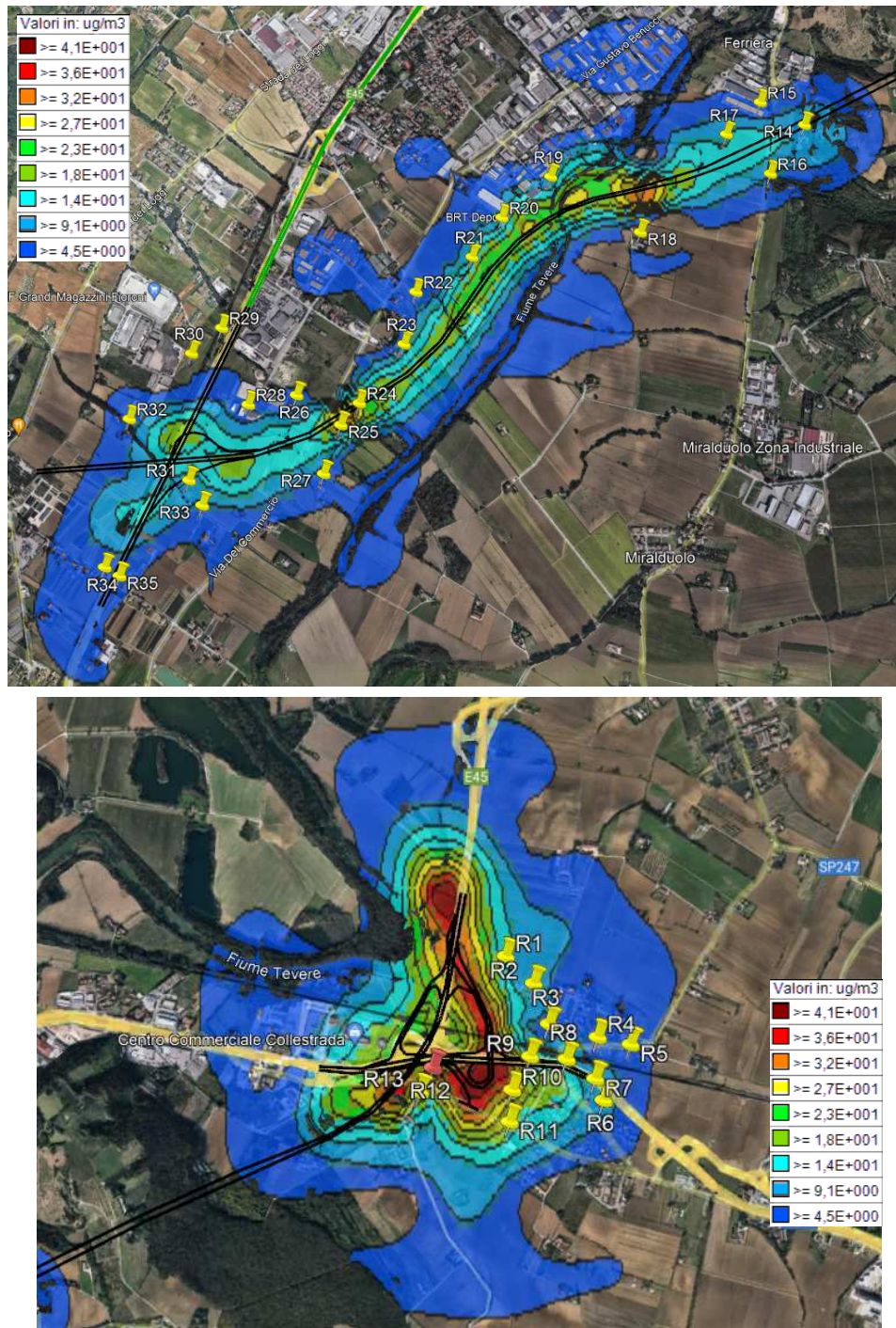


Figura 60 – Focus in Google Earth con ricettori.

La simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodino di Perugia sia R24, con una media aggiuntiva nell'ora di punta pomeridiana di $9,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, un valore al 99,8 percentile di $31,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un massimo di $32,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il ricettore sensibile R12 non presenta valori di innalzamento elevati ($6,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di media, $21,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di 99,8 percentile e $21,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di massimo), così come tutti gli altri ricettori considerati nella simulazione.

Si può quindi concludere che, anche nell'ora di punta feriale pomeridiana, l'intervento del Nodino di Perugia non apporta peggioramenti significativi in termini di emissioni di NO_2 .

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.4. NO_x

Per il calcolo dei NO_x sono stati utilizzati i dati di traffico forniti dallo studio prodotto da TPS PRO srl. Il fattore di emissione, utilizzato per il software Caline, per un'auto equivalente è stato selezionato dalla banca dati ISPRA ambiente (<https://fetransp.isprambiente.it/#/ricerca>); è stato preso il valore più alto corrispondente a 0,444824 (NO_x) al fine di valutare il peggior scenario possibile. Nella figura seguente vengono indicate le aree SIC di interesse nell'area d'intervento.

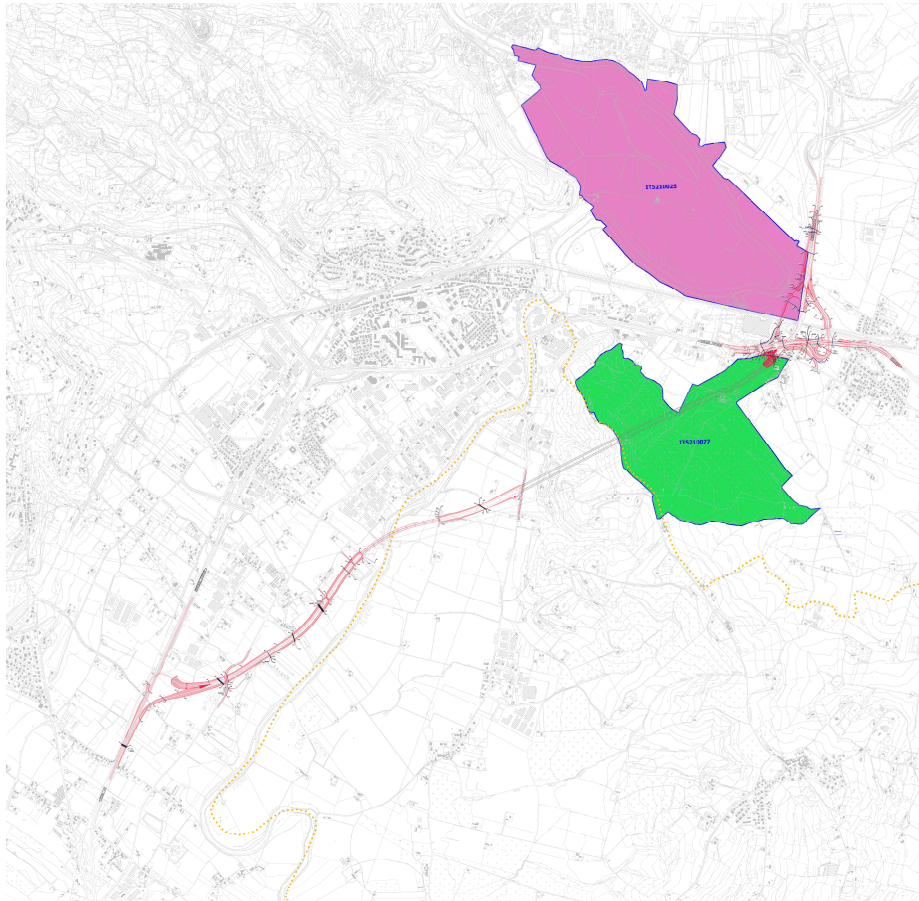


Figura 61 – Aree SIC nella zona d'intervento del Nodino di Perugia.

Come si può notare le aree SIC di interesse sono situate nella parte nord-est del Nodino di Perugia.

In seguito vengono esposti i risultati per la simulazione per la valutazione della media annuale di NO_x.

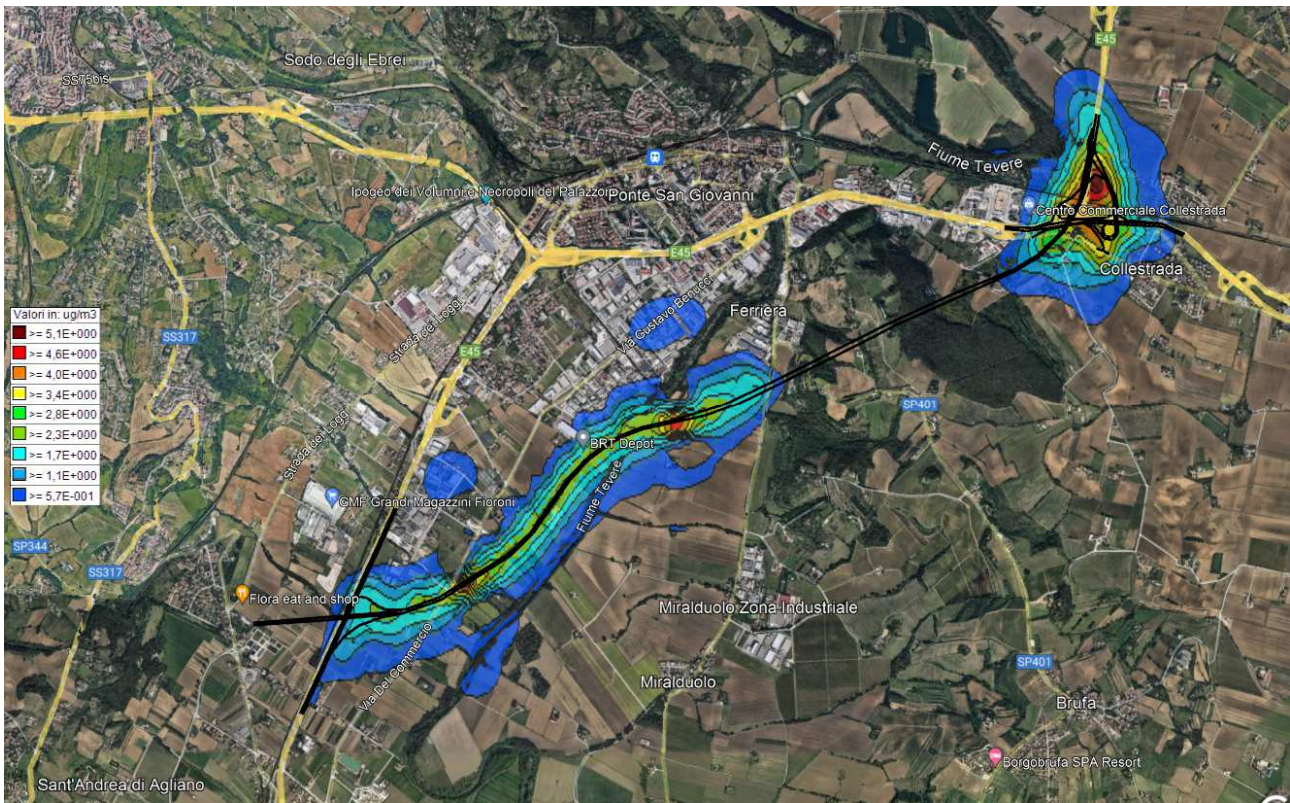


Figura 62 – Analisi impatti atmosferici NO_x, media annuale (scala colori da 0,57 a 5,1 µg/m³).

Nella tabella seguente vengono mostrati i valori medi e massimi registrati ai ricettori.

Ricettori	Media annuale (µg/m ³)
R1	1,77
R2	1,02
R3	1,19
R4	0,40
R5	0,14
R6	0,13
R7	0,34
R8	1,19
R9	2,07
R10	1,15
R11	0,79
R12	2,56
R13	1,84
R14	0,31
R15	0,80
R16	0,48
R17	2,00
R18	0,77
R19	1,18
R20	1,30
R21	1,53
R22	0,73
R23	1,90
R24	4,58

PROGETTAZIONE ATI:

Ricettori	Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R25	2,27
R26	1,11
R27	0,80
R28	0,99
R29	0,25
R30	0,30
R31	1,70
R32	0,18
R33	0,77
R34	0,37
R35	0,61

Tabella 15 – Valori di NO_x ai ricettori.

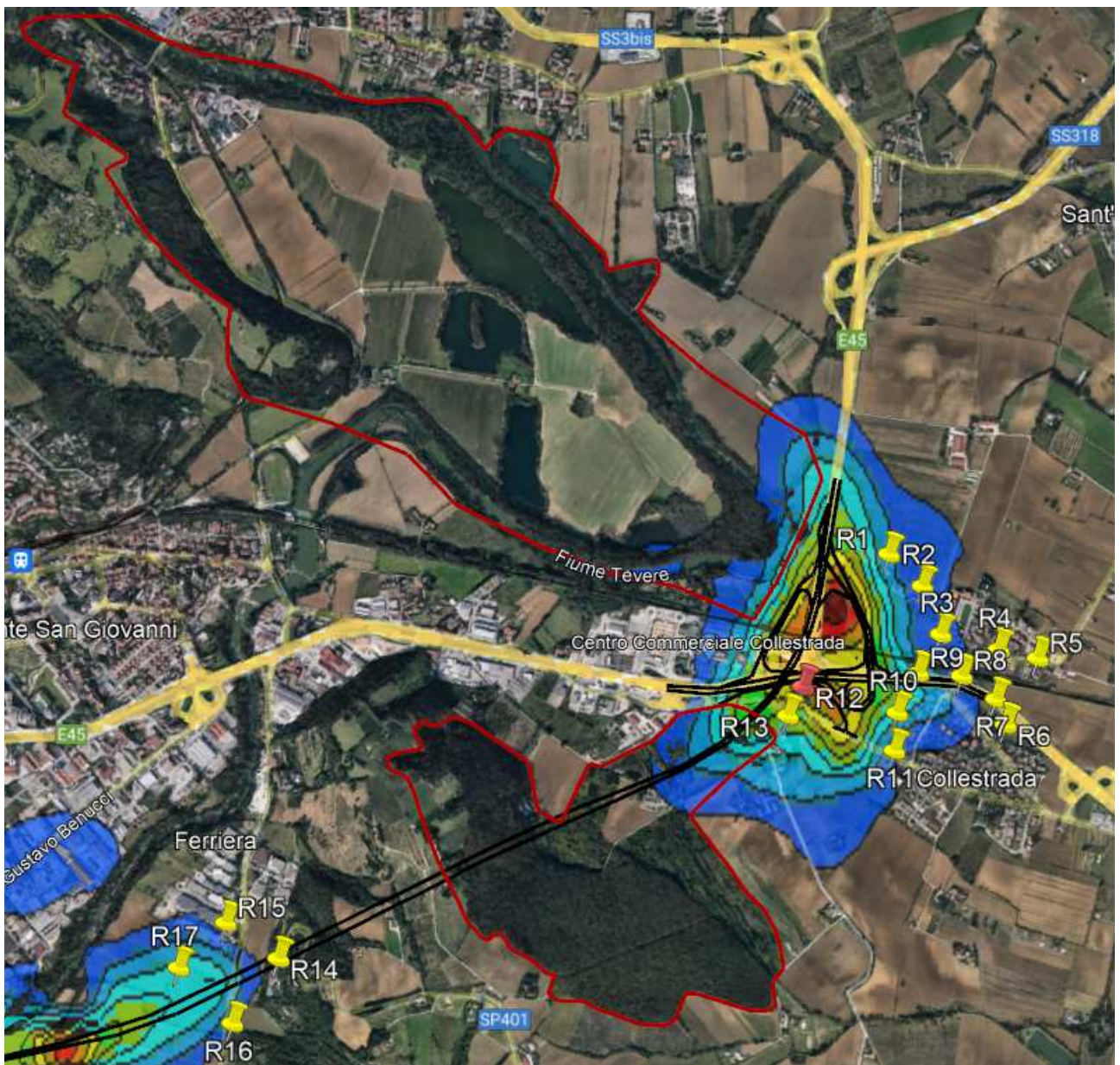


Figura 63 – Focus in Google Earth con ricettori.

PROGETTAZIONE ATI:

La simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodino di Perugia sia R24, con una media aggiuntiva di $4,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il quale però non risulta all'interno delle aree SIC evidenziate in rosso. Come si può notare dalla Figura 61, nelle zone vegetative di interesse non è previsto un elevato peggioramento, sempre inferiore a $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Di conseguenza, assumendo i valori attuali di NO_x leggermente maggiori rispetto a quelli di NO_2 , i medi annuali di NO_x risultano nettamente inferiori al limite normativo vigente di $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, anche a seguito dell'esercizio sul Nodino di Perugia.

PROGETTAZIONE ATI:

7. IMPATTI DI CANTIERE: METODOLOGIA DI STIMA DELL'IMPATTO

Le emissioni diffuse di polveri indotte dalle attività di costruzione sono state raggruppate nelle quattro macrocategorie di seguito indicate:

1. movimentazione del materiale superficiale;
2. erosione del vento dai cumuli;
3. transito di mezzi su strade non asfaltate;
4. emissioni legate agli scarichi degli autocarri e dei mezzi d'opera.

Per le prime tre categorie individuate si fa riferimento a specifiche modalità di stima delle emissioni di polveri riportate nelle Linee Guida di riferimento. Le Linee Guida adottate con Deliberazione della Giunta provinciale di Firenze n. 213 del 3.11.2009, riprendendo quanto previsto dall'AP-42, prevedono di effettuare il calcolo del quantitativo di polveri emesse secondo la seguente equazione generale:

$$E = A \times EF \times (1-ER/100)$$

dove:

E = emissione di polvere;

A = tasso di attività. Con questo, secondo i casi, si può indicare ad esempio il quantitativo di materiale movimentato o soggetto a caduta piuttosto che l'area esposta soggetta all'erosione del vento;

EF = fattore di emissione unitario;

ER = fattore di efficienza per la riduzione dell'emissione. Può includere ad esempio attività di bagnatura strade per evitare l'alzarsi della polvere.

Vengono di seguito elencate le metodologie di calcolo delle emissioni di PM10 suddivise sulla base delle diverse tipologie di attività.

7.1. MOVIMENTAZIONE DEL MATERIALE SUPERFICIALE

L'impatto polverigeno legato alle attività di movimentazione del materiale superficiale è stimato principalmente attraverso lo scarico d'inerte da bilici trasportatori (truck unloading).

Nella tabella seguente si riportano i fattori di emissione relativi al trattamento del materiale superficiale, proposti dalla Linee Guida per determinate attività con il relativo codice SCC. Tali valori sono disponibili sul database FIRE1.

SCC	operazione	Fattore di emissione in kg	note	Unità di misura
3-05-010-33	Drilling Overburden	0.072		kg per ciascun foro effettuato
3-05-010-36	Dragline: Overburden Removal	$\frac{9.3 \times 10^{-4} \times (H/0.30)^{0.7}}{M^{0.3}}$	H è l'altezza di caduta in m, M il contenuto percentuale di umidità del materiale	kg per ogni m ³ di copertura rimossa
3-05-010-37	Truck Loading: Overburden	0.0075		kg per ogni Mg di materiale caricato
3-05-010-42	Truck Unloading: Bottom Dump - Overburden	0.0005		kg per ogni Mg di materiale scaricato
3-05-010-45	Bulldozing: Overburden	$\frac{0.3375 \times s^{1.5}}{M^{1.4}}$	s è il contenuto di silt (vedi § 1.5), M il contenuto di umidità del materiale, espressi in percentuale	kg per ogni ora di attività
3-05-010-48	Overburden Replacement	0.003		kg per ogni Mg di materiale processato

Tabella 16 – Fattori di emissione per il PM10 per operazioni di trattamento del materiale superficiale

Le emissioni dovute a tali tipologie di attività vengono calcolate secondo la formula:

$$E_i(t) = \sum_l AD_l(t) * EF_{i,l,m}(t)$$

dove:

i = particolato (PTS, PM10, PM2.5);

l = processo;

m = controllo;

t = periodo di tempo (ora, mese, anno, ecc.);

E_i = rate emissivo (Kg/h) dell'i-esimo tipo di particolato

AD_l = attività relativa all'l-esimo processo (ad es. kg materiale lavorato/ora);

EF_{i, l, m} = fattore di emissione (Kg/t).

7.2. EROSIONE DEL VENTO DAI CUMULI

Un cumulo di materiale aggregato, stoccato all'aperto, è soggetto all'azione erosiva del vento che può dare luogo in tal modo ad un'emissione di polvere. Le superfici di tali cumuli sono caratterizzate da una disponibilità finita di materia erodibile, la quale definisce il cosiddetto potenziale di erosione. Poiché è stato riscontrato che il potenziale di erosione aumenta rapidamente con la velocità del vento, le emissioni di polveri risultano essere correlate alle raffiche di maggiore intensità. In ogni caso qualsiasi crosta naturale-artificiale e/o attività di umidificazione della superficie dei cumuli è in grado di vincolare tale materia erodibile, riducendo così il potenziale di erosione.

La metodologia di stima prevista dalle Linee Guida per la valutazione delle emissioni diffuse dovute all'erosione eolica dei cumuli di stoccaggio materiali all'aperto, prevede di utilizzare l'emissione effettiva per unità di area di ciascun cumulo soggetto a movimentazione dovuta alle condizioni anemologiche attese nell'area di interesse.

Il tasso emissivo orario si calcola secondo la seguente espressione:

$$E_i \text{ (kg/h)} = EF_i \times a \times \text{movh}$$

dove:

i = particolato (PTS, PM10, PM2.5);

movh = numero di movimentazioni/ora;

a = superficie dell'area movimentata (m²);

EF_{i, l, m} = fattore di emissione areali dell'i-esimo tipo di particolato (Kg/m²).

Per il calcolo del fattore di emissione areale viene effettuata una distinzione dei cumuli bassi da quelli alti a seconda del rapporto altezza/diametro, oltre ad ipotizzare, per semplicità, che la forma di un cumulo sia conica, a base circolare. Dai valori di altezza del cumulo (H), intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta, e dal diametro della base (D), si individua il fattore di emissione areale dell'i-esimo tipo di particolato per ogni movimentazione. I fattori di emissione sono riportati nella seguente tabella.

cumuli alti $H/D > 0.2$	
	$EF_i \text{ (kg/m}^2\text{)}$
PTS	1.6E-05
PM ₁₀	7.9E-06
PM _{2.5}	1.26E-06
cumuli bassi $H/D \leq 0.2$	
	$EF_i \text{ (kg/m}^2\text{)}$
PTS	5.1E-04
PM ₁₀	2.5 E-04
PM _{2.5}	3.8 E-05

Tabella 17 – Fattori di emissione areali per ogni movimentazione, per ciascun tipo di particolato

7.3. TRANSITO DI MEZZI SU STRADE NON ASFALTATE

Il transito di automezzi su strada può determinare un'emissione diffusa di polveri che è funzione del tipo di strada (asfaltata o non asfaltata). Per la stima delle emissioni diffuse dalle strade non asfaltate, le Linee Guida prevedono di applicare il modello emissivo proposto al paragrafo 13.2.2 "Unpaved roads" dell'AP-42, di seguito riportato:

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

dove:

i = particolato (PTS, PM10, PM2.5);

s = contenuto in limo del suolo in percentuale in massa (%);

W = peso medio del veicolo;

EF = Fattore di emissione della strada non asfaltata (g/km);

PROGETTAZIONE ATI:

K_i , a_i , b_i = coefficienti che variano a seconda del tipo di particolato ed i cui valori sono riportati nella tabella seguente.

	k_i	a_i	b_i
PTS	1.38	0.7	0.45
PM ₁₀	0.423	0.9	0.45
PM _{2.5}	0.0423	0.9	0.45

Tabella 18 – Valori dei coefficienti k_i , a_i e b_i al variare del tipo di particolato

Il peso medio dell'automezzo W deve essere calcolato sulla base del peso del veicolo vuoto e a pieno carico.

Per il calcolo dell'emissione finale, E_i , si deve determinare la lunghezza del percorso di ciascun mezzo riferito all'unità di tempo (numero di km/ora), sulla base della lunghezza della pista (km); è richiesto quindi il numero medio di viaggi al giorno all'interno del sito ed il numero di ore lavorative al giorno. L'espressione finale sarà quindi:

$$E_i = EF_i \times kmh$$

dove:

i = particolato (PTS, PM10, PM2.5);

kmh = percorso di ciascun mezzo nell'unità di tempo (km/h).

Nelle Linee Guida si specifica che l'espressione è valida per un intervallo di valori di limo (silt) compreso tra l'1,8% ed il 25.2%. Tuttavia, poiché la stima di questo parametro non è semplice e richiede procedure tecniche e analitiche precise, in mancanza di informazioni specifiche suggeriscono di considerare un valore all'interno dell'intervallo 12-22%.

Inoltre le Linee Guida prevedono dei sistemi di abbattimento delle emissioni polverulente indotte dal transito dei mezzi su strade non asfaltate, tramite bagnatura delle superfici ad intervalli periodici e regolari. La formula proposta per la stima dell'efficienza di abbattimento di un determinato bagnamento è la seguente:

$$C = 100 - (0,8 \times P \times trh \times \tau) / I$$

dove:

C = efficienza di abbattimento (%);

P = potenziale medio dell'evaporazione giornaliera pari a 0,34 mm/h;

Trh = traffico medio orario (mezzi/h);

I = quantità media del trattamento applicato (l/m²);

t = intervallo di tempo che intercorre tra le applicazioni (h).

7.4. EMISSIONI DEGLI AUTOCARRI E DEI MEZZI D'OPERA

Per gli automezzi e, in via semplificativa anche per ciascun mezzo d'opera, potrebbe essere considerato un fattore di emissione totale del PM10 pari a 0,202215994 g/km, desunto dalle tabelle fornite da ISPRA SINAnet (<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp>), riferite a mezzi diesel per l'anno 2016, di cui di seguito si riporta uno stralcio.

Category	Fuel	PM10 2020 g/km U	PM10 2020 t/TJ U	PM10 2020 g/km R	PM10 2020 t/TJ R	PM10 2020 g/km H	PM10 2020 t/TJ H	PM10 2020 g/km TOTALE	PM10 2020 t/TJ TOTALE
Heavy Duty Trucks	Petrol	0,110335	0,0111151	0,090384	0,014215	0,060449	0,009071	0,088387	0,012402
Heavy Duty Trucks	Diesel	0,228147	0,017455	0,148455	0,017724	0,123283	0,014042	0,139340	0,015412

Category	Fuel	NOx 2020 g/km U	NOx 2020 t/TJ U	NOx 2020 g/km R	NOx 2020 t/TJ R	NOx 2020 g/km H	NOx 2020 t/TJ H	NOx 2020 g/km TOTALE	NOx 2020 t/TJ TOTALE
Heavy Duty Trucks	Petrol	5,014605	0,506796	4,151691	0,652937	4,696406	0,704756	4,433217	0,622048
Heavy Duty Trucks	Diesel	5,655959	0,432731	2,656751	0,317190	2,153977	0,245344	2,596961	0,287250

Tabella 19 – Emissione in g/km per automezzi pesanti diesel – 2020 (fonte SINAnet)

7.5. STIMA DEGLI IMPATTI DI PM₁₀ E NO₂

Applicando le formule dei paragrafi precedenti per il calcolo delle emissioni diffuse di polveri indotte dalle attività di costruzione, nelle quattro macrocategorie considerate (paragrafi 7.1, 7.2, 7.3 e 7.4), si può affermare che nei ricettori considerati, i valori di PM10 d'incremento sulla condizione attuale non superano in media i 5 µg/m³. Sommando questo valore al fondo attuale nella zona del Nodino di Perugia, anche se variabile a seconda della stagionalità, il contributo risulta trascurabile e non tale da provocare superamenti del limite normativo vigente di 50 µg/m³.

Per quanto concerne le emissioni di NO₂ dovute al cantiere, si suppone che questi siano eventi puntuali corrispondenti al transito dei mezzi di cantiere o di operatività di cantiere, e non continui così come quelle simulate per l'esercizio del Nodino di Perugia. Di conseguenza, si presume che questi abbiano un impatto minimo sui ricettori considerati ed una ricaduta sulla media oraria di NO₂ della condizione attuale estremamente ridotta. Perciò, in media, il cantiere può provocare un incremento sul valore medio attuale di poche unità (minore a 5 µg/m³); inoltre, anche nel momento di maggiore lavorazione, l'impatto è sempre atteso sotto ai 50 µg/m³, perciò di molto inferiore al limite normativo vigente di 200 µg/m³.

8. CONCLUSIONI

La presente relazione riguarda l'inquadramento dello stato della qualità dell'aria e la valutazione della sua potenziale alterazione determinata dalle opere in esercizio per il progetto in esame "E45 – Sistemazione stradale del nodo di Perugia, tratto Madonna del Piano - Collestrada", nonché una valutazione preliminare tramite delle simulazioni con il software CALINE per le componenti PM10, PM2,5 e NO₂ legate all'esercizio del Nodino di Perugia.

L'intervento del progetto è situato nella provincia di Perugia in Umbria. In particolare, il nuovo tratto collega la località Collestrada (PG) allo svincolo Madonna del Piano in località Montebello (PG), creando un'alternativa all'attuale E45, per mezzo di un nuovo tracciato, comprendente di viadotti e gallerie. Gli obiettivi che l'intervento si pone di raggiungere risultano essere di alleggerire la pressione di traffico nella zona industriale di Ponte San Giovanni, in direzione ed in uscita da Perugia e velocizzare il superamento del tratto dell'attuale E45, in particolar modo per i mezzi pesanti, con un tracciato più lineare e non soggetto ai flussi di traffico della città di Perugia.

In primis è stato illustrato lo stato d'inquinamento attuale, analizzando i dati delle centraline ARPA vicine all'area d'intervento.

I dati ARPA per il PM10 mostrano come i valori si attestino in media ad un livello più basso del limite normativo vigente di 50 µg/m³, per lo più tra i 15 ed i 20 µg/m³. Considerata l'orografia e l'urbanizzazione del territorio dell'intervento, si suppone che i valori di PM10 dell'area siano in media inferiori ai 20 µg/m³.

I dati ARPA per il PM2.5 mostrano valori tra i 10 ed i 12 µg/m³ e si suppone che siano assimilabili a quelli della zona di intervento.

I valori di NO₂ delle stazioni ARPA risultano essere nettamente inferiori al limite normativo di 200 µg/m³. Considerata l'orografia e l'urbanizzazione del territorio dell'intervento, si suppone che i valori di NO₂ dell'area siano in media inferiori ai 16 µg/m³.

Dall'analisi del traffico effettuata da TPS Pro s.r.l., il tratto di E45 che fa da collegamento al raccordo Autostradale Bettolle-Perugia risulta essere alleggerito a livello di traffico rispetto alla condizione attuale. In particolare, il Nodino di Perugia risulta essere utile soprattutto per il flusso dei veicoli pesanti; circa la metà di questi, infatti, utilizzerebbero il nuovo tracciato. La percentuale dei veicoli leggeri che percorrerebbe il Nodino di Perugia risulta invece essere circa del 20%, comportando una notevole diminuzione del traffico. Si evidenzia come, al contempo, entrambi i tratti stradali non avranno un traffico eccessivo a seguito del nuovo progetto.

Le simulazioni atmosferiche per gli inquinanti sono state effettuate con il software MMS CALINE e con il post processore MMS RUN ANALYZER. Per ogni inquinante sono state effettuate tre simulazioni: giornaliera, ora di punta feriale mattutina, ora di punta feriale pomeridiana. Come dati di input sono stati utilizzati i dati di traffico forniti dallo studio prodotto da TPS PRO srl ed il fattore di emissione per un'auto equivalente è stato selezionato dalla banca dati ISPRA ambiente (<https://fettransp.isprambiente.it/#/ricerca>).

I valori di PM10, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati per tutte le casistiche analizzate. In particolare, la simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodino di Perugia sia R24, con una media giornaliera aggiuntiva di 0,66 µg/m³, un valore al 90,4 percentile di 1,83 µg/m³ ed un massimo giornaliero di 4,79 µg/m³. Il ricettore sensibile R12 non presenta valori di innalzamento elevati (0,50 µg/m³ di media, 1,78 µg/m³ di 90,4 percentile e 3,55 µg/m³ di massimo), così come tutti gli altri ricettori considerati nella

simulazione. Anche le simulazioni per l'ore di punta mattutina e pomeridiana non hanno evidenziato valori particolarmente elevati.

Considerando i valori di fondo analizzati nel paragrafo 4.1.1. si può affermare che, a seguito dell'intervento del Nodino di Perugia, i valori di PM10 saranno in media sempre inferiori a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

I valori di PM2,5, dovuti all'esercizio del Nodino di Perugia, risultano non elevati per tutte le casistiche analizzate. In particolare, la simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodino di Perugia sia R24, con una media giornaliera aggiuntiva di 0,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e un massimo giornaliero di 3,19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il ricettore sensibile R12 non presenta valori di innalzamento elevati (0,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di media e 3,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di massimo), così come tutti gli altri ricettori considerati nella simulazione. Anche le simulazioni per l'ore di punta mattutina e pomeridiana non hanno evidenziato valori particolarmente elevati.

Considerando i valori di fondo analizzati nel paragrafo 4.1.2. si può affermare che, a seguito dell'intervento del Nodino di Perugia, i valori di PM2.5 saranno in media sempre inferiori a 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Infine, anche i valori di NO₂ risultano non elevati per tutte le casistiche analizzate. In particolare, la simulazione evidenzia come il ricettore più influenzato dal nuovo intervento del Nodino di Perugia sia R24, con una media giornaliera aggiuntiva di 4,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, un valore al 99,8 percentile di 13,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ed un massimo giornaliero di 13,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il ricettore sensibile R12 non presenta valori di innalzamento elevati (2,30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di media, 8,98 di 99,8 percentile e 9,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di massimo), così come tutti gli altri ricettori considerati nella simulazione. Anche le simulazioni per l'ore di punta mattutina e pomeridiana non hanno evidenziato valori particolarmente elevati.

Considerando i valori di fondo analizzati nel paragrafo 4.1.3. si può affermare che, a seguito dell'intervento del Nodino di Perugia, i valori di NO₂ saranno in media sempre inferiori a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nelle zone SIC di interesse non è previsto un elevato peggioramento dei valori di NO_x, sempre inferiore a 3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Di conseguenza, assumendo i valori attuali di NO_x leggermente maggiori rispetto a quelli di NO₂, i medi annuali di NO_x risultano nettamente inferiori al limite normativo vigente di 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, anche a seguito dell'esercizio sul Nodino di Perugia.

Per quanto concerne il cantiere, applicando le formule per il calcolo delle emissioni diffuse di polveri indotte dalle attività di costruzione, nelle quattro macrocategorie considerate (paragrafi 7.1, 7.2, 7.3 e 7.4), si può affermare che nei ricettori considerati, i valori di PM10 d'incremento sulla condizione attuale non superano in media i 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sommando questo valore al fondo attuale nella zona del Nodino di Perugia, anche se variabile a seconda della stagionalità, il contributo risulta trascurabile e non tale da provocare superamenti del limite normativo vigente di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per quanto concerne le emissioni di NO₂ dovute al cantiere, si suppone che questi siano eventi puntuali corrispondenti al transito dei mezzi di cantiere o di operatività di cantiere, e non continui così come quelle simulate per l'esercizio del Nodino di Perugia. Di conseguenza, si presume che questi abbiano un impatto minimo sui ricettori considerati ed una ricaduta sulla media oraria di NO₂ della condizione attuale estremamente ridotta. Perciò, in media, il cantiere può provocare un incremento sul valore medio attuale di poche unità (minore a 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$); inoltre, anche nel momento di maggiore lavorazione, l'impatto è sempre atteso sotto ai 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, perciò di molto inferiore al limite normativo vigente di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Si può perciò concludere che l'esercizio ed il cantiere della nuova infrastruttura non provocano un impatto significativo nel contesto territoriale.