

Nuovo collegamento stradale tra la tangenziale sud di Vicenza e la viabilità ordinaria dei comuni di Arcugnano e Altavilla in provincia di Vicenza

PROGETTO DEFINITIVO

DATA Febbraio 2022

CUP G91B07000410005

WBS B26.ARCUGN

Responsabile Unico
del Procedimento
Arch. Roberto Beaco

AUTOSTRADA BRESCIA-VERONA-VICENZA-PADOVA S.p.A
Funzione Costruzioni Autostradali

Direttore di Esecuzione
del Contratto
Arch. Mirco Panarotto

R.T.I.



Archeologo



Stefano TUZZATO

PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRAZIONE TRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: Ing. Francesco Nicchiarelli
CAPO PROGETTO: Ing. Umberto Lugli

ELABORATO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
Analisi ambientale - Aria
Studio di impatto atmosferico

SCALA

NOME FILE ARCUGN-VNHT-EAQ-S0_ML-ZZ00_Z-DR-LA-0001

Project	Originator	Volume	Location	Type	Role	Number	Suitability	Revision
ARCUGN	VNHT	EAQ	S0_ML_ZZ00_Z	TR	LA	0001	D00S4	P01

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione
P01	17-02-2022	Emissione	C.PANEGHETTI	C.PANEGHETTI	F.NICCHIARELLI



AMBIENTE E TECNOLOGIE

Nuovo collegamento stradale tra la
tangenziale sud di Vicenza e la viabilità
ordinaria dei comuni di Arcugnano e
Altavilla in provincia di Vicenza

STUDIO DI IMPATTO ATMOSFERICO

Autori

Dott. Luciano Gilli

*Ordine Chimici Fisici Piemonte Valle d'Aosta
n. 2370/F*

Dott. Giuseppe Quaglia

*Ordine Chimici Fisici Piemonte Valle d'Aosta
n. 2369/F*

Febbraio 2022

Committente

HMR Group Srl

ENVITECH - Ambiente e tecnologie srl

C.so F. Cavallotti 11
28100 Novara

Tel. 0321 - 640121

Tel/Fax 0321 - 640121

C.f. e P. iva 01568450033

Registro delle Imprese di Novara n° 1434/1996

Capitale Sociale € 11.000 i.v

Indice

1	INTRODUZIONE.....	3
2	ANALISI DELLE CONDIZIONI METEODISPERSIVE DELL'ATMOSFERA	3
2.1	CMCC - ERA5 DOWNSCALING	4
2.1.1	<i>Direzione e velocità del vento</i>	4
2.1.2	<i>Temperatura</i>	5
2.1.3	<i>Radiazione solare</i>	6
2.1.4	<i>Pioggia</i>	6
2.1.5	<i>Umidità relativa</i>	7
2.1.6	<i>Pressione atmosferica, copertura nuvolosa e altezza della base delle nubi</i>	7
2.2	FILE METEOROLOGICO CALMET	7
2.3	PARAMETRI CHE CARATTERIZZANO LA TURBOLENZA DELLO STRATO LIMITE PLANETARIO PER LE SIMULAZIONE MATEMATICHE DI DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI	8
3	INQUADRAMENTO NORMATIVO	11
4	QUALITÀ DELL'ARIA. STATO ATTUALE.....	12
5	INEMAR. INVENTARIO EMISSIONI MACROSETTORE 07.....	14
6	EMISSIONI DI PROGETTO.....	15
7	IL MODELLO UTILIZZATO: CALPUFF	17
8	SIMULAZIONI DI DISPERSIONE IN ATMOSFERA PER LA FASE DI ESERCIZIO	18
9	SIMULAZIONI DI DISPERSIONE IN ATMOSFERA PER LA FASE DI CANTIERE	32
10	DISCUSSIONE DEI RISULTATI.....	37
11	CONCLUSIONI.....	37

1 INTRODUZIONE

Di seguito si documenta lo studio previsionale di ricadute degli inquinanti da traffico veicolare CO, PM10, PM2.5, NO2 e benzene, per il progetto di “Nuovo collegamento stradale tra la tangenziale sud di Vicenza e la viabilità ordinaria dei comuni di Arcugnano e Altavilla in provincia di Vicenza”.

Gli scenari analizzati sono quelli descritti nello studio di traffico denominati:

- Scenario stato attuale
- Scenario Soluzione 3 (febbraio 2021)

Lo studio di dispersione degli inquinanti in atmosfera è stato condotto mediante applicazione della catena modellistica Calmet/Calpuff, su dominio temporale annuale/orario.

La metodologia di studio è basata sui seguenti punti:

1. Analisi delle condizioni meteodispersive dell’atmosfera nel dominio di indagine
2. Analisi dello stato attuale della componente atmosfera
3. Definizione dei fattori di emissione della sorgente stradale
4. Schematizzazione matematica del dominio di simulazione
5. Studio di dispersione degli inquinanti CO, PM10, PM2.5, NO2 e benzene per gli scenari di esercizio
6. Studio di dispersione delle polveri (PM10) per la fase di cantiere

2 ANALISI DELLE CONDIZIONI METEODISPERSIVE DELL’ATMOSFERA

Per la caratterizzazione delle condizioni meteodispersive dell’area di interesse e la generazione del campo di vento 3D mediante il processore meteorologico Calmet si è proceduto ad analizzare i seguenti data set meteorologici relativi all’anno 2020.

CMCC¹ - ERA5 downscaling @2.2 km over Italy - prelevato per un punto griglia rappresentativo dell’area di studio (Lat 45.509991°, Lon 11.510803°) per le seguenti variabili orarie al suolo (8784 dati):

1. Temperatura (°K)
2. Radiazione solare (W/m²)
3. Umidità specifica (kg kg⁻¹)
4. Pressione atmosferica (Pa)
5. Componenti U, V del vento a 10 m (m/s)
6. Precipitazione (mm)

Il bias nel valore medio annuale delle variabili 1,2,6 è stato corretto utilizzando come riferimento i valori 2020 rilevati presso la stazione di Vicenza S. Agostino².

Rianalisi ERA5³ (0.25°x0.25°, copertura globale) per un punto griglia rappresentativo dell’area di interesse (Lat 45.509991°, Lon 11.510803°) per le variabili al suolo (8784 dati):

7. copertura nuvolosa (decimi)
8. altezza della base delle nubi (m)

e per i profili verticali (ore 00 e 12, 732 dati) delle variabili:

¹ https://dds.cmcc.it/#/dataset/era5-downscaled-over-italy/VHR-REA_IT_1989_2020_hourly

https://doi.org/10.25424/cmcc/era5-2km_italy

² Quota della stazione: 29 m s.l.m. Coordinate X,Y 1696854 m, 5044313 m Gauss-Boaga fuso Ovest (EPSG:3003)
<https://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/open-data/clima/principali-variabili-meteorologiche>

³ <https://cds.climate.copernicus.eu#!/home>

9. Componenti U, V del vento (m/s)
10. Temperatura (°K)
11. Pressione (hPa)
12. UR (%)

Mediante specifiche procedure di analisi sviluppate in ambiente R, i dati sono stati convertiti in opportuno formato Ascii e sono stato elaborati con il processore meteorologico Calmet, per la generazione del campo di vento tridimensionale ed il calcolo delle variabili micrometeorologiche (L_{mo} , u^* , w^*) che caratterizzano le condizioni meteo-dispersive dell'atmosfera per le simulazioni di dispersione con Calpuff. Di seguito si presentano alcune elaborazioni di sintesi.

2.1 CMCC - ERA5 downscaling

2.1.1 Direzione e velocità del vento

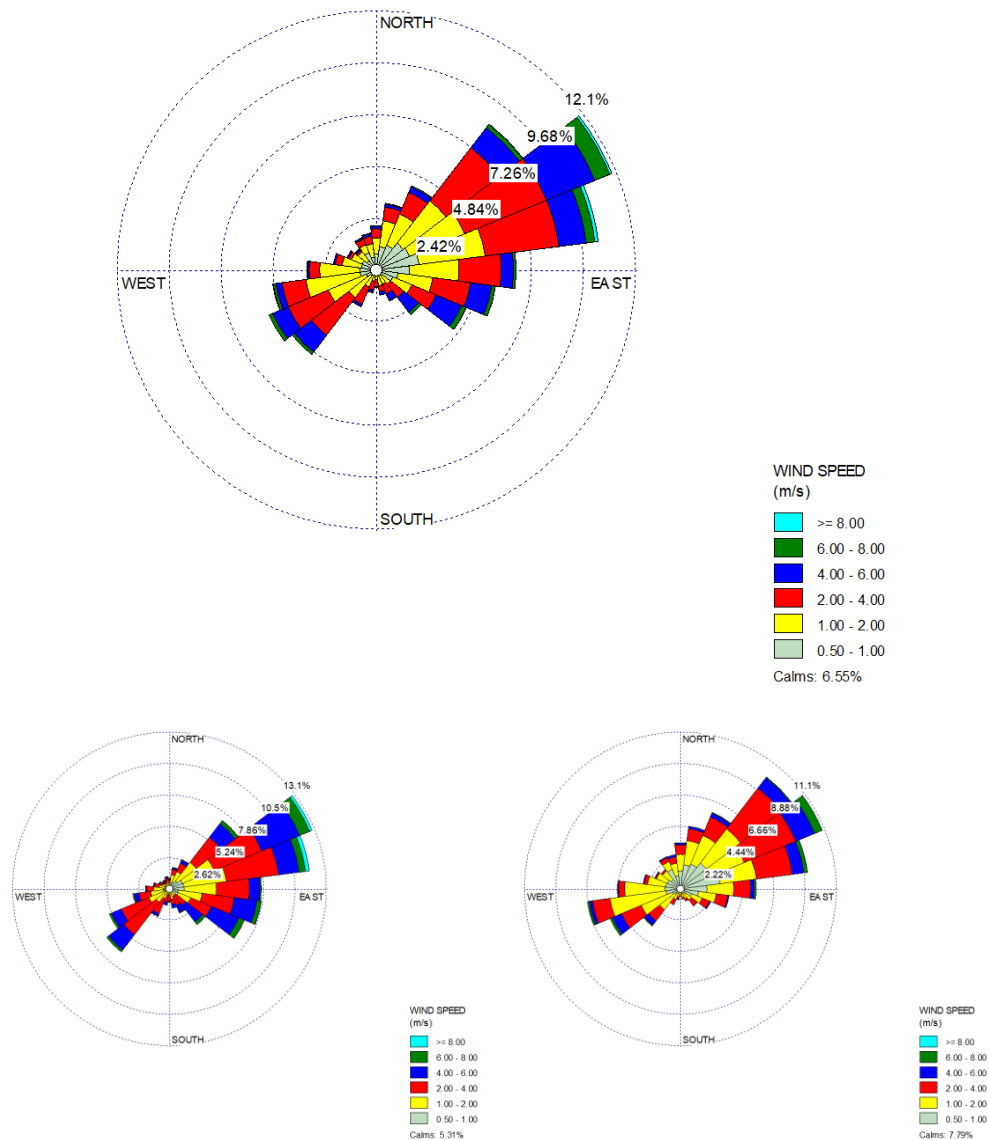
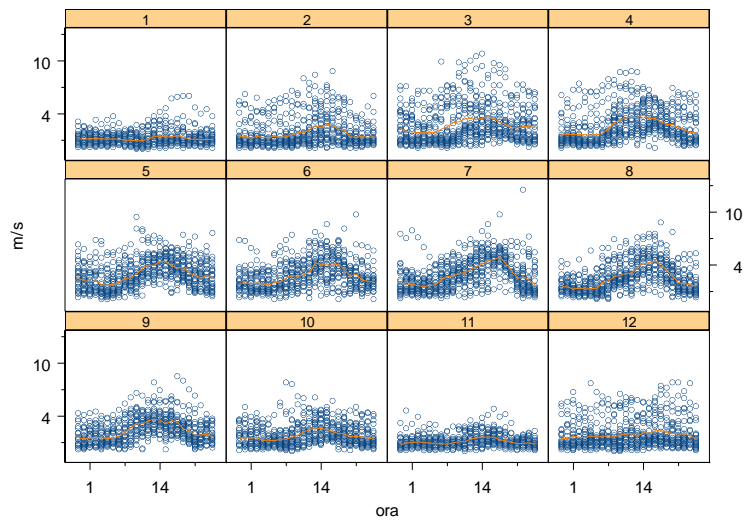


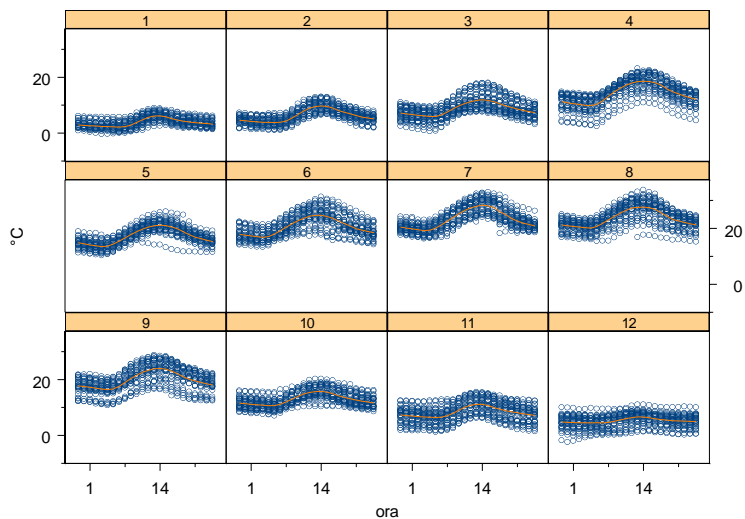
Figura 1 Rosa dei venti totale, diurna (sotto sinistra) e notturna (sotto destra). Calme ($v < 0.5$ m/s): **6.55%**



m/s	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	2020
Media	1.2	1.7	2.7	2.5	2.9	2.7	2.9	2.5	2.4	1.8	1.1	1.8	2.2
Max	6.0	8.8	10.8	8.8	9.4	9.7	12.5	8.8	8.5	7.8	4.8	7.8	12.5

Figura 2 Evoluzione mensile/oraria della velocità del vento (m/s)

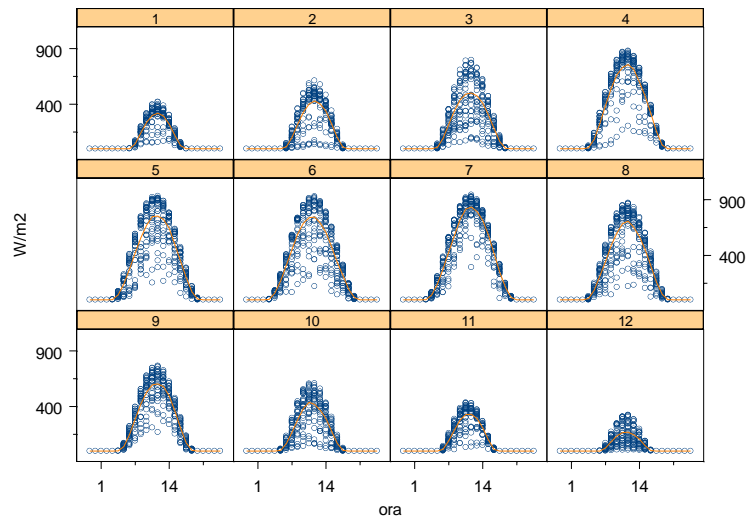
2.1.2 Temperatura



°C	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	2020
Min	-0.4	1.1	0.6	2.4	10.3	13.3	16.3	15.2	10.7	7.0	1.2	-2.4	-2.4
Media	3.7	6.2	8.6	14.1	17.2	20.5	23.3	23.5	19.8	12.9	8.3	5.3	13.6
Max	8.9	13.0	18.0	23.1	26.0	31.3	32.9	33.7	28.7	20.2	15.5	11.0	33.7

Figura 3 Evoluzione mensile/oraria della temperatura (°C)

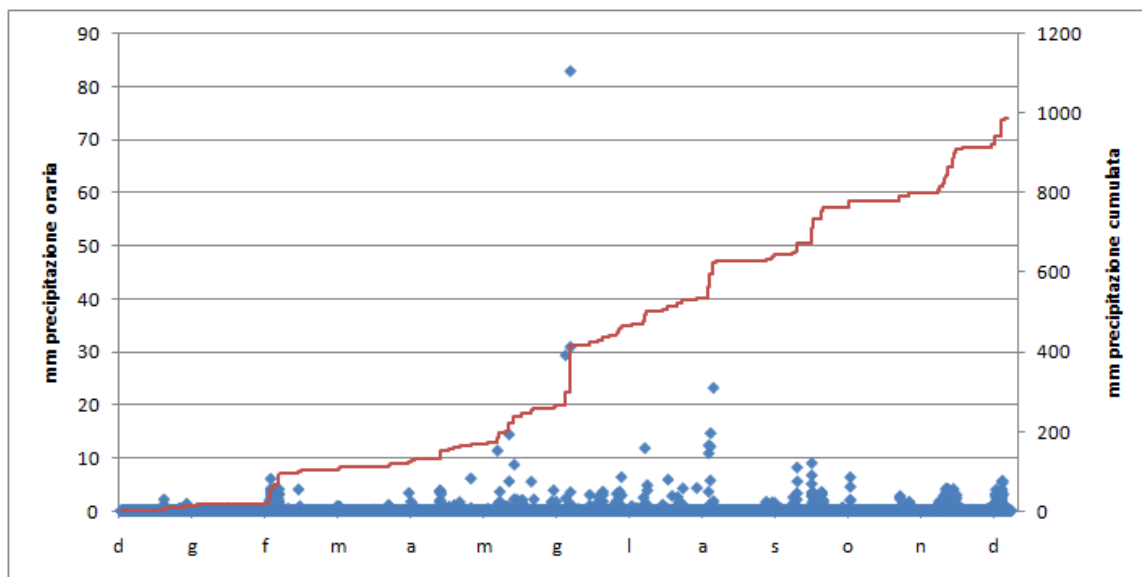
2.1.3 Radiazione solare



W/m ²	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	2020
Max	421	612	796	880	932	929	944	872	766	607	435	324	944

Figura 4 Radiazione solare (W/m²)

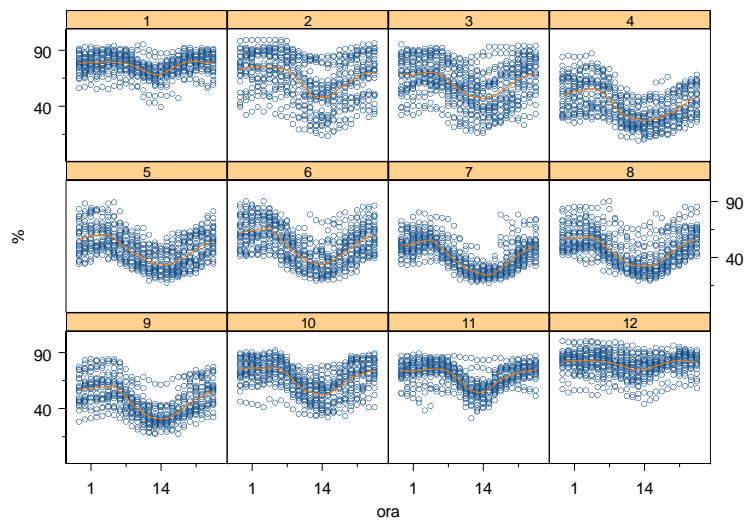
2.1.4 Pioggia



mm	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	2020
Tot.	13.9	4.6	90.3	19.8	41.2	95.1	203.9	155.0	20.8	136.3	19.4	187.3	987.6

Figura 5 Pioggia (mm)

2.1.5 Umidità relativa



%	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	2020
Min	39	13	16	9	17	19	17	19	17	32	31	44	9
Media	77	65	61	41	47	51	41	47	47	67	69	80	58
Max	95	99	95	87	89	90	80	90	84	92	89	100	100

Figura 6 Evoluzione mensile/oraria dell'umidità relativa (%)

2.1.6 Pressione atmosferica, copertura nuvolosa e altezza della base delle nubi

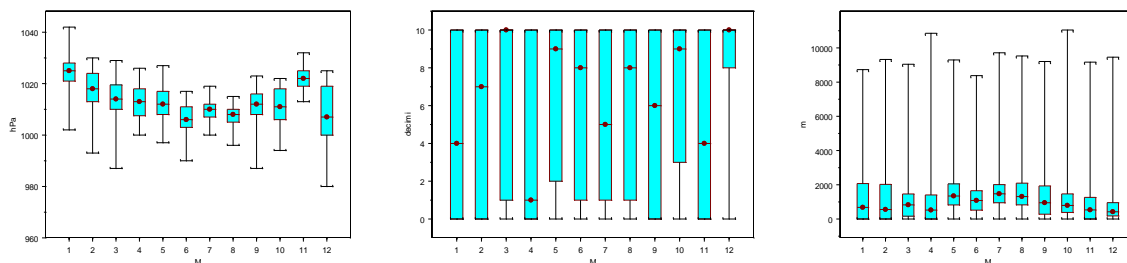


Figura 7 Rappresentazione in forma di box plot mensili di pressione atmosferica (hPa), copertura nuvolosa (decimi) e altezza della base delle nubi (m)

2.2 File meteorologico Calmet

Il complesso delle informazioni meteorologiche sopra descritte ha costituito l'input per il processore meteorologico Calmet mediante il quale è stato possibile generare il campo di vento 3D e la distribuzione spaziale delle variabili micrometeorologiche necessarie a Calpuff per i calcoli di dispersione degli inquinanti. Le simulazioni Calmet sono state condotte su un dominio di dimensione pari a 2.4 km x 2.4 km e avente origine nell'angolo SW in coordinate UTM X= 694.575 km, Y= 5041.664 km, risoluzione orizzontale di 200 m e n. 10 livelli verticali alle quote in metri (20, 40, 80, 160, 320, 640, 1200, 2000, 3000, 4000). Il modello orografico utilizzato è quello di Regione Veneto⁴ con risoluzione orizzontale 5 m, mentre il dato di uso del suolo è quello di origine Corine (100 m).

⁴ <https://idt2.regione.veneto.it/idt/downloader/download>

Di seguito si riporta il dettaglio di dominio relativo all'area di interesse, con indicazione delle sorgenti stradali. La griglia cartesiana di recettori di calcolo corrisponde alla griglia meteorologica.

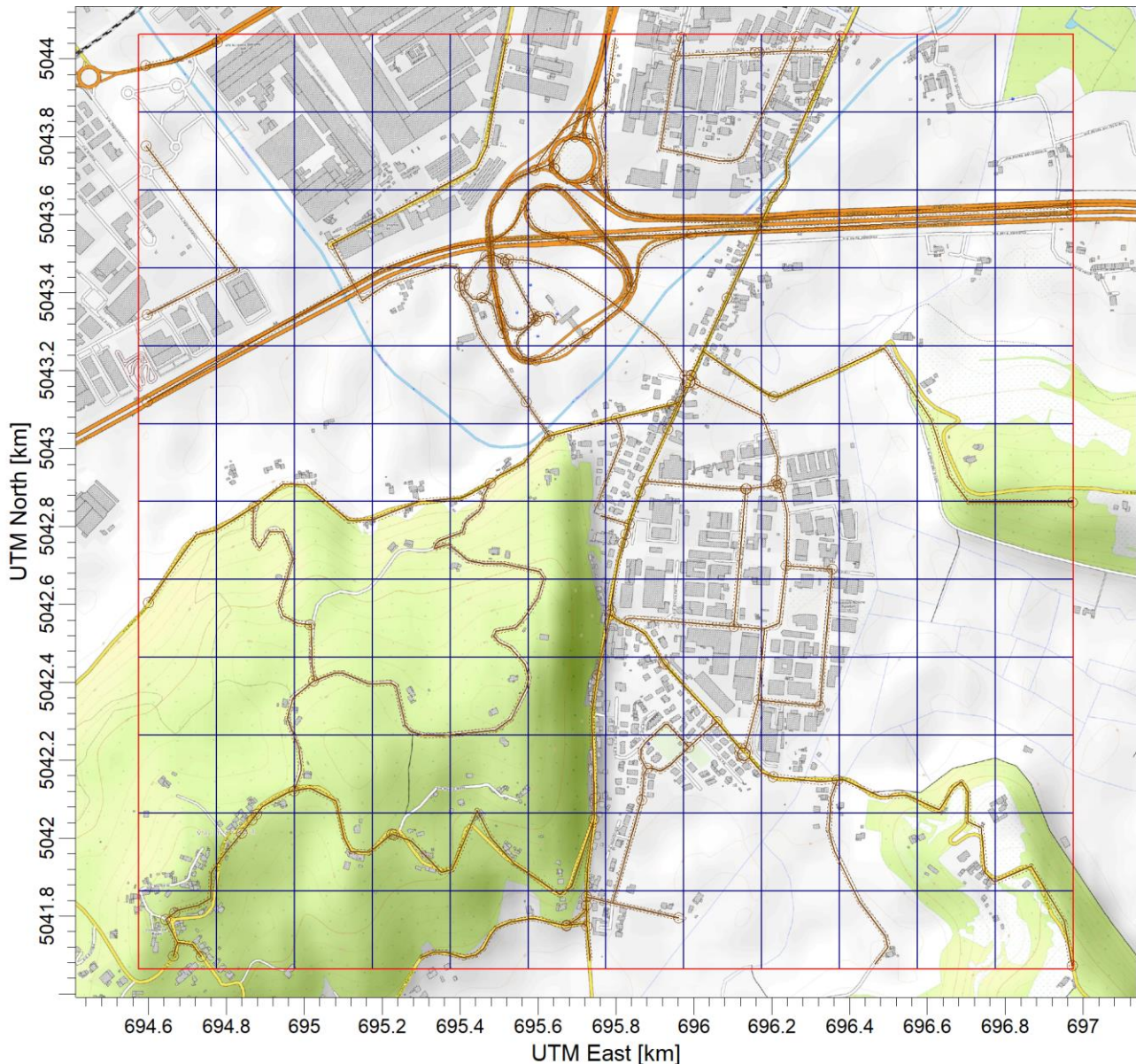


Figura 8 Dominio di calcolo con schematizzazione delle sorgenti stradali simulate

2.3 Parametri che caratterizzano la turbolenza dello strato limite planetario per le simulazione matematiche di dispersione degli inquinanti

I parametri fondamentali che caratterizzano la turbolenza dello strato limite planetario (PBL) sono la velocità di attrito u^* , la lunghezza di Monin-Obukhov L , l'altezza di rimescolamento H_{mix} e la velocità convettiva di scala w^* .

La velocità di attrito è una velocità di scala che permette di quantificare lo sforzo di taglio del vento dovuto all'attrito con la superficie terrestre ed aumenta all'aumentare della velocità del vento e della scabrezza della superficie. È definita come la radice del valore dello stress di Reynolds in superficie, diviso per la densità dell'aria:

$$u^* = \sqrt{\frac{\tau(0)}{\rho}}$$

La lunghezza di Monin-Obukhov è definita dalla seguente relazione:

$$L = -\frac{u_*^3}{k \frac{g}{T} (\overline{\omega' T'})_0}$$

Dove:

$$(\overline{\omega' T'}) = \frac{Q_h}{\rho C_p}$$

è il flusso termico in superficie, essendo Q_h il calore sensibile e C_p il calore specifico dell'aria; k è la costante di von Karman, g l'accelerazione di gravità e T la temperatura.

La lunghezza L rappresenta il rapporto tra i flussi turbolenti di origine meccanica e quelli di origine convettiva. Il grado di stabilità dell'atmosfera può essere valutato attraverso il parametro $1/L$:

$1/L < 0$ condizioni instabili, $1/L > 0$ condizioni stabili.

Il segno di L dipende da Q_h essendo tutte le altre quantità positive. In particolare: in condizioni di forte convezione ($Q_h > 0$) L è negativo e si hanno le categorie instabili; in condizioni stabili, al contrario, L è positivo ($Q_h < 0$), mentre in assenza di flussi termici (cioè $Q_h = 0$) si ha la categoria neutra (ed $L = \infty$). In definitiva L può essere visto, in valore assoluto, come l'altezza alla quale il termine di turbolenza convettiva, dovuto alla forza di galleggiamento, comincia a prevalere su quello di produzione meccanica, dovuto principalmente allo shear del vento (taglio verticale). In figura seguente è riportato il diagramma di Golder, che mostra la suddivisione in classi di stabilità in funzione dell'altezza di rugosità del terreno z_0 e del rapporto $1/L$.

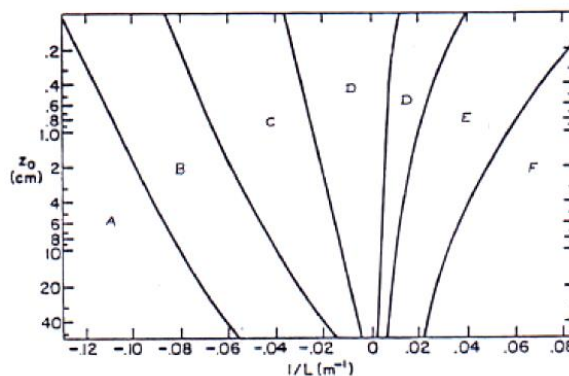


Figura 9 Determinazione delle classi di stabilità in funzione di z_0 e del rapporto $1/L$

Con la lunghezza di Monin-Obukhov è quindi possibile valutare le caratteristiche dell'atmosfera in modo continuo e non con parametrizzazioni tipo quelle di Pasquill-Gifford (classe di stabilità).

A sua volta, il parametro empirico "altezza di rugosità" z_0 tiene conto dell'altezza media degli ostacoli presenti in una certa zona, è caratteristico del tipo di superficie, e può variare tra 1 e 10 metri per grandi città e zone montagnose, sino a valori prossimi a 10^{-5} metri per distese pianeggianti di ghiaccio.

L'altezza di rimescolamento H_{mix} definisce lo spessore dello strato omonimo, oltre ad influenzare direttamente la concentrazione di inquinanti in atmosfera definendo il volume in cui si ha il completo rimescolamento. Può essere calcolata per mezzo di diverse espressioni in riferimento alle differenti condizioni di stabilità atmosferica. Il suo calcolo è un problema ben noto ai modellisti ed a tutti coloro che devono applicare codici diffusionali più o meno complessi per determinare la qualità dell'aria attesa in una

determinata zona. L'altezza dello strato in cui le sostanze gassose possono diffondersi e rimescolarsi, infatti, condiziona decisamente le concentrazioni che vengono rilevate al suolo.

La velocità convettiva di scala W^* è grandezza utile in condizioni di PBL instabile, tanto più grande quanto maggiori sono l'altezza di rimescolamento e i flussi di calore dalla superficie che dà un'indicazione sulle velocità verticali che sono generate dai moti convettivi del PBL. E' definita dalla seguente relazione:

$$W^* = \frac{gz_i}{\theta_v} \cdot (\overline{w'\theta_v'})_s$$

Dove:

- θ = temperatura potenziale
- w = velocità verticale
- z_i = altezza di rimescolamento
- x' = fluttuazioni della variabile x
- $(\overline{\quad})$ = operazione di media

Nei grafici seguenti si riportano alcune elaborazioni grafiche a scopo descrittivo dei parametri u^* , w^* , L e H_{mix} elaborati con Calmet nell'ambito del presente studio e relativi ad un punto griglia che corrisponde ad un punto centrale in area di progetto ($X= 696.111$ km, $Y= 5042.703$ km). In Figura 10 sono descritti, gli andamenti mensili medi orari della velocità di frizione u^* e della velocità convettiva di scala w^* . Anche in questi casi si osservano valori mediamente più alti nelle ore centrali della giornata, in particolare nei mesi estivi, concomitanti ai valori più elevati di altezza di rimescolamento (H_{mix} , Figura 11). La stessa figura mostra analoga rappresentazione per il parametro L_{mo} (lunghezza di Monin Obukhov) che evidenzia, coerentemente con gli andamenti delle altre variabili di scala, l'accumularsi di valori negativi (situazioni instabili) nelle ore centrali della giornata. In Figura 12 si illustra anche la distribuzione oraria delle classi di stabilità, che evidenzia, come ci si attende, una predominanza di situazioni instabili (1 – 2) nelle ore centrali della giornata, generate da situazioni convettive di origine termica. La fascia delle situazioni neutre (4) interessa trasversalmente l'arco delle 24 ore, mentre in periodo serale/notturno predominano le situazioni di stabilità (5 – 6).

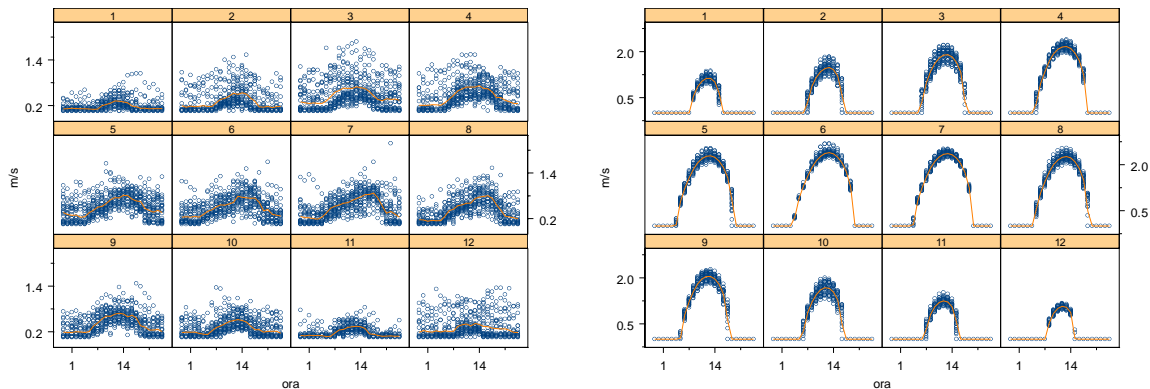


Figura 10 Andamento mensile del giorno medio della velocità di frizione U^* (m/s) e velocità convettiva di scala W^* (m/s)

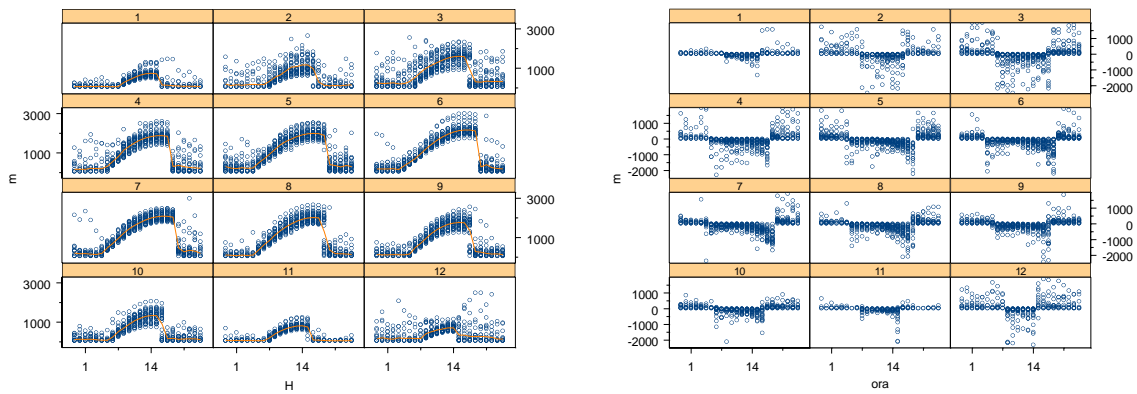


Figura 11 Andamento mensile del giorno medio dell'altezza dello strato rimescolato mix.htg (m) e della lunghezza di Monin Obukhov Lmo (m)

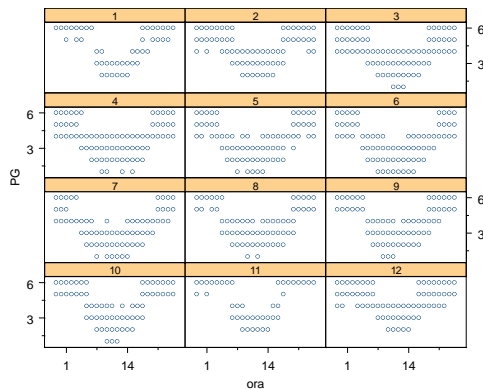


Figura 12 Andamento mensile del giorno medio delle classi di stabilità PG 1=A (atmosfera instabile) → 6=F (atmosfera stabile)

3 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Per i principali inquinanti atmosferici, al fine di salvaguardare la salute e l'ambiente, la normativa stabilisce limiti di concentrazione, a lungo e a breve termine, a cui attenersi. Per quanto riguarda i limiti a lungo termine viene fatto riferimento agli standard di qualità e ai valori limite di protezione della salute umana, della vegetazione e degli ecosistemi. Attualmente la normativa nazionale di riferimento è il Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 e modificato dal D.lgs 250 del 24 dicembre 2012, che recepisce la direttiva 2008/50/CE e sostituisce le disposizioni di attuazione della direttiva 2004/107/CE, istituendo un quadro normativo unitario in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente. Le tabelle seguenti riassumono i limiti previsti dalla normativa per i diversi inquinanti considerati. Valori limite imposti dal D.Lgs. 155/2010 in vigore dal 30 settembre 2010 e modificato dal D.Lgs.250 del 24 dicembre 2012.

Inquinante	Limite	Periodo di mediazione	Limite	Superamenti in un anno
PM10	Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana	Media giornaliera	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Massimo 35
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
PM2.5	Valore Limite annuale per la	Anno civile	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

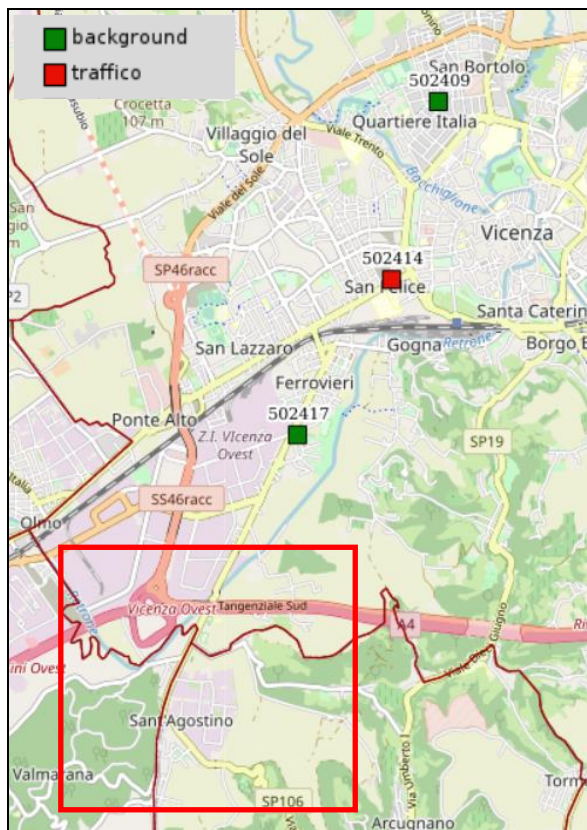
	protezione della salute umana			
NO2	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media massima oraria	200 µg/m ³	Massimo 18
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³	
O3	Soglia d'informazione	Media massima oraria	180 µg/m ³	
	Soglia d'allarme	Media massima oraria	240 µg/m ³	
	Valore obiettivo	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m ³	<= 25 volte/anno come media su 3 anni
	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	AOT40, calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m ³ come media su 5 anni	
CO	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m ³	
SO2	Valore limite giornaliero	Media giornaliera	125 µg/m ³	Massimo 3
	Valore limite su 1 ora per la protezione della salute umana	Media massima oraria	350 µg/m ³	Massimo 24
Benzene	Valore limite su base annua	Anno civile	5 µg/m ³	
Benzo(a)pirene	Concentrazione presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile	Anno civile	1 ng/m ³	
Metalli pesanti	Arsenico	Anno civile	6 ng/m ³	
	Cadmio	Anno civile	5 ng/m ³	
	Nichel	Anno civile	20 ng/m ³	
	Piombo	Anno civile	0,5 µg/m ³	

4 QUALITÀ DELL'ARIA. STATO ATTUALE

Per la descrizione dello stato attuale della componente si fa riferimento agli open data ARPAV⁵ 2019 – 2020 per le stazioni di monitoraggio più prossime all'area di progetto (figura e tabelle seguenti).

In rosso si riportano le concentrazioni/n° di superamenti degli inquinanti i cui valori di monitoraggio sono maggiori o uguali al limite di legge,

⁵ <https://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/open-data/atmosfera>



Quartiere Italia	IT1177A	Fondo Urbano
Ferrovieri	IT1905A	Fondo Urbano
San Felice	IT1838A	Traffico Urbano

Figura 13 Stazioni di qualità dell'aria ARPAV prossime all'area di studio
Benzene

		2019 - Benzene	2020 - Benzene
Stazione di monitoraggio	Tipologia stazione	media anno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	media anno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
San Felice	TU	1.4	1.1

Benzo(a)pirene

		2019 - Benzo(a)pirene	2020 - Benzo(a)pirene
Stazione di monitoraggio	Tipologia stazione	media anno (ng/m^3)	media anno (ng/m^3)
Quartiere Italia	FU	0.9	1.0

NO2

		2019 - NO2	2019 - NO2	2019 - NO2	2020 - NO2	2020 - NO2	2020 - NO2
Stazione di monitoraggio	Tipologia stazione	media anno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N. superamenti soglia allarme	N. superamenti limite orario	media anno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N. superamenti soglia allarme	N. superamenti limite orario
Quartiere Italia	FU	32	0	0	29	0	0
Ferrovieri	FU	29	0	0	22	0	0
San Felice	TU	32	0	0	25	0	0

CO

		2019 - CO	2020 - CO
Stazione di monitoraggio	Tipologia stazione	N. superamenti valore limite protezione salute umana (media mob 8h)	N. superamenti valore limite protezione salute umana (media mob 8h)
San Felice	TU	0	0

Ferrovieri	FU	0	0
------------	----	---	---

O3

		2019- O3	2019- O3	2019- O3	2020 - O3	2020 - O3	2020 - O3
Stazione di monitoraggio	Tipologia stazione	N. superamenti soglia d'informazione	N. superamenti soglia d'allarme	N. superamenti obiettivo a lungo termine(+)	N. superamenti soglia d'informazione	N. superamenti soglia d'allarme	N. superamenti obiettivo a lungo termine(+)
Quartiere Italia	FU	38	7	58	10	0	58
Ferrovieri	FU	27	4	53	4	0	45

(+) da valutare su un triennio

PM10

		2019 - PM10	2019 - PM10	2020 - PM10	2020 - PM10
Stazione di monitoraggio	Tipologia stazione	N. superamenti limite giornaliero	media anno (µg/m3)	N. superamenti limite giornaliero	media anno (µg/m3)
Quartiere Italia	BU	59	33	66	32
San Felice	TU	58	32	75	33
Ferrovieri	BU	50	31	66	31

PM2.5

		2019 - PM2.5	2020 - PM2.5
Stazione di monitoraggio	Tipologia stazione	media anno (µg/m3)	media anno (µg/m3)
Quartiere Italia	FU	26	25
Ferrovieri	FU	21	23

Metalli pesanti

		2019 - Elementi in Tracce (ET)	2019 - Elementi in Tracce (ET)	2019 - Elementi in Tracce (ET)	2019 - Elementi in Tracce (ET)	2020 - Elementi in Tracce (ET)	2020 - Elementi in Tracce (ET)	2020 - Elementi in Tracce (ET)	2020 - Elementi in Tracce (ET)
		Pb	As	Ni	Cd	Pb	As	Ni	Cd
Stazione di monitoraggio	Tipologia stazione	media anno (µg/m3)	media anno (ng/m3)	media anno (ng/m3)	media anno (ng/m3)	media anno (µg/m3)	media anno (ng/m3)	media anno (ng/m3)	media anno (ng/m3)
Quartiere Italia	FU	0.009	0.6	4.9	0.2	0	0.7	6.1	0.2

SO2

		2019 - SO2	2019 - SO2	2019 - SO2	2020 - SO2	2020 - SO2	2020 - SO2
Stazione di monitoraggio	Tipologia stazione	N. sup. soglia allarme	N. sup. limite orario	N. sup. limite giornaliero	N. sup. soglia allarme	N. sup. limite orario	N. sup. limite giornaliero
S.Felice	TU	0	0	0	0	0	0

5 INEMAR. INVENTARIO EMISSIONI MACROSETTORE 07

L'inventario delle emissioni in atmosfera usato è *INEMAR - ARPA Veneto* che stima le emissioni dei diversi inquinanti a per diversi tipi di attività (quali ad esempio riscaldamento, traffico, agricoltura e industria) e per tipo di combustibile; la classificazione usata è quella adottata nell'ambito degli inventari EMEP - CORINAIR.

Nella tabella seguente⁶ si riporta la stima delle emissioni desunta dall'inventario e riferita all'anno 2017 (ultimo anno disponibile nel database) per i Comuni di interesse per il macrosettore 07 trasporto su strada.

Tabella 1 Emissioni per macrosettore trasporto su strada (fonte inventario Inemar 2017)

	SO2 (t/a)	NOx (t/a)	COVNM (t/a)	CO (t/a)	PM2.5 (t/a)	PTS (t/a)	PM10 (t/a)	Arsenico (Kg/a)	Cadmio (Kg/a)	Nichel (Kg/a)	Piombo (Kg/a)	B(a)P (Kg/a)
Arcugnano	0.1	46.5	22.8	67.5	2.5	4.4	3.4	0.1	0.1	0.2	1.9	0.1
Arzignano	0.1	77.9	38.8	113.9	4.4	7.7	6.0	0.1	0.1	0.3	3.5	0.2
Vicenza	0.7	571.9	140.2	507.7	26.6	45.7	35.0	0.7	0.6	1.4	14.4	0.8
Totale	0.9	696.2	201.8	689.1	33.5	57.9	44.4	0.9	0.7	1.8	19.8	1.0

6 EMISSIONI DI PROGETTO

I fattori di emissione utilizzati sono quelli presenti nella banca dati ISPRA dei fattori di emissione medi per il parco circolante in Italia⁷.

Category	CO 2019	CO 2019	CO 2019	CO 2019
	g/km U	g/km R	g/km H	g/km TOTALE
Passenger Cars	2.118848	0.240701	0.228193	0.595038
Light Commercial Vehicles	0.407846	0.094701	0.209333	0.195914
Heavy Duty Trucks	1.638218	0.829042	0.809624	0.88758
Buses	1.845307	0.989329	0.736701	1.021362
Mopeds	5.377355	5.377355	-	5.377355
Motorcycles	3.213367	3.486925	6.077071	3.452297

Category	PM10 2019	PM10 2019	PM10 2019	PM10 2019
	g/km U	g/km R	g/km H	g/km TOTALE
Passenger Cars	0.043801	0.031053	0.021943	0.031175
Light Commercial Vehicles	0.069712	0.043963	0.047529	0.051113
Heavy Duty Trucks	0.233994	0.155086	0.130062	0.146098
Buses	0.217494	0.161228	0.102741	0.138704
Mopeds	0.074634	0.074011	-	0.074447
Motorcycles	0.029722	0.026146	0.023015	0.028135

Category	PM2.5 2019	PM2.5 2019	PM2.5 2019	PM2.5 2019
	g/km U	g/km R	g/km H	g/km TOTALE
Passenger Cars	0.030273	0.020981	0.015908	0.021467
Light Commercial Vehicles	0.050506	0.030155	0.040043	0.037221
Heavy Duty Trucks	0.174899	0.10742	0.093431	0.104442

⁶ <https://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/open-data/atmosfera/dati-comunali-emissioni-inemar-veneto>

⁷ <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp>

Buses	0.161088	0.116537	0.077635	0.103059
Mopeds	0.068457	0.068169	-	0.068371
Motorcycles	0.023545	0.02189	0.02047	0.022812

Category	NO2 2019	NO2 2019	NO2 2019	NO2 2019
	g/km U	g/km R	g/km H	g/km TOTALE
Passenger Cars	0.130273	0.094489	0.120957	0.107995
Light Commercial Vehicles	0.381427	0.290428	0.508775	0.356847
Heavy Duty Trucks	0.715983	0.349811	0.289485	0.343553
Buses	0.776954	0.478047	0.326716	0.452117
Mopeds	0.005743	0.005743	-	0.005743
Motorcycles	0.003458	0.004756	0.007794	0.004129

Category	NOx 2019	NOx 2019	NOx 2019	NOx 2019
	g/km U	g/km R	g/km H	g/km TOTALE
Passenger Cars	0.42849	0.271034	0.301018	0.308589
Light Commercial Vehicles	1.059526	0.801848	1.406408	0.98718
Heavy Duty Trucks	5.983813	2.839215	2.329809	2.790973
Buses	6.931953	3.886331	2.585816	3.764099
Mopeds	0.143578	0.143578	-	0.143578
Motorcycles	0.086444	0.118899	0.194847	0.103224

Category	Benzene 2019
	g/km TOTALE
Passenger Cars	0.002201
Light Commercial Vehicles	0.000538
Heavy Duty Trucks	0.000064
Buses	0.000083
Mopeds	0.030139
Motorcycles	0.00718

Sorgente stradale

Sono analizzate le ricadute di inquinanti atmosferici dei seguenti scenari descritti nello studio del traffico:

1. Scenario stato attuale
2. Scenario Soluzione 3 (febbraio 2021)

La schematizzazione ai fini modellistici della sorgente stradale in condizioni di progetto è rappresentata in precedente Figura 8. La discretizzazione geometrica del reticolo stradale per lo scenario stato attuale è basata su n. 166 archi (28.46 km) mentre per lo scenario di progetto è basata su n. 178 archi (29.67 km). Dal punto di vista computazionale ogni arco costituisce una singola sorgente di inquinanti nel dominio di calcolo.

Ai fini dell'esecuzione della simulazione di dispersione, di lunghezza annuale (2020), con passo orario (8784 ore), i volumi di traffico per l'ora di punta del mattino e le relative emissioni sono stati modulati mediante una curva media tipica per la rete stradale d'indagine, rappresentata in figura seguente.

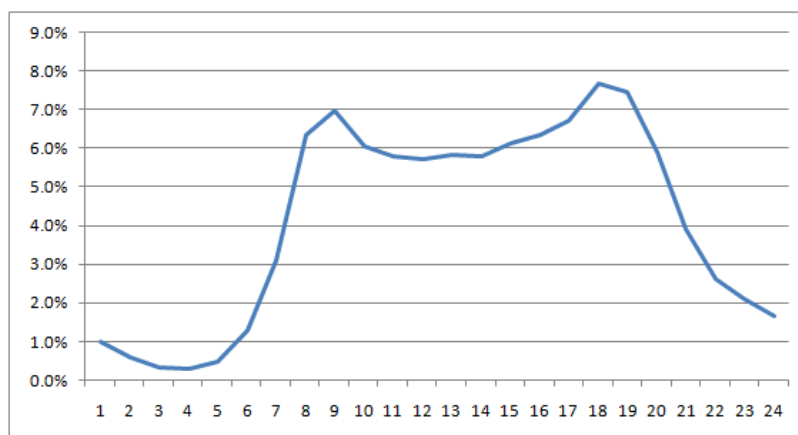


Figura 14 Modulazione oraria del traffico applicata alla sorgente stradale

Le emissioni calcolate e attribuite alle sorgenti stradali nell'ora di punta e utilizzate nello studio di dispersione degli inquinanti sono complessivamente le seguenti.

Tabella 2 Ratei emissivi simulati per l'ora di punta del mattino. Scenari attuale e progetto

Scenario	CO (kg/h)	PM10 (kg/h)	PM2.5 (kg/h)	NO2 (kg/h)	C6H6 (kg/h)
Attuale	12.8	0.83	0.58	2.61	0.042
Progetto	13.1	0.84	0.59	2.67	0.044

Dal punto di vista del bilancio annuale degli inquinanti, avendo assunto la modulazione oraria rappresentata in precedente Figura 14, si possono stimare le seguenti quantità:

Tabella 3 Carico emissivo. Scenari attuale e progetto

Scenario	CO (t/a)	PM10 (t/a)	PM2.5 (t/a)	NO2 (t/a)	C6H6 (t/a)
Attuale	67.3	4.3	3.0	13.7	0.22
Progetto	68.9	4.4	3.1	14.0	0.23

7 IL MODELLO UTILIZZATO: CALPUFF

Per l'analisi di dispersione degli inquinanti è stato utilizzato il modello Calpuff, che appartiene alla tipologia dei modelli non stazionari a puff o a segmenti (UNI 10796:2000, scheda 4, tipologia 2).

Calpuff è idoneo al calcolo della dispersione degli inquinanti rilasciati da diverse categorie di sorgenti emissive (puntuali, areali, lineari, volumetriche). Calpuff implementa algoritmi per la trattazione della deposizione secca e umida, di alcune trasformazioni chimiche e di alcuni effetti prossimi alla sorgente (building downwash, fumigazione, innalzamento progressivo del pennacchio, penetrazione parziale nello strato rimescolato). Pur essendo prevista l'opzione dell'utilizzo di dati meteorologici puntuali (similmente ai più comuni modelli gaussiani stazionari), le piene potenzialità del codice di Calpuff vengono attivate se utilizzato in congiunzione con i campi meteorologici tridimensionali generati da Calmet. Calmet, a sua volta, è un modello meteorologico diagnostico che, a partire da dati osservati (al suolo e di profilo) e da dati geofisici produce campi orari tridimensionali di vento e bidimensionali di diverse variabili meteorologiche e micrometeorologiche. Calpuff è indicato dalla US-EPA come modello di riferimento per applicazioni che

coinvolgono il trasporto di inquinanti su lunghe distanze, oppure per applicazioni in campo vicino quando sono importanti effetti non stazionari come variabilità delle condizioni meteorologiche, calme di vento, discontinuità terra-mare, ecc.

Per lo studio presente è stato utilizzato il sistema CalpuffView nella versione commerciale di Lakes Environmental.

8 SIMULAZIONI DI DISPERSIONE IN ATMOSFERA PER LA FASE DI ESERCIZIO

Sulla base della caratterizzazione meteorologica ed emissiva descritta nei paragrafi precedenti sono state effettuate le simulazioni di dispersione in modalità short – term (evoluzione oraria) di lungo periodo (annuale: 1/1/2020 – 31/12/2020) per gli inquinanti: CO, PM10, PM2.5, NO2, benzene.

Per ognuno degli inquinanti sono stati calcolati i descrittori statistici su base annuale per il confronto con il limiti di legge.

I risultati sono presentati di seguito, in forma di mappe di isoconcentrazione al suolo.

- Figura 15 CO massimo della media 8h - scenario stato attuale
- Figura 16 CO massimo della media 8h - scenario di progetto
- Figura 17 PM10 media annuale - scenario stato attuale
- Figura 18 PM10 media annuale - scenario di progetto
- Figura 19 PM10 90.4° percentile delle medie giornaliere - scenario stato attuale
- Figura 20 PM10 90.4° percentile delle medie giornaliere - scenario di progetto
- Figura 21 PM2.5 media annuale - scenario stato attuale
- Figura 22 PM2.5 media annuale - scenario di progetto
- Figura 23 NO2 media annuale - scenario stato attuale
- Figura 24 NO2 media annuale - scenario di progetto
- Figura 25 NO2 99.8° percentile delle concentrazioni medie orarie – scenario stato attuale
- Figura 26 NO2 99.8° percentile delle concentrazioni medie orarie - scenario di progetto
- Figura 27 Benzene media annuale - scenario stato attuale
- Figura 28 Benzene media annuale - scenario di progetto

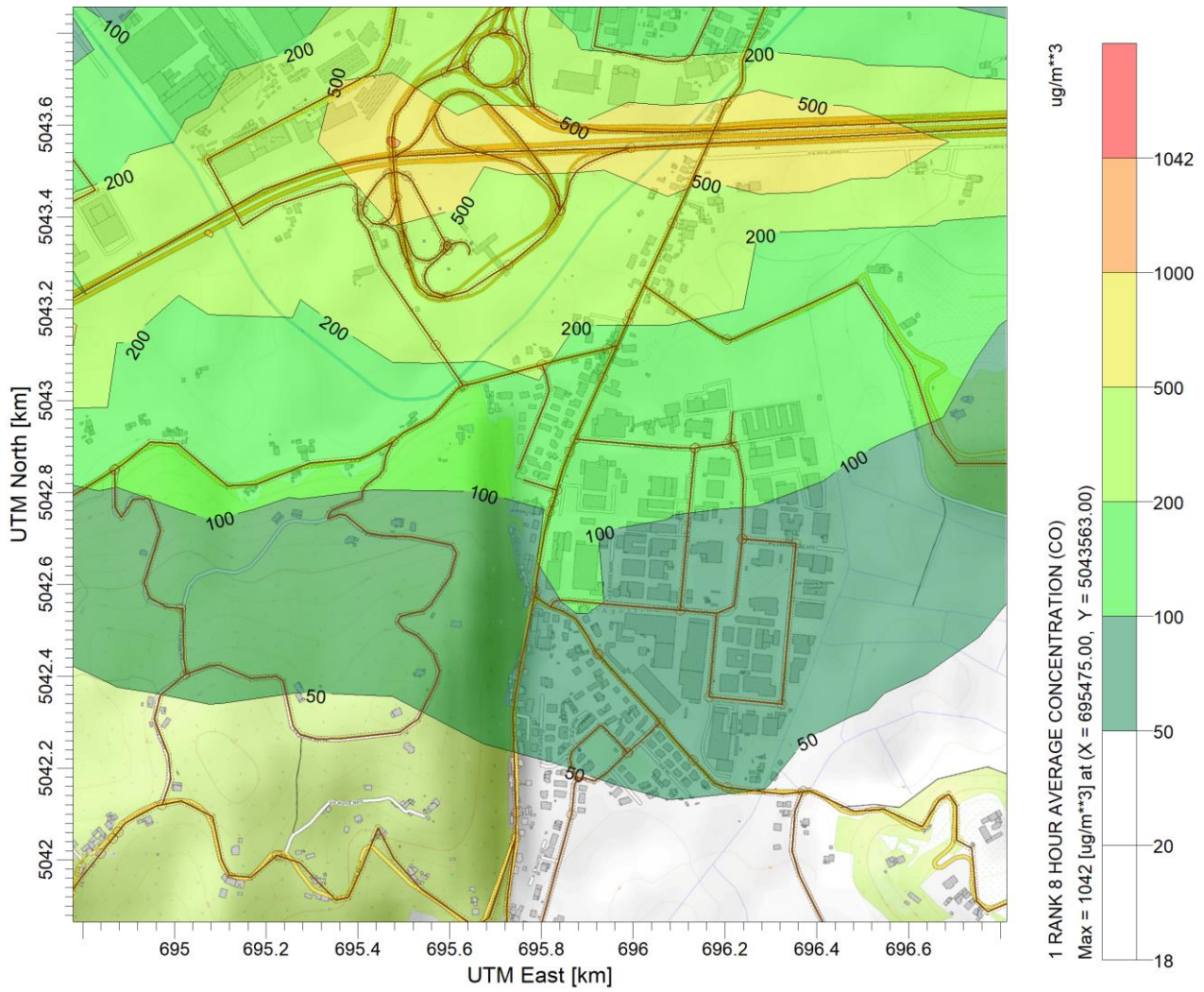


Figura 15 CO massimo della media 8h - scenario stato attuale

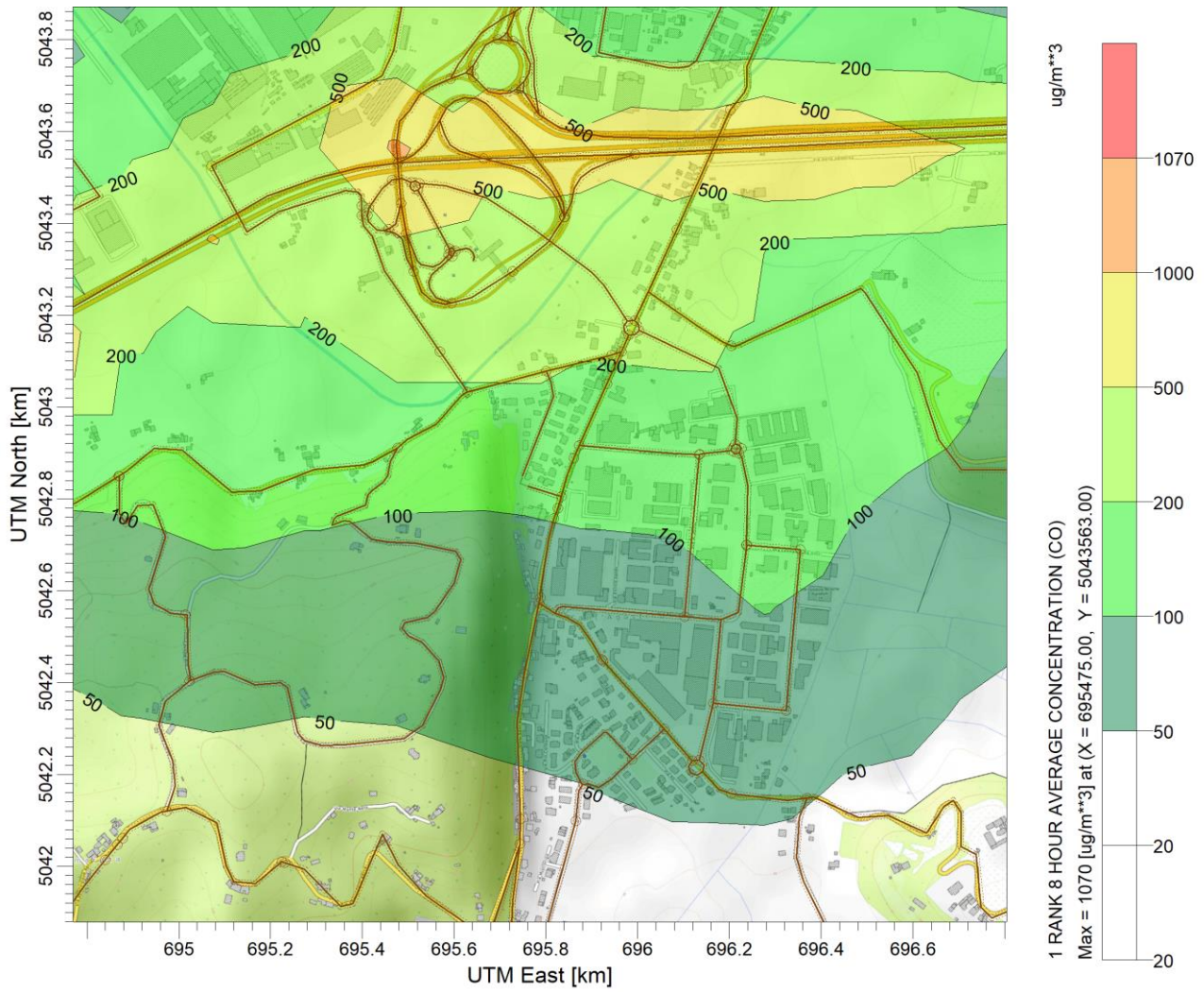


Figura 16 CO massimo della media 8h - scenario di progetto

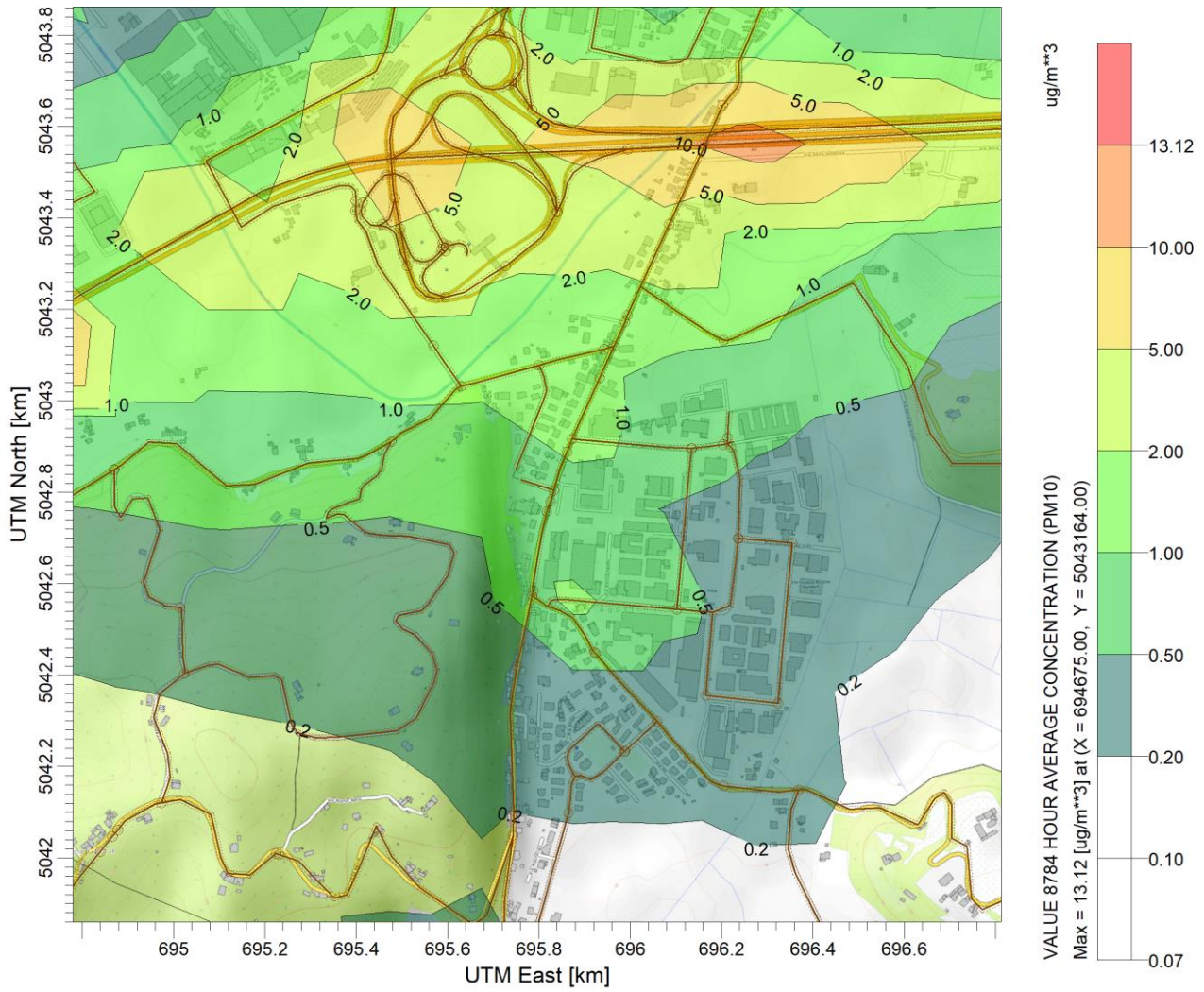


Figura 17 PM10 media annuale - scenario stato attuale

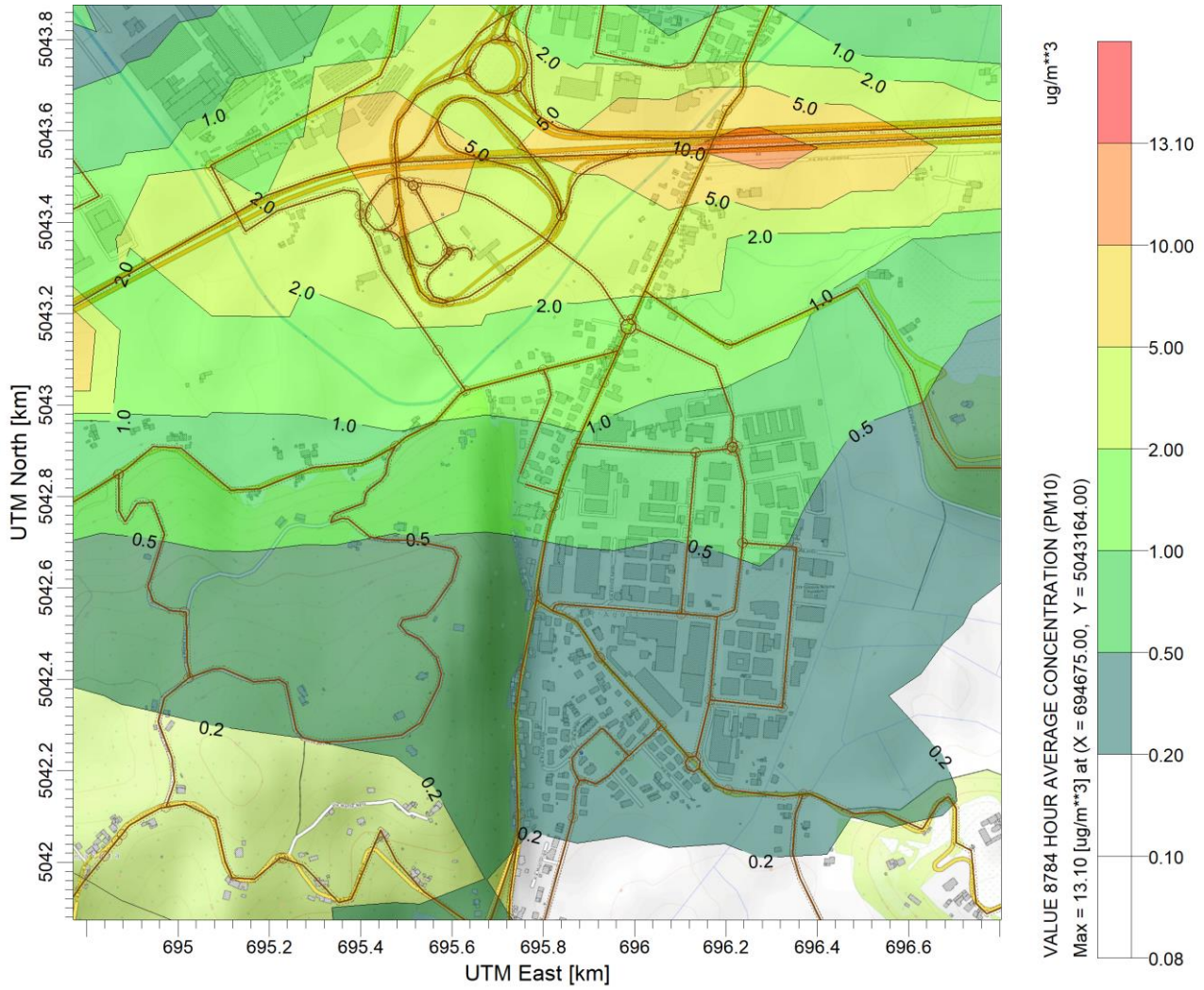


Figura 18 PM10 media annuale - scenario di progetto

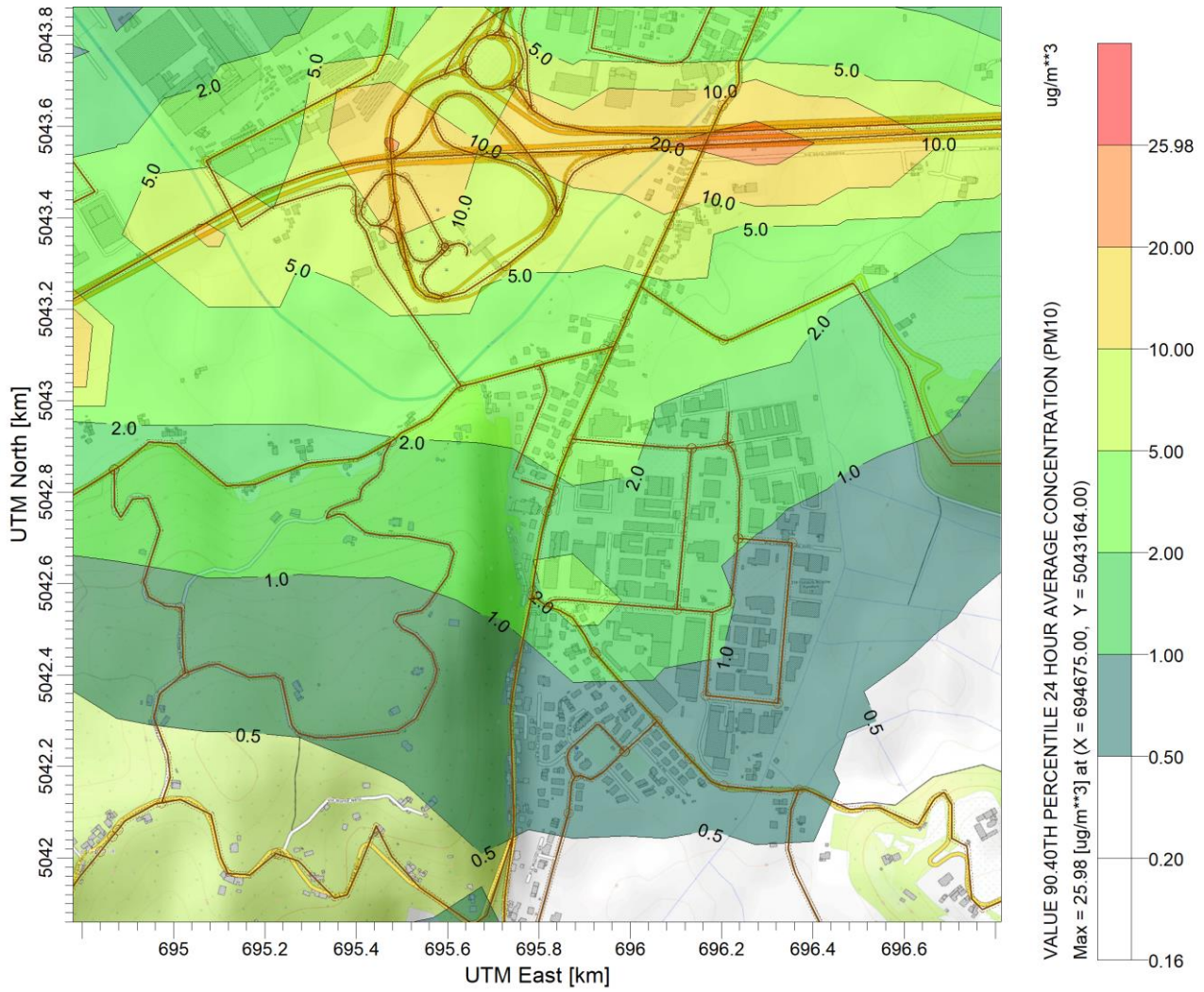


Figura 19 PM10 90.4° percentile delle medie giornaliere - scenario stato attuale

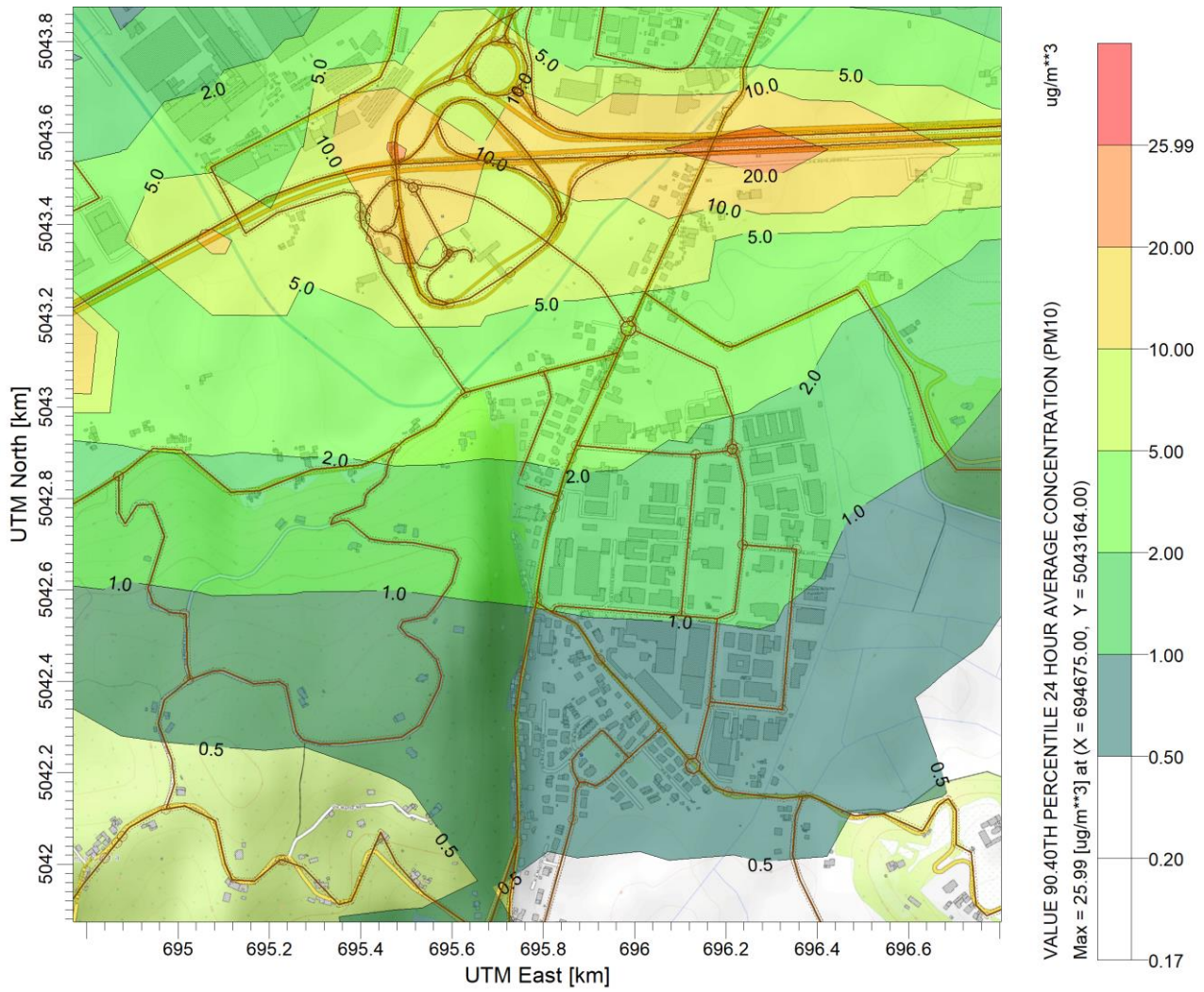


Figura 20 PM10 90.4° percentile delle medie giornaliere - scenario di progetto

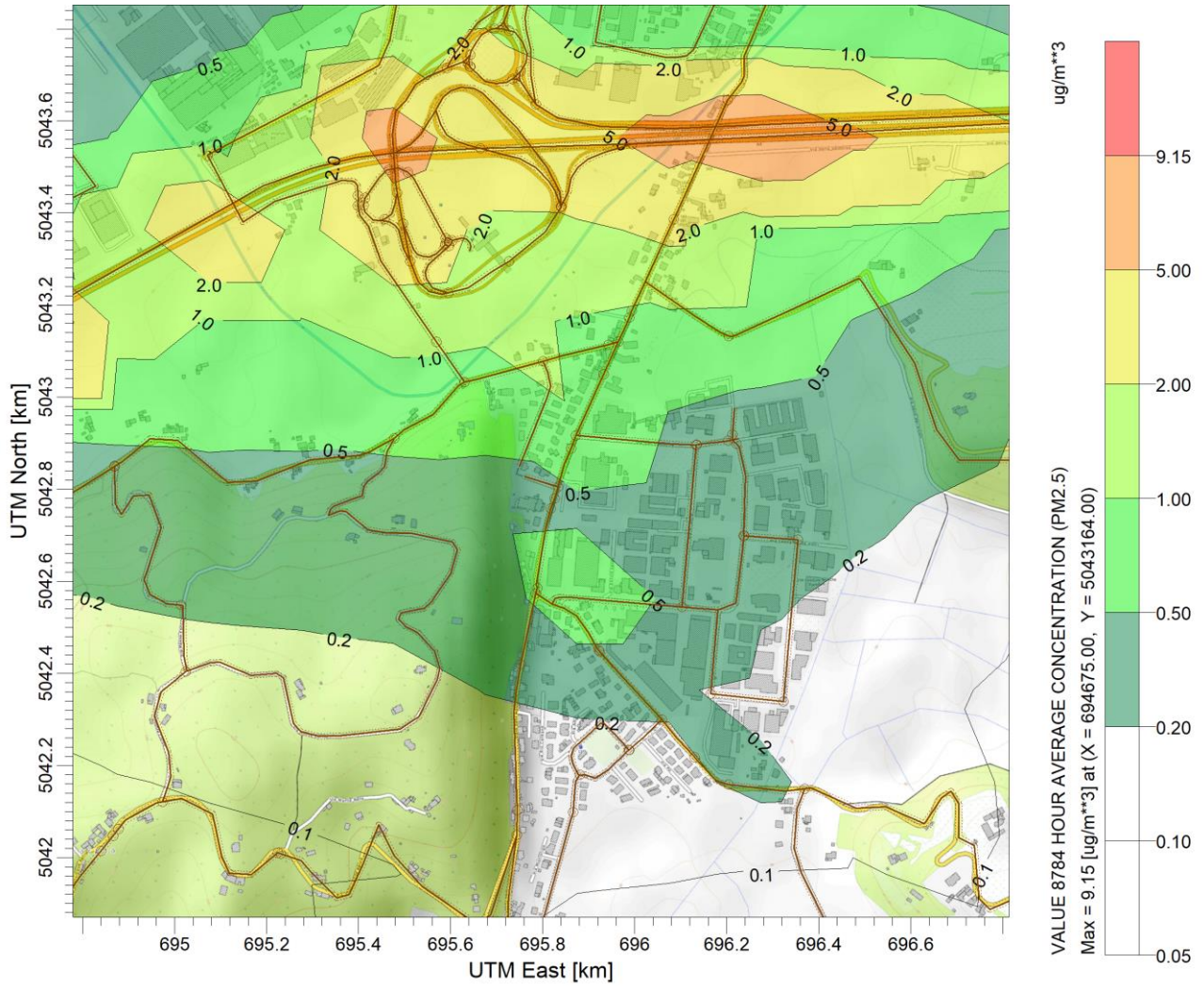


Figura 21 PM2.5 media annuale - scenario stato attuale

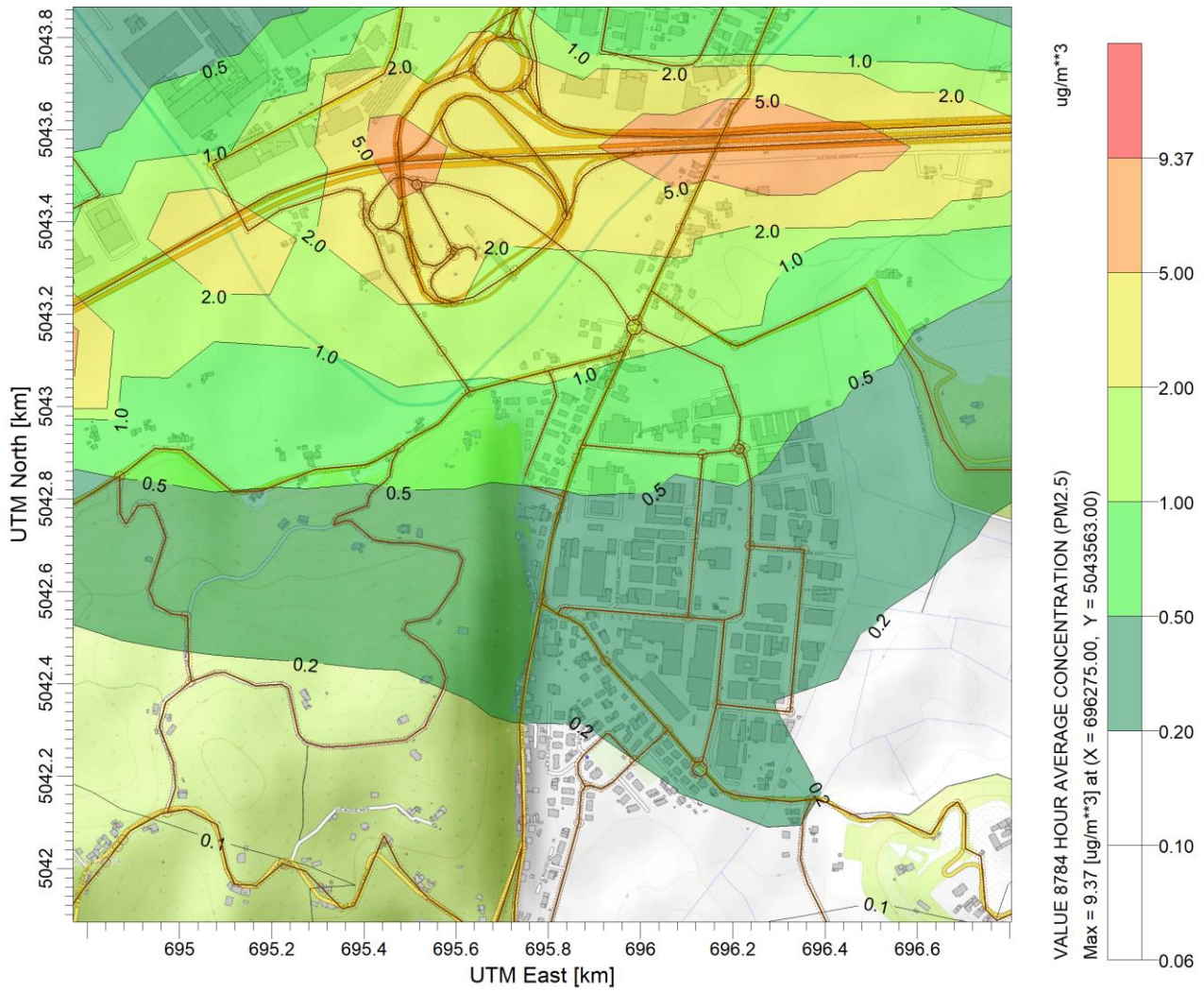


Figura 22 PM2.5 media annuale - scenario di progetto

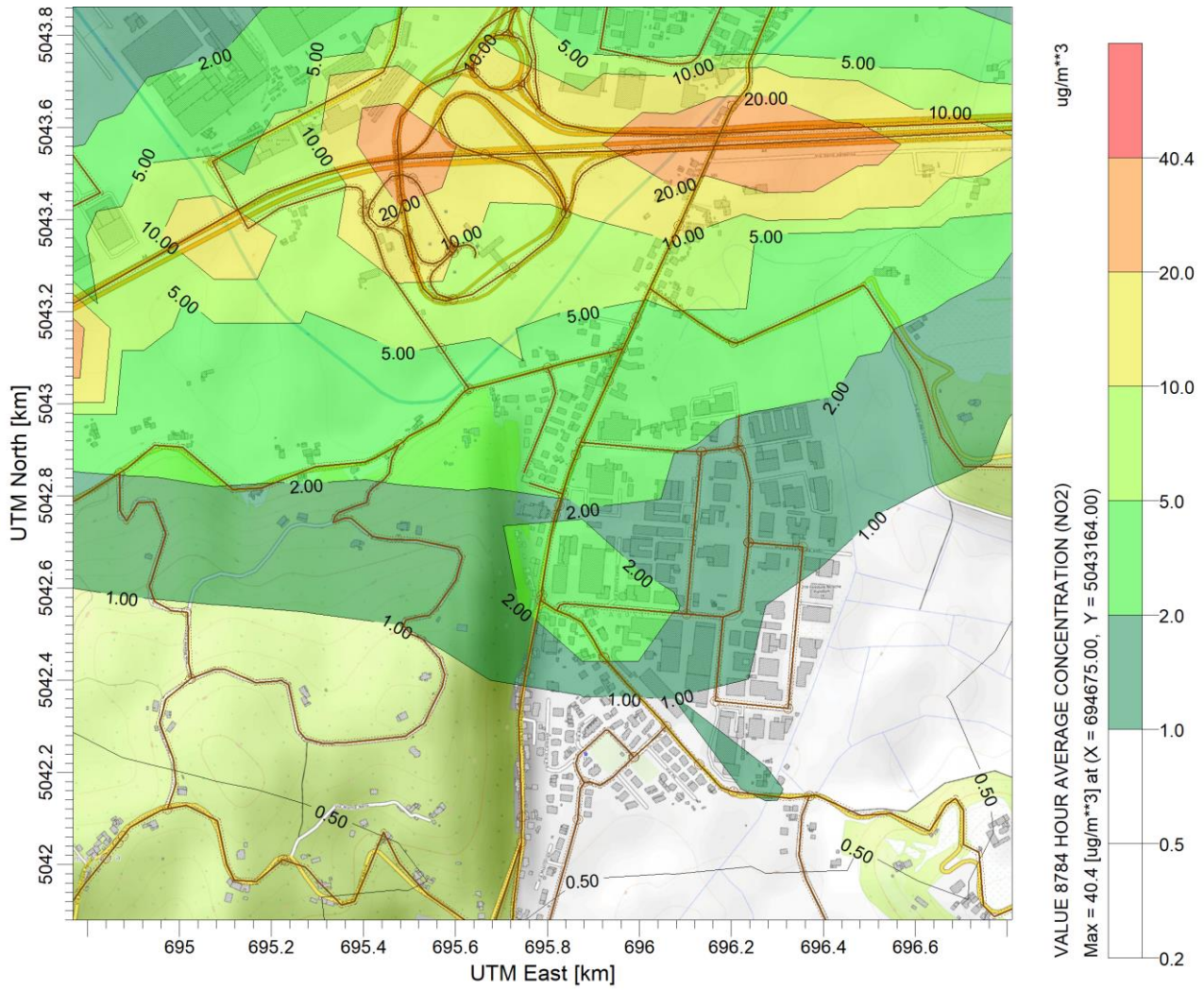


Figura 23 NO₂ media annuale - scenario stato attuale

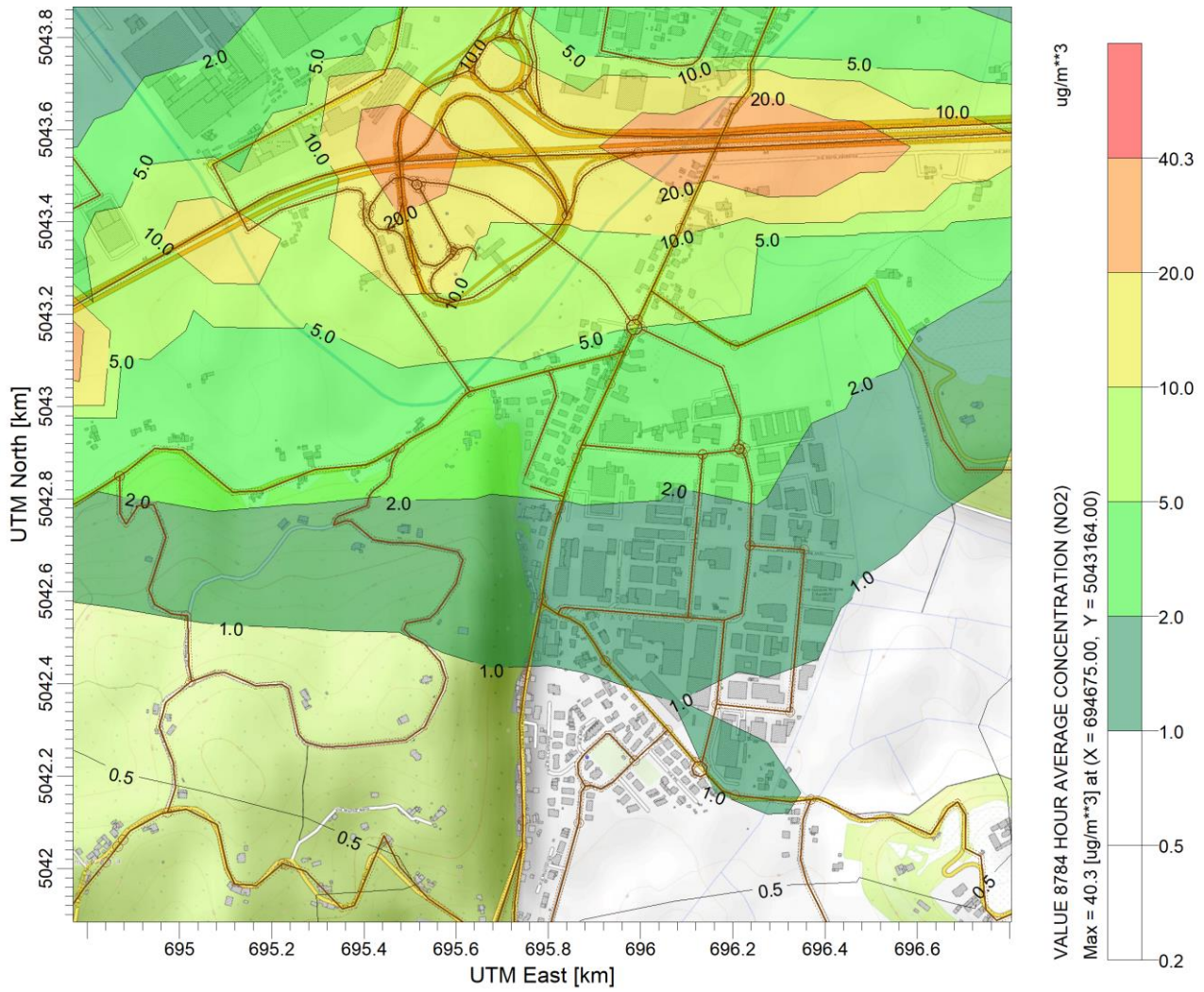


Figura 24 NO₂ media annuale - scenario di progetto

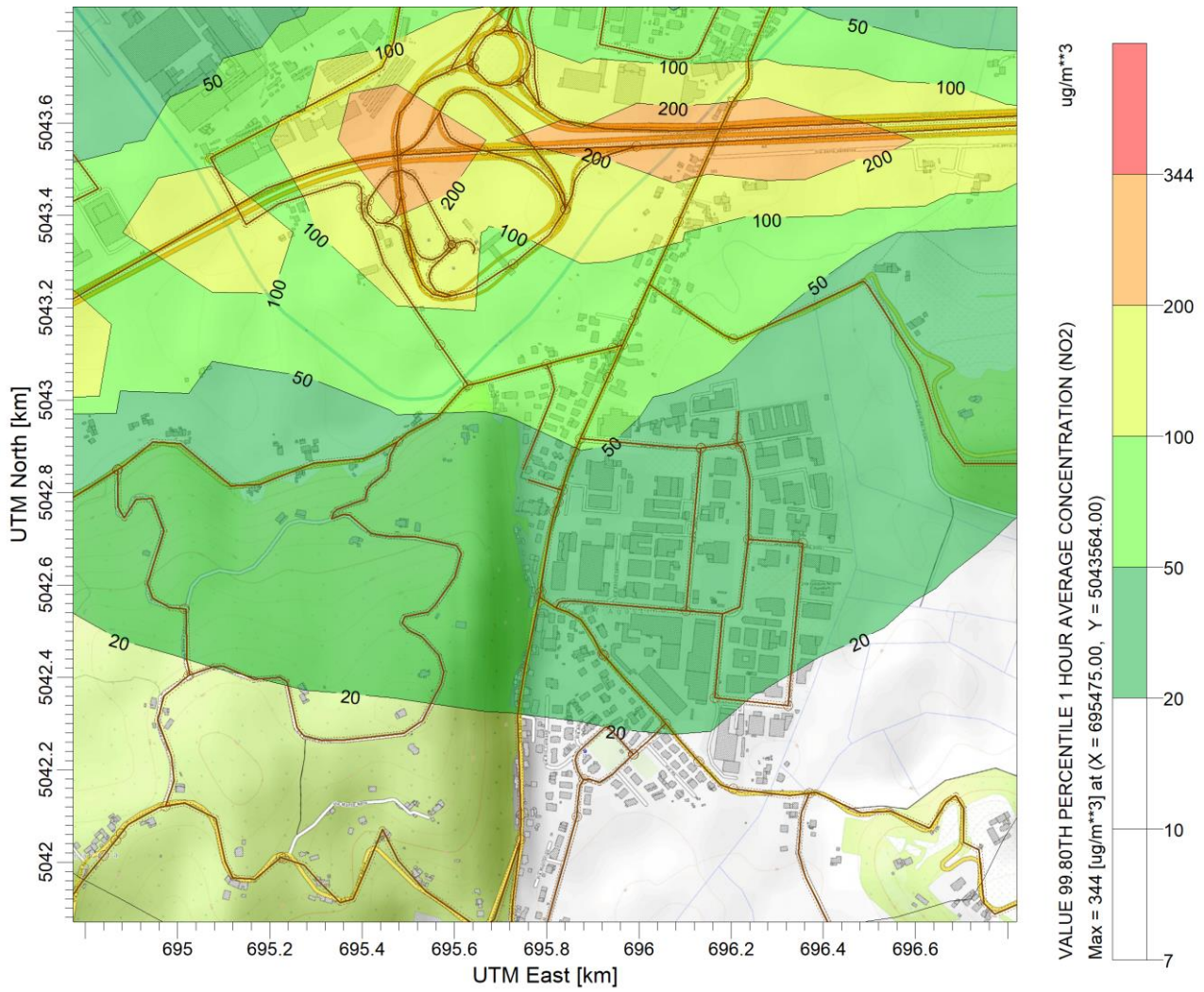


Figura 25 NO2 99.8° percentile delle concentrazioni medie orarie – scenario stato attuale

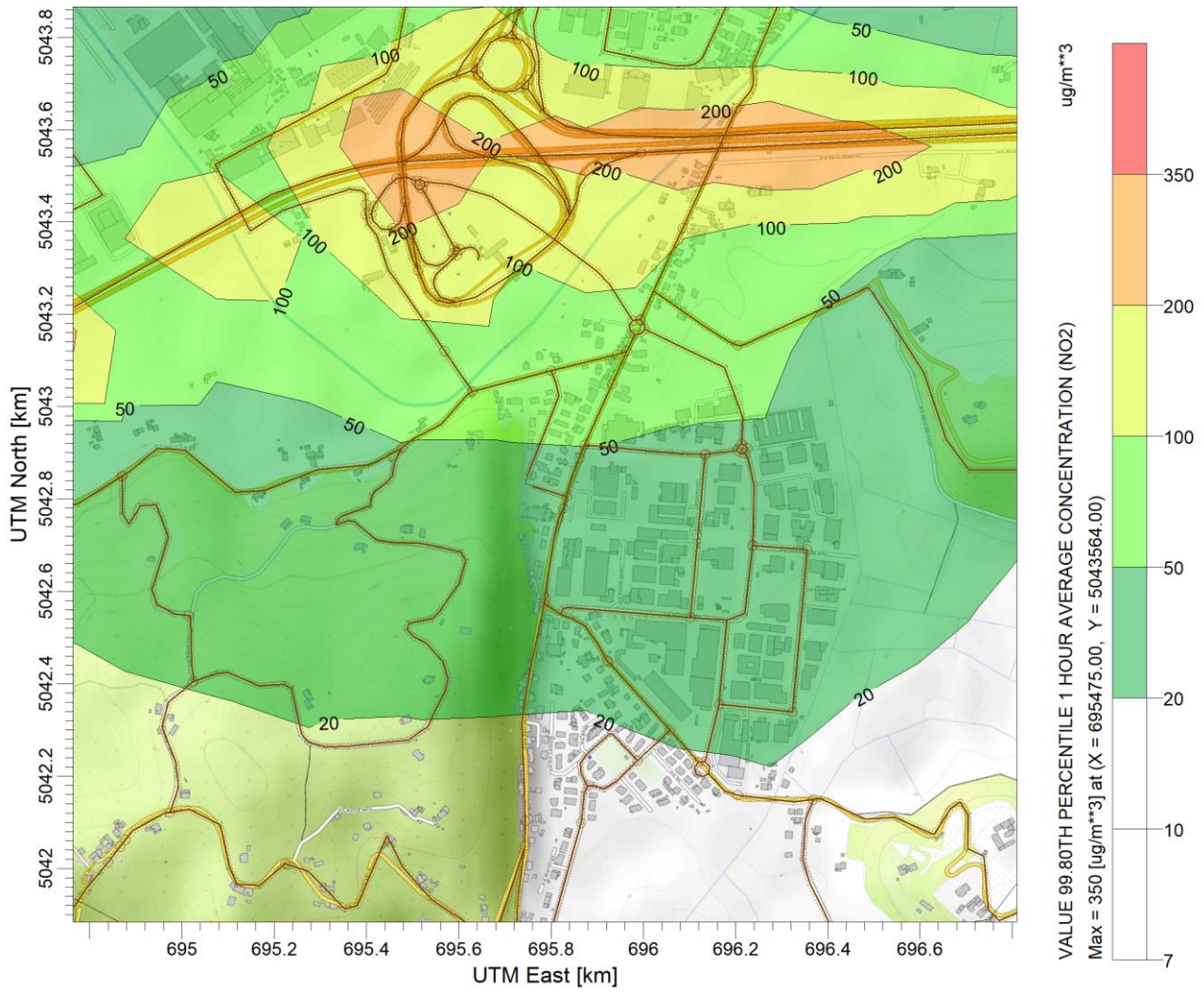


Figura 26 NO2 99.8° percentile delle concentrazioni medie orarie - scenario di progetto

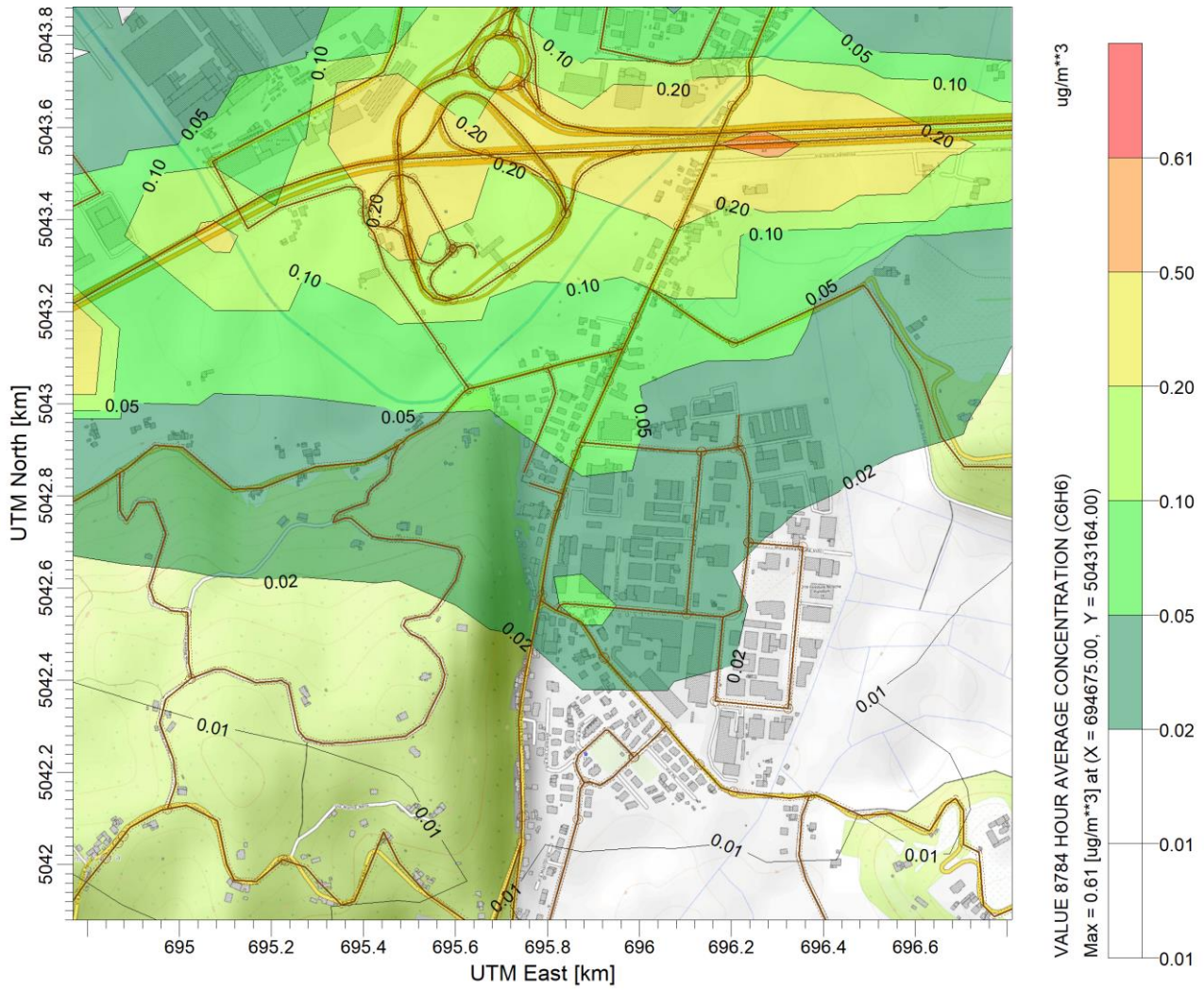


Figura 27 Benzene media annuale - scenario stato attuale

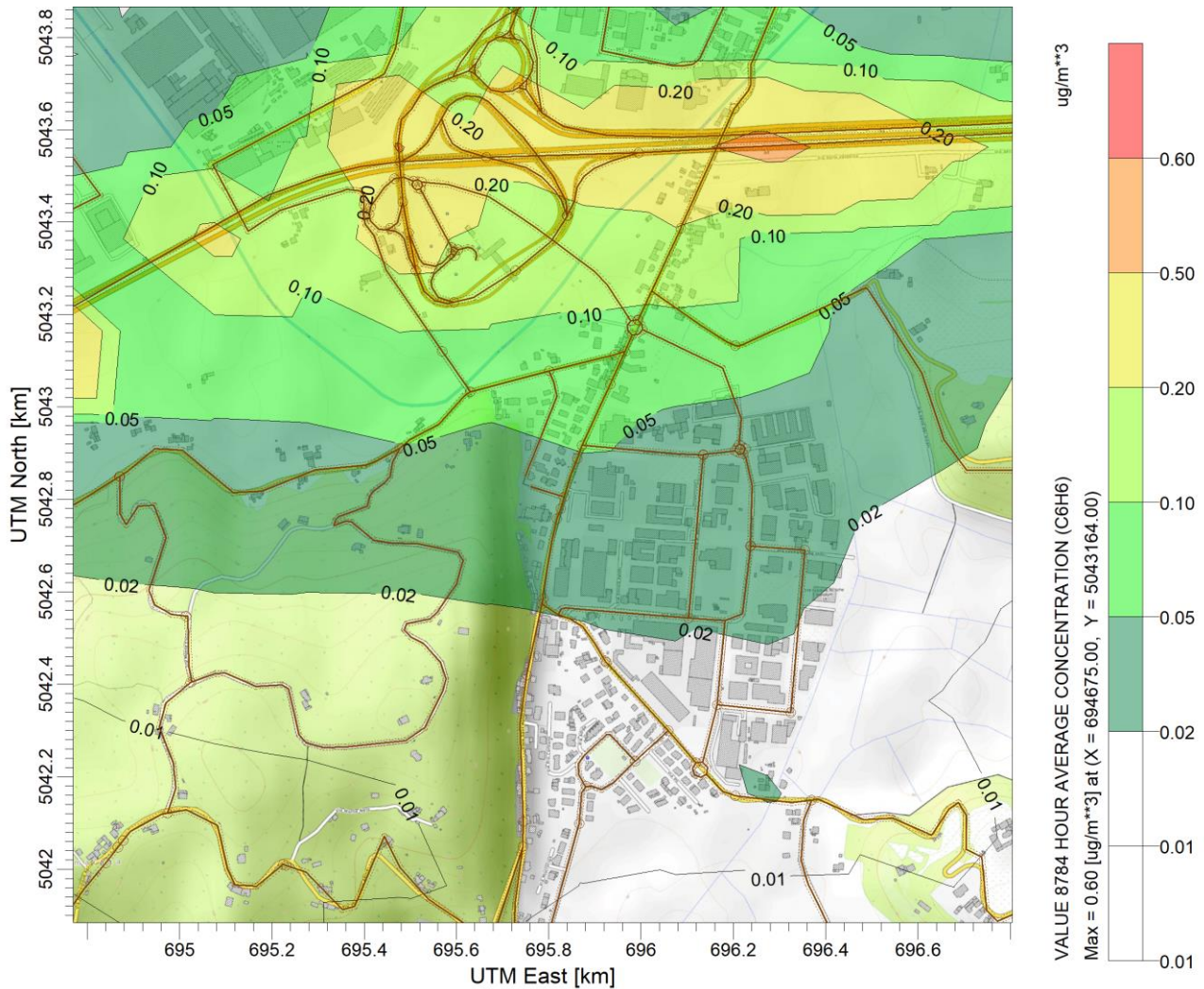


Figura 28 Benzene media annuale - scenario di progetto

9 SIMULAZIONI DI DISPERSIONE IN ATMOSFERA PER LA FASE DI CANTIERE

La quantificazione delle emissioni di PM10 da risolleamento, come di seguito descritto, è basata sul documento “Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti”, elaborato dai tecnici dell’Articolazione funzionale “Modellistica previsionale” di ARPA Toscana e recepito con DGP 213-09 della Provincia di Firenze⁸. Queste Linee guida rispondono all’esigenza, di definire uno strumento di quantificazione delle emissioni polverulente sia per le procedure di autorizzazione alle emissioni che per la VAS e la VIA di specifiche opere e attività. I metodi di valutazione proposti provengono principalmente da dati e modelli dell’US-EPA (WebFire⁹, AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors¹⁰)

Nel caso specifico si valuta per via modellistica la più critica condizione di risolleamento e dispersione di PM10 derivante dalle operazioni di scavo, carico su camion, transito di mezzi sulla pista di cantiere

⁸<http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/aria/modellistica-per-la-qualita-dellaria/delibera-giunta-provinciale-213-03112009-attivita-polverulente.pdf>

⁹ <https://cfpub.epa.gov/webfire/>

¹⁰<https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors>

rappresentata dall'asse principale non asfaltato e scarico da camion nelle aree di deposito. Le ricadute derivanti dalle emissioni esauste dei mezzi di cantiere sono giudicate non significative nel contesto di inserimento.

Lo scenario di massimo impatto da polveri di risollevarimento è stato schematizzato, sulla base dei dati riportati nell'elaborato "Relazione cantierizzazione e bilancio materie"¹¹. L'analisi si focalizza sui cantieri a carico dei quali è prevista la maggiore quota di movimento terre:

- CS-AP01 - Asse principale
- CS-AP_ROT1 - Rotatoria 1
- CS-AP_ROT1 - Rampa 1
- CS-AP_ROT1 - Rampa 2
- CS-AP_ROT2 - Rotatoria 2 su Viale Sant'Agostino
- CS-AS02 - Viale Sant'Agostino
- CS-AS03 - Nuova viabilità
- PO01 - Ponte Fiume Retrone

Le assunzioni di base ai fini della schematizzazione delle sorgenti polverulente sono riportate di seguito.

- Totale volumi scavo (mc): 39633 mc
- Densità materiale: 1.7 Mg/mc
- Durata: 12 mesi (1760 ore)

Di seguito si riportano i fattori di emissione (EF) utilizzati ai fini della quantificazione dell'attività emissiva massima di cantiere. Per ognuno dei fattori utilizzati si riporta il riferimento bibliografico (codice SCC di WebFire o paragrafo AP42)

Scavo

È stato utilizzato il fattore di emissione definito dal codice WebFire SCC 3-05-027-60 Sand Handling, Transfer, and Storage in "Industrial Sand and Gravel", pari a 1.30×10^{-3} lb/tons di PTS, equivalente, considerando il 60% del particolato come PM10, a:

$$EF = 3.9 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg di PM10,}$$

Carico del materiale su camion

È stato utilizzato il fattore di emissione definito dal codice WebFire SCC 3-05-010-37 Truck loading overburden pari a:

$$EF = 7.5 \times 10^{-3} \text{ kg/Mg di PM10.}$$

Transiti dei mezzi su pista non asfaltata

È stato utilizzato il fattore di emissione definito dal modello emissivo proposto nel paragrafo 13.2.2 "Unpaved roads" di AP-42, basato sulla seguente formula:

$$EF \text{ (kg/km)} = 0.423 \times (s/12)^{0.9} \times (W/3)^{0.45}$$

¹¹ ARCUGN-VNHT-GEN-S0_ZZ-ZZ00_Z-TR-CW-0001

I ratei emissivi simulati sono ottenuti ipotizzando che il contenuto di s“silt” del materiale che costituisce la pista sia pari al 14% e che il dumper abbia un peso di 16 Mg a vuoto e possa portare un carico di 24 Mg (peso medio durante il trasporto: $W = 28$ Mg). La lunghezza della pista di cantiere è assunta pari a 1.1 km. Per questa attività, è stato valutato anche lo scenario mitigato mediante pratica di bagnatura della pista con efficienza di abbattimento pari al 80%, come descritto nella tabella 9 dell’All. 1 del DGP 213-09 della Provincia di Firenze riportata di seguito.

Tabella 9 Intervallo di tempo in ore tra due applicazioni successive $\tau(h)$ per un valore di $trh < 5$

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

Scarico del materiale in aree di stoccaggio

È stato utilizzato il fattore di emissione definito dal codice WebFire SCC 3-05-010-42 Truck Unloading Bottom Dump - Overburden, pari a:

$$EF = 5.0 \times 10^{-4} \text{ kg/Mg}$$

In tabella seguente si riportano i ratei emissivi calcolati per ognuna delle attività di cui sopra. Ai fini dei calcoli di dispersione, la sorgente di polveri da risollevarmento è stata schematizzata come una sorgente areale che inviluppa le aree di progetto (superficie complessiva pari a 56000 m^2 , evidenziata in verde nelle successive mappe di dispersione).

Tabella 4 Ratei emissivi di PM10 dalle aree di cantiere interessate da movimenti terra

Attività	Fattore di emissione	Rateo emissivo (g/h) senza mitigazione	Rateo emissivo (g/h) con mitigazione
Scavo	SCC 3-05-027-60 Sand Handling, Transfer, and Storage	14.9	14.9
Carico su camion	SCC 3-05-010-37 Truck Loading: Overburden	287.1	287.1
Transiti su pista non asfaltata	AP-42 13.2.2 Unpaved roads	4659.2	931.8
Scarico materiale	SCC 3-05-010-42 Truck Unloading: Bottom Dump - Overburden	19.1	19.1
Totale		4980.4	1253.0

Nelle successive figure si mostrano i risultati del calcolo di dispersione di PM10 (media annuale e 90.4° percentile delle medie giornaliere) per gli scenari senza mitigazione (Figura 29) e con mitigazione con efficienza di abbattimento al 80% (Figura 30).

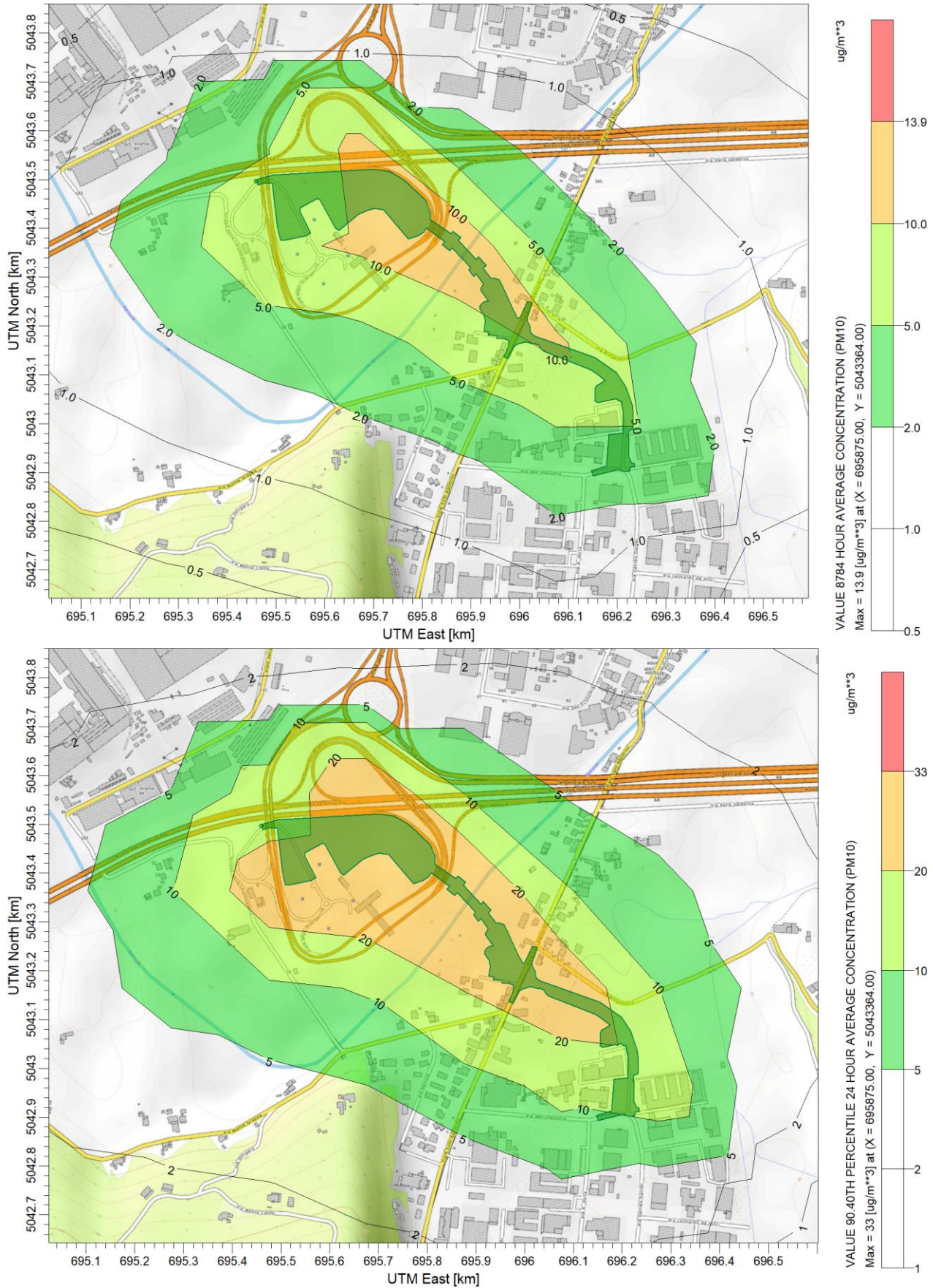


Figura 29 PM10, Scenario di cantiere in assenza di sistemi di mitigazione (sopra: media annuale, sotto: 90.4° percentile delle medie giornaliere)

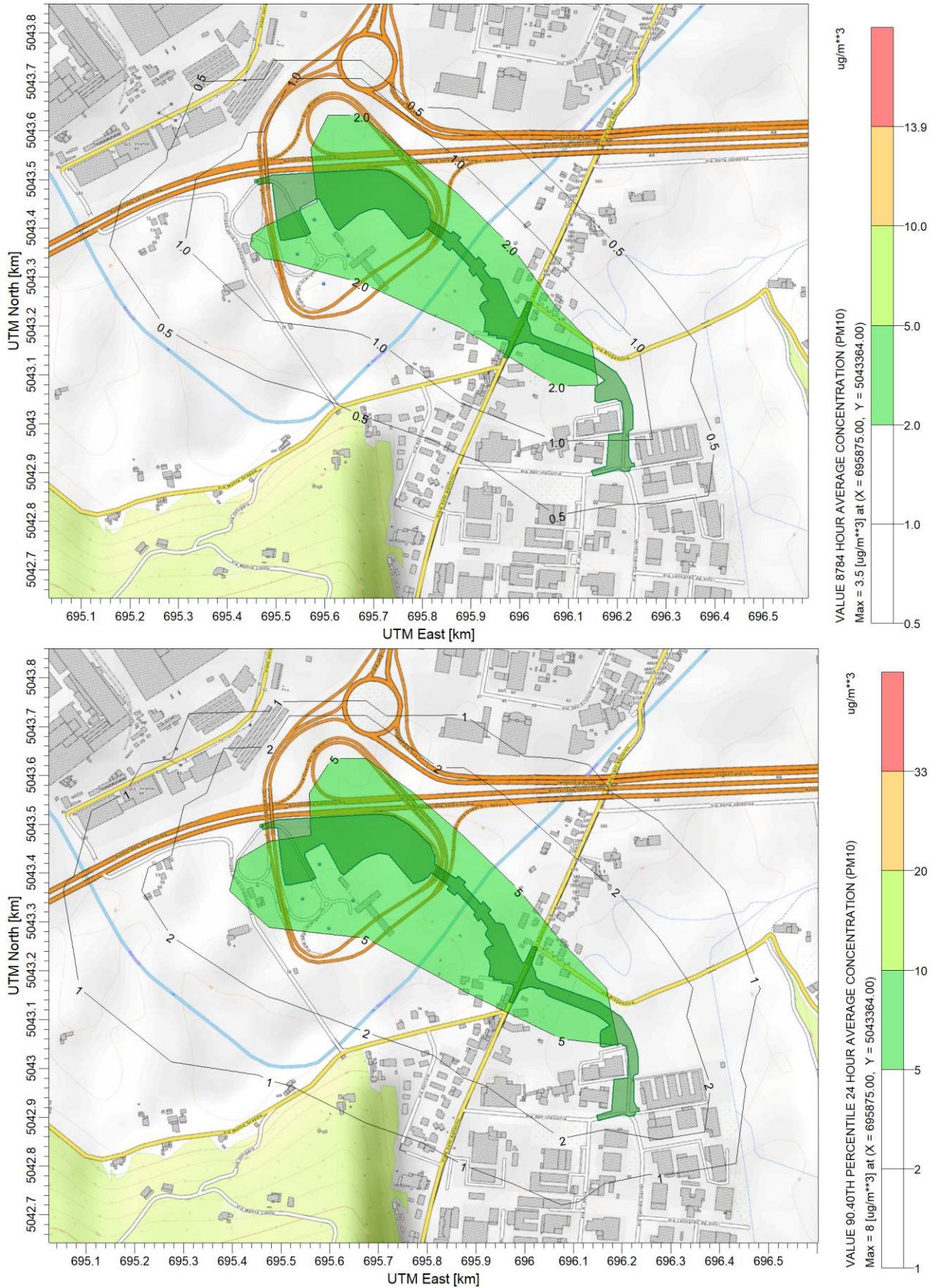


Figura 30 PM10, Scenario di cantiere, con mitigazione mediante bagnatura con efficienza di abbattimento pari a 80% (sopra: media annuale, sotto: 90.4° percentile delle medie giornaliere).

10 DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Fase di esercizio

Come risulta dalle mappe di ricaduta degli inquinanti presentate in precedente cap. 8, lo scenario di progetto non introduce variazioni di rilievo per quanto riguarda la posizione dei massimi di griglia, che si collocano sempre in corrispondenza della sede autostradale A4.

Anche la distribuzione spaziale complessiva dei valori di concentrazione degli inquinanti nel dominio di calcolo è soggetta, nello scenario di progetto, a variazioni poco rilevanti rispetto allo scenario attuale, poiché l'attuale e futura ricaduta degli inquinanti su Nogarazza, sempre di entità ridotta rispetto ai valori limite imposti dal D.Lgs. 155/2010, deriva, per la maggior parte, da A4 e relativo casello Vi Ovest.

Inoltre si osserva che la nuova viabilità tra la rotatoria 2 su V.le S.Agostino e la rotatoria 3 su via Galilei/via dell'Industria, comporterà una lieve riduzione delle ricadute a beneficio della parte residenziale sud di Nogarazza ed il contestuale lieve incremento di ricadute intorno al nuovo tracciato in progetto, dove allo stato attuale non si rileva la presenza di recettori.

Fase di cantiere

Una pratica mitigativa mediante bagnatura della pista con efficienza di abbattimento delle polveri pari al 80% consente di mantenere l'area di impatto del cantiere entro lo stretto intorno dell'area di cantiere, con concentrazioni medie annuali di PM10 ($\sim 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) frazionali rispetto al limite di legge ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ D.Lgs. 155/2010). Non si prevedono pertanto criticità per questa fase.

In generale dovrà quindi essere adottato il seguente insieme di accorgimenti per contenere l'impatto del cantiere sulla componente atmosfera:

1. bagnatura delle aree (scavo e piste di cantiere) soggette ad emissione polverulenta con efficienza di abbattimento pari al 80%
2. limitazione della velocità dei mezzi in transito sulla viabilità di cantiere
3. impiego di mezzi omologati secondo le direttive più recenti o dotate di sistemi di abbattimento efficaci
4. trasporto di inerti su viabilità ordinaria con mezzi telonati o chiusi

L'impatto derivante dalla fase di cantiere è temporaneo e reversibile a breve termine, ed è giudicato compatibile, in relazione alla tipologia dell'opera ed al contesto di inserimento.

11 CONCLUSIONI

Sulla base di quanto sopra discusso si ritiene il progetto compatibile nel contesto di previsto inserimento.