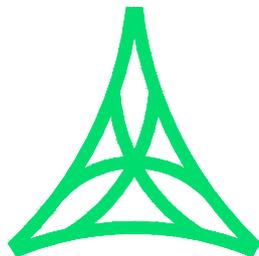




# REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

DIREZIONE CENTRALE INFRASTRUTTURE E TERRITORIO



## S.p.A. AUTOVIE VENETE

34143 TRIESTE - Via V. Locchi, 19 - tel. 040/3189111

Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento da parte di Friulia S.p.A. - Finanziaria Regionale Friuli-Venezia Giulia

CONCESSIONARIA AUTOSTRADE

A4 VENEZIA - TRIESTE

A23 PALMANOVA - UDINE

A28 PORTOGRUARO - CONEGLIANO

A34 VILLESSE - GORIZIA

A57 TANGENZIALE DI MESTRE

### COLLEGAMENTO TRA LA S.S. 13 PONTEBBANA E LA A23 TANGENZIALE SUD DI UDINE (II LOTTO)

## AGGIORNAMENTO PROGETTO DEFINITIVO

#### STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Allegati al quadro di riferimento ambientale  
Componente atmosfera: modelli di simulazione

TEMATICA

**S**

N. ALLEGATO e SUB.ALL.

**02.05 . 1.0**

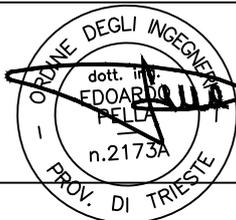
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
3	30.12.2021	EMISSIONE PER PROCEDURA DI V.I.A. NAZIONALE	GM	EL	EP
2	14.08.2015	AGGIORNAMENTO AI SENSI DELLA D.G.R. n°1103 DI DATA 13.06.2014	RM	MV	EP
1	13.06.2013	AGGIORNAMENTO DATI DI TRAFFICO E VERIFICHE ACUSTICHE	RM	RM	EP
0	30.08.2012	EMISSIONE	RM	RM	EP

#### COORDINAMENTO E PROGETTAZIONE GENERALE:

S.p.A. AUTOVIE VENETE :

dott. ing. Edoardo PELLA

dott. ing. Stefano DI SANTOLO



#### IL CAPO COMMESSA:

dott. ing. Edoardo PELLA

#### LA DIREZIONE TECNICA

dott. ing. Paolo PERCO

#### PROGETTAZIONE SPECIALISTICA:

Tematica : S.I.A.

MATE  
Società Cooperativa  
40122 Bologna (BO)  
Via San Felice n. 21  
tel. 051.2912911  
mateng@mateng.it



Civile e ambientale  
Industriale  
Dell'Informazione

NOME FILE:  
1207S0100003.pdf

DATA PROGETTO:  
30.08.2012

312TN

CODICE MASTRO

12

ANNO

07

N.PROGETTO

1

REVISIONE

**STUDIO D'IMPATTO AMBIENTALE,  
RAPPORTO DI MODELLIZZAZIONE DELLA DISPERSIONE IN ATMOSFERA  
DEGLI AGENTI INQUINANTI**

<b>1</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE METEOROLOGICA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>SCENARI EMISSIVI CONSIDERATI .....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA FILIERA MODELLISTICA .....</b>	<b>11</b>
3.1	Il preprocessore meteorologico CALMET .....	11
3.2	Il modello di dispersione CALPUFF .....	12
3.3	Il postprocessore CALPOST .....	12
3.4	Dati meteorologici .....	13
3.5	Trattamento delle caratteristiche del terreno .....	14
3.6	Parametri per il calcolo della dispersione atmosferica .....	14
3.7	Analisi di sensitività del modello .....	14
3.8	Aree sensibili.....	15
3.9	Fattori di emissione .....	17
<b>4</b>	<b>SCENARIO ANTE-OPERA .....</b>	<b>18</b>
4.1	Sorgenti di emissione .....	18
4.2	Traffico veicolare .....	18
<b>5</b>	<b>SCENARIO DI CANTIERE .....</b>	<b>20</b>
5.1	Sorgenti di emissione .....	20
5.1.1	<i>Cantiere .....</i>	<i>20</i>
5.2	Cronoprogramma delle lavorazioni .....	22
5.3	Simulazione delle emissioni e delle dispersioni .....	26
5.3.1	<i>Dati di input.....</i>	<i>26</i>
5.3.2	<i>Dati di output .....</i>	<i>32</i>
<b>6</b>	<b>SCENARIO POST-OPERA.....</b>	<b>32</b>
6.1	Sorgenti di emissione .....	32
6.1.1	<i>Traffico veicolare.....</i>	<i>32</i>
<b>7</b>	<b>SCENARIO ALTERNATIVA 1 .....</b>	<b>33</b>
7.1	Sorgenti di emissione .....	33
7.1.1	<i>Traffico veicolare.....</i>	<i>33</i>
7.2	Simulazione delle emissioni e delle dispersioni .....	35
7.2.1	<i>Dati di input.....</i>	<i>35</i>

7.2.2	<i>Dati di output</i> .....	35
<b>8</b>	<b>MISURE DI MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE</b> .....	<b>36</b>
<b>9</b>	<b>ALLEGATI GRAFICI</b> .....	<b>37</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>38</b>

## 1 CARATTERIZZAZIONE METEOROLOGICA

La caratterizzazione meteorologica dell'area d'indagine è stata eseguita prendendo in considerazione i dati della stazione di Udine S.O. degli ultimi 20 anni (2001 - 2020).

La stazione meteorologica di Udine S.O. è georeferenziata:

Alt: 91 m. slm

Lat: 46.035212 Nord

Lon: 13.226672 Est.

Nella figura è rappresentata l'opera oggetto d'indagine in rosso e la posizione della stazione meteo.



Figura 1 – Posizione della stazione meteo di Udine S.O.

L'area è caratterizzata da una temperatura media di 13.5 – 14 °C e si può osservare negli ultimi 20 anni un trend di crescita che, utilizzando una regressione lineare, può essere quantificata in circa 0.7 °C e pertanto in 0.035 °C/a.

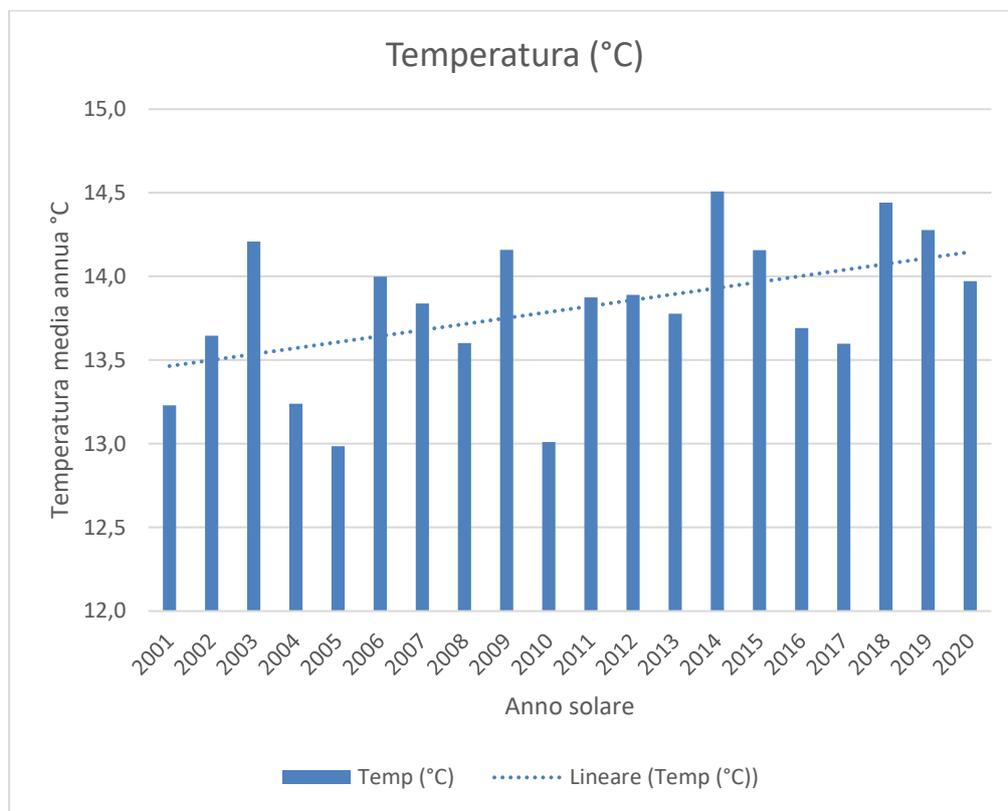


Figura 2 – Temperatura dell'aria media annua a Udine S.O.

Anche nell'andamento della radiazione solare media annua degli ultimi 20 anni si osserva un trend di crescita come è evidenziato nella figura successiva.

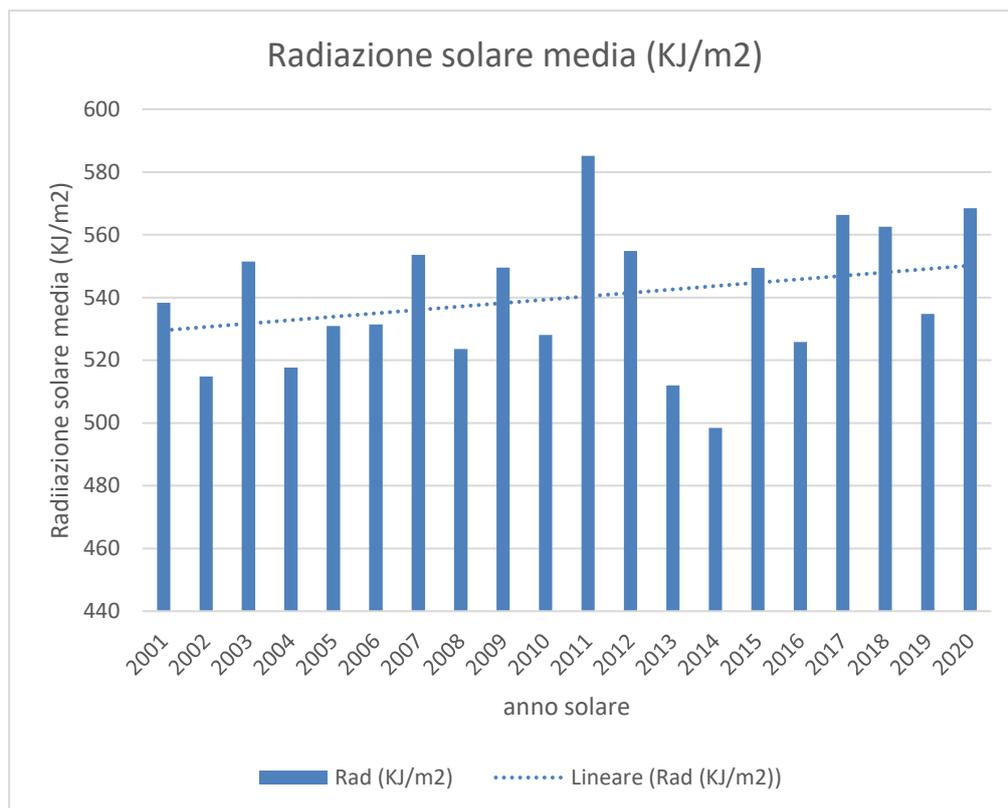


Figura 3 – Radiazione solare media annua a Udine S.O.

L'analisi storica seguente è relativa alla precipitazione atmosferica cumulata annua. Sul territorio negli ultimi 20 anni sono caduti dai 1038 mm (anno 2006) ai 2282 mm (anno 2014). Il grafico della figura seguente riporta l'andamento degli ultimi 20 anni.

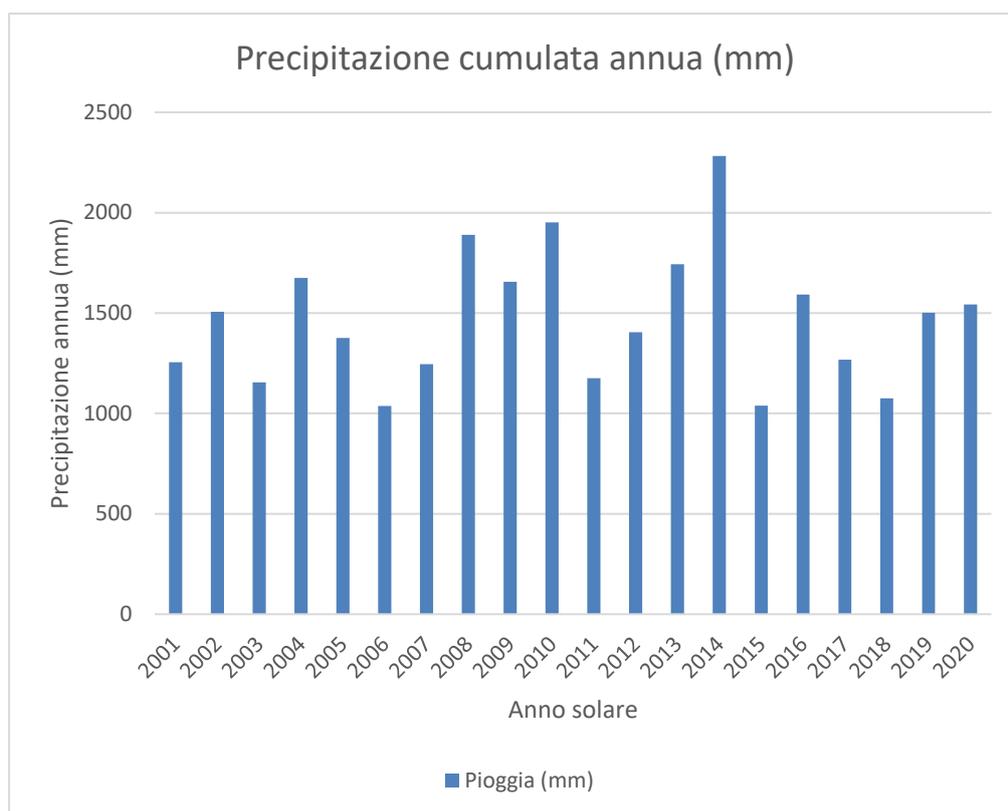


Figura 4 – Precipitazione cumulata annua a Udine S.O.

Allo scopo di verificare se il cambiamento climatico e l'aumento di temperatura registrato negli ultimi anni può aver influito sulla statistica di eventi meteorologici critici è stata eseguita la conta degli eventi annui con precipitazioni atmosferiche maggiori di 40 mm in tre ore successive.

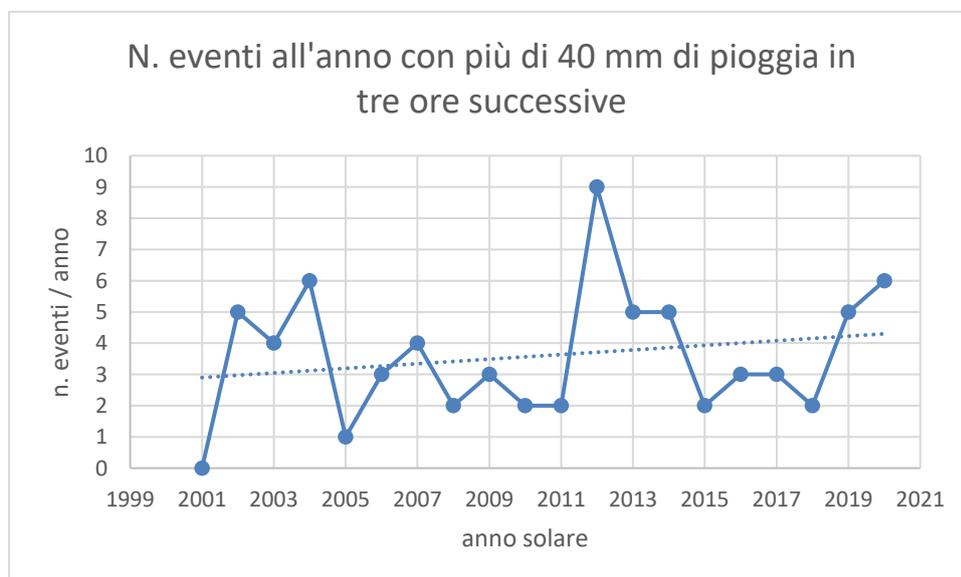


Figura 5 – Numero di eventi annui con precipitazioni maggiori di 40 mm in tre ore successive a Udine S.O.

Relativamente alla intensità del vento è di interesse per la dispersione degli inquinanti atmosferici la frequenza di calme di vento definite come velocità oraria inferiore ai 1.8 km/h e quindi ai 0.5 m/s.

Il grafico della figura successiva rappresenta la frequenza delle calme di vento

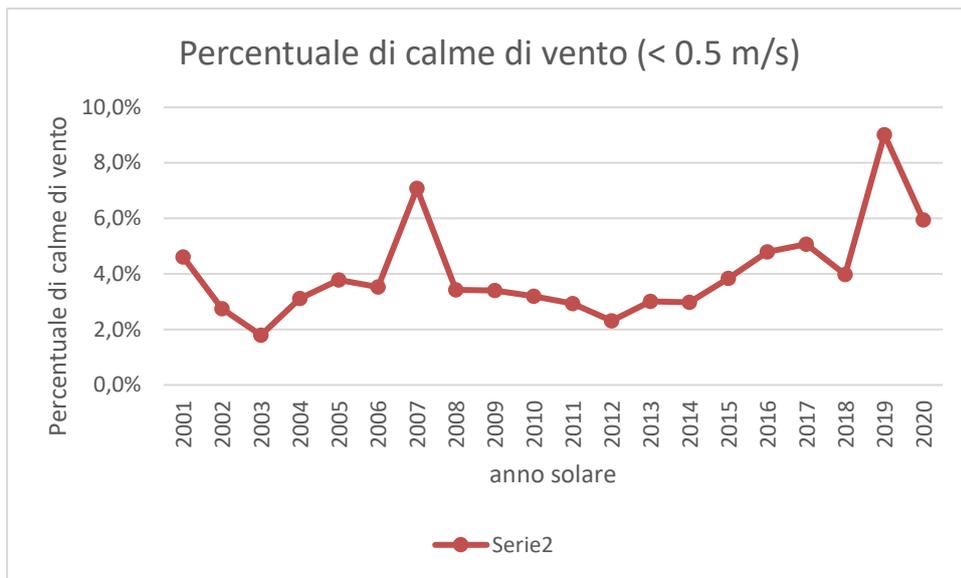


Figura 6 – Frequenza delle calme di vento (velocità < 0.5 m/s) a Udine S.O.

## 2 SCENARI EMISSIVI CONSIDERATI

Sono stati elaborati i seguenti scenari emissivi e conseguentemente le relative ricadute al suolo:

Scenario “Ante operam” che prende in considerazione le emissioni del traffico veicolare sul tratto di strada pontebbana in cui verranno modificati i volumi di traffico, e conseguentemente le immissioni degli inquinanti atmosferici, a causa della messa in esercizio della nuova tangenziale sud o dei bypass stradali (circonvallazioni) della “Alternativa 1”

Scenario “Cantiere” che prende in considerazione la settimana del cronoprogramma caratterizzata dalle massime emissioni in atmosfera.

Scenario “Post Operam” che prende in considerazione la nuova tangenziale, la viabilità accessoria e ancora lo stesso tratto di strada pontebbana analizzato nello scenario “ante operam”

Scenario “Alternativa 1” che prende in considerazione le nuove circonvallazioni e ancora lo stesso tratto di strada pontebbana analizzato nello scenario “ante operam”

### 3 DESCRIZIONE DELLA FILIERA MODELLISTICA

Il calcolo previsionale delle immissioni di inquinanti nell'aria è stata eseguita tramite l'applicazione di un set di modelli matematici sviluppati negli U.S.A. ed **applicata a tutti e quattro gli scenari**.

E' stato utilizzato un insieme di modelli matematici di dispersione atmosferica del tipo non stazionario, sviluppati dalla "Sigma Research Corporation" (Earth Tech, Inc.), nel 1990, e denominato "CALPUFF Model System".

Il sistema sviluppato è composto da tre modelli principali:

1. un processore meteorologico (CALMET) in grado di ricostruire campi tridimensionali di vento e temperatura con cadenza oraria, bidimensionali di altre variabili come turbolenza, altezza di mescolamento, ecc;
2. un modello di dispersione non stazionario (CALPUFF), che simula il rilascio di inquinanti dalla sorgente come una serie di pacchetti discreti di materiale ("puff"), emessi ad intervalli di tempo prestabiliti; CALPUFF può avvalersi dei campi tridimensionali generati da CALMET, oppure utilizzare altri formati di dati meteorologici;
3. un programma di postprocessamento degli output di CALPUFF (CALPOST), che consente di ottenere i formati richiesti dall'utente ed è in grado di interfacciarsi col software SURFER per l'elaborazione grafica dei risultati.

La versione attuale del modello include i tre componenti principali (CALMET/ CALPUFF/ CALPOST), ed un set di vari programmi che consentono al sistema di interfacciarsi a dataset standard di dati meteorologici e geofisici (purtroppo non sempre facilmente reperibili in Italia). Dopo varie fasi di validazione e analisi di sensibilità CALPUFF è stato inserito nella "Guideline on Air Quality Model" tra i modelli ufficiali di qualità dell'aria riconosciuti dall'U.S.E.P.A. .

#### 3.1 Il preprocessore meteorologico CALMET

Tutti i principali dati meteorologici del dominio di studio, vengono forniti al modello di dispersione CALPUFF mediante il file di output del preprocessore CALMET (CALMET.DAT). Il file contiene (oltre alle informazioni generali per quanto riguarda le dimensioni del dominio di studio e l'intervallo di tempo della simulazione ) le serie temporali giornaliere per le variabili meteorologiche con risoluzione oraria (intervallo di tempo su cui sono calcolate le concentrazioni).

CALMET è un pacchetto di simulazione per la ricostruzione del dominio meteorologico che è in grado di sviluppare campi di vento sia diagnostici che prognostici, rendendo così il sistema capace di trattare condizioni atmosferiche complesse, variabili nel tempo e nello spazio. CALMET consente di tener conto di diverse caratteristiche, quali la pendenza del terreno, la presenza di ostacoli al flusso, la presenza di zone marine o corpi d'acqua. È dotato inoltre di un processore micrometeorologico, in grado di calcolare i parametri dispersivi all'interno dello strato limite (CBL), come altezza di miscelamento e coefficienti di dispersione; consente inoltre di produrre campi tridimensionali di temperatura e, a differenza di altri processori meteorologici (come per

esempio AERMET), calcola internamente la classe di stabilità atmosferica, tramite la localizzazione del dominio (coordinate UTM), l'ora del giorno e la copertura del cielo.

### 3.2 Il modello di dispersione CALPUFF

CALPUFF è un modello Lagrangiano Gaussiano a puff, non stazionario, multistrato e multispecie, le cui caratteristiche principali sono:

1. capacità di trattare sorgenti puntuali, lineari, areali, di volume, con caratteristiche variabili nel tempo (flusso di massa dell'inquinante, velocità di uscita dei fumi, temperatura, ecc.);
2. notevole flessibilità relativamente all'estensione del dominio di simulazione, da poche decine di metri (scala locale) a centinaia di chilometri dalla sorgente (mesoscala);
3. capacità di trattare situazioni meteorologiche variabili e complesse, come calme di vento, parametri dispersivi non omogenei, effetti vicino alla sorgente, come transitional plume rise (innalzamento del plume dalla sorgente), building downwash (effetti locali di turbolenza dovuti alla presenza di ostacoli lungo la direzione del flusso), partial plume penetration (parziale penetrazione del plume nello strato d'inversione), fumigation;
4. possibilità di trattare emissioni odorigene.

Per poter tener conto della non stazionarietà dei fenomeni, l'emissione di inquinante (plume) viene suddivisa in "pacchetti" discreti di materiale (puff) la cui forma e dinamica dipendono dalle condizioni di rilascio e dalle condizioni meteorologiche locali.

Il contributo di ogni puff in un recettore viene valutato mediante un metodo "a foto": ad intervalli di tempo regolari (sampling step), ogni puff viene "congelato" e viene calcolato il suo contributo alla concentrazione. Il puff può quindi muoversi, evolversi in forma e dimensioni fino all'intervallo successivo

La concentrazione complessiva in un recettore, è quindi calcolata come sommatoria del contributo di tutti gli elementi vicini, considerando la media di tutti gli intervalli temporali (sampling step) contenuti nel periodo di base (basic time step), in genere equivalente ad un'ora.

### 3.3 Il postprocessore CALPOST

CALPOST elabora l'output primario del modello, il file con i valori orari della concentrazione di inquinante in corrispondenza dei recettori (CONC.DAT), per ottenere i parametri d'interesse (concentrazione massima o media per vari periodi, frequenze di superamento di soglie stabilite dall'utente).

La funzione di questo postprocessore è quindi quella di manipolare l'output di CALPUFF per renderlo adatto ad una migliore visualizzazione dei risultati. Inoltre, CALPOST è in grado di produrre file direttamente interfacciabili con programmi di visualizzazione grafica dei risultati delle simulazioni (in particolare SURFER).

### 3.4 Dati meteorologici

Il modello matematico Calmet utilizzato in questa modellizzazione necessita di dati meteorologici al suolo e di dati anemologici e di temperatura in quota (profili verticali).

Come dati meteorologici al suolo sono stati utilizzati quelli relativi alla stazione di Udine nel periodo temporale 01/01/2020 – 31/12/2020, acquisiti dal Centro Regionale di Modellistica Ambientale C.R.M.A. dell'ARPA Friuli Venezia Giulia.

Nella figura che segue è rappresentata la relativa rosa dei venti.

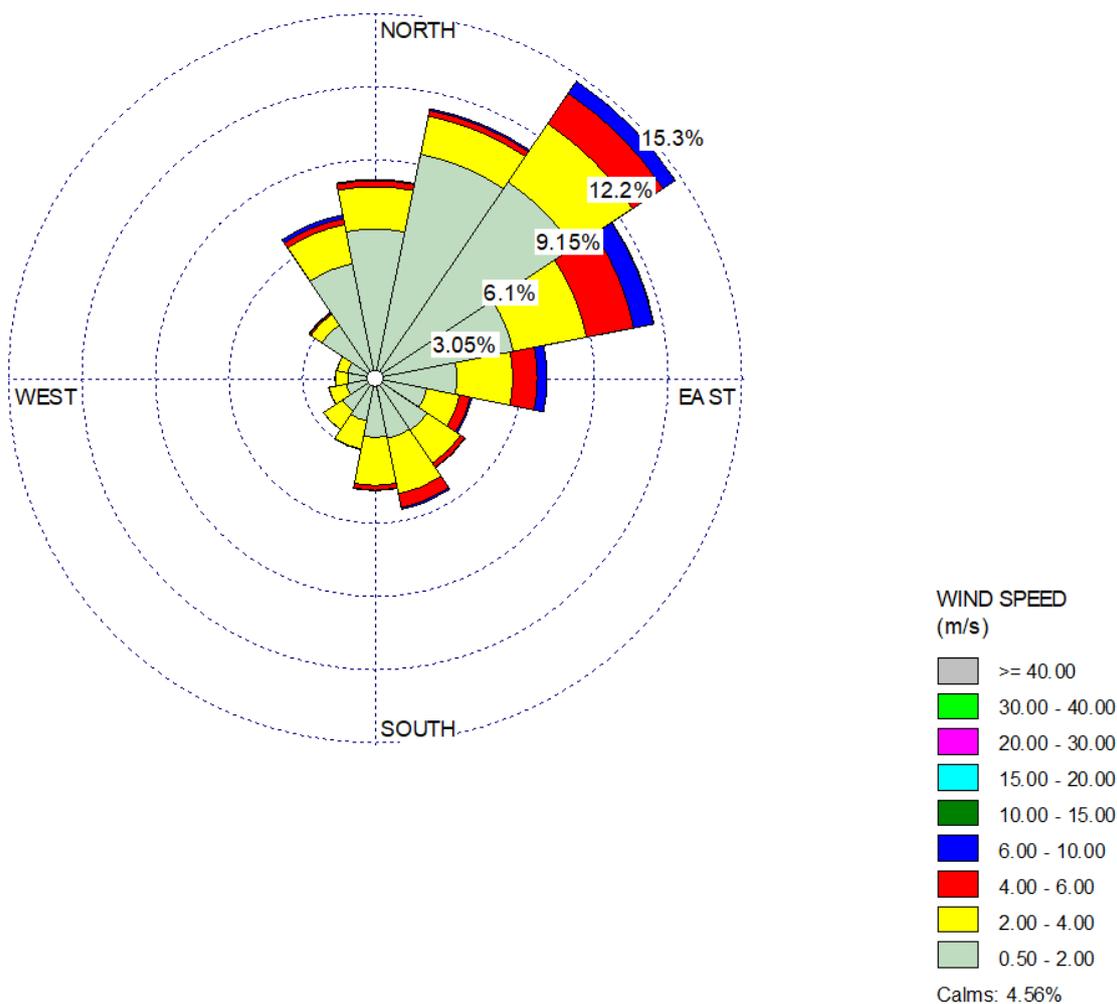


Figura 7 Rosa dei venti relativi ai dati acquisiti

Per quanto riguarda invece i dati in quota è stata utilizzata la stazione di

14430 Zara

relativamente all'anno solare 1/1/2020 – 31/12/2020, acquisiti dal sito internet dell'Università del Wyoming. In figura sono rappresentati come esempio i profili termici e anemologici delle ore 0 GMT del 23 giugno 2020.

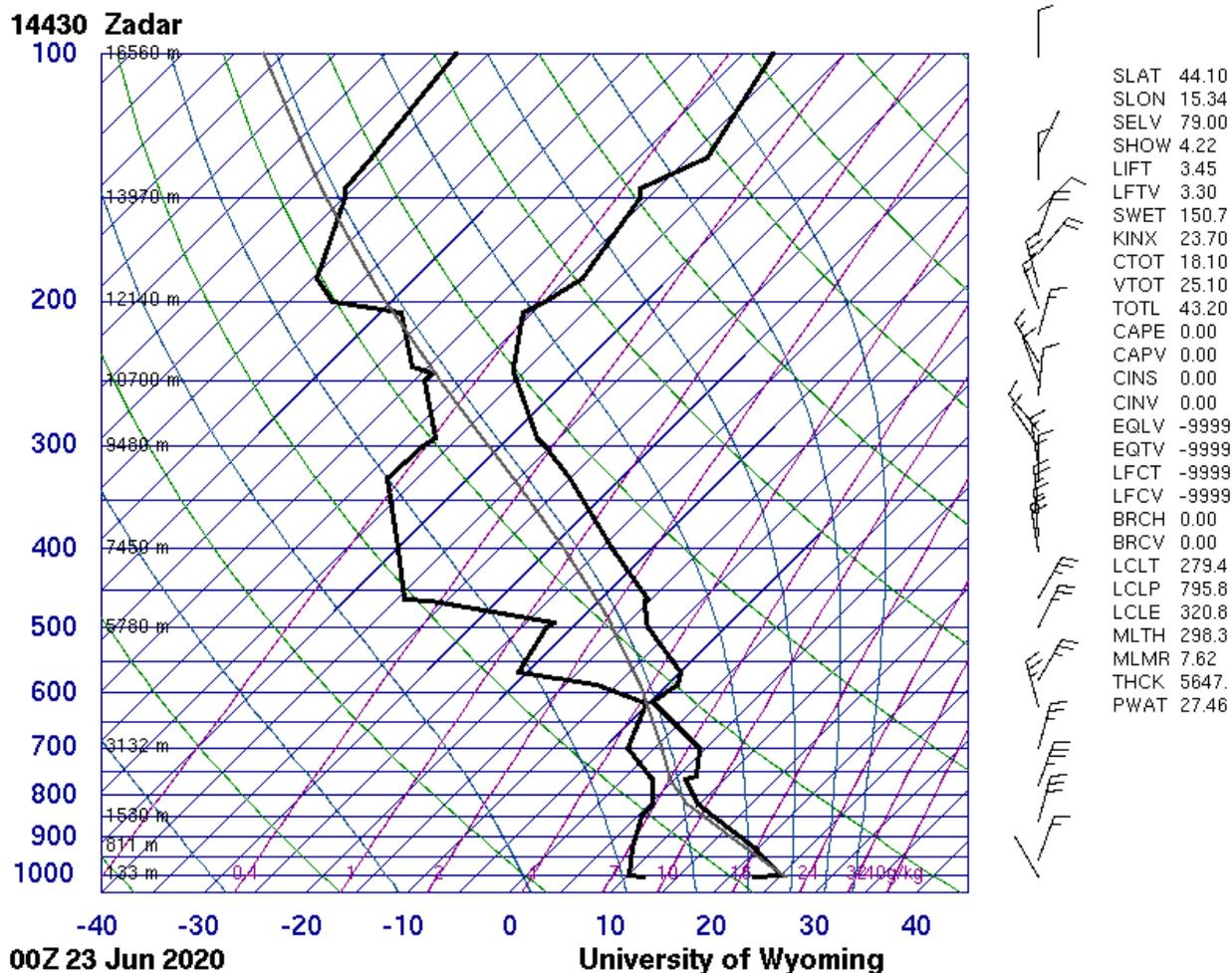


Figura 8 Esempio di profilo termico e anemologico utilizzato dal modello CALMET

### 3.5 Trattamento delle caratteristiche del terreno

L'orografia di tutto il dominio di applicazione del modello è piatta.

### 3.6 Parametri per il calcolo della dispersione atmosferica

I parametri di micrometeorologia e l'altezza di rimescolamento sono stati calcolati dal modello CALMET e la dispersione è stata calcolata dal modello CALPUFF utilizzando l'opzione MDISP = 2.

### 3.7 Analisi di sensitività del modello

Non sono stati eseguiti test specifici di sensitività del modello matematico utilizzato.

Si rimanda alla letteratura specialistica per l'analisi di sensitività di CALPUFF. Alcune referenze di letteratura sono riportate di seguito:

Berman, S., J.Y. Ku, J. Zhang and S.T. Rao, 1977. Uncertainties in estimating the mixing depth—Comparing three mixing depth models with profiler measurements, *Atmospheric Environment*, 31: 3023–3039.

Chang, J.C., P. Franzese, K. Chayantrakom and S.R. Hanna, 2001. Evaluations of CALPUFF, HPAC and VLSTRACK with Two Mesoscale Field Datasets. *Journal of Applied Meteorology*, 42(4): 453–466.

Environmental Protection Agency, 1998. Interagency Workgroup on Air Quality Modeling (IWAQM) Phase 2 Summary Report and Recommendations for Modeling Long-Range Transport Impacts. EPA Publication No. EPA-454/R-98-019. Office of Air Quality Planning & Standards, Research Triangle Park, NC.

Irwin, J.S., 1997. A Comparison of CALPUFF Modeling Results with 1997 INEL Field Data Results. In *Air Pollution Modeling and its Application*, XII. Edited by S.E. Gyrning and N. Chaumerliac. Plenum Press, New York, NY.

Irwin, J.S., J.S. Scire and D.G. Strimaitis, 1996. A Comparison of CALPUFF Modeling Results with CAPTEX Field Data Results. In *Air Pollution Modeling and its Application*, XI. Edited by S.E. Gyrning and F.A. Schiermeier. Plenum Press, New York, NY.

Morrison, K, Z-X Wu, J.S. Scire, J. Chenier and T. Jeffs-Schonewille, 2003. CALPUFF-Based Predictive and Reactive Emission Control System. 96th A&WMA Annual Conference & Exhibition, 22–26 June 2003; San Diego, CA.

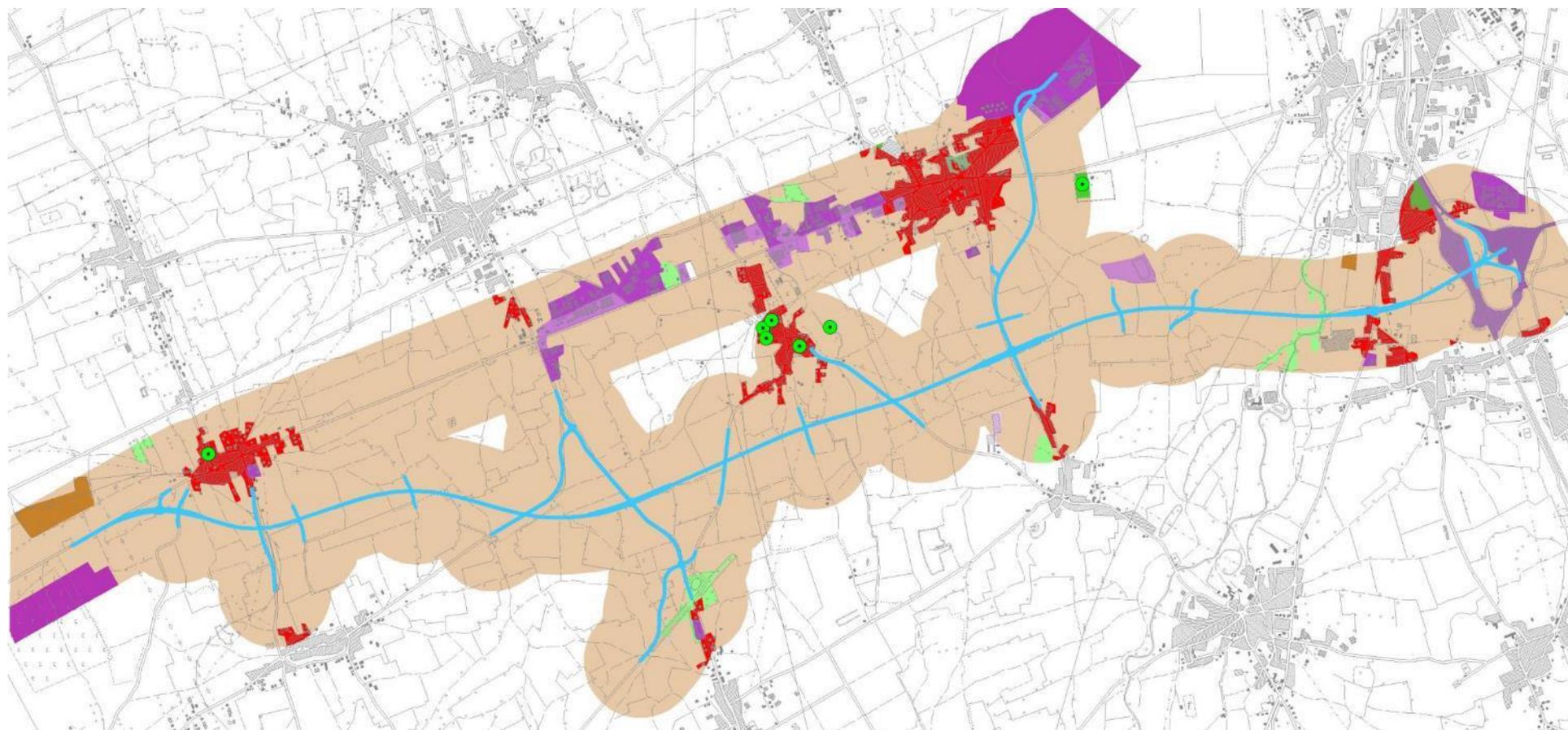
Schulman, L.L., D.G. Strimaitis and J.S. Scire, 2000. Development and evaluation of the PRIME Plume Rise and Building Downwash Model. *JAWMA*, 50: 378–390.

Scire, J.S., Z-X Wu, D.G. Strimaitis and G.E. Moore, 2001. The Southwest Wyoming Regional CALPUFF Air Quality Modeling Study—Volume I. Prepared for the Wyoming Dept. of Environmental Quality. Available from Earth Tech at <http://www.src.com>.

Strimaitis, D.G., J.S. Scire and J.C. Chang, 1998. Evaluation of the CALPUFF Dispersion Model with Two Power Plant Data Sets. Tenth Joint Conference on the Application of Air Pollution Meteorology, Phoenix, Arizona. American Meteorological Society, Boston, MA. January 11–16, 1998.

### 3.8 Aree sensibili

Di seguito si riporta una mappa di sintesi dell'uso del suolo negli ambiti di indagine, utile ad identificare aree (e ricettori) sensibili dal punto di vista di un eventuale inquinamento atmosferico.



### Legenda

#### Codifiche Moland

 1.1.2.1 - Tessuto residenziale discontinuo	 1.2.4.1 - Aeroporti civili	 2.4.2.1 - Sistemi colturali e particellari complessi senza insediamenti sparsi
 1.1.2.2 - Tessuto residenziale discontinuo sparso	 1.2.4.2 - Aeroporti militari	 2.4.2.2 - Sistemi colturali e particellari complessi con insediamenti sparsi
 1.2.1.1 - Aree industriali	 1.3.1 - Aree estrattive	 2.4.3 - Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali
 1.2.1.10 - Complessi agro-industriali	 1.3.2 - Discariche	 3.1.1 - Boschi di latifoglie
 1.2.1.2 - Aree commerciali	 1.4.1 - Aree verdi urbane	 3.1.2 - Boschi di Conifere
 1.2.2.1 - Strade a transito veloce e superfici annesse	 1.4.2 - Aree sportive e ricreative	 5.1.1.1 - Canali
 1.2.2.2 - Altre strade e superfici annesse	 2.1.1 - Seminativi in aree non irrigue	 5.1.1.2 - Fiumi
 1.2.3 - Aree portuali	 2.2.1 - Vigneti	 Siti sensibili
	 2.3.1 - Prati stabili	 Progetto Definitivo

Figura 9 Carta dell'uso del suolo

L'ambito di indagine è interessato prevalentemente da usi agricoli e da un tessuto residenziale discontinuo.

I siti sensibili individuati sono costituiti strutture scolastiche e ricreative relativi soprattutto all'abitato di Orgnano.

### 3.9 Fattori di emissione

Le emissioni da traffico veicolare sono state stimate utilizzando i fattori di emissione medi nazionali calcolati da ISPRA.

Nello specifico relativamente allo Scenario Ante operam" sono stati utilizzati ii fattori di emissione ultimi disponibili e relativi all'anno 2019.

La tabella seguente riporta i valori in g/km relativi agli inquinanti e alle categorie di veicoli considerati.

Tabella 1 - Fattori di emissione utilizzati nella valutazione delle emissioni dello scenario "ante operam"

Category	CO 2019 g/km TOTALE	VOC 2019 g/km TOTALE	NOx 2019 g/km TOTALE	Benzene 2019 g/km TOTALE	PM2.5 2019 g/km TOTALE	PM10 2019 g/km TOTALE	SO2 2019 g/km TOTALE	benzo_a_py rene 2019 mg/km TOTALE
Passenger Cars	0.595038	0.151425	0.308589	0.002201	0.021467	0.031175	0.000567	0.000993
Light Commercial Vehicles	0.195914	0.028758	0.987180	0.000538	0.037221	0.051113	0.000943	0.001709
Heavy Duty Trucks	0.887580	0.101682	2.790973	0.000064	0.104442	0.146098	0.002578	0.000900
Buses	1.021362	0.188771	3.764099	0.000083	0.103059	0.138704	0.002593	0.000899
Mopeds	5.377355	4.168181	0.143578	0.030139	0.068371	0.074447	0.000193	0.000071
Motorcycles	3.452297	0.977771	0.103224	0.007180	0.022812	0.028135	0.000387	0.000318

Relativamente agli scenari "post operam" e "alternativa 1" i fattori di emissione sono stati estrapolati al 2027 utilizzando una regressione lineare dei logaritmi dei fattori di emissione 2013 e 2019.

La tabella seguente riporta i fattori di emissione estrapolati al 2027.

Tabella 2 - Fattori di emissione utilizzati nella valutazione delle emissioni dello scenario "post operam" e "alternativa 1"

Sector	CO g/km 2027	VOC g/km 2027	NOx g/km 2027	Benzene g/km 2027	PM2.5 g/km 2027	PM10 g/km 2027	SO2 2027	benzo_a_py rene 2027 mg/km
Passenger Cars	0.417	0.109	0.216	0.002	0.018	0.031	0.000	0.000
Light Duty Vehicles	0.102	0.015	1.064	0.000	0.022	0.033	0.001	0.001
Heavy Duty Trucks	0.590	0.056	1.723	0.000	0.075	0.121	0.002	0.000
Buses	0.696	0.115	2.429	0.000	0.074	0.114	0.002	0.000
Mopeds	4.549	3.949	0.172	0.023	0.054	0.061	0.000	0.000
Motorcycles	2.397	0.678	0.067	0.005	0.019	0.026	0.000	0.000

## 4 SCENARIO ANTE-OPERA

Per la descrizione della situazione esistente della qualità dell'aria nell'ambito interessato dal Progetto Definitivo sono stati assunti come riferimento i valori di concentrazione degli inquinanti rilevati dalla rete ARPA FVG nell'anno 2020.

In particolare sono stati elaborati i dati orari relativi alle concentrazioni di NOx, NO2 e Benzene della stazione di Udine Largo Cairoli e i dati giornalieri di PM10 di Udine S. Osvaldo e PM2.5 di Largo Cairoli.

Tabella 3 - Valori di fondo ambientale ricavati dalle stazioni di qualità dell'aria più prossime all'intervento

Parametro	Statistica		valore
PM10	media annua	ug/m3	18.5
	35 massimo 24h		35.8
PM2.5	media annua		14.3
NOx	media annua		22.6
NO2	media annua		16.8
	18° massimo 1h		77.5
Benzene	media annua	0.43	

### 4.1 Sorgenti di emissione

Il traffico veicolare non deve essere considerato come l'unica fonte di emissione di inquinanti, ma di certo fornisce un contributo significativo.

Le informazioni relative al traffico esistente e alle conseguenti ricadute risultano fondamentali nello scenario di cantiere per comprendere il contributo di tale tipo di sorgente alla descrizione della qualità dell'aria dell'ambito interessato.

### 4.2 Traffico veicolare

L'applicazione modellistica dello scenario "ante operam" è stata eseguita utilizzando come sorgente emissiva più importante il traffico veicolare giornaliero medio (TGM) transitante sulla strada "pontebbana". I dati di TGM sono stati ricavati dallo studio del traffico eseguito contestualmente a questo studio sugli impatti sulla qualità dell'aria. Per l'identificazione dei nodi e quindi dei segmenti si faccia riferimento allo studio del traffico

Tabella 4 – Traffico giornaliero medio. Scenario “ante operam”

Arco del grafo				
DaNodo	ANodo	Lungh	Veic. Legg / giorno	Veic. Pes. / giorno
1,011	1,056	450	8,022	1,830
180	1,056	200	8,118	1,881
180	1,014	250	9,256	2,033
1,014	1,068	800	9,116	1,966
89	1,068	1950	9,116	1,966
89	1,010	1950	14,899	3,029
1,010	1,067	675	13,739	2,675
1,005	1,067	975	13,739	2,675
88	1,005	375	16,018	2,893
88	1,065	700	10,536	1,418
1,058	1,065	2470	10,536	1,418
804	1,058	1000	10,536	1,418
75	804	475	18,859	2,369

### Andamento giornaliero

Nel modello diffusionale il TGM e la conseguente emissione giornaliera è stata introdotta modulata in relazione all'ora del giorno sulla base dei rilievi di traffico eseguiti presso il casello autostradale Sud di Udine.

L'andamento è riportato nella figura seguente in termini di fattore moltiplicativo rispetto all'ora media.



Figura 10 - Andamento giornaliero delle emissioni da traffico veicolare

## 5 SCENARIO DI CANTIERE

### 5.1 Sorgenti di emissione

Si possono distinguere due gruppi di sorgenti: le prime derivano da tutte le lavorazioni di cantiere significative per la produzione di inquinanti in atmosfera (principalmente movimenti terra e mezzi in opera), le seconde invece sono associate al traffico veicolare presente sulla rete viaria, comprese le deviazioni per periodi maggiormente significativi.

#### 5.1.1 Cantiere

Di seguito si riportano una scheda riassuntiva delle principali caratteristiche dei cantieri del Progetto Definitivo così come desunto dagli elaborati.

Per una lettura più dettagliata e strutturata della fase di cantierizzazione del Progetto Definitivo si rimanda agli elaborati conseguente.

<b>Progetto Definitivo</b>											
<b>Durata lavori</b>	330 giorni naturali consecutivi										
<b>Opere principali</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Riqualificazione e allargamento della S.P. n.9 "di Pasiano" (5,0 km– sez C1 m 9,50 bitumati)</li> <li>▪ 4 rotatorie</li> <li>▪ Adeguamento del ponte sul fiume Fiume</li> </ul>										
<b>Uomini/giorno</b>	2.440										
<b>N° medio operai in cantiere</b>	10										
<b>Aree di cantiere</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ all'incrocio tra la S.P. 9 e via Frascate</li> <li>▪ alla sezione 58 di progetto</li> <li>▪ all'incrocio tra la S.P. 9 e via Pescarate</li> <li>▪ presso la rotatoria R4</li> <li>▪ cantiere mobile lungo tutto il tracciato, lunghezza circa m 500 e larghezza m 4</li> </ul>										
<b>Viabilità accesso cantiere</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ S.P. 9</li> </ul>										
<b>Velocità max in cantiere</b>	15 km/h										
<b>Fasi e lavorazioni</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>Accantieramento generale</u></li> <li>2. <u>Realizzazione di 4 rotatorie</u></li> <li>3. <u>Allargamento dell'asse principale</u></li> <li>4. <u>Allargamento del ponte sul fiume Fiume</u></li> <li>5. <u>Opere minori</u></li> <li>6. <u>Aree di mitigazione</u></li> </ol>										
<b>Materiali movimentati</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Scavi totali</td> <td style="text-align: right;">40.106,00 m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Reimpieghi totali</td> <td style="text-align: right;">0,00 m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Inerti da cava</td> <td style="text-align: right;">27.780,00 m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Materiali a scarica</td> <td style="text-align: right;">40.106,00 m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Inerti ceduti all'impresa</td> <td style="text-align: right;">0,00 m<sup>3</sup></td> </tr> </table>	Scavi totali	40.106,00 m <sup>3</sup>	Reimpieghi totali	0,00 m <sup>3</sup>	Inerti da cava	27.780,00 m <sup>3</sup>	Materiali a scarica	40.106,00 m <sup>3</sup>	Inerti ceduti all'impresa	0,00 m <sup>3</sup>
Scavi totali	40.106,00 m <sup>3</sup>										
Reimpieghi totali	0,00 m <sup>3</sup>										
Inerti da cava	27.780,00 m <sup>3</sup>										
Materiali a scarica	40.106,00 m <sup>3</sup>										
Inerti ceduti all'impresa	0,00 m <sup>3</sup>										

## 5.2 Cronoprogramma delle lavorazioni

Di particolare interesse per la costruzione degli scenari di cantiere è la determinazione dei momenti di massima produzione di inquinanti (e in particolare di polveri) derivanti da lavorazioni contemporanee. A tal fine è stato ricostruito un cronoprogramma dettagliato delle lavorazioni di cantiere a partire dagli elaborati del Progetto Definitivo relativi alla cantierizzazione.

In particolare sono state individuate le lavorazioni significative per la produzione di inquinanti in atmosfera, di seguito elencate per ciascun progetto:

11 mesi 330 gg	
Opera	Attività
<b>Preparazione Cantiere</b>	
	Aree di cantiere
	Piste di cantiere
	Ripristino aree di cantiere
<b>Rotatoria R1</b>	
	Demolizioni e asportazione manto
	Scotico e scavi minori
	Stabilizzazione a calce
	Rilevato
	Conglomerato bituminoso
<b>Rotatoria R2</b>	
	Demolizioni e asportazione manto
	Scotico e scavi minori
	Stabilizzazione a calce
	Rilevato
	Conglomerato bituminoso
<b>Rotatoria R3</b>	
	Demolizioni e asportazione manto
	Scotico e scavi minori
	Stabilizzazione a calce
	Rilevato
	Conglomerato bituminoso
<b>Rotatoria R4</b>	
	Demolizioni e asportazione manto
	Scotico e scavi minori
	Stabilizzazione a calce
	Rilevato
	Conglomerato bituminoso
<b>Asse principale, da km 0 a km 0,5</b>	
	Sbancamento
	Scotico e scavi minori
	Stabilizzazione a calce
	Rilevato
	Conglomerato bituminoso
<b>Asse principale, da km 0,5 a km 1</b>	
	Sbancamento
	Scotico e scavi minori
	Stabilizzazione a calce
	Rilevato
	Conglomerato bituminoso
<b>Asse principale, da km 1 a km 1,5</b>	
	Sbancamento
	Scotico e scavi minori
	Stabilizzazione a calce
	Rilevato
	Conglomerato bituminoso
<b>Asse principale, da km 1,5 a km 2</b>	
	Sbancamento
	Scotico e scavi minori
	Stabilizzazione a calce
	Rilevato
	Conglomerato bituminoso

<b>Asse principale, da km 2 a km 2,5</b>	
	Sbancamento
	Scotico e scavi minori
	Stabilizzazione a calce
	Rilevato
	Conglomerato bituminoso
<b>Asse principale, da km 2,5 a km 3</b>	
	Sbancamento
	Scotico e scavi minori
	Stabilizzazione a calce
	Rilevato
	Conglomerato bituminoso
<b>Asse principale, da km 3 a km 3,5</b>	
	Sbancamento
	Scotico e scavi minori
	Stabilizzazione a calce
	Rilevato
	Conglomerato bituminoso
<b>Asse principale, da km 3,5 a km 4</b>	
	Sbancamento
	Scotico e scavi minori
	Stabilizzazione a calce
	Rilevato
	Conglomerato bituminoso
<b>Asse principale, da km 4 a km 4,5</b>	
	Sbancamento
	Scotico e scavi minori
	Stabilizzazione a calce
	Rilevato
	Conglomerato bituminoso
<b>Asse principale, da km 4,5 a fine</b>	
	Sbancamento
	Scotico e scavi minori
	Stabilizzazione a calce
	Rilevato
	Conglomerato bituminoso
<b>Adeguamento ponte sul fiume Fiume</b>	
	Rimozione strato bituminoso
	Posa c.a. allargamento
	Conglomerato bituminoso
<b>Opere minori</b>	
	Scatolare Fossatiella - Fondazioni
	Scatolare Fossatiella - Impalcato
<b>Opere di mitigazione</b>	
	Area boscata tra R4 e fine
	Opere a verde
<b>Trasporto inerti</b>	
	Trasporto materiale scavato a deposito e da deposito a cantiere
	Trasporto inerti a discarica
	Vendita inerti a impresa
	Trasporto inerti da cava
<b>Deposito inerti in area di cantiere principale</b>	
	Terreno vegetale
	Inerti per discarica

Inerti per reimpieghi
-----------------------

Per ogni lavorazione è stato costruito un cronoprogramma con unità temporale settimanale (vedi allegato 1); su di esso sono state distribuite le quantità dei materiali movimentati e i macchinari utilizzati per la movimentazione dei materiali e l'esecuzione delle lavorazioni.

In particolare sono state dettagliate per ogni attività e per ogni settimana di lavorazione di cantiere le informazioni relative a:

- numero di camion;
- utilizzo della betoniera;
- numero di apripista;
- numero di escavatori cingolati;
- utilizzo della macchina perforatrice;
- utilizzo della stenditrice asfalto;
- utilizzo della stabilizzazione a calce;
- utilizzo del rullo;
- volumi e massa dei materiali lavorati o trasportati.

Il grafico successivo riporta il totale dei volumi di materiali scavati, lavorati o trasportati.

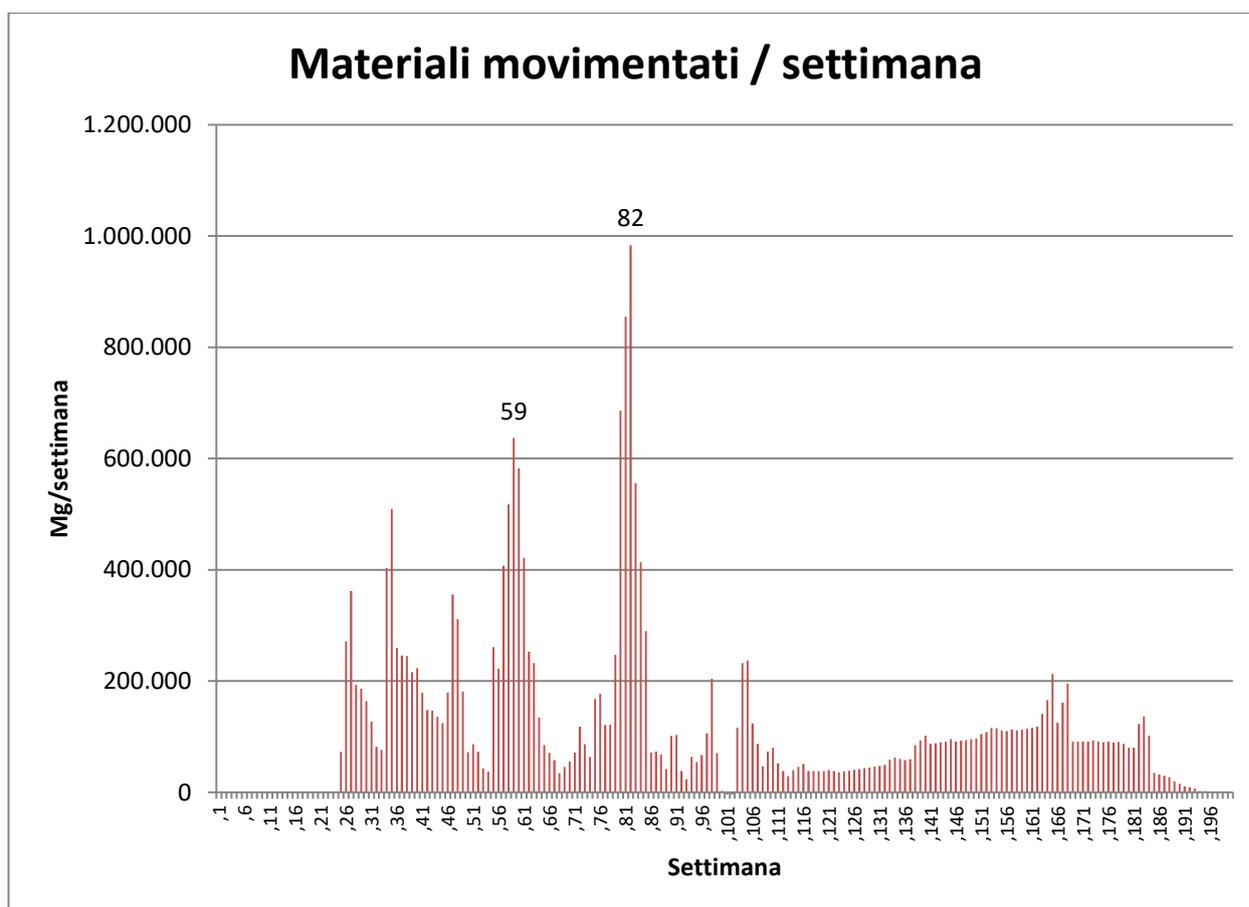


Figura 11 - Progetto Definitivo, materiali movimentati

Il grafico successivo riassume il numero di mezzi operativi per ogni settimana di cantiere.

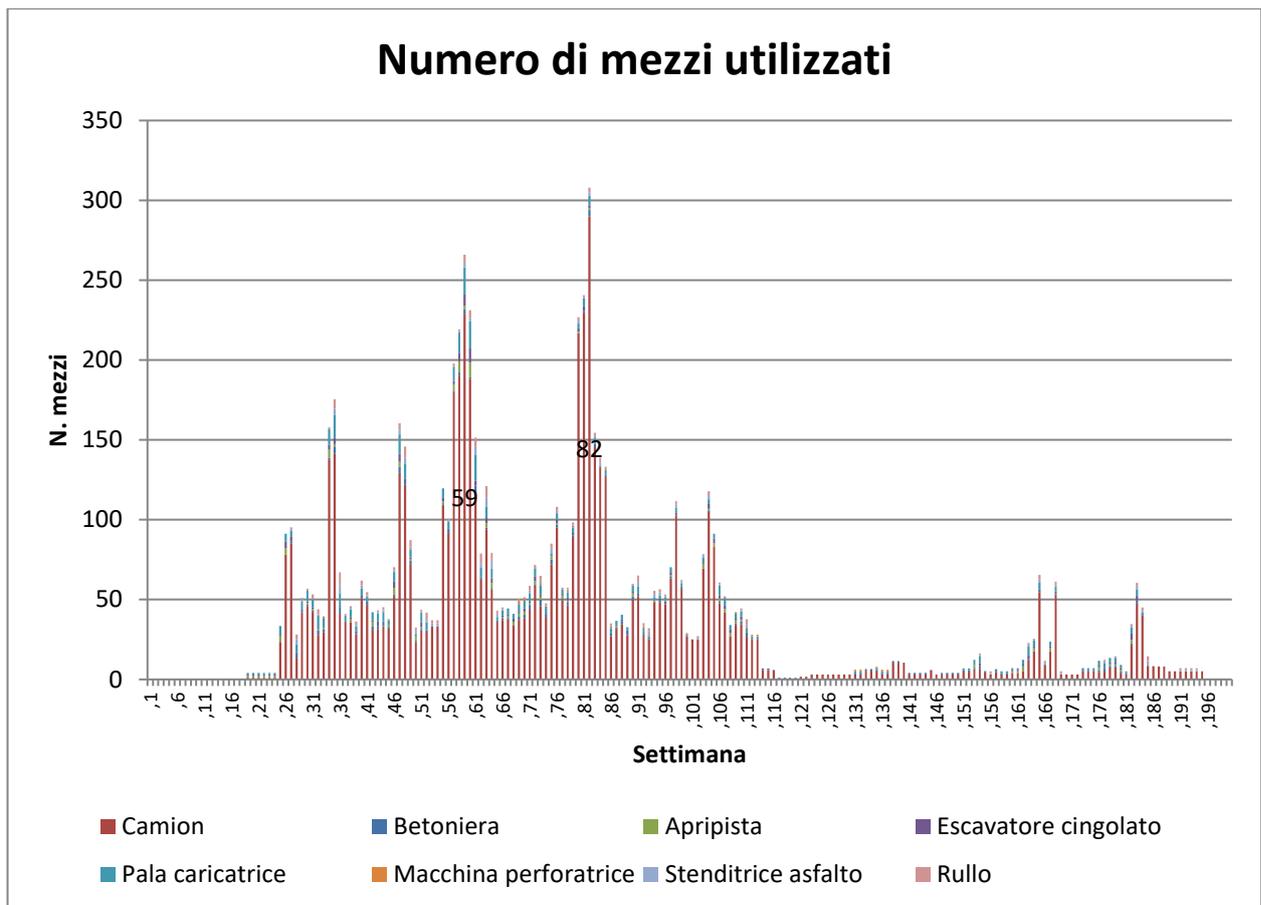


Figura 12 - Progetto Definitivo, totale mezzi in movimento

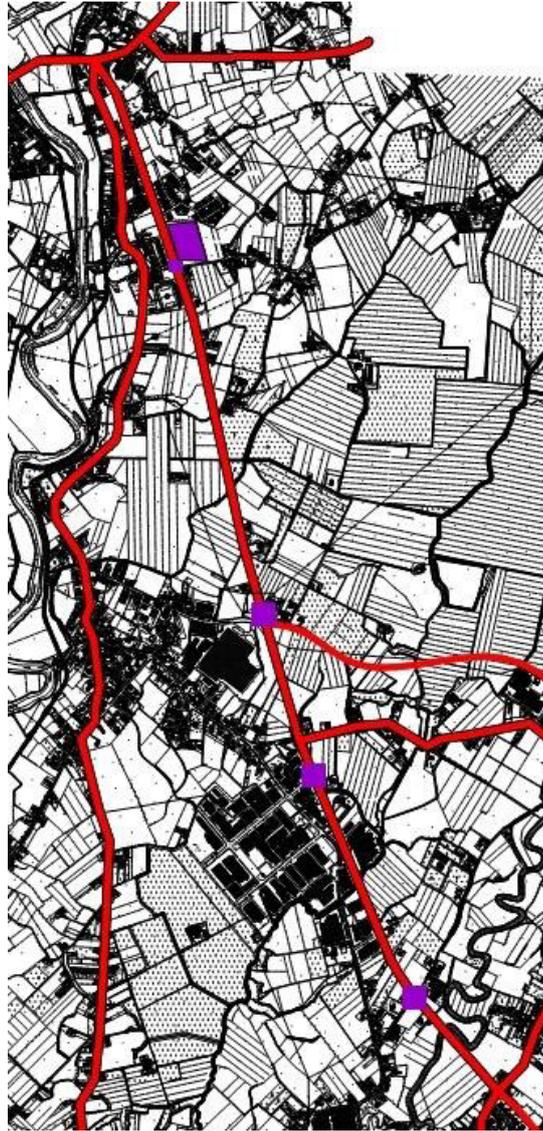


Figura 13 Progetto Definitivo, Lavorazioni presenti nella settimana 59 (in viola)

### 5.3 Simulazione delle emissioni e delle dispersioni

#### 5.3.1 Dati di input

##### 5.3.1.1 Attività di cantiere

Le emissioni in atmosfera delle attività di cantiere sono state stimate relativamente:

- ai mezzi d'opera e agli autocarri;
- al risollevarimento delle polveri dovuto al passaggio dei mezzi sulle strade non asfaltate;
- alla movimentazione, formazione e stoccaggio di cumuli dei materiali e delle terre di scavo.

Si è ritenuto di poca rilevanza il contributo alle emissioni delle polveri sollevate dal vento sui cumuli di materiali e terre.

##### 5.3.1.1.1 Mezzi d'opera e autocarri

Le emissioni dei mezzi d'opera e degli autocarri sono state stimate considerando le emissioni limite previste dalla normativa vigente.

Nello specifico sono stati considerati i limiti alle emissioni previsti per la classe stage IV:

Emissioni di NOx < 0.4 g/kwh

Emissioni di Polveri < 0.025 g/kwh

Relativamente alle polveri PM10 e PM2.5 sono state fatte le seguenti ipotesi

Emissioni di PM10 = 0.025 g/kwh

Emissioni di PM2.5 = 0.02 g/kwh

I mezzi d'opera sono stati ipotizzati funzionare alla metà della potenza massima riportata nella tabella seguente.

Tabella 5 - Potenza dei mezzi d'opera e potenza in kw utilizzata nel calcolo delle emissioni in atmosfera

Mezzo	HP	kw
Furgone	100 HP	37.3
Camion	400HP	149.2
Apripista	100 HP	37.3
Escavatore su cingoli	250 HP	93.25
Pala caricatrice	200 HP	74.6
Rullo compattatore	120 HP	44.76
Betoniera	350 HP	130.55
Vibrofinitrice asfalto	300 HP	111.9

Mezzo	HP	kw
Macchina Perforatrice	150 HP	55.95
Stabilizzazione calce	350 HP	130.55

### 5.3.1.1.2 Transito mezzi su strade non asfaltate

La stime delle emissioni di polveri dovuta al passaggio dei mezzi sulle strade non asfaltate è stata stimata tramite gli algoritmi contenuti nel paragrafo 13.2.2 “Unpaved roads” del manuale AP42 dell’US EPA.

L’algoritmo è

$$EF_i (kg/km) = k_i \cdot (s/12)^{a_i} \cdot (W/3)^{b_i}$$

$i$  particolato (PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)

$s$  contenuto in limo del suolo in percentuale in massa (%)

$W$  peso medio del veicolo (Mg)

e i coefficienti  $k_i$ ,  $a_i$  e  $b_i$  sono dipendenti dalla tipologia di particolato come si evince dalla tabella

	$k_i$	$a_i$	$b_i$
PTS	1.38	0.7	0.45
PM <sub>10</sub>	0.423	0.9	0.45
PM <sub>2.5</sub>	0.0423	0.9	0.45

Questo algoritmo è stato applicato solamente ai camion e non agli altri mezzi d’opera ritenendo che il contributo alle emissioni di polveri dovuto al risollevarlo dalla strada non asfaltata prodotto da quest’ultimi possa essere già compreso fra le emissioni considerate nel prossimo paragrafo relativo alla formazione e stoccaggio cumuli dei materiali e terre di scavo.

Il peso medio  $W$  considerato per un camion è di 32 tonnellate mentre il contenuto di limo  $s$  è stato ipotizzato pari al 14%, queste e gli altri parametri sono riassunti nella tabella seguente

	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	
$s$	17	17	%
$w$	32	32	t
$k$	0.423	0.0423	
$a$	0.9	0.9	
$b$	0.45	0.45	

Per quanto riguarda il percorso medio per gli autocarri su strada non asfaltata sono stati utilizzati i dati relativi alla parte della lunghezza della tratta in costruzione. Per esempio per la settimana 59 è stato assunto un percorso di 6.4 km.

Tale assunzione porta sicuramente ad una sovrastima dell’emissione totale di polveri estesa su tutta la tratta di in costruzione, ma ben rappresenta la densità di emissione di polveri nei pressi

(<100-200 m) delle attività del “cantiere mobile”. Si ricorda che nell’applicazione modellistica il dato di input per una sorgente areale è espresso in termini di densità di emissione (g/s/m<sup>2</sup>) e non di rateo di emissione (g/s).

È stato considerato l’effetto mitigante della bagnatura delle strade non asfaltate abbattendo le PM<sub>10</sub> e le PM<sub>2.5</sub> previste dalle formule del 75%.

#### 5.3.1.1.3 Movimentazione, formazione e stoccaggio di materiali e terre da scavo

La stime delle emissioni di polveri dovuta alla movimentazione, formazione e stoccaggio cumuli di materiali e terre di scavo è stata stimata tramite gli algoritmi contenuti nel paragrafo 13.2.4 “Aggregate handling and storage piles” del manuale AP42 dell’US EPA.

L’algoritmo utilizzato è:

$$EF_i(kg/Mg) = k_i(0.0016) \frac{\left(\frac{u}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$$

Dove

- $EF_i(kg/Mg)$  è il fattore di emissione risultante espresso in kg di polveri emesse per tonnellata di materiale movimentato;
- $u$  è la velocità del vento in m/s che in questo caso è risultata pari a 1.67 m/s;
- $M$  è la percentuale di umidità dei materiali posta in questo caso pari a 1% (quindi non considerando abbattimenti delle emissioni di polveri prodotti da una attività di bagnatura dei materiali);
- infine  $k_i$  dipende dalla tipologia di particolato ed è dato dalla tabella seguente

	$k_i$
PTS	0.74
PM10	0.35
PM2.5	0.11

#### 5.3.1.1.4 Stima delle emissioni

Si riporta il grafico relativo alle emissioni stimate di Polveri PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> e di NO<sub>x</sub> durante le settimane di durata delle attività di cantiere. Si tratta delle emissioni di tutto il cantiere come se fosse un’unica sorgente di dimensione pari a tutto l’asse stradale in costruzione, alle opere principali del Progetto e ai cantieri principali.

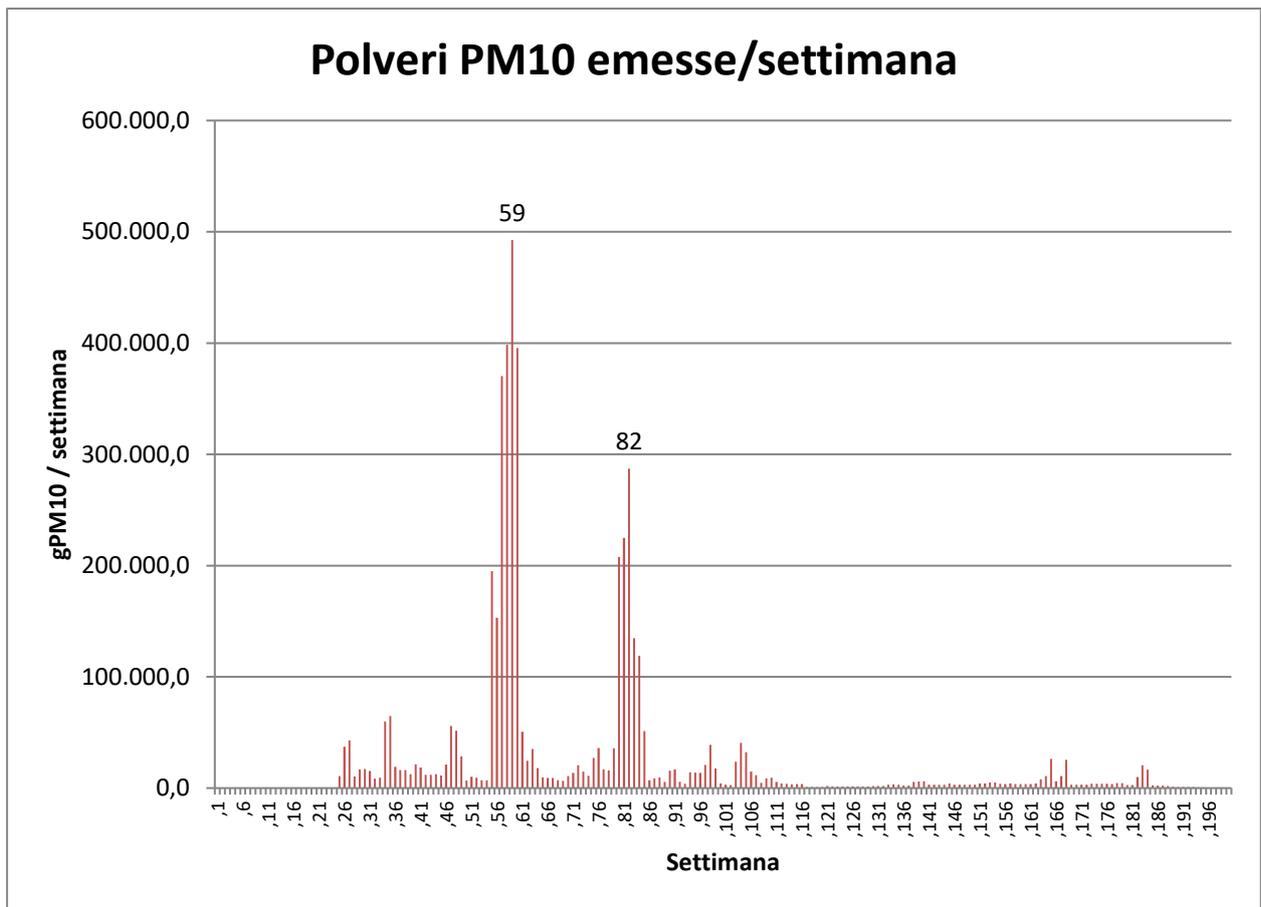


Figura 14 - Polveri PM10 emesse nelle diverse settimane di cantiere

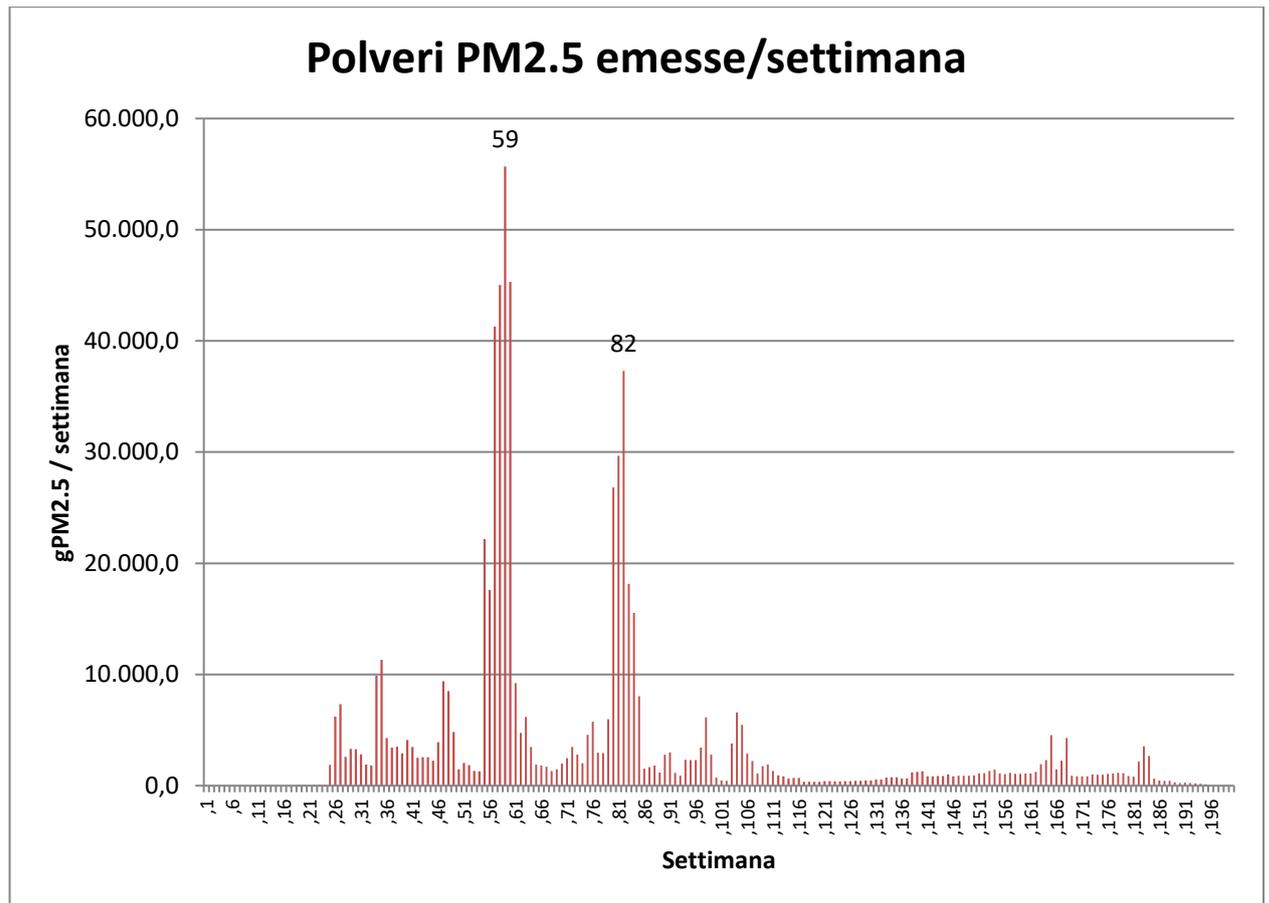


Figura 15 -- Polveri PM2.5 emesse nelle diverse settimane di cantiere

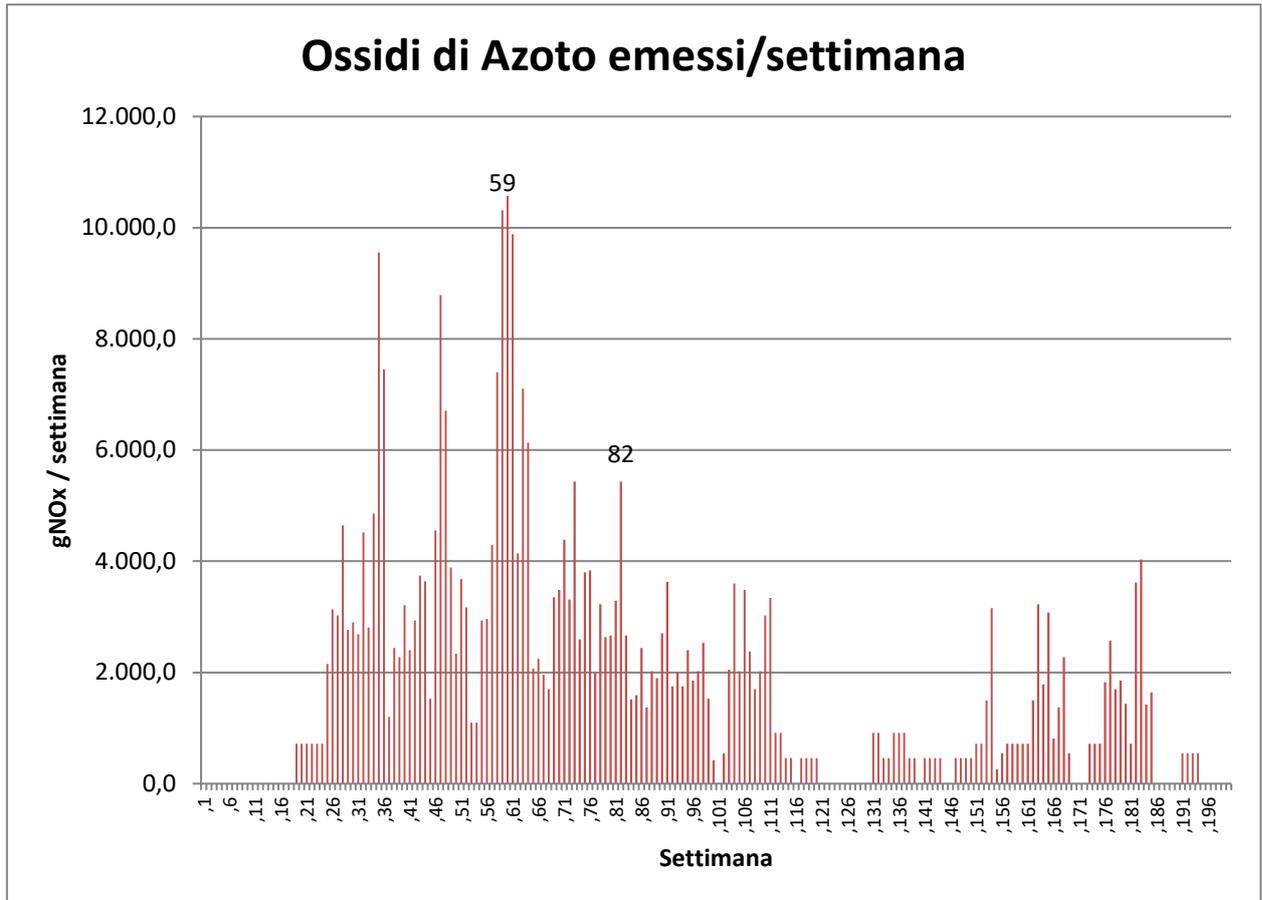


Figura 16 - - Ossidi di Azoto emessi nelle diverse settimane di cantiere

### 5.3.2 Dati di output

La rappresentazione grafica dei risultati delle simulazioni è contenuta in allegato.

Per quanto riguarda la fase di cantiere, è stata calcolata la dispersione dei seguenti inquinanti:

- Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>), media settimanale
- Polveri sottili (PM<sub>10</sub>), media settimanale
- Polveri ultrasottili (PM<sub>2,5</sub>), media settimanale.

Si è scelto di non visualizzare le mappe relative a condizioni short term critiche (35° massimo delle concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> e 18° massimo delle concentrazioni orarie di Biossido di Azoto) perché basate su statistica annuale, mentre le lavorazioni di cantiere modellizzate sono quelle massime relative a poche settimane.

I valori relativi agli NO<sub>x</sub> possono essere considerati come rappresentativi anche del Biossido di Azoto NO<sub>2</sub>. Questi ultimi sono stati calcolati, in modo conservativo, pari al 75% del totale.

I risultati delle elaborazioni modellistiche di dispersione degli inquinanti atmosferici evidenziano la maggiore criticità in relazione alle immissioni di polveri PM<sub>10</sub>, mentre appaiono di minore criticità le emissioni di PM<sub>2,5</sub>, di NO<sub>2</sub> e di NO<sub>x</sub>.

E' comunque opportuno ricordare che le attività di cantiere si svolgono in un periodo di tempo limitato e che le emissioni introdotte nel modello di dispersione sono quelle relative alle settimane di cantiere di massima criticità. Inoltre nelle valutazioni di emissioni delle polveri non sono stati considerati gli abbattimenti conseguenti alle ulteriori mitigazioni, oltre alla bagnatura delle strade, che potranno essere messe in opera durante le attività di cantiere. Pertanto è lecito ritenere che la reale esposizione di polveri PM<sub>10</sub> sulle aree e ricettori sensibili risulterà significativamente ridimensionata rispetto alle previsioni del modello di dispersione.

Infine risulta di estremo interesse confrontare le concentrazioni di PM<sub>10</sub> con quelle di PM<sub>2,5</sub>. Si evidenzia che la maggior parte delle polveri emesse e disperse risulteranno di granulometria maggiore di 2.5 micrometri e pertanto senza significativi effetti sulla salute umana.

## 6 SCENARIO POST-OPERA

Lo scenario post-opera prevede la qualità dell'aria, sempre all'interno dell'area di indagine, ad opere ultimate. Le concentrazioni al suolo calcolate dal modello non considerano le emissioni esterne all'area d'indagine. In entrambi gli scenari "post operam" e Alternativa 1 sono state considerate le tratte già valutate nello scenario "ante operam" e pertanto il traffico veicolare previsto per la strada Pontebbana.

Come già ricordato per lo scenario "post operam" è stato scelto come anno di riferimento il 2027 e per tale epoca sono stati calcolati i fattori di emissione

### 6.1 Sorgenti di emissione

#### 6.1.1 Traffico veicolare

Anche in questo caso si è fatto riferimento al grafo dei volumi di traffico riportato nello Studio del Traffico.

Tabella 6 – Traffico giornaliero medio. Scenario "post operam"

Arco del grafo				
DaNodo	ANodo	Lungh (m)	Veic. Legg / giorno	Veic. Pes. / giorno
1,011	1,056	450	3,270	862
180	1,056	200	3,370	918
180	1,014	250	4,217	997
1,014	1,068	800	4,077	929
89	1,068	1950	4,077	929
89	1,010	1950	5,662	1,461
1,010	1,067	675	4,852	1,260
1,005	1,067	975	4,852	1,260
88	1,005	375	7,230	1,442
88	1,065	700	5,966	620
1,058	1,065	2470	7,735	800
804	1,058	1000	7,735	800
75	804	475	16,079	1,746
1,011	1,025	4600	6,101	1,201
1,007	1,025	3650	12,357	2,555
1,002	1,007	3270	11,685	2,570
1,002	1,021	1275	19,741	3,376
1,021	823	1375	25,449	6,251
823	57	2075	17,654	4,725

## 7 SCENARIO ALTERNATIVA 1

Lo scenario Alternativa 1 prevede la qualità dell'aria, sempre all'interno dell'area di indagine, ad opere ultimate. Le concentrazioni al suolo calcolate dal modello non considerano le emissioni esterne all'area d'indagine.

Anche per lo scenario Alternativa 1 è stato scelto come anno di riferimento il 2027 e per tale epoca sono stati calcolati i fattori di emissione

### 7.1 Sorgenti di emissione

#### 7.1.1 Traffico veicolare

Anche in questo caso si è fatto riferimento al grafo dei volumi di traffico riportato nello Studio del Traffico.

Tabella 7 – Traffico giornaliero medio. Scenario Alternativa 1

Arco del grafo				
DaNodo	ANodo	Lungh	Veic. Legg / giorno	Veic. Pes. / giorno
1,011	1,056	450	1535	402
180	1,056	200	1590	432
180	1,014	250	2622	586
1,014	1,068	800	2496	538
89	1,068	1950	9254	1842
89	1,010	1950	14277	2812
1,010	1,067	675	12844	2467
1,005	1,067	975	7076	1718
88	1,005	375	8902	1885
88	1,065	700	9678	1284
1,058	1,065	2470	10009	1284
804	1,058	1000	10009	1284
75	804	475	18341	2239
1,011	1,069	1125	6409	1402
1,068	1,069	1200	6842	1374
1,066	1,067	450	6278	782
1,022	1,066	1275	6317	813
1,022	1,070	1335	6453	762

## **7.2 Simulazione delle emissioni e delle dispersioni**

### **7.2.1 Dati di input**

Per la stima delle emissioni del post-opera è stato applicato il modello Calpuff per il calcolo delle emissioni dovute al traffico stradale delle tratte viarie oggetto di studio e per le viabilità limitrofe all'interno del dominio di 500 m.

### **7.2.2 Dati di output**

I risultati delle simulazioni evidenziano che le emissioni considerate contribuiscono in modo modesto al peggioramento della qualità dell'aria. Tale previsione è però condizionata all'approccio metodologico utilizzato che non ha considerato il prevedibile miglioramento degli standard emissivi dei veicoli.

Quest'ultimo, infatti, unitamente ad una contemporanea tendenziale prevedibile stazionarietà dei volumi di traffico non potrà che portare ad un miglioramento della qualità dell'aria sul territorio oggetto.

## 8 MISURE DI MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE

### 8.1 Esercizio

L'analisi comparativa degli scenari "ante operam" e "post operam" evidenzia un miglioramento della qualità dell'aria nelle aree più densamente abitate. Pertanto non si ritiene necessario introdurre opere o misure di mitigazione degli impatti né valutare opere a compensazione di impatti differenziali negativi, cioè in cui la situazione attuale è peggiore della futura. Oltre appare molto difficile progettare e mettere in opera mitigazioni efficaci relativamente agli impatti delle emissioni da traffico veicolare.

### 8.2 Cantiere

Diverso invece è il discorso relativamente alle attività di cantiere, nonostante l'analisi degli impatti eseguita per la settimana di cantiere maggiormente critica abbia evidenziato effetti appena sopra la soglia di significatività solamente per le polveri PM10.

Le linee guida della regione Lombardia "Indicazioni per il contenimento delle emissioni in atmosfera da attività di cantiere" risultano utili per identificare le buone pratiche.

È utile ricordare che relativamente allo scenario "cantiere" le valutazioni eseguite in questo studio hanno previsto:

- la bagnatura delle piste in misura tale da ottenere un abbattimento delle emissioni del transito di mezzi sulle piste e strade non asfaltate pari al 75%;
- l'utilizzo di mezzi d'opera corrispondenti alla normativa di emissione almeno EU Stage IV.

## 9 ALLEGATI GRAFICI

1. Dispersione degli inquinanti nell'ambito di indagine
  - 1.1. Scenario Ante-Opera
    - 1.1.1. Particolato fine (PM10), media annuale
    - 1.1.2. Particolato fine (PM10), 35° massimo della media annuale
    - 1.1.3. Particolato ultrafine (PM2.5), media annuale
    - 1.1.1. Biossido di Azoto (NO2), media annuale
    - 1.1.2. Biossido di Azoto (NO2), 18° massimo della media annuale
  - 1.2. Scenario di Cantiere:
    - 1.2.1. Polveri sottili (PM 10), media settimanale
    - 1.2.2. Polveri ultrasottili (PM 2,5), media settimanale
    - 1.2.3. Biossido di Azoto (NO2), media settimanale
  - 1.3. Scenario Post-Opera
    - 1.3.1. Particolato fine (PM10), media annuale
    - 1.3.2. Particolato fine (PM10), 35° massimo della media annuale
    - 1.3.3. Particolato ultrafine (PM2.5), media annuale
    - 1.3.4. Biossido di Azoto (NO2), media annuale
    - 1.3.5. Biossido di Azoto (NO2), 18° massimo della media annuale
  - 1.4. Scenario Alternativa 1
    - 1.4.1. Particolato fine (PM10), media annuale
    - 1.4.2. Particolato fine (PM10), 35° massimo della media annuale
    - 1.4.3. Particolato ultrafine (PM2.5), media annuale
    - 1.4.4. Biossido di Azoto (NO2), media annuale
    - 1.4.5. Biossido di Azoto (NO2), 18° massimo della media annuale
2. Dispersione degli inquinanti: valori presso le stazioni di monitoraggio
  - 2.1.1. Localizzazione delle stazioni di monitoraggio
  - 2.1.2. Scenario Ante-Opera
  - 2.1.3. Scenario di Cantiere
  - 2.1.4. Scenario Post-Opera
  - 2.1.5. Scenario Alternativa 1

## 10 BIBLIOGRAFIA

D.Lgs. 13.08.2010 n° 155, *Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*. 2010

Regione Friuli Venezia Giulia, *Piano regionale di miglioramento della qualità dell'aria*. 2010

Provincia Di Firenze, ARPAT, *Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico e stoccaggio di materiali polverulenti*, DGP. 213-09. 2009

Regione Lombardia “Indicazioni per il contenimento delle emissioni in atmosfera da attività di cantiere”.

ARPA FVG, *Linee guida concernenti la struttura di un piano di monitoraggio relativo alla procedura di valutazione di impatto ambientale (V.I.A.)*. 2012

ARPA FVG e CRMA, *Relazione sulla qualità dell'aria nella Regione Friuli Venezia Giulia. Anno 2011*. 2012

Gkatzoflias D., Kouridis C., Ntziachristos L., Samaras Z., *Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport, COPERT 4*.

Scire J.S., Robe F.R., Fernau M.E., Yamartino R.J., *A User's Guide for the CALMET Meteorological Model*, Earth Tech, Internal Report. 1999

Scire J.S., Strimaitis J.C., Yamartino R.J., *A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model*, Earth Tech, Internal Report. 2000

U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards, *Guideline of Air Quality Models*, 1996

RTI CTN\_ ACE 2/2000, *I modelli nella valutazione della qualità dell'aria*

RTI CTN\_ ACE 4/2001, *Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria*

U.S. EPA. *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*. AP-42. Fifth Edition, Research Triangle Park, NC. 1995

**ALLEGATO 1**  
Dispersione degli inquinanti nell'ambito d'indagine

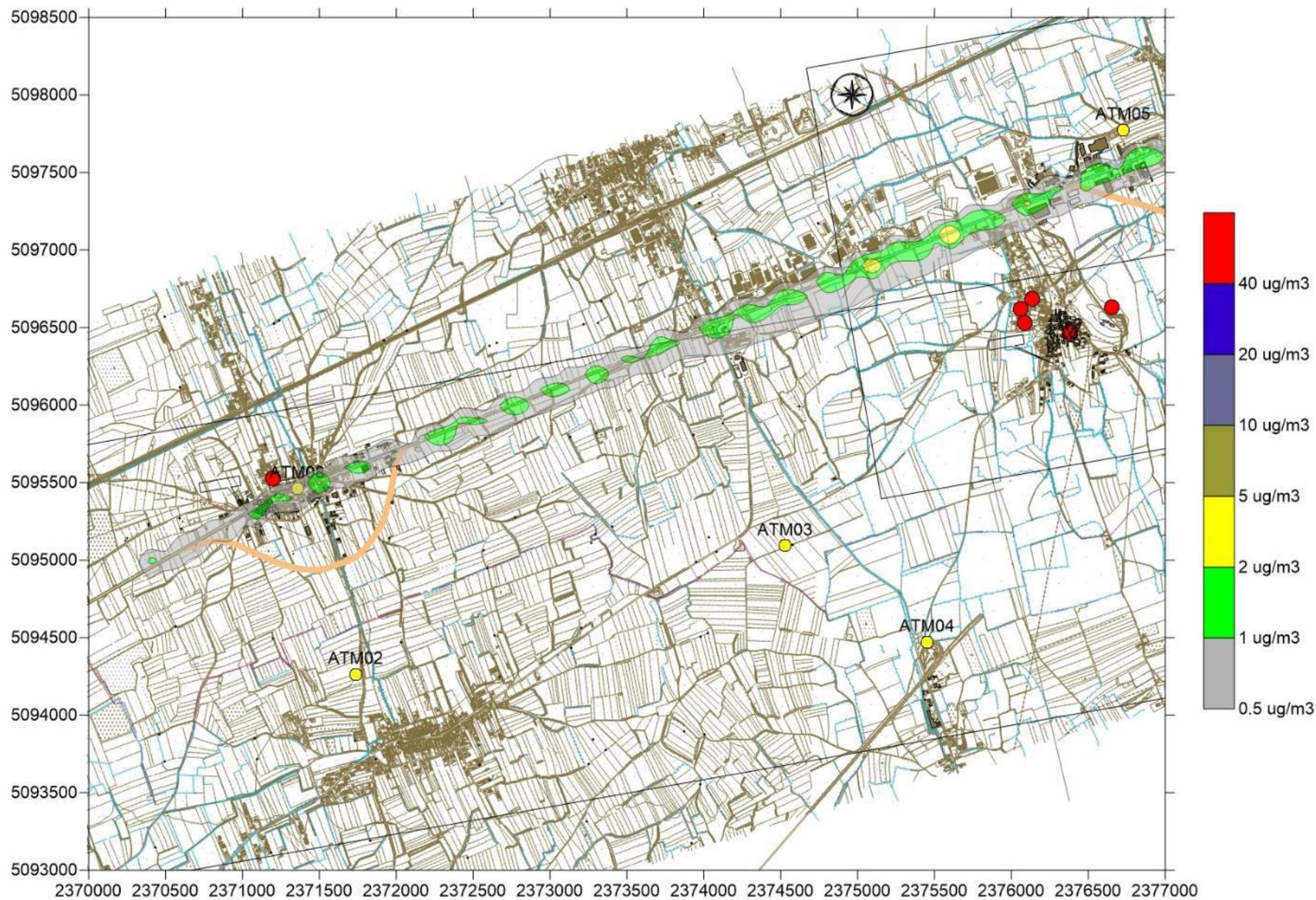


Figura Allegato 1 - Scenario ante operam - PM10 - media annua - sezione W

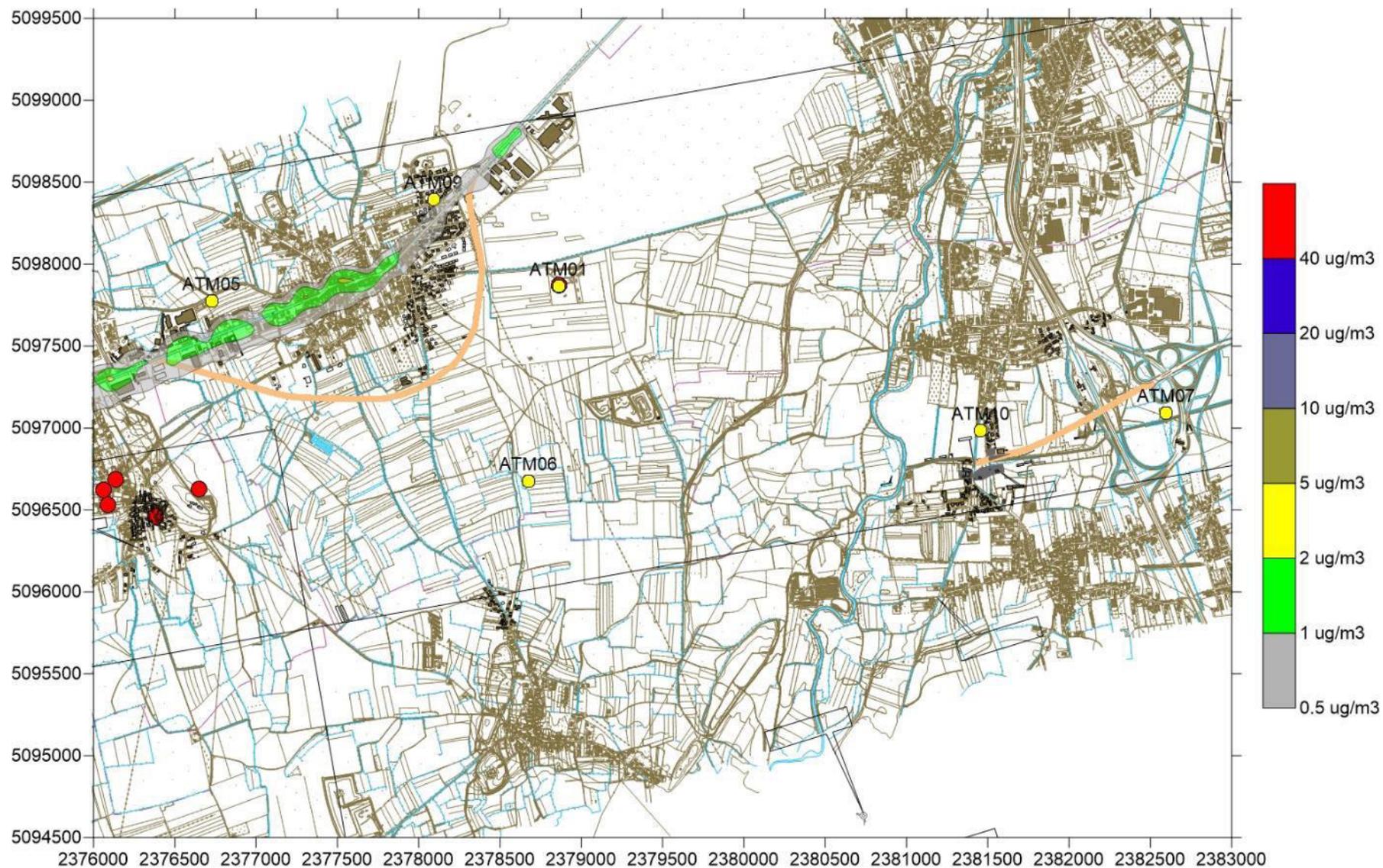


Figura Allegato 2 - - Scenario ante operam - PM10 - media annua - sezione E

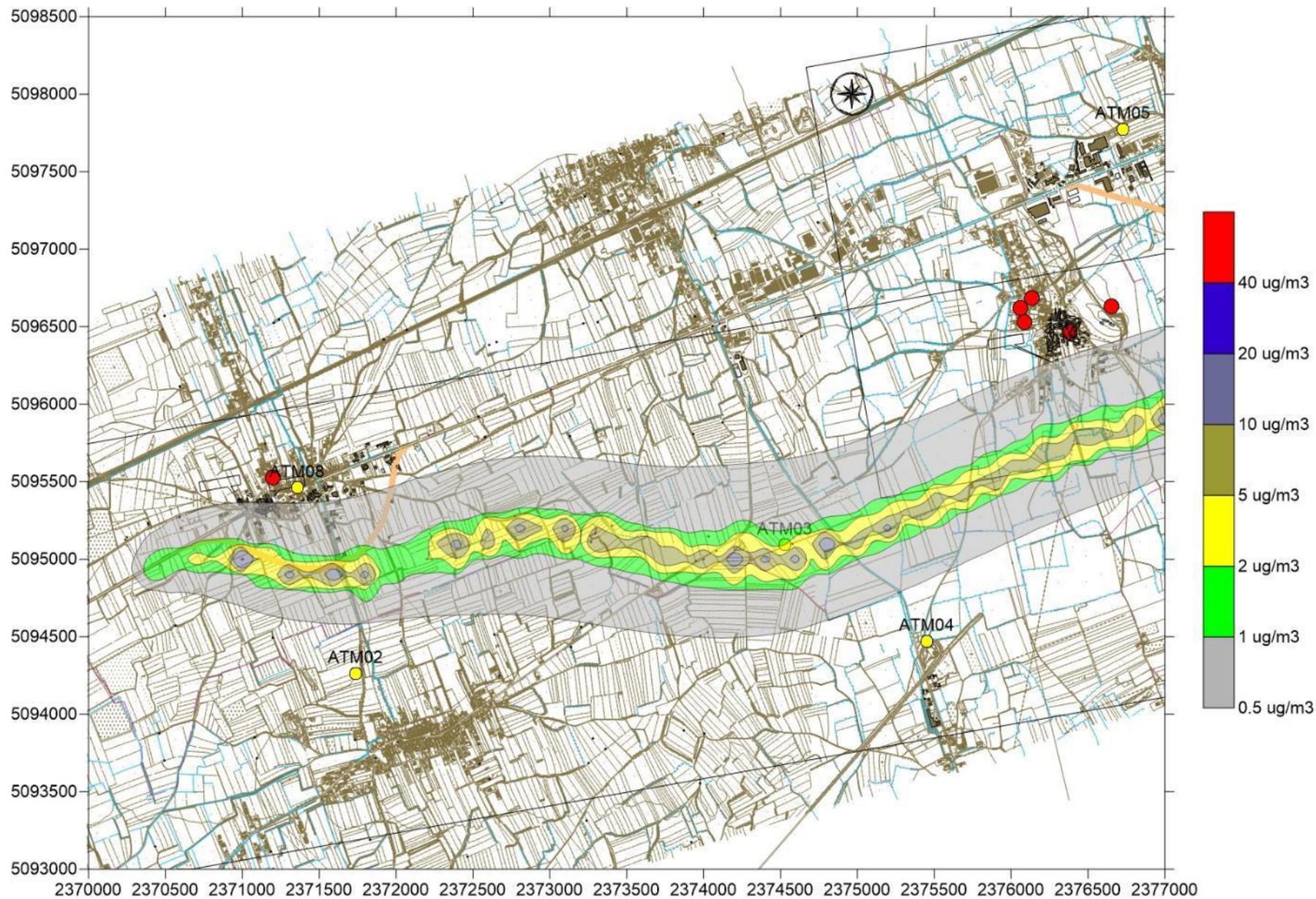


Figura Allegato 3 - Scenario cantiere settimana 59 - PM10 - media annua - sezione W



Figura Allegato 4 - Scenario cantiere settimana 59 - PM10 - media annua - sezione E

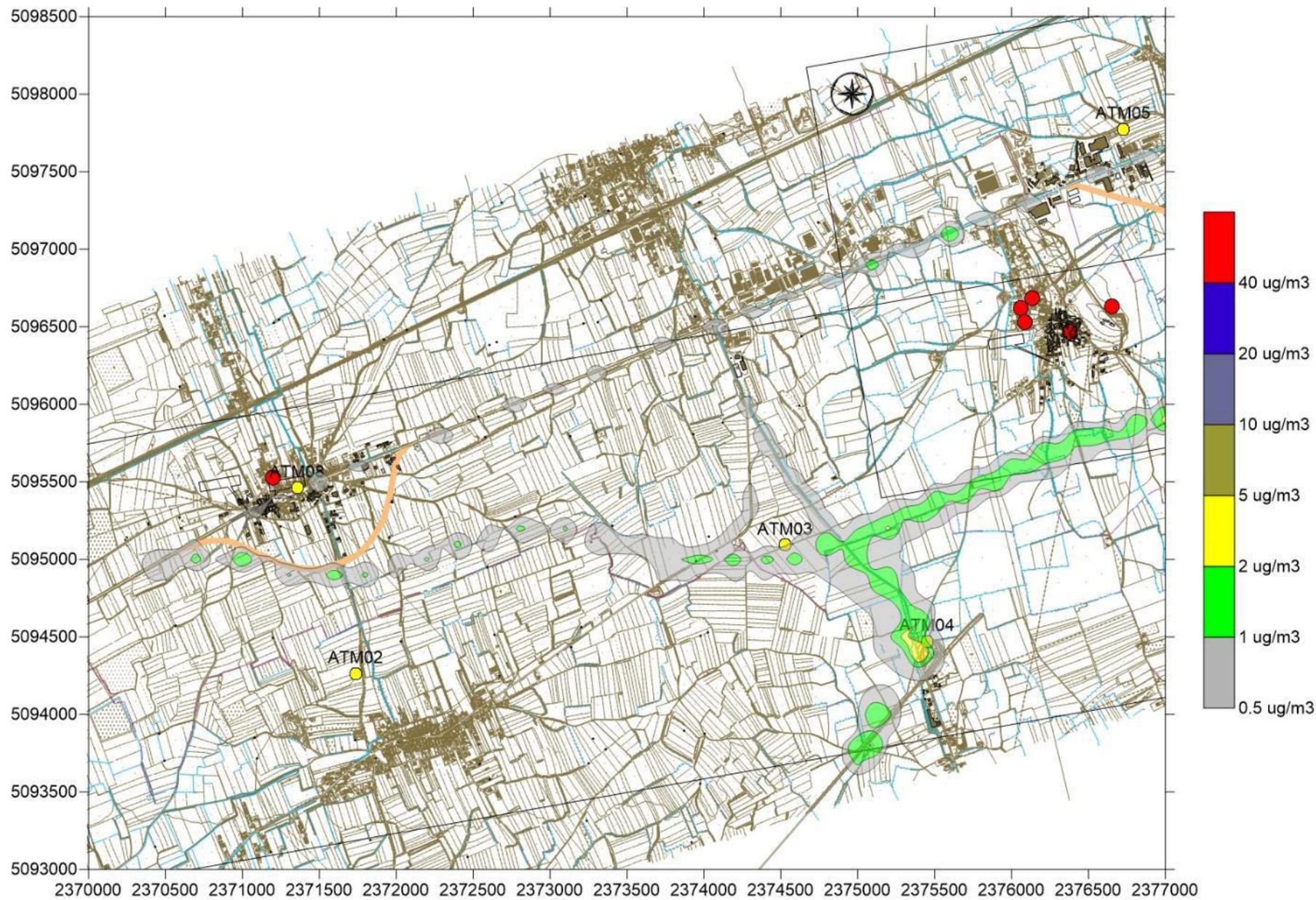


Figura Allegato 5 - Scenario "post operam" - PM10 - media annua - sezione W

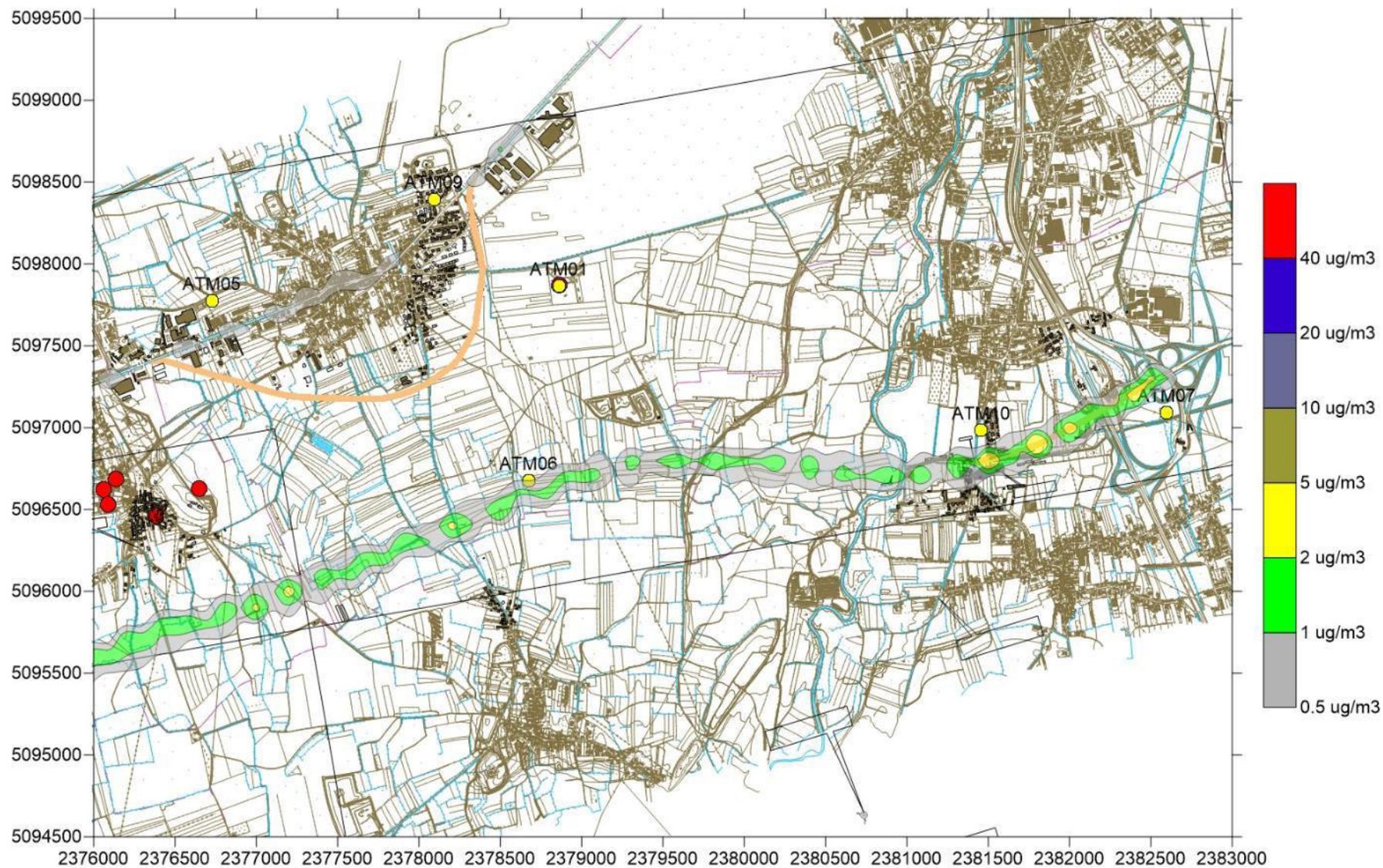


Figura Allegato 6 - Scenario "post operam" - PM10 - media annua - sezione E

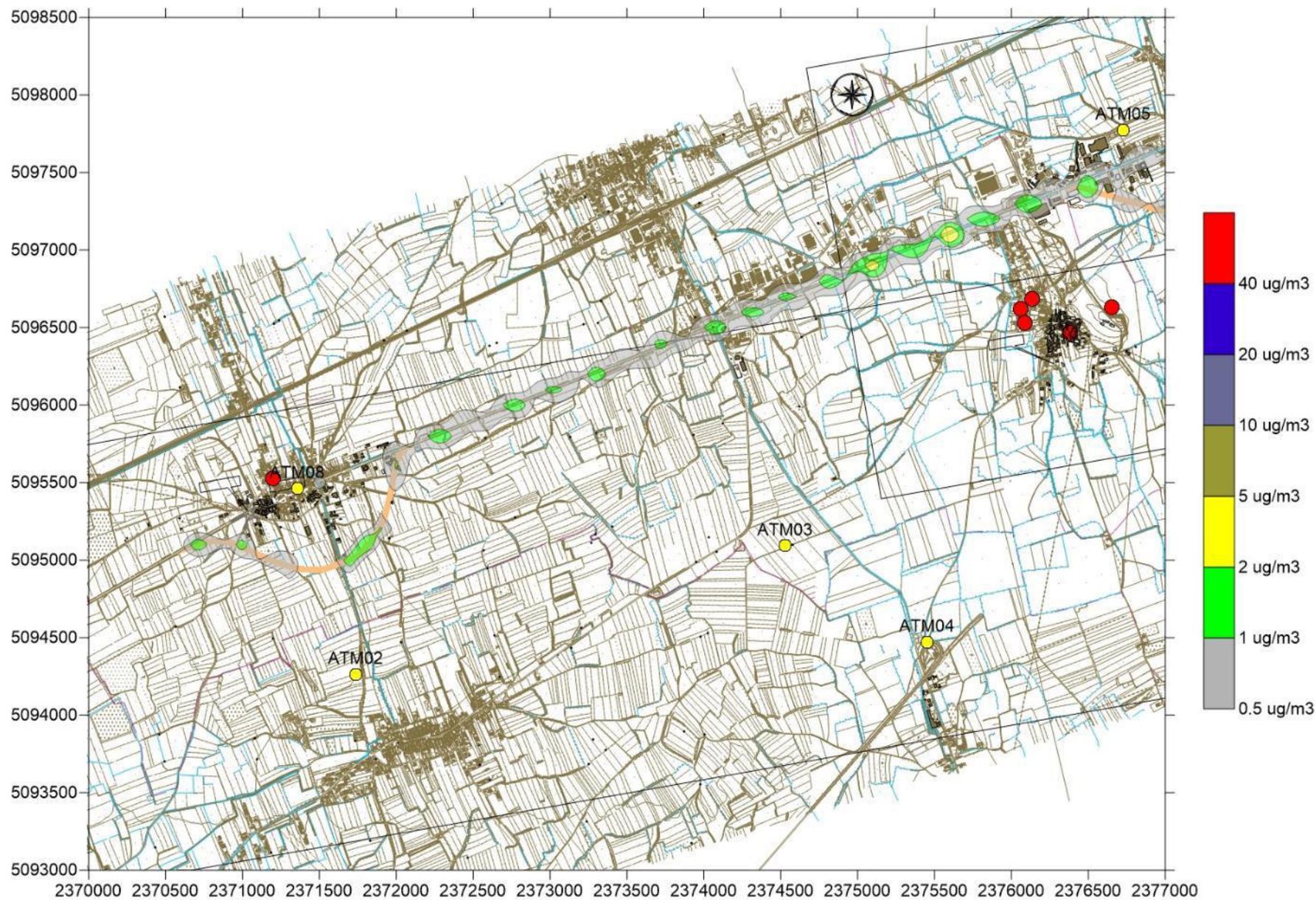


Figura Allegato 7 - Scenario Alternativa 1 - PM10 - media annua - sezione W

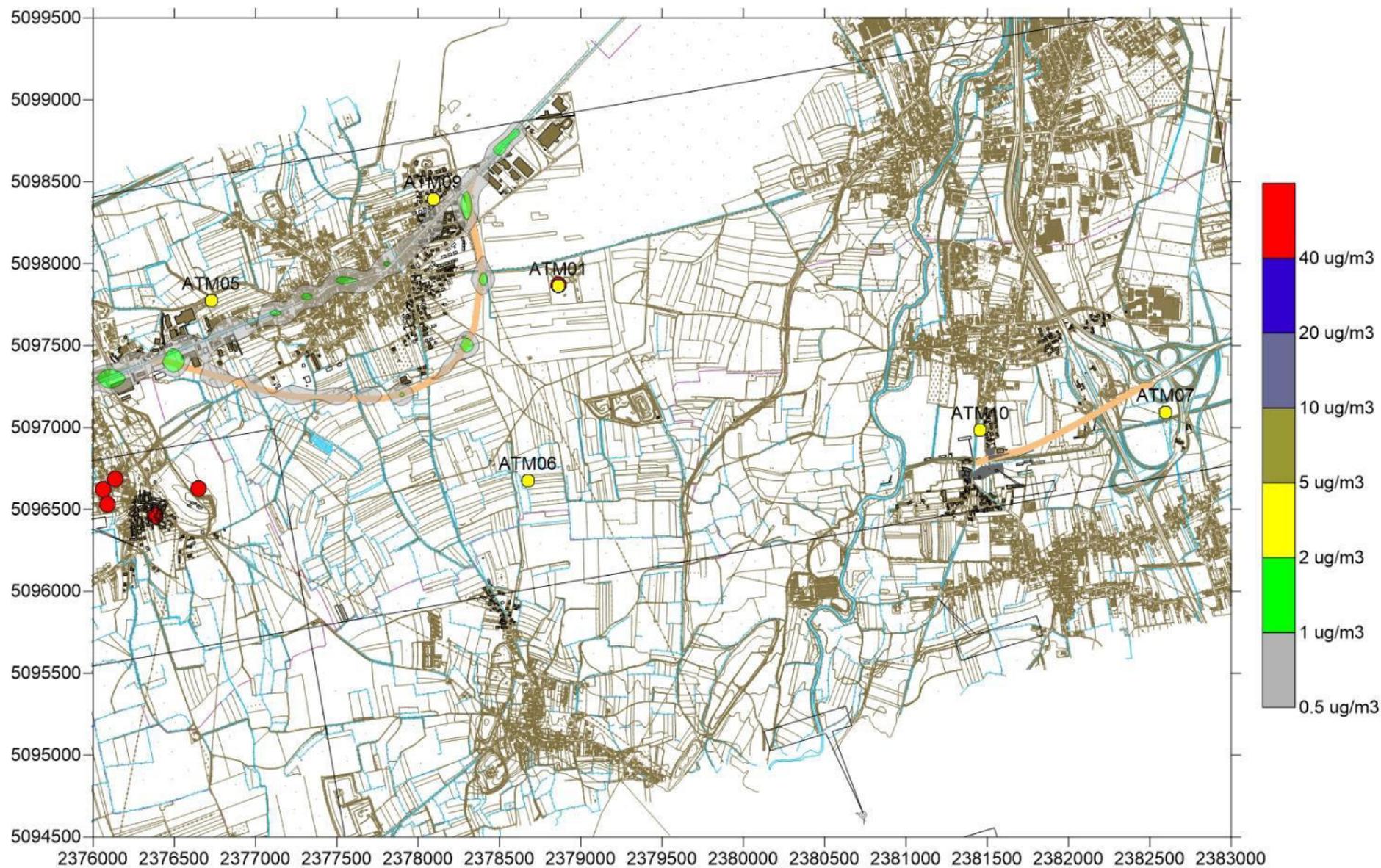


Figura Allegato 8 - Scenario Alternativa 1 - PM10 - media annua - sezione E

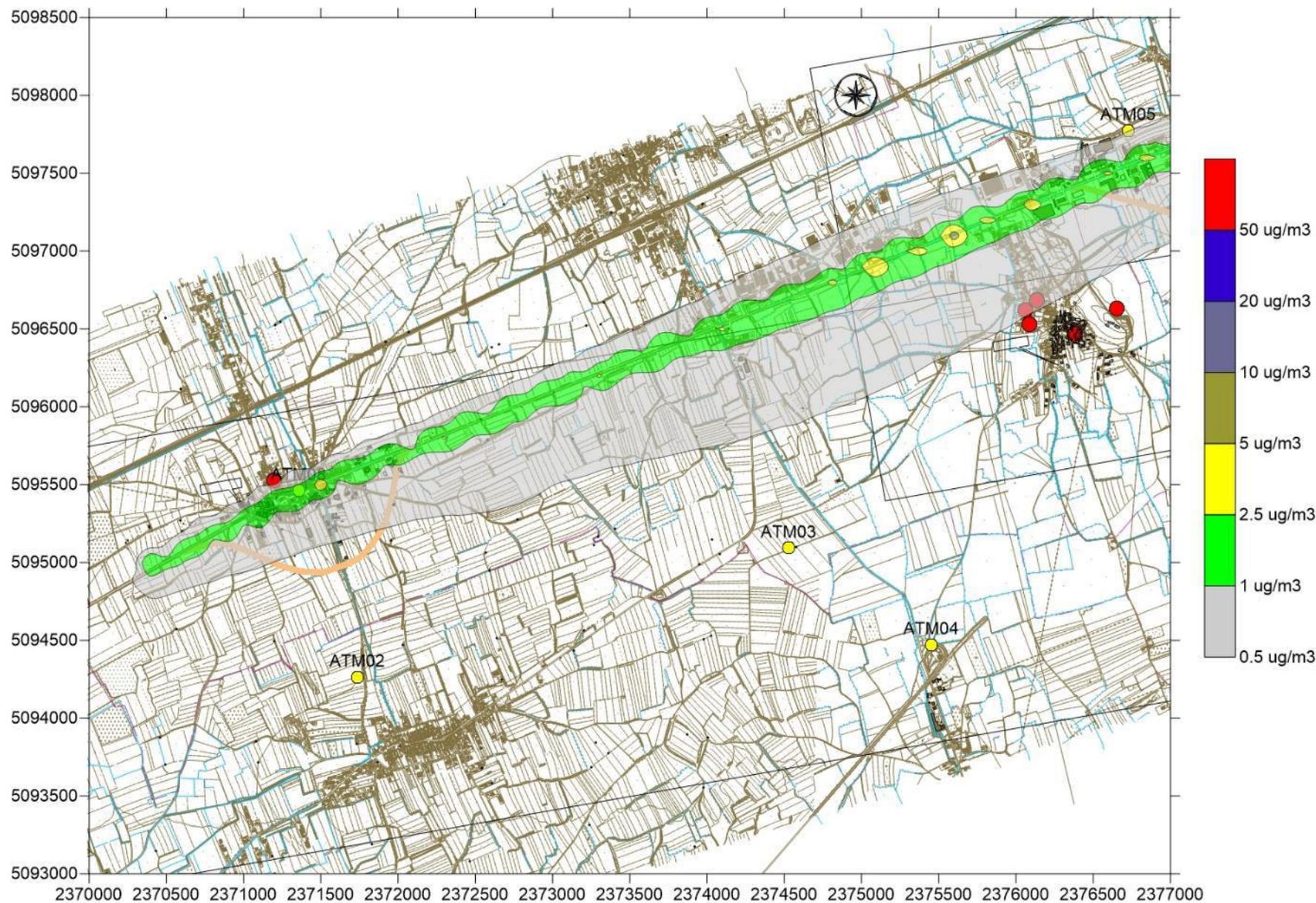


Figura Allegato 9 - Scenario "ante operam" - PM10 - 36°massimo media 24h - sezione W

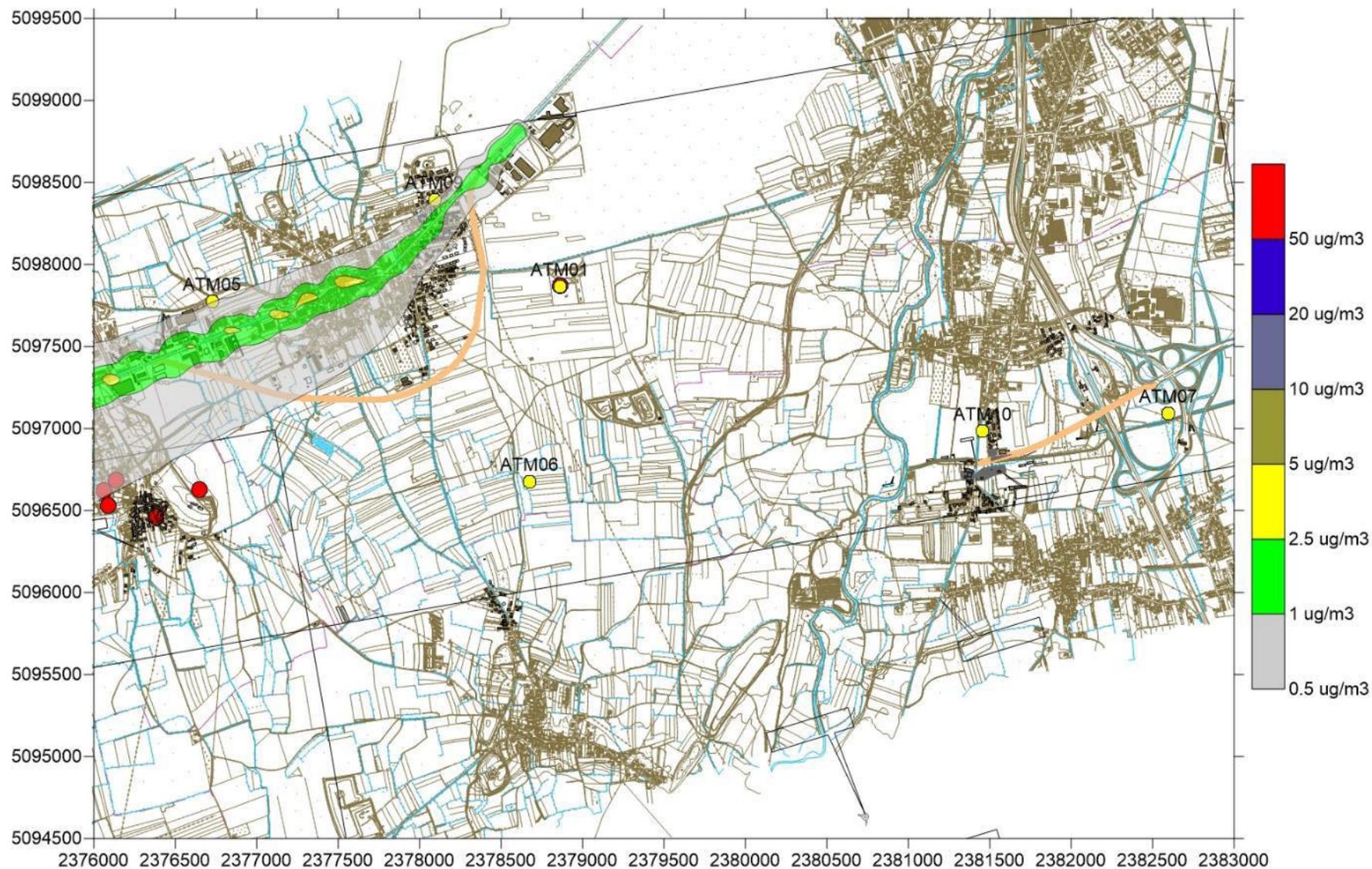


Figura Allegato 10 - Scenario "ante operam" - PM10 - 36° massimo media 24h - sezione E

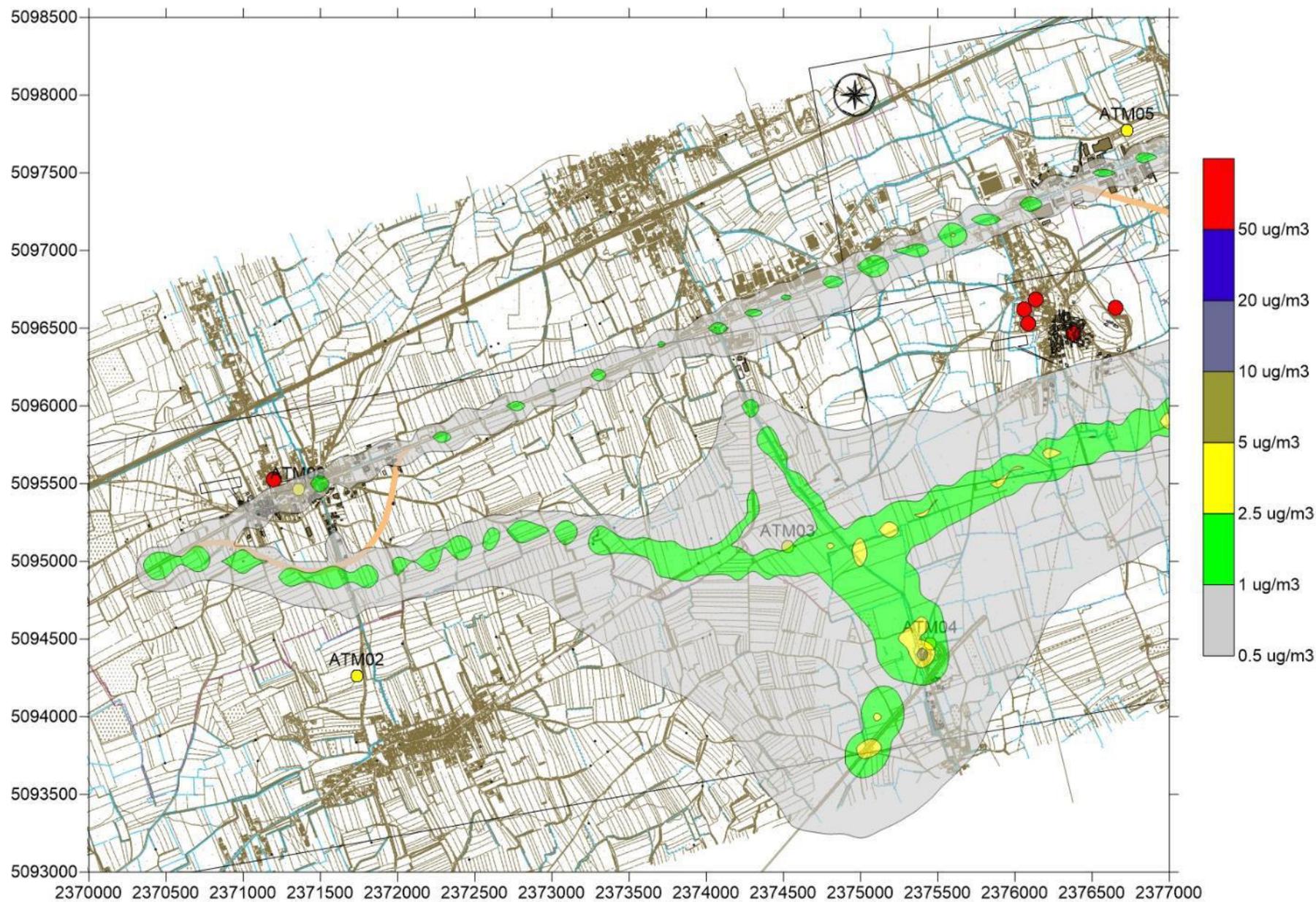


Figura Allegato 11 Scenario "post operam" - PM10 - 36° massimo media 24h - sezione W

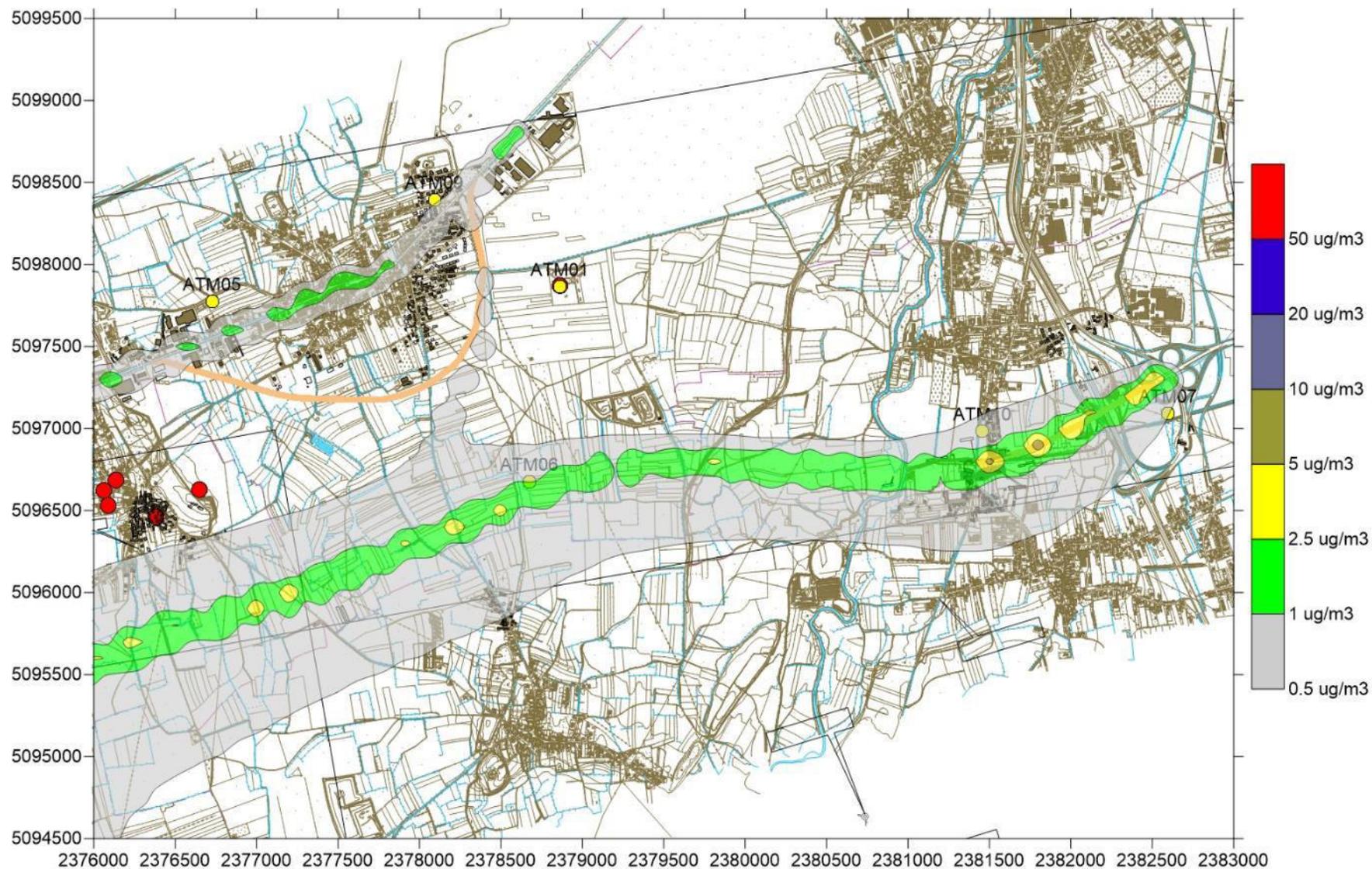


Figura Allegato 12 Scenario "post operam" - PM10 - 36°massimo media 24h - sezione E

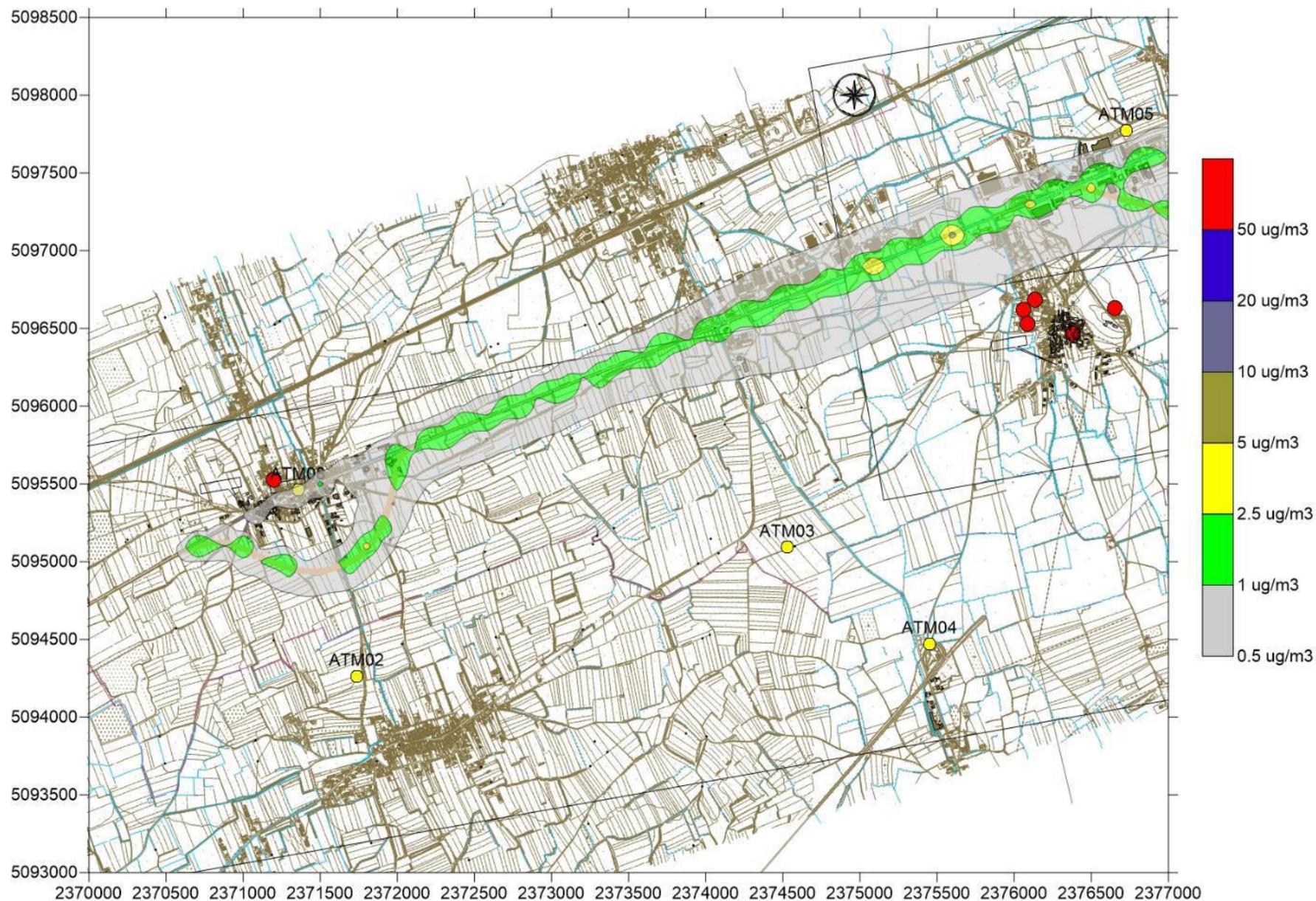


Figura Allegato 13 - Scenario Alternativa 1 - PM10 - 36° massimo media 24h - sezione W

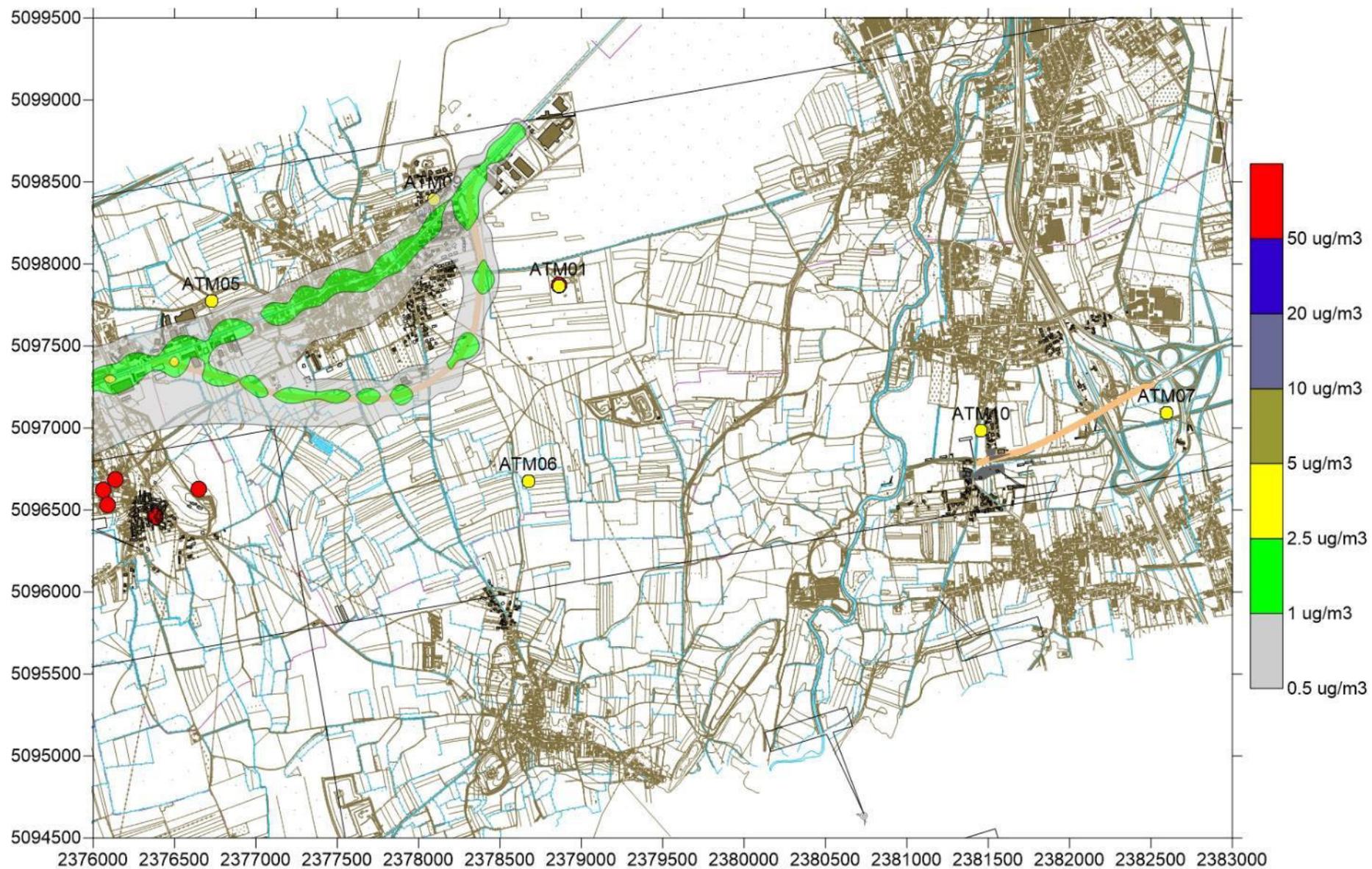


Figura Allegato 14 - Scenario Alternativa 1 - PM10 - 36°massimo media 24h - sezione E

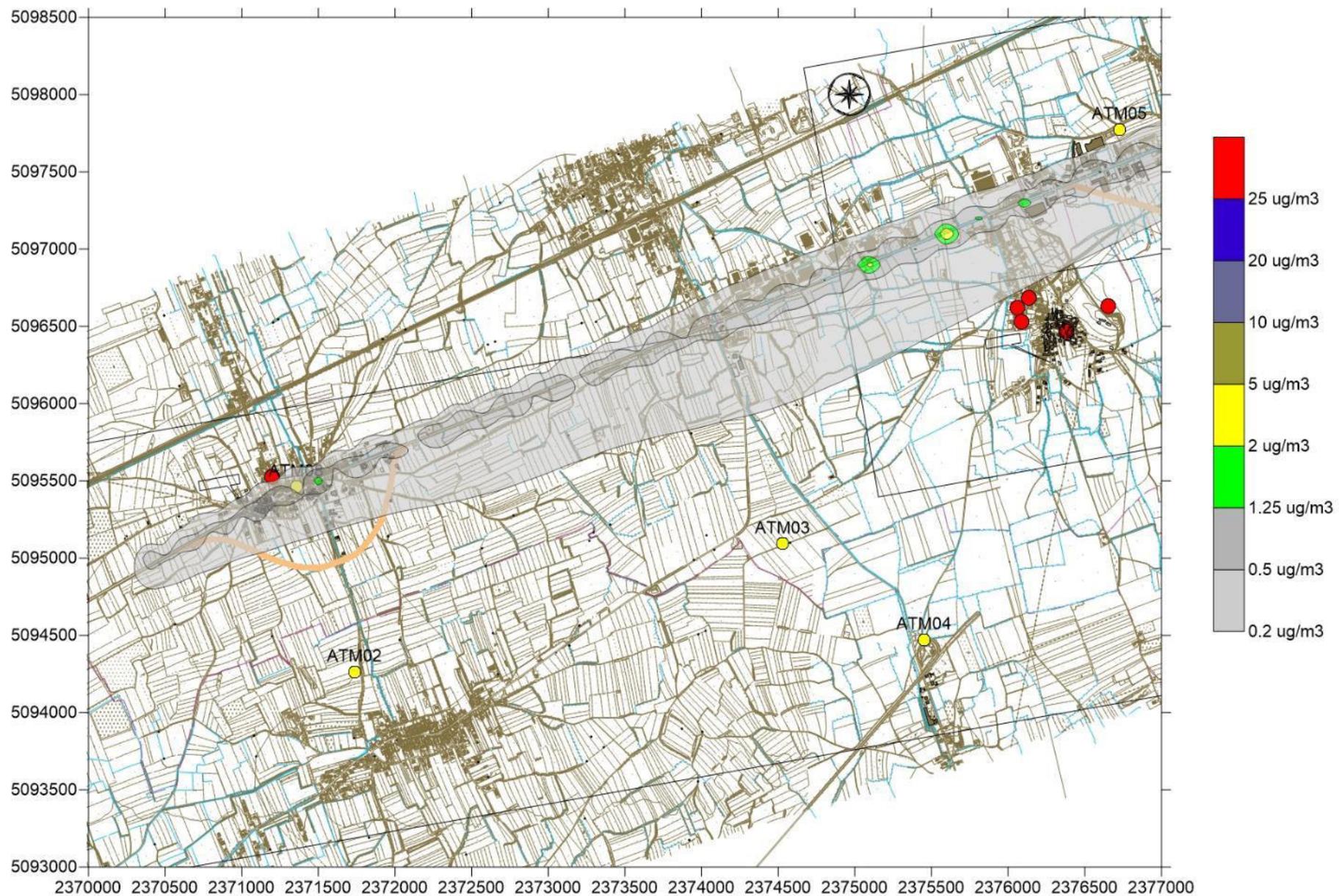


Figura Allegato 15 - Scenario ante operam – PM2.5 - media annua - sezione W

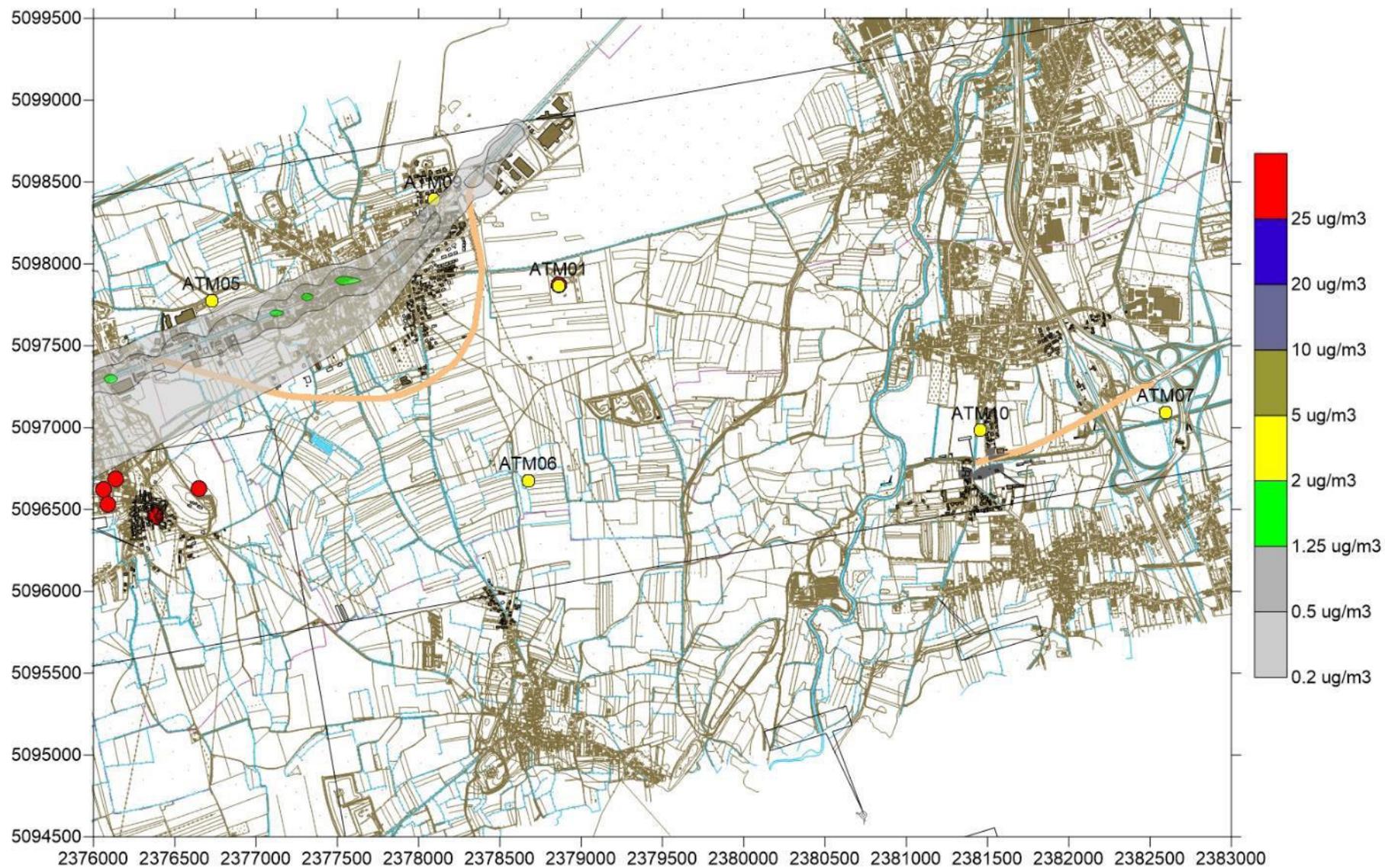


Figura Allegato 16 - - Scenario ante operam – PM2.5 - media annua - sezione E

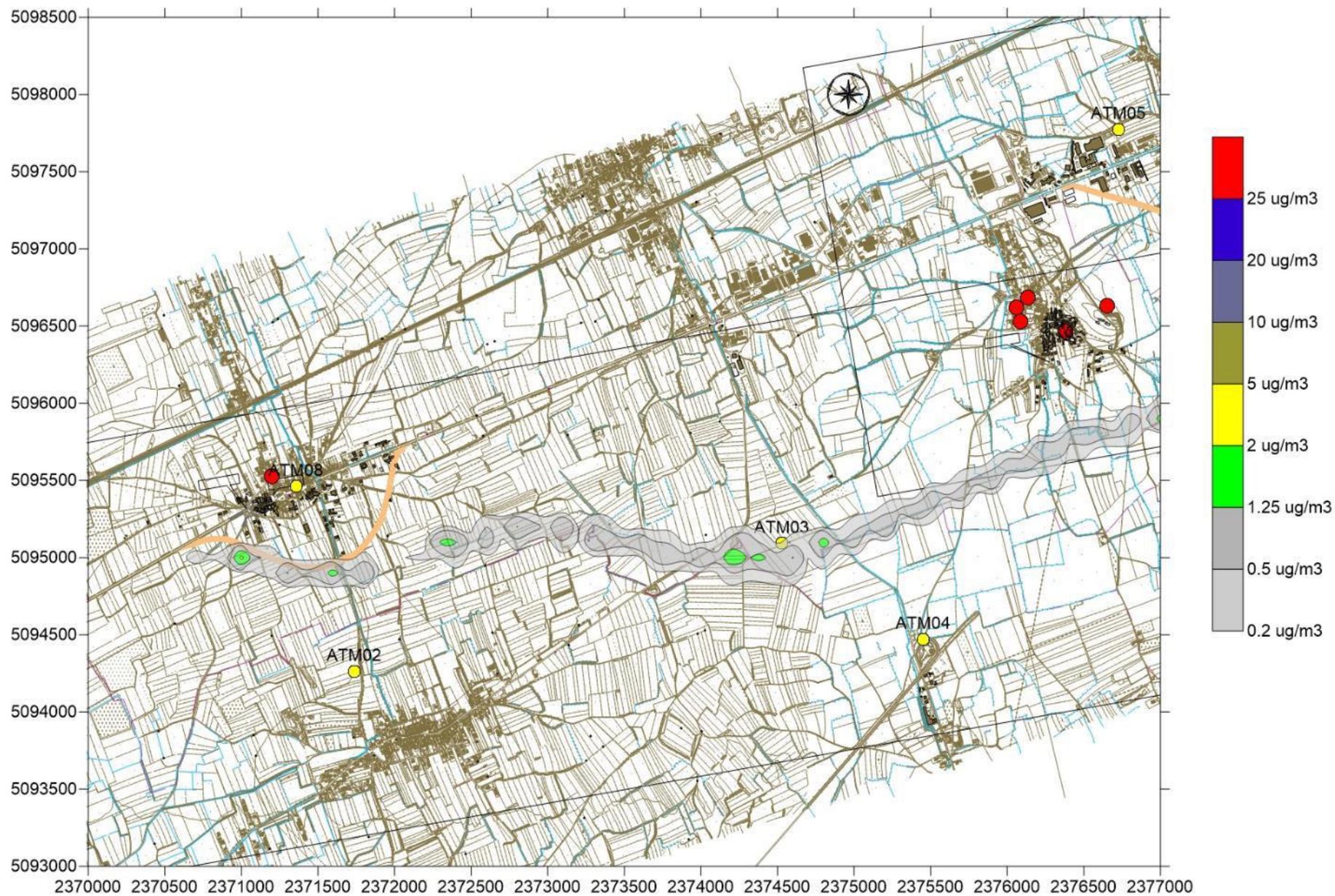


Figura Allegato 17 - Scenario cantiere settimana 59 – PM2.5 - media annua - sezione W

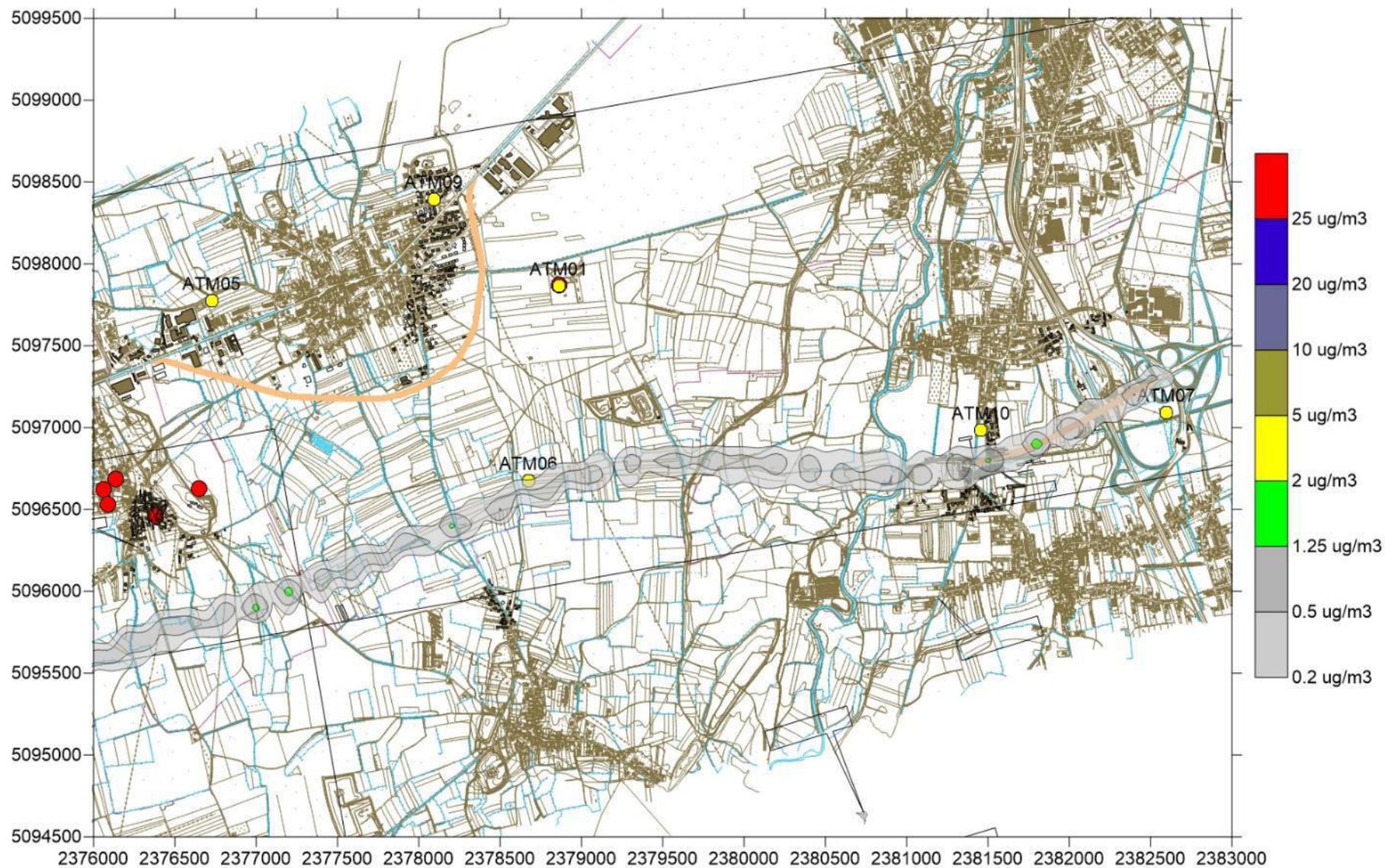


Figura Allegato 18 - Scenario cantiere settimana 59 – PM2.5 - media annua - sezione E

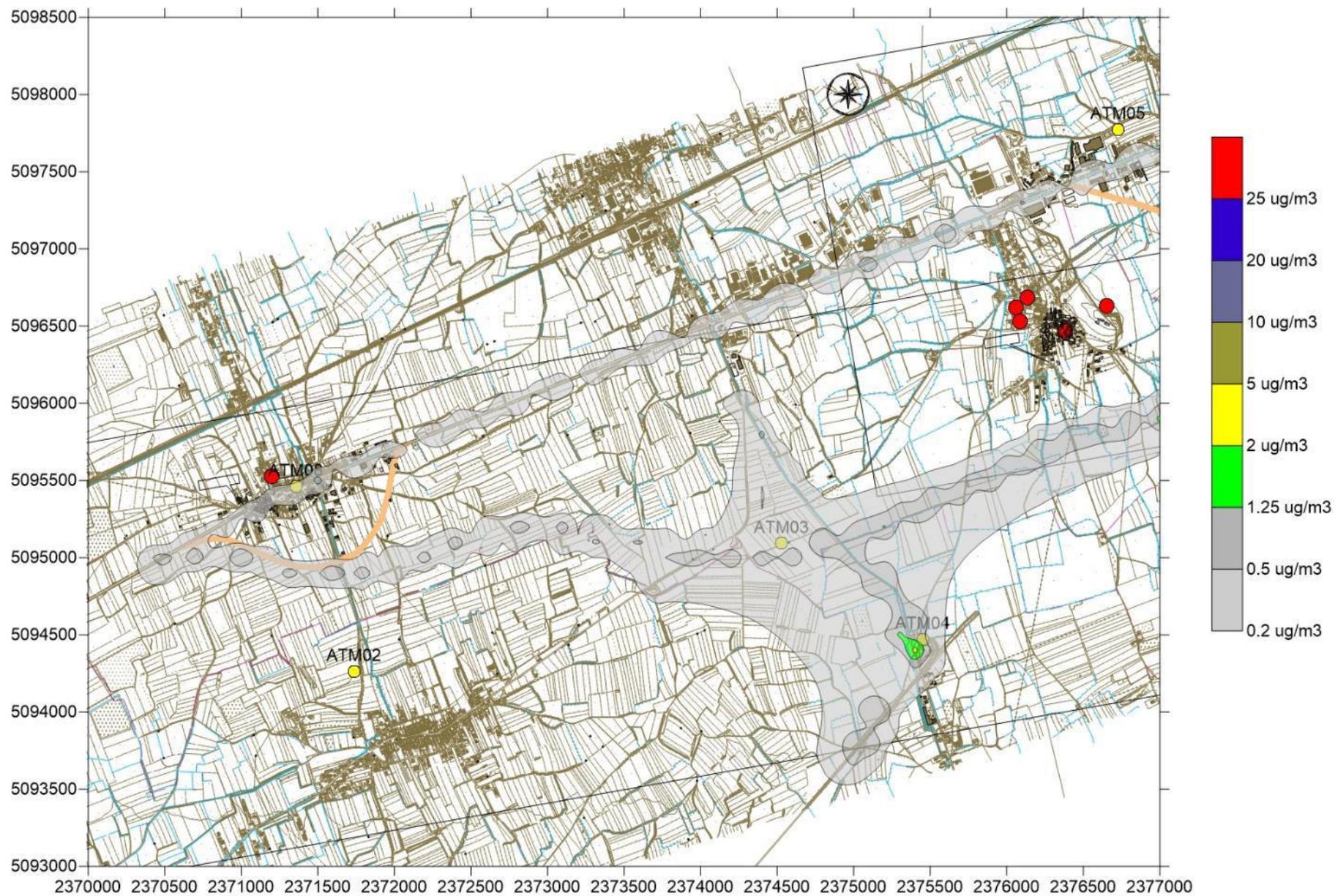


Figura Allegato 19 - Scenario "post operam" - PM2.5 - media annua - sezione W

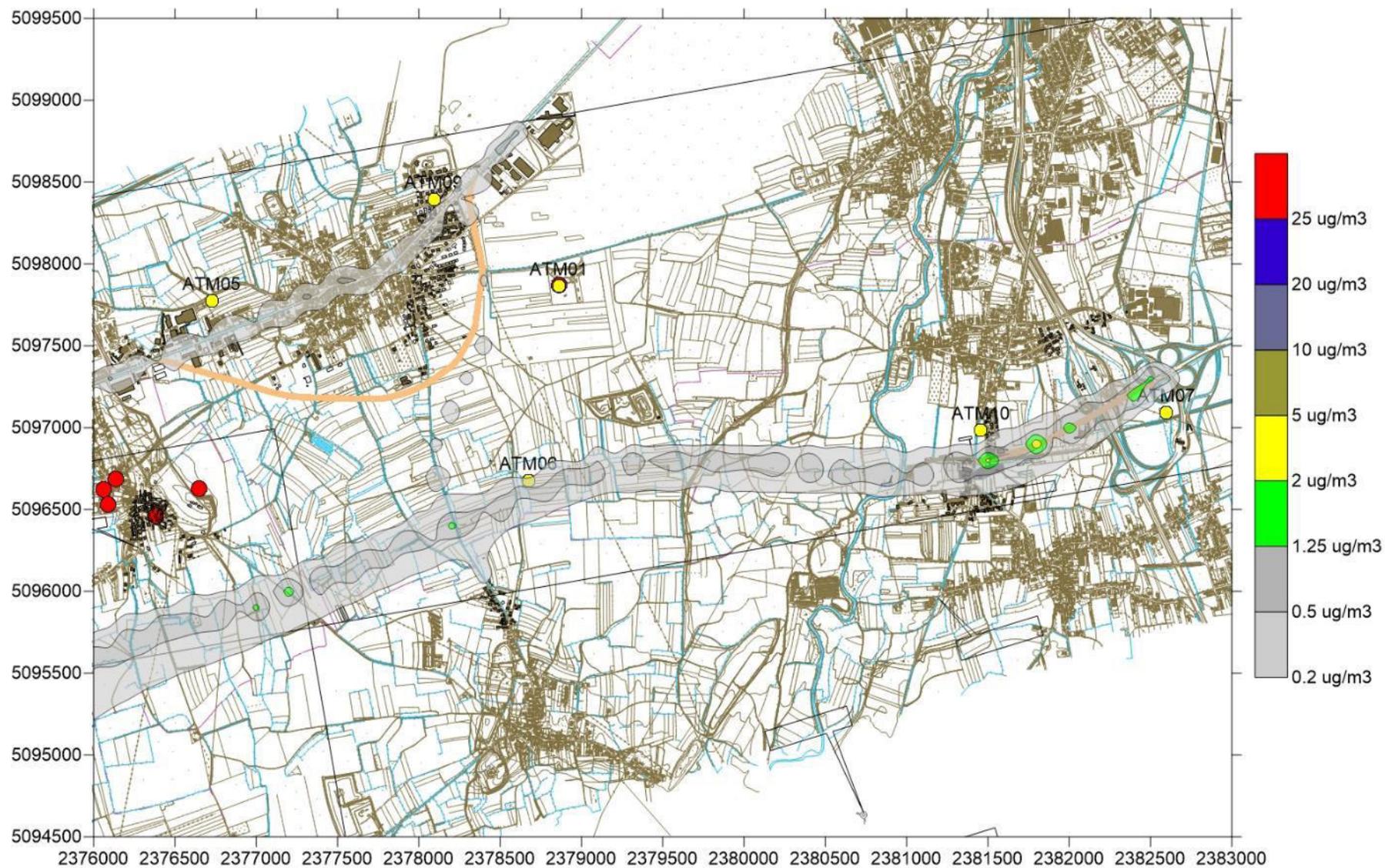


Figura Allegato 20 - Scenario "post operam" - PM2.5 - media annua - sezione E



Figura Allegato 21 - Scenario Alternativa 1 - PM2.5 - media annua - sezione W

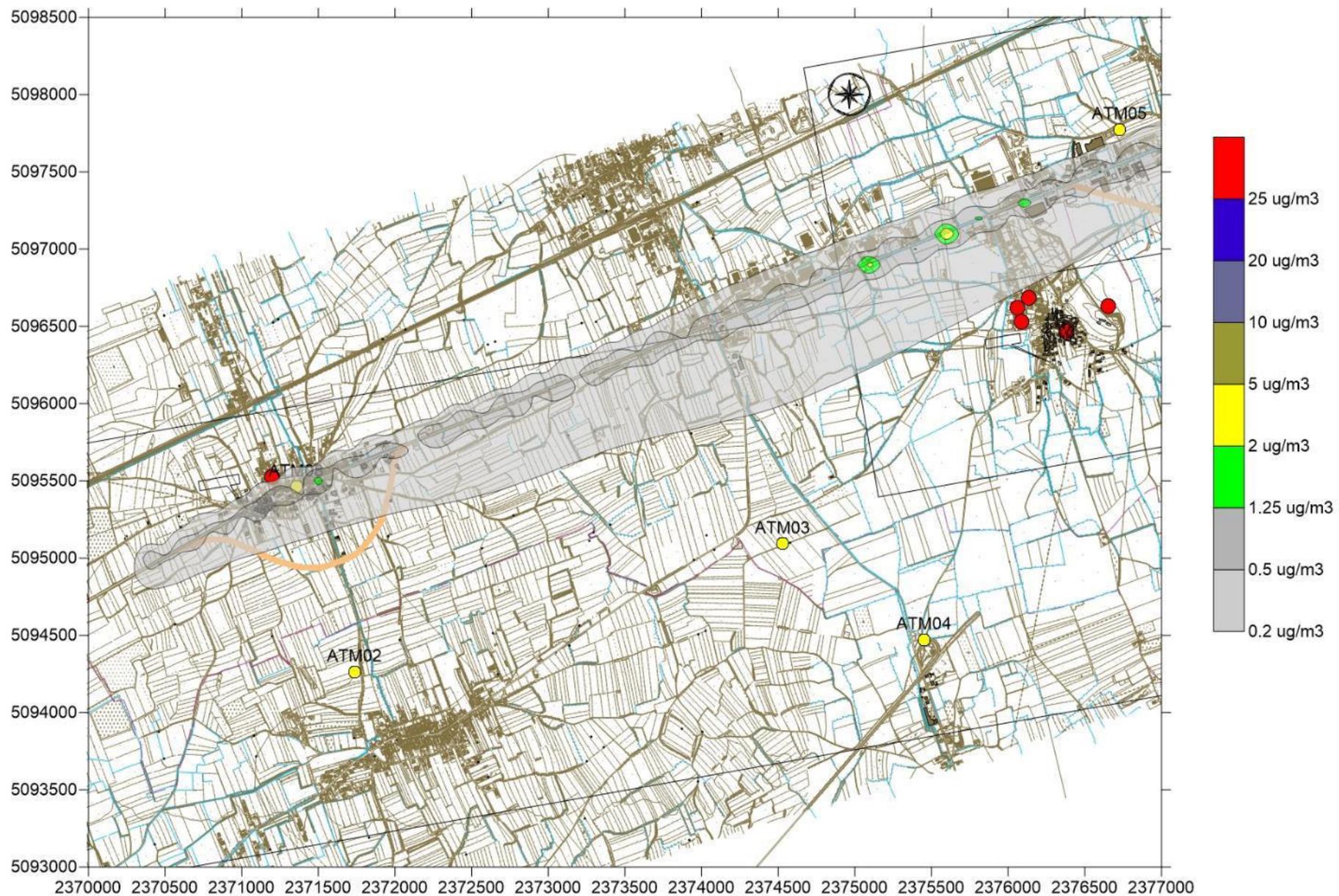


Figura Allegato 22 - Scenario ante operam – PM2.5 - media annua - sezione W

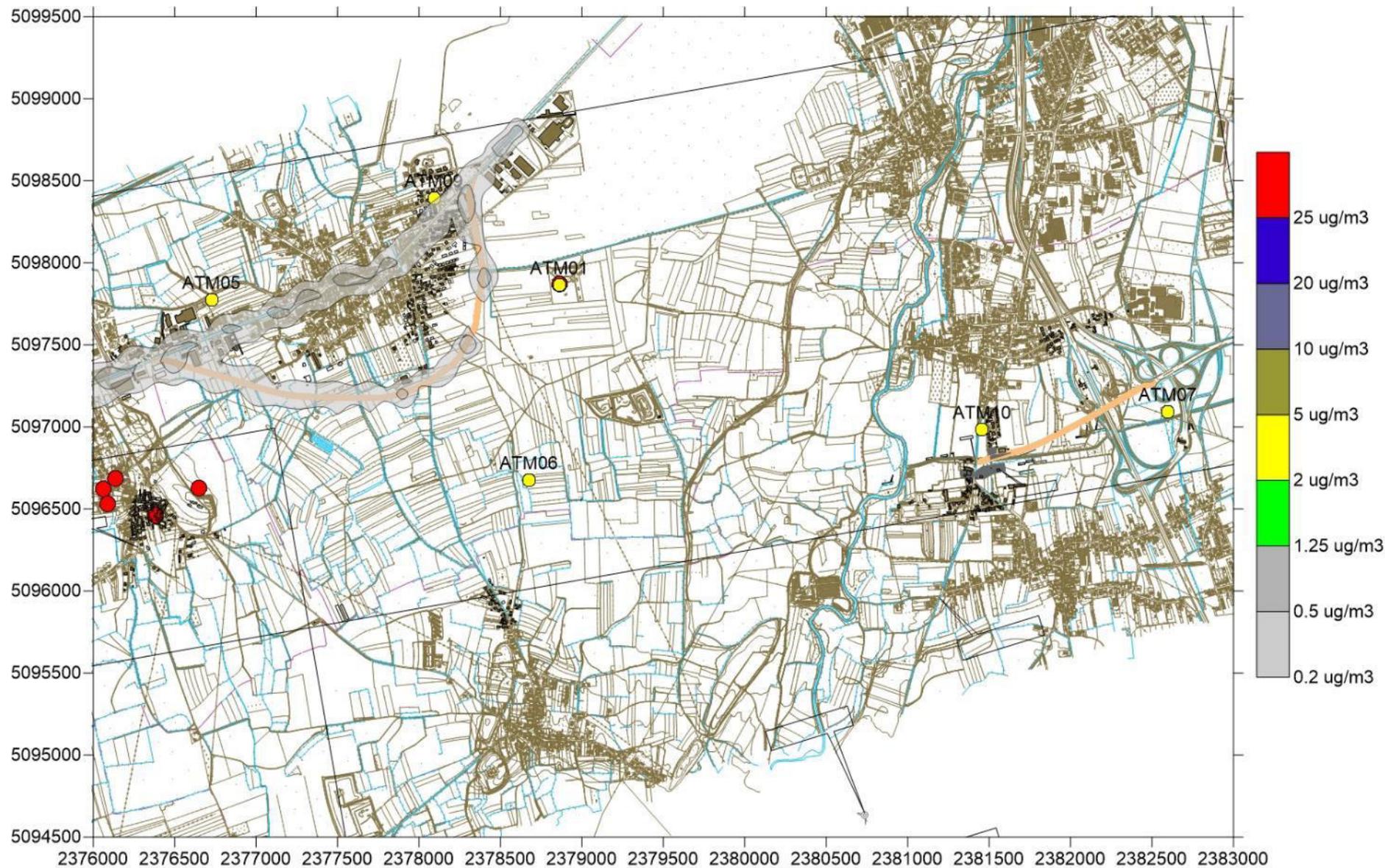


Figura Allegato 23 - Scenario Alternativa 1 – PM2.5 - media annua - sezione E

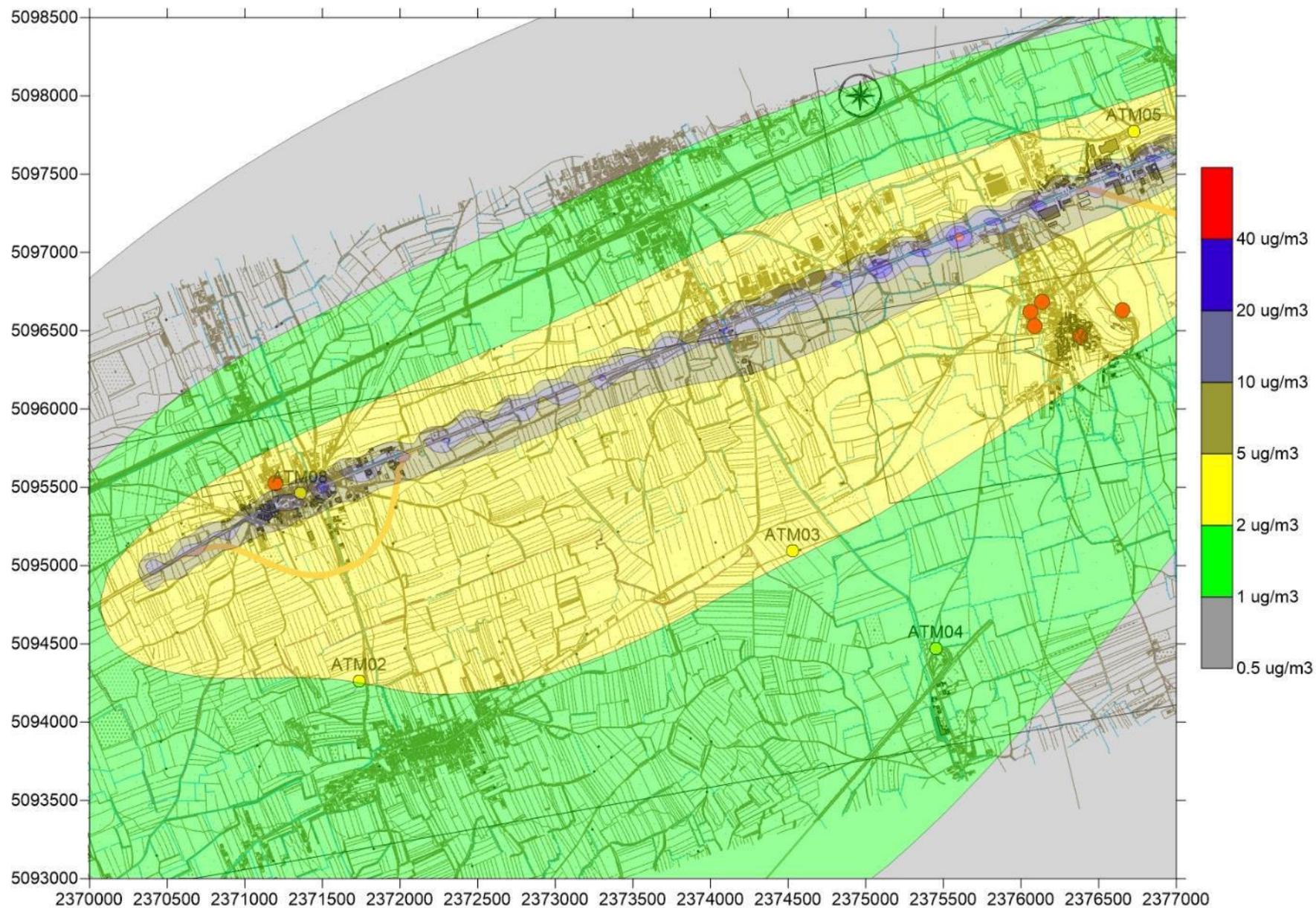


Figura Allegato 24 - Scenario ante operam - NO2 - media annua - sezione W

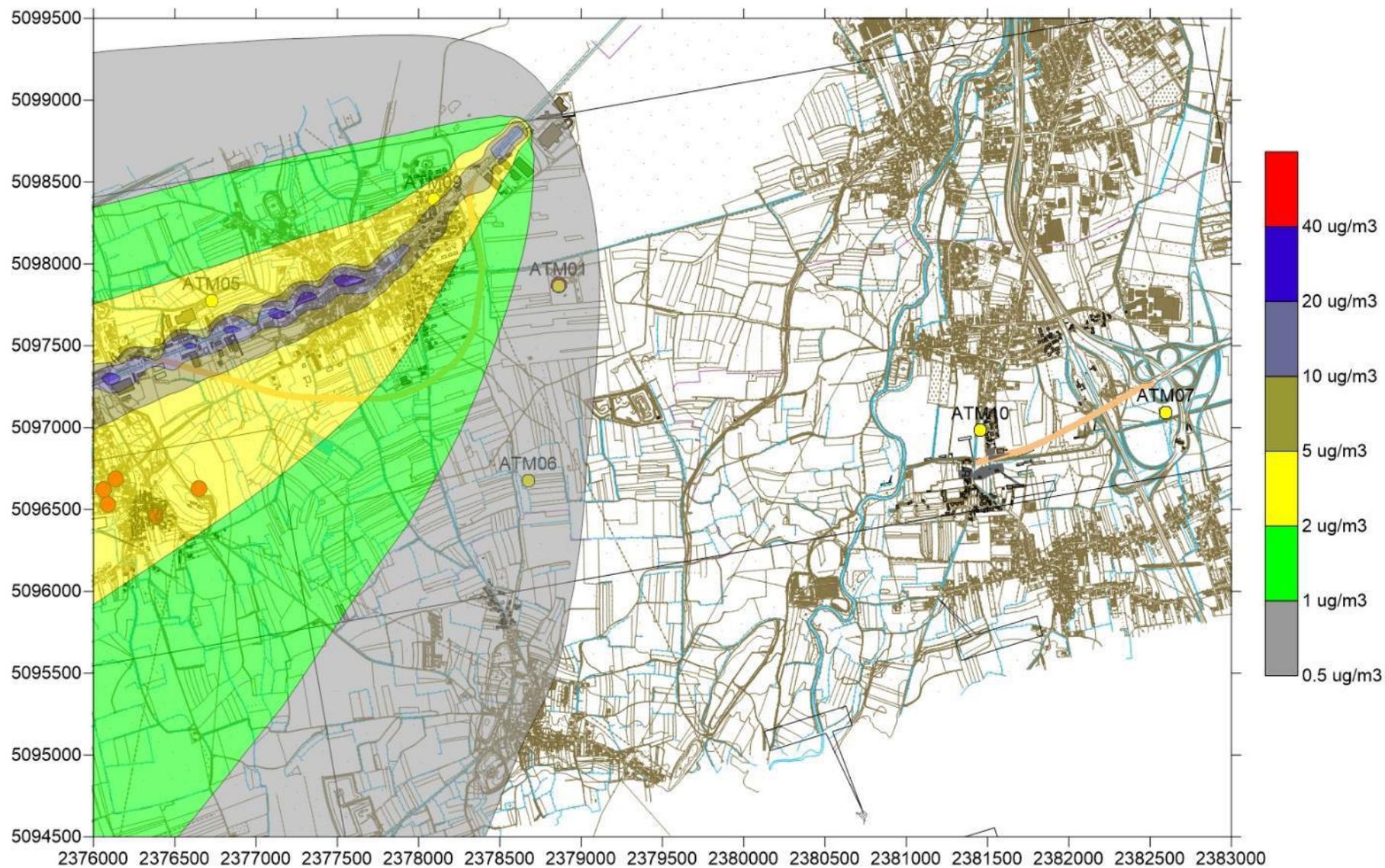


Figura Allegato 25 - - Scenario ante operam – NO2 - media annua - sezione E

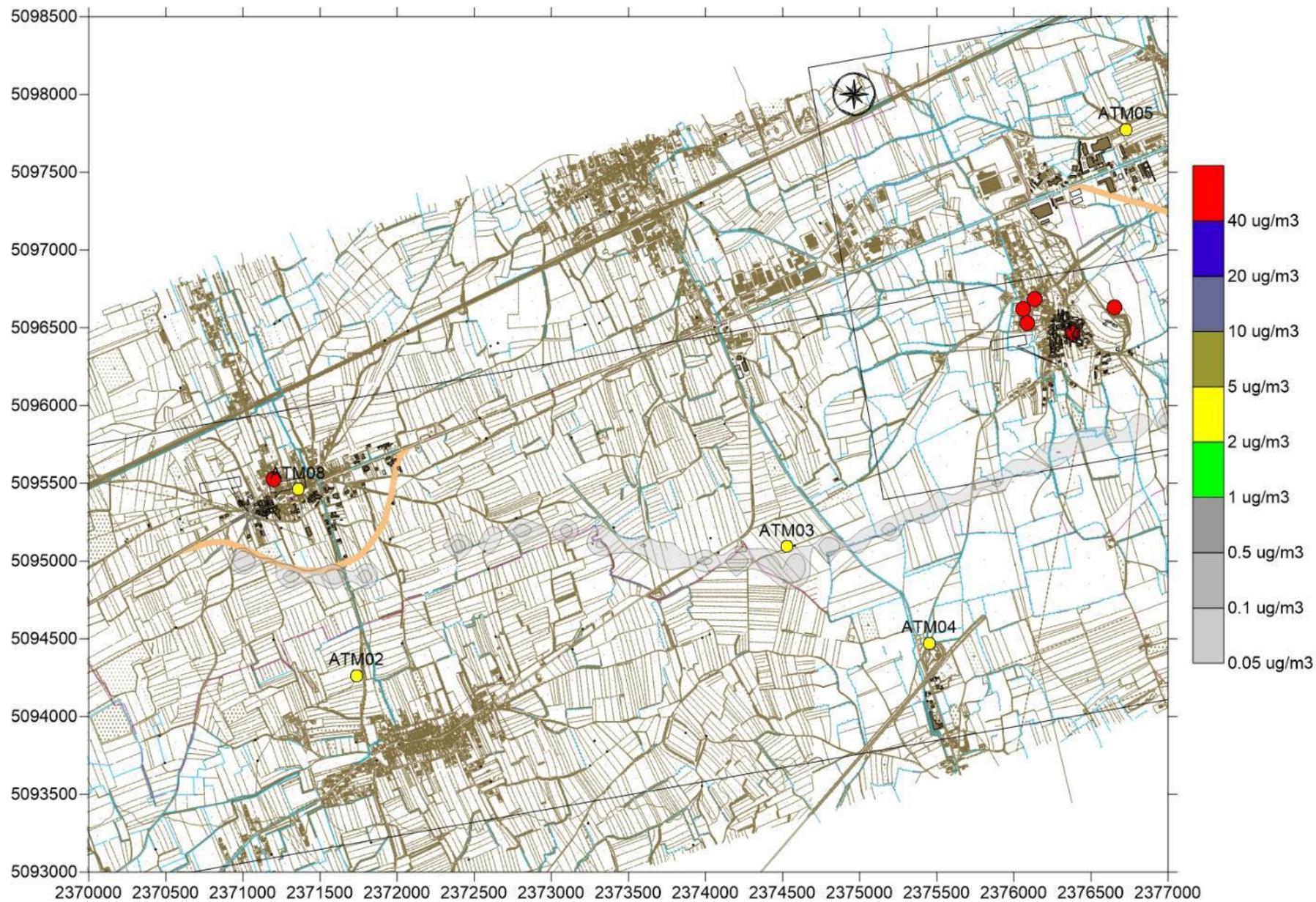


Figura Allegato 26 - Scenario cantiere settimana 59 – NO2 - media annua - sezione W

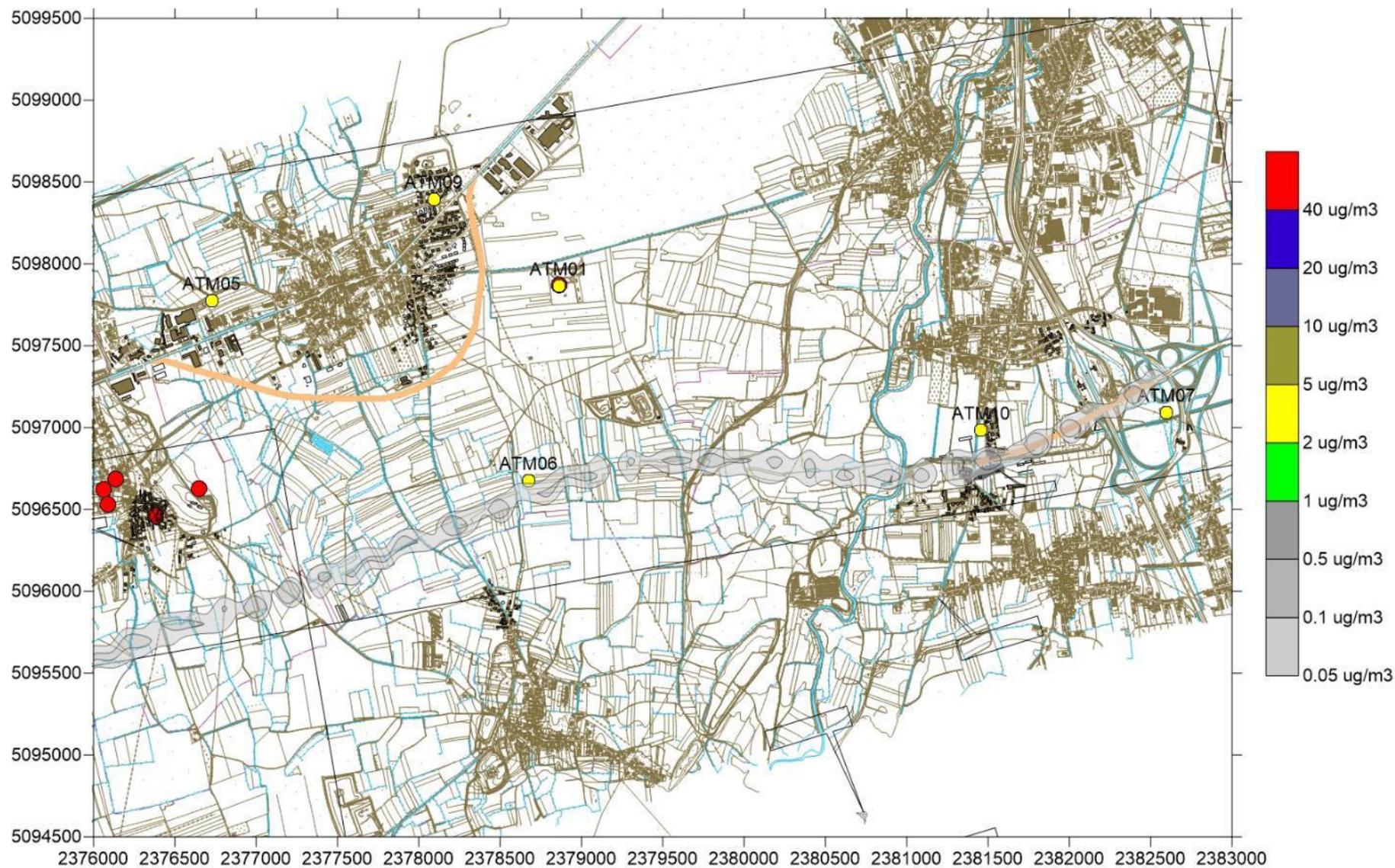


Figura Allegato 27 - Scenario cantiere settimana 59 - NO2 - media annua - sezione E

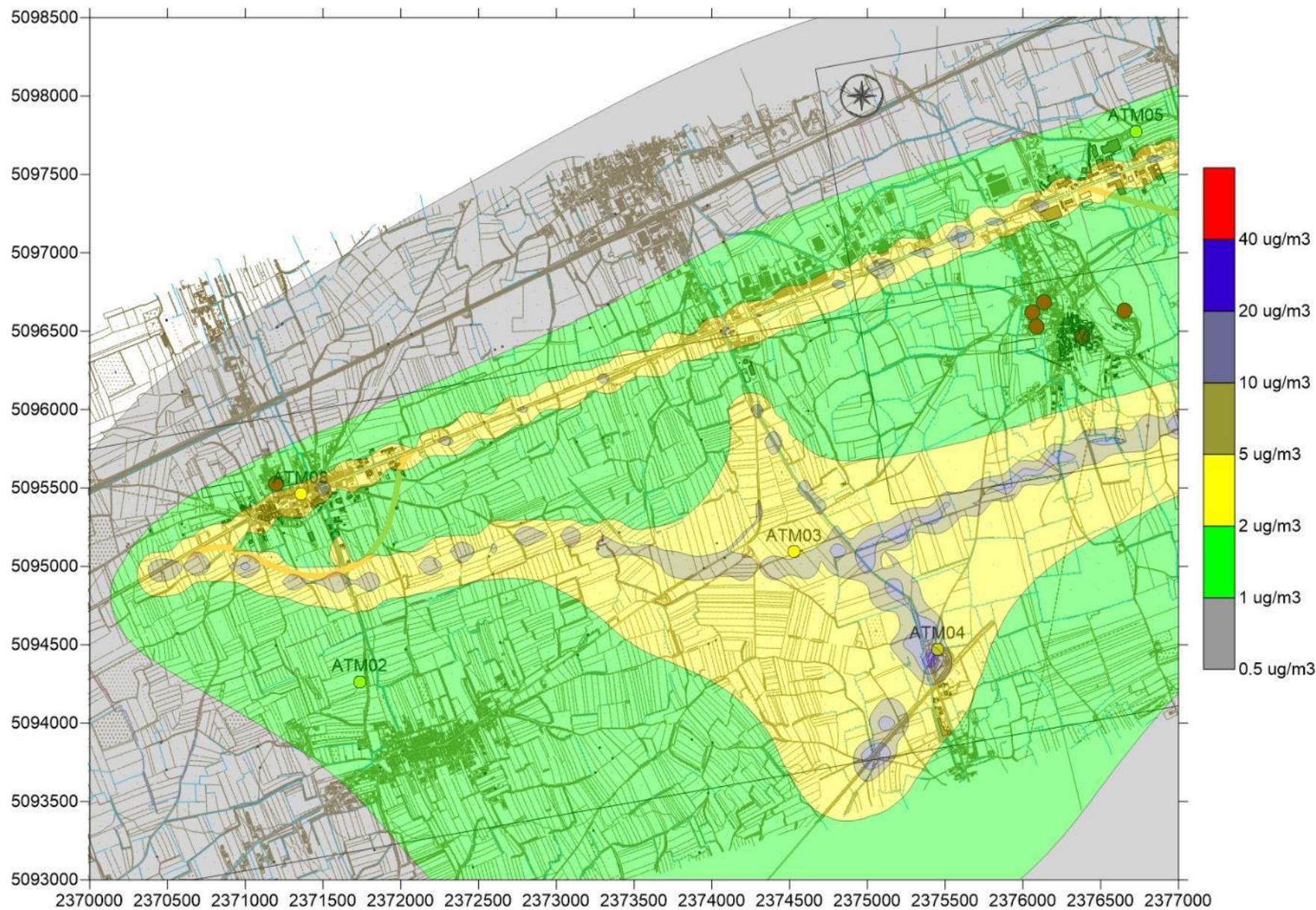


Figura Allegato 28 - Scenario "post operam" – NO2 - media annua - sezione W

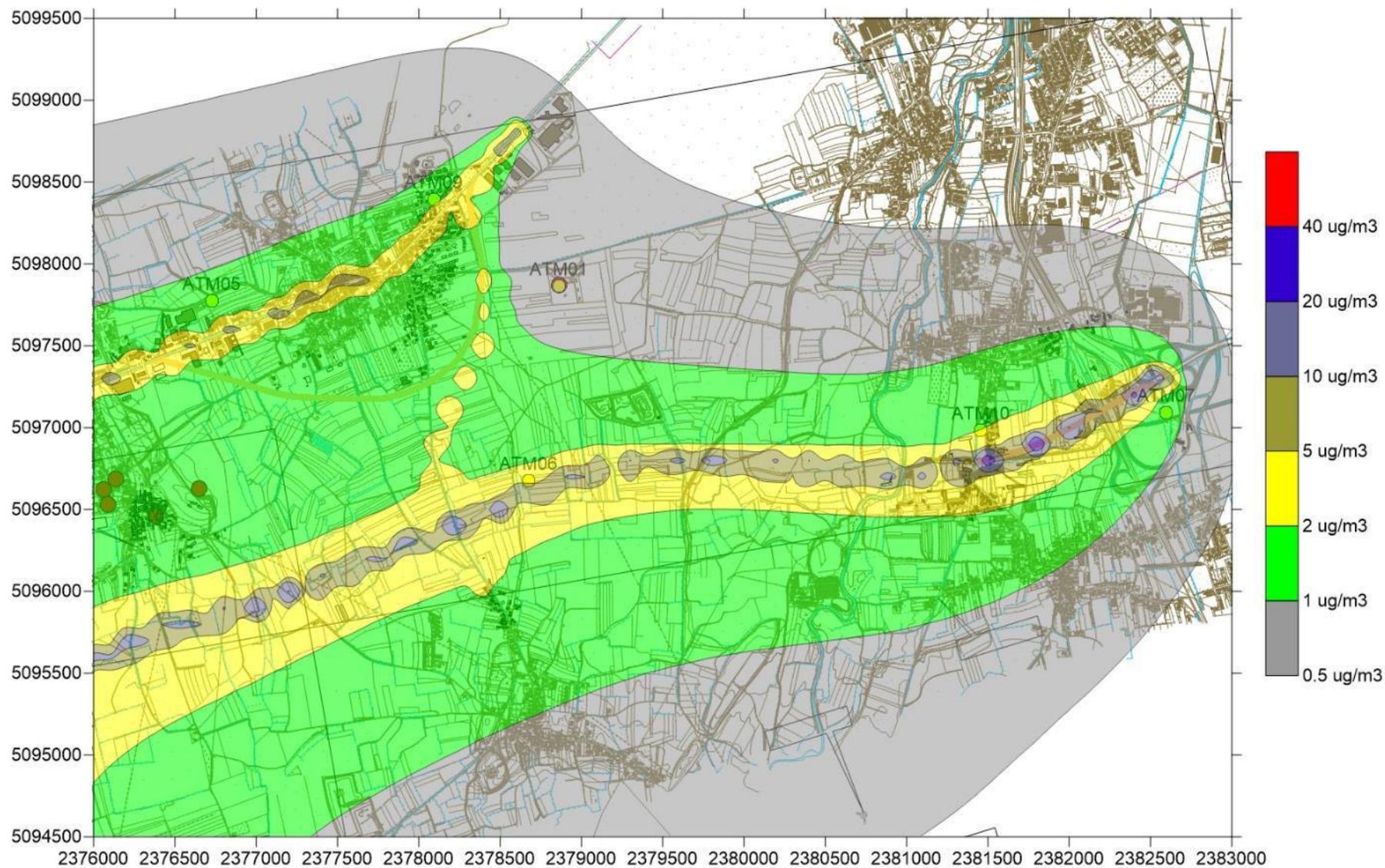


Figura Allegato 29 - Scenario "post operam" – NO2 - media annua - sezione E

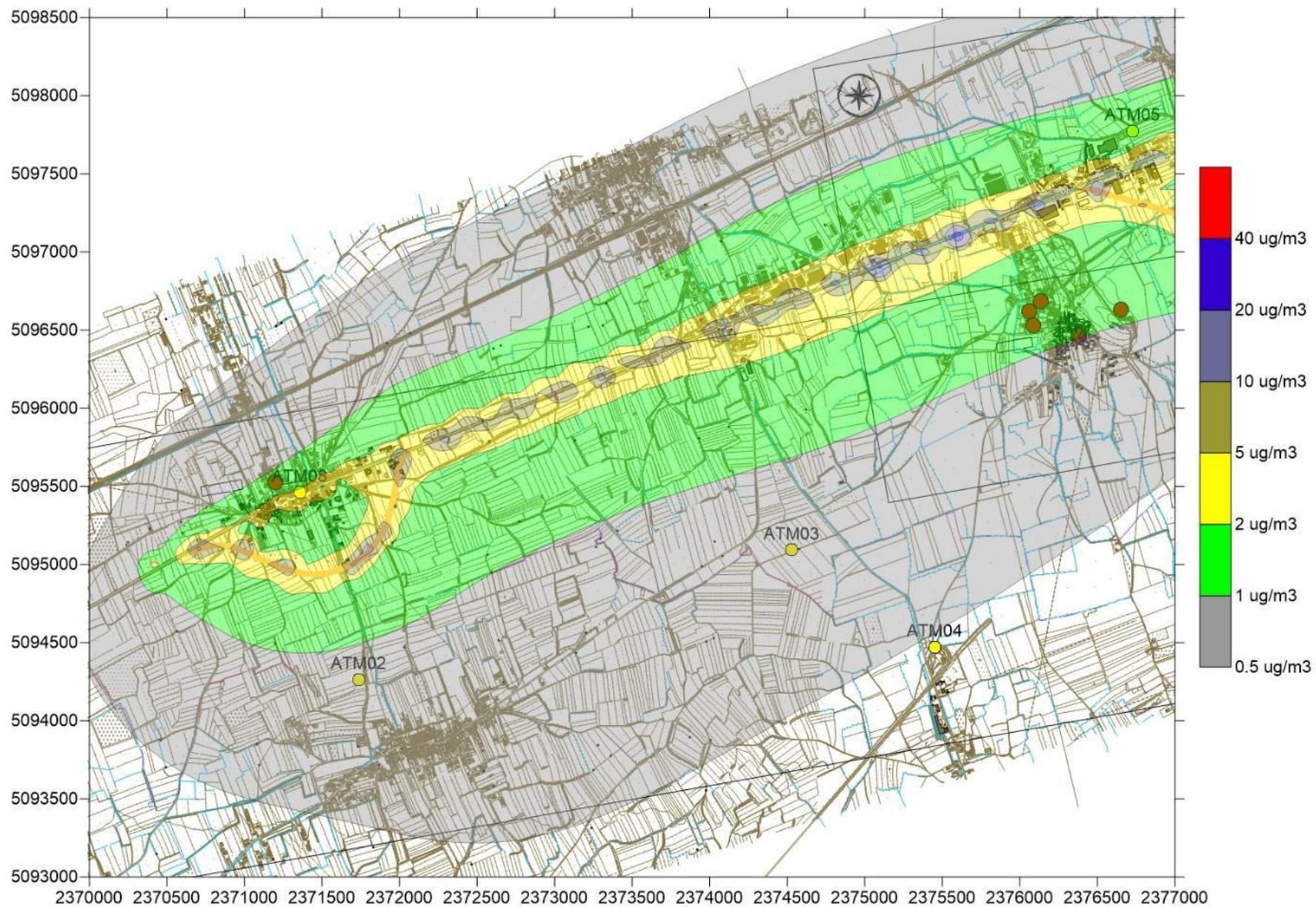


Figura Allegato 30 - Scenario Alternativa 1 - NO2 - media annua - sezione W

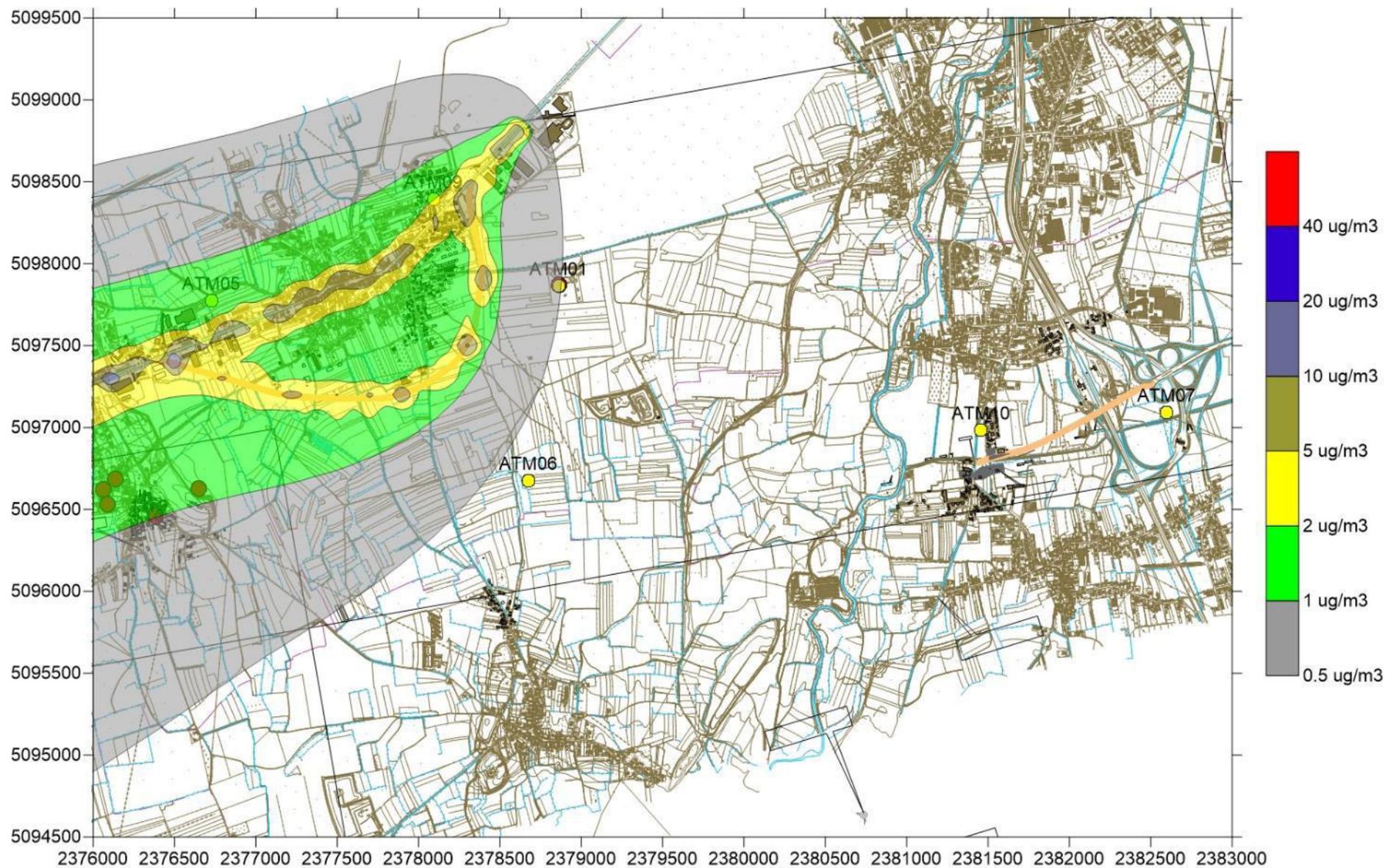


Figura Allegato 31 - Scenario Alternativa 1 – NO2 - media annua - sezione E

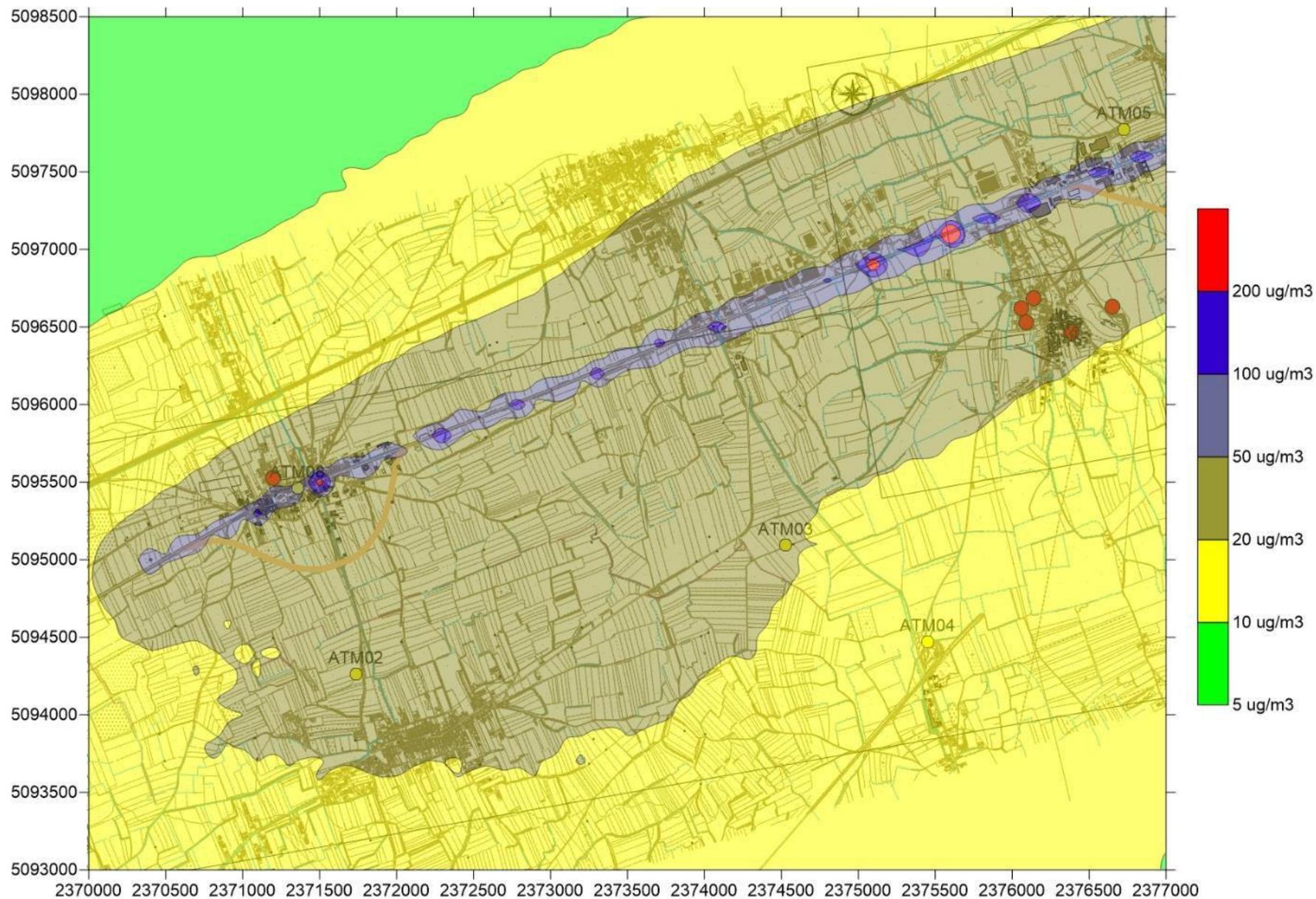


Figura Allegato 32 - Scenario "ante operam" - NO2 - 36° massimo media 24h - sezione W

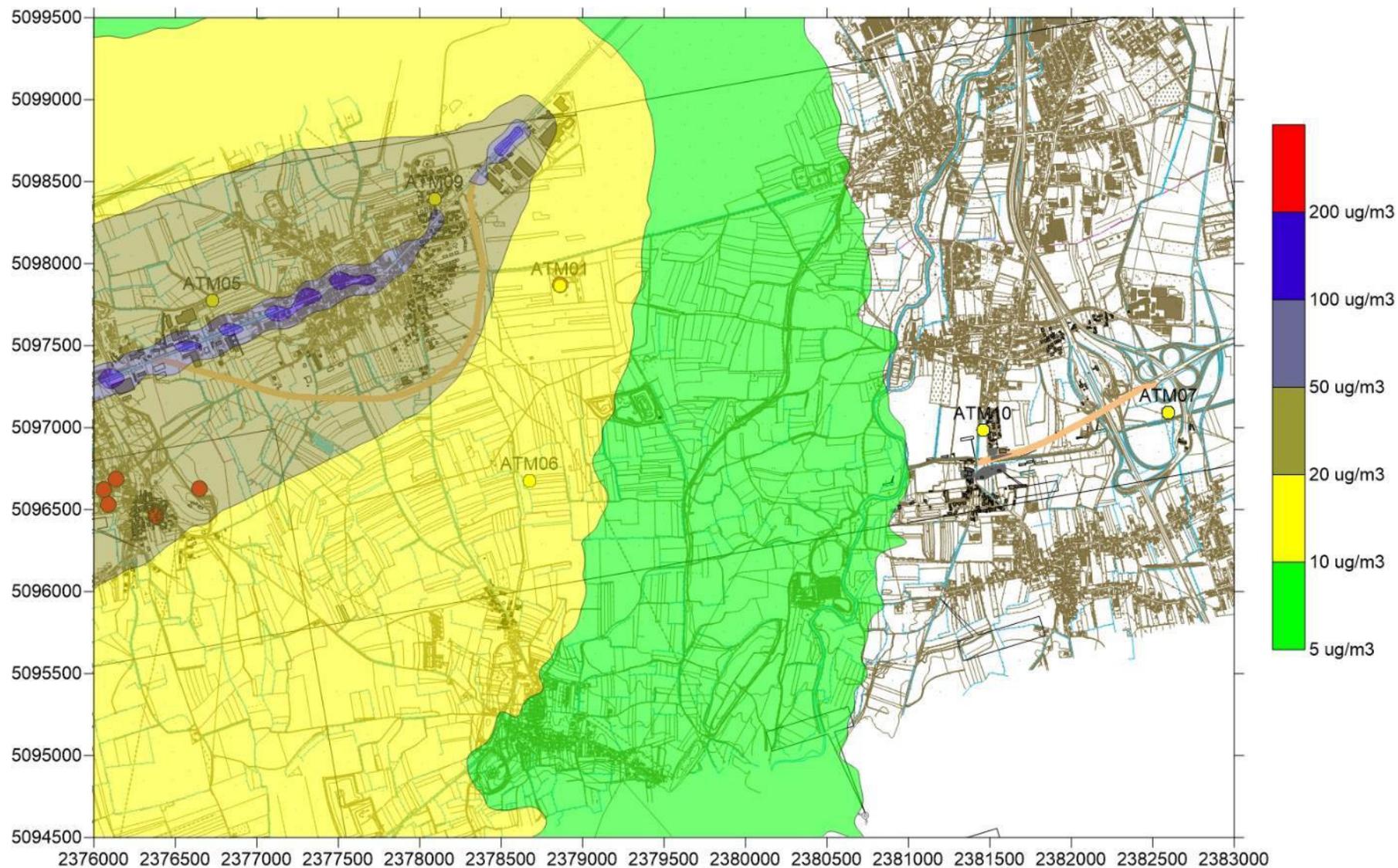


Figura Allegato 33 - Scenario "ante operam" – NO2 - 36° massimo media 24h - sezione E

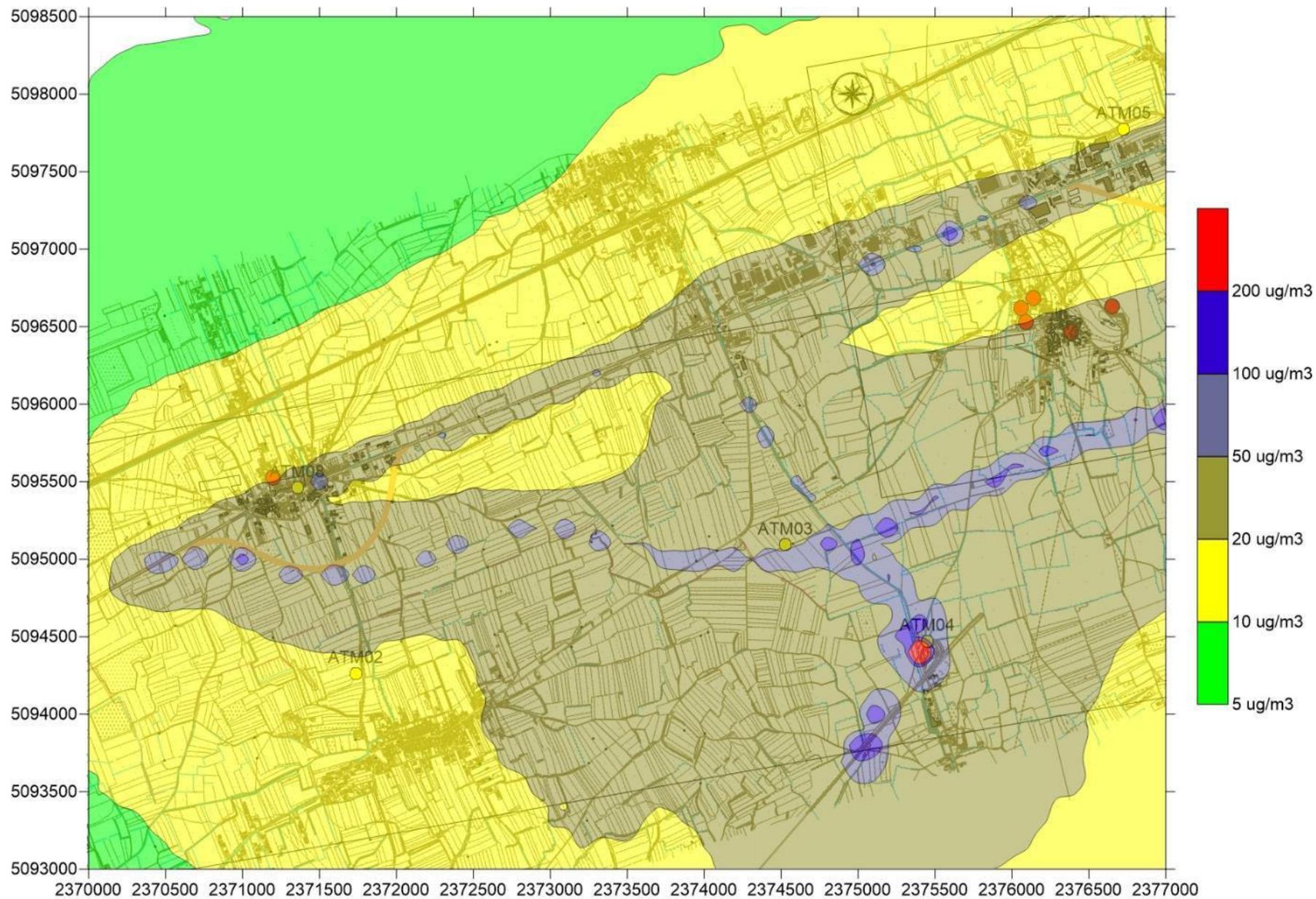


Figura Allegato 34 Scenario "post operam" – NO2 - 36° massimo media 24h - sezione W

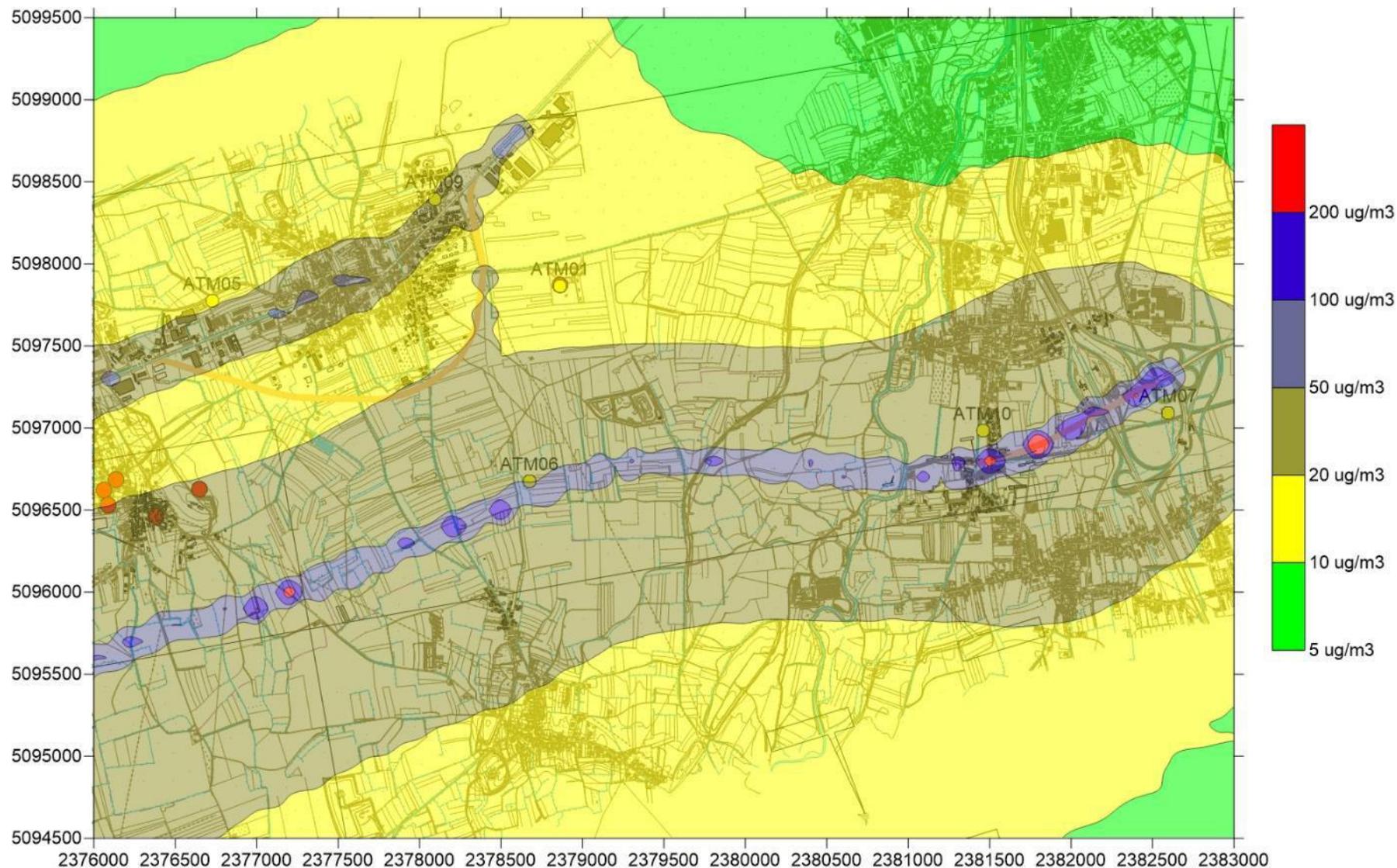


Figura Allegato 35 Scenario "post operam" – NO2 - 36°massimo media 24h - sezione E

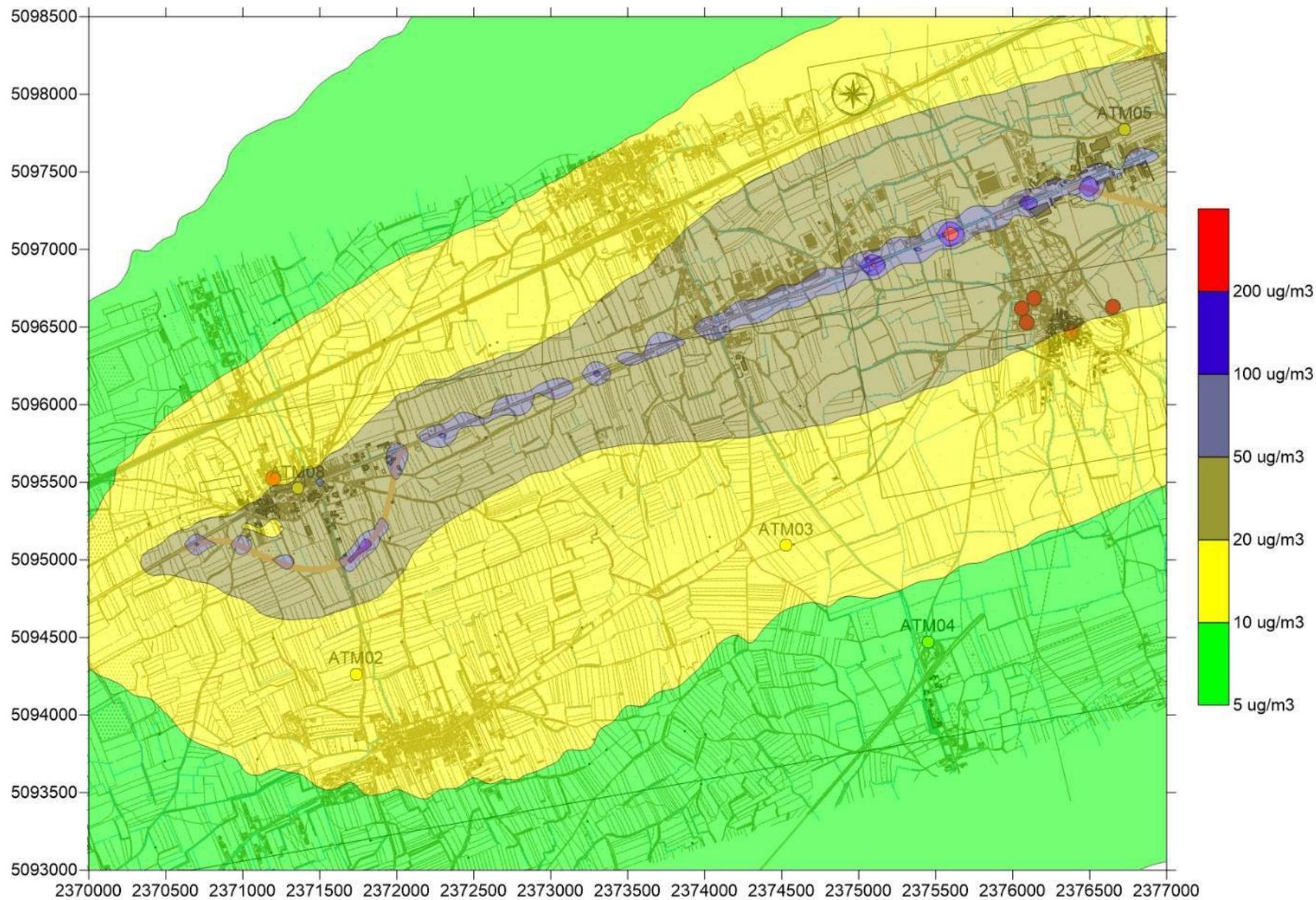


Figura Allegato 36 - Scenario Alternativa 1 – NO2 - 36°massimo media 24h - sezione W

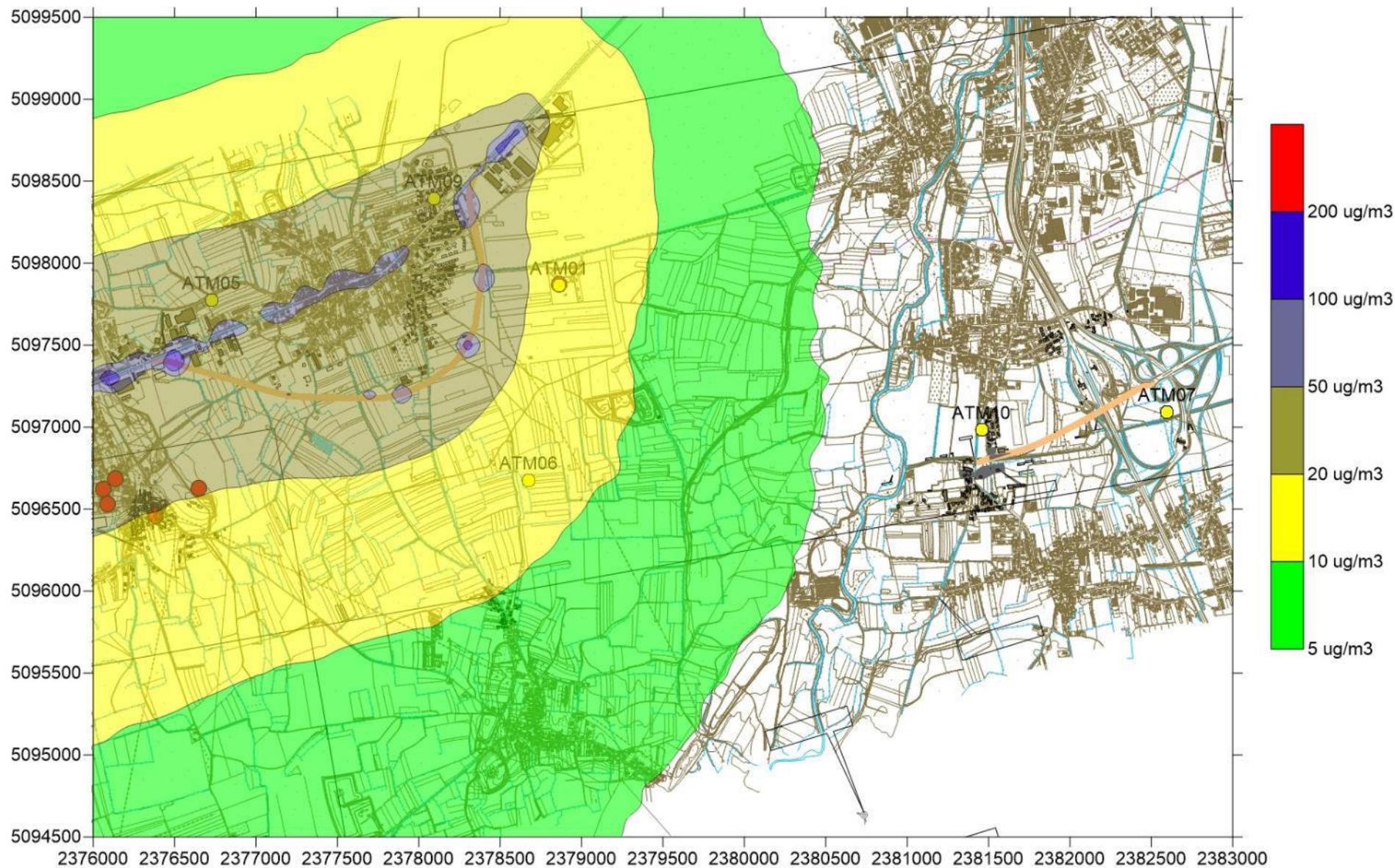


Figura Allegato 37 - Scenario Alternativa 1 – NO2 - 36°massimo media 24h - sezione E

**ALLEGATO 2**

Dispersione degli inquinanti: valori presso le stazioni di monitoraggio

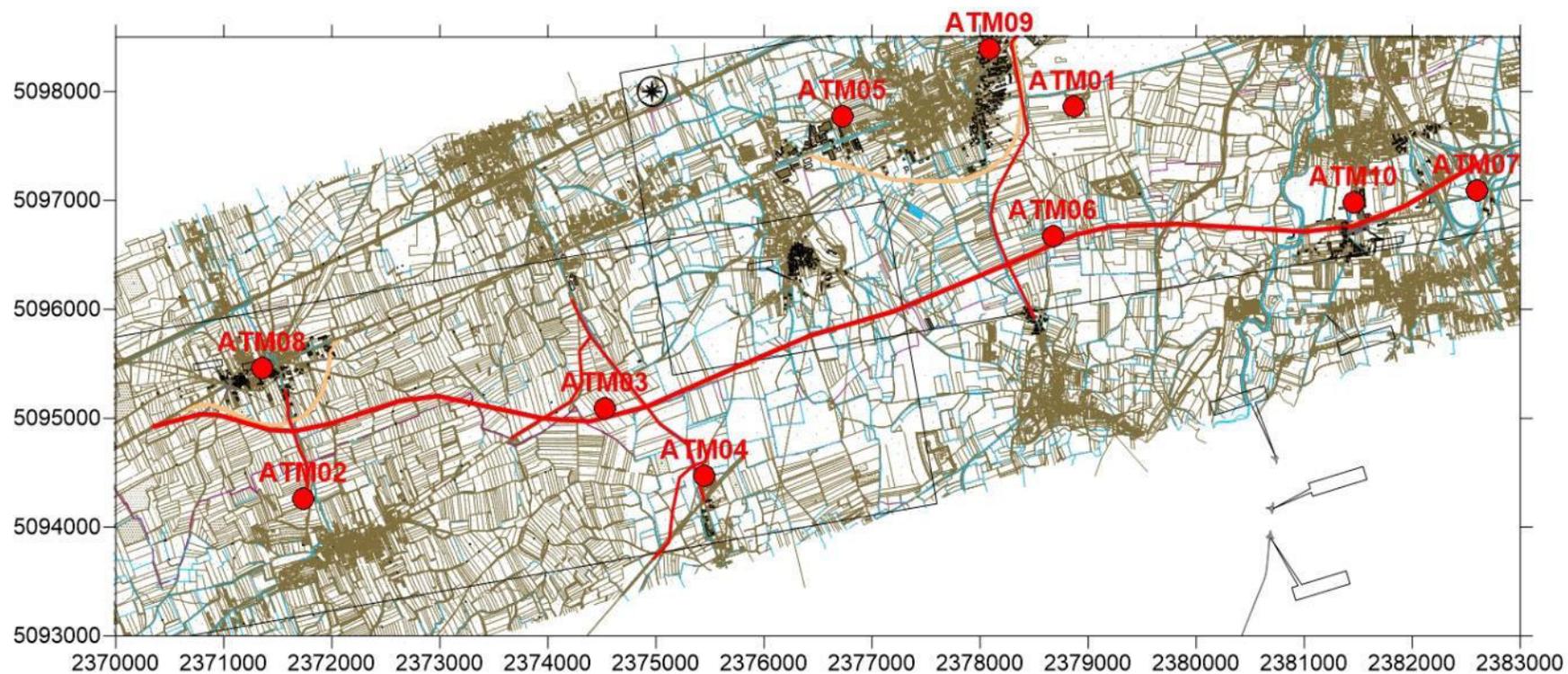


Figura Allegato 38 - Posizione delle stazioni di monitoraggio

## Scenario Ante Operam

	Coordinate G.B. fuso E		PM10		PM2.5	NO2		NOx
	X	Y	media annua	36° max 24h	media annua	media annua	19° max 1h	media annua
	m		ug/m3		ug/m3	ug/m3		ug/m3
	limite 155/2010		40	50	25	40	200	30
	soglia significatività		2	2.5	1.25	2	10	1.5
ATM1	2378863	5097869	0.1	0.1	0.0	0.7	14	0.9
ATM2	2371748	5094263	0.2	0.3	0.1	2.0	21	2.7
ATM3	2374522	5095086	0.2	0.3	0.1	2.1	21	2.7
ATM4	2375450	5094482	0.1	0.2	0.1	1.3	17	1.8
ATM5	2376728	5097773	0.2	0.5	0.2	3.0	32	4.0
ATM6	2378679	5096679	0.1	0.1	0.0	0.6	12	0.9
ATM7	2382609	5097090	0.0	0.0	0.0	0.1	3	0.1
ATM8	2371354	5095454	0.7	1.2	0.5	8.9	51	11.8
ATM9	2378093	5098394	0.3	0.5	0.2	3.4	28	4.5
ATM10	2381453	5096985	0.0	0.0	0.0	0.1	4	0.2

Massima concentrazione (ug/m3)

0.7	1.2	0.4	8.9	51	11.8
-----	-----	-----	-----	----	------

Le PM2.5 sono state considerate pari al 70% delle PM10

Nella media annua Il NO2 è stato considerato il 75% degli NOx emessi

Nel 19° max della media 1h Il NO2 è stato considerato il 80% degli NOx emessi

## Scenario Cantiere S59

	Coordinate G.B. fuso E		PM10		PM2.5	NO2		NOx
	X	Y	media annua	36° max 24h	media annua	media annua	19° max 1h	media annua
m			ug/m3		ug/m3	ug/m3		ug/m3
limite 155/2010			40	50	25	40	200	30
soglia significatività			2	2.5	1.25	2	10	1.5
ATM1	2378863	5097869	0.3	0.9	0.0	<0.1	0.2	<0.1
ATM2	2371748	5094263	0.3	0.8	0.0	<0.1	0.2	<0.1
ATM3	2374522	5095086	2.2	5.8	0.2	<0.1	0.8	<0.1
ATM4	2375450	5094482	0.3	1.0	0.0	<0.1	0.2	<0.1
ATM5	2376728	5097773	0.2	0.6	0.0	<0.1	0.1	<0.1
ATM6	2378679	5096679	2.5	4.0	0.2	<0.1	0.8	<0.1
ATM7	2382609	5097090	0.4	1.0	0.0	<0.1	0.3	<0.1
ATM8	2371354	5095454	0.4	1.4	0.0	<0.1	0.4	<0.1
ATM9	2378093	5098394	0.2	0.6	0.0	<0.1	0.1	<0.1
ATM10	2381453	5096985	0.8	2.1	0.1	<0.1	0.5	<0.1

Massima concentrazione (ug/m3)

2.5	5.8	1.3	0.0	1	0.0
-----	-----	-----	-----	---	-----

Nella media annua Il NO2 è stato considerato il 75% degli NOx emessi

Nel 19° max della media 1h Il NO2 è stato considerato il 80% degli NOx emessi

## Scenario Post Operam

	Coordinate G.B. fuso E		PM10		PM2.5	NO2		NOx
	X	Y	media annua	36° max 24h	media annua	media annua	19° max 1h	media annua
m			ug/m3		ug/m3	ug/m3		ug/m3
limite 155/2010			40	50	25	40	200	30
soglia significatività			2	2.5	1.25	2	10	1.5
ATM1	2378863	5097869	0.1	0.3	0.1	0.8	16	1.1
ATM2	2371748	5094263	0.2	0.4	0.1	1.3	18	1.8
ATM3	2374522	5095086	0.5	1.0	0.3	3.7	42	4.9
ATM4	2375450	5094482	1.4	2.4	1.0	9.5	90	12.7
ATM5	2376728	5097773	0.2	0.4	0.1	1.2	19	1.7
ATM6	2378679	5096679	0.4	0.9	0.3	3.3	44	4.3
ATM7	2382609	5097090	0.2	0.5	0.1	1.4	36	1.9
ATM8	2371354	5095454	0.4	0.7	0.2	2.8	27	3.7
ATM9	2378093	5098394	0.2	0.4	0.1	1.4	21	1.9
ATM10	2381453	5096985	0.3	0.6	0.2	2.1	35	2.8

Massima concentrazione (ug/m3)

1.4	2.4	0.7	9.5	90	12.7
-----	-----	-----	-----	----	------

Le PM2.5 sono state considerate pari al 70% delle PM10

Nella media annua Il NO2 è stato considerato il 75% degli NOx emessi

Nel 19° max della media 1h Il NO2 è stato considerato il 80% degli NOx emessi

## Scenario Alternativa 1

	Coordinate G.B. fuso E		PM10		PM2.5	NO2		NOx
	X	Y	media annua	36° max 24h	media annua	media annua	19° max 1h	media annua
m			ug/m3		ug/m3	ug/m3		ug/m3
limite 155/2010			40	50	25	40	200	30
soglia significatività			2	2.5	1.25	2	10	1.5
ATM1	2378863	5097869	0.1	0.2	0.0	0.5	17	0.7
ATM2	2371748	5094263	0.1	0.3	0.1	0.8	15	1.1
ATM3	2374522	5095086	0.1	0.2	0.1	0.7	12	0.9
ATM4	2375450	5094482	0.1	0.2	0.0	0.5	9	0.6
ATM5	2376728	5097773	0.2	0.4	0.1	1.5	26	1.9
ATM6	2378679	5096679	0.1	0.2	0.0	0.4	13	0.5
ATM7	2382609	5097090	0.0	0.0	0.0	0.0	2	0.1
ATM8	2371354	5095454	0.3	0.5	0.2	2.1	23	2.8
ATM9	2378093	5098394	0.3	0.5	0.2	1.8	30	2.4
ATM10	2381453	5096985	0.0	0.0	0.0	0.1	3	0.1

Massima concentrazione (ug/m3)

0.3	0.5	0.1	2.1	30	2.8
-----	-----	-----	-----	----	-----

Le PM2.5 sono state considerate pari al 70% delle PM10

Nella media annua Il NO2 è stato considerato il 75% degli NOx emessi

Nel 19° max della media 1h Il NO2 è stato considerato il 80% degli NOx emessi