

**STRADA STATALE 212 "della Val Fortore"  
Lavori di completamento alla statale dallo svincolo di  
S. Marco dei Cavoti a S. Bartolomeo in Galdo  
1° Lotto < Variante di S. Marco dei Cavoti >  
1° e 3° Stralcio**

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD.

**NA288**

PROGETTAZIONE: R.T.I.: PROGIN S.p.A. (capogruppo mandataria)  
CREW Cremonesi Workshop S.r.l - TECNOSISTEM S.p.A  
ART Risorse Ambiente Territorio S.r.l - ECOPLAME S.r.l.

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:  
Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



Direttore Tecnico:  
Dott. Ing. Paolo IORIO

PROGIN SpA.

IL GEOLOGO:  
Dott. Geol. Giovanni CARRA (ART Ambiente Risorse e Territorio S.r.l.)

MANDANTI:



IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:  
Dott. Ing. Michele CURIALE (Progin S.p.A.)

Direttore Tecnico:  
Dott. Arch. Claudio TURRINI

Direttore Tecnico:  
Dott. Ing. Andrea AVETA

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:  
Dott. Ing. Domenico ROY



PROTOCOLLO

DATA

\_\_\_\_\_ 201\_\_

Direttore Tecnico:  
Dott. Ing. Ivo FRESIA

Direttore Tecnico:  
Dott. Arch. Pasquale PISANO

**STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE**

Relazione sullo studio dell'impatto atmosferico

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00IA30AMBRE02B.pdf

REVISIONE

SCALA:

D P N A 2 8 8 D 2 0

CODICE ELAB.

T 0 0 I A 3 0 A M B R E 0 2

B

-

B	Emissione a seguito istruttoria ANAS	Giugno 2021	Microbel	Microbel	Scoppetta
A	Emissione definitiva	Febbraio 2020	Microbel	Microbel	Scoppetta
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>SITUAZIONE ANTE OPERAM</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>QUADRO NORMATIVO</b> .....	<b>7</b>
4.1	Normativa nazionale.....	7
4.2	Normativa regionale .....	12
<b>5</b>	<b>Quadro meteo-climatico locale</b> .....	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>VALUTAZIONE DELLO STATO ANTE OPERAM</b> .....	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>METODOLOGIA DI ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI</b> .....	<b>18</b>
7.1	Ambiti di interferenza.....	21
7.1.1	Fase di cantiere .....	21
7.1.2	Fase di esercizio.....	22
<b>8</b>	<b>STIMA DELLE EMISSIONI PER LA PREVISIONE DELL'IMPATTO ATMOSFERICO POST OPERAM</b> .....	<b>23</b>
8.1	Fase di cantiere .....	23
8.1.1	Tipologia di emissioni in fase di cantiere.....	25
8.1.2	Stima delle emissioni .....	25
8.1.3	Unpaved Roads - Mezzi in transito su strade non pavimentate .....	26
8.1.4	Aggregate Handling and Storage Piles – Cumuli di terra, carico e scarico .....	27
8.1.5	Azione eolica sui cumuli in stoccaggio temporaneo .....	28
8.1.6	Attività di escavazione.....	29
8.1.7	Emissioni dai gas di scarico di macchine e mezzi d'opera.....	29
8.2	Fase di esercizio.....	31
8.2.1	Emissioni in fase di esercizio .....	31
8.2.2	Scenari di emissione.....	33
<b>9</b>	<b>ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI POST OPERAM</b> .....	<b>34</b>
<b>10</b>	<b>ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI IN CORSO D'OPERA</b> .....	<b>36</b>
<b>11</b>	<b>MISURE DI MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI</b> .....	<b>42</b>
11.1	Fase di cantiere – interventi di mitigazione diretti .....	42
11.2	Fase di esercizio.....	42
<b>12</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>44</b>
	<b>ALLEGATO I – PLANIMETRIA E ALTIMETRIA OPERA IN PROGETTO</b> .....	<b>45</b>
	<b>ALLEGATO II – METEOROLOGIA LOCALE</b> .....	<b>48</b>
	<b>ALLEGATO III – DETERMINAZIONE DATI DI EMISSIONE FASE DI CANTIERE</b> .....	<b>54</b>
	<b>ALLEGATO IV – VOLUMI DI TRAFFICO</b> .....	<b>57</b>
	<b>ALLEGATO V – POSIZIONE PUNTI RICETTORE</b> .....	<b>60</b>
	<b>ALLEGATO VI – MAPPE CALCOLATE POST OPERAM</b> .....	<b>61</b>
	<b>ALLEGATO VII – CRONOPROGRAMMA LAVORI</b> .....	<b>77</b>

<b>ALLEGATO VIII – INQUADRAMENTO AREE DI CANTIERE .....</b>	<b>79</b>
<b>ALLEGATO IX – MAPPE CALCOLATE CORSO D’OPERA .....</b>	<b>82</b>

## 1 PREMESSA

Nella presente relazione verrà studiato l'impatto atmosferico ambientale prodotto dalla realizzazione della strada extraurbana SS212 "della Val Fortore" per quanto riguarda il 1° lotto relativo alla variante all'abitato di San Marco dei Cavoti (BN), proposta da ANAS S.p.A. come strada extraurbana di tipo C.

Il presente documento è redatto dall'ing. Franco Bertellino e dall'ing. Enrico Natalini.

## 2 SITUAZIONE ANTE OPERAM

La strada statale 212 della Val Fortore parte da Benevento proseguendo poi verso nord in direzione di Sant'Elia a Pianisi. L'area di interesse riguarda il tratto tra San Marco dei Cavoti (BN) e San Bartolomeo in Galdo (BN), in particolare il tratto riferito alla variante all'abitato di San Marco dei Cavoti.

Il territorio in cui si inquadra l'intervento è caratterizzato prevalentemente da zone agricole, con bassa densità abitativa; la maggior parte delle zone edificate sono di tipo produttivo/commerciale.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area è di tipo collinare, con quote tra i 600 e i 700 m s.l.m.

La viabilità è costituita dalla SS 212var, proveniente dal bivio di Reino, che si unisce a est del centro abitato di San Marco dei Cavoti alla SS 369, che attraversa il centro abitato, e da altre strade minori.



Figura 1 - Inquadramento della zona di studio

### 3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'opera in progetto rientra negli interventi previsti lungo la SS 212 "della Val Fortore" tra San Marco dei Cavoti (BN) e San Bartolomeo in Galdo (BN). In particolare, si riferisce alla realizzazione della variante all'abitato di San Marco dei Cavoti.

L'area interessata dell'opera in progetto ricade prevalentemente nel Comune di San Marco dei Cavoti e per un breve tratto, che riguarda la carreggiata sinistra e il sottostante corpo stradale in rilevato tra le progressive chilometriche di progetto 0+200 e 0+500, nel comune di Reino (BN).

La progressiva chilometrica del tracciato della variante in progetto ha origine in corrispondenza della rotatoria sul tratto di SS 212var già costruito dalla Provincia di Benevento per collegare l'area P.I.P. di San Marco dei Cavoti al tratto di SS 212var preesistente, realizzato da ANAS, proveniente da Benevento.

Il termine della progressiva chilometrica di progetto, distante circa 1500 m, si trova in corrispondenza della rotatoria prevista per il raccordo dell'infrastruttura alla viabilità locale alla periferia nord-ovest dell'area urbana e al tratto di variante alla SS 212 al confine nord-ovest del centro abitato di San Marco dei Cavoti, attualmente in fase esecutiva, proposto da ANAS in un precedente iter autorizzativo.

L'andamento planimetrico mostra brevi tratti rettilinei raccordati da curve destrorse ad ampio raggio; il raggio minimo risulta pari a 380 m.

Per quanto riguarda l'andamento altimetrico, il tracciato è in salita nella direzione delle chilometriche crescenti, con una pendenza massima del 7 %, raggiunta nel tratto finale.

Il corpo stradale è prevalentemente in rilevato, ad eccezione di un tratto di 120 m con presenza di un sottovia e di un tratto in trincea tra il sottovia e la rotatoria di arrivo.

La strada in progetto è di tipo C1 – extraurbana secondaria, con piattaforma di 10,50 m di larghezza costituita da carreggiata unica a due corsie larghe 3,75 m ciascuna e banchine da 1,50 m.

Inoltre, il progetto prevede l'adeguamento in sede del tratto di SS 212var esistente proveniente dal bivio di Reino, di lunghezza pari a 976 m, che precede il tratto di nuova realizzazione.

Il tratto di adeguamento in sede ha inizio con innesto in corrispondenza della rotatoria esistente a quattro bracci situata lungo la S.S. 212var nell'area di "Contrada San Paolo", nel Comune di San Marco dei Cavoti.

Due rami della rotatoria permettono la continuità della strada SS 212var (da Sud a Nord), mentre il terzo ed il quarto permettono di raggiungere le viabilità comunali di Contrada San Paolo.

Il tratto di adeguamento in sede procedendo in direzione S. Bartolomeo in Galdo termina con la nuova rotatoria di progetto R1A a 4 bracci, due che permettono la continuità tra il tratto in adeguamento e il tratto di nuova realizzazione e i due bracci (da Est a Ovest) che assicurano, invece, la continuità con Via S. Paolo e la distribuzione dei flussi lungo le arterie minori.

Planimetricamente, dopo un rettilineo lungo circa 98 metri circa, il tracciato si snoda in due ampie curve, entrambe in destra, la prima di raggio 480 m e la seconda di raggio 840, raccordate da adeguate clotoidi di transizione. Tra le due curve è presente un rettilineo di lunghezza pari a 93 metri.

Alla pk 0+780 inizia un rettilineo lungo 119 metri che porta ad una decisa curva a destra, di raggio 130 metri, con adeguate clotoidi di transizione. Tale curva conduce, dopo un breve rettilineo, all'innesto con la rotatoria di progetto R1A, che segna la fine del tratto in adeguamento.

Altimetricamente l'asse presenta un andamento piuttosto sinuoso, composto principalmente da tre raccordi parabolici il primo concavo di raggio 3.000 e gli altri due convessi di raggio rispettivamente 7.500 e 4.000 metri.

Tutti questi elementi sono tangenti a livellette la cui pendenza massima è del 6,30%.

La piattaforma nel tratto in adeguamento può essere suddivisa in due tratti caratteristici; il primo tratto, da pk 0+000 a pk 0+200, caratterizzato da una sezione di tipo C1 con piattaforma di larghezza complessiva pari a 10.50 m costituita da una carreggiata bidirezionale a due corsie di 3.75 m di larghezza e banchine da 1.50; il secondo tratto, che va da pk 0+200 fino a fine tracciato, caratterizzato da una sezione di tipo C1 con complanare di servizio.

Nel secondo tratto la piattaforma è costituita da una carreggiata bidirezionale a due corsie di 3.75 m di larghezza, con banchine da 1.50 m, per una larghezza complessiva di 10.50 m a cui si affianca la strada di servizio, separata da uno spartitraffico largo 1.20 m dove è installata una opportuna barriera di sicurezza tipo ANAS.

La strada di servizio ha una larghezza complessiva della carreggiata pari a 5 m ed è costituita da una corsia di 3.50 m e banchine di 1.00 m. In rilevato gli elementi marginali sono costituiti da arginelli erbosi, di larghezza minima pari a 1,30 m, che alloggiavano le barriere di sicurezza, delimitati a bordo piattaforma da cordolo in conglomerato bituminoso.

In ALLEGATO I sono riportate planimetria, altimetria e sezione tipo dell'opera in progetto.

## 4 QUADRO NORMATIVO

### 4.1 Normativa nazionale

In ambito nazionale il documento normativo di riferimento in materia di qualità dell'aria è costituito dal D.Lg.155/2010 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" (GU n.216 del 15-9-2010 - Suppl. Ordinario n. 217), poi seguito dal D.Lg. 250/2012 "Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" (GU n.23 del 28-1-2013) che ha permesso di apportare alcune modifiche dovute alla necessità di superare alcune problematiche emerse nel corso della prima applicazione del D.lgs 155. Tale decreto ha attuato una radicale revisione attraverso il recepimento della Direttiva 2008/50/CE, che ha sostanzialmente abrogato tutte le norme precedentemente vigenti. Fanno eccezione le disposizioni relative alle emissioni e alle loro autorizzazioni, che continuano ad essere normate dal D.Lgs 152/06 e successive modifiche. L'obiettivo del D.lgs 155/10 (art. 1) è quello di istituire un quadro normativo unitario in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria, al fine di:

- individuare obiettivi di qualità dell'aria ambiente volti a evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- valutare la qualità dell'aria ambiente sulla base di metodi e criteri comuni su tutto il territorio nazionale;
- ottenere informazioni sulla qualità dell'aria ambiente come base per individuare le misure da adottare per contrastare l'inquinamento e gli effetti nocivi dell'inquinamento sulla salute umana e sull'ambiente e per monitorare le tendenze a lungo termine, nonché i miglioramenti dovuti alle misure adottate;
- mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove buona, e migliorarla negli altri casi;
- garantire al pubblico le informazioni sulla qualità dell'aria ambiente;
- realizzare una migliore cooperazione tra gli Stati dell'Unione europea in materia di inquinamento atmosferico.

Con l'entrata in vigore del D.lgs 155/2010 sono state abrogate le norme precedentemente in vigore, per regolamentare i livelli in aria ambiente di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), monossido di carbonio (CO), particolato (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>), piombo (Pb) benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), oltre alle concentrazioni di ozono (O<sub>3</sub>) e ai livelli nel particolato PM<sub>10</sub> di cadmio (Cd), nichel (Ni), arsenico (As) e benzo(a)pirene (BaP). Gli strumenti definiti dal decreto per la gestione della qualità dell'aria sono:

- zonizzazione e classificazione del territorio;
- sistemi di valutazione della qualità dell'aria;
- piani per la riduzione dei livelli di inquinamento, per il mantenimento e per la gestione degli eventi acuti.

La zonizzazione e la classificazione del territorio spetta alle Regioni e alle Province Autonome e ha l'obiettivo di individuare porzioni di territorio omogenee dal punto di vista della valutazione della qualità dell'aria ambiente per ciascuno degli inquinanti normati. La suddivisione del territorio viene effettuata prioritariamente attraverso l'individuazione di agglomerati (area urbane caratterizzate da specifiche caratteristiche di unitarietà spaziale e di densità di popolazione) e in seconda battuta delle altre zone. I criteri per la zonizzazione sono definiti dettagliatamente nell'Appendice 1 del decreto.

La valutazione della qualità dell'aria ambiente all'interno di ogni agglomerato/zona spetta alle Regione e alle Province Autonome ed è fondata su una rete di misura e su un programma di valutazione in cui vengono indicate le stazioni di misurazione della rete di misura utilizzate per le misurazioni in siti fissi e per le misurazioni indicative, le tecniche di modellizzazione e le tecniche di stima obiettiva. La possibilità di impiegare metodologie diversificate è stabilita per ogni inquinante in base alla definizione di soglie di valutazione superiore e inferiore. Al di sopra delle soglie di valutazioni superiore la valutazione della qualità dell'aria ambiente può essere effettuata esclusivamente mediante rilievi in postazioni fisse. Al di sotto di tale soglia le misurazioni in siti fissi possono essere combinate con misurazioni indicative o tecniche di modellizzazione e, per l'arsenico, il cadmio, il nichel ed il benzo(a) pirene, le misurazioni in siti fissi o indicative possono essere combinate con tecniche di modellizzazione. Al di sotto della soglia di valutazione inferiore è previsto, anche in via esclusiva, l'utilizzo di tecniche di modellizzazione o di stima obiettiva. Il superamento delle soglie di valutazione superiore e delle soglie di valutazione inferiore deve essere determinato in base alle concentrazioni degli inquinanti nell'aria ambiente nei cinque anni civili precedenti. Il superamento si realizza se la soglia di valutazione è stata superata in almeno tre sui cinque anni civili precedenti.

La valutazione della qualità dell'aria ambiente è il presupposto per l'individuazione delle aree di superamento dei valori, dei livelli, delle soglie e degli obiettivi previsti dal D.Lg. 155/10. In presenza di un superamento dei limiti normativi spetta alle Regione e alle Province Autonome predisporre i piani e le misure da adottare per assicurare il contenimento delle concentrazioni al di sotto delle prescrizioni normative. Gli interventi devono essere definiti secondo criteri di efficienza ed efficacia e devono agire sull'insieme delle principali sorgenti di emissione, ovunque localizzate, che influenzano le aree in cui si è riscontrato il superamento, senza l'obbligo di estendersi all'intero territorio della zona o dell'agglomerato, né di limitarsi a tale territorio. Le modalità e i contenuti dei piani, differenziati per inquinante e per tipologia di limite di riferimento sono definiti negli allegati e nelle appendici del decreto.

Gli indicatori della qualità dell'aria correlabili alle attività per la futura configurazione dello svincolo sono:

- il particolato avente diametro aerodinamico inferiore a 10  $\mu\text{m}$  (PM10): deriva dalle emissioni prodotte dal traffico veicolare su gomma, a seguito dell'usura di freni e pneumatici e al risollevarsi di polveri, depositate sulla carreggiata. Esso ha la caratteristica di penetrare nel tratto superiore delle vie aeree o tratto extra-toracico (cavità nasali, faringe e laringe) causando irritazioni, secchezza, infiammazioni del naso e della gola e fenomeni di sensibilizzazione sfocianti anche in manifestazioni allergiche;
- il particolato avente diametro aerodinamico inferiore a 2,5  $\mu\text{m}$  (PM2,5): costituisce circa il 60% del PM10, di cui rappresenta la frazione più piccola, e dai prodotti derivanti dalle reazioni chimico - fisiche tra i gas di scarico degli autoveicoli ed alcuni elementi presenti nell'atmosfera. Il PM2,5 è anche definito come "frazione respirabile" poiché ha la caratteristica di penetrare fino alle parti più inferiori dell'apparato respiratorio o tratto tracheobronchiale (trachea, bronchi, alveoli polmonari) provocando gravi malattie respiratorie e inducendo formazioni neoplastiche.
- metalli pesanti: Pb, Ni, Cd, As, che sono veicolati dal particolato.
- inquinanti gassosi da mezzi pesanti: monossido di carbonio (CO), anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO e NO<sub>2</sub>) ed ozono (O<sub>3</sub>); benzo(a)pirene BaP come rappresentante della classe degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (I.P.A.) e BTX.

Di seguito una descrizione degli inquinanti:

#### **Polveri sottili (PM10)**

Il PM10 è definito come il materiale particolato che attraversa appositi ugelli di diametro aerodinamico di 10 µm con un'efficienza del 50%. Le particelle, solide o liquide (esclusa l'acqua), sospese in aria sono comunemente definite come materiale particolato (particulate matter o in acronimo PM). Queste particelle sospese hanno dimensioni che variano da pochi nanometri (nm = miliardesimo di metro) a circa 100 micrometri (µm = milionesimo di metro). Le fonti del particolato atmosferico si dividono in fonti primarie e fonti secondarie. Le prime individuano emissioni dirette in atmosfera da sorgenti naturali (sale marino, azione del vento, pollini, incendi boschivi, eruzioni vulcaniche etc.) o antropiche (traffico veicolare, riscaldamento domestico, attività industriali, inceneritori etc.). Fonti secondarie possono essere fenomeni di condensazione di molecole in fase gassosa o reazioni chimiche. Nelle aree urbane il PM10 presente è prevalentemente di tipo secondario. Come già anticipato il PM10 è un inquinante tipicamente stagionale. In estate, con l'eliminazione del riscaldamento domestico, con la riduzione del contributo del traffico veicolare e soprattutto con la maggiore dispersione delle sostanze inquinanti favorita dalla differente turbolenza atmosferica, i valori di concentrazione sono decisamente inferiori.

#### **Polveri con frazione respirabile (PM2,5)**

Le particelle di dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio; è per questo motivo che viene attuata la misurazione ambientale di PM2,5 che rappresenta la frazione di particolato aerodisperso che attraversa appositi ugelli di diametro aerodinamico di 2,5 µm con un'efficienza del 50%.

#### **Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)**

Il Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>) è un gas di colore bruno, di odore pungente, irritante. È relativamente insolubile in acqua. Contribuisce alla formazione dello smog fotochimico, come precursore dell'Ozono, inoltre, trasformandosi in acido nitrico, è uno dei componenti delle piogge acide. Si forma in massima parte in atmosfera per ossidazione del Monossido di Azoto (NO), inquinante principale che si forma nei processi di combustione. I veicoli a motore, gli impianti di riscaldamento sono i responsabili principali della maggior parte della produzione antropica.

#### **Monossido di Carbonio (CO)**

Il Monossido di Carbonio (CO) è un gas incolore e inodore che si forma dalla combustione degli idrocarburi presenti in carburanti e combustibili. La principale sorgente di CO è rappresentata dai gas di scarico dei veicoli, soprattutto funzionanti a bassi regimi, come nelle situazioni di traffico intenso e rallentato. Altre sorgenti sono gli impianti di riscaldamento e alcuni processi industriali, come la produzione di acciaio e di ghisa e la raffinazione del petrolio.

#### **Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)**

Il Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>) è un gas incolore, dall'odore pungente e irritante, solubile in acqua. Si forma nei processi di combustione per ossidazione dello zolfo presente nei combustibili solidi e liquidi (carbone, olio combustibile, gasolio). Le fonti di emissione sono pertanto da individuare negli impianti termici, di produzione di energia, di produzione industriale e nel traffico. Le concentrazioni nell'aria ambientale nelle città dei paesi sviluppati sono drasticamente diminuite in questi ultimi decenni in seguito al controllo più severo delle emissioni e un sempre maggiore utilizzo di combustibili a basso contenuto di zolfo.

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

L'Ozono (O<sub>3</sub>) è un gas altamente reattivo, fortemente ossidante, di odore pungente e, ad elevata concentrazione, di colore blu. Si concentra nella stratosfera ad una altezza compresa fra i 30 e i 50 chilometri dal suolo e la sua presenza protegge la troposfera dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole e dannose per la vita degli esseri viventi. L'Ozono presente nella troposfera (lo strato atmosferico compreso tra il livello del mare e i 10 chilometri di quota) e in

particolare nelle immediate vicinanze della superficie terrestre, è invece formato per reazioni fotochimiche attivate dalla luce solare ed è il principale costituente dello smog "fotochimico". Nel nostro emisfero si forma soprattutto nei mesi estivi nei quali più forte è l'irraggiamento solare e più elevata è la temperatura. Si forma all'interno di un ciclo di reazioni che coinvolgono in particolare gli Ossidi di Azoto e i Composti Organici Volatili, da cui derivano anche altre sostanze organiche (radicali liberi, perossidi) fortemente ossidanti. Per questi motivi le problematiche legate all'Ozono hanno la loro origine nell'ambiente urbano, dove si possono verificare episodi acuti di inquinamento.

### **Benzene**

Il Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) è l'idrocarburo aromatico con minor peso molecolare e il più tossico per la sua elevata cancerogenicità. È un liquido incolore, debolmente solubile in acqua. È un componente naturale delle benzine (con o senza piombo). L'uso industriale del Benzene o di materie prime che lo contengono (solventi) è fortemente limitato. Pertanto la fonte principale è costituita dai gas di scarico dei veicoli a motore alimentati a benzina, sia a causa della frazione di carburante incombusto sia a causa di reazioni di trasformazione di altri idrocarburi. Quote aggiuntive relativamente marginali sono attribuibili all'evaporazione dal vano motore, da serbatoi, da impianti di stoccaggio e distribuzione di carburanti.

Di seguito si riportano i limiti indicati dal D.lg. 155/2010 suddivisi per tipologia di inquinante dapprima suddivisi per tipologia di inquinante e quindi per finalità solamente per quel che concerne i limiti riferiti alla salute umana.

*Tabella 1 – Limiti ex D.lg. 155/2010 Inquinanti SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>*

Biossido di Zolfo	Valore Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo di mediazione	Legislazione
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile)	350	1 ora	D. Lvo n. 155 13/08/2010
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	125	24 ore	D. Lvo n. 155 13/08/2010
Livello critico per la protezione della vegetazione	20	Anno civile e inverno (1 ott – 31 mar)	D. Lvo n. 155 13/08/2010
Soglia di allarme	500	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)	D. Lvo n. 155 13/08/2010

Biossido di Azoto	Valore Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo di mediazione	Legislazione
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	200	1 ora	D. Lvo n. 155 13/08/2010
Valore limite protezione salute umana	40	Anno civile	D. Lvo n. 155 13/08/2010
Soglia di allarme	400	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)	D. Lvo n. 155 13/08/2010

Ossidi di Azoto	Valore Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo di mediazione	Legislazione
Livello critico per la protezione della vegetazione	30	Anno civile	D. Lvo n. 155 13/08/2010

Monossido di Carbonio	Valore Limite (mg/m <sup>3</sup> )	Periodo di mediazione	Legislazione	
	Valore limite protezione salute umana	10	8 ore	D. L.vo n. 155 13/08/2010
Ozono	Valore Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo di mediazione	Legislazione	
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana (da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni)	120	8 ore	D. L.vo n. 155 13/08/2010
	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	18000	AOT40 (mag-lug) su 5 anni	D. L.vo n. 155 13/08/2010
	Soglia di informazione	180	1 ora	D. L.vo n. 155 13/08/2010
	Soglia di allarme	240	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)	D. L.vo n. 155 13/08/2010
Particolato Fine PM10	Valore Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo di mediazione	Legislazione	
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile)	50	24 ore	D. L.vo n. 155 13/08/2010
	Valore limite protezione salute umana	40	Anno civile	D. L.vo n. 155 13/08/2010
Particolato Fine PM2.5	Valore Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Periodo di mediazione	Legislazione	
	Valore limite protezione salute umana	25	Anno civile	D. L.vo n. 155 13/08/2010

Tabella 2 – Valori obiettivi e limiti di legge per la salute umana

Inquinante	Tipo di Limite	Limite
SO <sub>2</sub>	Limite orario	350 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 24 volte all'anno
	Limite giornaliero	125 µg/m <sup>3</sup> da non superare per più di 3 giorni all'anno
NO <sub>2</sub>	Limite orario	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare per più di 18 volte all'anno
	Limite annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
CO	Limite giornaliero	10 mg/m <sup>3</sup> (media mobile su 8 ore)
O <sub>3</sub>	Valore obiettivo	120 µg/m <sup>3</sup> (media mobile su 8 ore da non superare per più di 25 volte all'anno)
PM10	Limite giornaliero	50 µg/m <sup>3</sup> (da non superare più di 35 giorni all'anno)
	Limite annuale	40 µg/m <sup>3</sup>
PM2.5	Limite annuale	25 µg/m <sup>3</sup> (dal 2015)
Benzene	Limite annuale	5 µg/m <sup>3</sup>
B(a)P	Valore obiettivo	1 ng/m <sup>3</sup> (media annua)
As	Valore obiettivo	6 ng/m <sup>3</sup> (media annua)
Cd	Valore obiettivo	5 ng/m <sup>3</sup> (media annua)
Ni	Valore obiettivo	20 ng/m <sup>3</sup> (media annua)
Pb	Limite annuale	0.5 µg/m <sup>3</sup>

*Tabella 3 – Soglia di allarme e informazione per la salute umana*

Inquinante	Tipo di soglia	Valori soglia
SO <sub>2</sub>	Soglia di allarme	500 µg/m <sup>3</sup> misurata su tre ore consecutive
NO <sub>2</sub>	Soglia di allarme	400 µg/m <sup>3</sup> misurata su tre ore consecutive
O <sub>3</sub>	Soglia di informazione	180 µg/m <sup>3</sup> (media oraria)
	Soglia di allarme	240 µg/m <sup>3</sup> (media oraria)

## 4.2 Normativa regionale

Il D.Lgs. 155/2010 s.m.i. assegna alla responsabilità ambientale delle Regioni le attività di monitoraggio sulla qualità dell'aria.

La Regione Campania ha adottato un Piano regionale di risanamento e mantenimento della qualità dell'aria approvato con delibera di Giunta Regionale n. 167 del 14/02/2006 e pubblicato sul BURC numero speciale del 5/10/2007, con gli emendamenti approvati dal Consiglio Regionale nella seduta del 27/06/2007.

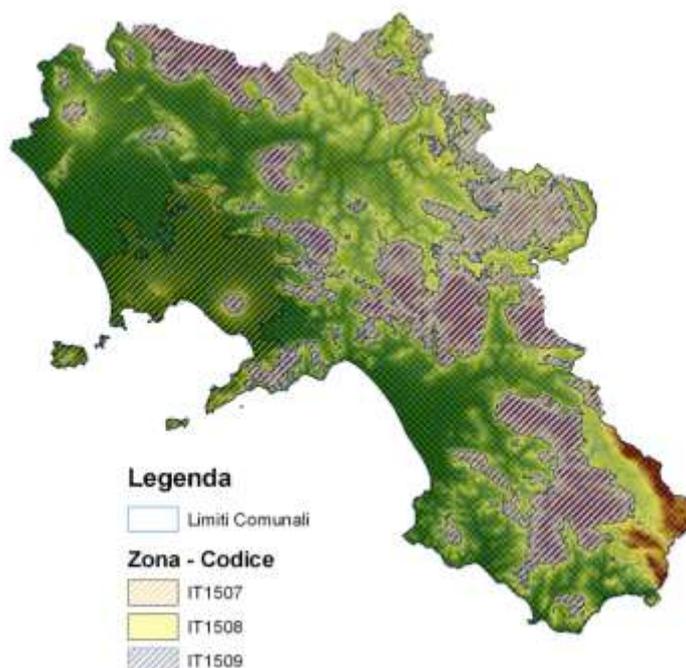
Successivamente il Piano, nelle more del suo aggiornamento, è stato integrato con:

la Delibera della Giunta Regionale n. 811 del 27/12/2012, che integra il Piano con delle misure aggiuntive volte al contenimento dell'inquinamento atmosferico;

la Delibera della Giunta Regionale n. 683 del 23/12/2014, che integra il Piano con la nuova zonizzazione regionale

- zona IT1507 – agglomerato Napoli-Caserta;
- zona IT1508 – area costiera-collinare;
- zona IT1509 – area montuosa;

La zonizzazione è rappresentata nella seguente figura.



*Figura 2 - Zonizzazione regionale relativa alla qualità dell'aria*

## 5 Quadro meteo-climatico locale

I dati utilizzati per la caratterizzazione del sito sono stati acquisiti mediante l'elaborazione e l'analisi dei dati resi disponibili da meteoblu (www.meteoblu.com). Si veda al proposito l'allegato II. La caratterizzazione è avvenuta allo scopo di determinare la classe di stabilità atmosferica secondo la teoria di Pasquill. La stabilità dell'aria è una caratteristica dell'atmosfera da cui dipende la maggior parte dei fenomeni legati a movimenti verticali dell'aria, quali la formazione di nubi a sviluppo verticale o nubi termoconvettive. La stabilità dell'aria dipende dal gradiente termico verticale (la variazione della temperatura dell'aria con la quota, rappresentata dalla curva di stato).

La classe di stabilità atmosferica rappresenta un importante indicatore utilizzato per definire il potenziale di rigenerazione della qualità dell'aria, in quanto connesso alla turbolenza dei bassi strati dell'atmosfera, vale a dire alla capacità di disperdere gli inquinanti aeriformi.

Le classi di stabilità atmosferica sono un metodo di classificazione della stabilità atmosferica creato da Frank Pasquill nel 1961 secondo il quale le categorie di stabilità classificano la stabilità atmosferica in funzione della velocità del vento a 10 m dal suolo, della radiazione solare, della copertura del cielo e del momento della giornata in cui ci si trova (giorno o notte), secondo quanto riportato nello schema successivo. La turbolenza atmosferica viene suddivisa in sei categorie di stabilità chiamate A, B, C, D, E e F, dove la categoria A è la più instabile e la categoria F identifica la più stabile (o meno turbolenta).

Tabella 4 – Corrispondenze tra le categorie di Pasquill, e intensità della velocità del vento a 10m, radiazione solare globale e radiazione solare netta

Velocità del vento al suolo	Radiazione solare diurna			Copertura nuvolosa notturna (nubi basse)	
	Forte	Moderata	Debole	Coperto o > 50%	< = 50%
< 2	A	A - B	B	E	F
2-3	A - B	B	C	E	F
3-5	B	B - C	C	D	E
5-6	C	C - D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

**Note:**  
 (1) La classe D (neutrale) si applica con cielo coperto da densa coltre nuvolosa, indipendentemente dalla velocità del vento sia di notte che di giorno e dalle condizioni del cielo durante l'ora precedente o seguente la notte come definita alla nota 3.  
 (2) L'insolazione forte è riferita a giornate assolate di mezza estate; l'insolazione debole a condizioni similari a metà inverno.  
 (3) Le ore notturne coprono l'arco di tempo che va da 1 ora prima del tramonto ad 1 ora dopo l'alba.

In termini quantitativi, vale la seguente tabella:

Velocità vento al suolo (m/s)

Radiazione solare diurna [W/m<sup>2</sup>]

	> 582	582÷291	291÷145	<145
	Forte	Moderata	Debole	Molto debole
<2	A	A/B	B	D
2-3	A/B	B	C	D
3-4	B	B/C	C	D
4-6	C	C/D	D	D
>6	C	D	D	D

Le categorie di stabilità rappresentano condizioni di dispersione e di rimescolamento verticale dell'atmosfera, man mano decrescente a partire dalla classe A fino alla classe F+G. Da un punto di vista generale, tali classi possono essere così individuate:

A	Condizioni estremamente instabili
B	Condizioni moderatamente instabili
C	Condizioni leggermente instabili
D	Condizioni di neutralità
E	Condizioni leggermente stabili
F	Condizioni moderatamente stabili
G	Estremamente stabile

In condizioni di stabilità (classi F e G) le sostanze inquinanti permangono più a lungo allo stesso livello, tali condizioni influenzano la dispersione verticale degli inquinanti nelle immediate vicinanze della fonte, in quanto ad una maggiore stabilità si associa un minore trasporto verticale. In condizioni di instabilità (classe A forte instabilità, B instabilità, C debole instabilità), i vortici di turbolenza raggiungono dimensioni notevoli e di conseguenza la dispersione degli inquinanti risulta velocissima. La classe D rappresenta la neutralità e in tale condizione la turbolenza atmosferica risulta bassa e la dispersione e la salita della nuvola dell'inquinante risultano inibite.

I dati meteorologici analizzati permettono pertanto di trarre le seguenti conclusioni relative alla determinazione della stabilità atmosferica secondo Pasquill:

- Periodo di analisi: sono stati analizzati i dati dal 01-01-2010 al 31-01-2020;
- Radiazione solare globale nel periodo estivo: compresa fra 180 e 350 W/m<sup>2</sup> (moderata);
- Vento: mediamente compreso fra 1 e 8 m/s, con valore medio 5,1 m/s;

Pertanto la zona in esame si può classificare come classe C/D (leggermente instabile/neutralità), che per la normativa TA Luft si traduce in classe III/2 o III/1. Cautelativamente si assume la classe III/1.

## 6 VALUTAZIONE DELLO STATO ANTE OPERAM

Arpac gestisce la rete di monitoraggio della qualità dell'aria per la regione Campania. I dati della rete di monitoraggio vengono diffusi ogni giorno sul sito internet [www.arpacampania.it](http://www.arpacampania.it), attraverso un bollettino quotidiano per ogni zona che riporta i valori di concentrazione massimi orari e medi giornalieri per inquinanti come biossido di azoto, monossido di carbonio, ozono, benzene, biossido di zolfo, particolato PM10 e PM2.5. Nel caso in esame è stata considerata la stazione di monitoraggio più prossima al sito in esame, collocata a Benevento. È stata selezionata la stazione #28 – Benevento Campo Sportivo per la maggiore disponibilità di dati per i diversi inquinanti.

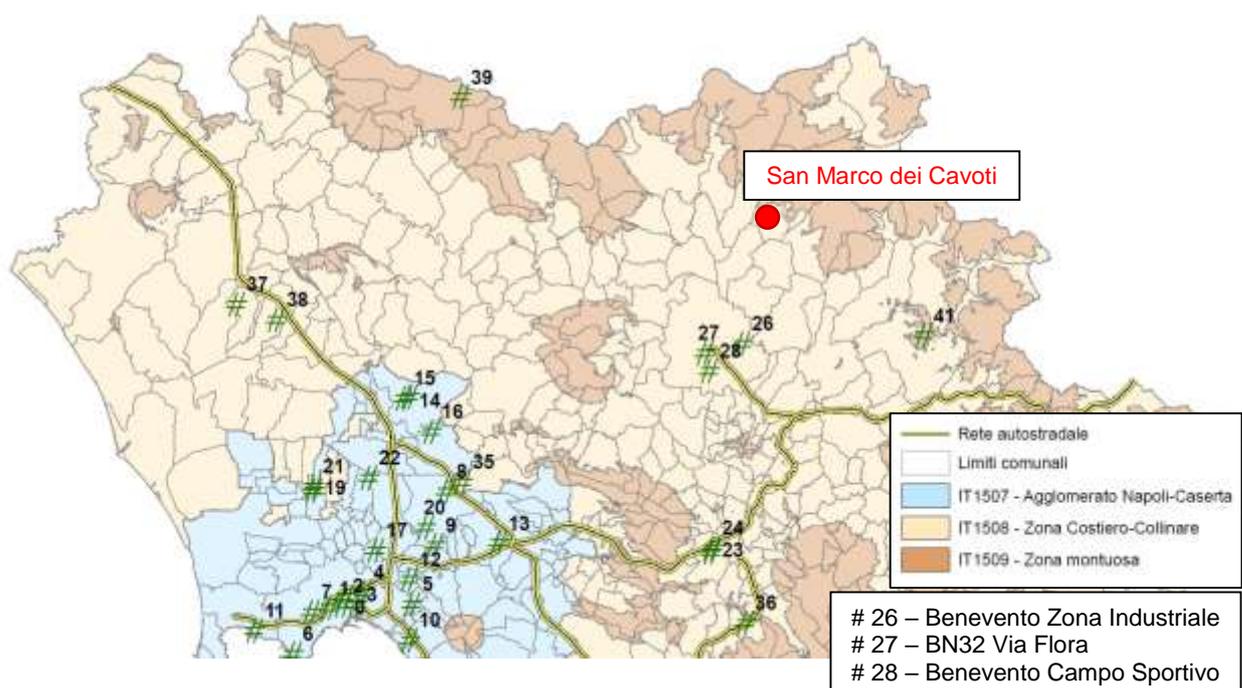


Figura 3 – Estratto ubicazione delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria ARPAC

La caratterizzazione della qualità dell'aria per l'area di studio è stata effettuata facendo riferimento ai dati validati annuali reperiti tramite il portale Arpa Campania (<https://old.arpacampania.it/web/guest/dati-validati-annuali>) per gli ultimi tre anni disponibili, ossia 2019, 2018 e 2017. Nella seguente tabella sono riportati i dati relativi ai diversi indicatori per ciascun anno e i valori mediati sui tre anni.

Codice zona	Nome zona	Nome stazione
IT1508	zona costiero collinare	Benevento Campo sportivo

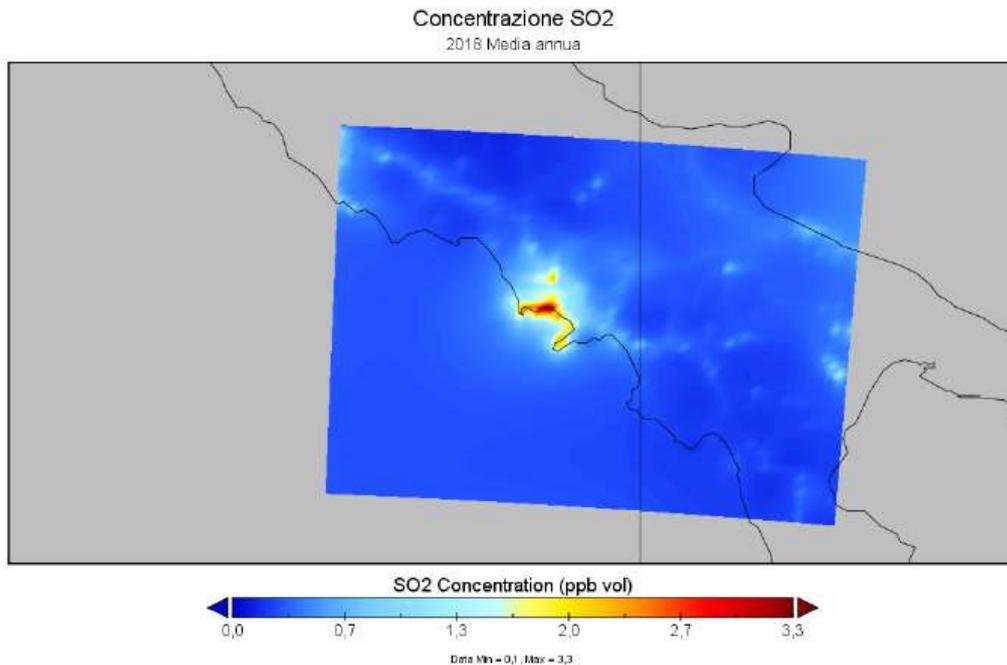
Inquinante	Tipo aggregazione	Valore anno 2017	Valore anno 2018	Valore anno 2019	Media	Valore Massimo DLgs.vo 155/2010	Unità di misura
C6H6	media annua	0.7	0,8	0,6	0,7	5	ug.m-3
PM10	media annua	27.2	23	28	25,5	40	ug.m-3
PM10	giorni di superamento valore limite 50	24	9	29	21	35	numero
PM2.5	media annua	18.2	13	16	14,5	25	ug.m-3
O3	giorni di superamento valore limite 120 (OLT)	78	11	2	30	0	numero
NO2	media annua	18.2	16	18	17	40	ug.m-3
NO2	ore di superamento valore limite 200	0	0	0	0	18	numero
As in PM10	media annua		0,6	0,5	0,55	6	ng.m-3
Cd in PM10	media annua		0,18	0,1	0,14	5	ng.m-3
Ni in PM10	media annua		9	3	6	20	ng.m-3
Benzo(a)pyrene in PM10	media annuale		0,82		0,82	1	ng.m-3

Per quanto riguarda il monossido di carbonio CO e il biossido di zolfo SO<sub>2</sub>, inquinanti rilevanti nel caso di inquinamento dovuto a traffico veicolare, non essendo previsto il rilevamento di tali dati nella stazione di monitoraggio sopra citata sono stati presi come riferimento per la condizione ante operam dati reperibili attraverso altre fonti.

In particolare, per quanto riguarda il monossido di carbonio sono stati analizzati i dati relativi all'ultimo anno disponibile (2011) per la stazione situata a Benevento BN32 – Palazzo del Governo. Tali dati sono reperibili tramite la banca dati BRACE della Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale ([http://www.brace.sinanet.apat.it/web/struttura.html?p\\_livello\\_1=3&p\\_main=web/sh\\_dg.inizio&p\\_scroll=yes](http://www.brace.sinanet.apat.it/web/struttura.html?p_livello_1=3&p_main=web/sh_dg.inizio&p_scroll=yes)).

Comune	<b>Benevento</b>
Stazione	<b>BN32 PALAZZO DEL GOVERNO</b>
Inquinante	<b>Monossido di carbonio [CO]</b>
Anno	<b>2011</b>
Media annuale	<b>0,82</b>
Unità di misura	<b>mg/m3</b>

Per quanto riguarda il biossido di zolfo, viene utilizzato il dato relativo all'anno 2018 riportato nella "Relazione dataset C 2018 Campania".



<b>SO2</b>	0,6	ppb vol
	1,57	µg/m3

*Figura 4 – Estratto “Relazione dataset C 2018 Campania” – Concentrazione SO2 media annua*

Come si può osservare, i dati rilevati attestano una buona qualità dell’aria, che non rivela superamenti dei limiti ai sensi d.lg. 155/2010 ad eccezione dell’ozono.

In Sintesi, dall’analisi di qualità dell’aria relativamente all’area allo studio è possibile trarre le seguenti conclusioni per le varie sostanze monitorate e per le quali esistono dei valori limite di legge (D.Lgs 155/2010 e smi):

- Biossido di Azoto (NO2): la situazione si presenta non critica per le stazioni studiate presenti nell’area di studio in particolare per gli anni 2017-2019 sia per quanto riguarda i valori di media annuale che di superamenti del valore di media oraria.
- Particolato (PM10): nella stazione analizzata non si registrano superamenti del valore limite sia sulle medie giornaliere che sulla media annuale.
- Ozono (O3): in tutti gli anni valutati si rileva un numero maggiore al limite di giorni di superamento del valore limite di 120 OLT, sebbene con andamento decrescente nel tempo.
- Metalli pesanti e IPA: sono stati valutati solo in alcuni anni tra quelli analizzati, ma mostrano, per tutti i parametri, valori ben al di sotto dei limiti.

## 7 METODOLOGIA DI ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

L'attività di supporto specialistico volta all'analisi e alla valutazione dei potenziali impatti atmosferici indotti dal progetto mira a verificare, mediante il ricorso a specifica modellistica numerica di tipo diffusionale, le possibili alterazioni allo stato qualitativo dell'aria indotte dalle nuove emissioni implicitamente insite nel progetto, riferibili sia alla fase di cantiere, sia a quella di esercizio.

La metodologia di valutazione degli impatti si sviluppa, infatti, anche per la componente atmosfera, attraverso un processo logico in grado dapprima di sintetizzare, da un lato, le specificità del progetto e, dall'altro, quelle della componente ambientale, e successivamente di verificare la complessa rete di relazioni e interrelazioni fra i cosiddetti "sistema progetto" e "sistema ambientale", identificandone le possibili alterazioni indotte, definendone l'entità e la localizzazione e valutandone la complessiva sostenibilità.

Il progetto verrà, quindi, analizzato attraverso la verifica delle sue specificità tecniche potenzialmente in grado di produrre alterazioni, o più in generale, fattori di pressione, sulla componente atmosfera. Dette specificità saranno esplicitate principalmente attraverso la definizione delle azioni e degli ambiti di progetto, corrispondenti rispettivamente all'identificazione delle possibili sorgenti di impatto potenziale e dei relativi areali di localizzazione. In tal modo si perverrà alla definizione del cosiddetto "sistema di pressione antropica" intrinsecamente correlato al progetto analizzato, caratterizzato da tipologie, entità e areali di impatto sostanzialmente differenti in base alle singole fasi cronologiche di attuazione del progetto, sintetizzabili in due principali momenti di attività del progetto, comunemente denominati fase di cantiere e fase di esercizio.

La descrizione formale del sistema di pressione antropica avverrà attraverso la definizione, e successiva quantificazione, di specifici indicatori di pressione che, nel caso in esame, corrispondono alle nuove sorgenti emissive (di tipo particellare o aeriforme) introdotte dal progetto.

Detti fattori di pressione saranno quantificati attraverso il ricorso all'indicatore base descrittivo denominato "rateo di emissione", rappresentativo dell'entità delle sostanze inquinanti rilasciate in atmosfera nell'unità di tempo dalle sorgenti emissive di progetto. L'indicatore base di emissione potrà, ovviamente, variare in funzione della tipologia di emissione di volta in volta considerata, esplicitandosi attraverso più indicatori specifici rapportati, ad esempio, all'unità di superficie (nel caso di emissioni areali) o all'unità di lunghezza (nel caso di emissioni lineari).

In conformità alle indicazioni fornite dalla letteratura scientifica di riferimento e dal contesto normativo applicabile, gli indicatori selezionati sono quelli solitamente individuati per la caratterizzazione dello stato qualitativo dell'aria, esplicitato attraverso indicatori che possono differire in funzione del singolo parametro inquinante di riferimento. Si provvederà, quindi, dapprima alla selezione dei parametri di stato maggiormente rappresentativi della qualità dell'aria o maggiormente suscettibili di alterazioni in base alle specificità del sistema di pressione antropica, e successivamente alla loro descrizione attraverso l'elaborazione e l'analisi degli indicatori di stato più rappresentativi, intrinsecamente correlati alla concentrazione con la quale i singoli inquinanti possono trovarsi in atmosfera. Generalmente detti indicatori forniscono, per la singola concentrazione del singolo inquinante, il valore medio annuale, il valore medio giornaliero, il valore massimo orario, etc.

Nel caso specifico di interesse, in considerazione della tipologia di progetto e delle emissioni ad esso associate, gli indicatori dello stato qualitativo dell'aria saranno selezionati in relazione ai principali inquinanti, aeriformi e

particellari, che potranno essere rilasciati in atmosfera nel corso delle fasi di cantiere e di esercizio, facendo particolare riferimento alle sostanze tipicamente emesse dal traffico veicolare.

Le potenziali alterazioni dello stato qualitativo dell'aria, esplicitate attraverso le relative e correlate alterazioni prevedibili per i macro-indicatori di stato precedentemente selezionati, saranno quantificate e localizzate attraverso l'utilizzo di specifica modellistica numerica di tipo diffusionale, in grado di stimare numericamente gli effetti prodotti dai fattori di pressione ambientale selezionati. I suddetti macro-indicatori di stato saranno determinati in conformità alla tipologia di espressione prevista dalla vigente normativa di settore.

Sarà, così, possibile determinare l'entità dei contributi di impatto direttamente o indirettamente correlabili al progetto, esplicativi della sola alterazione (positiva o negativa) dello stato qualitativo dell'aria originata dal progetto.

In considerazione della contestuale presenza, all'interno del medesimo dominio di calcolo analizzato durante l'implementazione modellistica, di sorgenti emissive differenti rispetto a quelle simulate dal codice numerico, nonché delle trasformazioni chimiche degli inquinanti e dei significativi contributi secondari di tipo sovra-locale non quantificabili in via previsionale, si provvederà anche alla valutazione complessiva del futuro stato qualitativo dell'aria, verificando l'effetto sinergico di tutte le possibili fonti di inquinamento presenti. Ciò avverrà, in particolare, attraverso la verifica della sovrapposizione degli effetti attribuibili, da un lato, alle sole alterazioni prodotte dal progetto in esame e, dall'altro, alle altre sorgenti esterne presenti, ben rappresentate dal livello di inquinamento di fondo desumibile a partire dai dati sito-specifici di qualità dell'aria, disponibili in letteratura e opportunamente integrati con aggiornati rilievi di campo.

Si perverrà, in tal modo, alla valutazione globale della sostenibilità ambientale del progetto rispetto alla componente atmosfera di interesse e, laddove necessario od opportuno (fase di cantiere), si definiranno anche gli interventi di mitigazione più idonei per una sensibile limitazione dei potenziali fattori di interferenza e dei relativi effetti, calcolandone poi l'entità residua.

Il metodo applicato per l'individuazione degli impatti è, quindi, riconducibile all'utilizzo di una serie di strumenti e, in particolare, ad una serie di fasi analitiche sintetizzabili nella selezione di liste di controllo tra loro logicamente collegate e relazionate mediante un rapporto di tipo causa-effetto.

Le principali fasi analitiche propedeutiche all'espressione del giudizio complessivo di impatto sono:

- individuazione degli ambiti di progetto, in corrispondenza delle principali tipologie di opere e strutture, definitive e provvisorie, da realizzare;
- individuazione delle azioni di progetto potenzialmente interferenti, ovvero delle tipologie di azioni e attività che, durante la fase di cantiere o di esercizio, si presume possano avere effetti sulla componente atmosfera, modificandone lo stato qualitativo iniziale;
- individuazione dei fattori di pressione ambientale, ovvero delle azioni di progetto che agiscono da detrattori ambientali, generando pressione sulla componente atmosfera inducendone una variazione dello stato iniziale;
- individuazione degli impatti ambientali conseguenti la realizzazione e l'esercizio del tracciato di progetto, mediante l'utilizzo di specifici indicatori esplicitati, nel caso in esame, da stime quantitative;
- presentazione e valutazione delle soluzioni progettuali e gestionali adottate per mitigare, limitare e contenere gli impatti ambientali;
- individuazione e quantificazione degli effetti ambientali residui a seguito dell'introduzione delle opere, interventi o accorgimenti di mitigazione.

La suddetta metodologia di lavoro risulta coerente con quanto indicato dalla UNI 10964:2001 “Studi di impatto ambientale - Guida alla selezione dei modelli matematici per la previsione di impatto sulla qualità dell'aria” e dalla UNI 10796:2000 “Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi - Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici”.

Dal punto di vista operativo, le fasi applicative attraverso le quali viene realizzata la suddetta metodologia di analisi e valutazione degli impatti, con particolare riferimento alla fase analitica della quantificazione numerica delle pressioni antropiche generate dal progetto a carico della componente atmosferica, sono le seguenti:

### **1. Acquisizione ed elaborazione dei dati territoriali (DTM, uso del suolo, ecc.)**

- a) Il dominio di calcolo sarà individuato facendo riferimento alla localizzazione del tratto di opera in oggetto, dei potenziali recettori individuabili sul territorio (abitato urbano, recettori sensibili, etc.) e della conformazione orografica e morfologica del territorio.
- b) L'area di studio, sufficientemente estesa, sarà individuata in un dominio di calcolo comprendente il nuovo tratto stradale ed i recettori individuati.

### **2. Acquisizione ed elaborazione delle informazioni relative al traffico autoveicolare e ai cantieri**

- a) Acquisizione dei dati derivanti dalla cantierizzazione e dallo studio del traffico, caratterizzazione dei flussi di traffico post operam e proiettati nel futuro, relativamente alle tratte investigate.
- b) Elaborazione dei dati di traffico, di cui al punto 2.a., per la stima delle emissioni in funzione della tipologia di veicoli (due ruote, auto, furgoni, camion etc.). A tale scopo saranno utilizzati i dati statistici derivanti dalla metodologia COPERT.
- c) Elaborazione dei profili di emissione specifici per inquinante e per ogni strada in base alla tipologia di dati a disposizione dallo studio del traffico (TGM o profili orari medi settimanali/giornalieri etc.).

### **3. Acquisizione ed Elaborazione dei dati meteorologici relativi ad un anno solare**

- a) Le stazioni meteorologiche (ARPA, Provincia, ISPRA etc.) presenti nel dominio di calcolo considerato, o in prossimità di questo, sono state selezionate sulla base della rappresentatività spaziale rispetto all'area allo studio ed in base ai parametri meteorologici misurati.
- b) Si sono acquisiti dati meteorologici di modelli previsionali tali da poter avere informazioni relative alla struttura verticale del campo di vento e di temperatura su tutto il dominio di calcolo.
- c) I dati meteorologici sono stati elaborati per predisporre una caratterizzazione meteo-climatica dell'area in esame relativamente al periodo preso a riferimento, un anno solare rappresentativo.
- d) I dati meteorologici acquisiti saranno elaborati per la predisposizione dei file di ingresso al modello di dispersione, in particolare verrà individuata la percentuale di occorrenze per ogni 10° di direzione e per intervalli di velocità del vento di 1 m/s.

#### **4. Applicazione del codice numerico di dispersione degli inquinanti per la valutazione delle concentrazioni degli inquinanti emessi dalla variante stradale oggetto del presente studio per un anno solare rappresentativo delle condizioni meteorologiche dell'area**

- a) Per l'attività, oggetto del presente studio, sarà applicato il codice di dispersione implementato nel software commerciale IMMI 2020 prodotto dalla WMS – Germany per la valutazione delle concentrazioni degli inquinanti dalle sorgenti emissive così come individuate al punto 2.
- b) Saranno predisposti i necessari file di input al modello di dispersione per svolgere simulazioni che comprenderanno come arco temporale un anno solare di dati meteo come descritto nel punto 3.
- c) Le simulazioni saranno svolte, per tutte le sorgenti individuate al punto 2, sia con dati di emissione relativi allo scenario della nuova configurazione stradale (post operam), sia con una proiezione dell'incremento di traffico futuro così come individuata dallo studio del traffico.
- d) Le simulazioni forniranno come risultati le concentrazioni su tutto il dominio di calcolo selezionato ed in punti recettori opportunamente individuati.

#### **5. Analisi dei risultati**

- a) I risultati delle simulazioni saranno rappresentati in forma tabellare per i recettori individuati e confrontati con i valori limite di qualità dell'aria mentre saranno realizzate mappe di iso-concentrazione per i recettori su griglia cartesiana.

### **7.1 Ambiti di interferenza**

Con particolare riferimento alla componente atmosfera, gli ambiti di progetto in corrispondenza dei quali può riscontrarsi la presenza di azioni potenzialmente interferenti, sinteticamente rappresentate da emissioni non trascurabili di sostanze aeriformi e particellari, sono quelli di seguito identificati:

- Fase di cantiere:
  - Aree di cantiere fisse (campi base, aree di stoccaggio temporaneo);
  - Aree di lavorazione in linea;
  - Viabilità di cantiere.
- Fase di esercizio:
  - Corpo stradale;
  - Opere d'arte maggiori e minori (viadotti, galleria, svincoli)

#### **7.1.1 Fase di cantiere**

Nel corso della fase di cantiere, infatti, le azioni di progetto potenzialmente interferenti in modo diretto con la componente atmosfera sono da ricercarsi in tutti i siti e areali presso i quali può prevedersi la presenza e l'attività, talvolta contemporanea, di macchine operatrici caratterizzate da motori a combustione interna, impianti fissi caratterizzati da emissioni convogliate e/o diffuse, lavorazioni di movimentazione inerti e materiali terrigeni.

Si tratta, quindi, di tutte le aree di cantiere, nonché delle aree di lavorazione in linea, principalmente correlate a tratti in trincea e rilevato, nonché ai tratti di imbocco della galleria artificiale.

Interferenze di tipo indiretto sono, invece, di ricercarsi nel traffico indotto dalla cantierizzazione per la movimentazione degli inerti, delle terre di scavo, del calcestruzzo, dei materiali da costruzione in approvvigionamento, ecc.

Dette interferenze interesseranno, quindi, l'intera viabilità di cantiere, consistente in tratti di viabilità esistente e in tratti di nuova viabilità.

<b>Ambiti di progetto – Fase di cantiere</b>	
<b>Progetto</b>	<b>Particolari</b>
<b>Cantieri</b>	Operativi
	Base
	Aree di stoccaggio temporaneo
	Aree di lavorazione in linea
<b>Viabilità di cantiere</b>	Viabilità esistente
	Viabilità nuova

*Figura 5 – Sintesi degli ambiti di progetto relativi alla fase di cantiere*

### 7.1.2 Fase di esercizio

Nel corso della fase di esercizio le azioni di progetto potenzialmente interferenti in modo diretto con la componente atmosfera sono da ricercarsi quasi esclusivamente nel traffico veicolare circolante sulla nuova infrastruttura che, pertanto, interesserà tutti gli ambiti del tracciato, costituiti dal corpo stradale e dalle opere d'arte.

Interferenze di tipo indiretto sono, invece, di ricercarsi nelle possibili variazioni che la nuova infrastruttura genererà in termini di traffico indotto circolante sulle altre viabilità afferenti al medesimo sistema trasportistico col quale la strada di progetto può risultare funzionalmente interconnesso. In tal senso, gli ambiti di progetto sono rappresentati dalle altre viabilità presenti all'interno del sistema viabilistico col quale interagisce il tracciato di progetto.

<b>Ambiti di progetto – Fase di esercizio</b>	
<b>Progetto</b>	<b>Particolari</b>
<b>Corpo stradale di progetto</b>	Rilevati
	Trincee
<b>Opere d'arte di progetto</b>	Viadotti
	Galleria naturale
	Svincoli
<b>Altre viabilità esterne</b>	Viabilità esistente e in progetto, diversa dal tracciato in esame

*Figura 6 – Sintesi degli ambiti di progetto relativi alla fase di esercizio*

Si ricorda, ad ogni modo, che i suddetti ambiti di interferenza assumono il significato di ambiti di localizzazione delle possibili azioni di progetto (dirette e indirette) in grado di generare potenziali interferenze con la componente atmosfera, e non già quello di areale di impatto, definito invece come l'estensione territoriale entro la quale le potenziali variazioni indotte dalle azioni di progetto sullo stato qualitativo della componente risultano non trascurabili.

## 8 STIMA DELLE EMISSIONI PER LA PREVISIONE DELL'IMPATTO ATMOSFERICO POST OPERAM

I valori di emissione di inquinanti, calcolati come più diffusamente descritto di seguito, sono stati implementati nel codice in modo differente in relazione alle due fasi di cantiere e di esercizio rispettivamente oggetto di analisi.

### 8.1 Fase di cantiere

La fase di cantiere è caratterizzata dalla presenza di macchine operatrici, impianti fissi e mobili di cantiere e lavorazioni in grado di originare, in maniera diretta, potenziali fattori di pressione antropica a carico della componente atmosfera. Viene, pertanto, innanzitutto a definirsi uno scenario di azioni progettuali caratterizzate da emissioni in atmosfera potenzialmente in grado di incidere in maniera diretta (in quanto direttamente prodotte dai macchinari o dalle loro azioni e lavorazioni) sullo stato qualitativo dell'aria.

Si tratta di azioni differenti e variabili in funzione del relativo ambito di progetto, seppur complessivamente riconducibili all'utilizzo, all'impiego, all'attività e, più in generale, alla presenza di sorgenti emissive di tipo:

- diffuso, sostanzialmente prodotte dalle azioni di movimentazione (scotico, scavo, carico e scarico dei camion, formazione di cumuli e rilevati, ecc.) di materiali terrigeni;
- canalizzate, sostanzialmente prodotte da impianti fissi e loro utilities.

Oltre a ciò, la fase di cantiere origina anche uno scenario di azioni potenzialmente in grado di incidere in maniera indiretta (in quanto non direttamente prodotte e originate dalle lavorazioni) sulla componente atmosfera.

Si tratta, in particolare, del cosiddetto traffico indotto dal cantiere, consistente nei mezzi (per lo più pesanti) adibiti alla movimentazione dei materiali di scavo, all'approvvigionamento dei materiali da costruzione e al conferimento dei materiali di risulta. Detto traffico indotto definisce emissioni di tipo lineare che interessano sia la viabilità di cantiere, esistente e nuova, sia la pubblica viabilità esterna al cantiere.

Ancora indirettamente, la presenza dei mezzi di cantiere può, almeno potenzialmente, originare ulteriori effetti sulla componente atmosfera, laddove risultino necessari interventi di adeguamento o modifica della viabilità locale urbana, con conseguente redistribuzione (e talvolta rallentamento) del traffico veicolare cittadino o sovra-locale correlata a restringimenti di carreggiata, deviazioni, introduzione di soste temporizzate, ecc. Si riporta di seguito la tabella di sintesi delle azioni di progetto relative alla fase di cantiere.

Fase di cantiere		
Ambiti di progetto		Azioni di progetto
Corpo stradale	Rilevati	Abbancamento materie
	Trincee	Scavo
Opere d'arte maggiori	Galleria naturale	Scavo
	Viadotti	Realizzazione fondazione pile Realizzazione spalle
Opere d'arte minori	Cavalcavia	Scavo
		Abbancamento materie
		Realizzazione spalle
	Tombini	Scavo
	Svincoli	Abbancamento materie Scavo
Opere di sostegno/drenaggio		Scavo
		Abbancamento materie
Cantieri	Operativi	Funzionamento impianto di betonaggio
		Stoccaggio materiale da costruzione
		Deposito carburante e liquidi
		Accumulo materiali di scarto
		Ingombro (allestimento cantiere)
	Base	Ingombro (allestimento cantiere)
	Aree di stoccaggio temporaneo	Movimentazione materie Ingombro (allestimento cantiere)
	Viabilità esistente	Movimentazione parco macchine
Viabilità nuova	Movimentazione parco macchine	
	Ingombro (allestimento cantiere)	
Viabilità secondaria		Spostamenti viabilità esistente
Cave e discariche		Approvvigionamento e smaltimento
		Scavo
		Abbancamento materiale

*Figura 7 – Sintesi delle azioni di progetto relative alla fase di cantiere*

In particolare, la fase di cantiere è caratterizzata da predominanti emissioni di materiale particellare, mentre la fase di esercizio da emissioni aeriformi e particellari.

Nell'ambito dell'analisi della fase di cantiere si è provveduto alla stima dei ratei emissivi orari per ciascuno degli scenari di lavorazione considerati e si è provveduto alla quantificazione sia degli impatti diretti, generati soprattutto dalla produzione e diffusione di polveri, sia degli impatti indiretti, correlati al traffico indotto, più significativo all'interno degli scenari di lavorazione relativi alla realizzazione della galleria artificiale (con conseguente trasporto dei materiali di risulta) e all'operatività del campo base.

Le emissioni presenti presso le aree di lavorazione e di cantiere sono state introdotte nel modello come emissioni areali, mentre quelle correlate al traffico indotto come emissioni lineari.

Di seguito si descrive la metodologia seguita per il calcolo delle emissioni; i dati ottenuti per ognuna delle attività più significative in termini di emissione, base per definire i di input da inserire nel modello di calcolo, sono riportati in allegato III.

### 8.1.1 Tipologia di emissioni in fase di cantiere

Si riporta di seguito la descrizione delle principali sorgenti connesse alle attività di cantiere previste in progetto. Lo scopo primario dell'individuazione delle sorgenti e la conseguente quantificazione dell'impatto è quello di valutare l'effettiva incidenza delle emissioni delle attività di cantiere sullo stato di qualità dell'aria.

Il controllo dell'effettivo impatto delle attività di cantiere verrà, invece, eseguito attraverso il monitoraggio ambientale della qualità dell'aria in corso d'opera in corrispondenza delle aree di lavorazione potenzialmente più critiche.

In relazione alla natura delle sorgenti possono essere individuati, quali indicatori del potenziale impatto delle stesse sulla qualità dell'aria, i seguenti parametri:

- inquinanti gassosi generati dalle emissioni dei motori a combustione interna dei mezzi di trasporto e dei mezzi di cantiere in genere (in particolare NOX);
- polveri: PM10 (polveri inalabili, le cui particelle sono caratterizzate da un diametro inferiore ai 10 µm) e PTS (polveri totali sospese). Le polveri, in particolare, sono generate sia dalla combustione incompleta all'interno dei motori, sia da impurità dei combustibili, sia dal sollevamento di particolato da parte delle ruote degli automezzi sia dalle attività di movimentazione di inerti.

Le attività più significative in termini di emissioni sono costituite da:

- movimento terra (scavi e realizzazione rilevati);
- movimentazione dei materiali all'interno dei cantieri;
- dal traffico indotto dal transito degli automezzi sulla viabilità esistente e sulle piste di cantiere.

In generale, la dimensione dell'impatto legato al transito indotto sulla viabilità esistente risulta direttamente correlato all'entità dei flussi orari degli autocarri e, pertanto, risulta stimabile in relazione sia ai fabbisogni dei cantieri stessi che al materiale trasportato.

Nell'ambito del presente studio si sono prese in specifica considerazione due principali tipologie di emissione: quelle particellari legate alle operazioni di movimentazione degli inerti e alle emissioni dei motori delle macchine operatrici e dei mezzi di trasporto dei materiali, e quelle gassose rappresentate in via prioritaria dagli ossidi di azoto rilasciati dai motori delle macchine operatrici e dai mezzi di trasporto dei materiali.

### 8.1.2 Stima delle emissioni

Per la valutazione degli impatti in fase di esercizio dei cantieri si è fatto riferimento al Draft EPA dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Statunitense (rif. <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>), il quale, nella sezione AP 42, Quinta Edizione, Volume I Capitolo 13 – "Miscellaneous Sources" Paragrafo 13.2 – "Introduction to Fugitive Dust Sources" presenta le seguenti potenziali fonti di emissione:

1. Paved Roads: transito dei mezzi di cantieri sulla viabilità principale - rotolamento delle ruote sulle strade asfaltate (EPA, AP-42 13.2.1);
2. Unpaved Roads: transito dei mezzi nell'ambito dell'area di cantiere e sulla viabilità non asfaltata di accesso al cantiere (EPA, AP-42 13.2.2);
3. Heavy Construction Operations (EPA, AP-42 13.2.3);
4. Aggregate Handling and Storage Piles: accumulo e movimentazione delle terre nelle aree di deposito e nel cantiere operativo (EPA AP-42 13.2.4);

5. Wind Erosion: erosione del vento dai cumuli (EPA AP-42 13.2.5);
6. Escavazione (EPA AP-11.9.2);
7. Betonaggio (EPA AP 11.12.1).

Al fine di valutare gli impatti di cantiere nel modello di calcolo sono state considerate tutte le sorgenti di polvere sopra esposte. Sono state inoltre considerate le attività di escavatori e pale gommate all'interno dell'area di cantiere, e le emissioni dei gas di scarico sia dei mezzi meccanici di cantiere (assimilabili a sorgenti di emissione puntuali) sia dei mezzi pesanti in transito sui tronchi di viabilità principale (intesi come sorgenti di emissione lineari).

Per la stima delle emissioni si è fatto ricorso ad un approccio basato su un indicatore che caratterizza l'attività della sorgente (A in eq.1) e di un fattore di emissione specifico per il tipo di sorgente (E<sub>i</sub> in eq.1). Il fattore di emissione E<sub>i</sub> dipende non solo dal tipo di sorgente considerata, ma anche dalle tecnologie adottate per il contenimento/controllo delle emissioni.

La relazione tra l'emissione e l'attività della sorgente è di tipo lineare:

$$Q(E)_i = A * E_i \quad (\text{eq.1})$$

dove:

Q(E)<sub>i</sub>: emissione dell'inquinante i (ton/anno);

A: indicatore dell'attività (ad es. consumo di combustibile, volume terreno movimentato, veicolochilometri viaggiati);

E<sub>i</sub>: fattore di emissione dell'inquinante i (ad esempio: g/ton prodotta, kg/kg di solvente, g/abitante).

Come accennato, per la stima dei diversi fattori di emissione sono state utilizzate le relazioni in merito suggerite dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (E.P.A., AP-42, Fifth Edition, Compilation of air pollutant emission factors, Volume I, Stationary Points and Area Sources) e dall'Inventario Nazionale degli Inquinanti australiano (National Pollutant Inventory, N.P.I., Emission Estimation Technique Manual).

Per ogni tipologia di sorgente considerata si illustrano di seguito le stime dei fattori di emissione.

Per seguire tale approccio di valutazione è necessario conoscere diversi parametri relativi a:

- sito in esame (umidità del terreno, contenuto di limo nel terreno, regime dei venti);
- attività di cantiere (quantitativi di materiale da movimentare ed estensione delle aree di cantiere);
- mezzi di cantiere (tipologia e n. di mezzi in circolazione, chilometri percorsi, tempi di percorrenza, tempo di carico/scarico mezzi, ecc...).

Mentre alcune di queste informazioni sono desumibili dalle indicazioni progettuali, per altre è stato necessario fare delle assunzioni il più attinenti possibili alla realtà.

### 8.1.3 Unpaved Roads - Mezzi in transito su strade non pavimentate

Per quanto attiene il sollevamento delle polveri generato dai mezzi (escavatori, pale gommate, camion in carico e scarico dei materiali, etc.) in transito sulle piste interne al cantiere, si utilizzano le relazioni fornite dall'EPA. Il particolato è, in questo caso, originato dall'azione di polverizzazione del materiale superficiale delle piste, indotta dalle ruote dei mezzi. Le particelle sono, quindi, sollevate dal rotolamento delle ruote, mentre lo

spostamento d'aria continua ad agire sulla superficie della pista dopo il transito. Il particolato sollevato dal rotolamento delle ruote sulle piste non asfaltate è stimato dalla seguente equazione:

$$E = k \left( \frac{sL}{12} \right)^a \left( \frac{W}{3} \right)^b$$

(eq.4: EPA, AP-42 13.2.2)

dove:

E: fattore di emissione di particolato su strade non pavimentate in siti industriali, per veicolo-miglio viaggiato (lb/VMT);

k, a, b: costanti empiriche per strade industriali, rispettivamente pari a 1,5, 0,9 e 0,45 per il PM10;

sL: contenuto in silt della superficie stradale, assunto pari al 4%;

W: peso medio dei veicoli in tonnellate;

Il fattore di emissione così calcolato (eq.4) viene convertito nell'unità di misura g/VKT (VKT, veicolo-chilometro viaggiato) mediante un fattore di conversione pari a 281,9 (1lb/VMT = 281,9 g/VKT).

#### 8.1.4 Aggregate Handling and Storage Piles – Cumuli di terra, carico e scarico

La produzione totale di polvere legata all'attività di movimentazione e stoccaggio è legata alle seguenti singole attività:

- carico e scarico dei mezzi;
- traffico dei mezzi nelle aree di stoccaggio, carico e scarico;
- erosione del vento nella fase di carico e scarico.

La quantità di polveri generate da tali attività viene stimata utilizzando la seguente formula empirica:

$$E = k(0.0016) \left( \frac{U}{2.2} \right)^{1.3} \left( \frac{M}{2} \right)^{-1.4}$$

(eq.6: EPA, AP-42 13.2.4)

dove:

E = fattore di emissione di particolato (kg/Mg);

k = parametro dimensionale (dipende dalla dimensione del particolato);

U = velocità media del vento (m/s) assunta pari a 5,1 m/s sulla base dell'analisi dei dati meteorologici locali;

M = umidità del terreno (%) assunta pari al 2,5% sotto falda.

Il parametro k varia a seconda della dimensione del particolato come riportato in tabella

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k) For Equation 1				
< 30 μm	< 15 μm	< 10 μm	< 5 μm	< 2.5 μm
0.74	0.48	0.35	0.20	0.053 <sup>a</sup>

Per il PM10 si assume quindi k pari a 0.35. La diffusione di particolato legata alle attività di movimentazione e stoccaggio di materiale è pari al prodotto del fattore di emissione E per le tonnellate di materiale movimentate giornalmente.

### 8.1.5 Azione eolica sui cumuli in stoccaggio temporaneo

Le emissioni causate dall'erosione del vento sono dovute all'occorrenza di venti intensi su cumuli soggetti a movimentazione. Nell'AP-42 (paragrafo 13.2.5 "Industrial Wind Erosion") queste emissioni sono trattate tramite la potenzialità di emissione del singolo cumulo in corrispondenza di certe condizioni di vento. In questa sede si è scelto di seguire l'approccio delle "Linee Guida di ARPA Toscana per la valutazione delle polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti". Tali linee guida considerano, per l'erosione del vento dai cumuli, l'effettiva emissione dell'unità di area di ciascun cumulo soggetto a movimentazione dovuta alle condizioni anemologiche attese nell'area di interesse. Il rateo emissivo orario è calcolato con l'espressione:

$$E_i = E_{Fi} \cdot a \cdot \text{movh}$$

(eq.7: Linee Guida ARPA Toscana)

$i$  = particolato (PTS, PM10, PM2.5), nel nostro caso PM10;

$E_{Fi}$  = fattore di emissione areale dell' $i$ -esimo tipo di particolato (kg/m<sup>2</sup>);

$a$  = superficie dell'area movimentata in m<sup>2</sup>;

$\text{movh}$  = numero di movimentazioni/ora, si assume che corrisponda al n. di mezzi/h, ossia che ciascun cumulo corrisponda ai volumi di capienza di ciascun camion che effettua il trasporto.

Per il calcolo del fattore di emissione areale si distinguono i cumuli bassi da quelli alti a seconda del rapporto altezza/diametro. Per semplicità inoltre si assume che la forma di un cumulo sia conica, sempre a base circolare.

Nel caso di cumuli non a base circolare, si ritiene sufficiente stimarne una dimensione lineare che ragionevolmente rappresenti il diametro della base circolare equivalente a quella reale. Dai valori di:

- altezza del cumulo (intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta)  $H$  in m;
- diametro della base  $D$  in m

si individua il fattore di emissione areale  $E_{Fi}$  dell' $i$ -esimo tipo di particolato per ogni movimentazione dalla sottostante tabella:

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

*Figura 8 – fattori di emissione areali per ogni movimentazione, per ciascun tipo di particolato*

Nel caso in oggetto si assume:

- $H = 2$  m;
- $D = 5$  m;
- $H/D = 0.4 > 0.2$ , perciò si rientra nella sezione "cumuli alti".

quindi si utilizza un EF per il PM10 pari a 0.0000079 kg/mq.

### 8.1.6 Attività di escavazione

Un'altra fonte di emissione di polveri che è stata considerata è l'attività dei mezzi di cantiere quali escavatori o pale gommate nelle aree di cantiere. Tale sorgente è stata assimilata alle emissioni riportate nel paragrafo 11.9.2 del documento EPA, AP-42, relativo all'estrazione del carbone.

Nella tabella 11.9.2 di tale documento sono riportate le equazioni per il calcolo dei fattori di emissione per sorgenti di polvere in condizioni aperte incontrollate.

Il particolato sollevato dai mezzi di cantiere quali bulldozer per attività quali "overburden" (terreno di copertura) è stimato dalla seguente equazione:

$$E = \frac{(sL)^{1.5}}{(M)^{1.4}} * 0.75 * 0.45 (kg / h)$$

(eq.8: EPA, AP-42 11.9.2 Bulldozing)

dove:

sL: contenuto in silt della superficie stradale, assunto pari al 4%;

M: umidità del terreno (%) assunta pari al 10%.

Il sollevamento di particolato dalle attività dei mezzi di cantiere è pari al prodotto del fattore di emissione E così calcolato per il numero di ore lavorative giornaliere, assunto pari a 10 h/d.

### 8.1.7 Emissioni dai gas di scarico di macchine e mezzi d'opera

Con riferimento all'emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi meccanici e degli automezzi in circolazione sulle piste di cantiere e sulla viabilità principale, oltre al parametro PM10 si aggiungono anche gli NOx, tipici inquinanti da traffico veicolare.

#### **Sorgenti puntuali**

Per la stima dei fattori di emissione delle macchine e dei mezzi d'opera impiegati è stato fatto riferimento al database del programma di calcolo COPERT III ed all'Atmospheric Emission Inventory Guidebook dell'EEA.

All'interno del documento è possibile individuare dati relativi ai seguenti macchinari principali (Other Mobile Sources and Machinery – SNAP 0808XX):

- Pale meccaniche (Tractors/Loaders/Backhoes): le pale impiegate per la movimentazione delle terre di scavo, su ruote o cingolate (Bulldozer), sono di vario tipo a seconda della loro dimensione. Una pala meccanica di medie dimensioni ha una potenza tra i 40 kW ed i 120 kW. I motori di media e grossa cilindrata sono tipicamente turbodiesel;
- Autocarri (Off-Highway Trucks): dumper e autocarri per il trasporto dei materiali di scavo e di costruzione. Le motorizzazioni prevedono generalmente motori diesel turbo con potenze variabili tra i 300 ed i 400 kW;
- Autobetoniere di grandi dimensioni: si considera un mezzo con capacità nominale elevata (14000) in grado di sviluppare una potenza massima di 95-130 kW;
- Escavatori (wheel/crawler type): utilizzati principalmente per movimenti di terra e lavori di carico/scarico. Possono essere distinti in tre classi: piccola taglia con potenza da 10 a 40kW, di media taglia da 50 a 500kW, e superiori ai 500kW utilizzati per lavori pesanti di estrazione e movimentazione del materiale. Vengono valutati anche i contributi forniti da rullo compattatore, asfaltatrice e palificatrice.

Il calcolo delle emissioni si basa sulla seguente formula:

$$E = HP \times LF \times EFi$$

E = massa di emissioni prodotta per unità di tempo [g/h];

HP = potenza massima del motore [kW];

LF = load factor;

EFi = fattore di emissione medio del parametro i – esimo [g/kWh].

Il load factor LF è determinato sulla base dei fattori indicati in corrispondenza dei cicli standard ISO DP 8178; nel caso specifico è stato adottato un valore pari a 0,15 che, per la categoria di riferimento (C1 - Diesel powered off road industrial equipment) è il più elevato riportato (cicli 1-3).

Il rapporto “EMEP-CORINAIR Emission Inventory Guidebook, 2007 – Group 8: Other mobile sources and machinery” individua i valori del fattore di emissione da utilizzare per i diversi inquinanti in base al range di potenza del macchinario. Tali fattori sono riportati nella tabella seguente.

Inquinante (g/kWh)	Intervallo di Potenza kW							
	0-20	20-37	37-75	75-130	130-300	300-560	560-1MW	>1MW
CO	8,38	5,50	5,00	5,00	3,50	3,50	3,00	3,00
NOx	14,4	6,40	4,00	3,50	3,50	3,50	14,4	14,4
PM2,5	2,09	0,56	0,38	0,28	0,18	0,19	1,03	1,03
PM	2,22	0,60	0,40	0,30	0,20	0,20	1,10	1,10

*Figura 9 – fattori di emissione EMEP-CORINAIR*

In riferimento alla dimensione delle polveri emesse dai motori diesel è possibile individuare in bibliografia i seguenti dati: il 100% del particolato rientra nel PM10, ma oltre il 90% è costituito dal PM2,5 e addirittura oltre l'85% presenta dimensioni inferiori al µm.

Un confronto quantitativo con le altre sorgenti è pertanto possibile esclusivamente sulla base dell'indicatore PM10, per quanto la natura e la composizione chimica delle polveri in oggetto sia completamente differente.

### **Sorgenti lineari**

Anche i gas di scarico degli automezzi che transitano sulle piste interne ed esterne al cantiere costituiscono una potenziale sorgente di emissione di NOx, e di PM10. Il fattore di emissione specifico legato agli automezzi, intesi come sorgente di emissione lineare mobile per l'inquinante considerato in questo studio, vale:

$$\square FE = 0,2992 \text{ g/ veic km per PM10 (fonte CORINAIR).}$$

Il fattore di emissione espresso in [g/h] legato ad ogni tronco stradale considerato per ogni inquinante è dato dal prodotto tra il FE sopra indicato [g/veic km], la lunghezza del tronco stradale ed il numero di veicoli all'ora in transito sullo stesso.

Per quanto riguarda il fattore di emissione legato agli ossidi di azoto, si segue la seguente tabella (fonte CORINAIR) utilizzando cautelativamente il valore 7,5 g/km associato a strade di tipo rurale. L'emissione espressa in [g/h] è data dal prodotto tra il FE sopra indicato [g/km] e la velocità in [km/h] a cui viaggia il mezzo.

**Table 8-28: Emission factors for heavy Duty gasoline vehicles >3.5 t**

Driving Mode	CO [g/km]	NOx [g/km]	VOC [g/km]	Fuel Consumption [g/km]
Urban	70	4.5	7.0	225
Rural	55	7.5	5.5	150
Highway	55	7.5	3.5	165

*Figura 10 – fattori di emissione CORINAIR*

## 8.2 Fase di esercizio

La fase di esercizio è caratterizzata dalla presenza del traffico veicolare, prevalentemente leggero, in circolazione lungo il nuovo asse viario. Detta azione progettuale produce in maniera diretta effetti potenziali sulla componente atmosfera in quanto lo stesso parco veicolare transitante lungo la nuova infrastruttura è caratterizzato da emissioni particellari e aeriformi in grado di originare alterazioni allo stato qualitativo dell'aria.

In considerazione del carattere fortemente interconnesso del nuovo asse viario col più ampio e complesso sistema viabilistico entro il quale si inserisce, la fase di esercizio potrà essere caratterizzata anche da azioni progettuali in grado di interferire indirettamente con la componente atmosfera, in quanto tali da poter originare alterazioni e modifiche ai flussi di traffico relativi alle altre viabilità facenti parte del medesimo sistema trasportistico di riferimento.

Fase di esercizio		
<i>Ambiti di progetto</i>		<i>Azioni di progetto</i>
Corpo stradale	Rilevati	Traffico veicolare
	Trincee	Traffico veicolare
Opere d'arte maggiori	Galleria naturale	Traffico veicolare all'imbocco galleria
	Viadotti	Traffico veicolare
Opere d'arte minori	Svincoli	Traffico veicolare
Viabilità secondaria		Traffico veicolare

*Figura 11 – Sintesi delle azioni di progetto relative alla fase di esercizio*

Per quanto concerne la fase di esercizio, i fattori di pressione ambientale sono stati introdotti nel modello come valori di emissioni di media oraria per ciascuno dei tronchi viari considerati nello Studio Trasportistico, e mutuati in questa sede per il calcolo dei flussi di massa degli inquinanti emessi dal traffico veicolare.

In particolare, le emissioni totali, diurne e notturne, calcolate per ognuno dei tronchi viari e quantificate come più in dettaglio riportato nel seguito, sono state elaborate per poter essere inserite come input nel codice di calcolo.

### 8.2.1 Emissioni in fase di esercizio

Per la definizione delle emissioni inquinanti del parco circolante sono stati sviluppati a livello internazionale programmi di ricerca finalizzati a individuare metodologie di stima delle emissioni affidabili e semplici da applicare.

In particolare l'Unione Europea, tramite numerose misure di emissione eseguite nei vari paesi europei, per diverse tipologie e marche di veicoli, ha definito dei fattori di emissione ovvero dei coefficienti che consentono di ottenere le emissioni inquinanti a partire dai soli dati di traffico e composizione del parco circolante.

Un modello di calcolo frequentemente utilizzato in Europa, ma anche in altre parti del mondo, per la stima delle emissioni di inquinanti atmosferici dovuti ai trasporti stradali, è denominato COPERT (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Traffic).

La metodologia COPERT è stata introdotta dall'EEA (European Environment Agency, Agenzia Europea per l'Ambiente) per la redazione dei rapporti sullo stato dell'ambiente e dai National Reference Center per la realizzazione degli inventari nazionali delle emissioni, nell'ambito del progetto CORINAIR (COordination INformation AIR).

La banca dati dei fattori di emissione medi relativi al trasporto stradale qui presentata si basa sulle stime effettuate ai fini della redazione dell'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera, realizzato annualmente da Ispra come strumento di verifica degli impegni assunti a livello internazionale sulla protezione dell'ambiente atmosferico, quali la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), il Protocollo di Kyoto, la Convenzione di Ginevra sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero (UNECE-CLRTAP), le Direttive europee sulla limitazione delle emissioni.

La metodologia elaborata ed applicata alla stima delle emissioni degli inquinanti atmosferici è basata sull'EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 ed è coerente con le Guidelines IPCC 2006 relativamente ai gas serra.

È stato utilizzato COPERT version 5.2.2, software il cui sviluppo è coordinato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente, nell'ambito delle attività dello European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation (ETC/ACM).

Le stime sono state elaborate sulla base dei dati di input nazionali riguardanti il parco e la circolazione dei veicoli (numerosità del parco, percorrenze e consumi medi, velocità per categoria veicolare con riferimento ai cicli di guida urbano, extraurbano ed autostradale, altri specifici parametri nazionali). Si veda <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp>.

I fattori di emissione sono calcolati sia rispetto ai km percorsi che rispetto ai consumi, con riferimento sia al dettaglio delle tecnologie che all'aggregazione per settore e combustibile, elaborati sia a livello totale che distintamente per l'ambito urbano, extraurbano ed autostradale.

Le stime sono state aggiornate coerentemente con l'aggiornamento del modello di stima COPERT version 5.2.2 (aggiornamenti descritti al link <http://www.emisia.com/utilities/copert/versions/>).

La metodologia semplificata permette di calcolare le emissioni di monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NOX), composti organici volatili non metanici (COVNM), metano (CH<sub>4</sub>), particolato (PM) e anidride carbonica (CO<sub>2</sub>). Tutte le emissioni di PM devono essere considerate come PM<sub>2.5</sub> poiché la frazione di dimensioni maggiori (PM<sub>2.5-10</sub>) è trascurabile nei gas di scarico dei veicoli.

*Tabella 5 – fattori di emissione per il traffico veicolare*

Inquinante	Formula	Cat.	Limite orario	Limite giornaliero	Limite medio annuo	Soglia allarme	Fattore emissione 2017	Fattore emissione 2017
			mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	Mezzi leggeri	Mezzi pesanti
							g/km	g/km
<b>Biossido di azoto</b>	NO <sub>2</sub>	Gas	200		40	400 (media oraria)	0.1454	0.5236
<b>Ossidi di azoto</b>	NO <sub>x</sub>	Gas			30		0.4047	4.2974
<b>Monossido di carbonio</b>	CO	Gas		10 (media massima su 8h)			0.7092	1.157
<b>Ozono</b>	O <sub>3</sub>	Gas	180	120		240 (media oraria)	n.a.	n.a.
<b>Biossido di zolfo</b>	SO <sub>2</sub>	Gas	350	125		500 (media oraria)	0.0007	0.0033
<b>Benzene</b>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Gas	5				0.0025	0.0001
<b>Particolato</b>	PM <sub>2.5</sub>	Polveri			25		0.0241	0.1437
<b>Particolato</b>	PM <sub>10</sub>	Polveri		50	40		0.0338	0.1861

## 8.2.2 Scenari di emissione

Il calcolo delle emissioni riguarda i principali inquinanti emessi dal traffico veicolare ed è stato effettuato facendo riferimento al tracciato stradale di nuova realizzazione analizzato dallo Studio Trasportistico.

I volumi di traffico saranno espressi mediante due principali macro-categorie, comprendenti rispettivamente i mezzi leggeri e i mezzi pesanti valutati su scala giornaliera suddividendo in periodo diurno e periodo notturno dallo Studio Trasportistico. In particolare, ai fini della valutazione di impatto sulla componente atmosfera, sono stati utilizzati i volumi di traffico relativi al periodo diurno, durante il quale si ha un maggiore afflusso di mezzi. Gli scenari di emissione considerati all'interno del presente studio corrispondono, quindi, con quelli previsti all'interno dello Studio Trasportistico, di seguito riassunti:

- Stato Post Operam (di progetto) – Anno 2020;
- Stato Post Operam (di progetto) – Anno 2030.

Lo stato Post Operam 2020 si intende rappresentativo di una condizione futura di evoluzione del sistema trasportistico di area vasta che vede la presenza, in esercizio, della nuova infrastruttura di progetto. Lo stato Post Operam 2030 descrive una situazione futura che prevede l'incremento dei volumi di traffico rispetto allo scenario precedente.

Per la valutazione delle emissioni si sono utilizzati i fattori di emissione disponibili nella base di dati ISPRA-APAT, e quelli del progetto COPERT III/IV.

Partendo da questa base di dati si è poi considerata la disaggregazione dei flussi di traffico, così come individuata nel paragrafo precedente, e si sono calcolati i fattori di emissione caratteristici delle classi di veicoli prese in esame all'interno dello Studio Trasportistico (mezzi leggeri e mezzi pesanti), riferiti al TGM diurno.

I dati di traffico sono riportati in allegato IV.

## 9 ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI POST OPERAM

Le valutazioni modellistiche sono state sviluppate in un dominio spaziale rappresentato da una fascia di circa 500m centrata sull'infrastruttura oggetto di intervento ed il calcolo è stato condotto con una maglia di punti equi distanziata di 10m.

La valutazione della concentrazione degli inquinanti prodotti dall'esercizio dell'infrastruttura stradale in esame è stata eseguita utilizzando le impostazioni emissive illustrate in precedenza per gli inquinanti di interesse mediante modello gaussiano.

I fattori di emissione utilizzati sono ottenuti dai dati riportati in precedenza combinando i dati derivati dalle banche dati INEMAR e ISPRA con i flussi veicolari stimati.

Le valutazioni hanno considerato due scenari per il post operam:

- Scenario Post Operam 2020: configurazione a strada conclusa;
- Scenario Post Operam 2030: configurazione a strada conclusa, con incremento di traffico.

L'andamento dei parametri meteorologico necessari allo sviluppo modellistico è stato dedotto dai dati descritti in precedenza ed è stata impostata la classe di stabilità III/1 secondo TALuft, corrispondente alla classe D di Pasquill.

La modellizzazione riguarda esclusivamente le emissioni prodotte dall'infrastruttura in esame, escludendo qualsiasi altra fonte emissiva.

Queste saranno valutate, considerandole parte integrante del "fondo" i cui livelli sono desunti dai valori rilevati dalle centraline e riportate in precedenza.

La valutazione complessiva sarà quindi data dalla somma delle immissioni calcolate attraverso l'implementazione del modello, dovute al traffico autoveicolare in transito ed il fondo.

Si dovrà inoltre tenere in considerazione che il "fondo" comprende anche le emissioni dell'attuale configurazione viaria e quindi l'emissione complessiva è data dal fondo sommata al contributo delle emissioni degli scenari programmatico e progettuale ricavati quale incremento riferito allo scenario attuale.

I risultati della fase di modellizzazione sono espressi mediante mappe di concentrazione degli inquinanti analizzati (riportate in allegato VI) e mediante la determinazione delle concentrazioni in alcune postazioni ritenute significative lungo le varie tratte dell'opera in progetto.

Le postazioni individuate per la valutazione della componente atmosfera sono state scelte in corrispondenza degli edifici maggiormente esposti nei pressi della nuova viabilità e lungo il tratto di adeguamento in sede (si veda all. V). Si tratta di 6 postazioni indicate con RU-001, RU-002, RU-003, RU-004, RU-005 e RU-006.

Di seguito sono riportati i valori previsionali, per singola postazione.

<b>POST OPERAM 2020</b>											
	SO2	NOx	COV	CH4	CO	CO2	N2O	NH3	Particella	HAP	Diossina
Ricettore	µg/m <sup>3</sup>										
RU-001	0,17	5,27	1,64	0,11	13	669	0,05	0,04	0,31	0,01	0
RU-002	0,08	2,4	0,71	0,05	6	303	0,02	0,02	0,14	0	0
RU-003	0,07	2,06	0,6	0,04	5	260	0,02	0,02	0,12	0	0
RU-004	0,01	0,19	0,06	0	0	24	0	0	0,01	0	0
RU-005	0,16	4,9	1,6	0,11	12	626	0,04	0,04	0,3	0,01	0
RU-006	0,17	5,42	1,6	0,11	13	685	0,05	0,04	0,32	0,01	0
Limiti	125	30	-	-	10000	-	-	-	25	-	-

<b>POST OPERAM 2030</b>											
	SO2	NOx	COV	CH4	CO	CO2	N2O	NH3	Particella	HAP	Diossina
Ricettore	µg/m <sup>3</sup>										
RU-001	0,2	6,23	1,94	0,13	15	790	0,06	0,05	0,37	0,01	0
RU-002	0,09	2,84	0,84	0,06	7	359	0,03	0,02	0,17	0	0
RU-003	0,08	2,44	0,71	0,05	6	308	0,02	0,02	0,14	0	0
RU-004	0,01	0,22	0,07	0	1	28	0	0	0,01	0	0
RU-005	0,19	5,84	1,92	0,13	15	746	0,05	0,04	0,36	0,01	0
RU-006	0,21	6,41	1,89	0,12	15	809	0,06	0,05	0,37	0,01	0
Limiti	125	30	-	-	10000	-	-	-	25	-	-

<b>ANTE OPERAM</b>											
Vedi capitolo "Valutazione dello stato ante operam"	SO2	NOx	COV	CH4	CO	CO2	N2O	NH3	Particella (PM2,5)	HAP	Diossina
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>								
	1,57	17	-	-	820	-	-	-	-	14,5	-

L'intervento preso in esame in questa relazione è sostanzialmente la costruzione di una nuova viabilità che esclude il centro urbano e l'adeguamento della SS 212var esistente nel tratto che precede la nuova sede stradale. Sebbene la nuova strada costituisca una nuova fonte di inquinamento, tuttavia bisogna considerare che porterà a una riduzione del traffico in area urbana con conseguente miglioramento della qualità dell'aria di quella zona. Inoltre, confrontando i risultati ottenuti con i dati disponibili per la configurazione ante operam, si nota che l'incremento di concentrazione dovuto alla nuova infrastruttura risulta di modesta entità rispetto ai valori di fondo preesistenti, mantenendoli abbondantemente al di sotto dei valori limite.

Dall'analisi dei risultati previsionali risulta che l'intervento in progetto non apporta modifiche sostanziali alla situazione attuale, e dunque anche la situazione Post Operam in previsione non introduce significative variazioni dell'inquinamento atmosferico e per nessuno dei parametri analizzati si prevedono superamenti delle soglie normative.

Dai risultati ottenuti si evince il pieno rispetto dei parametri normativi.

Come si può osservare, i limiti non vengono mai superati e gli incrementi rispetto alla situazione ante operam sono contenuti per tutti i ricettori.

## 10 ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI IN CORSO

### D'OPERA

L'impatto prodotto dalla fase di cantiere si basa sull'individuazione delle attività da cronoprogramma maggiormente legate all'emissione di polveri.

Le attività vengono suddivise nelle seguenti fasi:

- Fase 1: interessa la realizzazione del tratto iniziale, ossia la rotatoria R1A, i relativi innesti, la nuova viabilità NV02 e NV03 e lo scatolare. Verranno inoltre costruiti i tombini.
- Fase 2: riguarda il tratto est nel quale si procede con lo scavo della trincea, la realizzazione della galleria artificiale, della nuova viabilità NV04 e NV01, della viabilità provvisoria NVP01 e del rilevato stradale. Verranno inoltre costruiti i tombini.
- Fase 3: prevede la costruzione del rilevato per il tratto di ricongiungimento della rotatoria R01 con il tratto di rilevato realizzato nella fase precedente e la costruzione della paratia. Verranno inoltre costruiti i tombini.
- Fase 4: riguarda il tratto di adeguamento in sede, sia sul lato est sia sul lato ovest, e la realizzazione dei tombini.

Si prevede una fase iniziale di cantierizzazione con durata di 40 giorni. La durata totale prevista è di 650 giorni per il tratto di nuova realizzazione e 205 giorni per il tratto di adeguamento in sede. Relativamente alle fasi sopra citate le durate previste sono le seguenti:

- Fase 1: 215 giorni;
- Fase 2: 195 giorni;
- Fase 3: 240 giorni;
- Fase 4: 205 giorni;

Inoltre, sono stati previsti 40 giorni per la rimozione cantieri e ripristini e 90 giorni cautelativi per tenere in considerazione il possibile andamento stagionale sfavorevole.

Tra le diverse macrofasi il cronoprogramma prevede una sovrapposizione temporale parziale delle attività.

Si rimanda al cronoprogramma dei lavori, riportato in allegato VII, per la suddivisione più dettagliata nelle diverse sottofasi.

Oltre alle attività programmate per le fasi sopra citate, che descrivono l'avanzamento spaziale dell'opera, saranno presenti quattro aree fisse destinate a cantiere. Tali aree ospitano le attività legate alla logistica e ai servizi, come uffici, spogliatoi, infermeria, depositi materiale e mezzi, cisterna dell'acqua, depuratore.

Si rimanda all'allegato VIII per l'inquadramento dei tratti interessati dalle diverse fasi e per l'ubicazione delle aree di cantiere.

I fattori di emissione utilizzati sono ottenuti dai dati riportati in precedenza, combinando i dati delle diverse attività e dei diversi macchinari presenti nella medesima area di cantiere fissa o nell'area legata all'avanzamento di cantiere. Nelle tabelle a seguire si riportano i valori di emissione per unità di tempo, espressi in g/h, per ciascuna area e per i due principali inquinanti considerati (PM10 e NOx). Inoltre vengono riportati i valori ottenuti per il transito di mezzi pesanti sulla viabilità esistente legato alle vie di collegamento tra le aree cantiere.

*Tabella 6 – Emissioni (g/h) relative al PM10 per le fasi di avanzamento da cronoprogramma*

<b>Fase da cronoprogramma</b>	<b>Tipologia di inquinante</b>	<b>Attività sorgenti di inquinamento</b>	<b>Macchine</b>	<b>Emissioni per unità di tempo totale (g/h)</b>
Fase 1	PM10	mezzi di cantiere; mezzi su piste di cantiere; rimozione terreno di copertura; carico e scarico terra;	pala, escavatore, dumper, rullo compattatore, asfaltatrice	<b>582,8</b>
Fase 2	PM10	mezzi di cantiere; mezzi su piste di cantiere; rimozione terreno di copertura; carico e scarico terra;	pala, escavatore, dumper, rullo compattatore, asfaltatrice, palificatrice, betoniera	<b>592,1</b>
Fase 3	PM10	mezzi di cantiere; mezzi su piste di cantiere; rimozione terreno di copertura; carico e scarico terra;	pala, escavatore, dumper, rullo compattatore, asfaltatrice	<b>582,8</b>
Fase 4	PM10	mezzi di cantiere; mezzi su piste di cantiere; rimozione terreno di copertura; carico e scarico terra;	pala, escavatore, dumper, rullo compattatore, asfaltatrice	<b>582,8</b>

*Tabella 7 – Emissioni (g/h) relative al PM10 per le aree cantiere fisse*

<b>Aree di cantiere</b>	<b>Tipologia di inquinante</b>	<b>Attività sorgenti di inquinamento</b>	<b>Macchine</b>	<b>Emissioni per unità di tempo totale (g/h)</b>
CA01	PM10	mezzi di cantiere; mezzi su piste di cantiere; carico e scarico terra; stoccaggio cumuli di terra;	pala, escavatore, dumper	<b>465,2</b>
CA02	PM10	mezzi di cantiere; mezzi su piste di cantiere; carico e scarico terra; stoccaggio cumuli di terra;	pala, escavatore, dumper	<b>465,2</b>
CA03	PM10	mezzi di cantiere; mezzi su piste di cantiere; carico e scarico terra; stoccaggio cumuli di terra;	pala, escavatore, dumper	<b>465,2</b>
CA04	PM10	mezzi di cantiere; mezzi su piste di cantiere; carico e scarico terra; stoccaggio cumuli di terra;	pala, escavatore, dumper	<b>465,2</b>

*Tabella 8 – Emissioni (g/h) relative agli NOx per le fasi di avanzamento da cronoprogramma*

<b>Fase da cronoprogramma</b>	<b>Tipologia di inquinante</b>	<b>Attività sorgenti di inquinamento</b>	<b>Macchine</b>	<b>Emissioni per unità di tempo totale (g/h)</b>
Fase 1	NOx	mezzi di cantiere	pala, escavatore, dumper, rullo compattatore, asfaltatrice	<b>299,6</b>
Fase 2	NOx	mezzi di cantiere	pala, escavatore, dumper, rullo compattatore, asfaltatrice, palificatrice, betoniera	<b>407,7</b>
Fase 3	NOx	mezzi di cantiere	pala, escavatore, dumper, rullo compattatore, asfaltatrice	<b>299,6</b>
Fase 4	NOx	mezzi di cantiere	pala, escavatore, dumper, rullo compattatore, asfaltatrice	<b>299,6</b>

*Tabella 9 – Emissioni (g/h) relative agli NOx per le aree cantiere fisse*

<b>Aree di cantiere</b>	<b>Tipologia di inquinante</b>	<b>Attività sorgenti di inquinamento</b>	<b>Macchine</b>	<b>Emissioni per unità di tempo totale (g/h)</b>
CA01	NOx	mezzi di cantiere	pala, escavatore, dumper	<b>226,8</b>
CA02	NOx	mezzi di cantiere	pala, escavatore, dumper	<b>226,8</b>
CA03	NOx	mezzi di cantiere	pala, escavatore, dumper	<b>226,8</b>
CA04	NOx	mezzi di cantiere	pala, escavatore, dumper	<b>226,8</b>

*Tabella 10 – Emissioni (g/h) relative a PM10 e NOx per il transito di mezzi pesanti sulla viabilità esistente*

<b>Viabilità esistente</b>	<b>Tipologia di inquinante</b>	<b>Sorgenti di inquinamento</b>	<b>Emissioni per unità di tempo totale (g/h)</b>
CA03 - svincolo	PM10	mezzi pesanti	<b>0,3</b>
svincolo - CA04	PM10	mezzi pesanti	<b>0,6</b>
CA03 - svincolo	NOx	mezzi pesanti	<b>7,5</b>
svincolo - CA04	NOx	mezzi pesanti	<b>15</b>

L'impatto sull'inquinamento atmosferico è stato valutato tramite modello previsionale utilizzando il software commerciale IMMI 2020 prodotto dalla WMS - Germany.

Vengono simulati quattro scenari, relativi alle configurazioni peggiori per il tratto di nuova realizzazione e per il tratto di adeguamento in sede, ossia quelle di minor distanza dalle strutture presenti sul territorio:

- Scenario Fase 1: riguarda il tratto ad est interessato dalla Fase 1, considerano cautelativamente l'avanzamento contemporaneo in corrispondenza della rotonda e dei primi 500 m, e l'area di cantiere CA04.
- Scenario Fase 2: riguarda il tratto ad ovest dall'imbocco della galleria in progetto al termine del tratto di competenza interessato dalla Fase 2 e le aree cantiere fisse CA01, CA02, CA03.
- Scenario Fase 3: riguarda il tratto di collegamento di circa 500 m tra quanto realizzato nelle Fasi precedenti, secondo quanto previsto dalla Fase 3, e l'area cantiere CA03.
- Scenario Fase 4: riguarda il tratto di adeguamento in sede in corrispondenza del tracciato della SS 212var che si ricongiunge con il Ramo 2 della rotonda di nuova realizzazione e l'area cantiere CA04.

Si riportano di seguito le viste del modello 2D per i diversi scenari.



*Figura 12 - Modello 2D Scenario Fase 1*



Figura 13 - Modello 2D Scenario Fase 2



Figura 14 - Modello 2D Scenario Fase 3



*Figura 15 - Modello 2D Scenario Fase 4*

Si rimanda all'allegato IX per le mappe calcolate come descritto in precedenza sull'area di studio.

Di seguito si riportano i valori di concentrazione puntuali calcolati per i due inquinanti in esame (PM10 e NOx) in corrispondenza dei ricettori in cui è stata eseguita la valutazione previsionale per lo scenario post operam.

Ricettore	Scenario Fase 1		Scenario Fase 2		Scenario Fase 3		Scenario Fase 4	
	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NOx ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )						
RU-001	48,6	24,0	18,8	9,2	19,8	9,7	20,6	10,1
RU-002	30,4	12,7	6,6	3,3	7,5	3,7	7,4	3,6
RU-003	16,3	8,6	27,2	16,5	15,4	8,3	15,2	8,1
RU-004	1,4	0,6	0,7	0,4	1,1	0,6	0,7	0,4
RU-005	30,4	15,1	4,9	2,4	5,4	2,7	13,9	7,1
RU-006	6,9	3,3	2,0	1,0	2,3	1,1	31,5	16,1
Limiti (media annua)	40	30	40	30	40	30	40	30

## 11 MISURE DI MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI

Si riporta di seguito la descrizione degli interventi e accorgimenti, per lo più di carattere gestionale, previsti per il contenimento e la corretta gestione dei fattori di pressione generati (e generabili) dal progetto sulla componente atmosfera e dei livelli di impatto potenziale.

### 11.1 Fase di cantiere – interventi di mitigazione diretti

Le principali problematiche indotte dalla fase di realizzazione delle opere in progetto sulla componente ambientale in questione riguardano essenzialmente la produzione di polveri che si manifesta principalmente nelle aree di cantiere e di lavorazione in linea.

Nonostante la non generale elevata magnitudo dell'impatto atteso, tuttavia da considerare in base al ricettore potenzialmente interessato da temporanei superamenti dei valori guida relativi alle concentrazioni medie giornaliere di PM10, si prevede la necessità di introdurre adeguate misure di mitigazione. La definizione delle misure da adottare per la mitigazione degli impatti generati dalle polveri sui ricettori circostanti le aree di cantiere e di lavorazione è stata basata sul criterio di impedire il più possibile la fuoriuscita delle polveri dalle stesse aree ovvero, ove ciò non riesca, di trattenerle al suolo impedendone il sollevamento tramite impiego di processi di lavorazione ad umido e pulizia delle strade esterne impiegate dai mezzi di cantiere. Nella presente sezione sono descritte sia misure a carattere generale che consentono una riduzione della polverosità attraverso l'applicazione di generiche procedure operative, che veri e propri interventi di mitigazione specifici.

#### **Impianti di lavaggio delle ruote degli automezzi**

Si tratta di impianti costituiti da una griglia sormontata da ugelli disposti a diverse altezze che spruzzano acqua in pressione con la funzione dilavare le ruote degli automezzi in uscita dai cantieri e dalle aree di lavorazione, per prevenire la diffusione delle polveri, come pure l'imbrattamento della sede stradale all'esterno del cantiere. Tale impianto rientra tra gli oneri generali della cantierizzazione ed è previsto in corrispondenza di ciascuna delle aree di cantiere previste in progetto, presso l'area di uscita dei mezzi pesanti.

#### **Bagnatura delle piste e delle aree di cantiere**

Analizzando le emissioni di polvere relative alla fase di cantiere si osserva che la percentuale più consistente proviene dalla stima associata al passaggio dei mezzi sulle piste di cantiere. Su questo tipo di emissione è possibile intervenire effettuando una bagnatura periodica delle piste e delle aree di cantiere realizzare in materiale che viene facilmente sollevato al passaggio dei mezzi. Anche la bagnatura del materiale risultante dagli scavi contribuisce a ridurre l'emissione di polveri, sia durante le operazioni di movimentazione dei cumuli, sia per effetto dell'azione del vento.

### 11.2 Fase di esercizio

Gli impatti atmosferici correlati alla fase di esercizio sono risultati assolutamente non critici in quanto:

- pienamente conformi rispetto ai limiti che la vigente normativa in materia di qualità dell'aria stabilisce per gli indicatori considerati;

□ di entità tale da originare alterazioni negative non critiche rispetto all'attuale stato qualitativo dell'aria nelle aree più direttamente esposte ai futuri fattori di pressione generati dal progetto, interessate dalla sola presenza di insediamenti sparsi e scarsamente popolati;

□ di entità tale da originare diffusi miglioramenti ambientali in termini di stato qualitativo dell'aria presso il centro abitato più densamente popolato (San Marco dei Cavoti). I futuri livelli di impatto atmosferico risultano, inoltre, tali da non comportare alcun aggravamento o ulteriore fattore di rischio in termini di condizioni sanitarie della popolazione esposta che, come accennato, beneficerà soprattutto degli effetti positivi attesi legati alla prevista riduzione delle concentrazioni dei principali inquinanti da traffico in corrispondenza del centro abitato di San Marco dei Cavoti grazie alla nuova variante stradale che esclude il centro abitato.

Ciò premesso e considerata, al contempo, la pressoché impossibilità tecnica di prevedere interventi di mitigazione ambientale legati esclusivamente alla realizzazione del progetto e non inseriti in un più ampio e complesso piano di azione ambientale di un'area vasta, si ritiene che la significatività degli impatti potenziali quantificati sia tale da non richiedere necessariamente opere e interventi di mitigazione.

## 12 CONCLUSIONI

Il presente studio specialistico è stato finalizzato alla valutazione degli impatti atmosferici potenzialmente correlati alla realizzazione e all'esercizio dell'infrastruttura di progetto.

Il processo di valutazione degli impatti è stato supportato dall'analisi quantitativa dei fattori di pressione ambientale introdotti dal progetto e degli impatti potenziali e residui, sviluppata mediante l'implementazione di specifica modellistica numerica di tipo diffusionale.

La metodologia di lavoro ha previsto diverse fasi operative e applicative volte dapprima alla definizione dello stato qualitativo dell'aria e delle condizioni meteorologiche del sito e, successivamente, alla quantificazione delle emissioni previste in fase di cantiere e di esercizio e all'applicazione della conseguente modellistica diffusionale in grado di fornire stime previsionali relative agli indicatori di qualità dell'aria (concentrazioni di inquinanti).

Gli output del modello sono stati confrontati sia con i valori limite che la vigente normativa di settore prevede per gli indicatori considerati, sia con i valori rappresentativi dello stato attuale della qualità dell'aria.

In tal modo si è provveduto a verificare che non solo il contributo di impatto direttamente generato dal progetto possa ritenersi sostenibile, ma che anche lo stato globale di qualità dell'aria costituito dalla sovrapposizione degli effetti fra i nuovi contributi di impatto correlati al progetto e quelli generati dalle altre tipologie di sorgenti presenti o ai fenomeni di trasporto, trasformazione chimica e apporto secondario e transfrontaliero possa ritenersi sostenibile e coerente con quanto previsto dalla normativa vigente di settore.

Nel complesso, l'areale di intervento risulta privo di criticità legate all'inquinamento atmosferico e tutti gli indicatori dello stato qualitativo dell'aria sono risultati conformi ai rispettivi valori limite previsti dalla vigente normativa di settore.

Le emissioni originate dal progetto sono state definite e quantificate sia per la fase di cantiere sia per quella di esercizio. In particolare, nel corso della fase di cantiere esse saranno per lo più di tipo particellare, prodotte dalle attività di movimentazione dei materiali terrigeni e dal passaggio dei mezzi su piste e aree non pavimentate, piuttosto che dai motori a combustione interna delle macchine operatrici e dei mezzi di trasporto.

Nel corso della fase di esercizio, invece, le emissioni da traffico veicolare saranno sia aeriformi sia particellari e dipenderanno strettamente dai volumi di traffico e dalle tipologie di veicoli in circolazione.

Gli scenari oggetto di simulazione e valutazione di impatto sono stati molteplici: quattro per la fase di cantiere e due per la fase di esercizio, laddove si sono individuati due differenti fasi di attuazione del progetto, caratterizzate dagli anni 2020 e 2030.

Gli impatti sono stati quantificati e descritti sia sotto forma tabellare, relativamente al calcolo puntuale in corrispondenza dei ricettori più esposti, sia sotto forma di mappe di dispersione contenenti le curve di iso-concentrazione.

Le valutazioni complessive effettuate dimostrano la totale sostenibilità ambientale sia della fase di cantiere sia di quella di esercizio.

In fase di esercizio saranno rispettati e garantiti i vigenti limiti che la normativa di settore identifica in materia di qualità dell'aria e tutela della salute umana.

## ALLEGATO I – PLANIMETRIA E ALTIMETRIA OPERA IN PROGETTO



Figura 16 - Planimetria di progetto su ortofoto

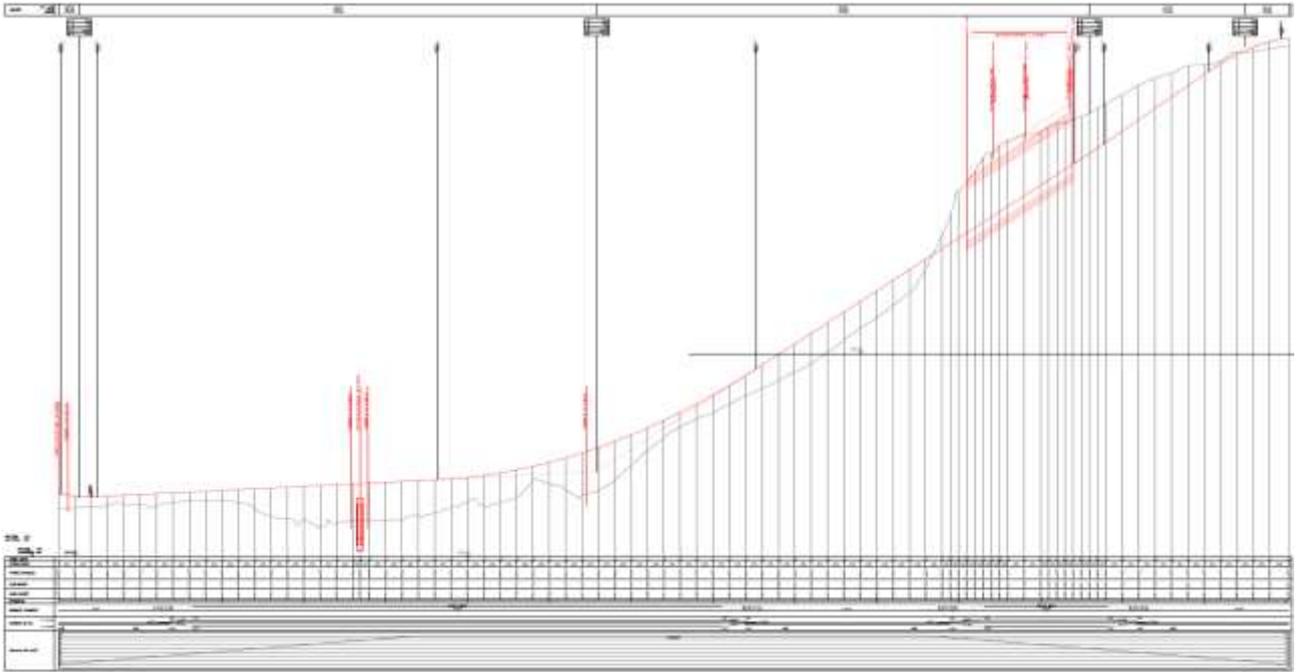


Figura 17 - Profilo longitudinale del tratto stradale di nuova realizzazione

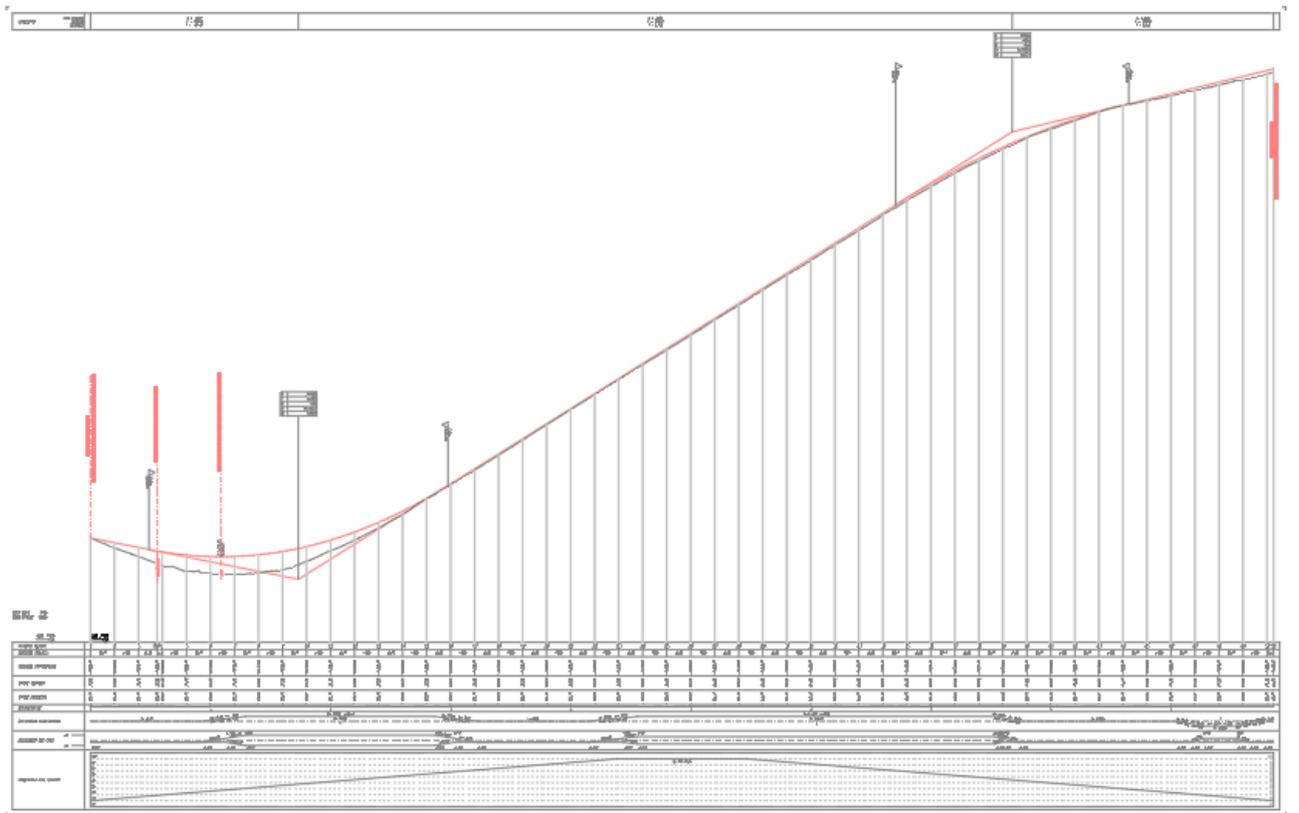


Figura 18 - Profilo longitudinale del tratto stradale di adeguamento in sede

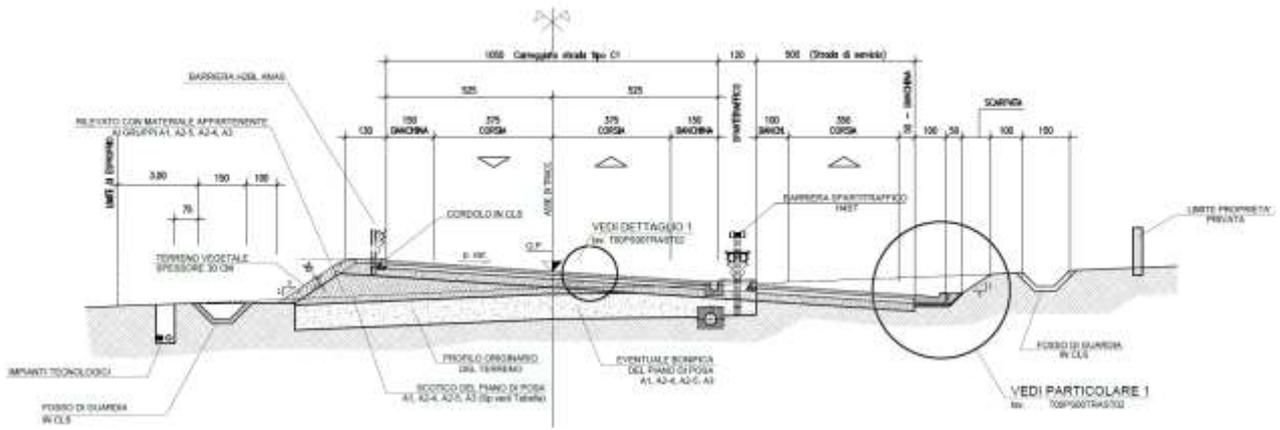
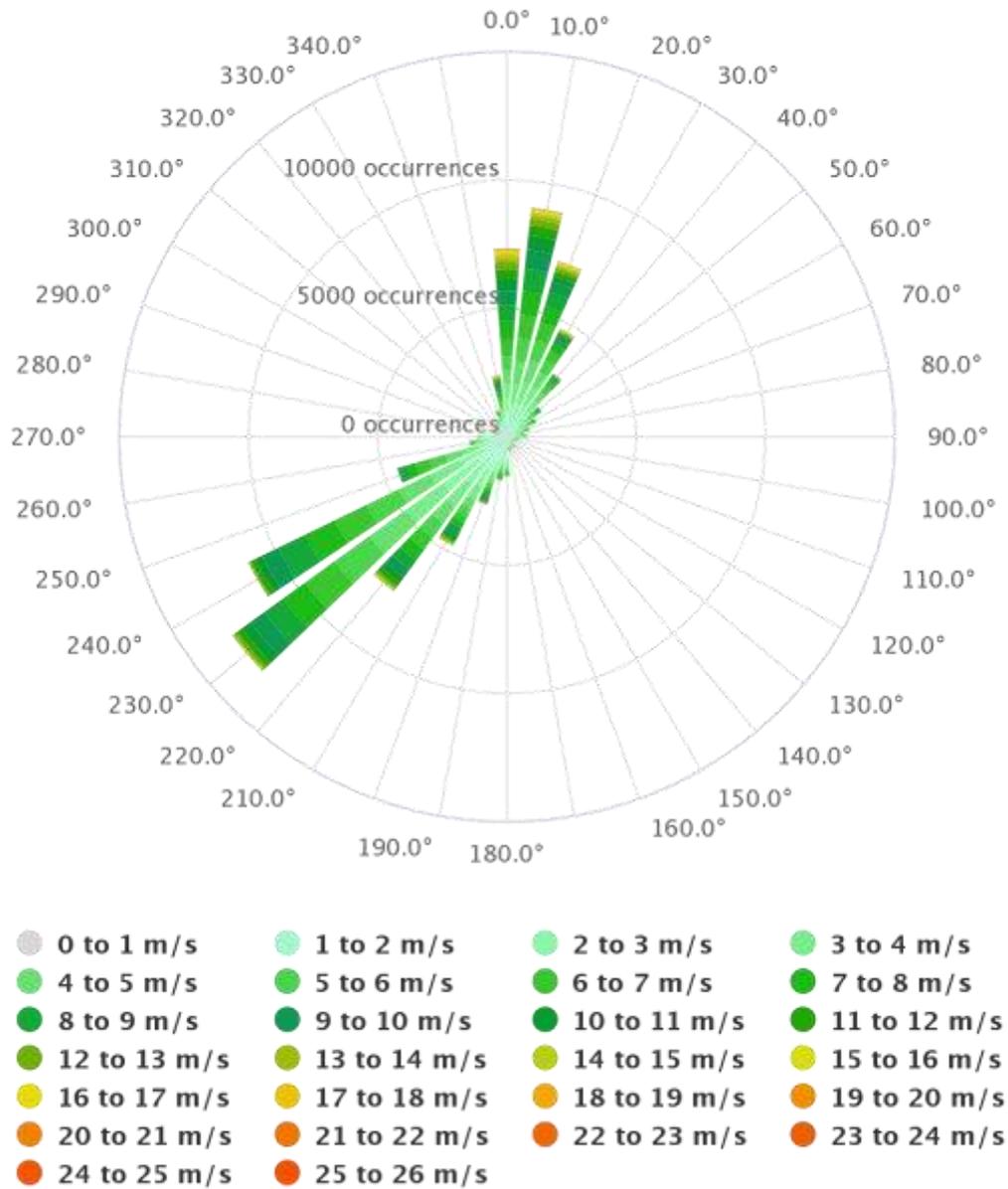


Figura 19 – Sezione tipo C1 con complanare di servizio



Rosa dei venti (a 10 m)

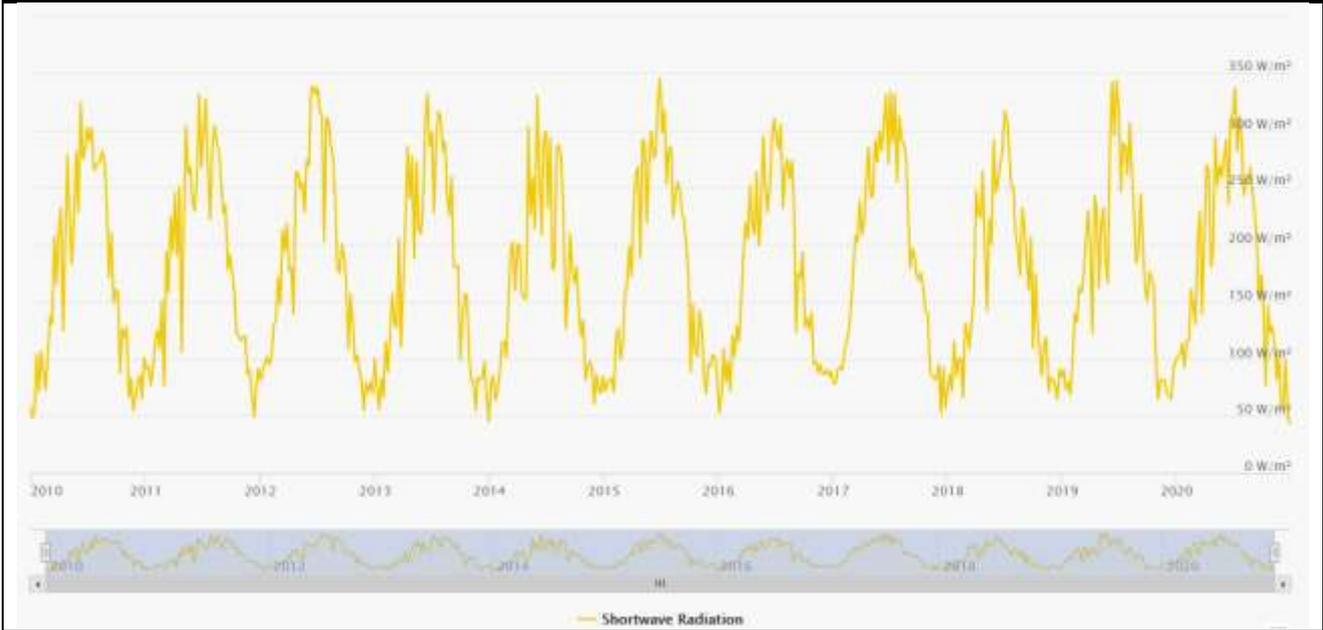


meteoblue

I valori di velocità del vento sono tendenzialmente compresi tra 1 e 8 m/s.  
 I venti rivelano direzioni prevalenti N, NNE e SW.

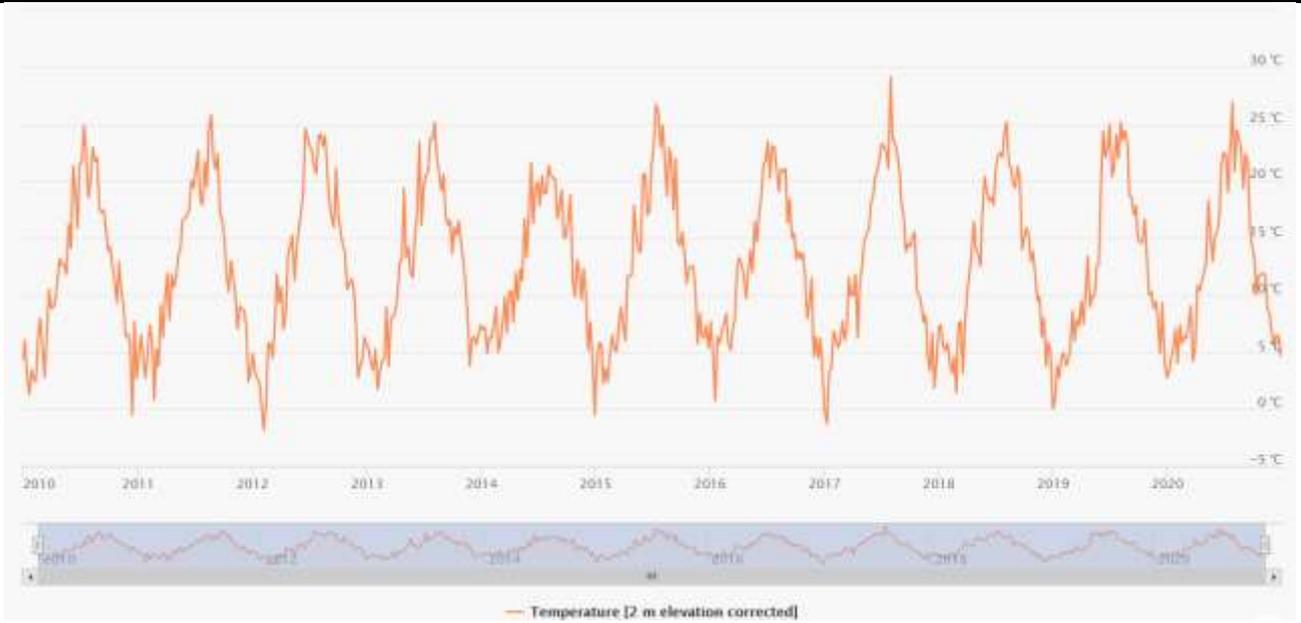
0 to 1 m/s	1 to 2 m/s	2 to 3 m/s	3 to 4 m/s	4 to 5 m/s	5 to 6 m/s	6 to 7 m/s	7 to 8 m/s	8 to 9 m/s	9 to 10 m/s	10 to 11 m/s	11 to 12 m/s	12 to 13 m/s	13 to 14 m/s	14 to 15 m/s	15 to 16 m/s	16 to 17 m/s	17 to 18 m/s	18 to 19 m/s	19 to 20 m/s	20 to 21 m/s	21 to 22 m/s	22 to 23 m/s	23 to 24 m/s	24 to 25 m/s	25 to 26 m/s	direzione	occorrenze totali	occorrenze %
364	555	564	568	527	556	642	713	635	530	481	397	263	153	139	83	50	34	25	24	11	14	6	1	2	0	0.0°	7337	7,6
165	445	648	794	908	896	924	919	893	732	560	395	263	152	89	66	46	31	16	11	7	7	3	5	1	2	10.0°	8978	9,3
135	521	679	898	885	807	707	642	586	419	229	210	128	84	62	51	41	21	13	3	3	1	3	1	2	0	20.0°	7131	7,4
179	489	754	759	623	537	400	311	199	129	98	67	49	32	19	24	12	11	1	4	4	4	4	1	0	0	30.0°	4710	4,9
208	480	536	513	421	294	226	121	91	48	46	22	17	16	6	2	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	40.0°	3051	3,2
82	269	285	282	215	178	125	96	67	34	21	11	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.0°	1674	1,7
135	246	217	196	147	86	80	79	42	25	10	6	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60.0°	1272	1,3
102	189	168	122	90	74	63	45	30	14	7	6	3	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70.0°	921	1,0
86	155	146	84	55	52	38	35	23	11	8	1	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80.0°	701	0,7
230	186	123	62	53	44	22	29	13	10	5	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90.0°	782	0,8
96	104	88	43	42	41	26	16	10	8	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0°	477	0,5
102	100	82	32	29	16	14	5	6	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110.0°	391	0,4
105	102	64	50	36	19	10	9	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120.0°	399	0,4
39	92	59	38	23	17	9	3	5	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130.0°	294	0,3
152	126	93	44	32	24	20	14	6	2	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140.0°	519	0,5
124	121	73	36	34	17	18	13	8	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150.0°	450	0,5
108	190	100	49	30	27	11	7	4	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160.0°	534	0,6
117	178	115	62	36	29	16	8	10	10	5	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170.0°	591	0,6
493	422	232	110	71	50	46	35	33	24	8	10	5	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180.0°	1546	1,6
229	543	274	178	87	94	61	69	48	49	32	19	18	10	5	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	190.0°	1719	1,8
277	756	412	281	185	177	132	136	97	79	80	76	41	23	7	5	5	2	0	1	0	0	0	0	0	0	200.0°	2772	2,9
375	1010	805	560	394	336	248	225	221	160	161	83	76	48	23	20	10	2	1	0	2	0	0	0	0	0	210.0°	4760	4,9
201	927	1171	1052	831	699	552	523	441	376	274	176	100	61	30	31	13	5	4	1	0	0	0	0	0	0	220.0°	7468	7,7
430	1021	1631	1755	1729	1679	1417	1054	887	660	428	235	130	53	29	10	4	2	3	3	0	0	0	0	0	0	230.0°	13160	13,6
297	703	961	1334	1354	1379	1393	1272	1159	694	322	172	67	32	15	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240.0°	11160	11,6
250	500	472	588	656	646	572	367	198	105	41	25	8	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250.0°	4434	4,6
234	353	250	227	180	110	49	20	17	8	11	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	260.0°	1465	1,5
468	341	177	76	38	15	8	2	5	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	270.0°	1134	1,2
152	179	96	30	17	6	7	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	280.0°	491	0,5
147	175	70	14	7	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	290.0°	421	0,4
165	175	58	26	7	4	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300.0°	444	0,5
99	133	68	27	22	8	6	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	310.0°	368	0,4
243	195	96	43	20	11	10	8	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320.0°	629	0,7
209	207	83	80	43	25	32	11	15	14	2	3	0	1	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	330.0°	732	0,8
180	281	135	110	73	57	59	37	35	35	22	18	14	15	6	4	4	2	2	3	0	0	0	0	0	0	340.0°	1092	1,1
162	347	255	200	188	218	182	201	160	124	110	98	63	38	30	20	10	12	6	1	0	0	0	0	0	0	350.0°	2425	2,5
	1 to 2 m/s	2 to 3 m/s	3 to 4 m/s	4 to 5 m/s	5 to 6 m/s	6 to 7 m/s	7 to 8 m/s	8 to 9 m/s	9 to 10 m/s	10 to 11 m/s	11 to 12 m/s	12 to 13 m/s	13 to 14 m/s	14 to 15 m/s	15 to 16 m/s	16 to 17 m/s	17 to 18 m/s	18 to 19 m/s	19 to 20 m/s	20 to 21 m/s	21 to 22 m/s	22 to 23 m/s	23 to 24 m/s	24 to 25 m/s	25 to 26 m/s	<b>TOT</b>	96432	100,0
	12816	12040	11323	10088	9234	8131	7034	5950	4322	2973	2044	1268	738	471	328	200	123	71	51	28	28	16	8	5	2	89292		
	<b>14,4</b>	<b>13,5</b>	<b>12,7</b>	<b>11,3</b>	<b>10,3</b>	<b>9,1</b>	<b>7,9</b>	<b>6,7</b>	<b>4,8</b>	<b>3,3</b>	<b>2,3</b>	<b>1,4</b>	<b>0,8</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	100		

## Radiazione solare oraria

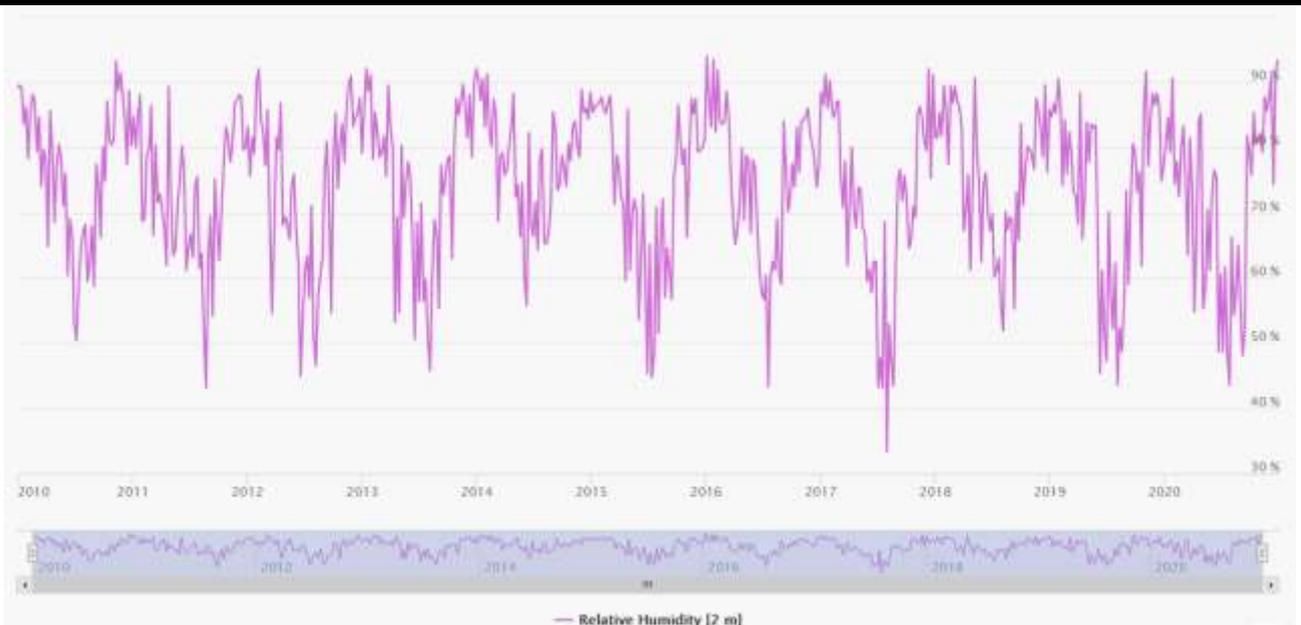


La radiazione solare oraria risulta mediamente compresa tra 180 e 350  $\text{W/m}^2$  in periodo estivo.

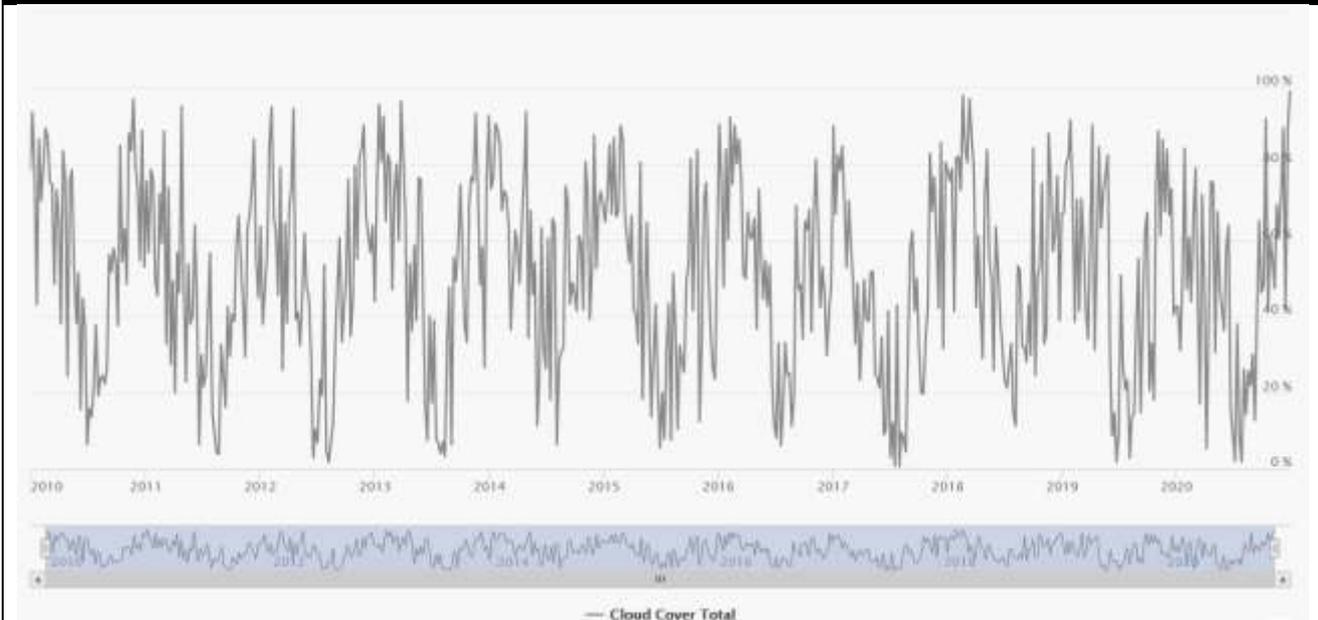
### Temperatura



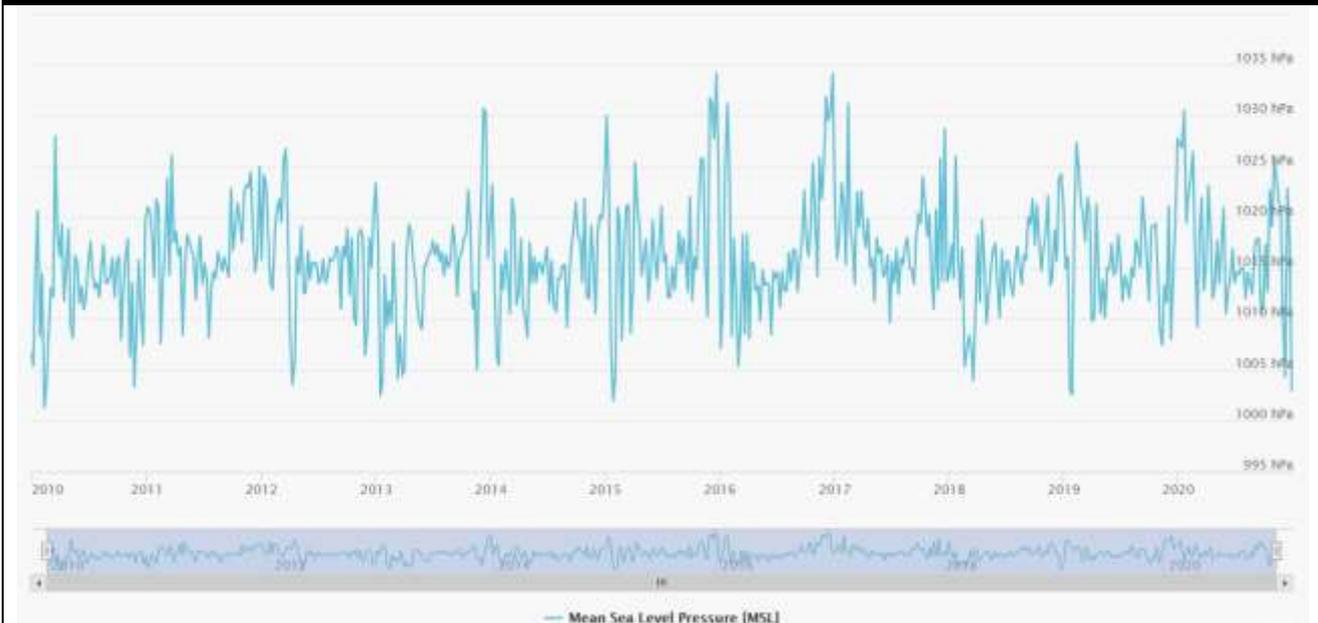
### Umidità relativa



### Copertura nuvolosa



### Pressione



#### Determinazione della classe di stabilità di Pasquill

Periodo di analisi: sono stati analizzati i dati dal 01-01-2010 al 31-01-2020;

Radiazione solare globale nel periodo estivo: compresa fra 180 e 350 W/m<sup>2</sup> (moderata);

Vento: mediamente compreso fra 1 e 8 m/s, con valore medio 5,1 m/s;

Pertanto la zona in esame si può classificare come classe C/D (leggermente instabile/neutralità), che per la normativa TA Luft si traduce in classe III/2 o III/1. Cautelativamente si assume la classe III/1.

## ALLEGATO III – DETERMINAZIONE DATI DI EMISSIONE

### FASE DI CANTIERE

#### EMISSIONI GAS DI SCARICO

##### MEZZI MECCANICI DI CANTIERE - SORGENTI PUNTUALI

*EMEP-CORINAIR Emission Inventory Guidebook, 2007 – Group 8: Other mobile sources and machinery*  
*Atmospheric Emission Inventory Guidebook dell'EEA*

	Tipologia di inquinante	Potenza massima del motore HP (kW)	Load Factor LF*	Fattore di emissione medio EFi (g/kWh)	Emissioni per unità di tempo (g/h)
Pala meccanica	PM10	170	0,15	0,2	5,1
Escavatore	PM10	75	0,15	0,3	3,4
Autocarro/dumper	PM10	187	0,15	0,2	5,6
Rullo compattatore	PM10	53	0,15	0,4	3,2
Asfaltatrice	PM10	78	0,15	0,3	3,5
Palificatrice	PM10	126	0,15	0,3	5,7
Autobetoniera	PM10	80	0,15	0,3	3,6

*\*cicli standard ISO DP 8178, categoria di riferimento C1-Diesel Powered off road industrial equipment*

Macchina	Tipologia di inquinante	Potenza massima del motore HP (kW)	Load Factor LF*	Fattore di emissione medio EFi (g/kWh)	Emissioni per unità di tempo (g/h)
Pala meccanica	NOx	170	0,15	3,5	89,3
Escavatore	NOx	75	0,15	3,5	39,4
Autocarro/dumper	NOx	187	0,15	3,5	98,2
Rullo compattatore	NOx	53	0,15	4	31,8
Asfaltatrice	NOx	78	0,15	3,5	41,0
Palificatrice	NOx	126	0,15	3,5	66,2
Autobetoniera	NOx	80	0,15	3,5	42,0

*\*cicli standard ISO DP 8178, categoria di riferimento C1-Diesel Powered off road industrial equipment*

#### EMISSIONI GAS DI SCARICO

##### MEZZI PESANTI IN TRANSITO SULLA VIABILITÀ PRINCIPALE - SORGENTI LINEARI

*CORINAIR*

Tratto	Tipologia di inquinante	Lunghezza tronco stradale (km)	numero di veicoli in transito (veic/h)	Fattore di emissione medio EFi (g/veic km)	Emissioni per unità di tempo (g/h)
CA03 - svincolo	PM10	0,5	2	0,2992	0,2992
svincolo - CA04	PM10	1	2	0,2992	0,5984

Tratto	Tipologia macchina	Tipologia di guida	Tipologia di inquinante	Lunghezza tronco stradale (km)	numero veicoli in transito (veic/h)	Fattore di emissione (g/km)	Emissioni per unità di tempo (g/h)
CA03 - svincolo	mezzo pesante (>3.5t)	Rural	NOx	0,5	2	7,5	7,5
svincolo - CA04	mezzo pesante (>3.5t)	Rural	NOx	1	2	7,5	15

### EMISSIONI DI POLVERE

Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense E.P.A., AP-42, Fifth Edition, Compilation of air pollutant emission factors, Volume I, Stationary Points and Area Sources

#### Unpaved Roads

Mezzi su piste di cantiere (escavatori, pale gommate, dumper)

k (PM10)	a (PM10)	b (PM10)	s (%)	Fattore di conversione
1,5	0,9	0,45	4	281,9

	W* (ton)	E (lb/VMT)	E (g/VKT**)	veicoli/h	km percorsi	E (g/h)	Note
Dumper	23	1,40	393,4	2	0,5	393,4	ipotesi di 2 viaggi/ora per il trasporto di materiale, tratto all'interno del cantiere di 500 m
*riferimento al peso operativo della macchina							
**VKT veicolo chilometro viaggiato							

### Aggregate Handling and Storage Piles

#### Cumuli di terra, carico e scarico

Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense E.P.A., AP-42, Fifth Edition, Compilation of air pollutant emission factors, Volume I, Stationary Points and Area Sources

k (PM10)	U (m/s)	M (%)	E (kg/ton)	ton materiale movimentate all'ora	E (kg/h)	E (g/h)
0,35	5,1	2,5	0,0012	50	0,0611	61,1

### Wind erosion

#### Azione eolica sui cumuli in stoccaggio temporaneo

Linee Guida di ARPA Toscana per la valutazione delle polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti

Fattore di emissione areale EFi (kg/m2)	Superficie dell'area movimentata* (m2)	movimentazioni/h	rateo emissivo orario PM10 Ei (kg/h)	rateo emissivo orario PM10 Ei (g/h)
0,0000079	0,014	2	2,212E-07	0,00022
*superficie ricavata dalle tonnellate di materiale movimentate all'ora				

**Attività di escavazione**

**Rimozione terreno di copertura (Bulldozing)**

*Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense E.P.A., AP-42, Fifth Edition, Compilation of air pollutant emission factors, Volume I, Stationary Points and Area Sources*

sL (%)	M (%)	Fattore di emissione E (kg/ora)	numero di ore lavorative giornaliere (h/giorno)	Emissione particolato giornaliero (kg/giorno)	Emissione particolato orario (g/h)
4	10	0,11	10	1,07	107,5

## ALLEGATO IV – VOLUMI DI TRAFFICO

	<b>Variante in progetto SS 212 2020</b>	
	periodo diurno [06-22]	periodo notturno [22-06]
numero veicoli	2514	105
percentuale mezzi pesanti (%)	17	7
numero mezzi pesanti	427	7
numero mezzi leggeri	2087	98
velocità di percorrenza (km/h)	80-100	80-100
minima distanza di interesse dalla strada (m)	20	20
larghezza della careggiata (m)	10,5	10,5
veicoli/ora	157	13
mezzi pesanti/ora	27	1
mezzi leggeri/ora	130	12

	<b>Variante in progetto SS 212 2030</b>	
	periodo diurno [06-22]	periodo notturno [22-06]
numero veicoli	2972	124
percentuale mezzi pesanti (%)	17	7
numero mezzi pesanti	505	9
numero mezzi leggeri	2467	115
velocità di percorrenza (km/h)	80-100	80-100
minima distanza di interesse dalla strada (m)	20	20
larghezza della careggiata (m)	10,5	10,5
veicoli/ora	186	16
mezzi pesanti/ora	32	1
mezzi leggeri/ora	154	14

A partire dai dati forniti dalla committenza relativi al tratto di variante in progetto, vengono stimati i volumi di traffico da attribuire al tratto di adeguamento in sede, rappresentato dai tre rami della rotonda dalla quale inizia il conteggio della progressiva chilometrica.

Le assunzioni effettuate sono le seguenti:

- Il flusso relativo alla variante in progetto rappresenta il 90% del volume di traffico proveniente da ovest; il restante 10% rappresenta la porzione assegnato al ramo in direzione del centro urbano di S. Marco dei Cavoti;
- Il flusso che si ricava dall'assunzione precedente viene ripartito tra i due rami posti ad ovest della rotonda (ramo 1 e ramo 2) come 95% al ramo che si collega all'attuale SS212var (più trafficata) e il 5% al ramo che si collega alla Contrada Saude;
- In corrispondenza delle rotatorie la velocità è assunta pari a 30 km/h.

I volumi di traffico ottenuti per i tre rami della rotonda sono riportati nelle tabelle a seguire.

Il dato relativo al Ramo 2 – SS 212var rappresenta il flusso di traffico attribuito al tratto di adeguamento in sede.

	<b>Ramo 1 (Contrada Saude) 2020</b>	
	periodo diurno [06-22]	periodo notturno [22-06]
numero veicoli	138	6
percentuale mezzi pesanti (%)	17	7
numero mezzi pesanti	24	0
numero mezzi leggeri	115	5
velocità di percorrenza (km/h)	50-70	50-70
veicoli/ora	9	1
mezzi pesanti/ora	1	0
mezzi leggeri/ora	7	1

	<b>Ramo 1 (Contrada Saude) 2030</b>	
	periodo diurno [06-22]	periodo notturno [22-06]
numero veicoli	163	7
percentuale mezzi pesanti (%)	17	7
numero mezzi pesanti	28	0
numero mezzi leggeri	136	6
velocità di percorrenza (km/h)	50-70	50-70
veicoli/ora	10	1
mezzi pesanti/ora	2	0
mezzi leggeri/ora	8	1

	<b>Ramo 2 (SS212var) 2020</b>	
	periodo diurno [06-22]	periodo notturno [22-06]
numero veicoli	2627	110
percentuale mezzi pesanti (%)	17	7
numero mezzi pesanti	447	8
numero mezzi leggeri	2181	102
velocità di percorrenza (km/h)	80-100	80-100
veicoli/ora	164	14
mezzi pesanti/ora	28	1
mezzi leggeri/ora	136	13

	<b>Ramo 2 (SS212var) 2030</b>	
	periodo diurno [06-22]	periodo notturno [22-06]
numero veicoli	3106	130
percentuale mezzi pesanti (%)	17	7
numero mezzi pesanti	528	9
numero mezzi leggeri	2578	121
velocità di percorrenza (km/h)	80-100	80-100
veicoli/ora	194	16
mezzi pesanti/ora	33	1
mezzi leggeri/ora	161	15

	<b>Ramo 3 (verso il centro urbano) 2020</b>	
	<b>periodo diurno [06-22]</b>	<b>periodo notturno [22-06]</b>
numero veicoli	277	12
percentuale mezzi pesanti (%)	17	7
numero mezzi pesanti	47	1
numero mezzi leggeri	230	11
velocità di percorrenza (km/h)	50-70	50-70
veicoli/ora	17	1
mezzi pesanti/ora	3	0
mezzi leggeri/ora	14	1

	<b>Ramo 3 (verso il centro urbano) 2030</b>	
	<b>periodo diurno [06-22]</b>	<b>periodo notturno [22-06]</b>
numero veicoli	327	14
percentuale mezzi pesanti (%)	17	7
numero mezzi pesanti	56	1
numero mezzi leggeri	271	13
velocità di percorrenza (km/h)	50-70	50-70
veicoli/ora	20	2
mezzi pesanti/ora	3	0
mezzi leggeri/ora	17	2

## ALLEGATO V – POSIZIONE PUNTI RICETTORE

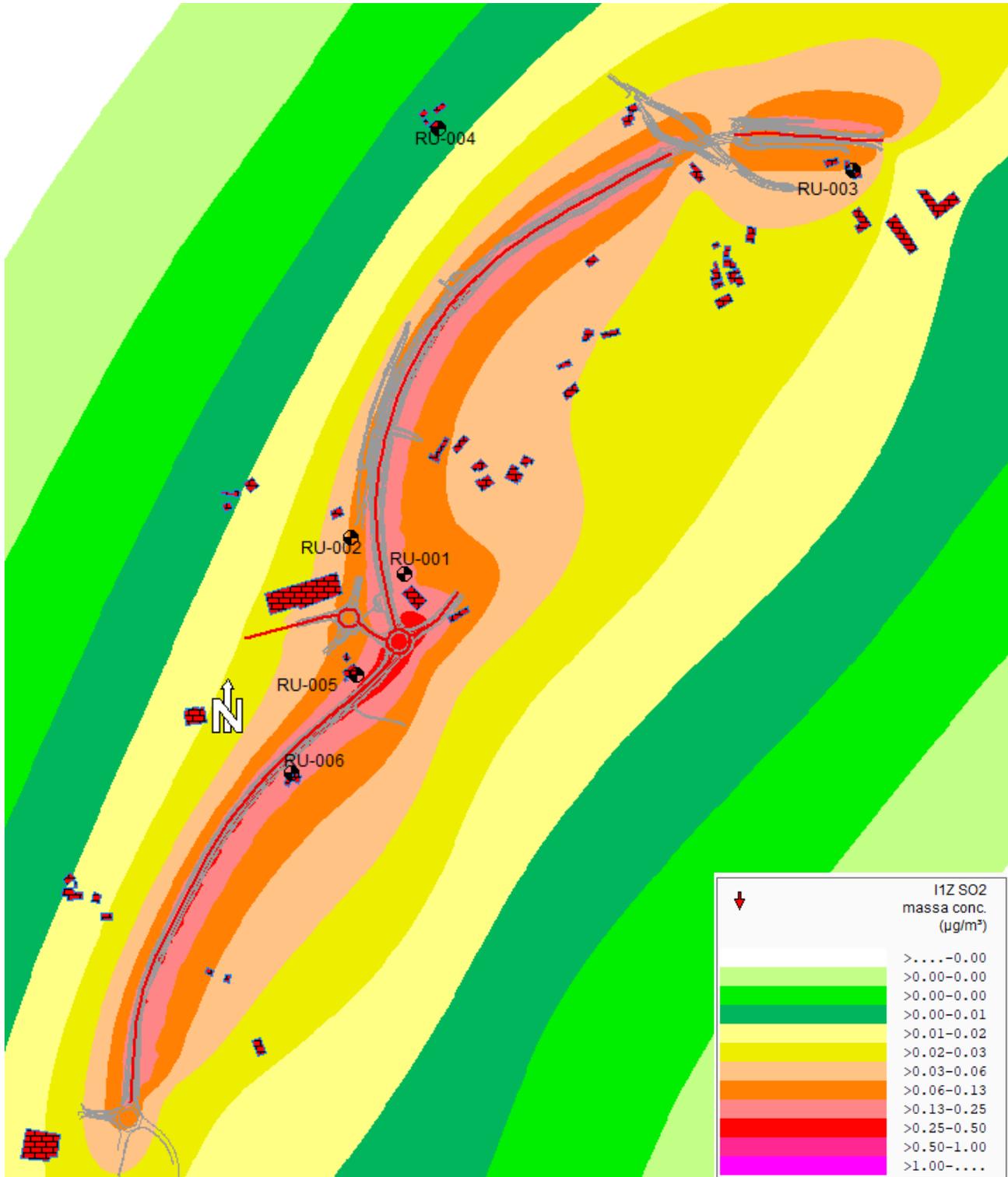


Figura 20 - Ubicazione postazioni puntuali di calcolo

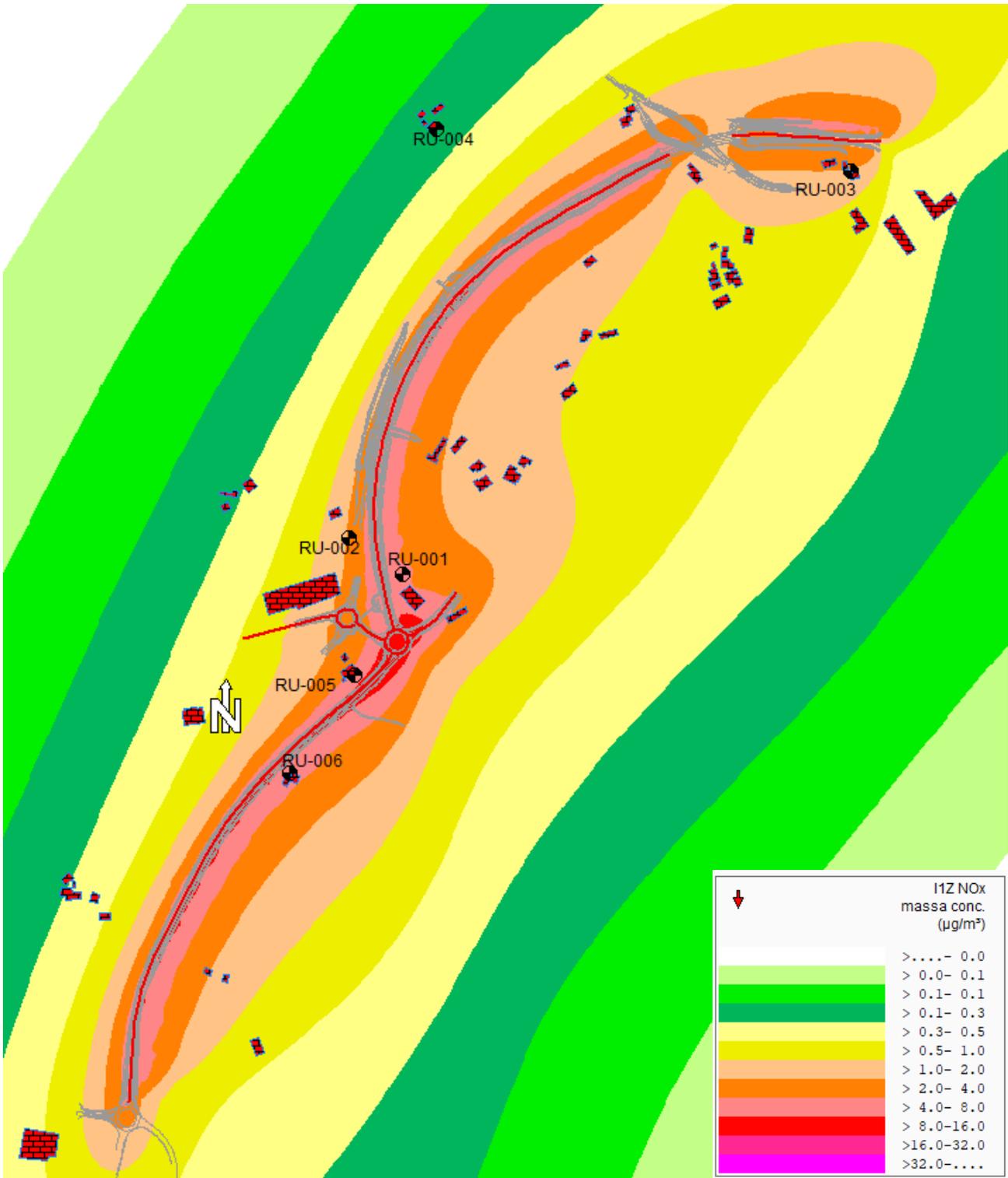
ID	Tipologia di ricettore	Comune
RU-001	Edificio 1-2 piani in zona agricola	San Marco dei Cavoti
RU-002	Zona di interesse industriale D	Reino
RU-003	Edificio 1-2 piani in zona agricola	San Marco dei Cavoti
RU-004	Edificio residenziale in zona verde privata di rispetto E3	Reino
RU-005	Edificio residenziale 2 piani in zona agricola	San Marco dei Cavoti
RU-006	Edificio residenziale 2 piani in zona agricola	San Marco dei Cavoti

## ALLEGATO VI – MAPPE CALCOLATE POST OPERAM

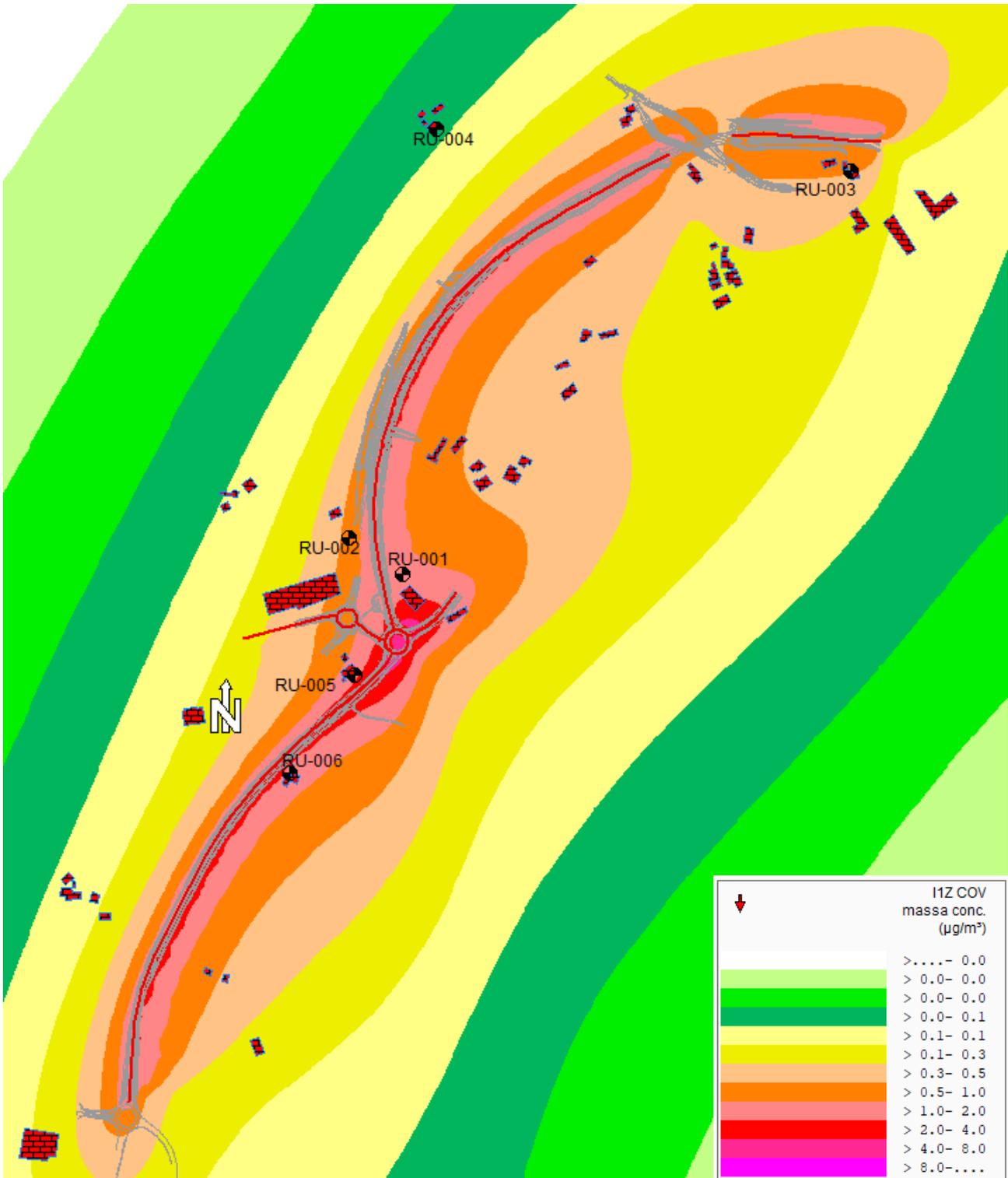
Scenario	POST OPERAM 2020
Inquinante	SO2



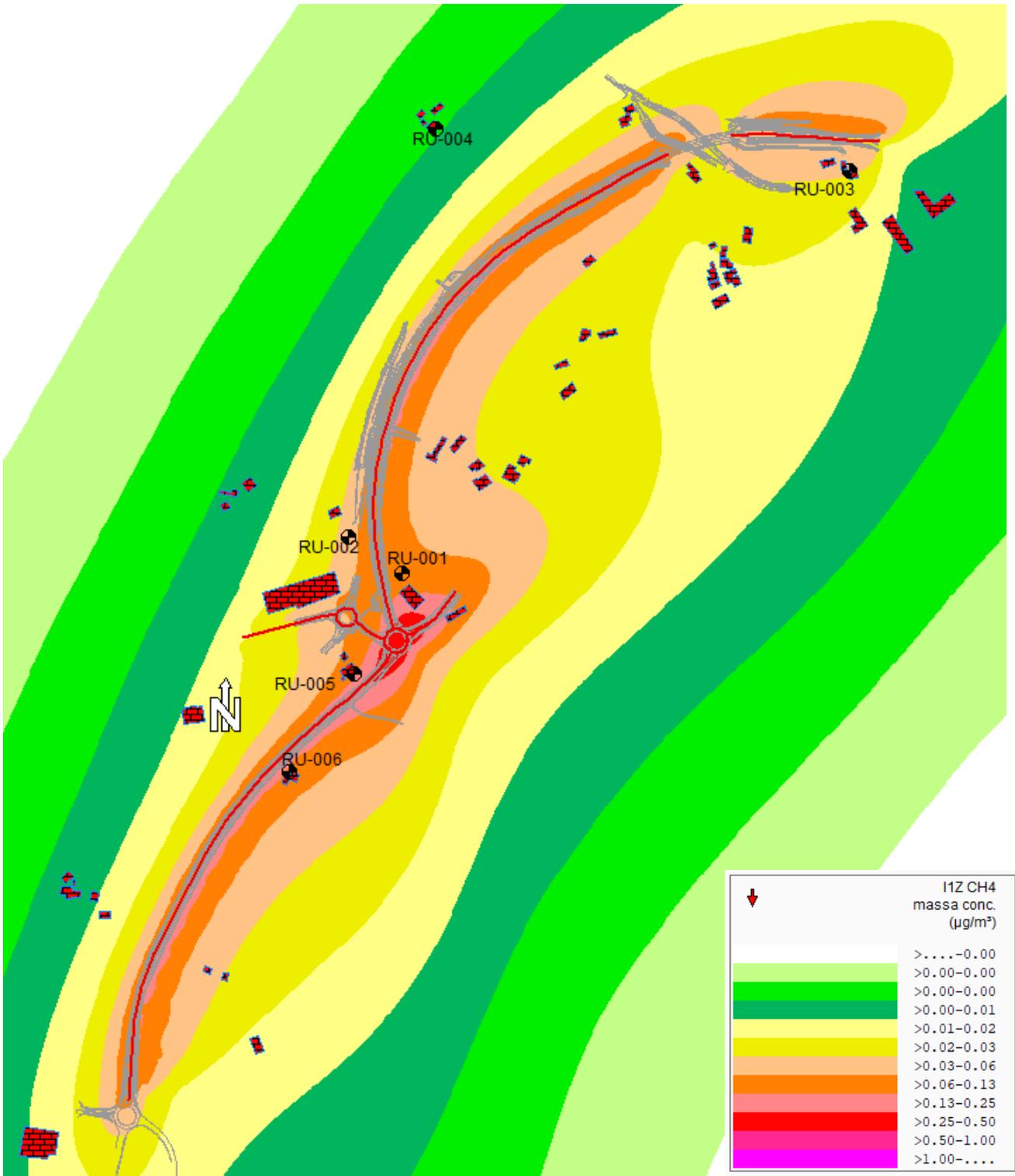
Scenario	<b>POST OPERAM 2020</b>
Inquinante	<b>NOx</b>



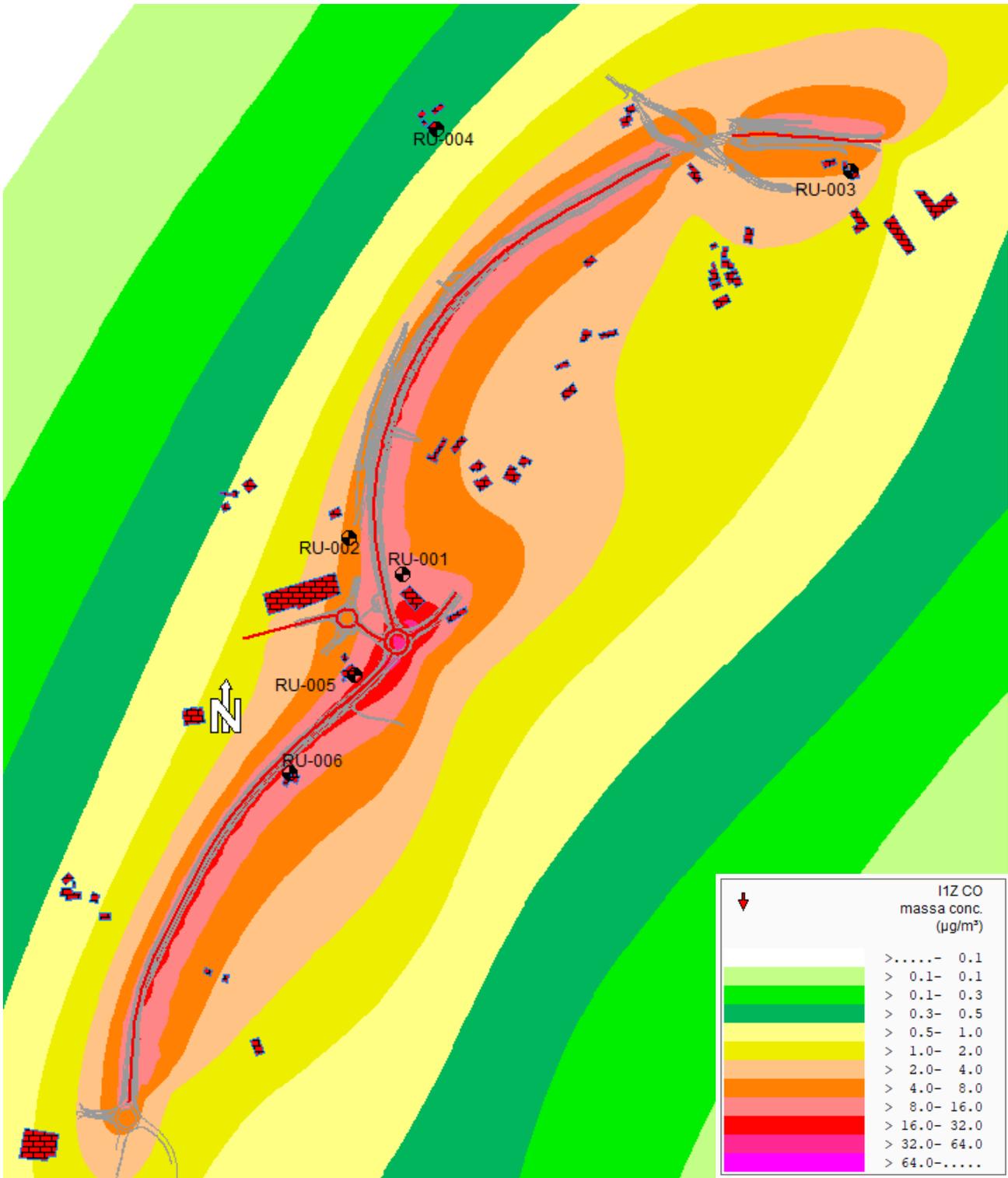
Scenario	<b>POST OPERAM 2020</b>
Inquinante	<b>COV</b>



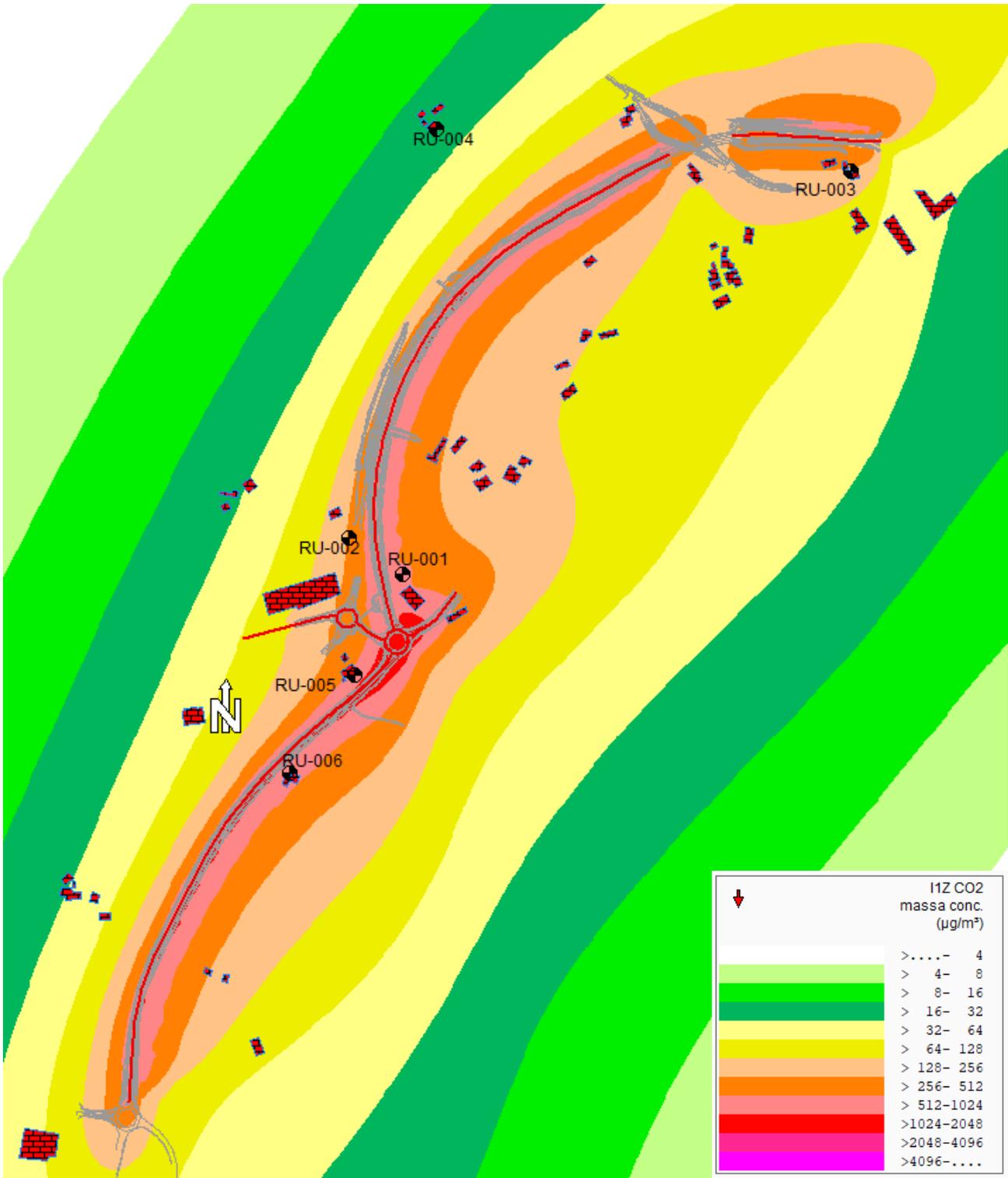
Scenario	POST OPERAM 2020
Inquinante	CH4



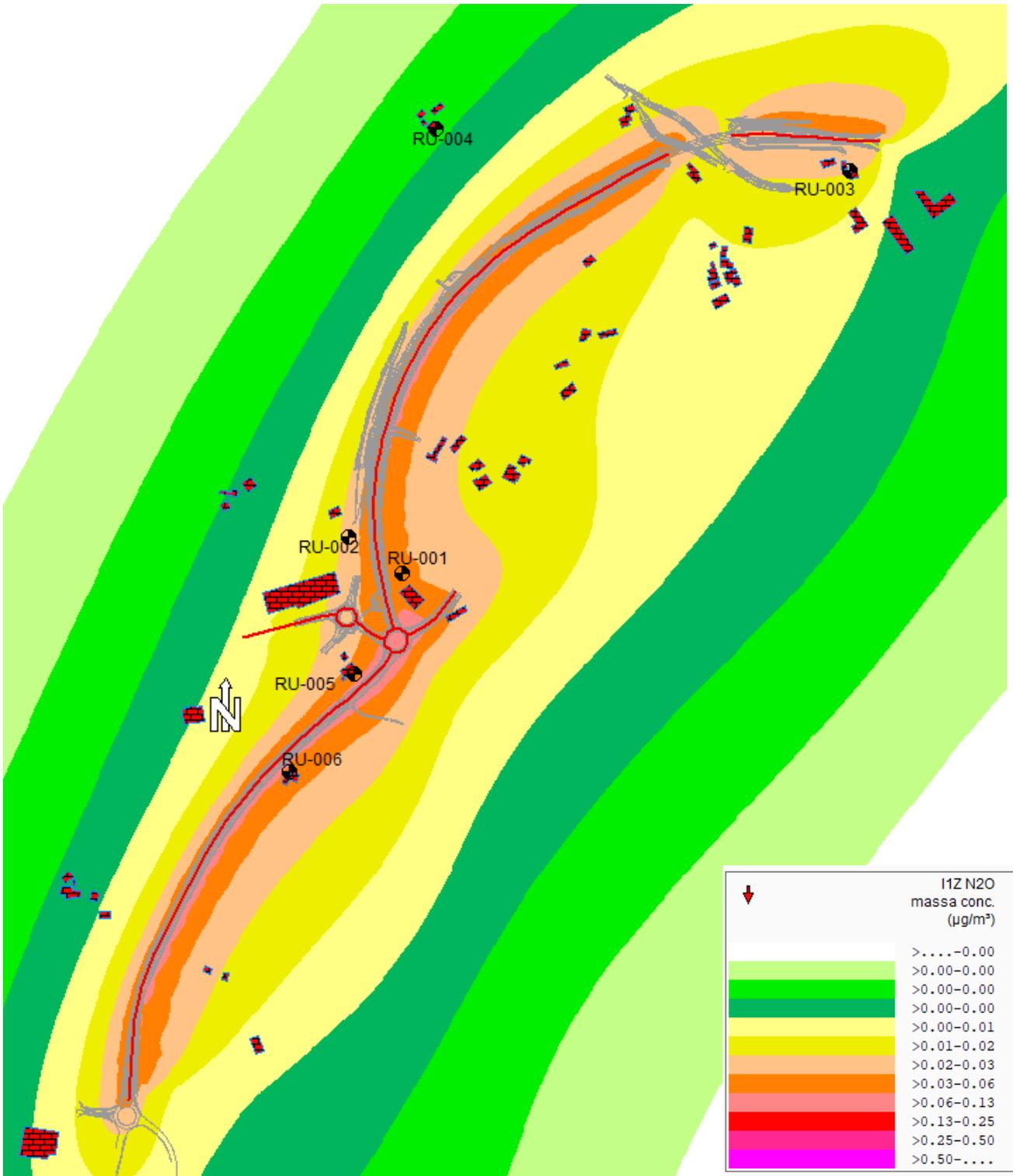
Scenario	<b>POST OPERAM 2020</b>
Inquinante	<b>CO</b>



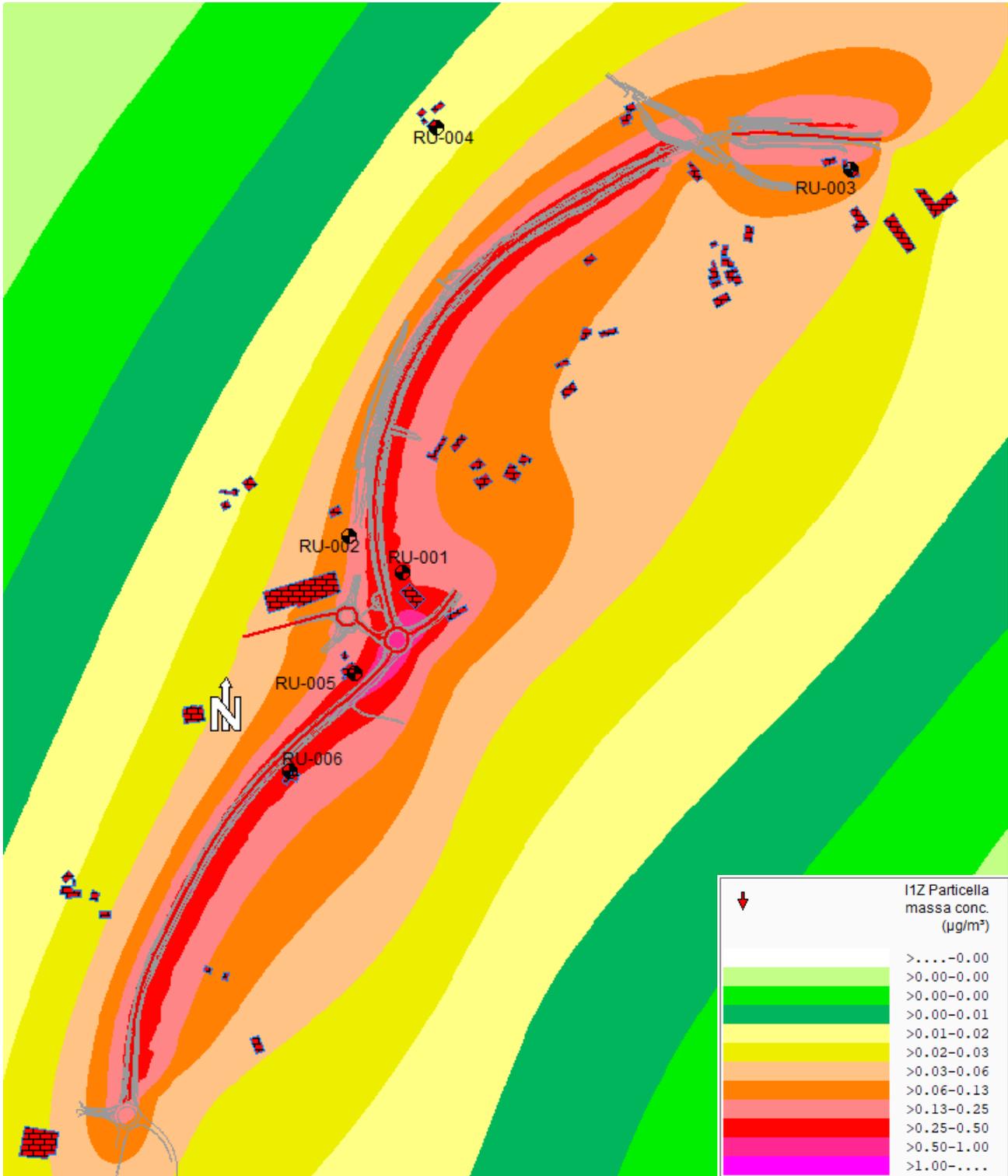
Scenario	<b>POST OPERAM 2020</b>
Inquinante	<b>CO2</b>



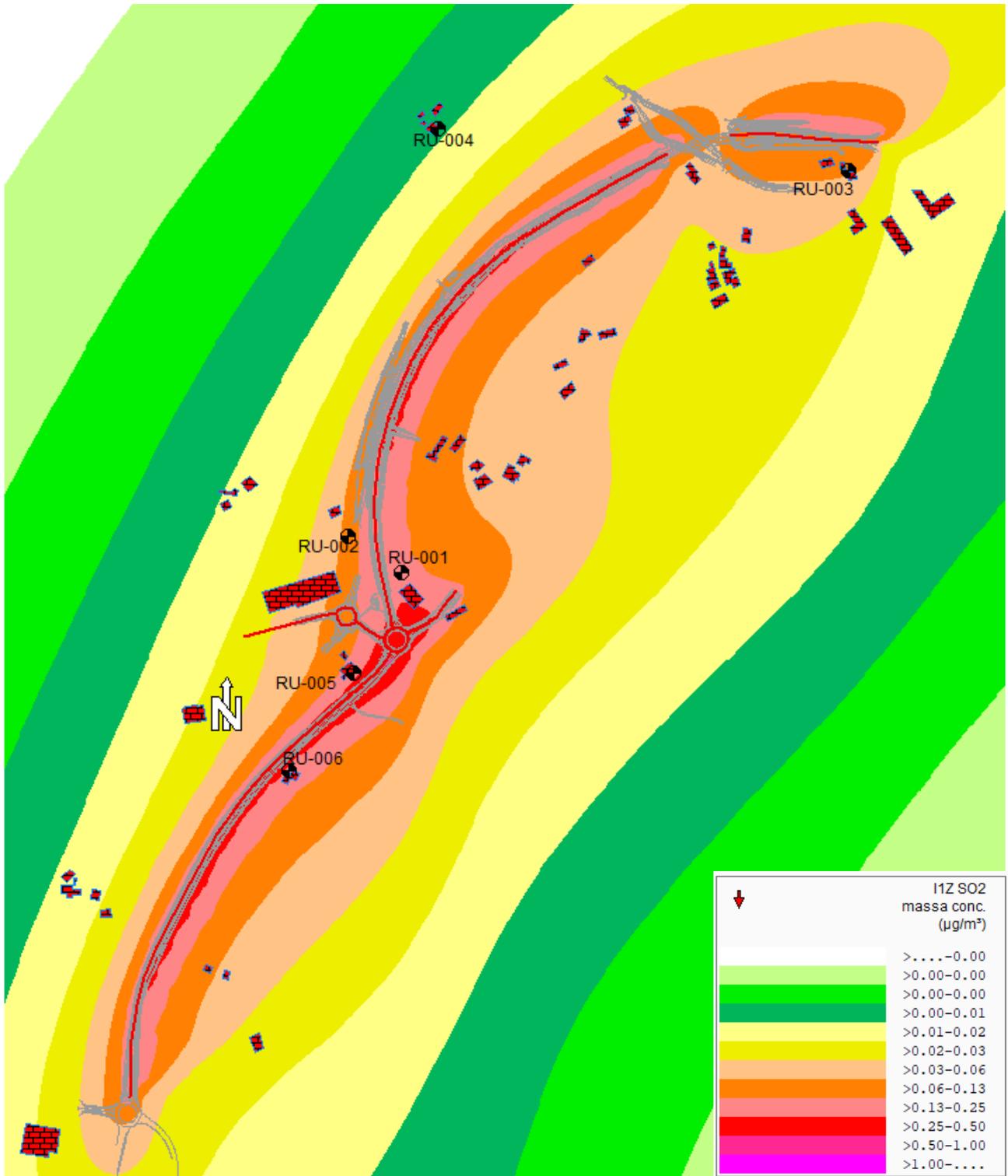
Scenario	POST OPERAM 2020
Inquinante	N2O



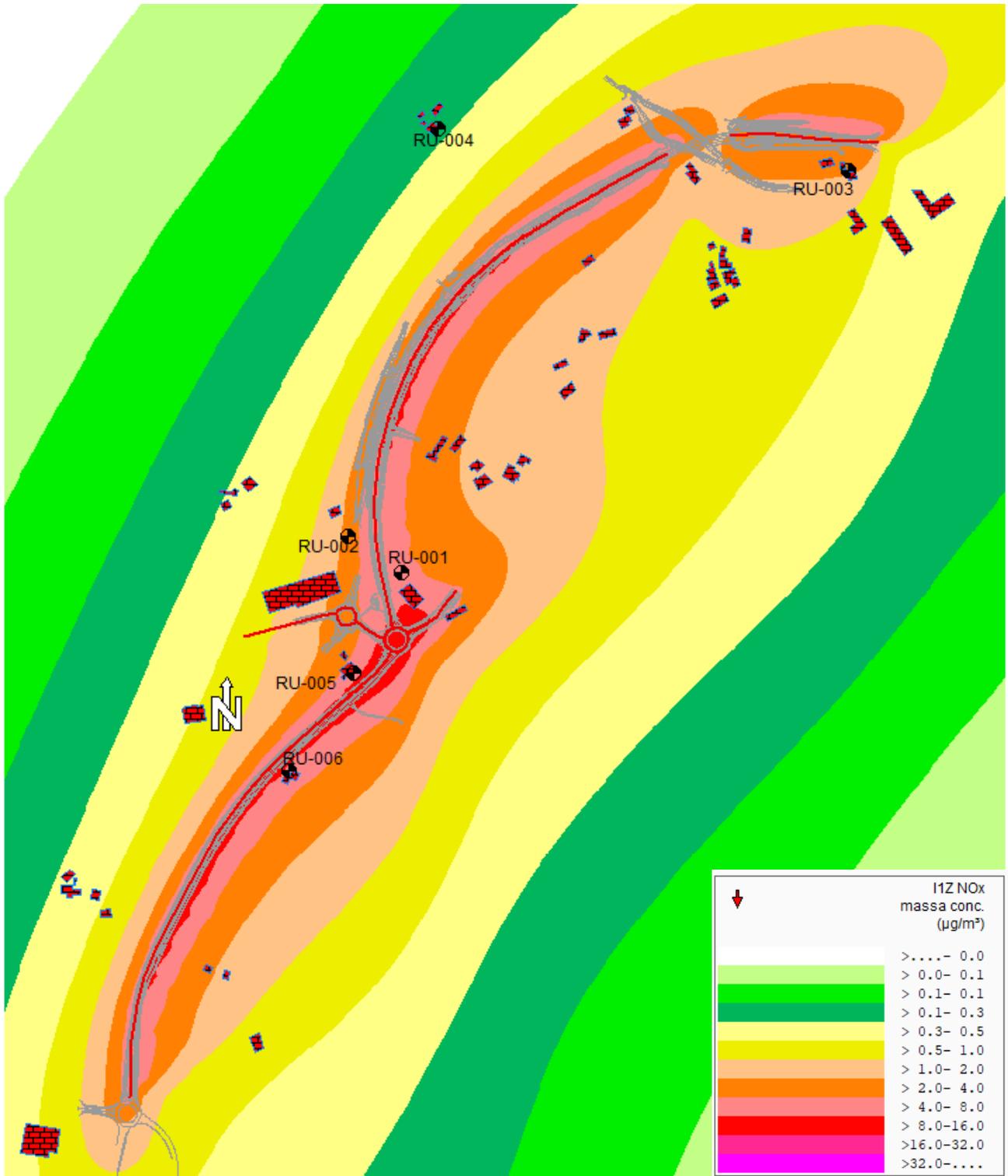
Scenario	POST OPERAM 2020
Inquinante	Particolato



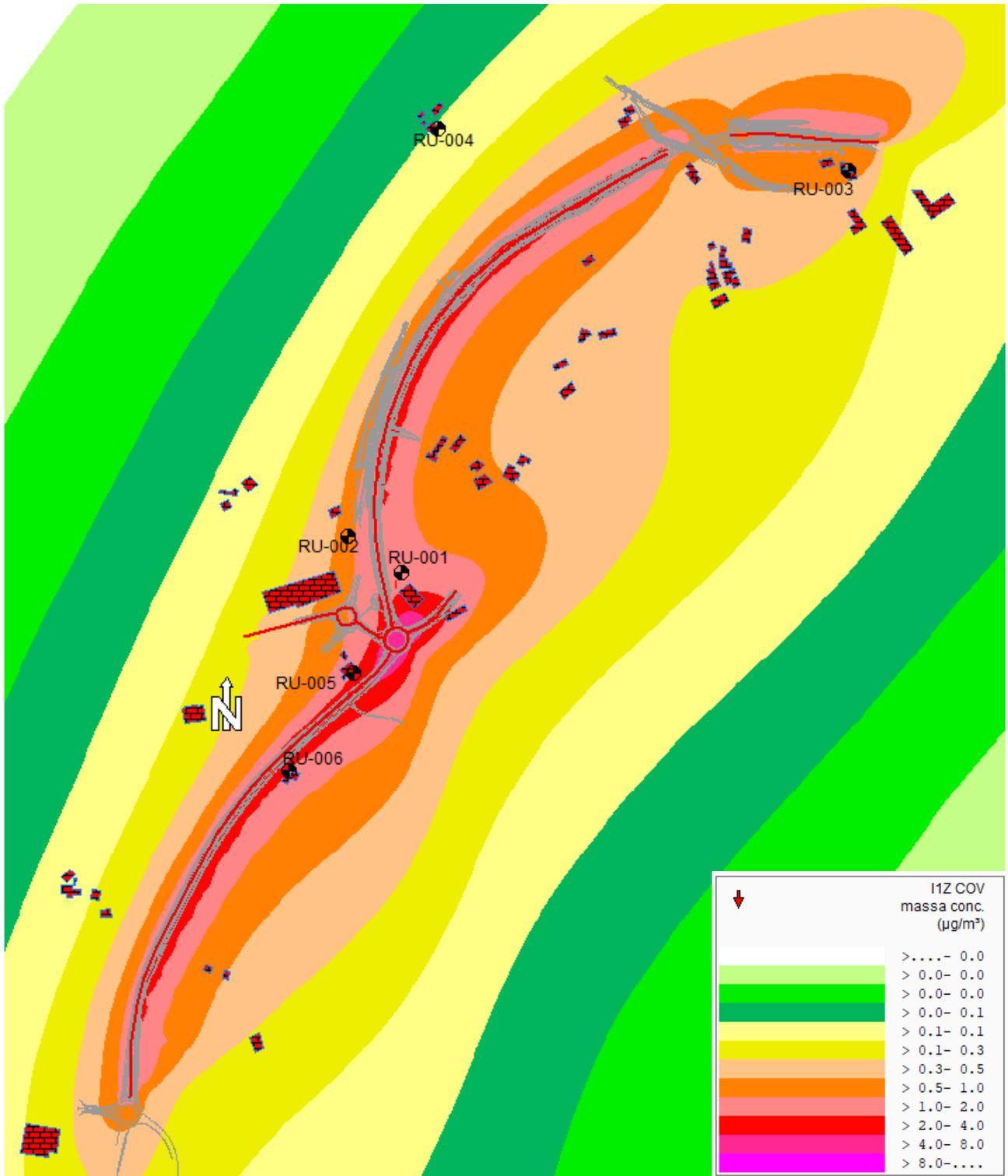
Scenario	<b>POST OPERAM 2030</b>
Inquinante	<b>SO2</b>



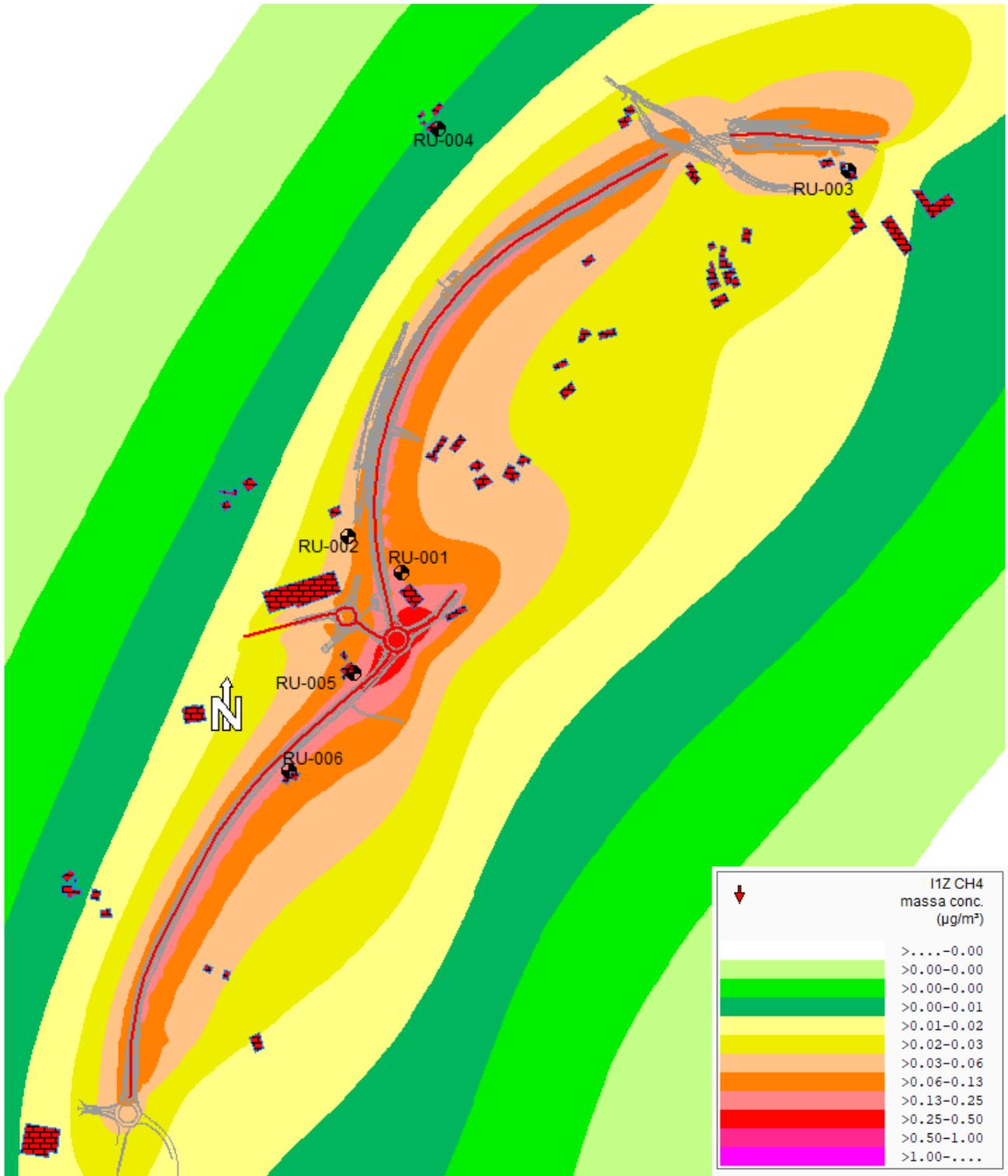
Scenario	<b>POST OPERAM 2030</b>
Inquinante	<b>NOx</b>



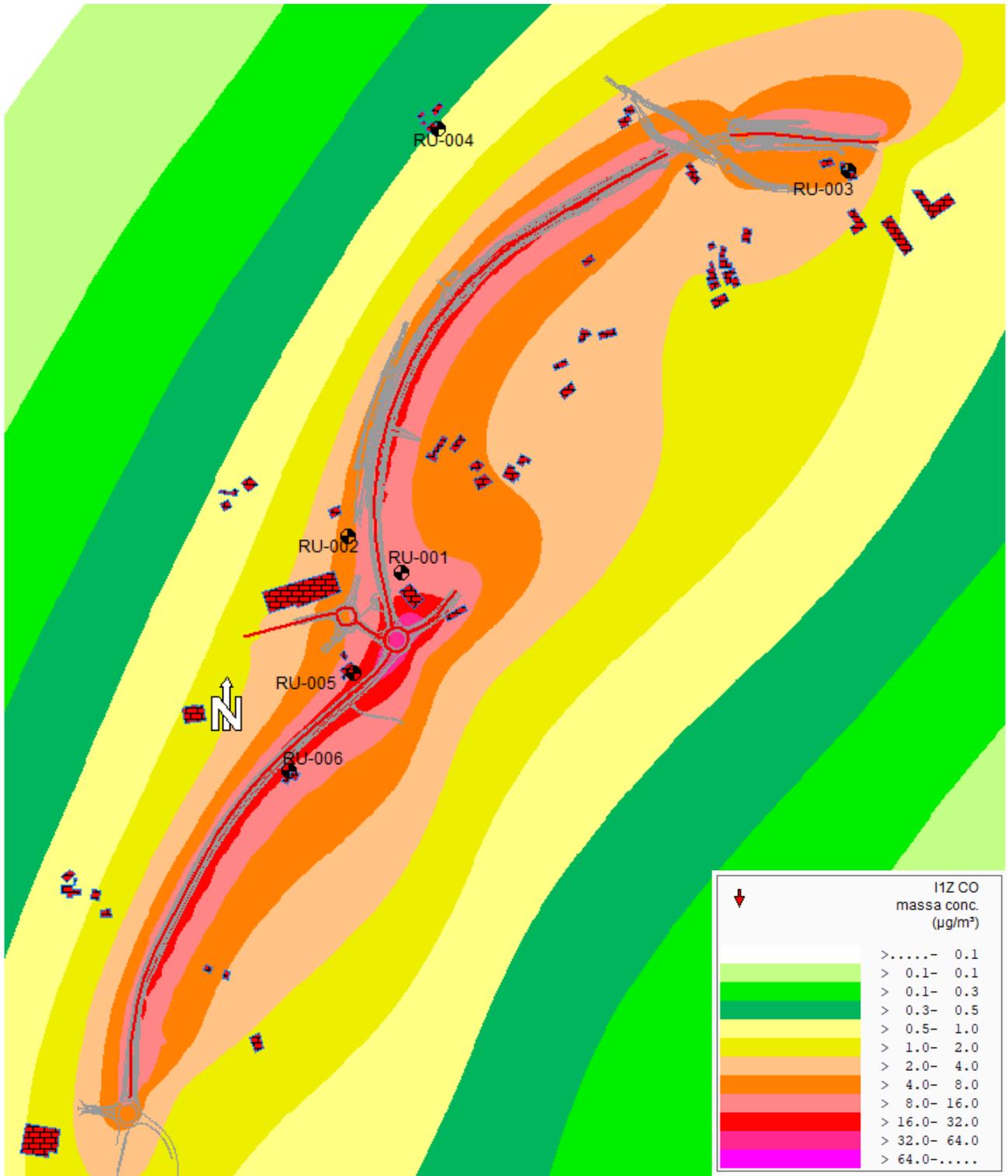
Scenario	<b>POST OPERAM 2030</b>
Inquinante	<b>COV</b>



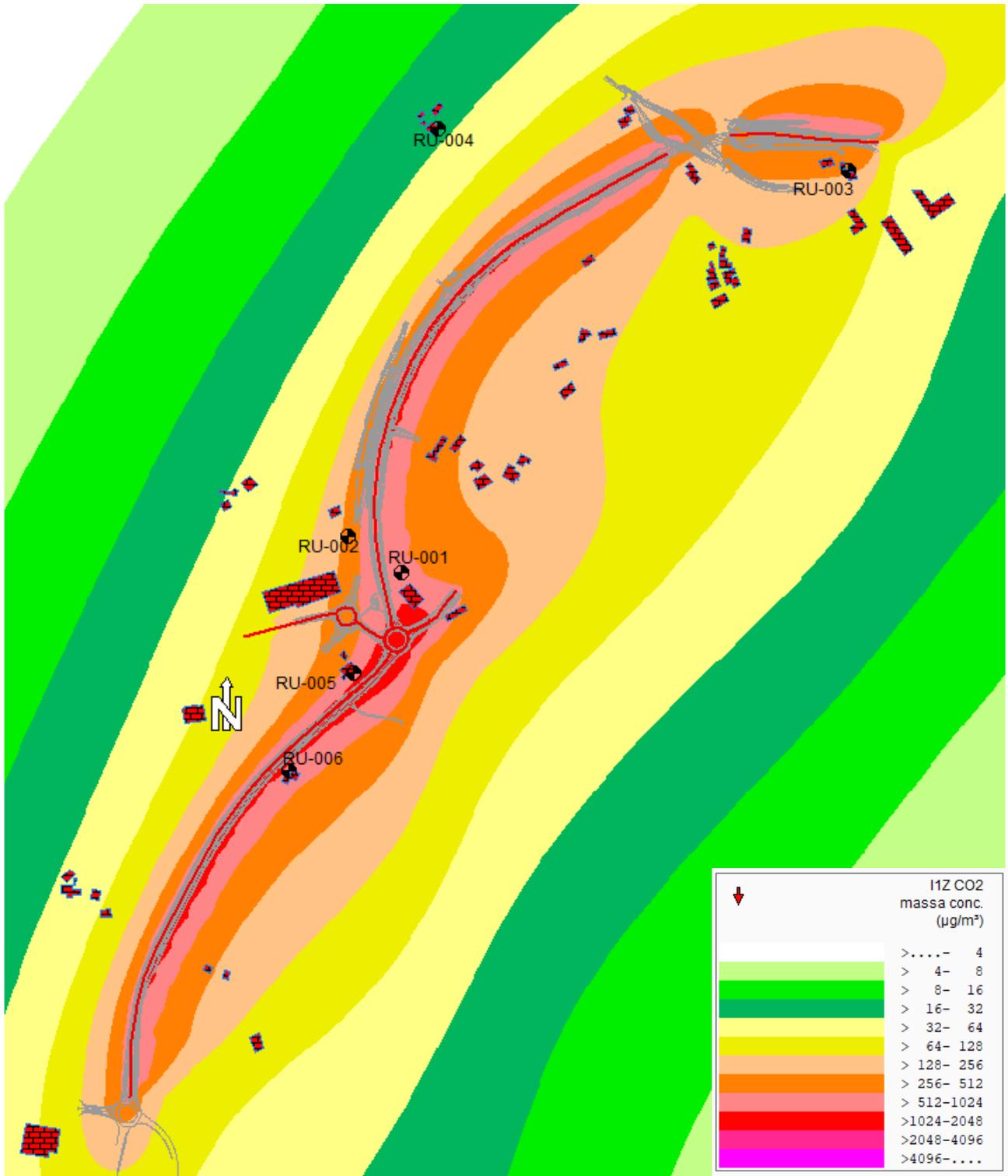
Scenario	POST OPERAM 2030
Inquinante	CH4



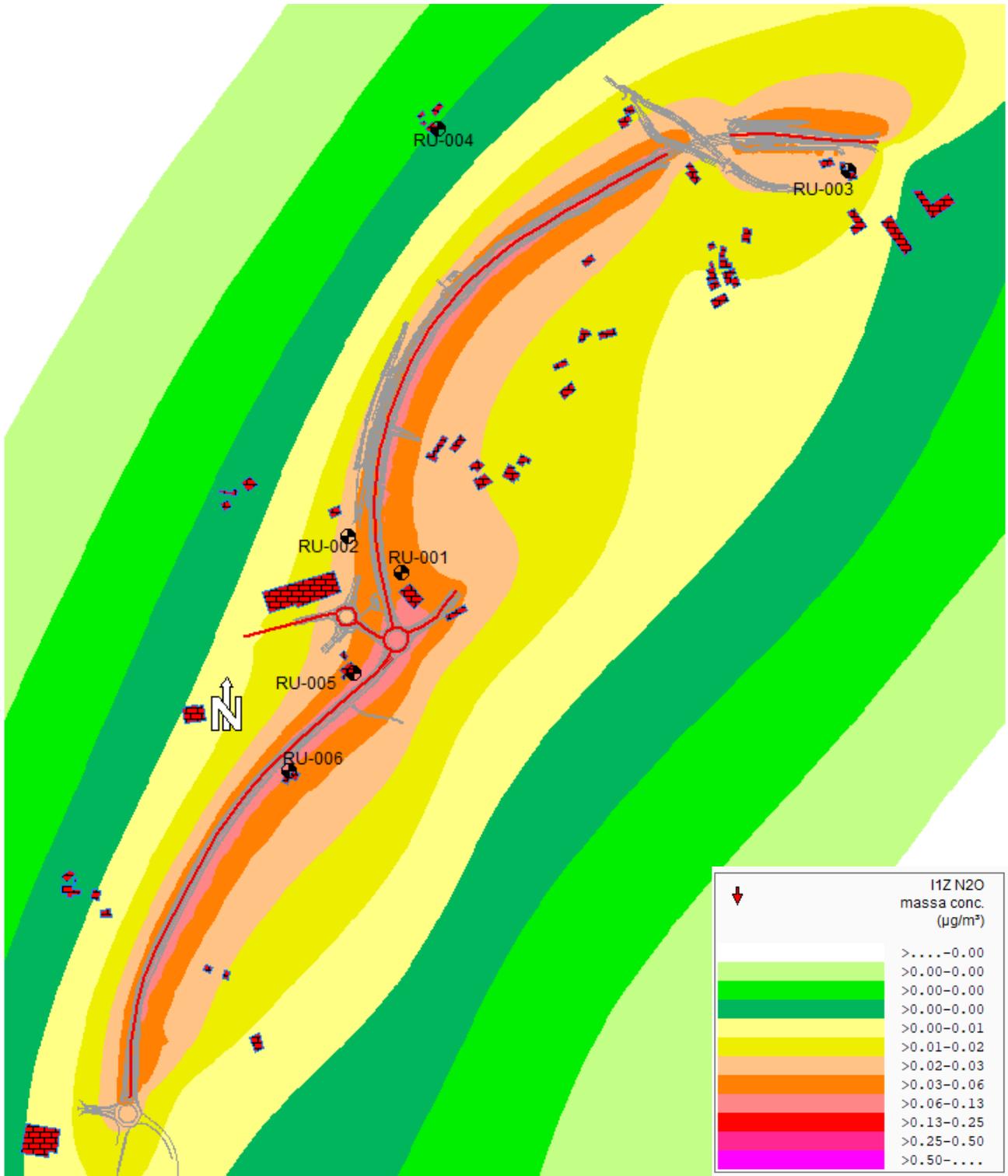
Scenario	<b>POST OPERAM 2030</b>
Inquinante	<b>CO</b>



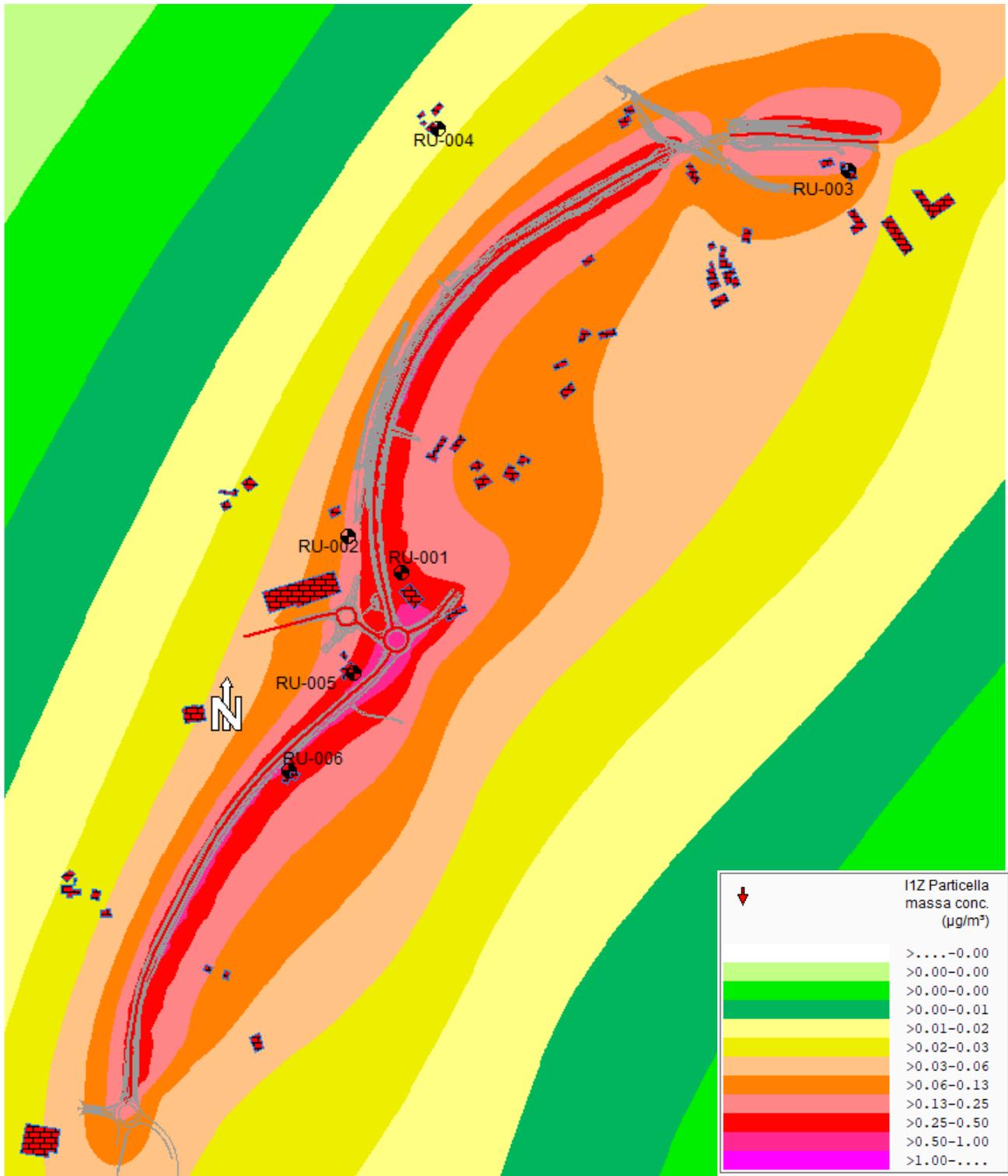
Scenario	<b>POST OPERAM 2030</b>
Inquinante	<b>CO2</b>



Scenario	<b>POST OPERAM 2030</b>
Inquinante	<b>N2O</b>



Scenario	<b>POST OPERAM 2030</b>
Inquinante	<b>Particolato</b>



## **ALLEGATO VII – CRONOPROGRAMMA LAVORI**



## ALLEGATO VIII – INQUADRAMENTO AREE DI CANTIERE

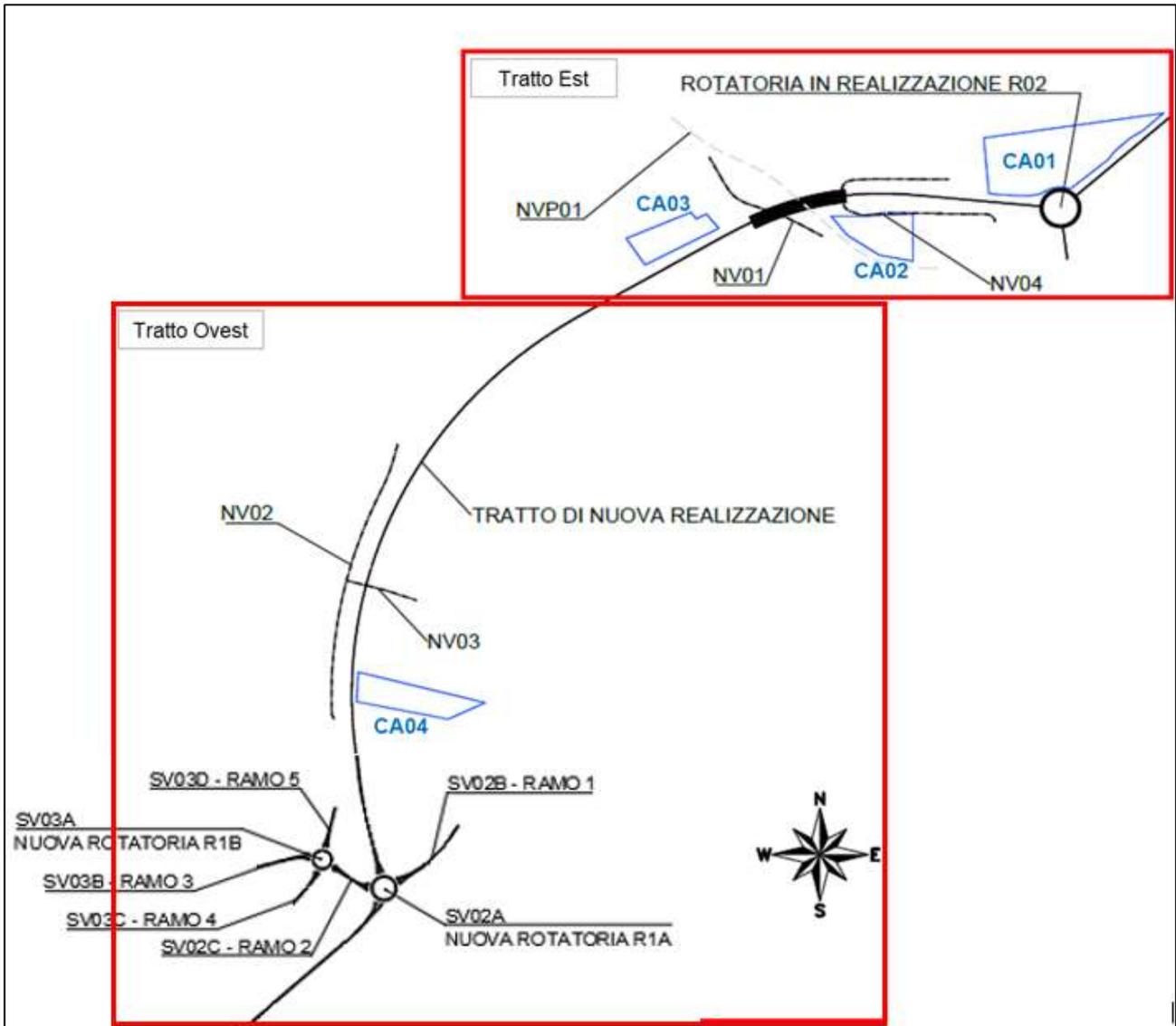
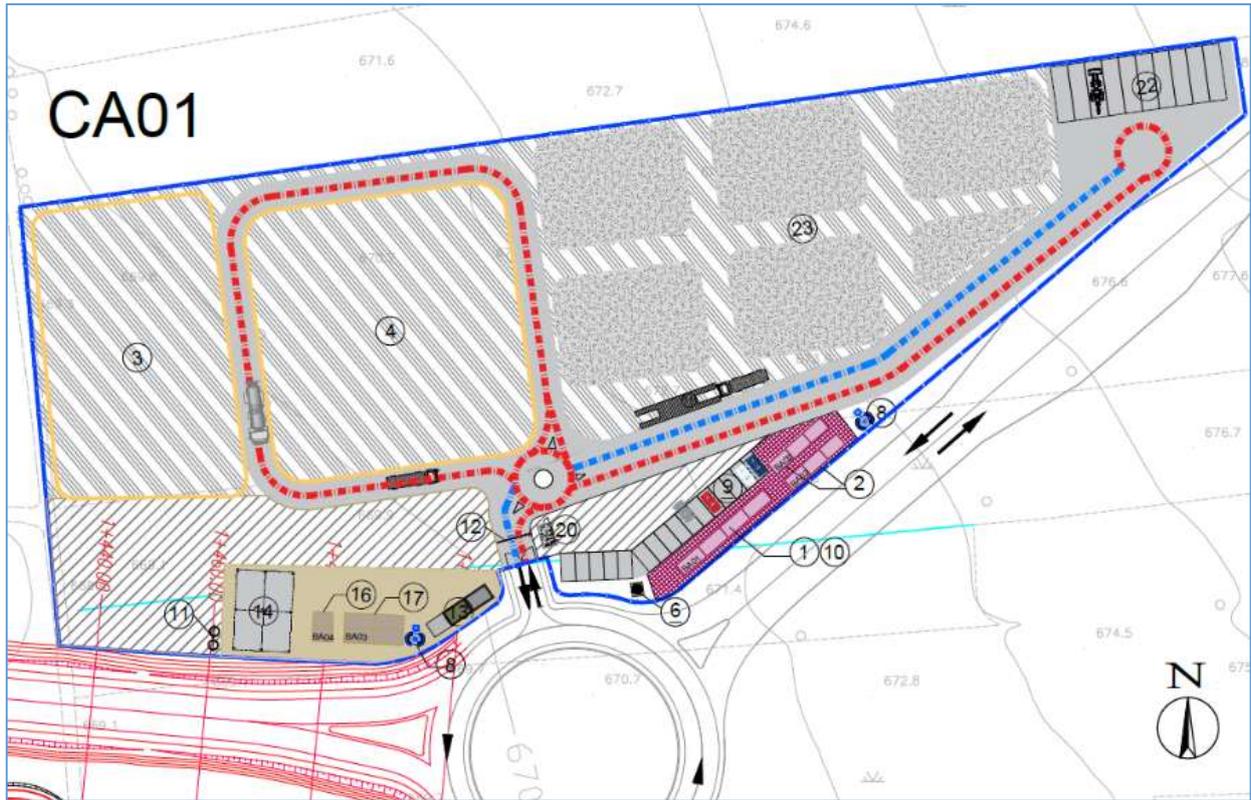


Figura 21 – Inquadramento aree di cantiere

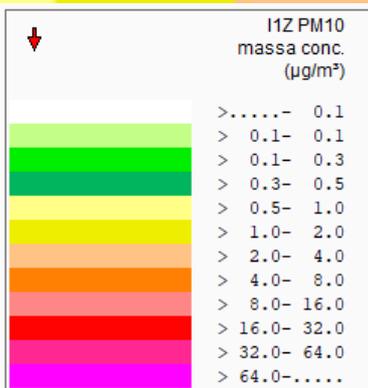
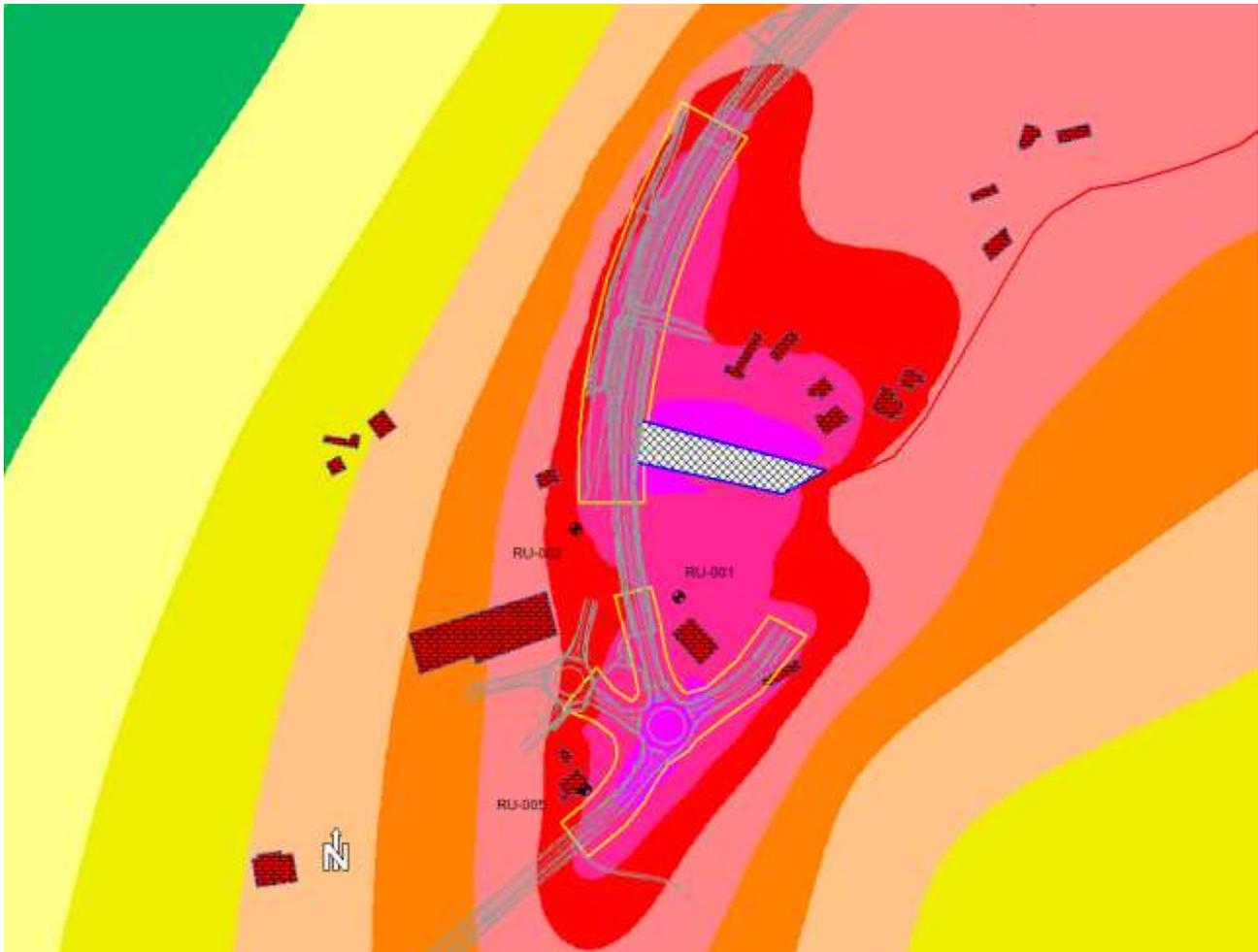


LEGENDA	
1 Ufficio	12 Sistema d'accesso
2 Spogliatoio con asc.	13 Piazzole per le raccolte differenziate
3 Depositi, cassoni, fango, etc.	14 Toilette
4 Depositi materiali vari	15 Lavaggio ruote
5 Depuratore	16 Magazzino / Deposito attrezzi
6 Cabina elettrica	17 Depositi attrezzi / laboratorio
8 Sistema acqua	20 Casettola
9 Parcheggio autoveicoli	22 Parcheggio macchinari di cantiere
10 Annesso	23 Area deposito terra
11 Dissolvente/degrossatore	
BA01 Sistema progettato dalla ditta, sistema a gravità	BA02 Sistema progettato dalla ditta, sistema a gravità
SA01 Sistema progettato dalla ditta, sistema a gravità	SA02 Sistema progettato dalla ditta, sistema a gravità
SA03 Sistema progettato dalla ditta, sistema a gravità	SA04 Sistema progettato dalla ditta, sistema a gravità
VIAVITA INTERNA ALL'E. AREA DI CANTIERE	
BARRIERE MOBILI ED VEICOLAZIONE	
PISTA E AREA FINITA CON CONCRETO BITUMINOSO - Usabile interna e parcheggio	
AREA PREFINITA CON MITO GRANULARE SPESSE - BOM - Area pedonale	
TORRENTO VEGETALE	
AREA PREFINITA CON MITO GRANULARE SPESSE - BOM	
AREA DI STOCCAGGIO	
AREA CON PAVIMENTO IMPERMEABILIZZATO	

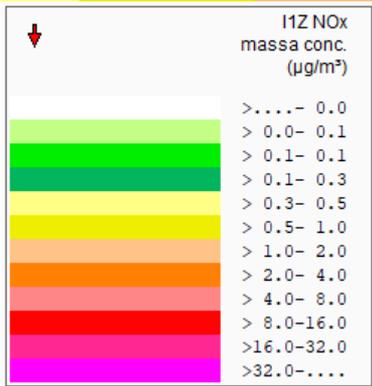
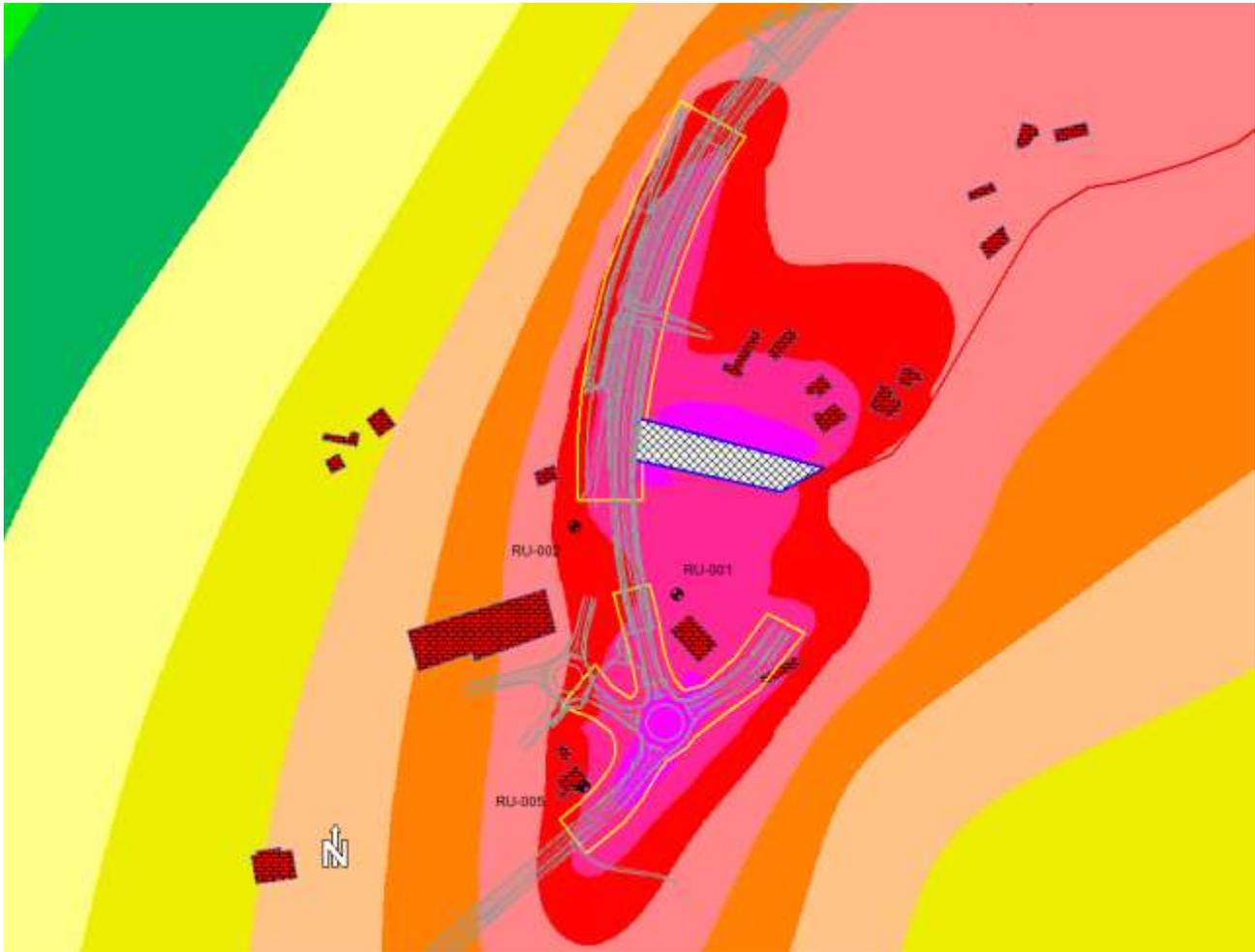


## ALLEGATO IX – MAPPE CALCOLATE CORSO D’OPERA

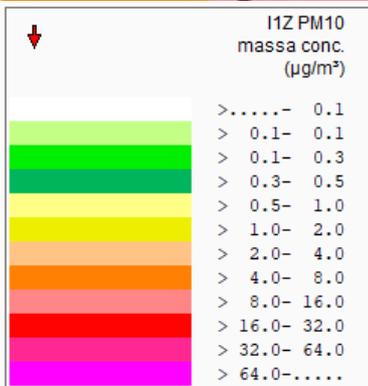
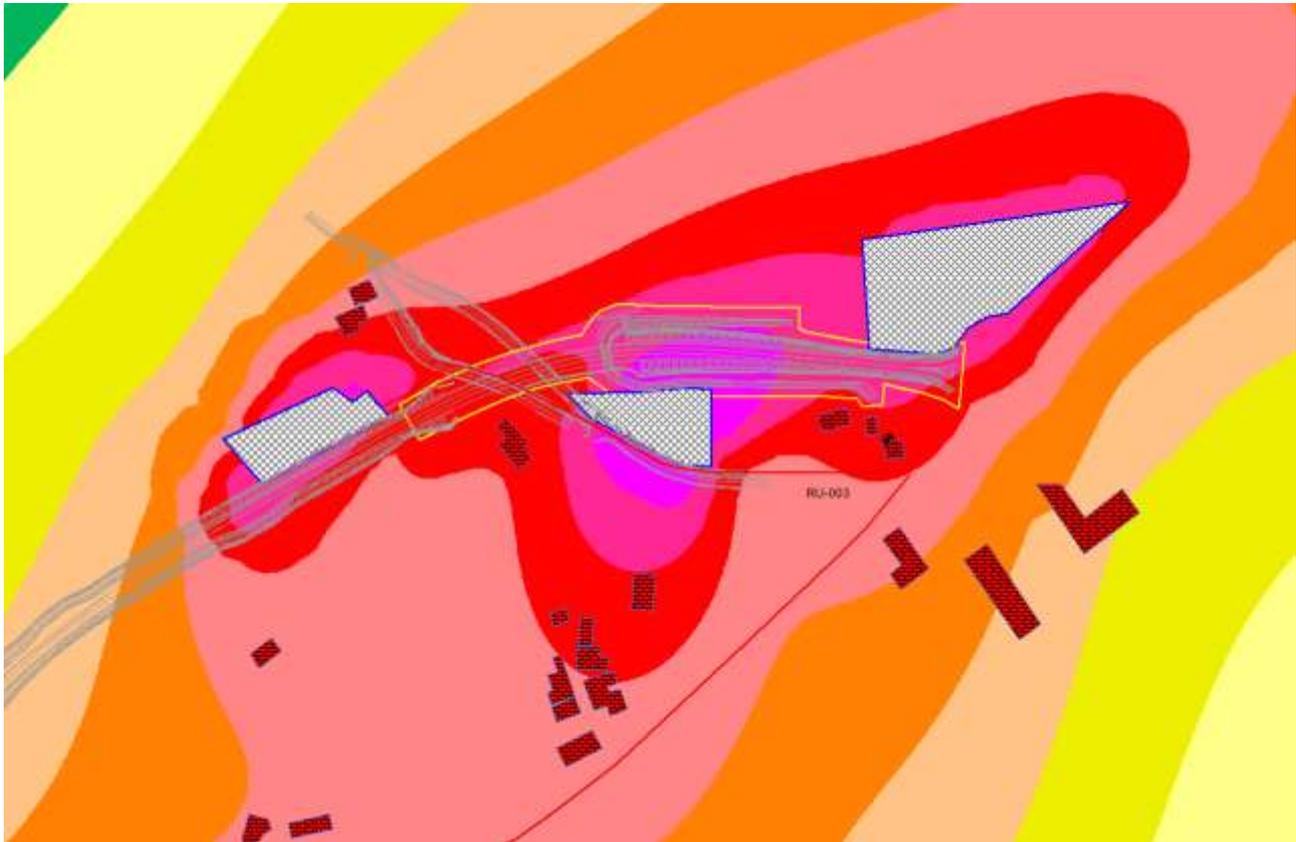
Scenario	<b>CORSO D’OPERA – FASE 1</b>
Inquinante	<b>PM10</b>



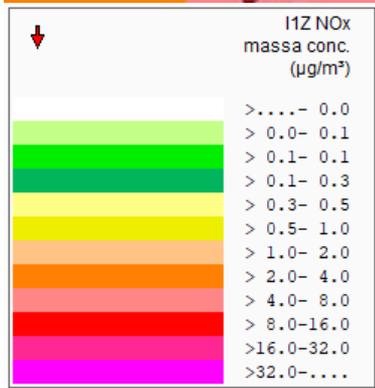
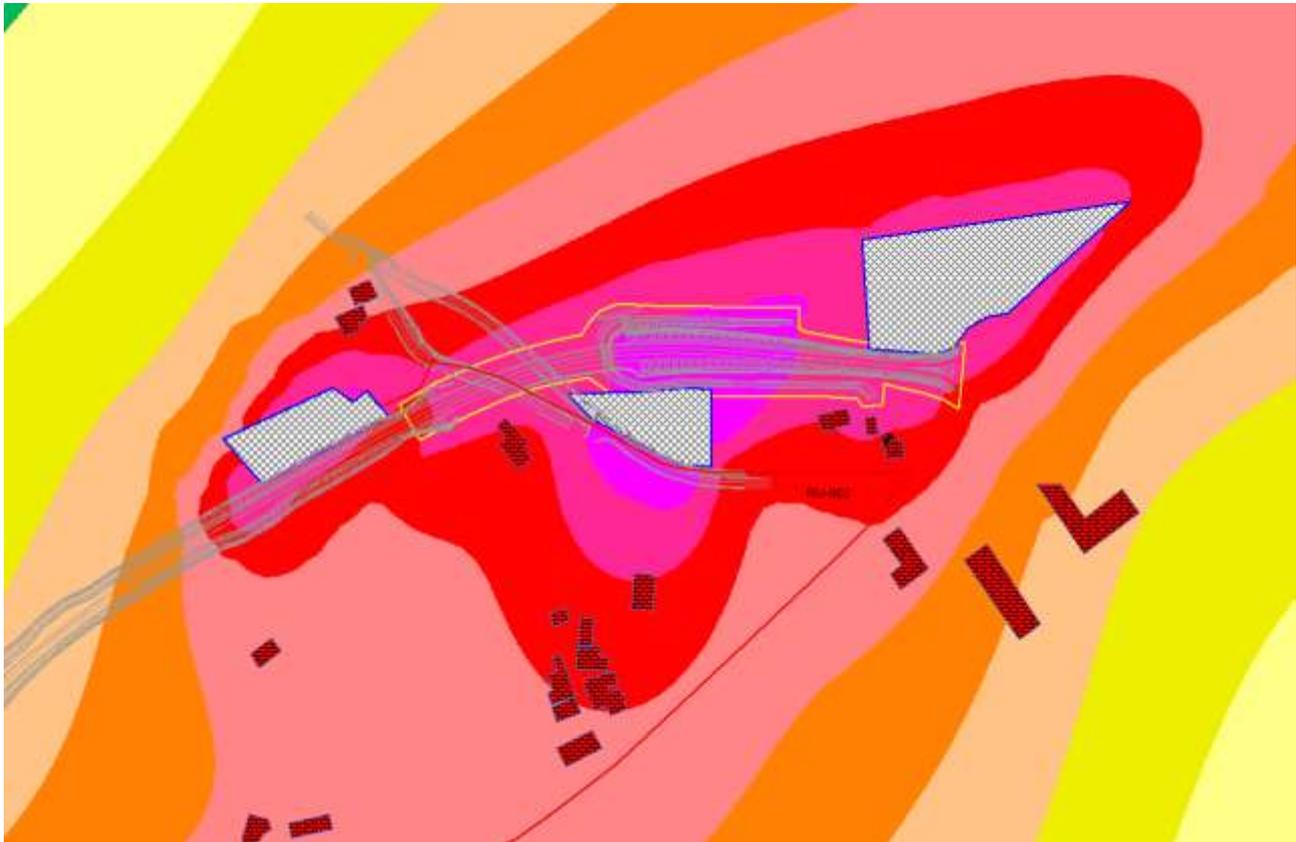
Scenario	<b>CORSO D'OPERA – FASE 1</b>
Inquinante	<b>NOx</b>



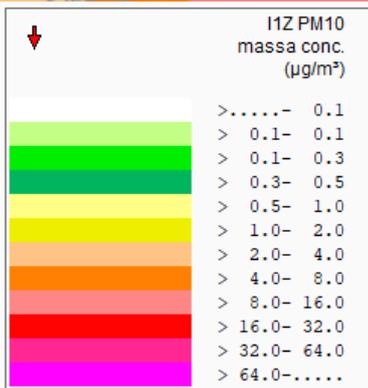
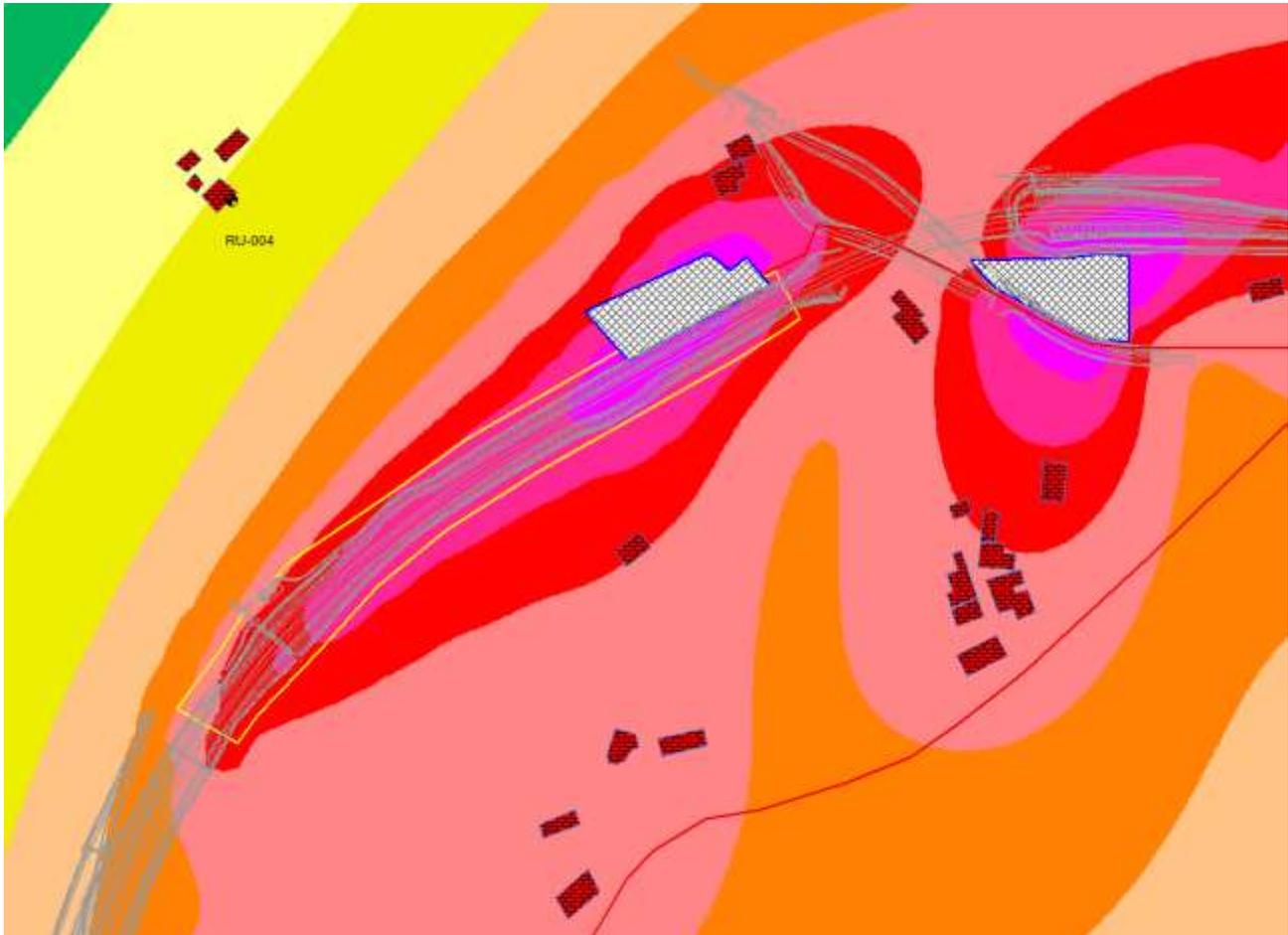
Scenario	<b>CORSO D'OPERA – FASE 2</b>
Inquinante	<b>PM10</b>



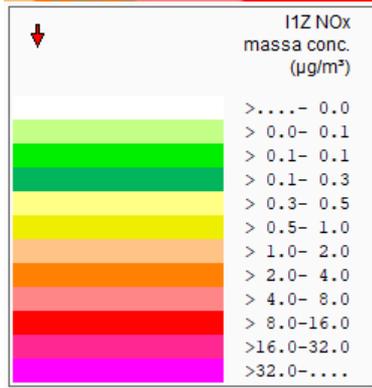
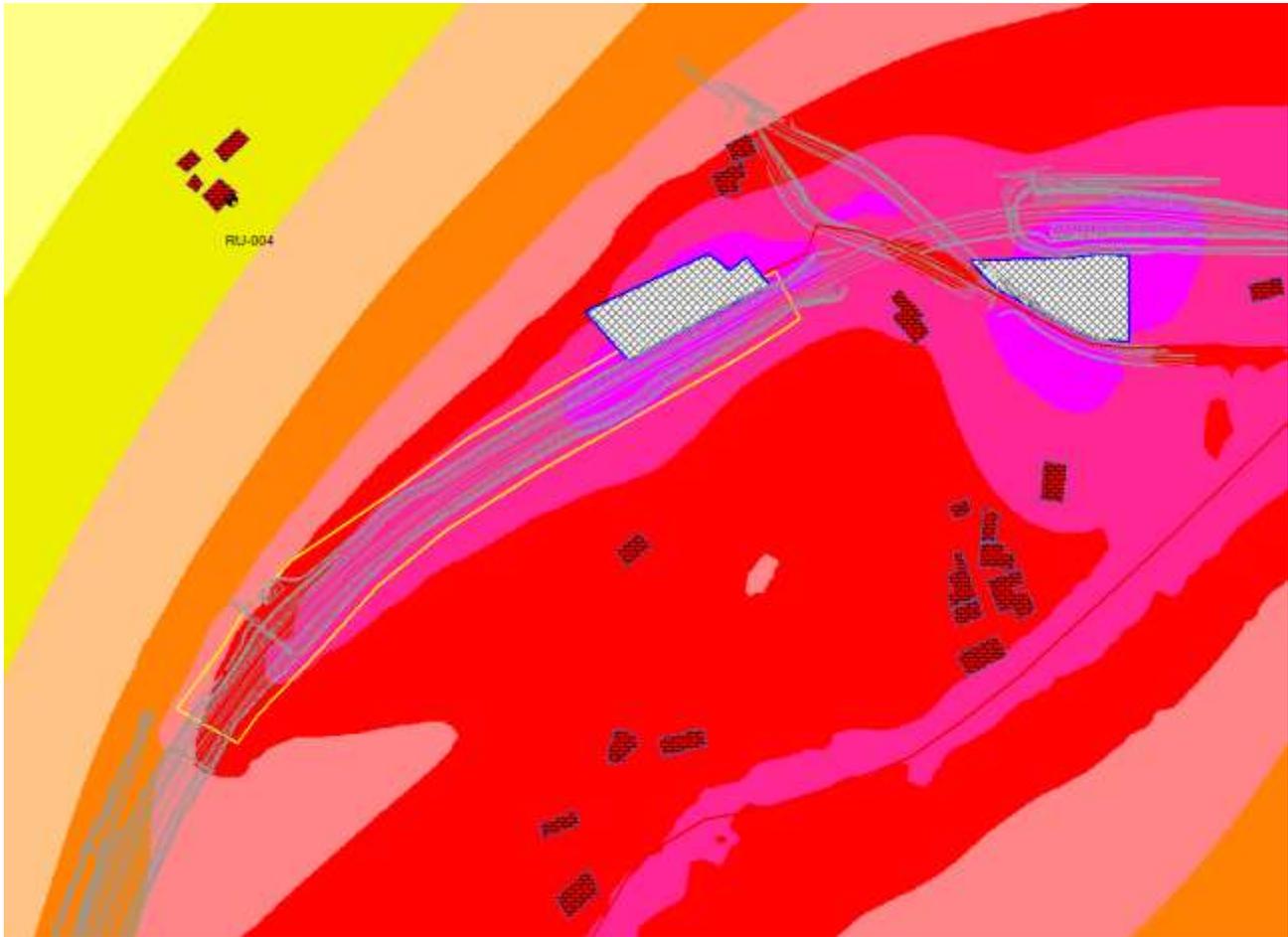
Scenario	<b>CORSO D'OPERA – FASE 2</b>
Inquinante	<b>NOx</b>



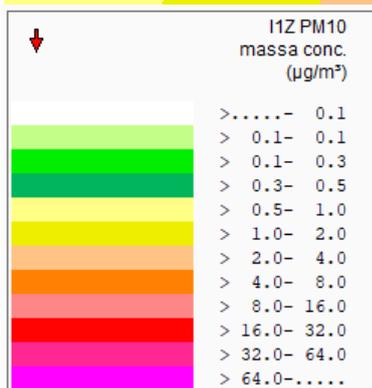
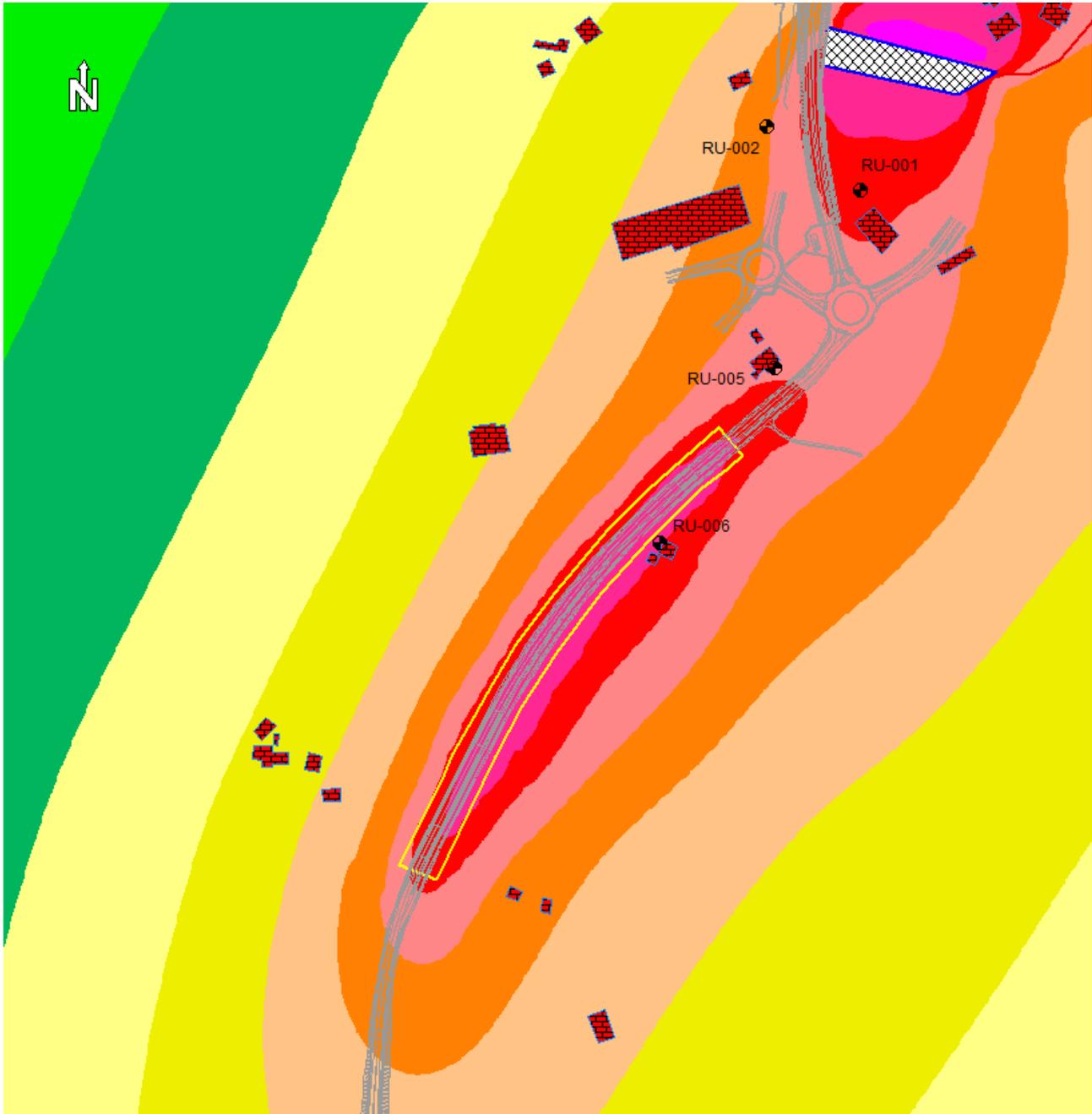
Scenario	<b>CORSO D'OPERA – FASE 3</b>
Inquinante	<b>PM10</b>



Scenario	<b>CORSO D'OPERA – FASE 3</b>
Inquinante	<b>NOx</b>



Scenario	<b>CORSO D'OPERA – FASE 4</b>
Inquinante	<b>PM10</b>



Scenario	<b>CORSO D'OPERA – FASE 4</b>
Inquinante	<b>NOx</b>

