

**NUOVA LINEA TORINO LIONE
PARTE COMUNE ITALO FRANCESE - TRATTA IN TERRITORIO ITALIANO
CUP C11J05000030001**

**PROGETTO PRELIMINARE IN VARIANTE
CHIARIMENTI ED INTEGRAZIONI**

ATMOSFERA

(Regione Piemonte – Richiesta N. 4 a -4b -4c -4e -4f -4g -4i -4j)

Indice	Date / Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	15/12/2010	EMISSIONE PER COMMENTI	TECNIMONT	GARAVOGLIA OGNIBENE	CHANTRON MANCARELLA

N° Doc	P	P	2	C	3	0	T	S	3	2	0	4	1	0	P	A	N	O	T
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice		Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED / INDIRIZZO GED	C3C	//	//	55	02	04	10	1
--------------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	---

ECHELLE / SCALA

-

SOMMAIRE – INDICE

1.	FINALITÀ DEL DOCUMENTO	2
2.	INQUADRAMENTO NORMATIVO (OSSER. 4A)	2
3.	OSSERVAZIONE N. 4B	4
4.	OSSERVAZIONE N.4 C	4
5.	OSSERVAZIONE N.4 E	4
5.1	IDENTIFICAZIONE DEI PUNTI DI MASSIMA RICADUTA	4
5.1.1	Concentrazione media annuale di NO_x	5
5.1.2	Concentrazione media annuale di NO₂	10
5.1.3	99.8 percentile delle concentrazioni medie orarie di NO₂	15
5.1.4	Concentrazione media annuale di PM10	20
5.1.5	90.4 percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PM10	25
5.1.6	Concentrazione media annuale di PM2.5	30
6.	OSSERVAZIONE N. 4 F - H	35
7.	OSSERVAZIONE N. 4 G	35
8.	OSSERVAZIONE N. 4 I	35
8.1	SIMULAZIONE INCIDENTALE IN FASE DI ESERCIZIO	35
8.1.1	Localizzazione e tipologia dell'evento	35
8.1.2	Scelta dello scenario meteorologico	39
8.1.3	Ricostruzione meteorologica	41
8.1.4	Simulazione dello scenario emissivo	46
8.1.5	Risultati	49
8.1.6	Conclusioni	69
9.	OSSERVAZIONE N. 4J	69

1. Finalità del documento

Il presente elaborato è redatto quale documento integrativo e di chiarimento in riferimento alle osservazioni relative al tema ATMOSFERA formulate dagli Uffici della Regione Piemonte nell'ambito del procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale del Progetto Preliminare in Variante della Nuova Linea Torino Lione – Parte comune Italo Francese – Tratta in Territorio Italiano, e, in particolare, in risposta alle richieste N. 4a, 4b, 4c, 4e, 4f, 4g, 4h, 4i, 4j.

2. Inquadramento normativo (Osser. 4a)

Con la recente emanazione del DL 13/08/2010 n. 155, il legislatore ha recepito la Direttiva Europea 2008/50/CE (Relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa), operando a livello nazionale la stessa riorganizzazione e semplificazione delle norme esistenti a tutela della qualità dell'aria, realizzate nella normativa europea di settore con la direttiva 2008/50/CE. Sono stati quindi esplicitamente abrogate le precedenti norme di riferimento (DPR 203/88 - ad eccezione di quanto escluso dal D.Lgs. 152/2006, DM 20/5/1991, DM 15/4/1994, DM 25/11/1994, DM 16/5/1996, DL 4/8/99 n. 351 e DM 2/4/2002 n.60), inglobandone i contenuti in un atto unico, il Decreto Legislativo 155/2010.

Per quanto attiene ai diversi valori limite per le sostanze inquinanti oggetto di questo studio, il D.Lgs. 155/2010 ha mantenuto i valori già definiti dal D.M. 60/2002, che sono riassunti nelle seguenti tabelle (Tabella 1, Tabella 2, Tabella 3, Tabella 4). Inoltre, il D.L. 155/2010 ha introdotto un valore limite di 25 µg/m³ per la concentrazione media annuale di PM2.5 da raggiungere entro il 2015, a partire da un livello di 30 µg/m³, fissato per il 2008, con un margine di tolleranza progressivamente ridotto.

Sono previsti anche limiti e obiettivi di riduzione per l'esposizione media della popolazione nazionale, non riportati in tabella in quanto non di interesse nel presente studio.

È interessante notare che all'art. 2 viene introdotta una differenza di terminologia tra *valore limite*, cioè "il livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato" e *livello critico*, cioè "il livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, oltre il quale possono sussistere effetti negativi diretti su recettori quali gli alberi, le altre piante o gli ecosistemi naturali, esclusi gli esseri umani.", in sostituzione del 'valore limite per la protezione degli ecosistemi' previsto dal D.M. 60/2002.

Tabella 1. Limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria indicati dal DL 13/08/2010 n. 155 in recepimento della Dir 2008/50/CE.

Inquinante	Tipo di limite	Limite	Tempo di mediazione dati	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Monossido di carbonio	valore limite per la protezione della salute umana	10 mg/m ³	media massima giornaliera su 8 ore (*)	-	Già in vigore
Benzene	valore limite per la protezione della salute umana	5 µg/m ³	media annuale	-	Già in vigore

(*) La massima concentrazione media giornaliera su 8 ore si determina con riferimento alle medie consecutive su 8 ore, calcolate sulla base di dati orari ed aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata è riferita al giorno nel quale la serie di 8 ore si conclude: la prima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

Tabella 2. Valori obiettivo delle concentrazioni di ozono in atmosfera indicati dal DL 13/08/2010 n. 155 in recepimento della Dir 2008/50/CE.

Ozono	protezione della salute umana	Media 8 ore: 120 µg/m ³ da non superare più di 25 gg/anno (media su 3 anni)	Data entro la quale devono essere raggiunti i valori-obiettivo: 1/1/2010
	protezione degli ecosistemi	AOT40 ^(*) : 18000 µg/m ³ h (media su 5 anni)	

(*) L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha stabilito linee guida per la protezione della vegetazione sulla base del parametro AOT40. Si tratta di un indice di esposizione a lungo termine che rappresenta la somma di tutti i superamenti orari rispetto al valore di 40 ppb (circa 80 µg/m³) da maggio a luglio dalle ore 08:00 alle ore 20:00.

Tabella 3. Limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria indicati dal DL 13/08/2010 n. 155 in recepimento della Dir 2008/50/CE.

Inquinante	Tipo di limite	Limite (µg/m ³)	Tempo di mediazione dati	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Biossido di azoto	valore limite per la protezione della salute umana	200 (da non superare più di 18 volte l'anno)	media oraria	-	Già in vigore
	valore limite per la protezione della salute umana	40	media annuale	-	Già in vigore
Ossidi di azoto	Livello critico per la protezione della vegetazione	30	media annuale	-	Già in vigore

Tabella 4. Limiti alle concentrazioni di PM₁₀ e PM_{2,5} indicati dalla DL 13/08/2010 n. 155 in recepimento della Dir 2008/50/CE.

Inquinante	Tipo di limite	Limite (µg/m ³)	Tempo di mediazione dati	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
PM₁₀	valore limite per la protezione della salute umana	50 (da non superare più di 35 volte l'anno)	media nelle 24 ore	-	Già in vigore
	valore limite per la protezione della salute umana	40	media annuale	-	Già in vigore
PM_{2,5} (fase 1)	valore limite per la protezione della salute umana	25	media annuale	20% (*)	1/1/2015
PM_{2,5} (fase 2) (**)	valore limite per la protezione della salute umana	20	media annuale	-	1/1/2020

(*) Al 11 giugno 2008 con riduzione il 1/1/2009 ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% entro il 1 gennaio 2015.

(**) Valore limite indicativo da stabilire con successivo decreto ai sensi dell'articolo 22, comma 6, tenuto conto delle verifiche effettuate dalla Commissione europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri.

3. Osservazione n. 4b

Si rimanda alla risposta alla Commissione VIA - richiesta n. 9f del Ministero dell'Ambiente – Commissione VIA.

4. Osservazione n.4 c

Si rimanda alla risposta alla Commissione VIA -richiesta N° 9c,d,g del Ministero dell'Ambiente – Commissione VIA.

5. Osservazione n.4 e

5.1 Identificazione dei punti di massima ricaduta

Nelle pagine seguenti sono riportate le mappe di ricaduta degli indicatori di riferimento della normativa sulla qualità dell'aria per gli inquinanti che sono risultati più critici nell'analisi condotta: ossidi di azoto NO_x, biossido di azoto NO₂, polveri PM10 e PM2.5.

In queste mappe è stato considerato il contributo aggiuntivo del sito potenziale di Cantalupo e sono stati indicati i punti di massima ricaduta in corrispondenza di ogni sito, all'esterno dell'area di cantiere o di deposito prevista, in sintonia con quanto previsto all'art. 2 dell'Allegato III del D.L. 155/2010.

In pratica, a partire dalle concentrazioni medie ottenute su una griglia a 250 m di risoluzione orizzontale, sono stati calcolati i massimi relativi per ogni sito, escludendo i punti griglia che ricadono nei poligoni che delimitano le aree di cantiere, all'interno delle quali non sono applicabili i limiti definiti dal D. Lgs. 155/2010. È opportuno sottolineare però che, per effetto della spazializzazione delle emissioni, anche le infrastrutture viarie di accesso ai siti assumono una geometria bidimensionale, rendendo meno netta la classificazione dei punti griglia *esterni* alle aree di cantiere. Nei siti di Chiusa San Michele e Carriere du Paradis, in cui il massimo risulta adiacente ad una via di ingresso al cantiere (si vedano per esempio la Figura 1 e la Figura 4), questo effetto appare particolarmente evidente.

In generale le massime ricadute interessano zone contigue alle aree di cantierizzazione. Fa eccezione il 99.8 percentile delle concentrazioni medie orarie di biossido di azoto, un indicatore introdotto per la protezione della popolazione da episodi di inquinamento acuto che rappresenta il diciottesimo valore di concentrazione oraria nell'anno. In questo caso, i massimi tendono a ricadere in aree remote, dove possono avvenire sporadici impatti con la topografia più complessa.

Nella lettura delle tabelle seguenti, che individuano le coordinate dei massimi di ricaduta in corrispondenza di ogni sito, bisogna comunque tenere presente che la metodologia di analisi adottata è finalizzata alla valutazione dell'impatto dei lavori nel loro complesso, e ogni valore di concentrazione riportato è il risultato della dispersione delle emissioni di tutti i siti (almeno in ciascuno dei tre domini di calcolo) e non del solo sito di riferimento. Per questa ragione, si è ritenuto di accorpare i cantieri di Susa Autoporto e Imbocco Ovest del tunnel dell'Orsiera.

5.1.1 Concentrazione media annuale di NO_x

Tabella 5. Coordinate dei punti massima ricaduta – Media annuale di ossidi di azoto

Cantiere	Coordinate UTM (UTM32-WGS84)	Concentrazione massima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Livello critico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Chiusa San Michele	4996500 368750	8.62	30
Orsiera imbocco ovest/Susa Autoporto	4999500 351000	19	
Base imbocco est	5000500 348500	88	
Cantalupo	4998500 347000	11	
Prato Giò	5001250 344500	12.1	
Maddalena	4999500 342000	12.3	
Clarea	5001250 339250	0.19	
Carriere du Paradis	5008500 340750	24.3	

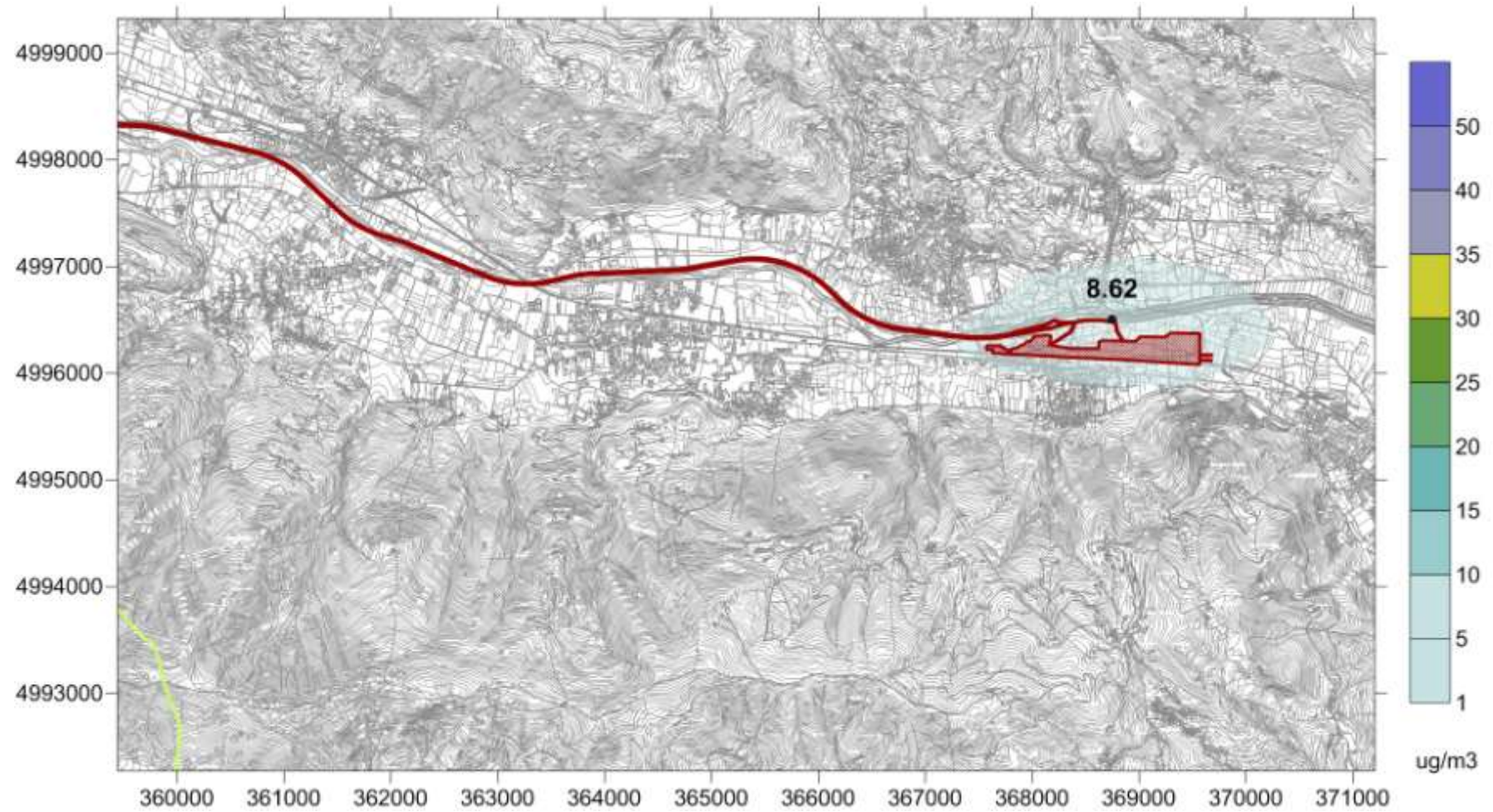


Figura 1 - Concentrazioni medie annuali di NO_x: cantiere di Chiusa San Michele.

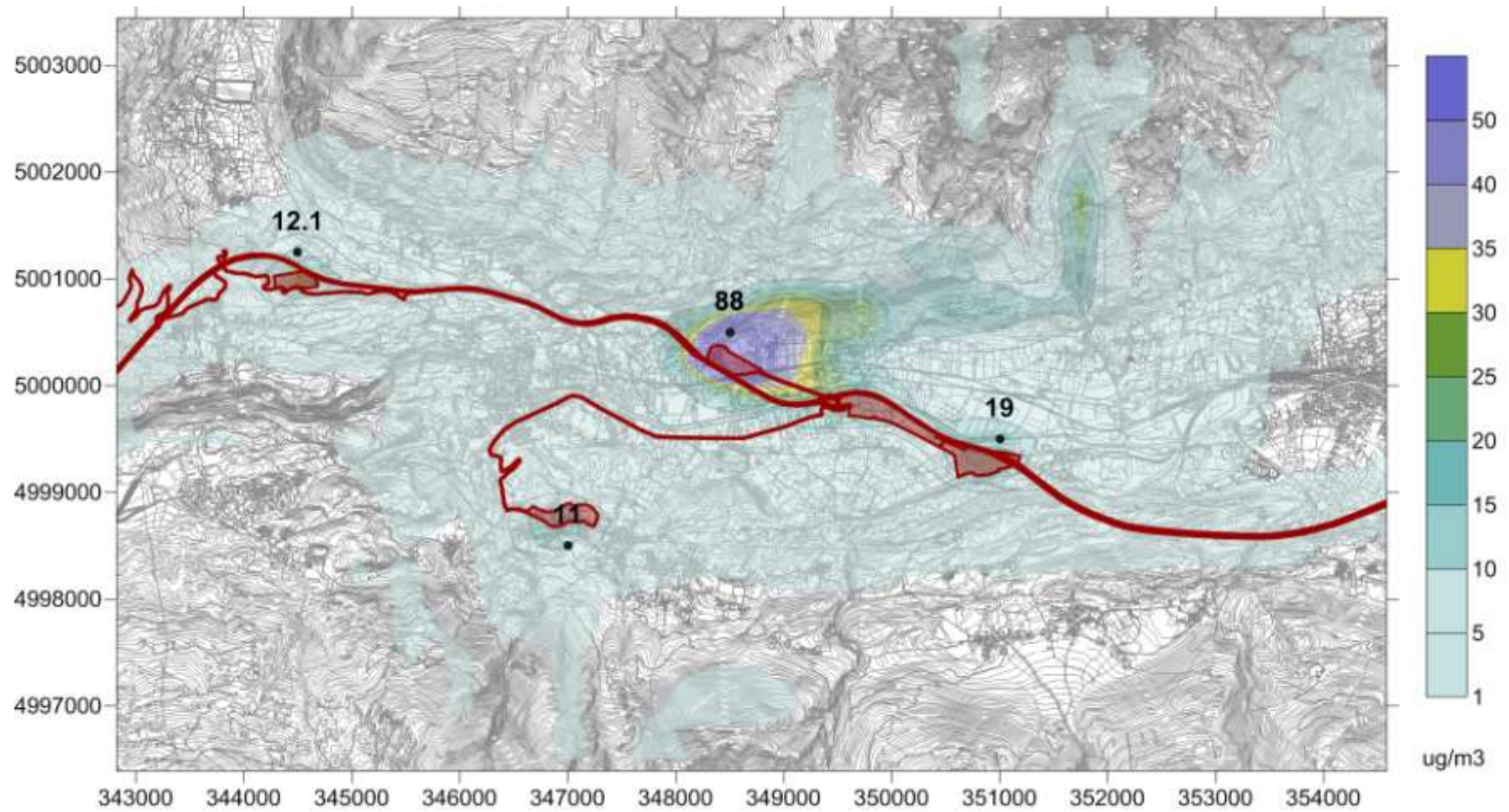


Figura 2 - Concentrazioni medie annuali di NO_x: cantieri di Orsiera Ovest, Susa Autoporto, Tunnel di base Est, Cantalupo, Prato Giò.

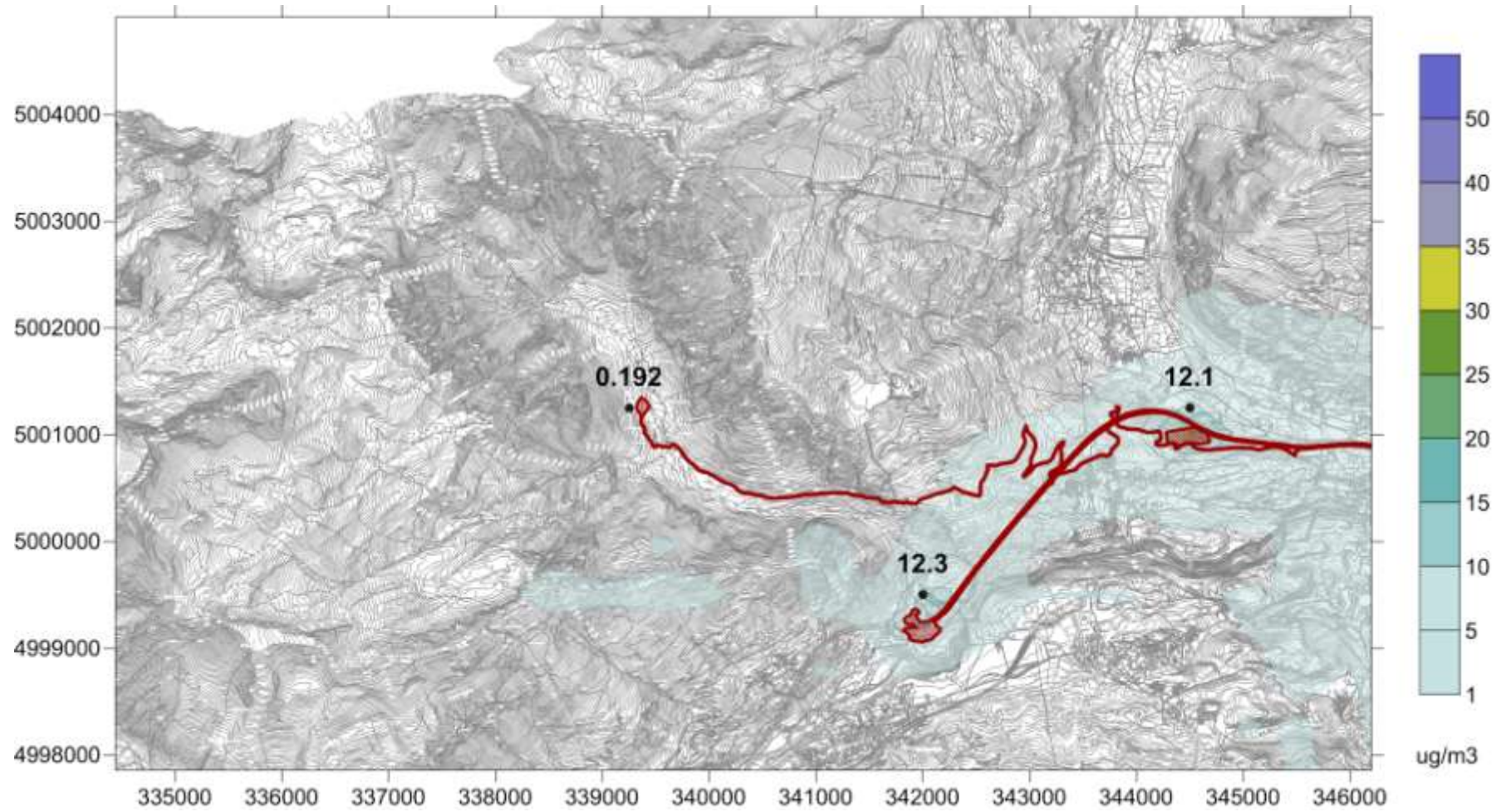


Figura 3 - Concentrazioni medie annuali di NO_x: cantieri di Prato Giò, Maddalena e Clarea.

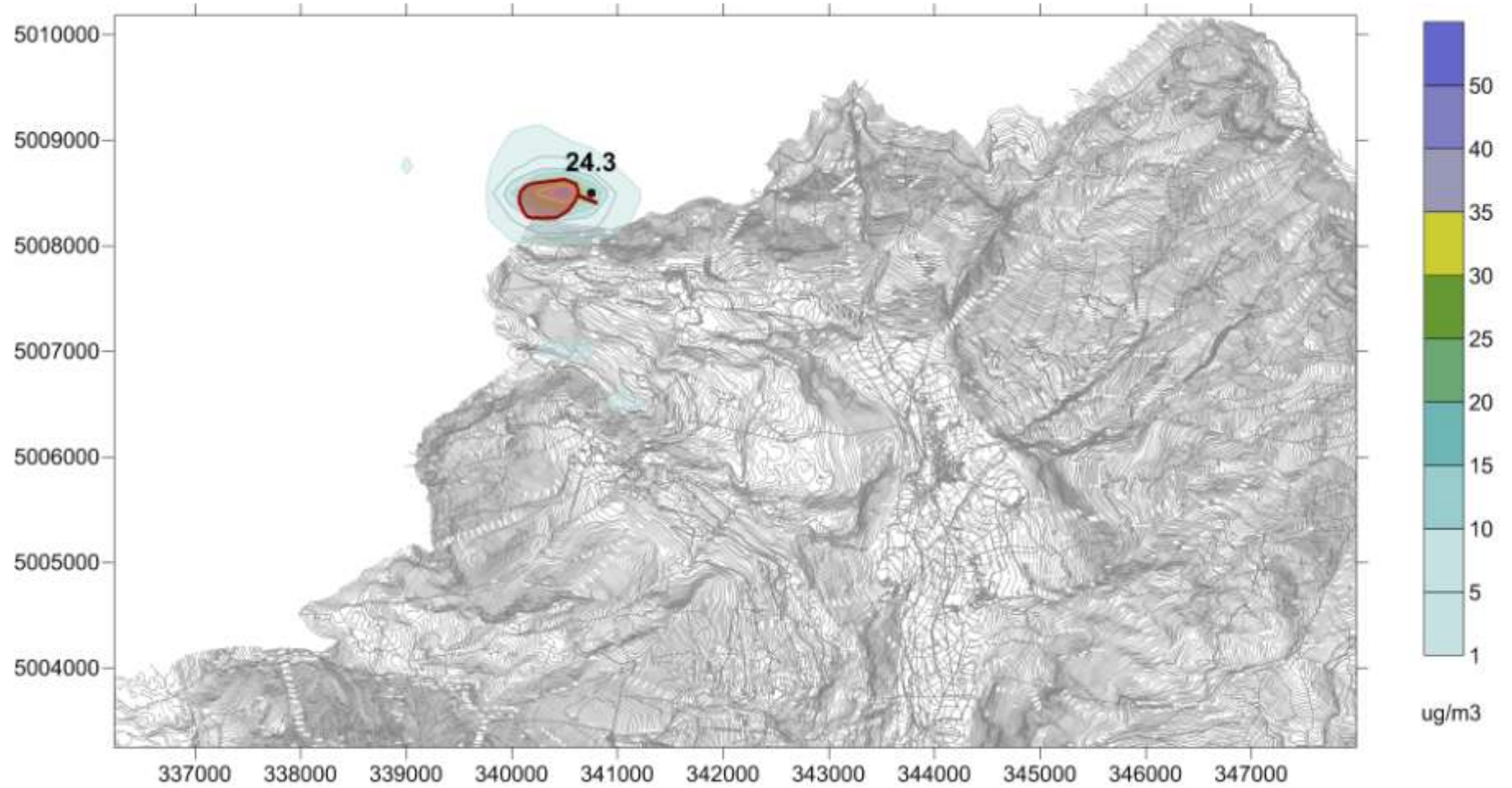


Figura 4 - Concentrazioni medie annuali di NO_x: deposito di Carriere du Paradis.

5.1.2 Concentrazione media annuale di NO₂

Tabella 6. Coordinate dei punti massima ricaduta – Media annuale di biossido di azoto

Cantiere	Coordinate UTM (UTM32-WGS84)	Concentraz. massima (µg/m³)	Valore limite (µg/m³)
Chiusa San Michele	4996500 368750	6.43	40
Orsiera imbocco ovest/Susa Autoporto	4999500 351000	14.3	
Base imbocco est	5000500 348500	44	
Cantalupo	4998500 347000	7.67	
Prato Giò	5001250 344500	8.86	
Maddalena	4999500 342000	8.97	
Clarea	5001250 339250	0.12	
Carriere du Paradis	5008500 340750	17.8	

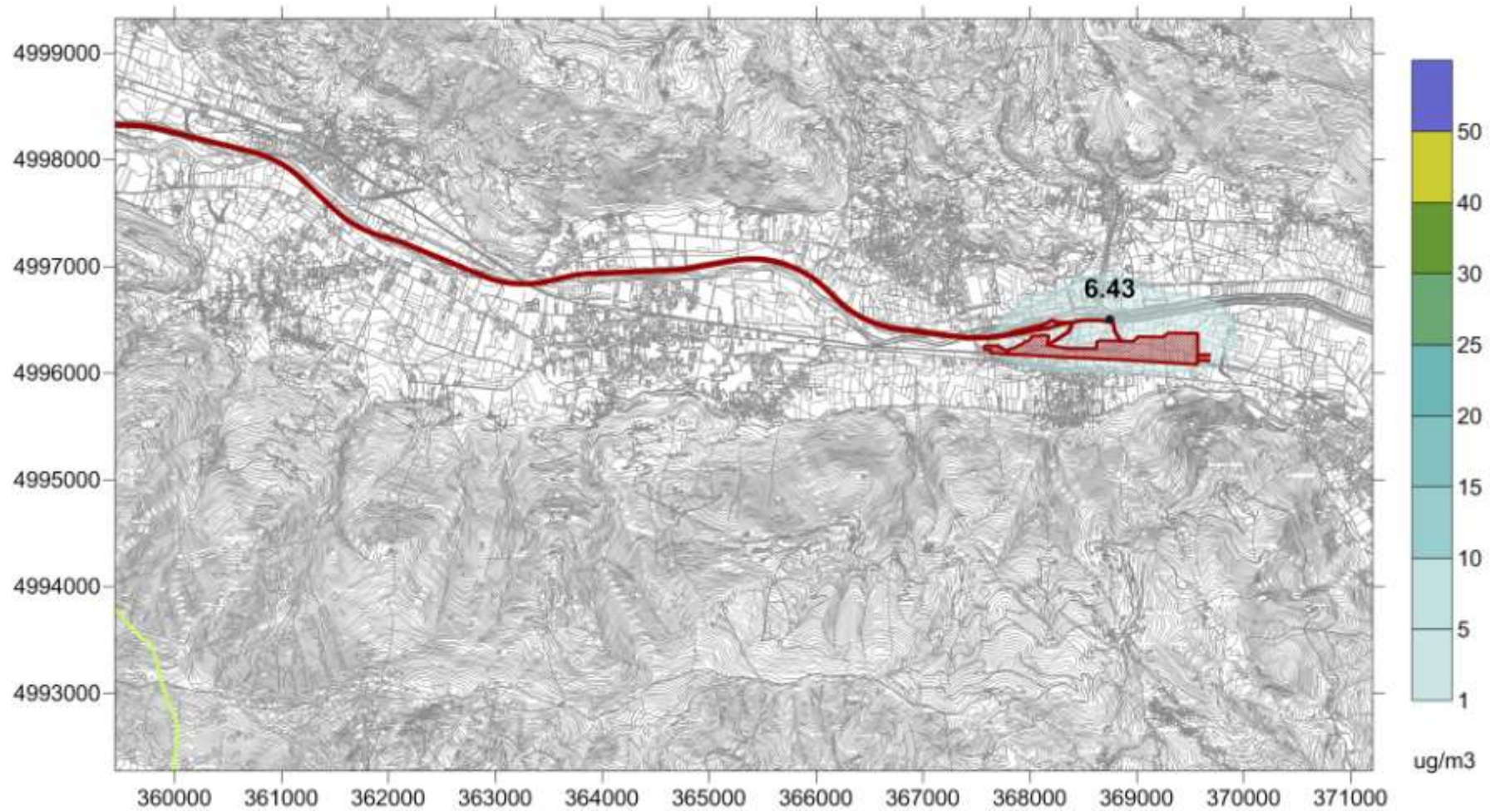


Figura 5 - Concentrazioni medie annuali di NO₂: cantiere di Chiusa San Michele.

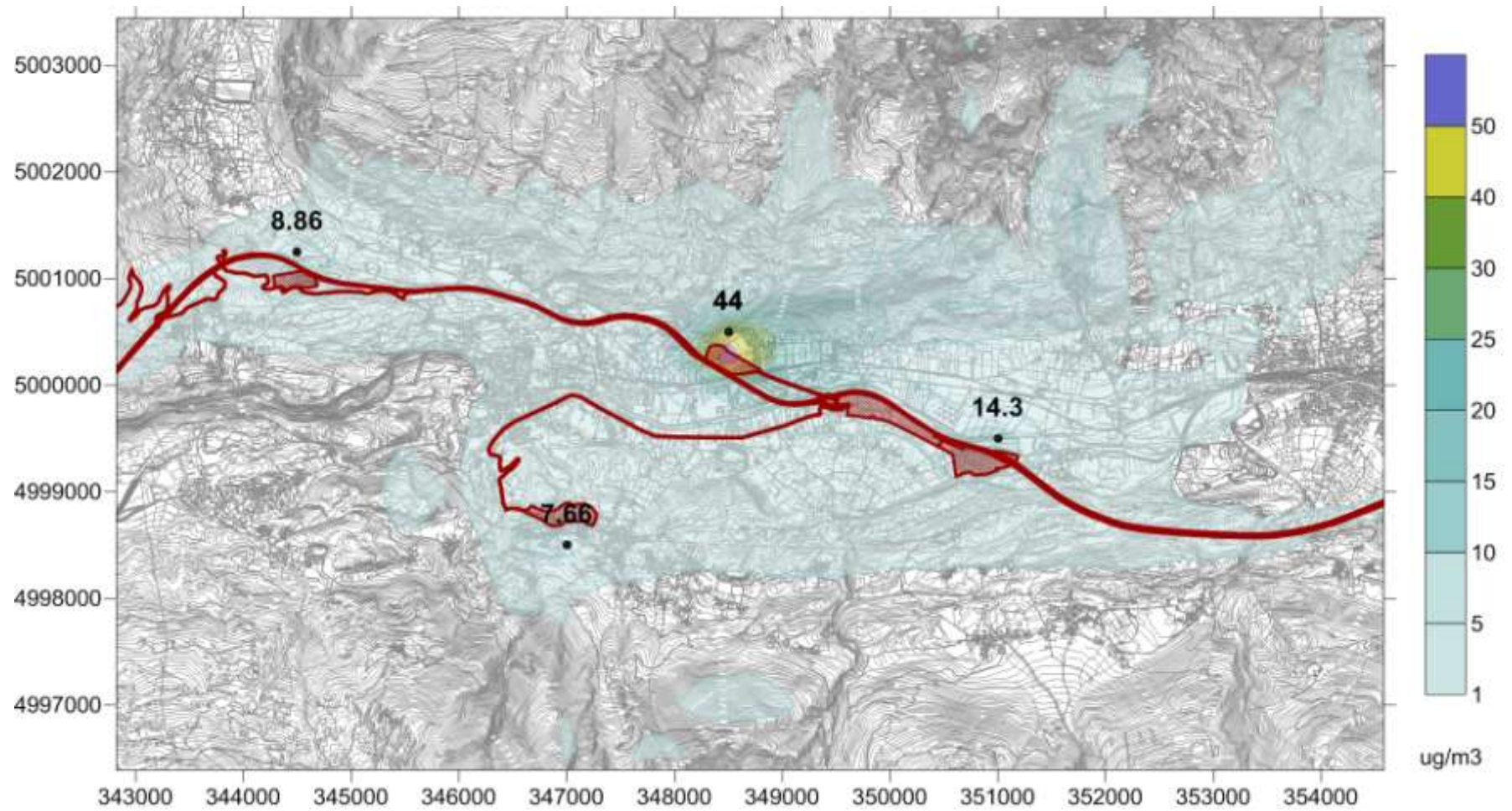


Figura 6 - Concentrazioni medie annuali di NO₂: cantieri di Orsiera Ovest, Susa Autoporto, Tunnel di base Est, Cantalupo, Prato Giò.

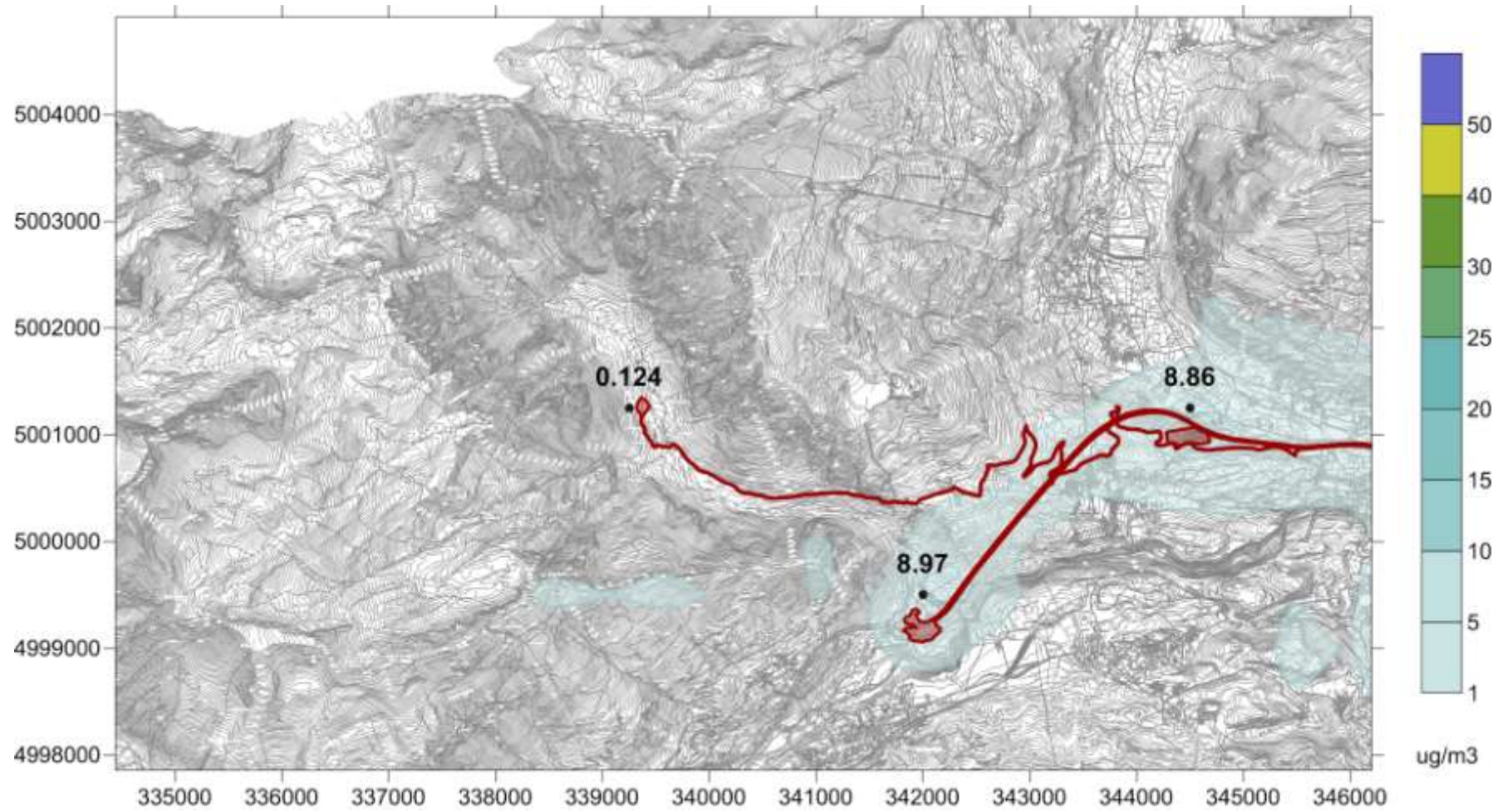


Figura 7 - Concentrazioni medie annuali di NO₂: cantieri di Prato Giò, Maddalena e Clarea.

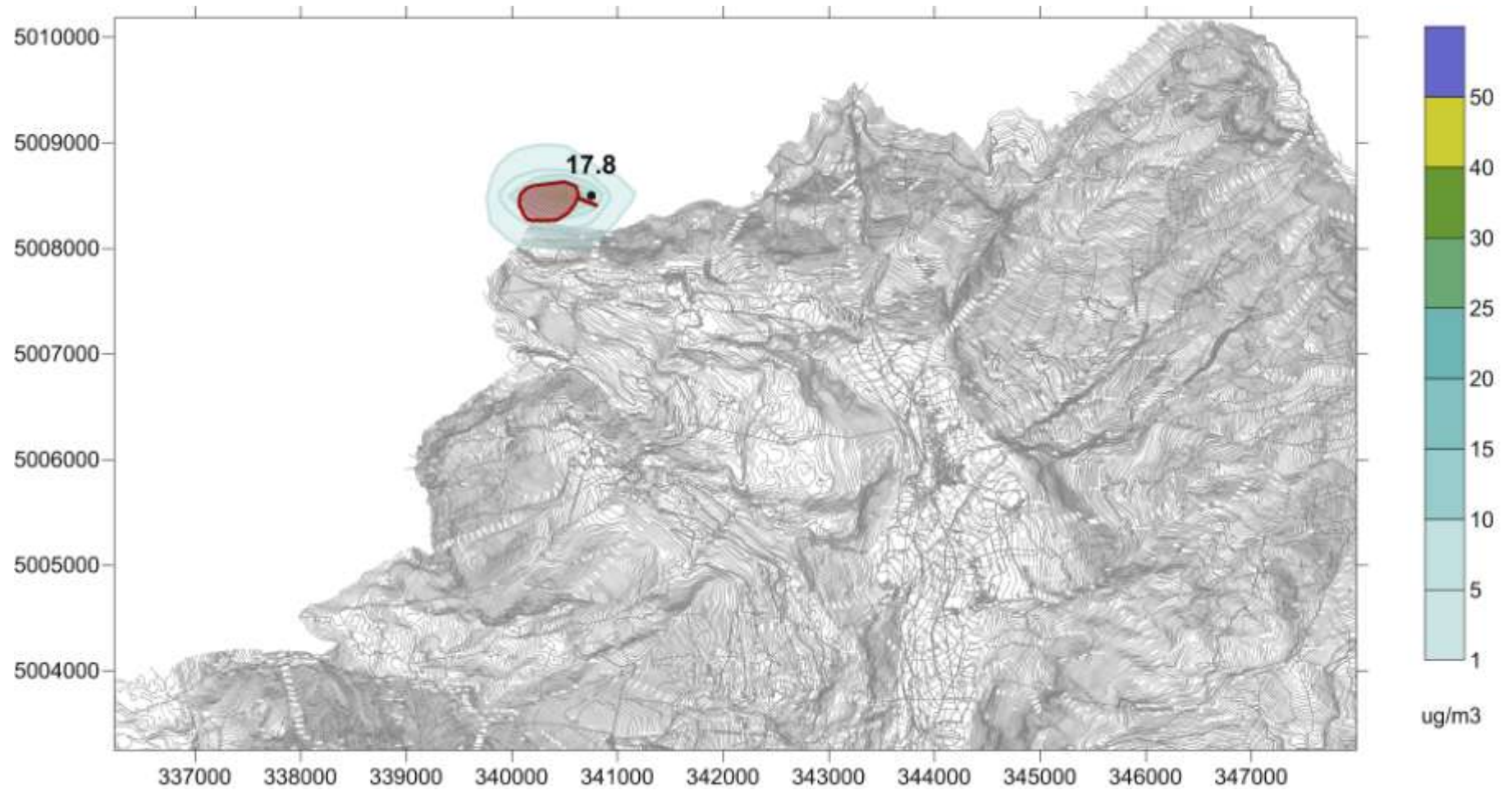


Figura 8- Concentrazioni medie annuali di NO₂: deposito di Carriere du Paradis.

5.1.3 99.8 percentile delle concentrazioni medie orarie di NO₂

Tabella 7. Coordinate dei punti massima ricaduta – 99.8 perc. biossido di azoto

Cantiere	Coordinate UTM (UTM32-WGS84)	Concentraz. massima (µg/m³)	Valore limite (µg/m³)
Chiusa San Michele	4996500 368500	22.4	200
Orsiera imbocco ovest/Susa Autoporto	5000000 350000	66	
Base imbocco est	5000500 348500	135	
Cantalupo	4997000 348250	56	
Prato Giò	5001250 344500	39.8	
Maddalena	4999500 342000	38.4	
Clarea	5001250 339000	2	
Carriere du Paradis	5008500 340000	68.5	

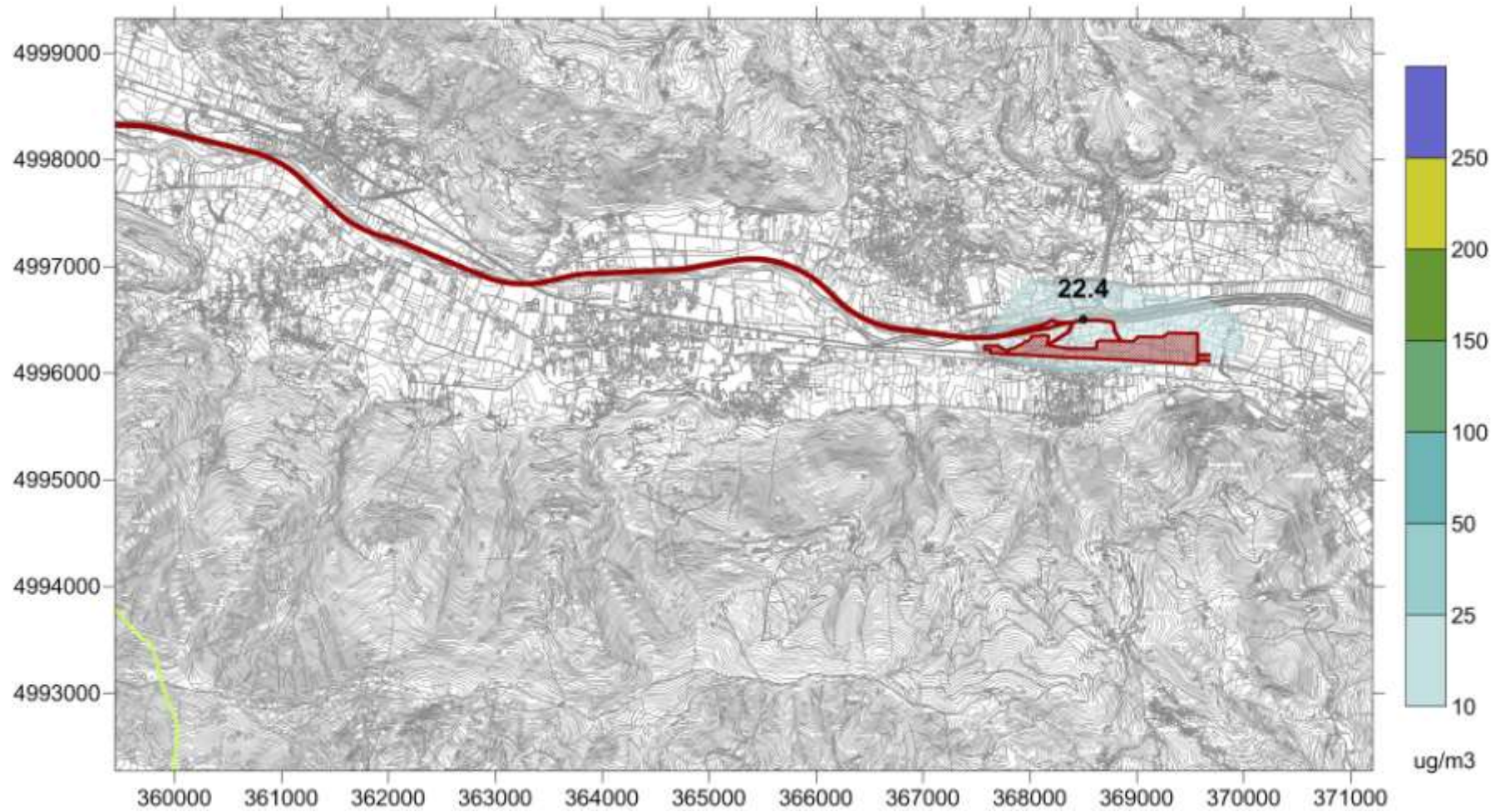


Figura 9 - 99.8 percentile di NO₂: cantiere di Chiusa San Michele.

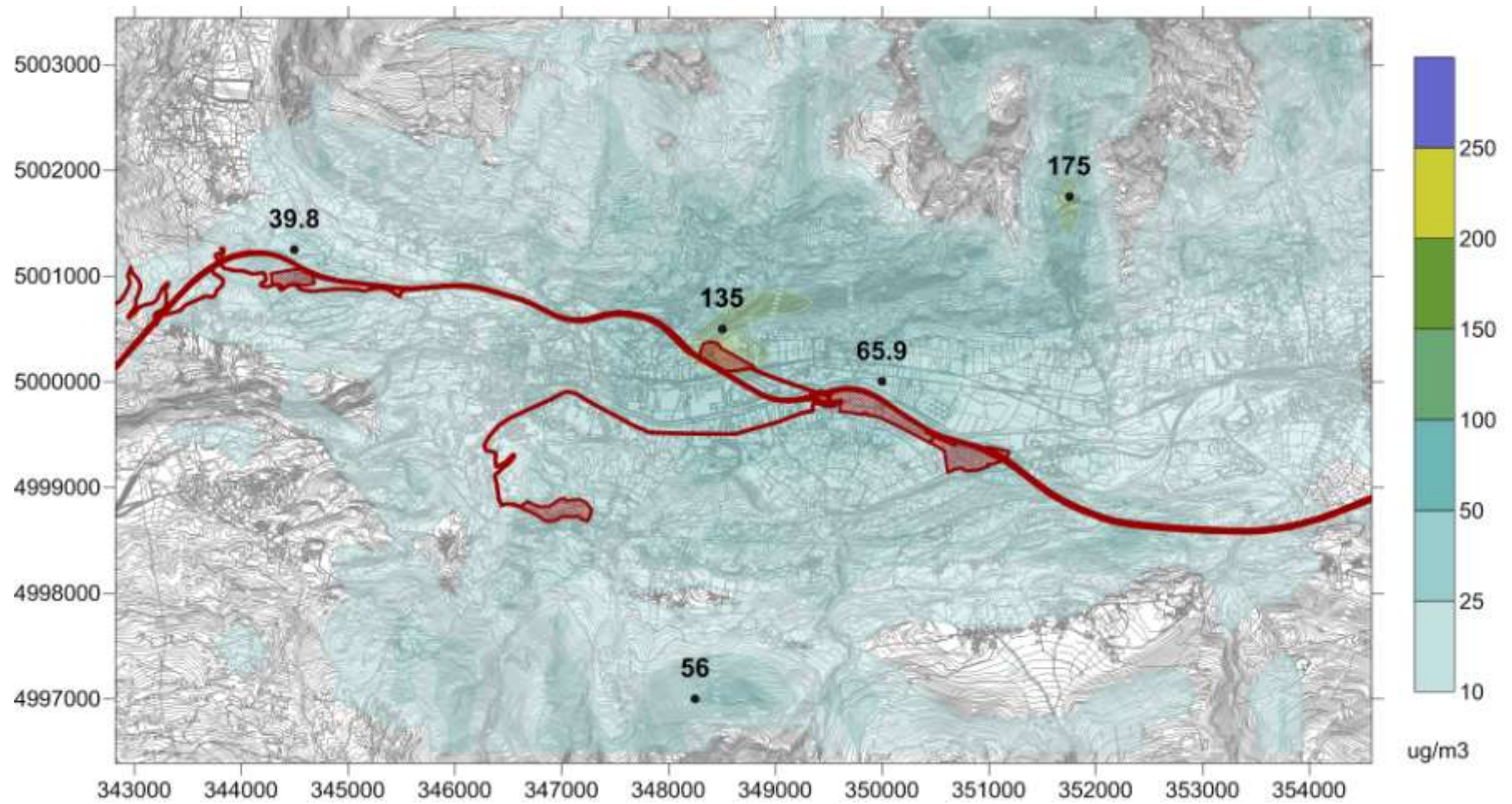


Figura 10 - 99.8 percentile di NO₂: cantieri di Orsiera Ovest, Susa Autoporto, Tunnel di base Est, Cantalupo, Prato Giò.

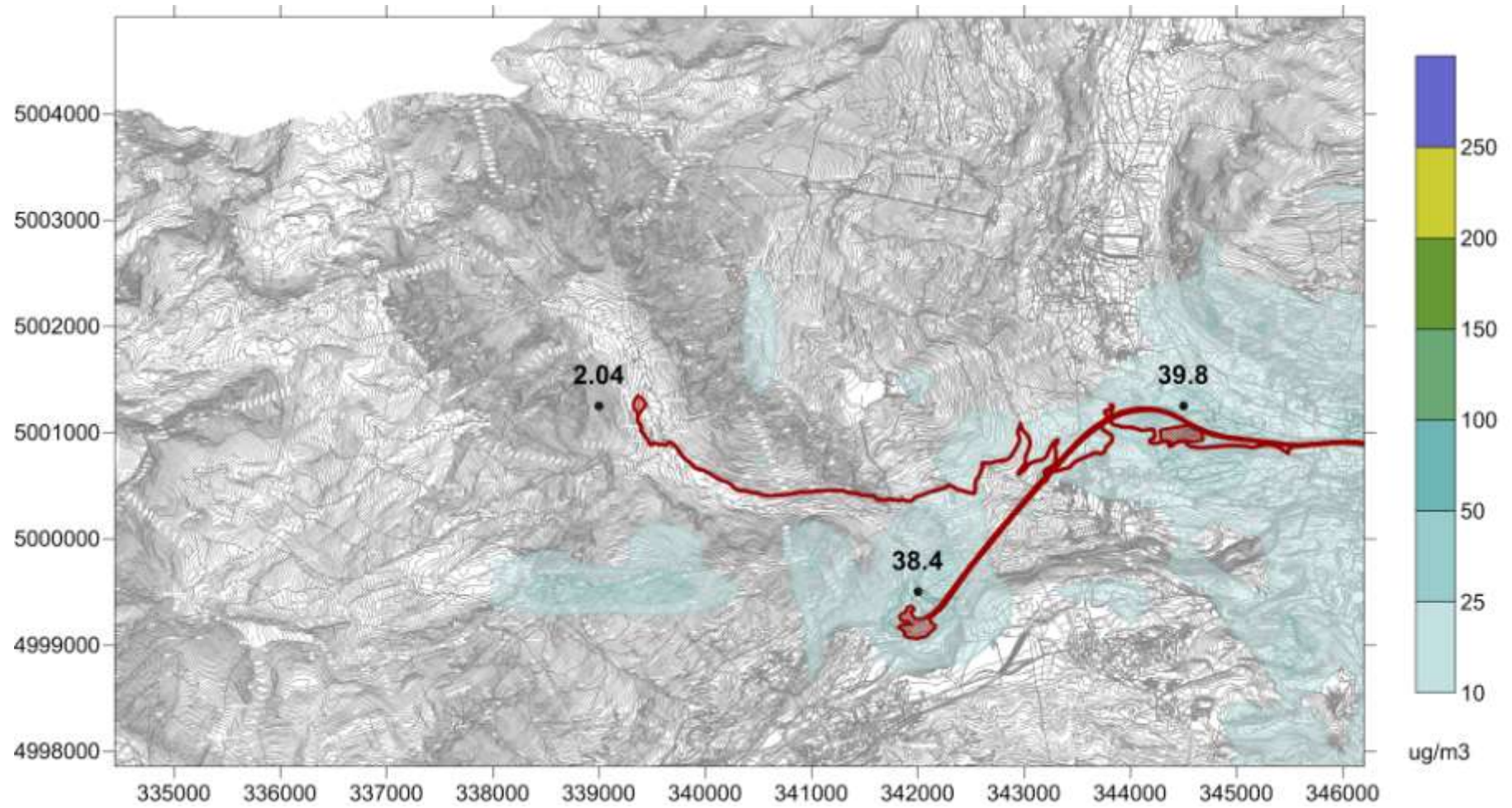


Figura 11 - 99.8 percentile di NO₂: cantieri di Prato Giò, Maddalena e Clarea.

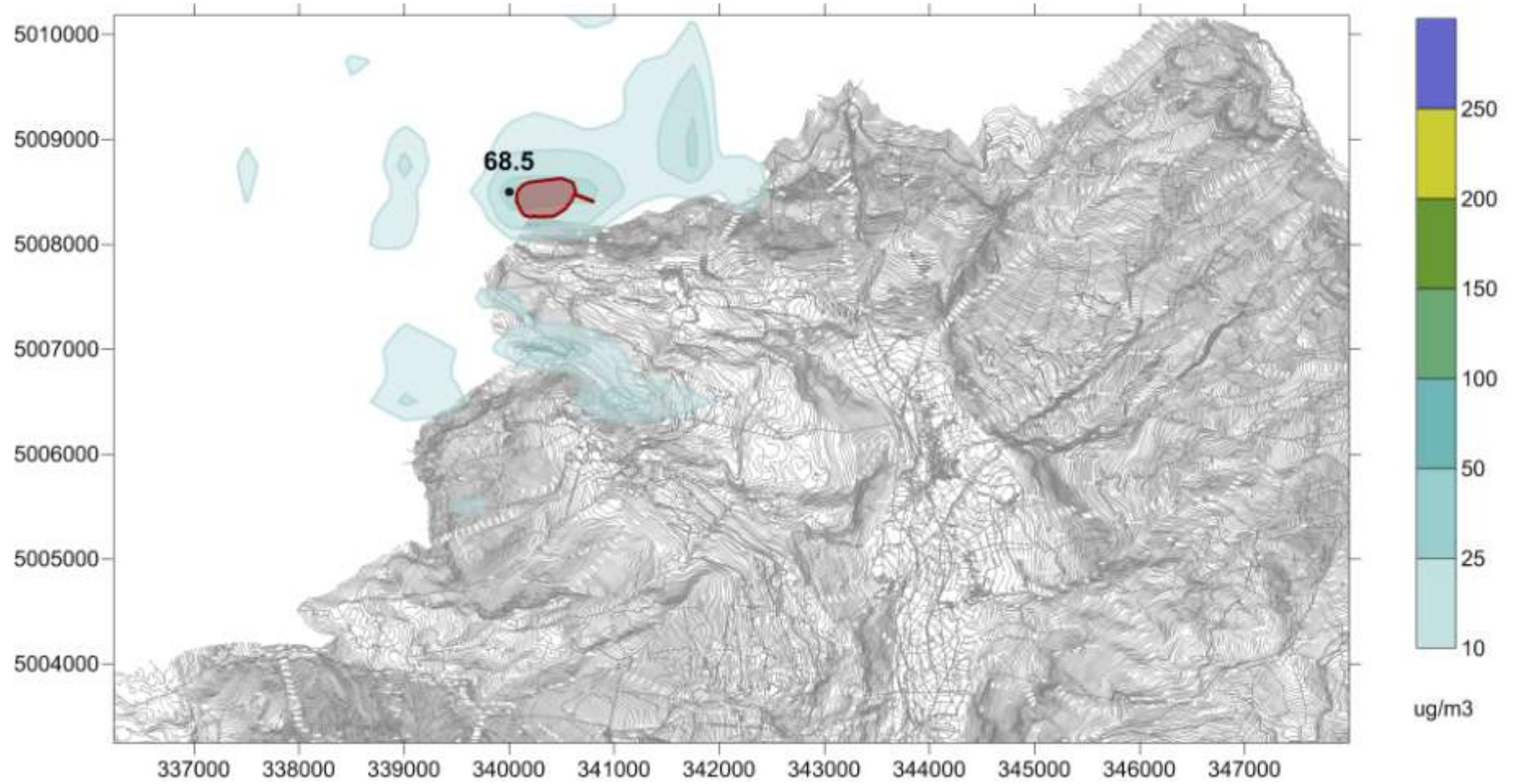


Figura 12 - 99.8 percentile di NO₂: deposito di Carriere du Paradis.

5.1.4 Concentrazione media annuale di PM10

Tabella 8 Coordinate dei punti massima ricaduta – Media annuale di PM10

Cantiere	Coordinate UTM (UTM32-WGS84)	Concentraz. massima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Chiusa San Michele	4996500 368750	5.94	40
Orsiera imbocco ovest/Susa Autoporto	4999500 351000	8.76	
Base imbocco est	5000500 348500	22.2	
Cantalupo	4998500 346750	15.7	
Prato Giò	5001250 344500	13.6	
Maddalena	4999500 342000	4.73	
Clarea	5001250 339250	0.05	
Carriere du Paradis	5008500 340750	30.7	

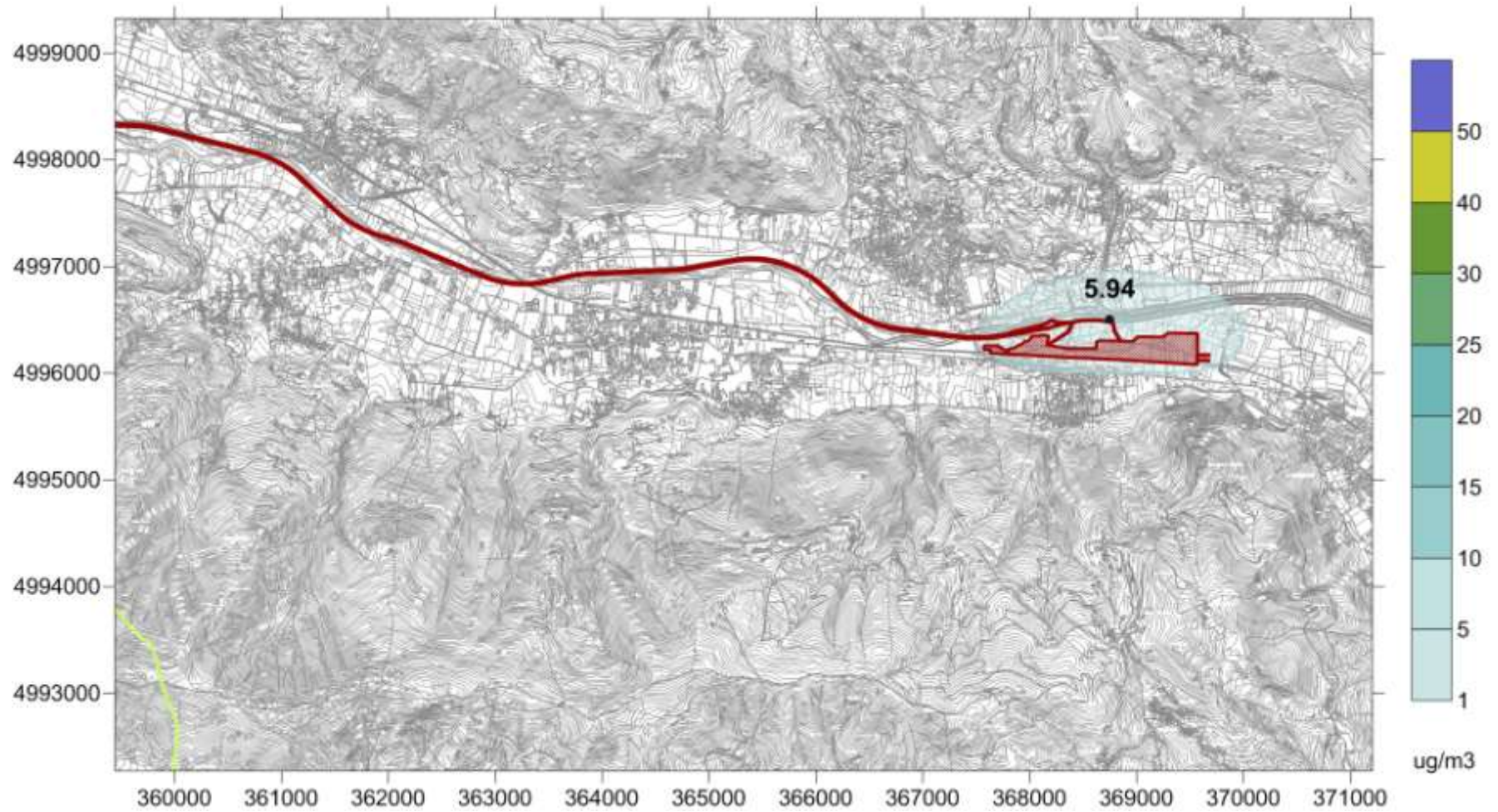


Figura 13 - Concentrazioni medie annuali di PM10: cantiere di Chiusa San Michele.

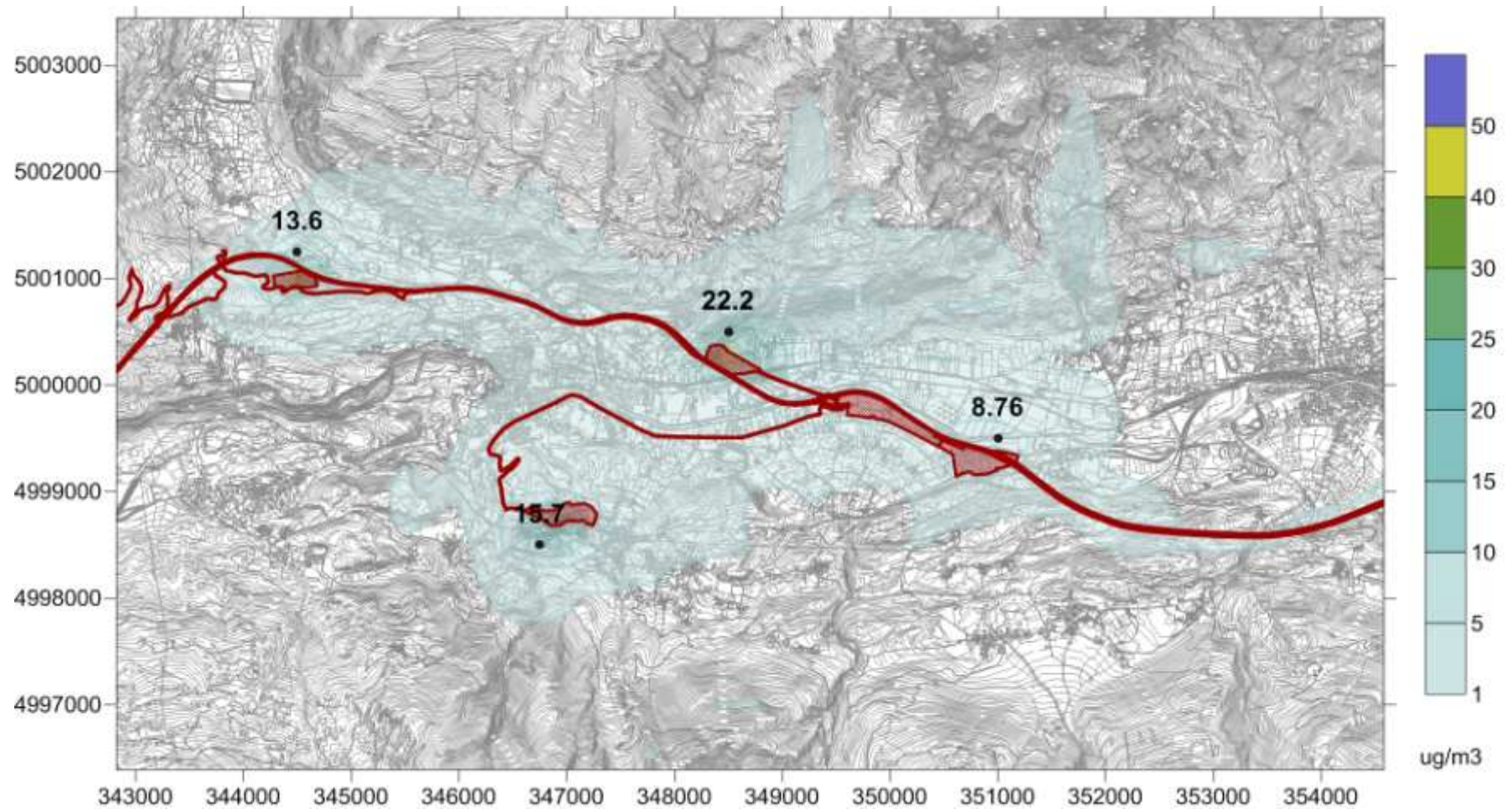


Figura 14- Concentrazioni medie annuali di PM10: cantieri di Orsiera Ovest, Susa Autoporto, Tunnel di base Est, Cantalupo, Prato Giò.

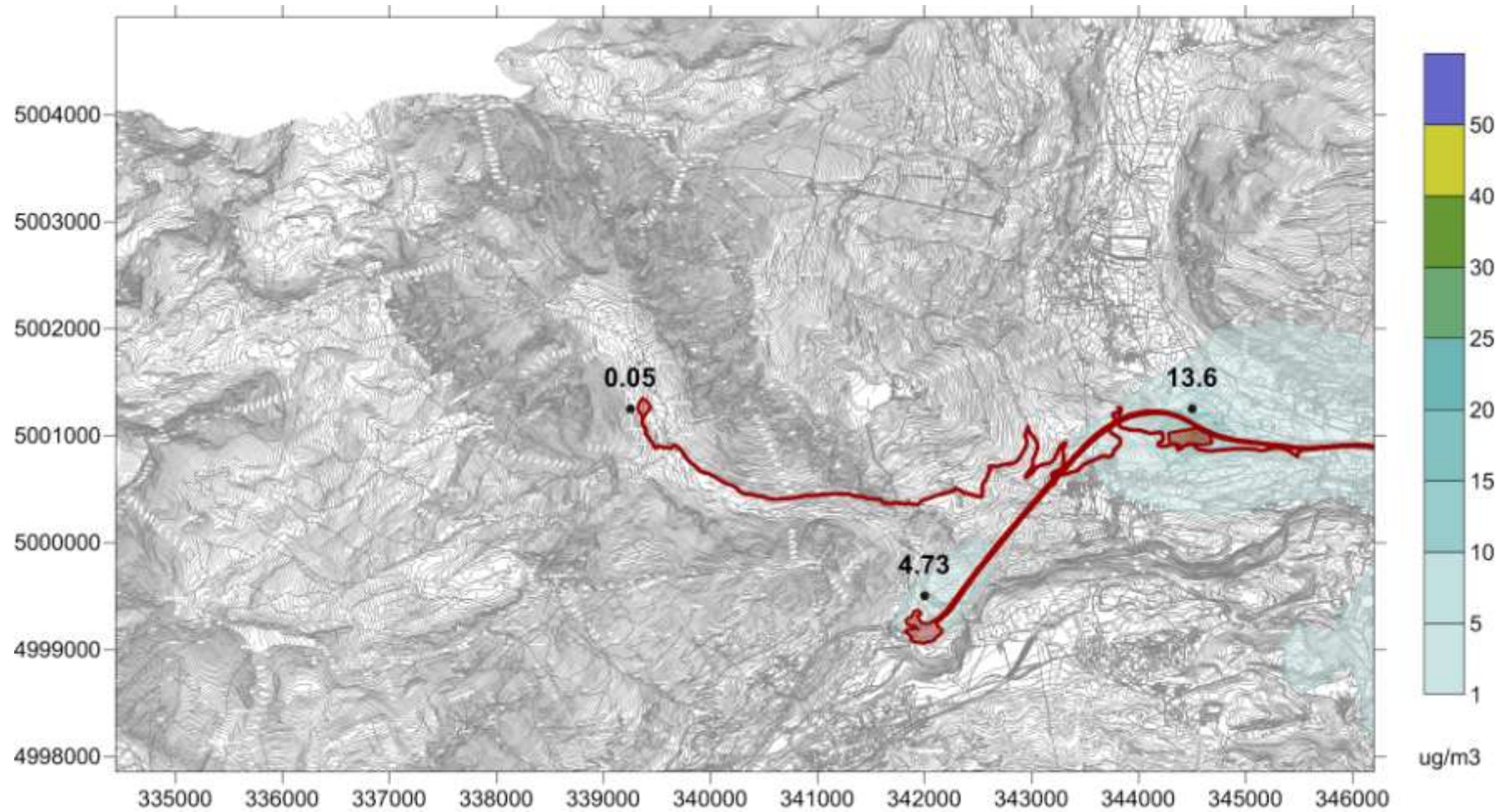


Figura 15 - Concentrazioni medie annuali di PM10: cantieri di Prato Giò, Maddalena e Clarea.

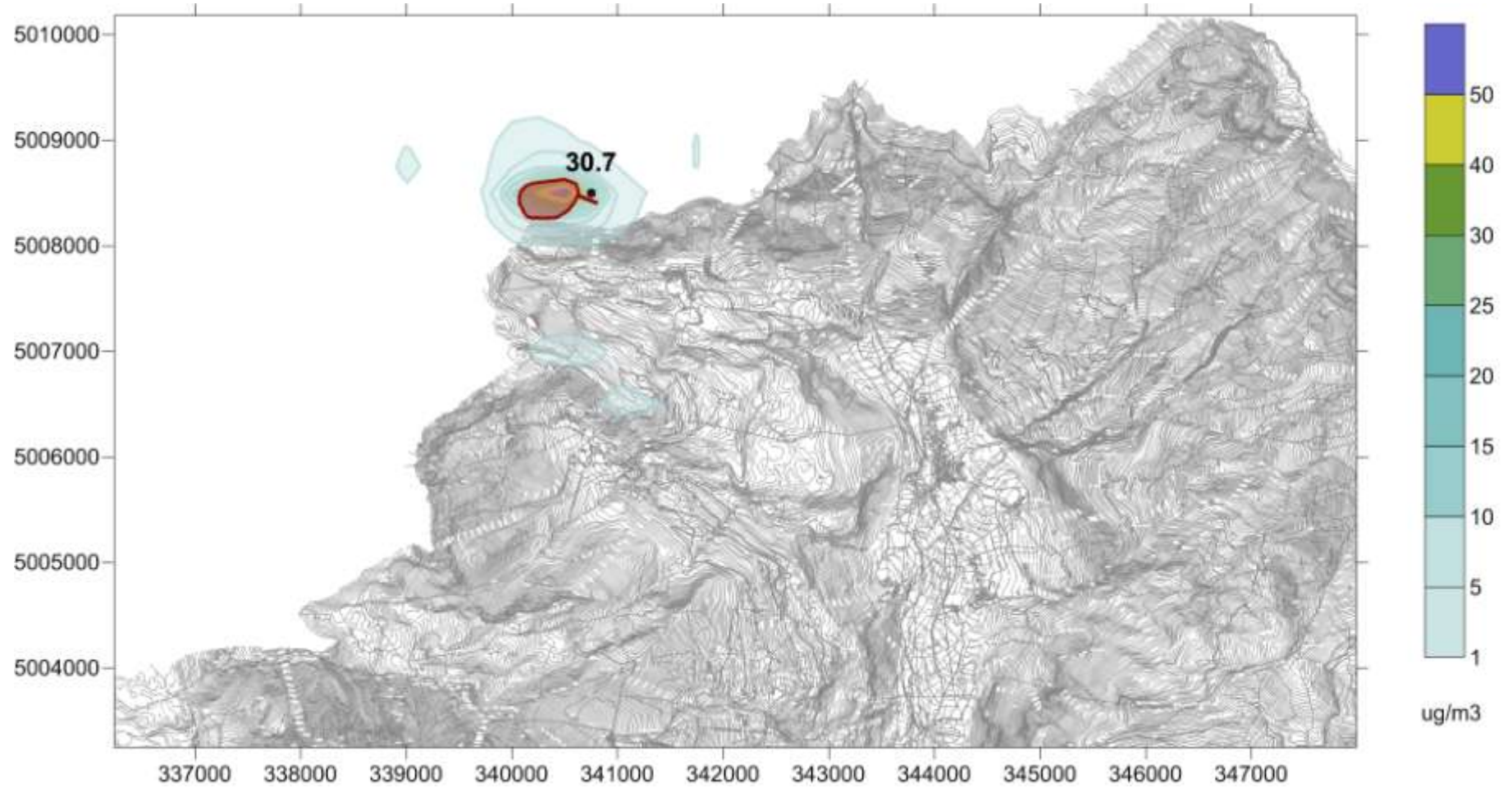


Figura 16 - Concentrazioni medie annuali di PM10: deposito di Carriere du Paradis.

5.1.5 90.4 percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PM10

Tabella 9 Coordinate dei punti massima ricaduta – 90.4 perc. PM10

Cantiere	Coordinate UTM (UTM32-WGS84)	Concentraz. massima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Chiusa San Michele	4996500 368750	9.02	50
Orsiera imbocco ovest/Susa Autoporto	4999500 351000	14.9	
Base imbocco est	5000500 348500	43.9	
Cantalupo	4998500 346750	24.8	
Prato Giò	5001250 344500	21.8	
Maddalena	4999500 342000	7.67	
Clarea	5001250 339250	0.1	
Carriere du Paradis	5008500 340750	61	

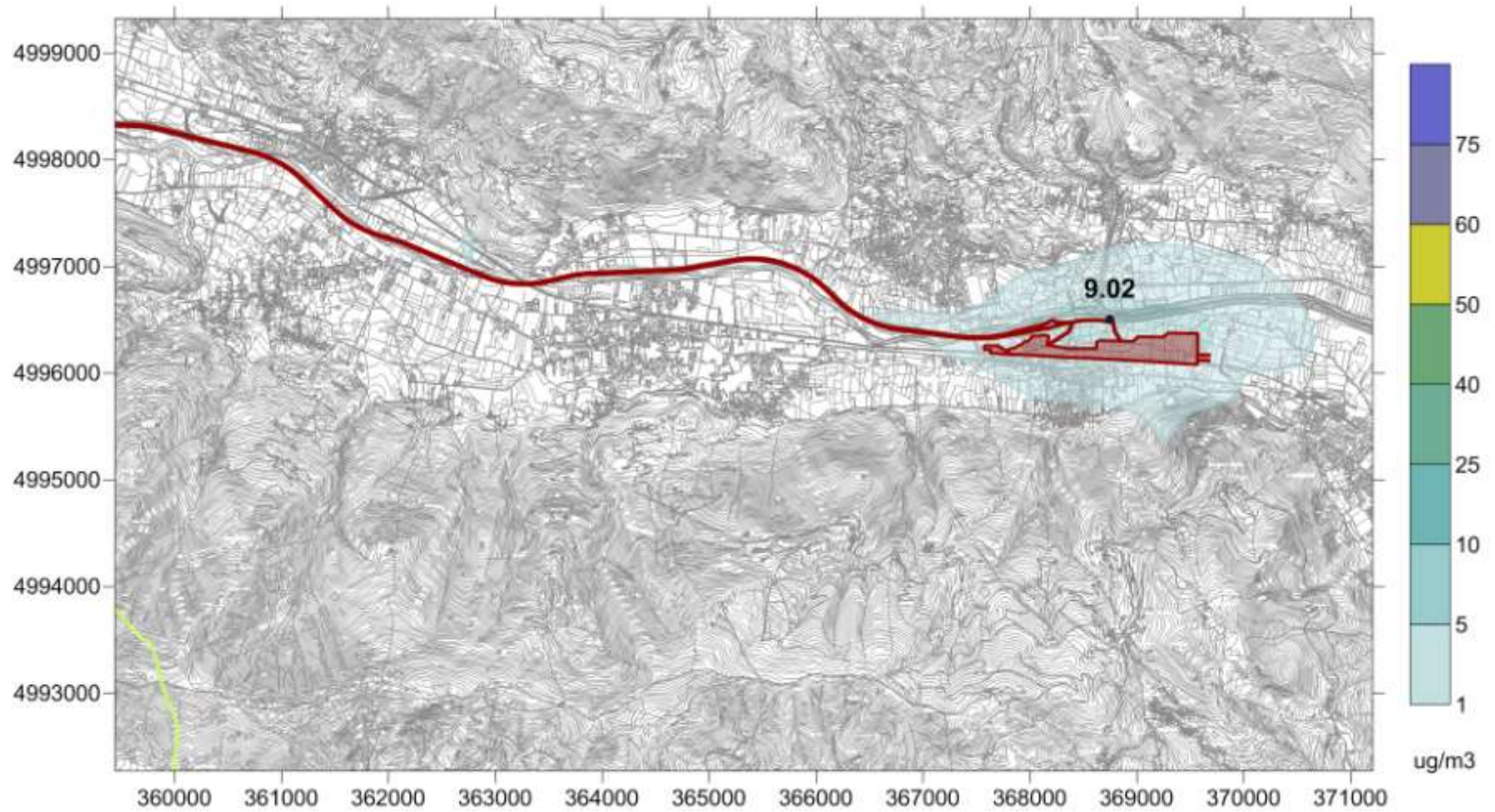


Figura 17 - 90.4 percentile di PM10: cantiere di Chiusa San Michele.

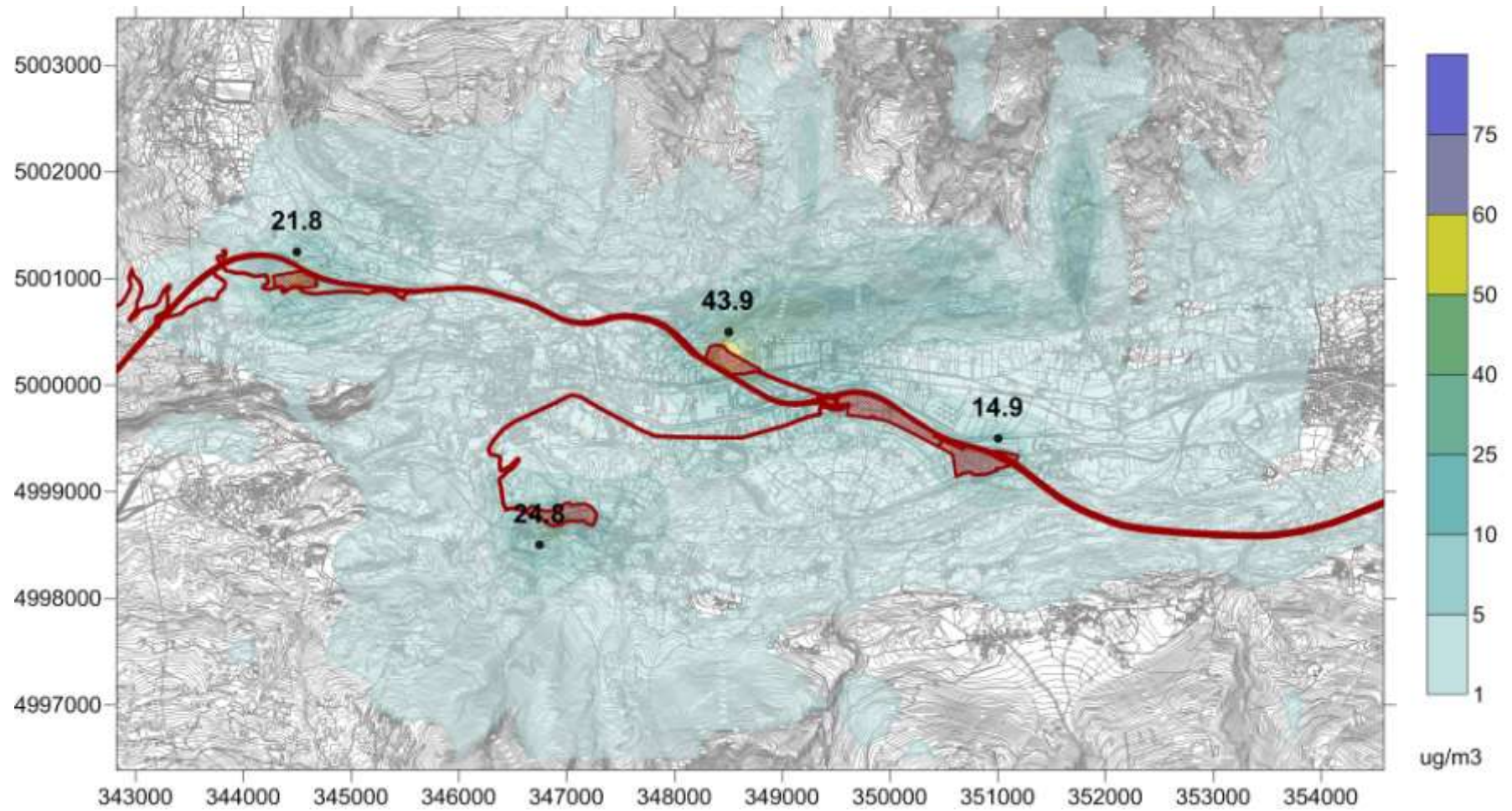


Figura 18- 90.4 percentile di PM10: cantieri di Orsiera Ovest, Susa Autoporto, Tunnel di base Est, Cantalupo, Prato Giò.

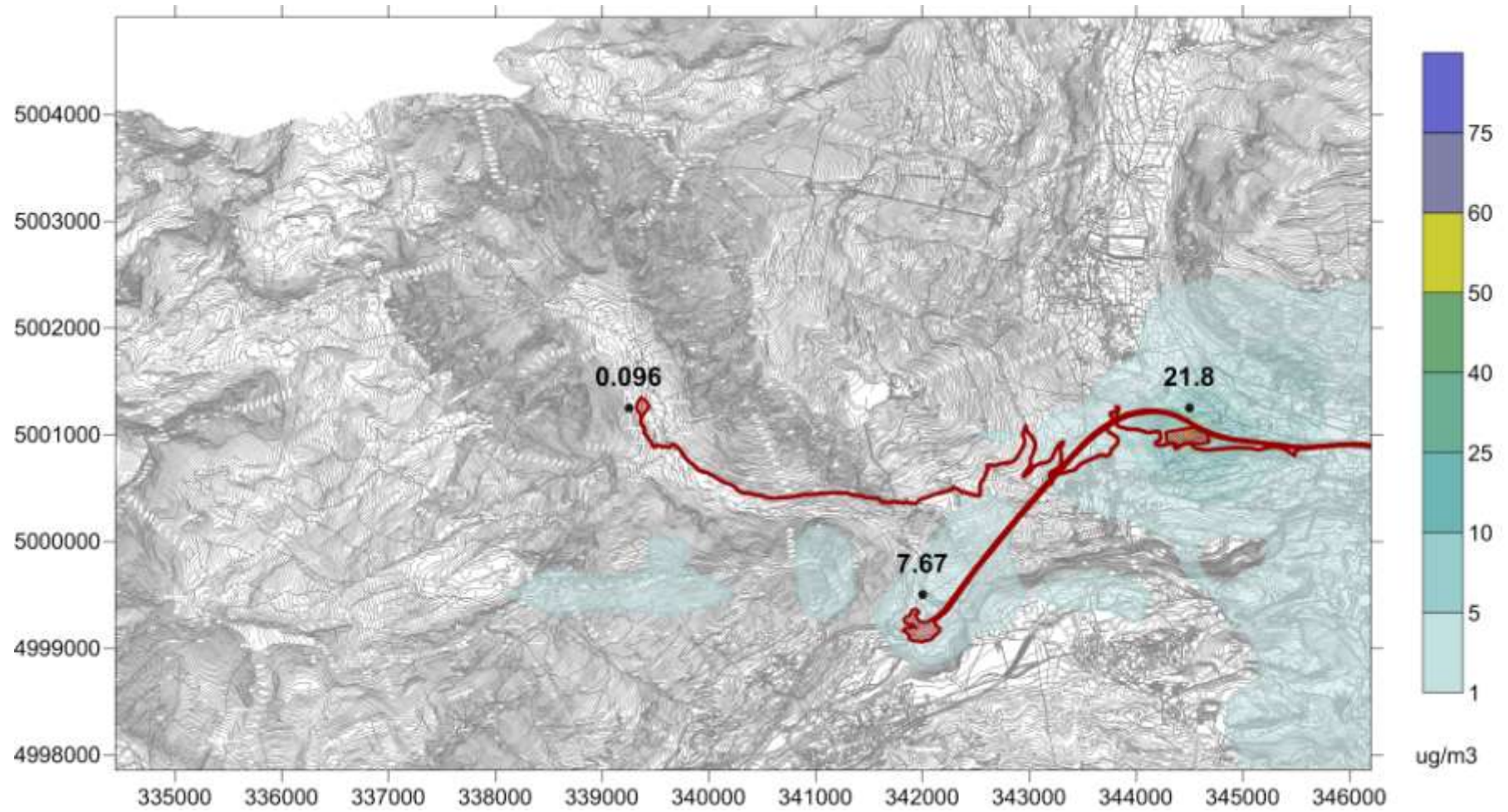


Figura 19 - 90.4 percentile di PM10: cantieri di Prato Giò, Maddalena e Clarea.

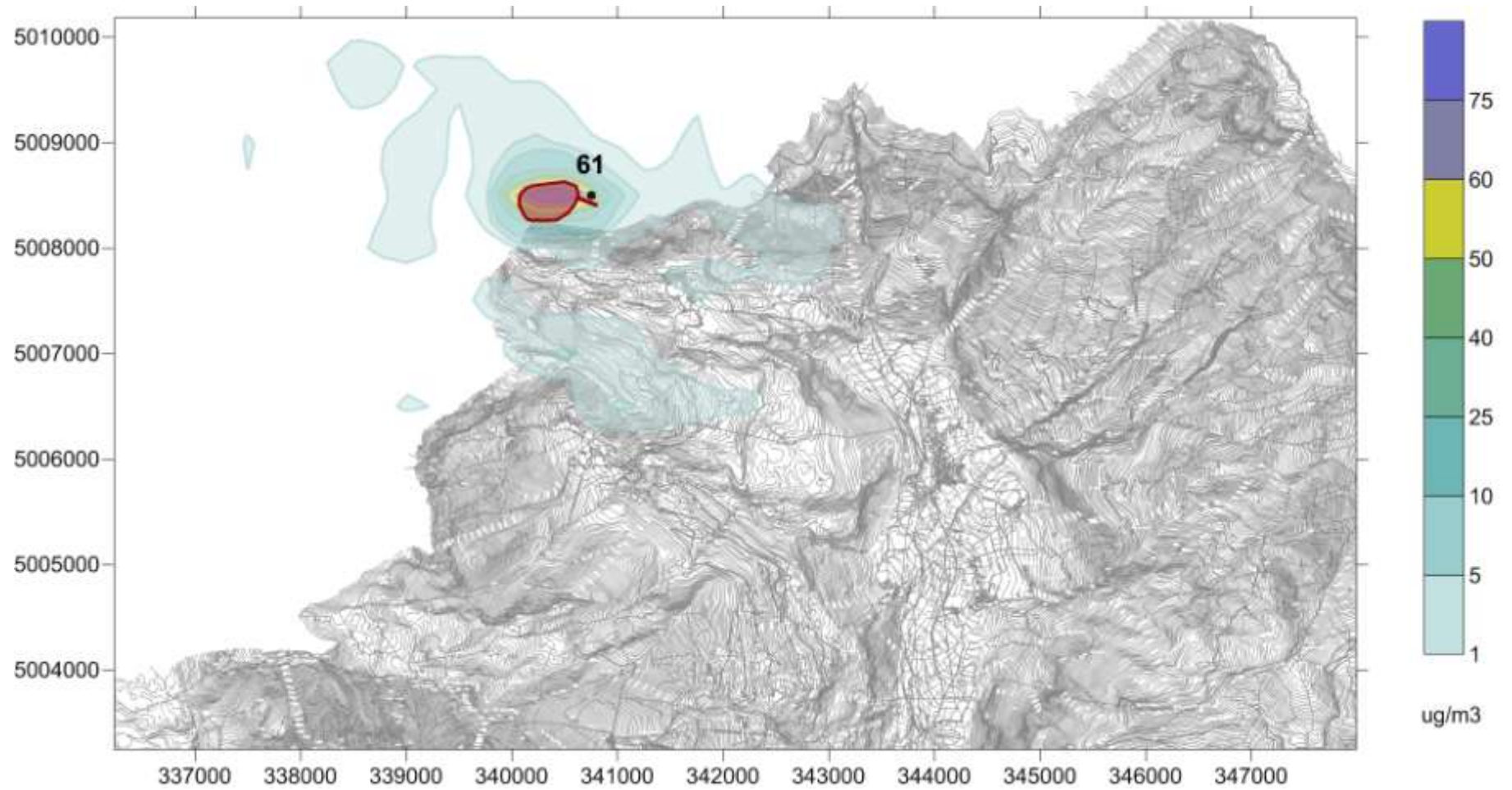


Figura 20 - 90.4 percentile di PM10: deposito di Carriere du Paradis.

5.1.6 Concentrazione media annuale di PM2.5

Tabella 10. Coordinate dei punti massima ricaduta – Media annuale di PM2.5

Cantiere	Coordinate UTM (UTM32-WGS84)	Concentraz. massima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valore limite 2015 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Chiusa San Michele	4996500 368750	1.66	25
Orsiera imbocco ovest/Susa Autoporto	4999500 351000	3.35	
Base imbocco est	5000500 348500	10.7	
Cantalupo	4998500 347000	3.76	
Prato Giò	5001250 344500	3.74	
Maddalena	4999500 342000	2.6	
Clarea	5001250 339250	0.04	
Carriere du Paradis	5008500 340750	7.65	

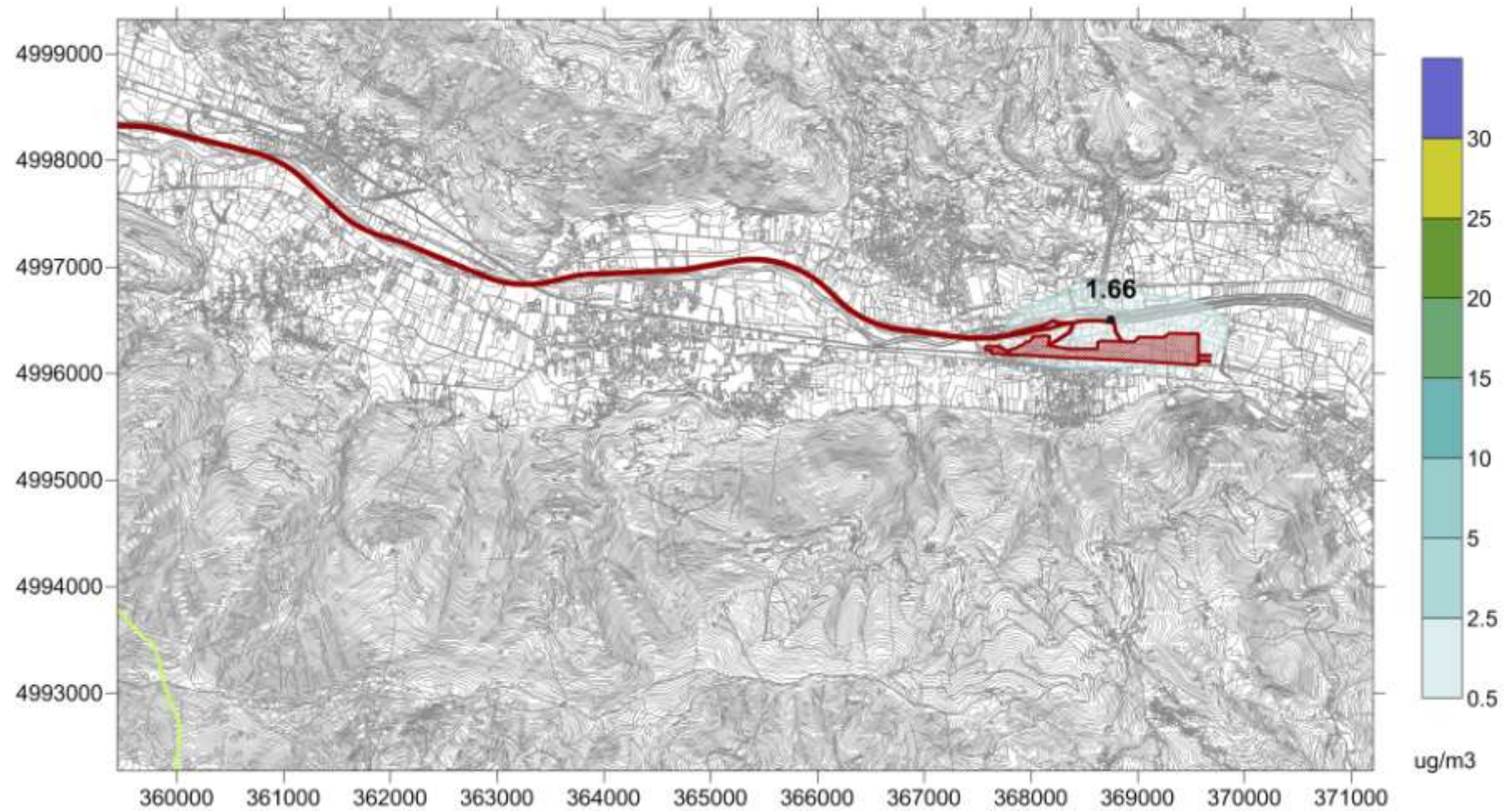


Figura 21 - Concentrazioni medie annuali di PM2.5: cantiere di Chiusa San Michele.

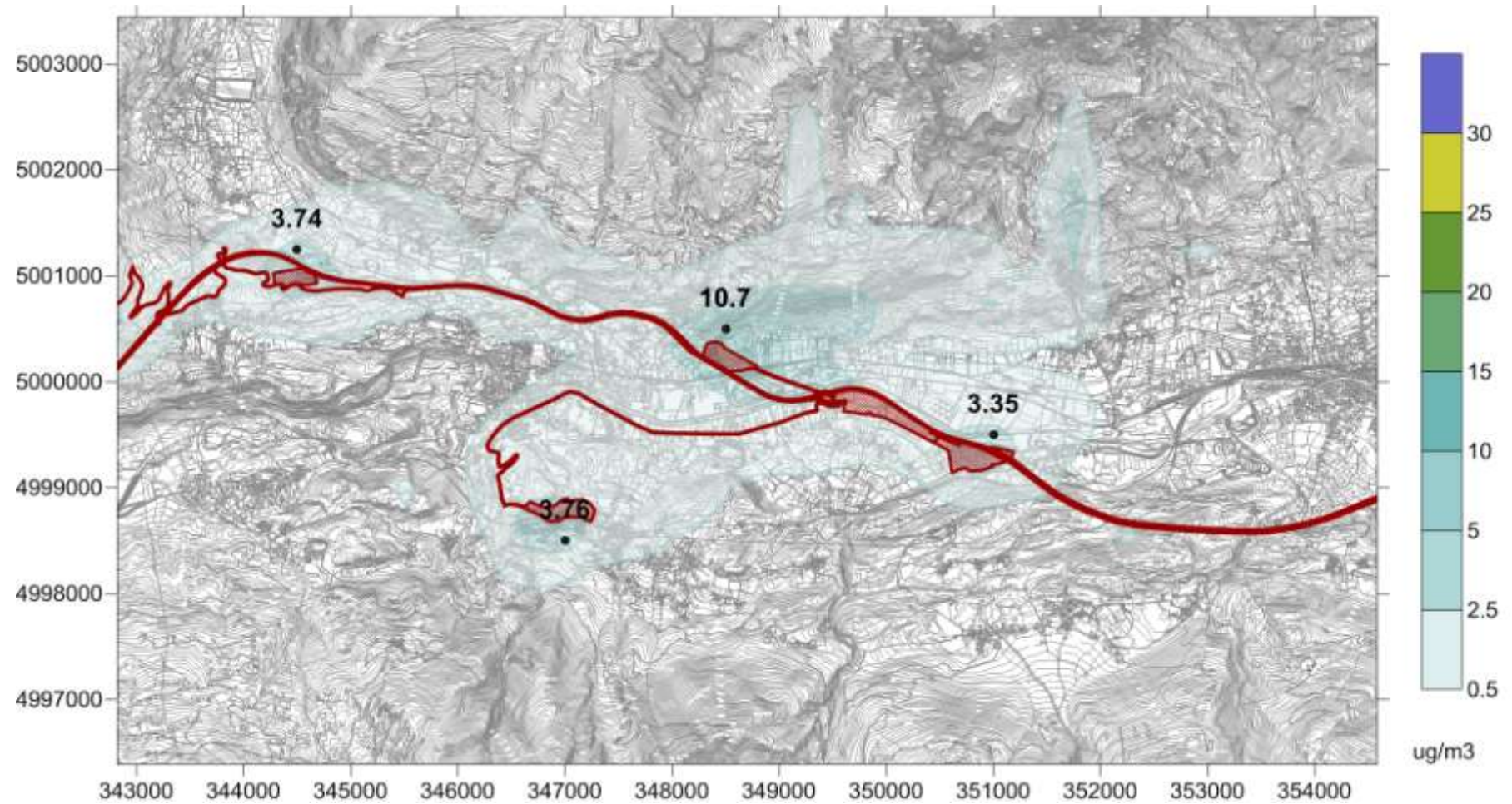


Figura 22 - Concentrazioni medie annuali di PM2.5: cantieri di Orsiera Ovest, Susa Autoporto, Tunnel di base Est, Cantalupo, Prato Giò.

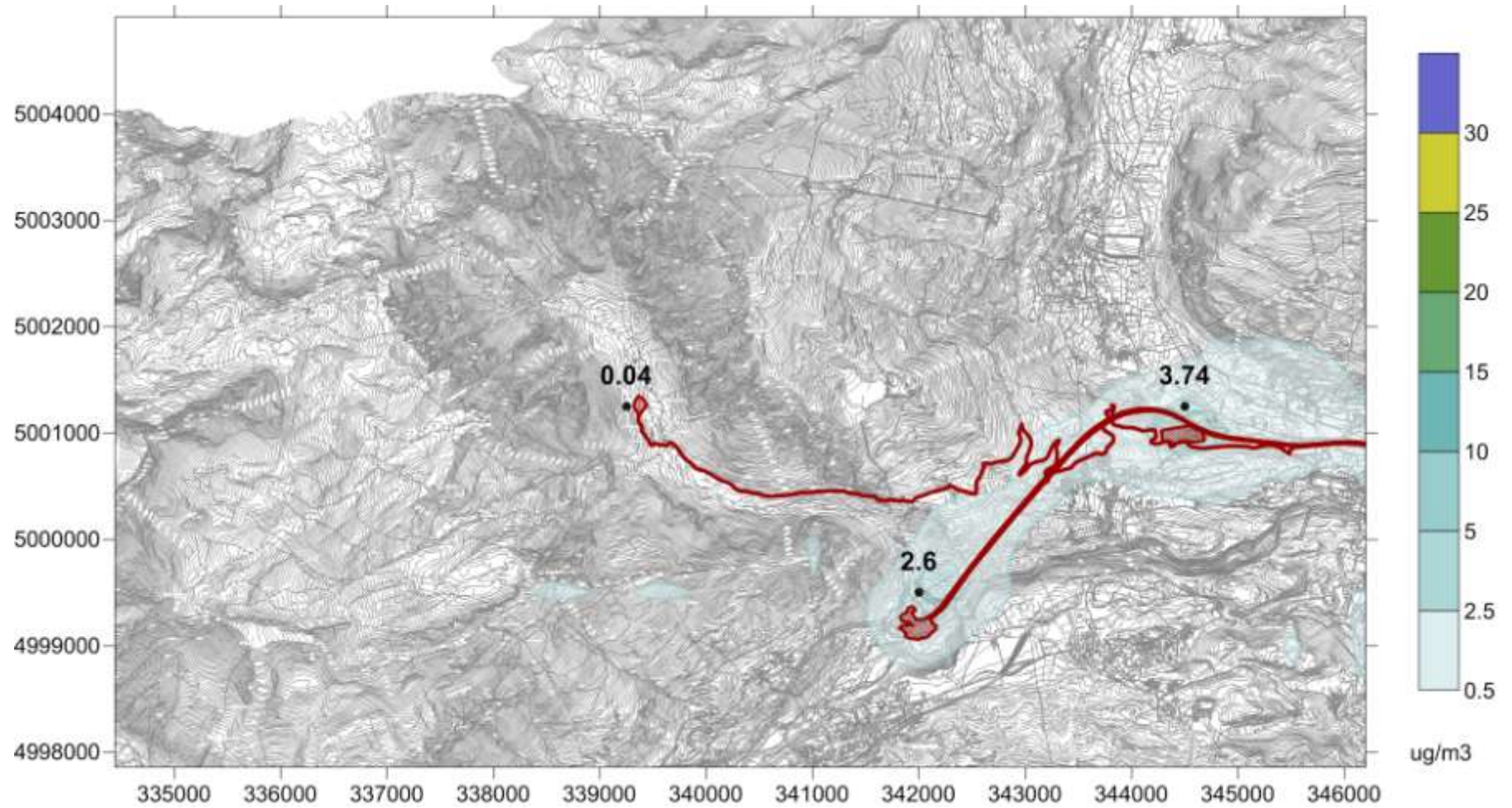


Figura 23 - Concentrazioni medie annuali di PM2.5: cantieri di Prato Giò, Maddalena e Clarea.

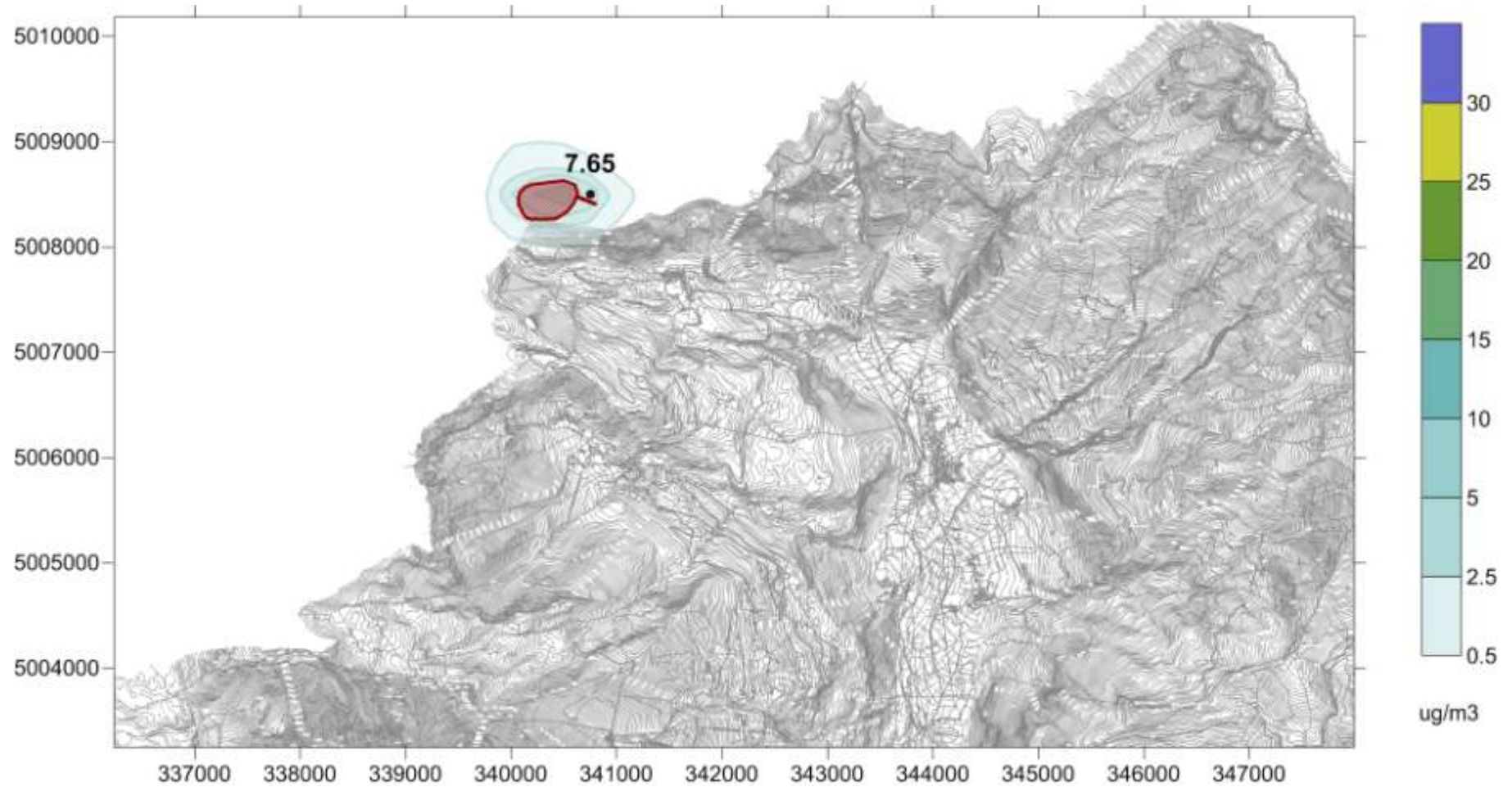


Figura 24 - Concentrazioni medie annuali di PM2.5: deposito di Carriere du Paradis.

6. Osservazione n. 4 f - h

Si rimanda alla risposta alla richiesta Commissione VIA - N° 9h del Ministero dell'Ambiente.

7. Osservazione n. 4 g

Relativamente all'osservazione inerente eventuali superamenti delle concentrazioni di NO_x e PM₁₀ in atmosfera, nel Progetto Preliminare sono state adottate le migliori pratiche e le migliori tecnologie disponibili al fine di ridurre le emissioni e di preservare la qualità dell'aria in fase di cantierizzazione e di esercizio dell'opera.

Attraverso l'attuazione del Piano di Monitoraggio Ambientale PP2-C30-TS3-1231-0_PA NOT, a cui si rimanda per approfondimenti, saranno monitorate le emissioni in atmosfera e il loro impatto sulle aree circostanti di tutti i più importanti inquinanti compresi quelli oggetto della presente osservazione.

Nel caso in cui si verifichi un superamento delle concentrazioni limite o delle soglie di allarme si concorderà, unitamente al Comune di Susa, un piano d'azione specifico contenente misure da attuare nel breve e nel lungo periodo, soprattutto nell'ambito dei piani di traffico. Saranno inoltre limitati gli accessi dei privati che saranno impiegati nei cantieri, pianificando trasporti collettivi da e verso le aree di lavoro.

8. Osservazione n. 4 i

8.1 Simulazione incidentale in fase di esercizio

E' stata realizzata una simulazione di dispersione per la ricostruzione delle possibili aree di ricaduta di sostanze nocive, a seguito di un evento incidentale all'interno di un tunnel costituito da un incendio con rilascio di fumi che si propagano verso l'esterno. La simulazione è stata condotta con lo stesso sistema modellistico utilizzato per le simulazioni di impatto su base annuale dei cantieri, costituito dai codici meteorologici Swift (per la ricostruzione dei campi di vento e temperatura su terreno complesso), Surfpro (per la ricostruzione dei campi di turbolenza) e dal codice di dispersione Lagrangiano a particelle Spray.

8.1.1 Localizzazione e tipologia dell'evento

La scelta per la localizzazione dell'evento ha preso in considerazione gli elementi seguenti:

1. evento situato in tunnel, secondo la richiesta relativa all'osservazione della Regione Piemonte,
2. presenza di una densità elevata di abitazioni ad una distanza ridotta dal punto di emissione dei fumi.

Tra le aree che possono soddisfare queste condizioni vi sono:

- quella di Susa per un evento nel Tunnel di Base tra l'imbocco di Susa e l'area di sicurezza di Clarea o per un evento nel tunnel dell'Orsiera;
- quella di Chiusa S. Michele, per un evento nel Tunnel dell'Orsiera o nel Tunnel di Avigliana.

L'area di Chiusa S. Michele è più critica rispetto alla precedente considerazione 2, per cui lo scenario considerato riguarda un evento situato all'interno Tunnel dell'Orsiera a 5 km dall'imbocco est.

La tipologia di evento deve essere rappresentativa di uno scenario con probabilità di accadimento non trascurabili.

A tale proposito occorre dire che le procedure da seguire in caso di incendio impongono ai treni di raggiungere l'area di sicurezza più vicina. La probabilità quindi che un treno si arresti all'interno della galleria è dunque molto ridotta (la STI "materiale rotabile" del 21/02/2008 specifica che un treno deve poter continuare la sua marcia malgrado un incendio per 15 minuti a una velocità di 80 km/h, che corrisponde ad una distanza percorsa di 20 km).

3. E' stato esplicitamente richiesto di valutare il caso di un evento che si manifesta all'interno di una galleria, viene considerato il seguente scenario:

- incendio sulla motrice di un treno merci nel tunnel dell'Orsiera;
- potenza di incendio: 170 MW;
- ventilazione forzata interna al tunnel secondo la strategia della velocità critica, a 3,3 m/s (si vedano i documenti di riferimento [A5]) in direzione dell'area di sicurezza di Chiusa S. Michele (verso est);
- emissione dall'imbocco est del tunnel dei fumi prodotti durante l'incendio.

Maggiori dettagli, che riguardano sia lo scenario considerato che i termini emissivi conseguenti, sono riportati al paragrafo 8.1.4.

L'imbocco Est del tunnel dell'Orsiera, è previsto in prossimità della località di Chiusa San Michele, in una zona della valle di Susa caratterizzata dalla presenza di centri abitati, come indicato nelle seguenti figure (Figura 25e Figura 26). Oltre a Chiusa San Michele, il cui abitato è posizionato a Sud dell'imbocco, è presente anche l'abitato di Condove posto a circa 1.5 km a Nord Ovest dell'imbocco e posizionato su una direttrice persistente dei flussi all'interno della valle. Come illustrato infatti in Figura 26, la valle di Susa è caratterizzata in quella zona da una dimensione trasversale ridotta, dell'ordine di 2-3 km circa, con pendii rilevanti che tendono ad incanalare facilmente il flusso in direzione Est-Ovest.

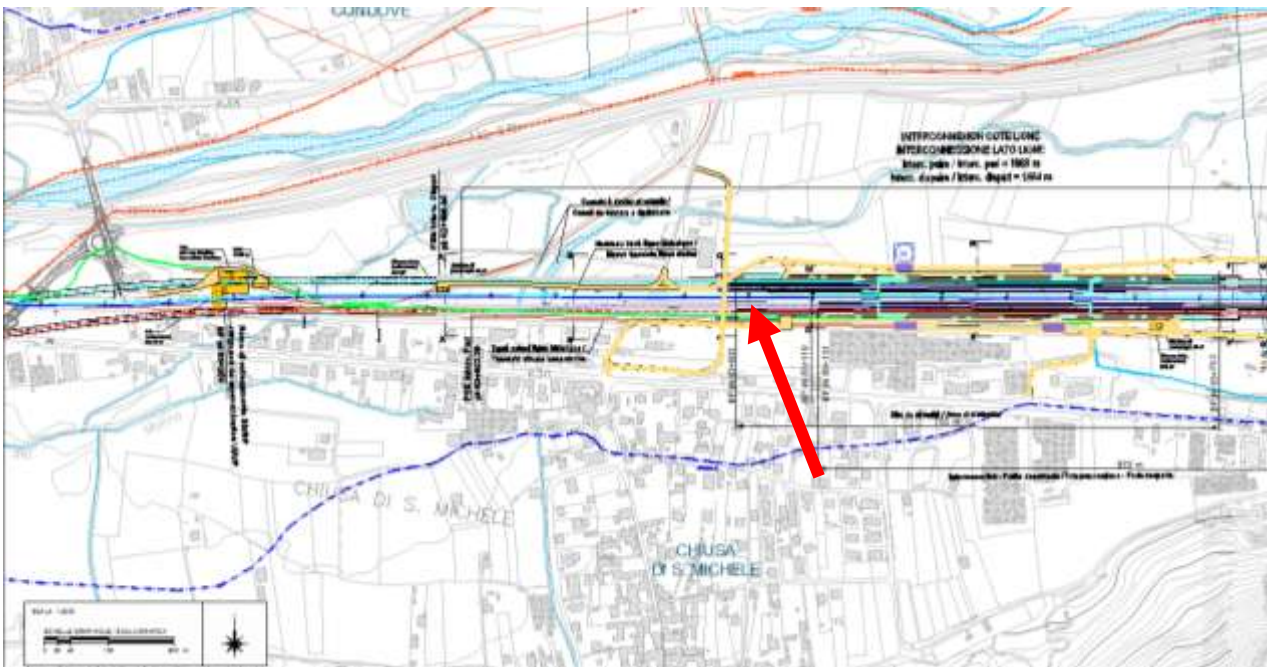


Figura 25 - Localizzazione di dettaglio dell'imbocco est del tunnel dell'Orsiera, indicato dalla freccia rossa.



Figura 26 - Visualizzazione 3d della zona intorno all'imbocco Est del tunnel dell'Orsiera.

Per la realizzazione della simulazione è stato considerato un dominio di calcolo a scala locale dalle seguenti caratteristiche:

- dimensioni orizzontali: 25 x 20 km²
- passo di griglia: 250m
- coordinate metriche x,y del punto SW (UTM32-WGS84) 352000, 4986000

In ogni nodo del grigliato considerato viene definito un dato del campo meteorologico simulato (tre componenti cartesiane del vettore vento e temperatura, variabili di turbolenza per il modello di dispersione Lagrangiano a particelle) e su ogni cella del grigliato vengono calcolati i valori di concentrazione al suolo per ciascuna delle specie considerate nella simulazione. La Figura 27 descrive l'area del dominio di calcolo e mostra la topografia e l'uso del suolo, quest'ultimo estratto dal database europeo CORINE 2000.

Le dimensioni orizzontali del dominio sono sufficienti per descrivere l'evoluzione dell'impatto di un incidente del tipo considerato e la risoluzione consente una buona descrizione delle principali caratteristiche topografiche nella zona, considerata la larghezza media della valle citata in precedenza.

E' evidente inoltre la presenza di diversi insediamenti urbanizzati intorno al punto emissivo ipotizzato, rappresentati dalle aree colorate di rosso.

L'estensione verticale del dominio di calcolo è di 5000 m, in grado di coprire abbondantemente i rilievi più elevati presenti nel dominio, al di sotto dei 3000 m. È stato scelto un grigliato verticale di 21 punti collocati ai seguenti livelli sopra il suolo espressi in metri:

0. 12.8 29.8 52.1 81.2 118.5 166.0 226.1 301.8 396.3 514.2 660.4 841.2 1064.0 1337.9
 1673.7 2084.5 2586.0 3197.0 3940.1 5000.0.

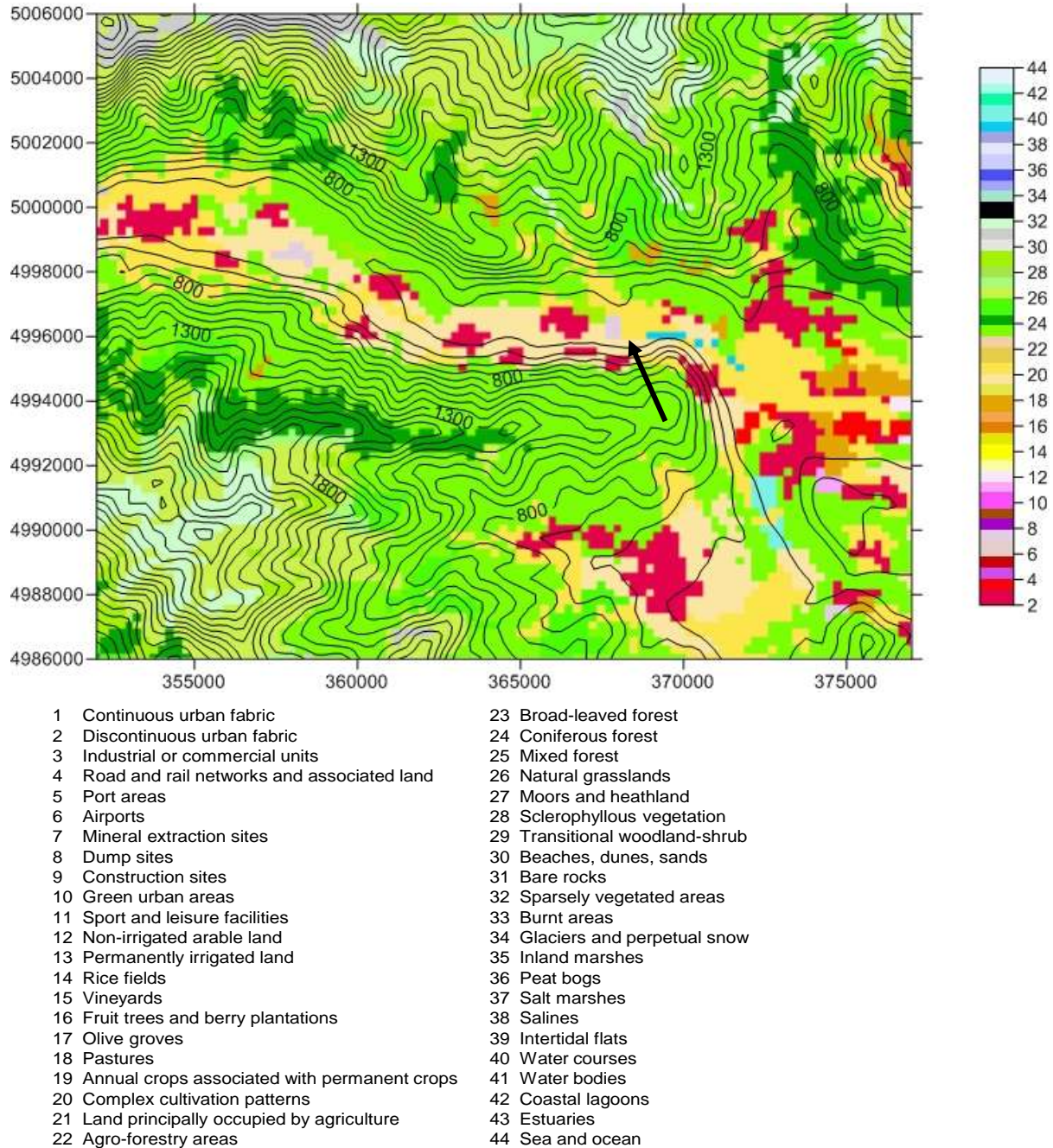


Figura 27 - visualizzazione del dominio di calcolo. Sono indicate le isolinee orografiche e il campo di uso del suolo secondo la categorizzazione CORINE 2000 riportata nella tabella sotto il grafico. La freccia indica la posizione dell'imbocco del Tunnel dell'Orsiera.

8.1.2 Scelta dello scenario meteorologico

La tipologia di incidente è in grado di determinare un impatto di tipo episodico, che determina effetti non trascurabili ma di durata limitata nel tempo. Occorre quindi definire la scelta di un periodo meteorologico da un lato significativo da un punto di vista statistico (con una non trascurabile probabilità di accadimento) e dall'altro in grado di definire un potenziale impatto verso i principali centri abitati localizzati intorno al punto di emissione. In Figura 28 viene riportata la rosa dei venti annuale al suolo in prossimità di Chiusa San Michele, estratta dal database delle simulazioni modellistiche utilizzate per le simulazioni di impatto dei cantieri.

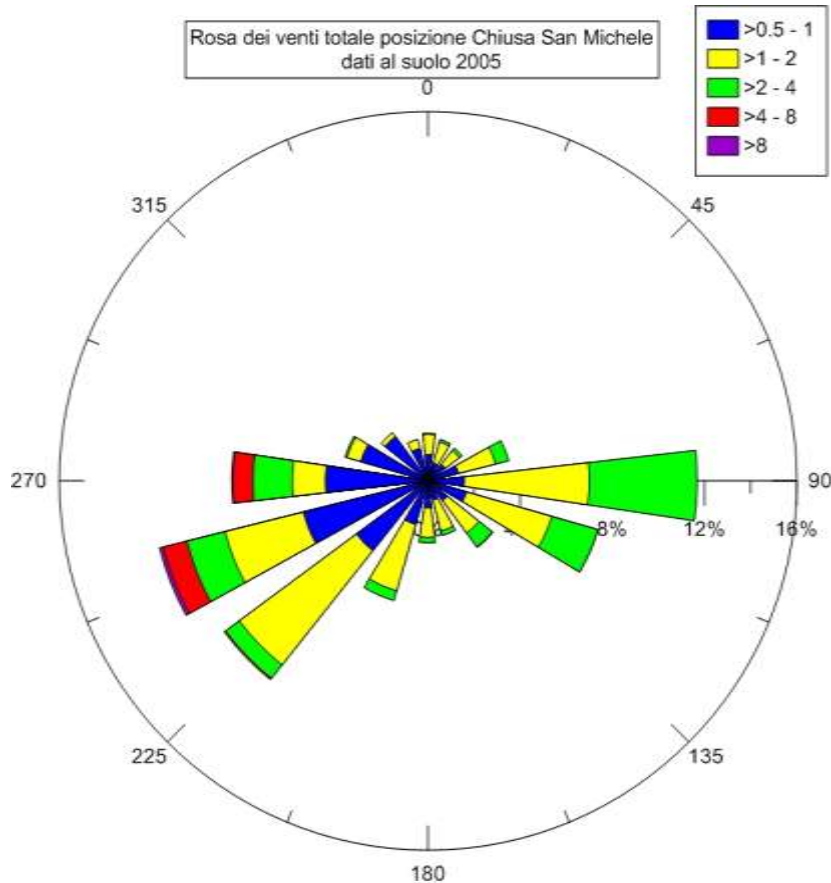


Figura 28 - Rosa dei venti annuale, dati in prossimità del suolo relativi all'anno 2005 estratti dal database utilizzato per le simulazioni di scenario annuale di impatto dei cantieri in prossimità di Chiusa San Michele. Intensità del vento secondo la scala colorata a destra del grafico.

La rosa dei venti mostra la presenza delle direzioni di prevalenza Est-Ovest, in corrispondenza dell'asse della valle, con minori intensità per i settori di provenienza da Est. I settori di provenienza da Ovest o Sud Ovest non sono però in grado di provocare impatti diretti in zone popolate in prossimità del punto di emissione, dato che i principali centri abitati sono localizzati immediatamente a Sud (Chiusa San Michele) e a Nord Ovest (Condove) di quest'ultimo. Analizzando la suddivisione giorno-notte della stessa rosa dei venti annuale al suolo, illustrata in Figura 29 si osserva come le direzioni da Est (venti che risalgono la valle) siano caratteristiche di situazioni diurne, mentre le situazioni opposte (venti che discendono la valle) siano caratteristiche di situazioni notturne.

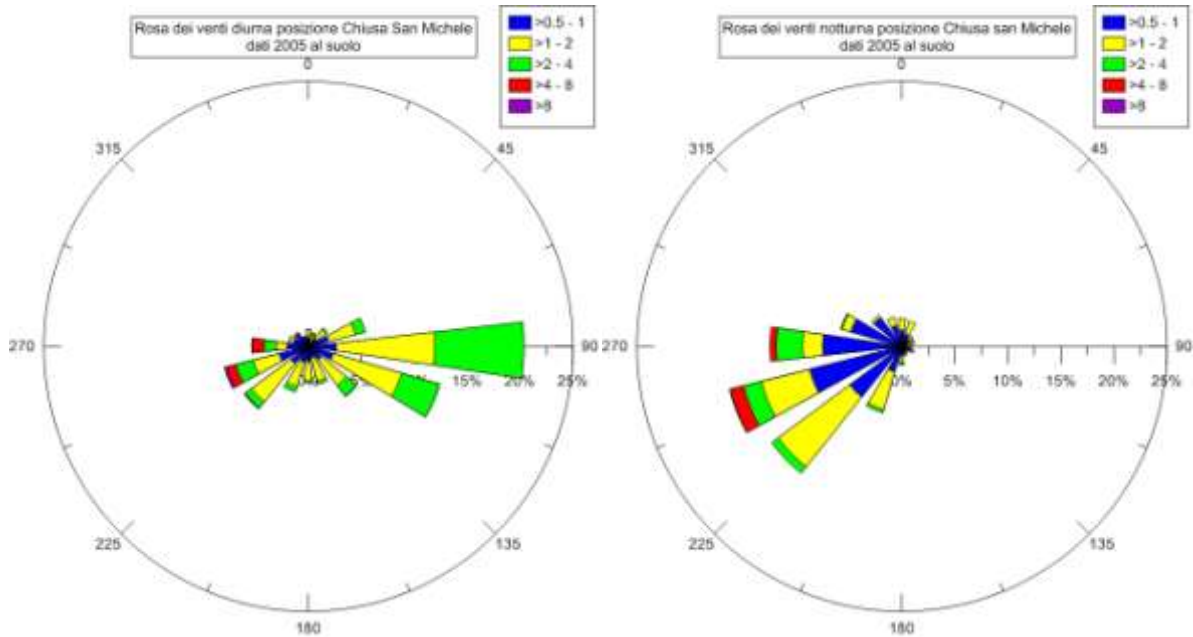


Figura 29 - Rose dei venti annuale diurna (sinistra) e notturna (destra), dati in prossimità del suolo relativi all'anno 2005 estratti dal database utilizzato per le simulazioni di scenario annuale di impatto dei cantieri in prossimità di Chiusa San Michele. Intensità del vento secondo le scale colorate a destra di ogni grafico.

La scelta del periodo di simulazione viene quindi ristretta a situazioni diurne con venti di provenienza da Est o Est/Sud-Est e velocità del vento in prossimità del suolo comprese tra 1 m/s e 4 m/s. Tali situazioni sono da considerarsi critiche rispetto all'impatto sulla popolazione localizzata in vicinanza del punto emissivo e statisticamente significative. Per restringere inoltre la scelta ad un periodo caratterizzato da minore dispersività atmosferica, si è presa in considerazione la stagione invernale.

Dall'analisi dei dati contenuti nel database delle simulazioni meteorologiche utilizzate come input alle simulazioni di impatto dei cantieri è stato identificato un periodo compreso tra le 12:00 e le 23:00 del giorno 27/2/2005, in cui l'andamento dei dati di vento è illustrato in Figura 30. La figura riporta sia i dati al suolo che a 400 metri di quota in prossimità di Chiusa San Michele e mostra un periodo diurno di direzioni persistenti da Est/Sud-Est al suolo e da Est in quota, con intensità comprese tra 0.5 m/s e poco più di 3 m/s. Le direzioni sono in grado di dirigere fumi vicino al suolo verso Condove e consentono quindi di ricostruire uno scenario di impatto verso zone abitate. Il periodo di 6 ore è sufficiente a coprire per intero sia l'evento emissivo, di durata complessiva presumibile non superiore alle due ore, che il periodo successivo durante il quale i fumi vengono definitivamente dispersi in atmosfera fino a raggiungere concentrazioni trascurabili.

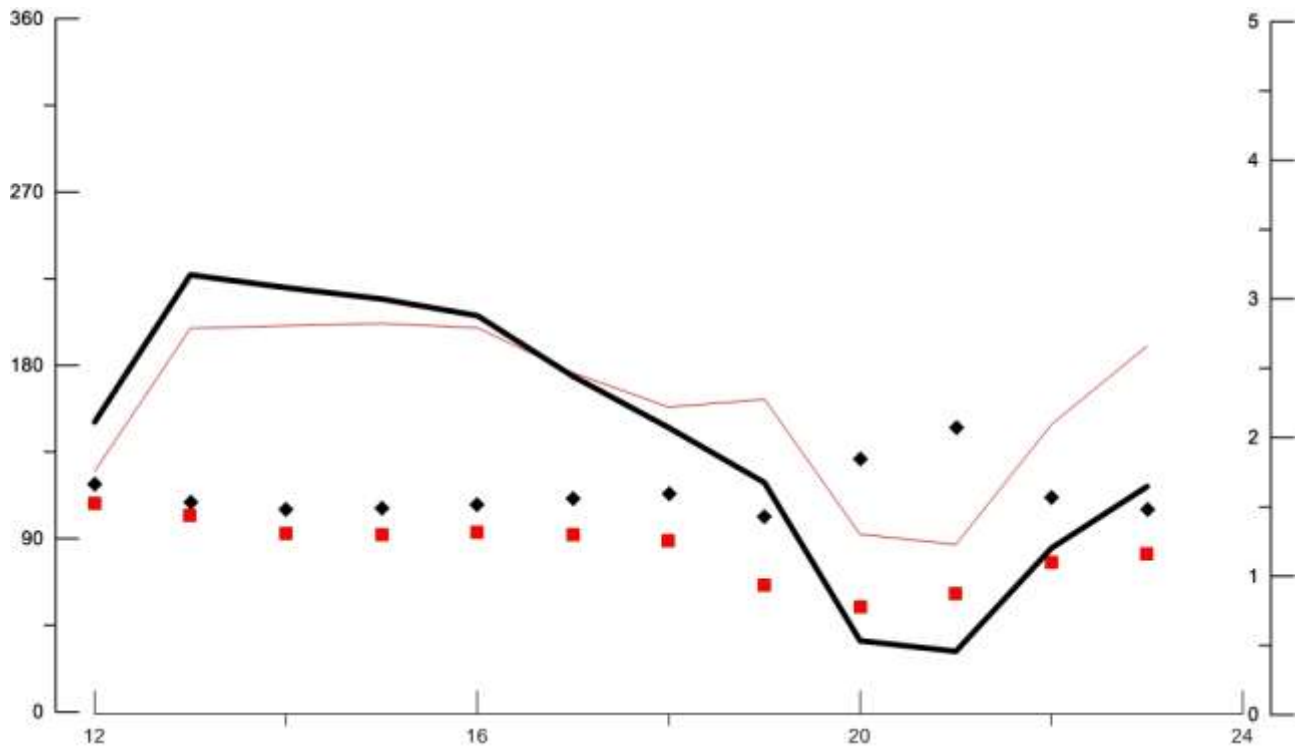


Figura 30 - Andamento dei dati anemologici in prossimità di Chiusa San Michele estratti dal database utilizzato per le simulazioni di scenario annuale di impatto dei cantieri. Linea continua nera spessa: velocità del vento al suolo, linea rossa sottile: velocità del vento a 400m, simboli a rombo neri: direzione del vento al suolo, quadrati rossi: direzione del vento a 400m. Velocità del vento in m/s secondo la scala a destra, direzioni del vento di provenienza in gradi secondo la scala a sinistra. Periodo: 27/2/2005 dalle ore 12:00 alle ore 23:00.

8.1.3 Ricostruzione meteorologica

Il codice meteorologico Swift, già utilizzato per la ricostruzione dei campi 3d su terreno complesso di vento e temperatura nello studio di impatto dei cantieri, è stato predisposto per ottenere i campi su base oraria dalle ore 12:00 alle ore 23:00 del giorno 27/2/2005, sul dominio considerato e alla risoluzione orizzontale di 250 metri. Rispetto alla durata dell'evento incidentale e del relativo impatto nella zona sono però in realtà significativi solo i campi fino alle ore 18:00. Le figure (Figura 31, Figura 32, Figura 33) riportano i campi a 10 metri sopra il terreno relativi rispettivamente alle ore 12:00, 15:00, 18:00 e confermano, fino alle ore 18:00 un flusso persistente incanalato nella valle con direzione di provenienza da Est/Sud-Est nella zona di Chiusa San Michele.

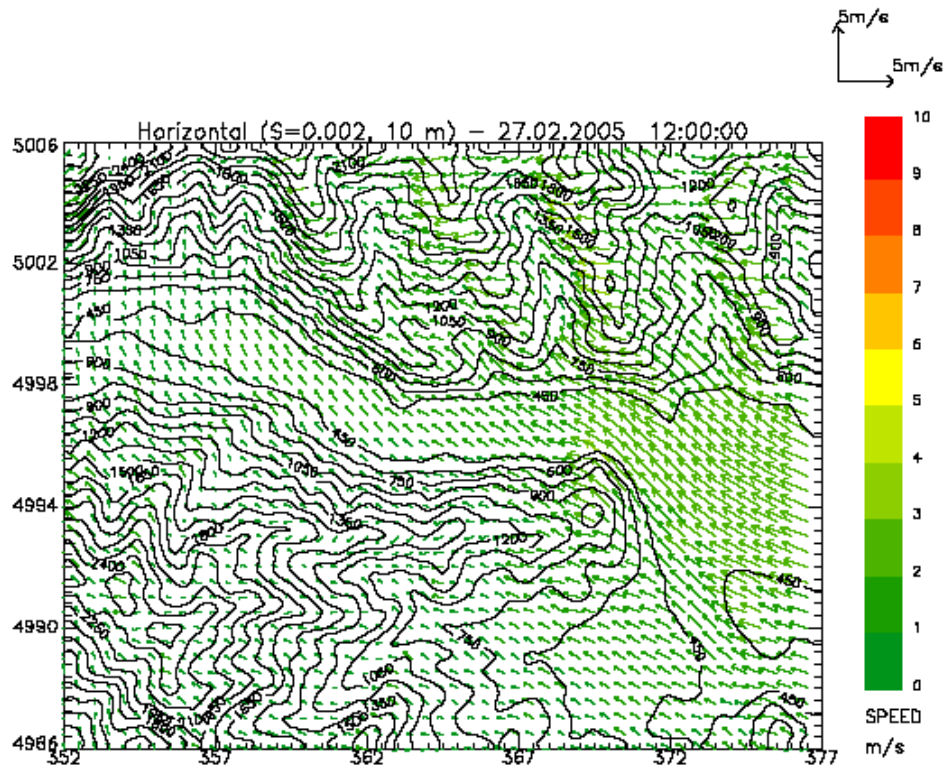


Figura 31 - Campo di vento in prossimità del suolo il giorno 27/2/2005 alle 12:00, frecce colorate con l'intensità del vento in m/s secondo la scala indicata a destra.

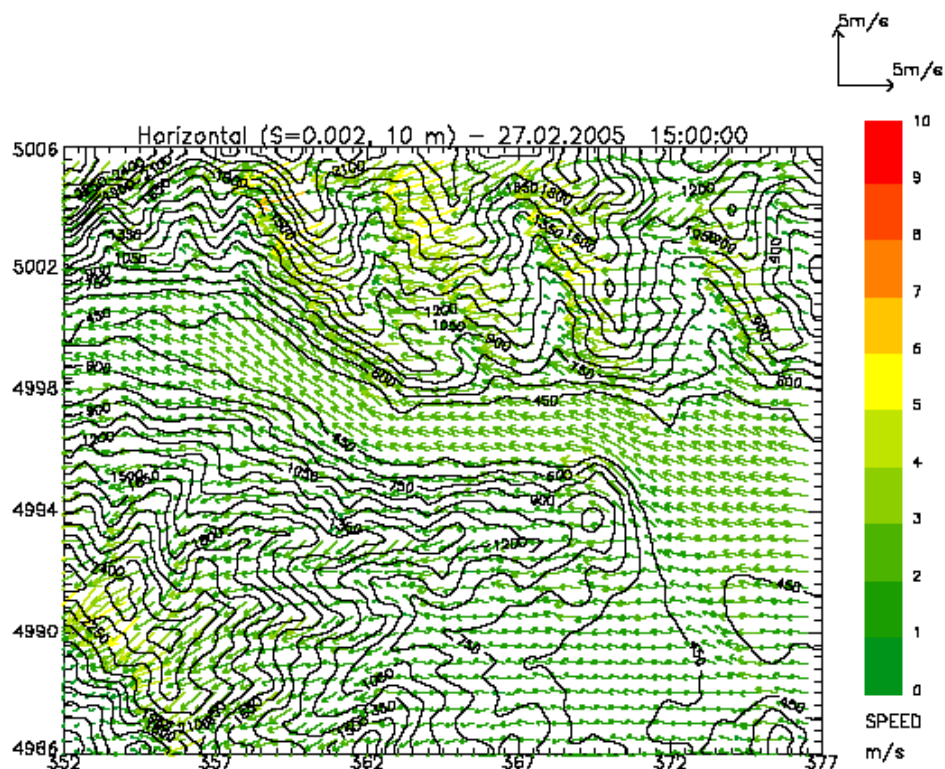


Figura 32 - Campo di vento in prossimità del suolo il giorno 27/2/2005 alle 15:00, frecce colorate con l'intensità del vento in m/s secondo la scala indicata a destra.

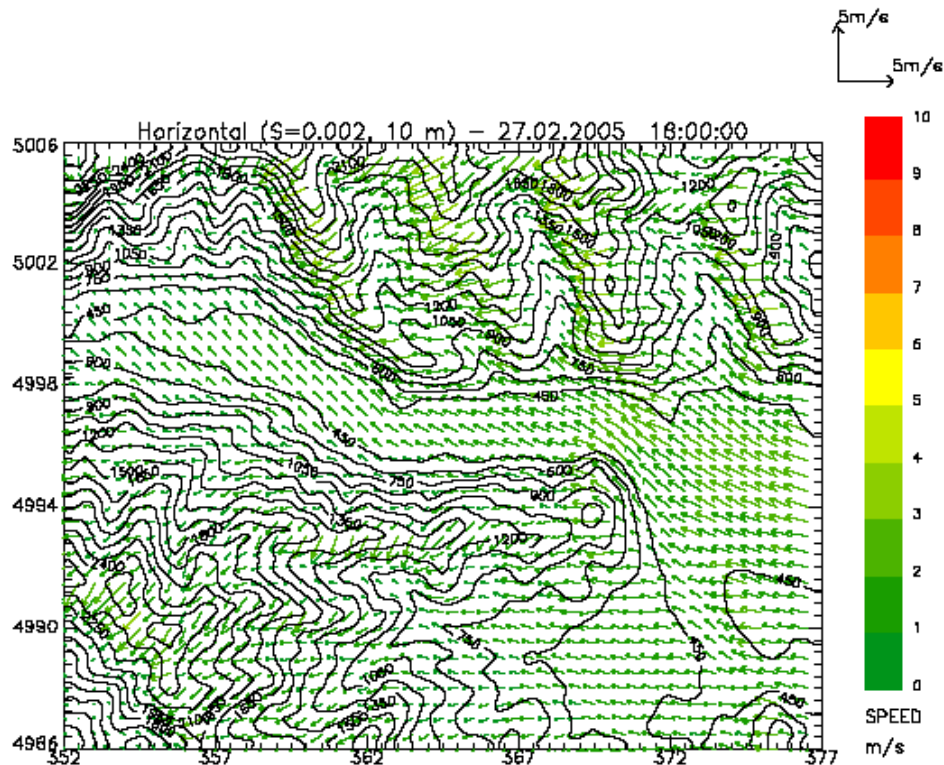


Figura 33 - Campo di vento in prossimità del suolo il giorno 27/2/2005 alle 18:00, frecce colorate con l'intensità del vento in m/s secondo la scala indicata a destra.

Nelle figure seguenti sono riportati rispettivamente i campi (bidimensionali) di

- altezza dello strato limite diurno H_{mix} ;
- velocità di frizione u_* ;
- altezza di Monin-Obukhov L ;
- velocità convettiva di scala w_*

prodotti dal codice di turbolenza SurfPro per il 27/2/2005 alle ore 12:00 e utilizzati dal codice di dispersione Spray per determinare i livelli di turbolenza in atmosfera.

I campi identificano una situazione rappresentativa di una giornata soleggiata, con lo sviluppo di uno strato limite convettivo all'interno della valle di moderato spessore, compreso tra 600 e 850 metri circa. I valori di L sono infatti negativi e abbastanza piccoli, caratteristici di una situazione instabile rappresentata anche dai valori della velocità convettiva di scala mediamente intorno a 1.2 m/s. I valori di u_* tra 0.2 e 0.5 m/s sono in linea con l'intensità moderata del vento che, al suolo, è poco al di sotto di 2 m/s in prossimità di Chiusa San Michele. Nelle ore successive la situazione si mantiene simile, con un'ulteriore leggera crescita dello strato limite e delle relative caratteristiche dispersive dell'atmosfera.

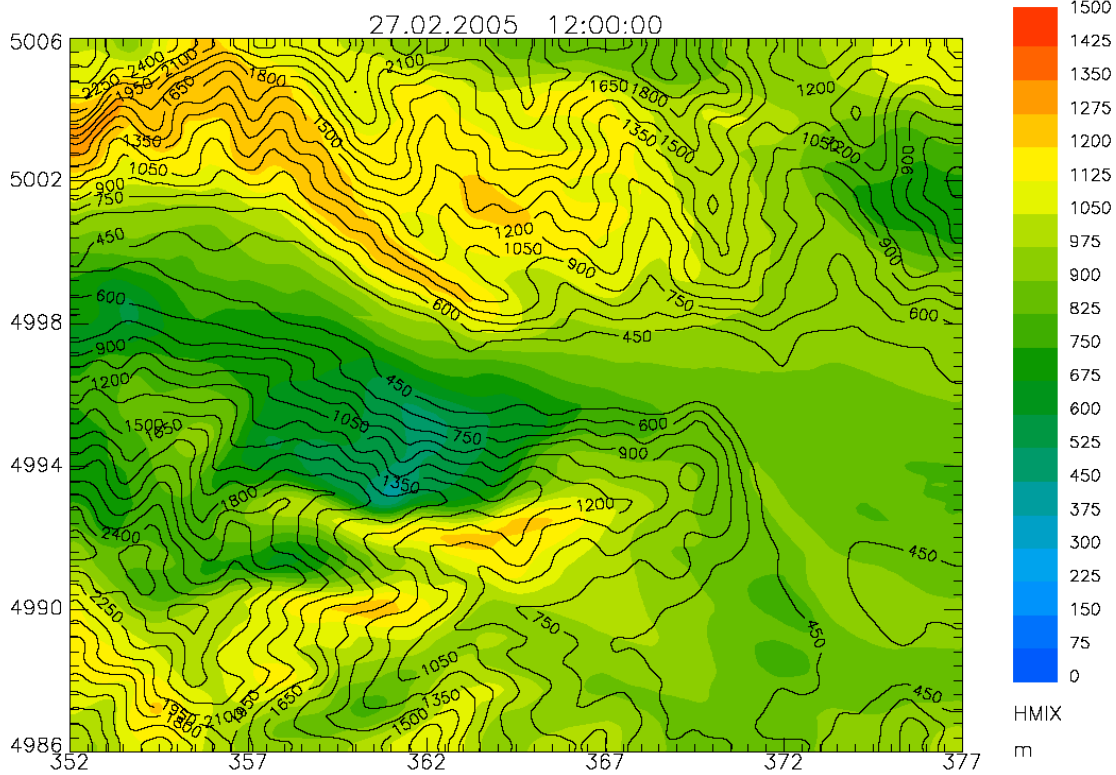


Figura 34 - Campi bidimensionali dell'altezza di rimescolamento Hmix calcolati il giorno 27/2/2005 alle ore 12:00. I valori sono in m, secondo la scala colorata.

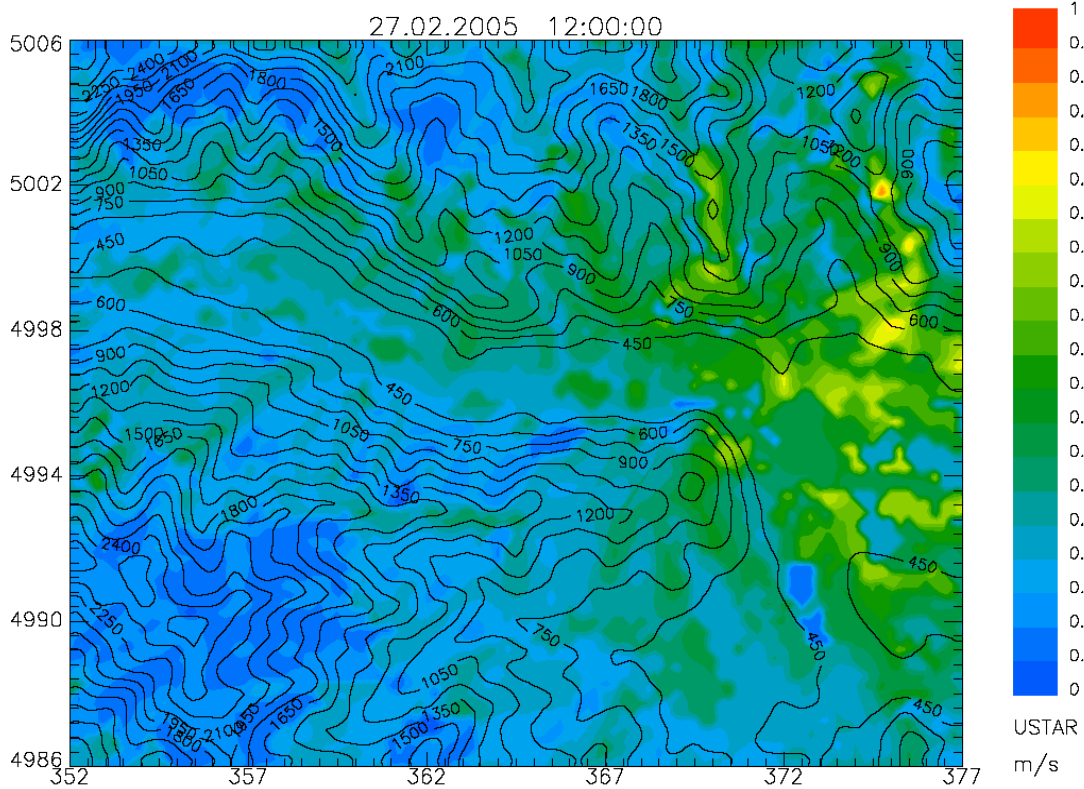


Figura 35 - Campi bidimensionali della velocità di frizione u^* calcolati il giorno 27/2/2005 alle ore 12:00. I valori sono in m/s, secondo la scala colorata.

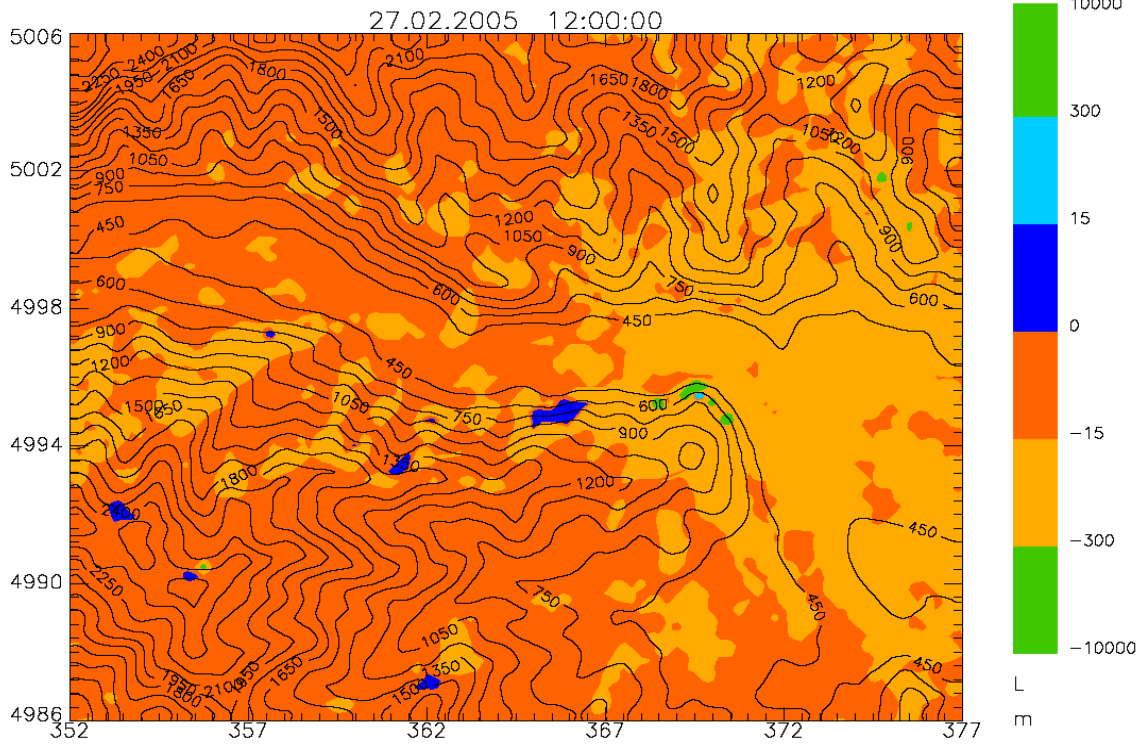


Figura 36 - Campi bidimensionali della lunghezza di Monin-Obukhov L calcolati il giorno 27/2/2005 alle ore 12:00. I valori sono in m, secondo la scala colorata.

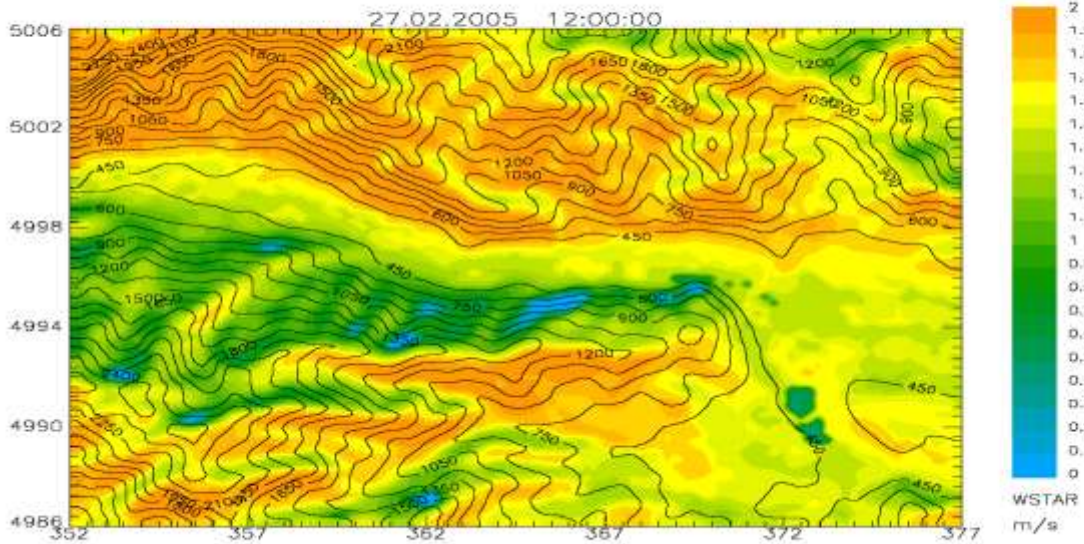


Figura 37 - Campi bidimensionali della velocità convettiva di scala w^* calcolati il giorno 27/2/2005 alle ore 12:00. I valori sono in m/s, secondo la scala colorata.

8.1.4 Simulazione dello scenario emissivo

L'evento incidentale simulato riguarda la formazione di un incendio all'interno del Tunnel dell'Orsiera a 5 km dall'imbocco est. L'incendio si sviluppa in corrispondenza della motrice del treno e si produce in seguito di una perdita di liquidi combustibili. L'incendio genera una potenza di 170 MW, e durante l'evento viene attivata una ventilazione di 3.3 m/s che spinge i fumi in direzione dell'area di sicurezza di Chiusa S. Michele.

La dinamica temporale dell'evento è definita in modo che nei primi 10 minuti la potenza sviluppata dall'incendio aumenti linearmente fino a raggiungere i 170 MW. Con la stessa tempistica viene attivata la ventilazione che dopo 10 minuti raggiunge i 3.3 m/s. L'incendio e la ventilazione rimangono stazionari per 50 minuti, istante in cui iniziano gli interventi di spegnimento che portano all'estinzione progressiva del fuoco ipotizzata in 40 minuti. Durante lo spegnimento la ventilazione rimane comunque attiva alla velocità massima di 3.3 m/s. La sequenza degli eventi è riassunta come segue:

T0 Validazione allarme

T0+2 Chiamata dei soccorsi

T0+7 Fine della preparazione delle squadre e partenza dei mezzi stradali

T0+17 Arrivo della squadra del treno di soccorso a Susa

T0+27 Partenza del treno di soccorso da Susa

T0+50 Arrivo del treno di soccorso sul luogo dell'evento (velocità di progressione: 100 km/h e poi 30 km/h quando la distanza dal luogo dell'evento è inferiore a 10 km).

L'andamento dell'incendio all'interno del tunnel è stato simulato con il modello "Fire Dynamic Simulator" (rif. <http://www.fire.nist.gov/fds/>) sviluppato dal National Institute of Standards and Technology americano. Si tratta di un modello di fluidodinamica alle equazioni primitive (CFD) che permette di riprodurre le caratteristiche termiche dell'incendio e, a microscala, la generazione e dispersione dei fumi tenendo conto degli effetti di confinamento del tunnel e degli scambi termici con le pareti. Il modello richiede la definizione della geometria e delle caratteristiche termiche delle superfici degli oggetti presenti nel dominio (treno e tunnel), oltre alle caratteristiche del materiale coinvolto.

La geometria è stata riprodotta considerando i seguenti elementi (si veda la Figura 38).

- tunnel di 5780 metri con una sezione di 6 (larghezza) metri x 7 metri (altezza), pareti in calcestruzzo. Si ipotizza che il tunnel continui per un'ulteriore tratta che comunque risulta ininfluente ai fini della simulazione
- treno di 750 metri, sollevato rispetto alla base del tunnel di 1 metro, con sezione di 3 metri per 3 metri, costituito di ferro e acciaio. La motrice è posizionata a 5000 metri dall'uscita.

La combustione è definita da una pozza di gasolio di 10 m² che si forma a lato della motrice. La quantità di combustibile coinvolta è determinata in modo da garantire la potenza a regime di 170 MW.

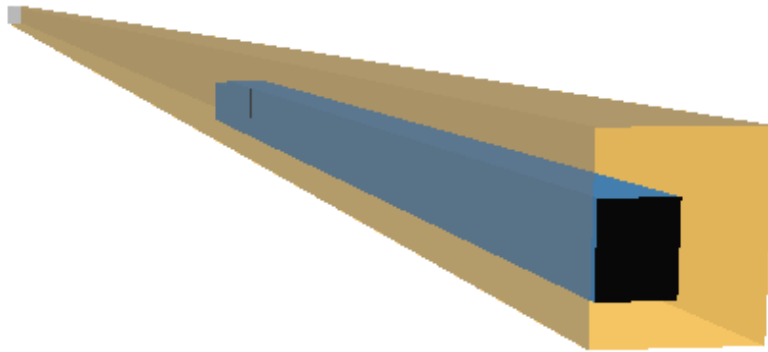


Figura 38 - Visualizzazione degli elementi geometrici definiti per la simulazione dell'incendio. Nella rappresentazione le dimensioni in direzione z, lungo l'asse del tunnel, sono scalate di un fattore 10.

I principali prodotti della combustione considerati sono il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (NO_x) e le polveri (soot). Gli ossidi di azoto si formano in presenza di temperature elevate, monossido di carbonio e polveri (fuliggine) si formano nel processo di combustione per carenza di ossigeno. La presenza della ventilazione che genera una portata di 142 m³/s supplisce all'aria teorica di combustione dunque il processo di combustione, globalmente, non si verifica in condizioni di carenza di ossigeno. Ciononostante, la configurazione spaziale dell'incendio può portare a condizioni locali variabili pertanto è prevedibile in ogni caso la formazione di polveri e monossido di carbonio. La frazione di sostanze prodotte rispetto alla quantità di combustibile dipende oltre che dall'apporto di ossigeno dalle condizioni di temperatura e di configurazione spaziale dell'incendio e non è di semplice determinazione. In base ai valori disponibili in letteratura per casi di incendio in condizioni di ossigeno non limitato ed in base a calcoli sull'equilibrio chimico tra le specie in gioco nelle reazioni di combustione (ref Handbook of Fire Protection Engineering - Society of Fire Protection Engineers 2002), sono stati stimati i seguenti valori di produzione (yields) per ogni specie considerata, espressi in kg di sostanza per 1 kg di combustibile, da fornire come input al modello:

- polveri sotto forma di soot (fuliggine): 0.04;
- monossido di carbonio: 0.014;
- NO_x: 0.002

Per quanto riguarda le polveri, i dati disponibili in letteratura hanno una variabilità molto elevata. Nel modello FDS è definito un valore di default di 0.01 kg/kg da ritenere basso per il materiale coinvolto, si è impostato quindi il valore di 0.04 kg/kg che si avvicina maggiormente ai dati di riferimento per casi di combustione con caratteristiche assimilabili all'evento da simulare. È stato inoltre stimato un abbattimento pari al 50% del particolato per effetto della deposizione superficiale sulle pareti del tunnel, nei 5 Km di galleria. La dimensione delle particelle di fuliggine è in genere al di sotto di 1 micron.

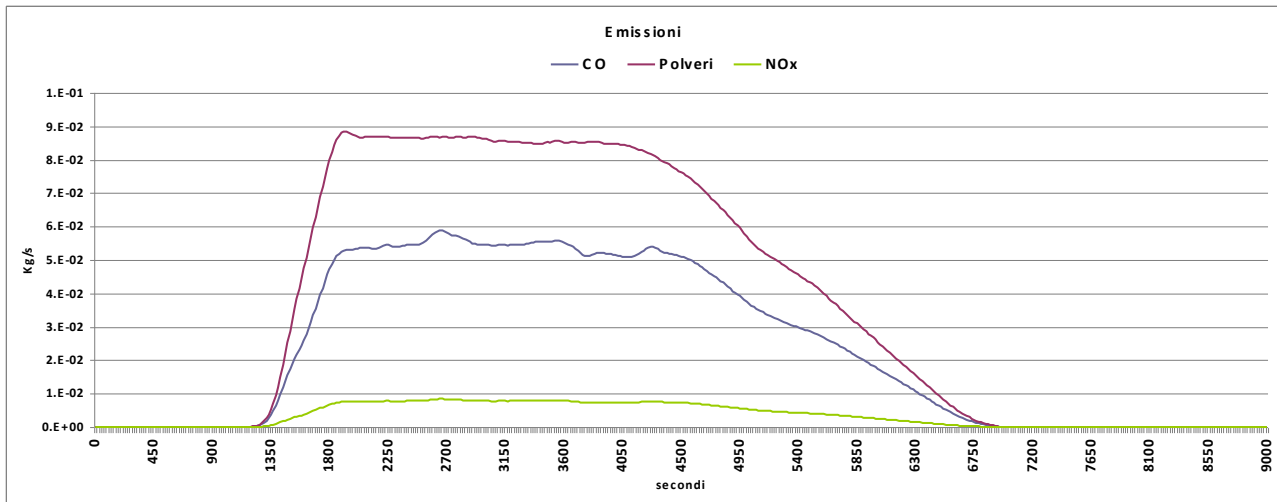


Figura 39 - Andamento delle emissioni all'imbocco della galleria durante il periodo di simulazione.

L'andamento temporale dei flussi di emissione per le sostanze considerate risultanti dalla simulazione sono riportate in Figura 39. Si noti come, per effetto della distanza di 5 Km tra incendio ed imbocco della galleria, le prime emissioni arrivano dopo circa 20 minuti dall'inizio dell'incendio (si veda anche la Figura 40), identificato dal tempo 0. Questa dilazione che intercorre tra l'inizio dell'incendio e la fuoriuscita dei prodotti della combustione dall'imbocco della galleria può essere eventualmente sfruttata per attivare gli opportuni interventi di allerta della popolazione presente nelle aree possibilmente esposte alla ricaduta delle sostanze emesse. Per lo stesso motivo l'emissione termina dopo circa 2 ore dall'inizio dell'incendio, si ha quindi una residua uscita dei fumi spinti dal sistema di ventilazione che tendono ad esaurirsi nel tempo per oltre un'ora rispetto al tempo di intervento dei vigili del fuoco.



Figura 40 - Rappresentazione grafica del particolato prodotto dall'incendio dopo 15 minuti dall'inizio dell'evento e trasportato verso l'imbocco in corrispondenza dell'area di sicurezza di Chiusa S. Michele (verso sinistra in figura) per effetto della ventilazione. Nella rappresentazione le dimensioni in direzione z, lungo l'asse del tunnel, sono scalate di un fattore 10.

Inoltre la localizzazione dell'incendio, 5 Km all'interno della galleria, risulta fondamentale nel determinare la temperatura dei fumi nella sezione di uscita.

Si osserva infatti che lo scambio termico con le pareti riduce progressivamente la temperatura dei fumi, come mostra la Figura 41, portandoli alla temperatura ambiente all'uscita della galleria, dove la portata volumetrica corrisponde alla portata a monte generata dal sistema di ventilazione.

La zona di emissione relativa all'imbocco della galleria si trova alle coordinate (UTM32 WGS84) X= 368425 Y=4996218 espresse in metri.

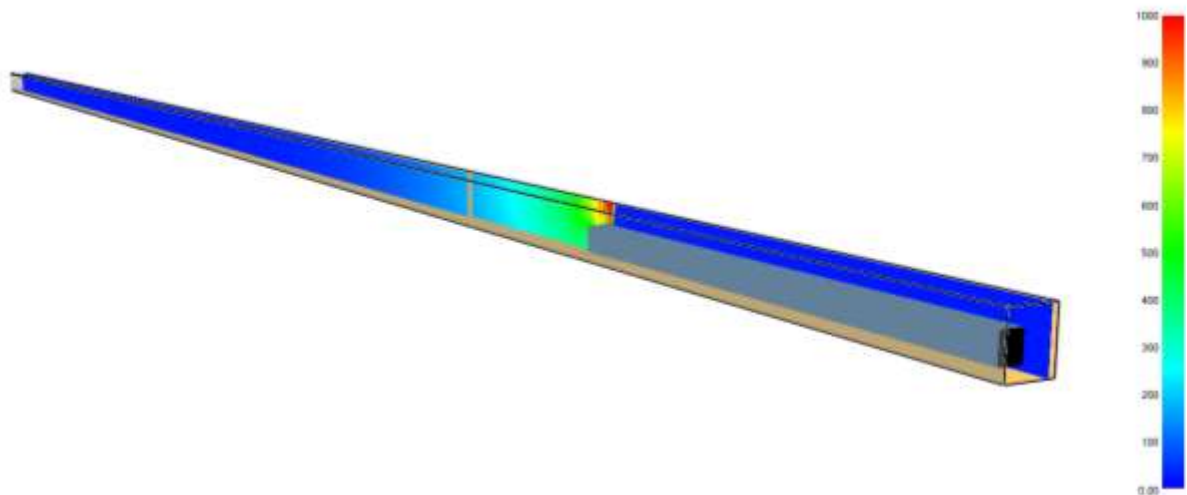


Figura 41 - Valori di temperatura, in gradi centigradi, in una sezione verticale lungo l'asse del tunnel a 15 minuti dall'inizio dell'evento. In corrispondenza dell'area di incendio la temperatura raggiunge i 1000 °C, all'imbocco coincide con la temperatura ambiente. Nella rappresentazione, le dimensioni in direzione z, lungo l'asse del tunnel, sono scalate di un fattore 10.

8.1.5 Risultati

La simulazione mediante il modello Spray è stata effettuata a partire dalle ore 12:00 fino alle ore 18:00 del 27/2/2005, un tempo più che sufficiente per seguire completamente l'impatto dei fumi emessi all'interno del dominio di calcolo nelle condizioni meteorologiche considerate. Le ore 12:00 vengono fatte coincidere con il tempo T0 di inizio evento.

Sono state considerate le emissioni di CO, NO_x e polveri, e calcolata per ognuna specie la serie temporale delle concentrazioni mediate su 10 minuti (riferite al tempo finale dell'intervallo di media), che rappresenta un intervallo di tempo idoneo per definire eventuali picchi di concentrazione legati alla presenza della non stazionarietà del fenomeno considerato. Nel seguito vengono illustrati separatamente i risultati delle simulazioni per ciascuna delle specie.

8.1.5.1 Monossido di carbonio (CO)

Le figure seguenti mostrano l'andamento temporale delle concentrazioni medie al suolo su 10 minuti a partire dalle ore 12:30 fino alle ore 16:00 estratte con passo temporale di 30 minuti. Nei grafici sono identificate le aree popolate mediante poligoni arancioni e la zona dell'imbocco del tunnel rappresentata dal punto in rosso. Nel riquadro in alto a sinistra è inoltre riportato il valore massimo della concentrazione simulata all'interno del dominio.

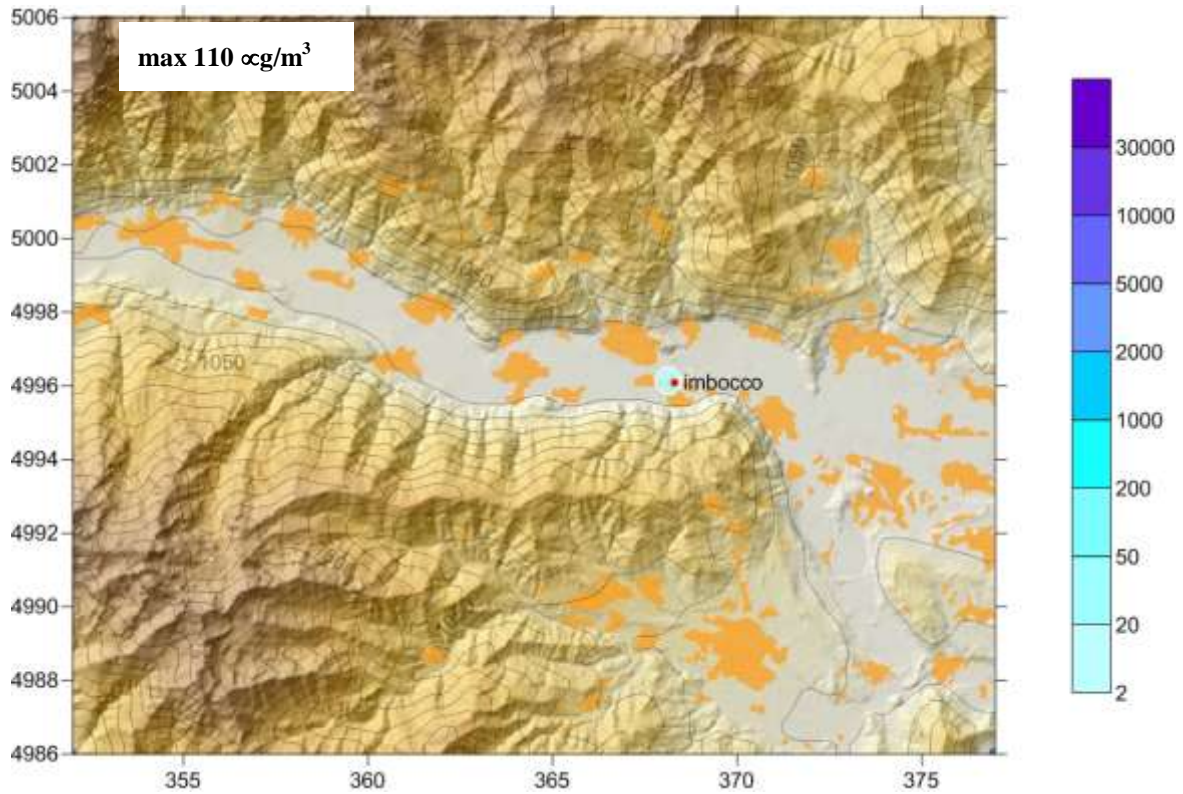


Figura 42 - Campo di concentrazioni al suolo di CO medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 12:30. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

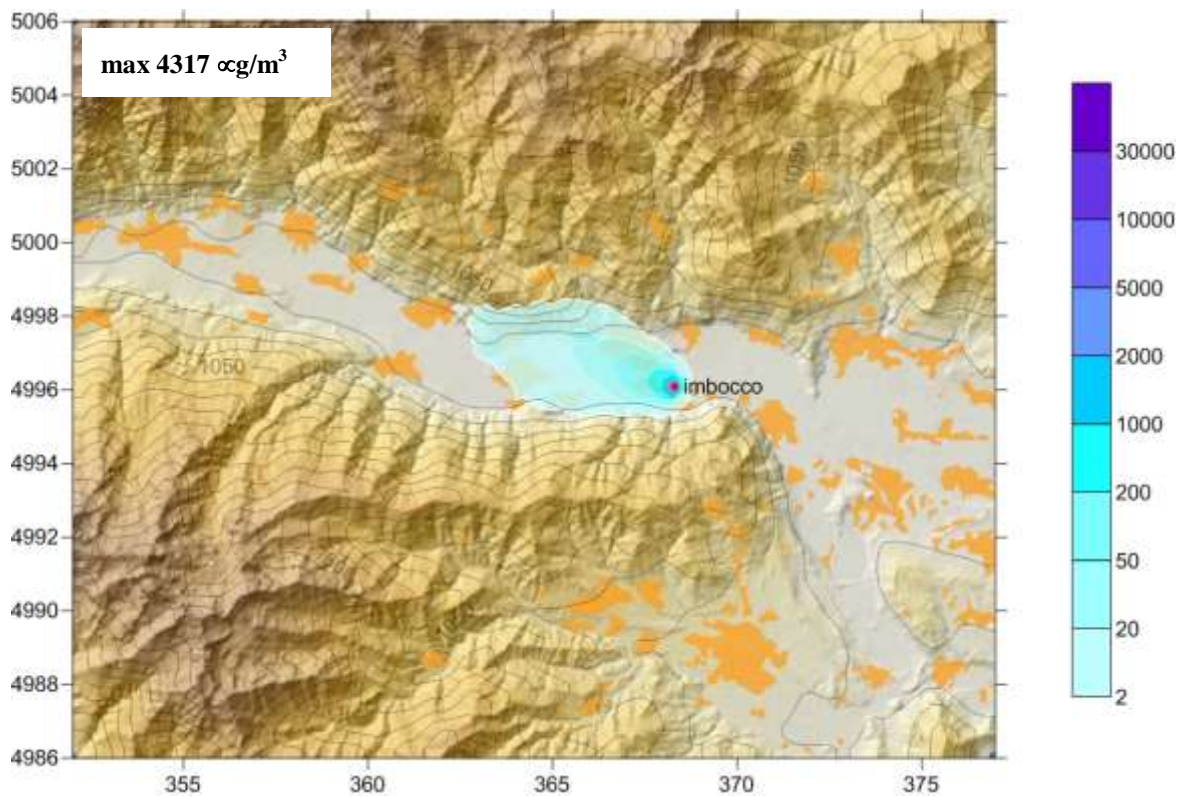


Figura 43 - Campo di concentrazioni al suolo di CO medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 13:00. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

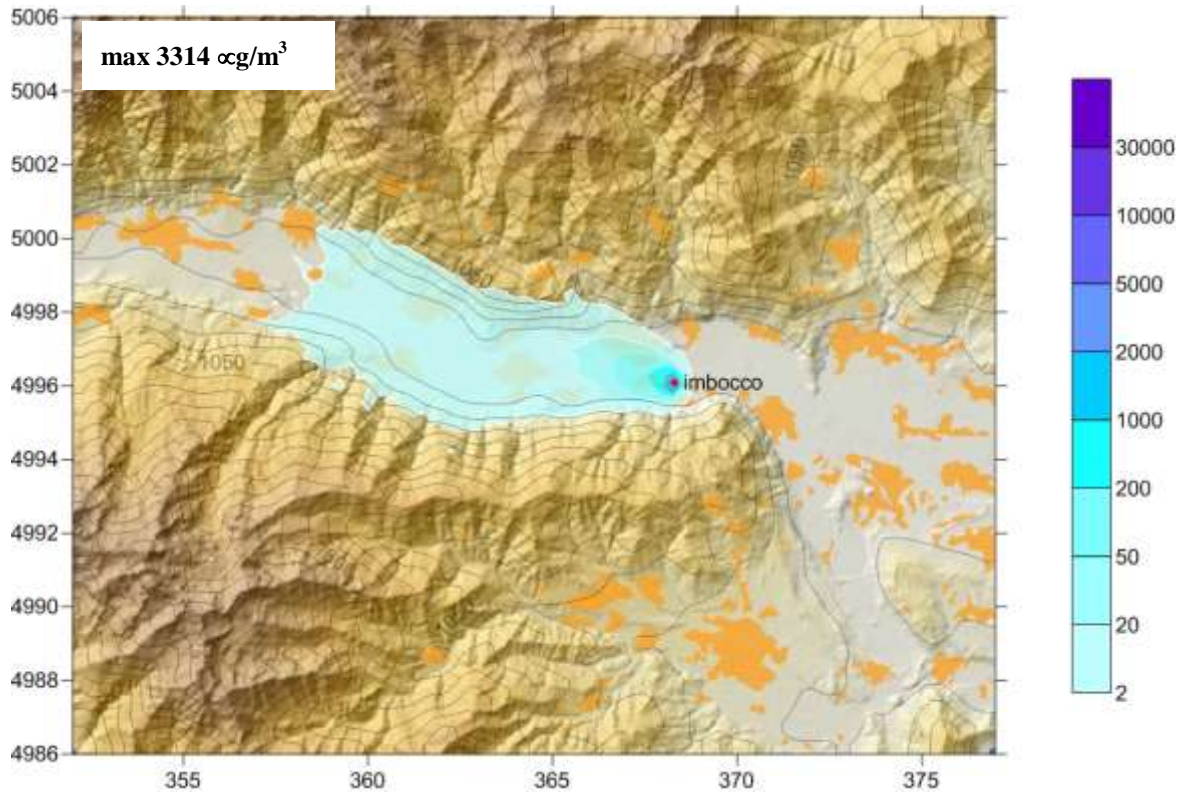


Figura 44 - Campo di concentrazioni al suolo di CO medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 13:30. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

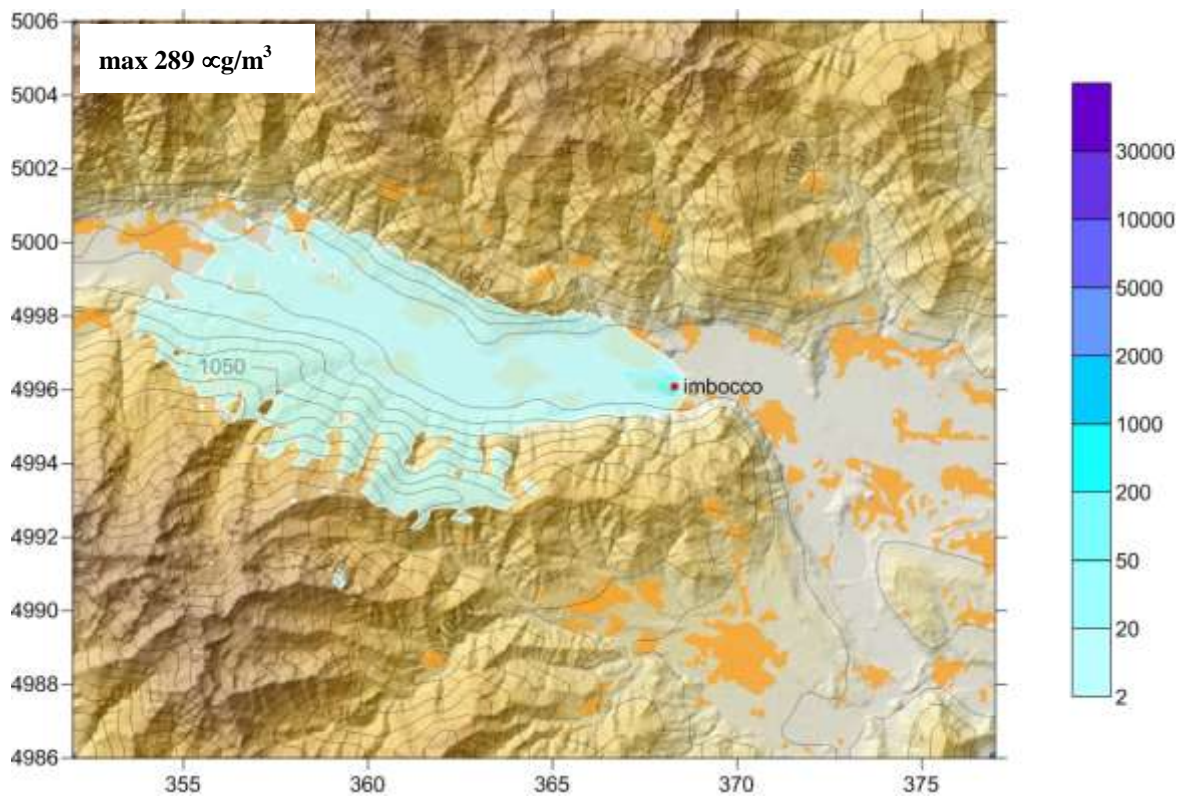


Figura 45 - Campo di concentrazioni al suolo di CO medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 14:00. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

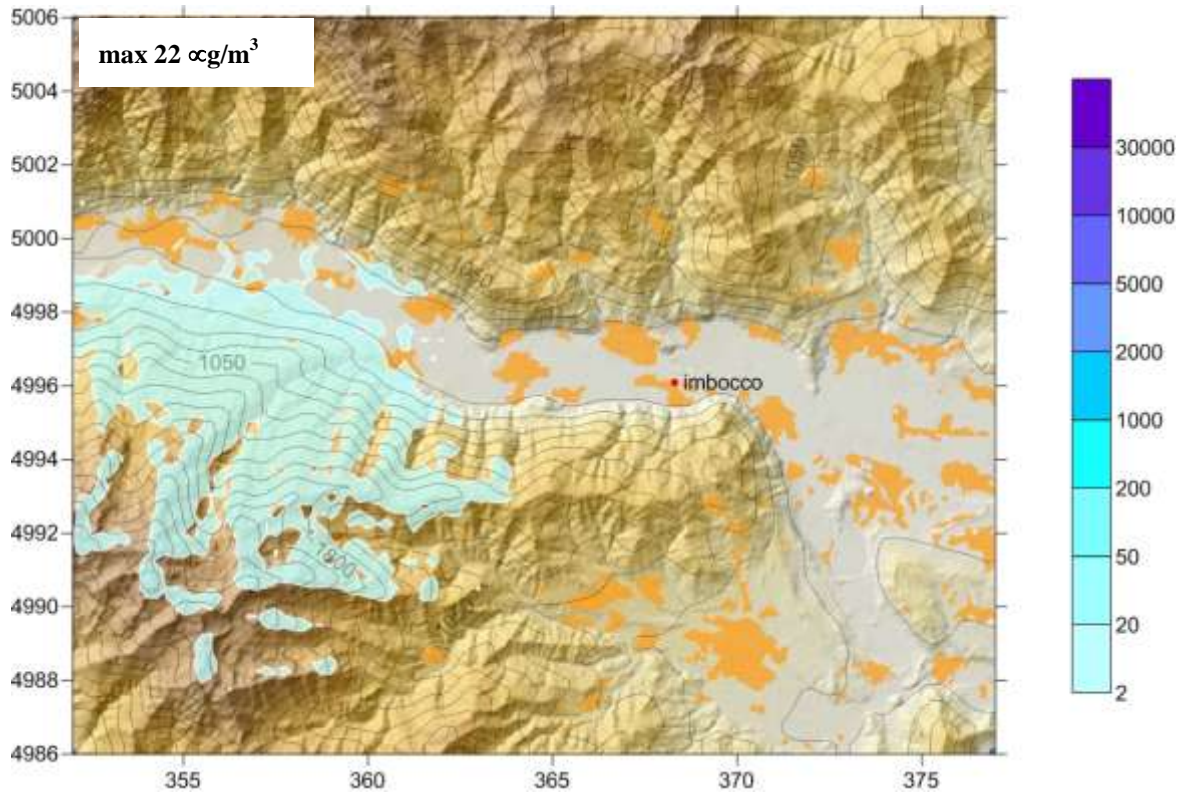


Figura 46 - Campo di concentrazioni al suolo di CO medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 14:30. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

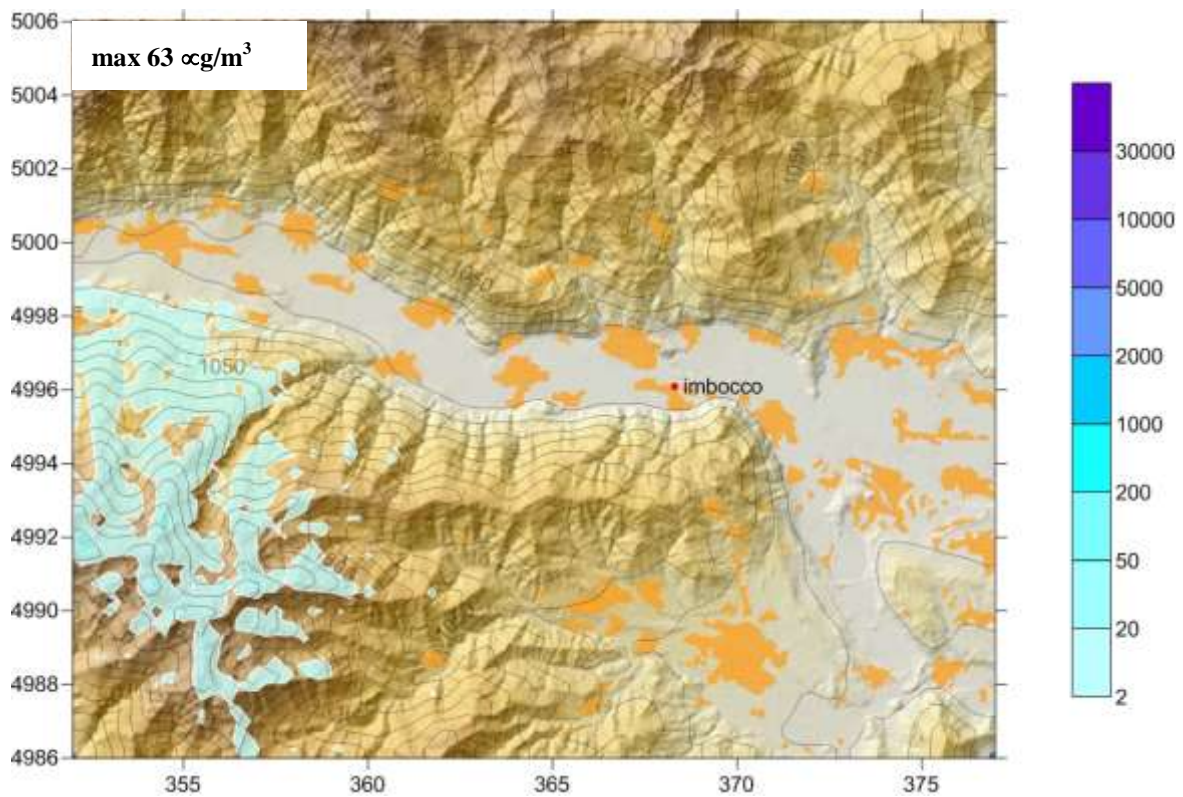


Figura 47 - Campo di concentrazioni al suolo di CO medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 15:00. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

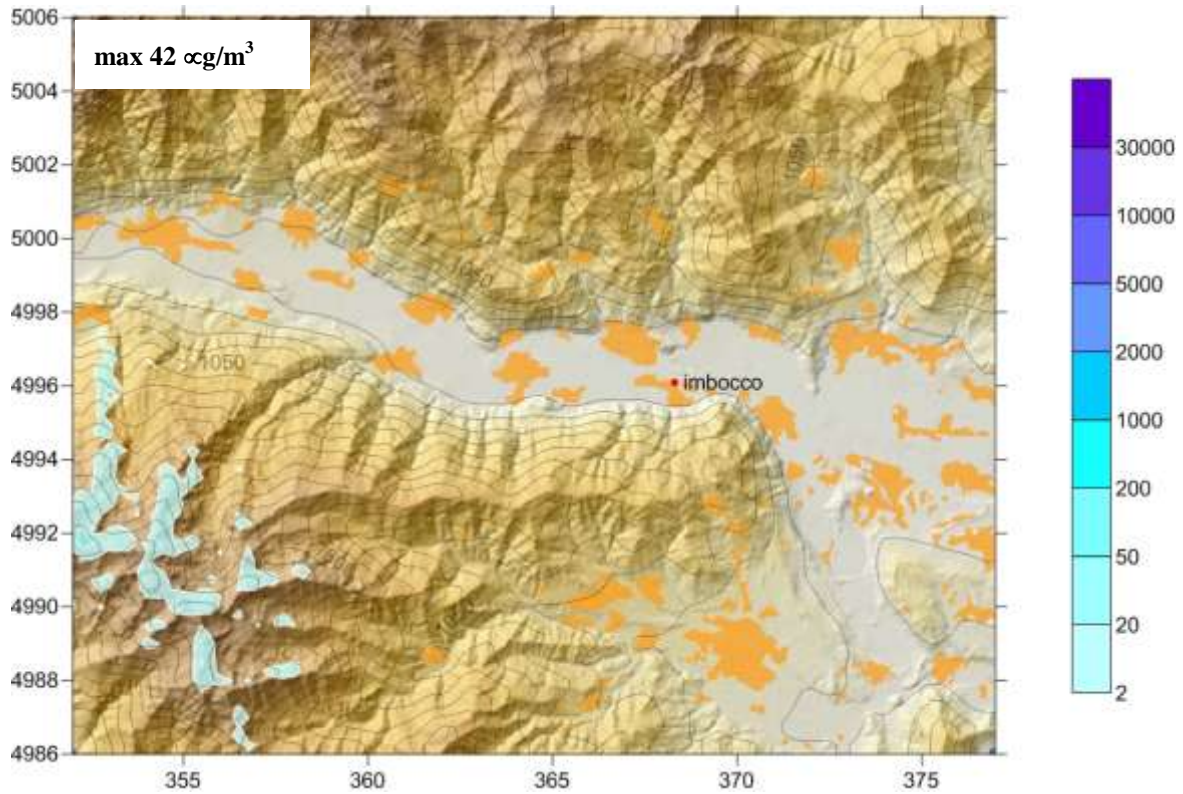


Figura 48 - Campo di concentrazioni al suolo di CO medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 15:30. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

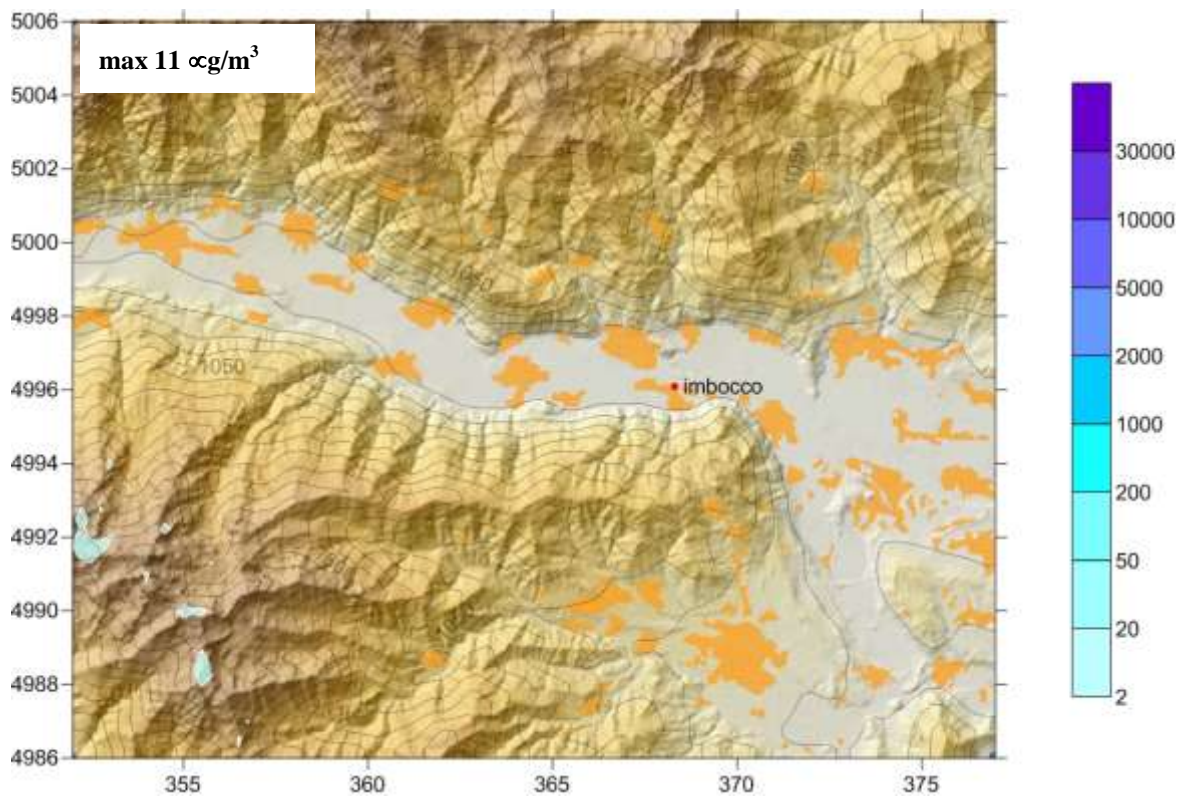


Figura 49 - Campo di concentrazioni al suolo di CO medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 16:00. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

Non esiste una normativa per gli impatti del CO sulle scale temporali considerate, dato che la normativa esistente si riferisce a statistiche sulle medie su 8 ore. Come valore di riferimento che indichi concentrazioni significativamente elevate è stato scelto livello di 30000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, che corrisponde al livello di allarme della media oraria in vigore in precedenza con il DM 15/4/1994.

La sequenza temporale conferma che l'inizio dell'impatto è a circa 20 minuti dall'inizio dell'evento. La concentrazione delle ore 12:30 è infatti ottenuta attraverso la media dei 10 minuti precedenti, che partono all'inizio dell'emissione dei fumi dall'imbocco del tunnel. Il campo di concentrazioni in questo caso è ancora confinato intorno al punto di emissione con valori non particolarmente elevati che si riferiscono allo sviluppo iniziale dell'incendio non ancora a regime. Dalle 13:00 alle 14:00 si ha l'uscita dei fumi con la maggiore intensità, le concentrazioni massime di CO superano i 4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in corrispondenza dell'imbocco. Il pennacchio si sposta verso Nord-Ovest raggiungendo l'abitato di Condove, la cui posizione è visualizzata in Figura 51, dove però i valori di concentrazione al suolo decadono rapidamente sotto i 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A 10 km di distanza dalla sorgente le concentrazioni di CO su 10 minuti scendono tipicamente al di sotto di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dalle 14:30 in poi, venendo a mancare le emissioni dal tunnel i fumi disperdono nel dominio provocando valori massimi molto contenuti e fluttuanti, particolarmente verso la zona montuosa a Sud Ovest del dominio a causa dell'impatto orografico. La mappa dei valori massimi su 10 minuti, in Figura 50, conferma come i valori più elevati sono confinati in una zona prossima all'imbocco. Il massimo assoluto pari a 4375 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rimane comunque al di sotto del valore di riferimento.

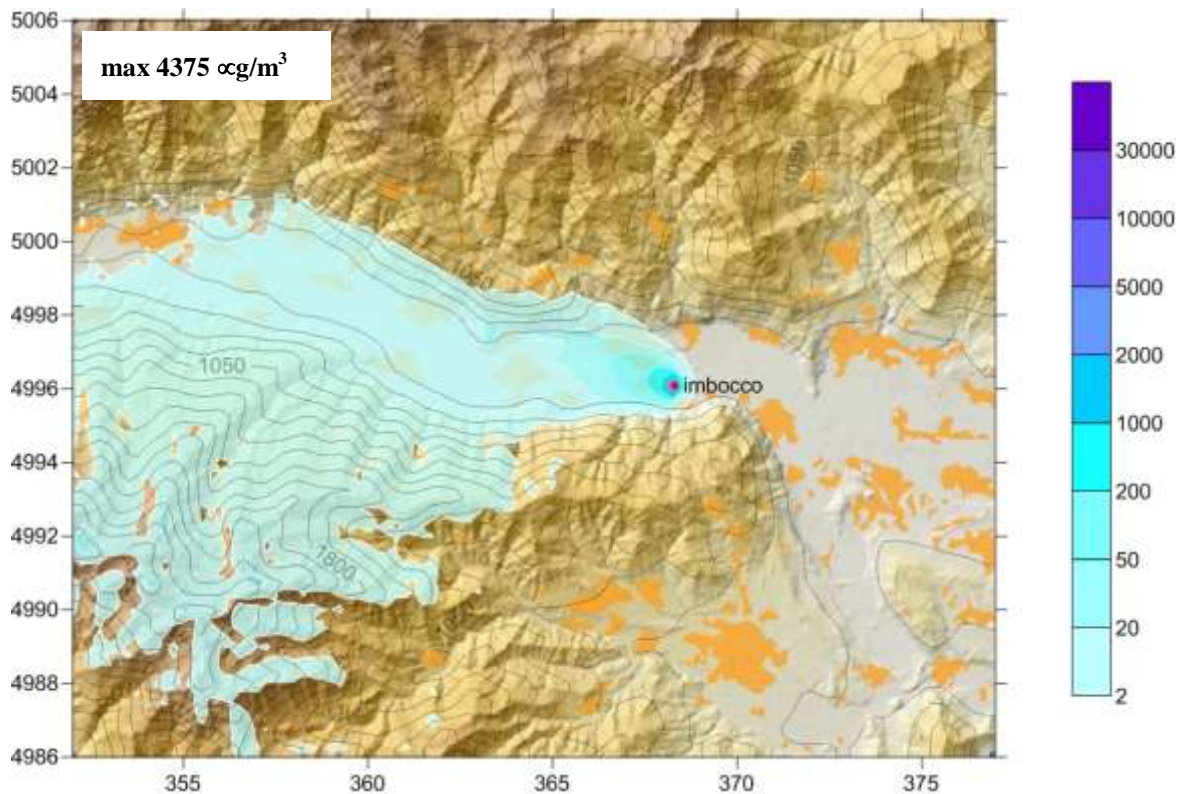


Figura 50 - Campo di concentrazioni di CO massime al suolo delle medie su 10 minuti, relativo all'intero intervallo di simulazione. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

Sono state quindi estratte le serie temporali delle concentrazioni al suolo di CO in corrispondenza di due tra gli abitati principali nella zona, Condove e Bussoleno.

Questi punti possono essere considerati rappresentativi dell'impatto al suolo in una zona prossima all'emissione (Condove, circa 1.5 km a Nord Ovest dell'imbocco del tunnel dell'Orsiera) e di una zona più remota (Bussoleno, circa 14 km a Ovest dell'imbocco). La Figura 51 mostra le posizioni

del punto emissivo e dei punti relativi ai siti di Condove e Bussoleno all'interno del dominio di calcolo.

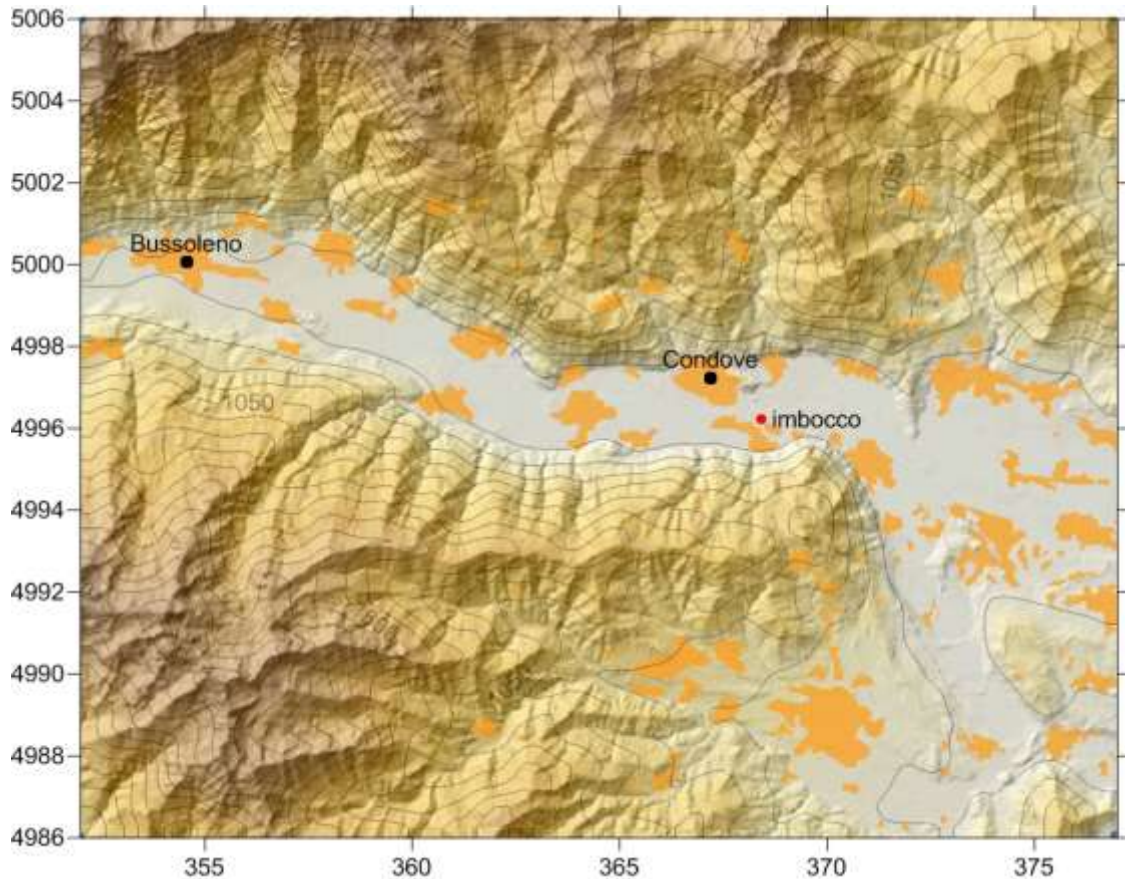


Figura 51 - Posizionamento dei punti scelti per l'estrazione della serie temporale di concentrazioni al suolo rispetto all'imbocco della galleria dell'Orsiera

In Figura 52 è riportata la serie temporale di CO nei due punti scelti. Si nota un decadimento rapido dei valori di concentrazione di circa un ordine di grandezza a Bussoleno rispetto a quelli di Condove ed un ritardo nell'arrivo del pennacchio di circa 70-80 minuti, dovuto al trasporto del flusso medio all'interno della valle. Alle ore 16:00 non vi sono più concentrazioni significative a Bussoleno. I valori massimi a Condove sono di poco superiori a $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, considerato che i massimi assoluti sono di oltre $4300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ localizzati in prossimità del punto emissivo, si ha che a circa 1.5 km dalla sorgente le concentrazioni si abbassano di oltre un ordine di grandezza. Tutte le concentrazioni al suolo nei due punti considerati sono molto al di sotto del valore di riferimento di $30000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

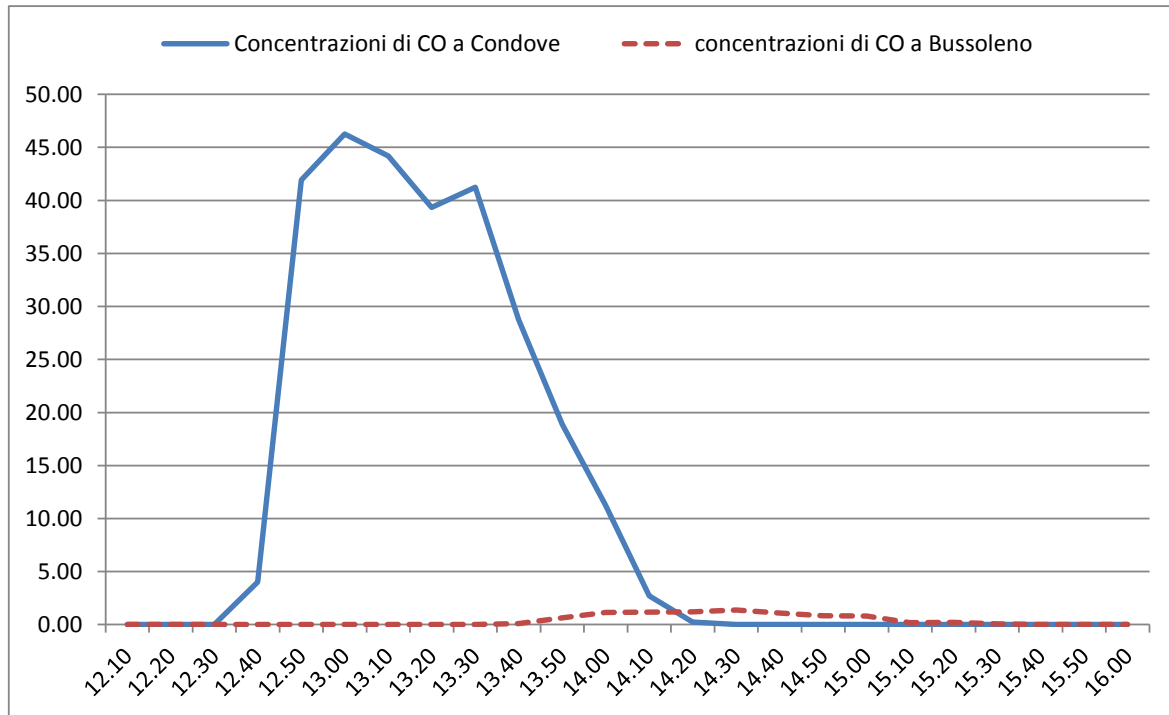


Figura 52 - Serie temporale delle concentrazioni al suolo di CO medie su 10 minuti a Condove e Bussoleno simulate dalle ore 12:10 alle ore 16:00 del 27/2/2005, valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

8.1.5.2 Ossidi di azoto (NO_x)

Le figure seguenti mostrano l'andamento temporale delle concentrazioni medie al suolo su 10 minuti a partire dalle ore 12:30 fino alle ore 16:00 estratte con passo temporale di 30 minuti.

Nel riquadro in alto a sinistra di ogni grafico è riportato il valore massimo della concentrazione simulata all'interno del dominio.

Come valore di riferimento che indichi concentrazioni significativamente elevate è stato scelto livello di $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che corrisponde a cinque volte il valore medio orario da non superare per più di 18 volte l'anno pari a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la specie NO_2 . Occorre ricordare che le concentrazioni simulate rappresentano medie ottenute su tempi più brevi (10 minuti) e la specie NO_x che comprende anche il contributo della parte di NO contenuto eventualmente nei fumi.

La sequenza temporale conferma ancora che l'inizio dell'impatto è a circa 20 minuti dall'inizio dell'evento. Dalle 13:00 alle 14:00 le concentrazioni massime di NO_x superano i $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in corrispondenza dell'imbocco. A Condove i valori di concentrazione al suolo decadono rapidamente sotto i $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A 10 km di distanza dalla sorgente le concentrazioni di NO_x nel fondovalle scendono tipicamente al di sotto di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La mappa dei valori massimi su 10 minuti, in Figura 61, conferma come i valori più elevati sono confinati in una zona prossima all'imbocco. Il massimo assoluto pari a $623 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rimane comunque al di sotto del valore di riferimento.

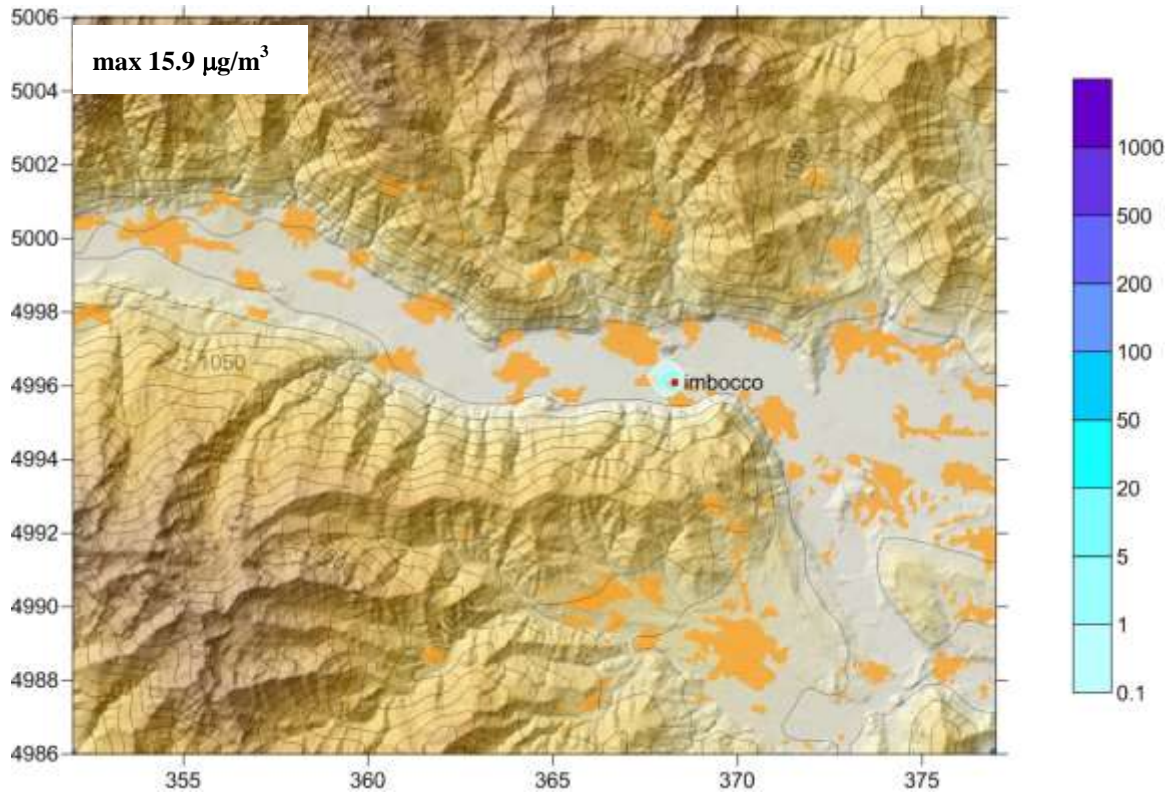


Figura 53 - Campo di concentrazioni al suolo di NO_x medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 12:30. Valori in µg/m³ secondo la scala a destra.

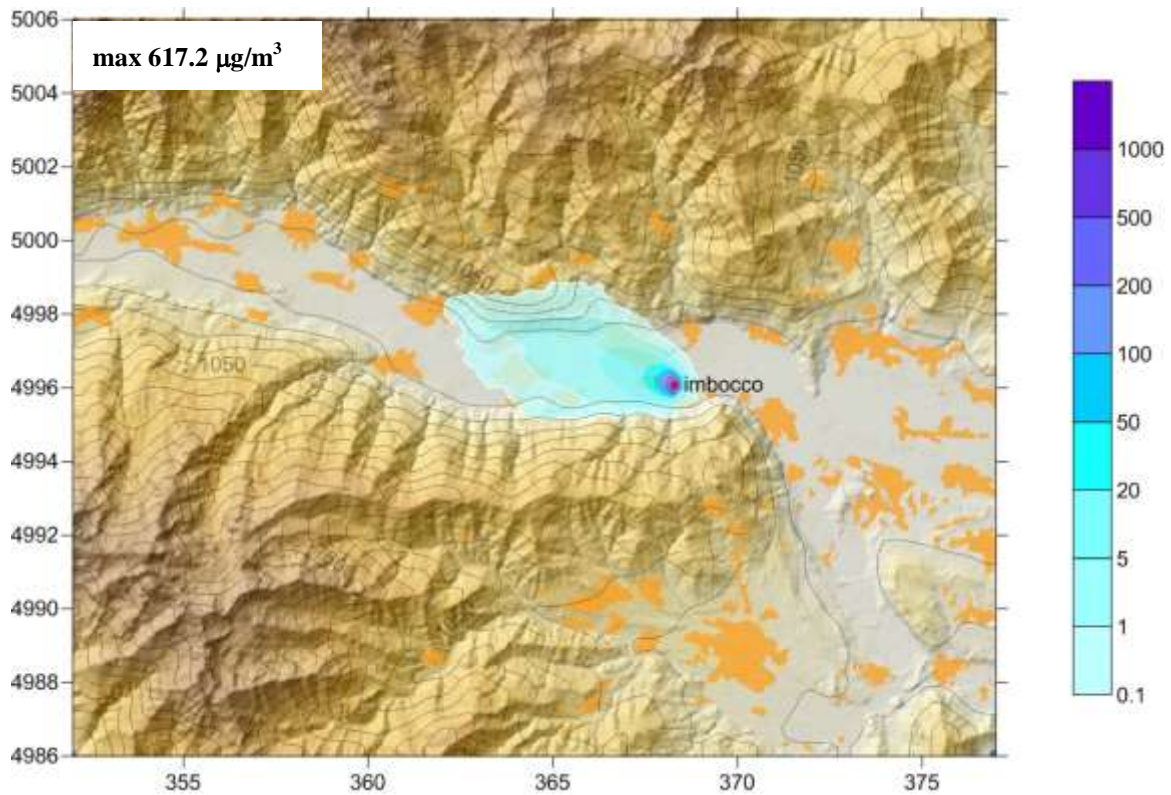


Figura 54 - Campo di concentrazioni al suolo di NO_x medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 13:00. Valori in µg/m³ secondo la scala a destra.

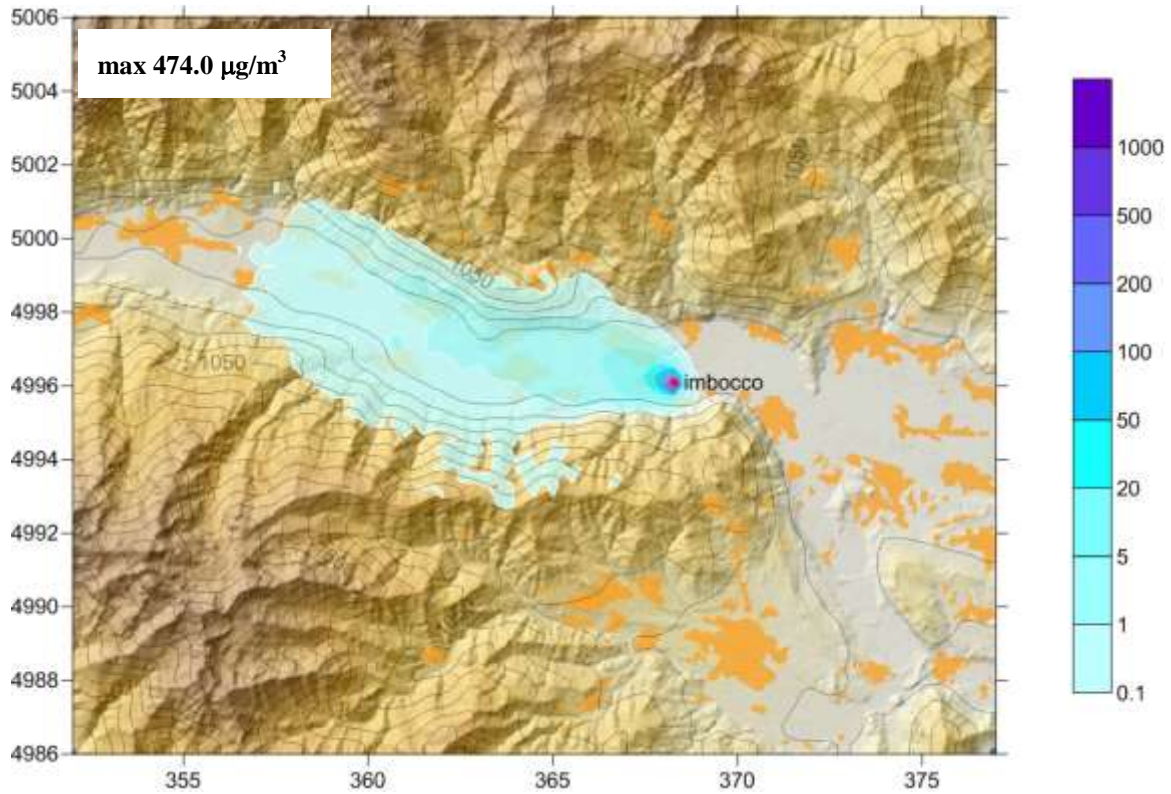


Figura 55 - Campo di concentrazioni al suolo di NO_x medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 13:30. Valori in µg/m³ secondo la scala a destra.

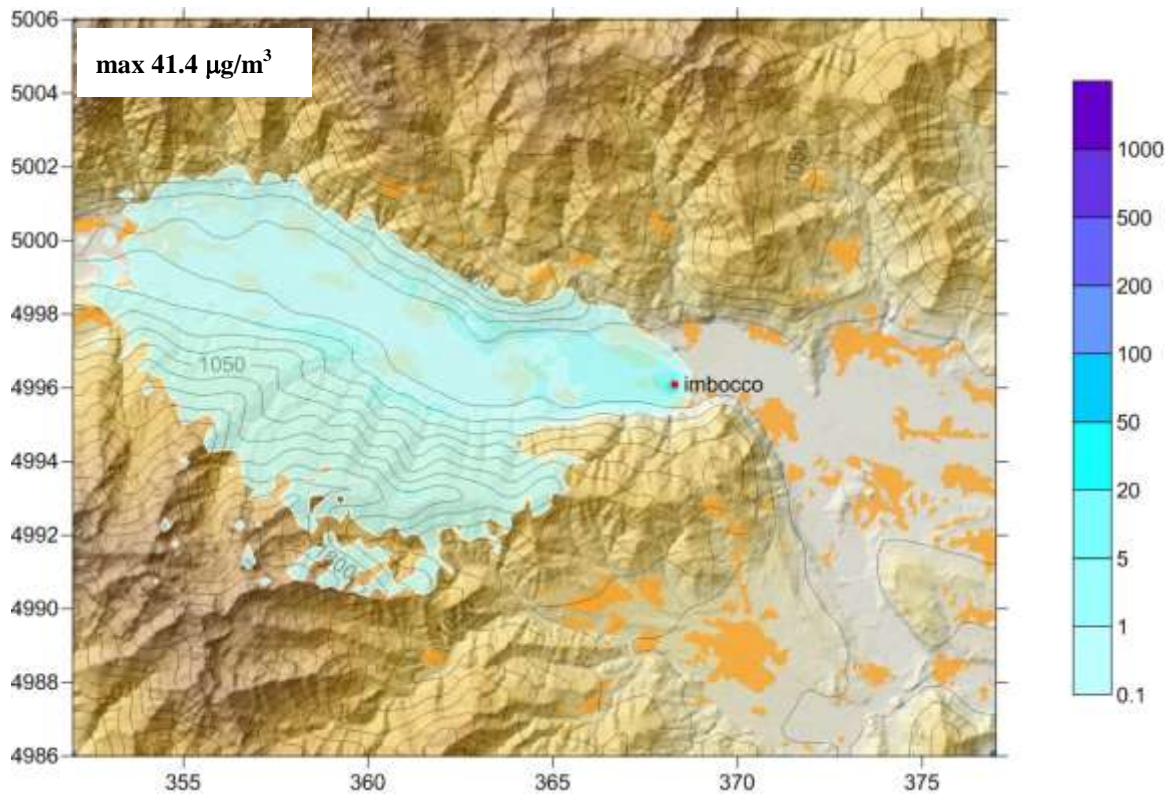


Figura 56 - Campo di concentrazioni al suolo di NO_x medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 14:00. Valori in µg/m³ secondo la scala a destra.

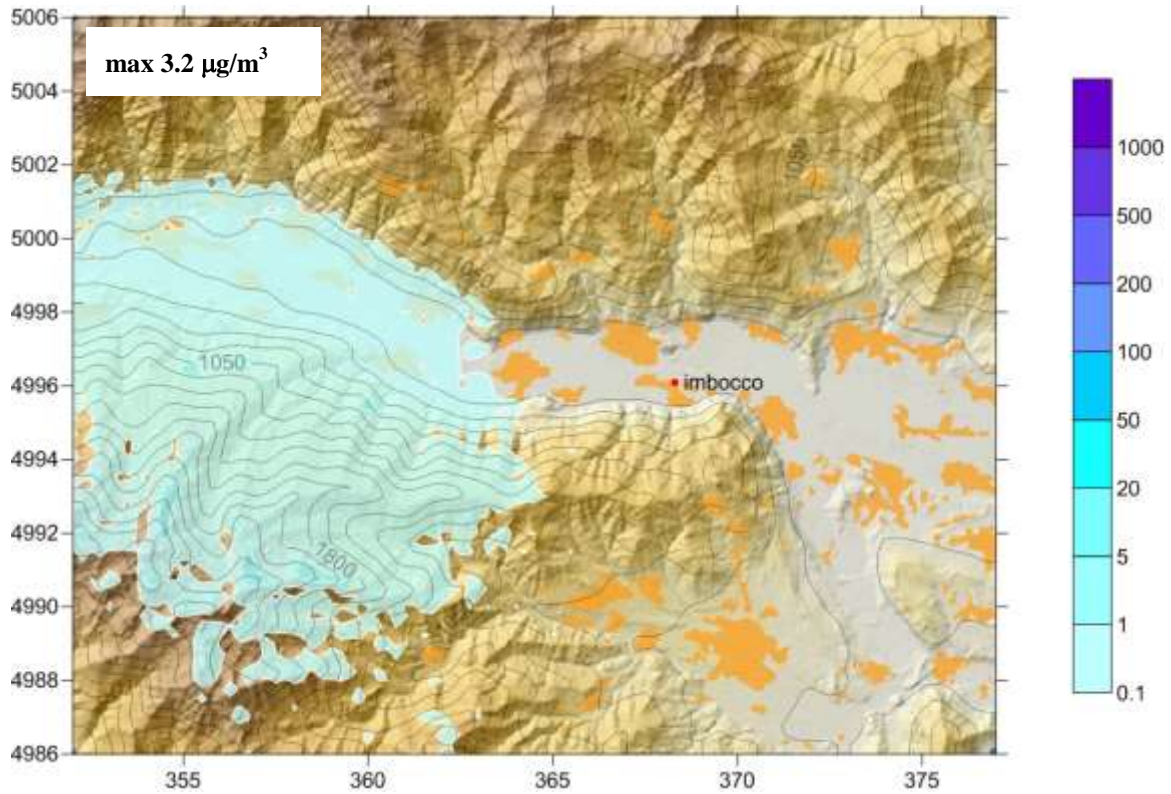


Figura 57 - Campo di concentrazioni al suolo di NO_x medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 14:30. Valori in µg/m³ secondo la scala a destra.

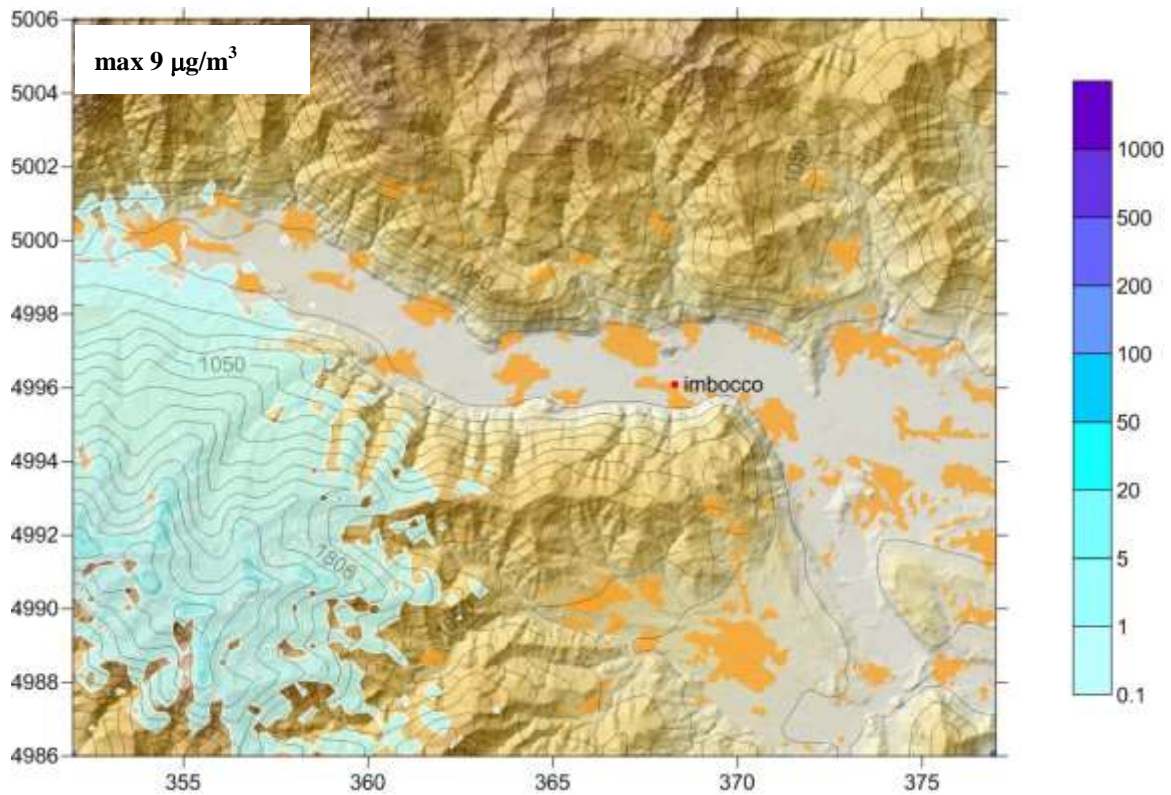


Figura 58 - Campo di concentrazioni al suolo di NO_x medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 15:00. Valori in µg/m³ secondo la scala a destra.

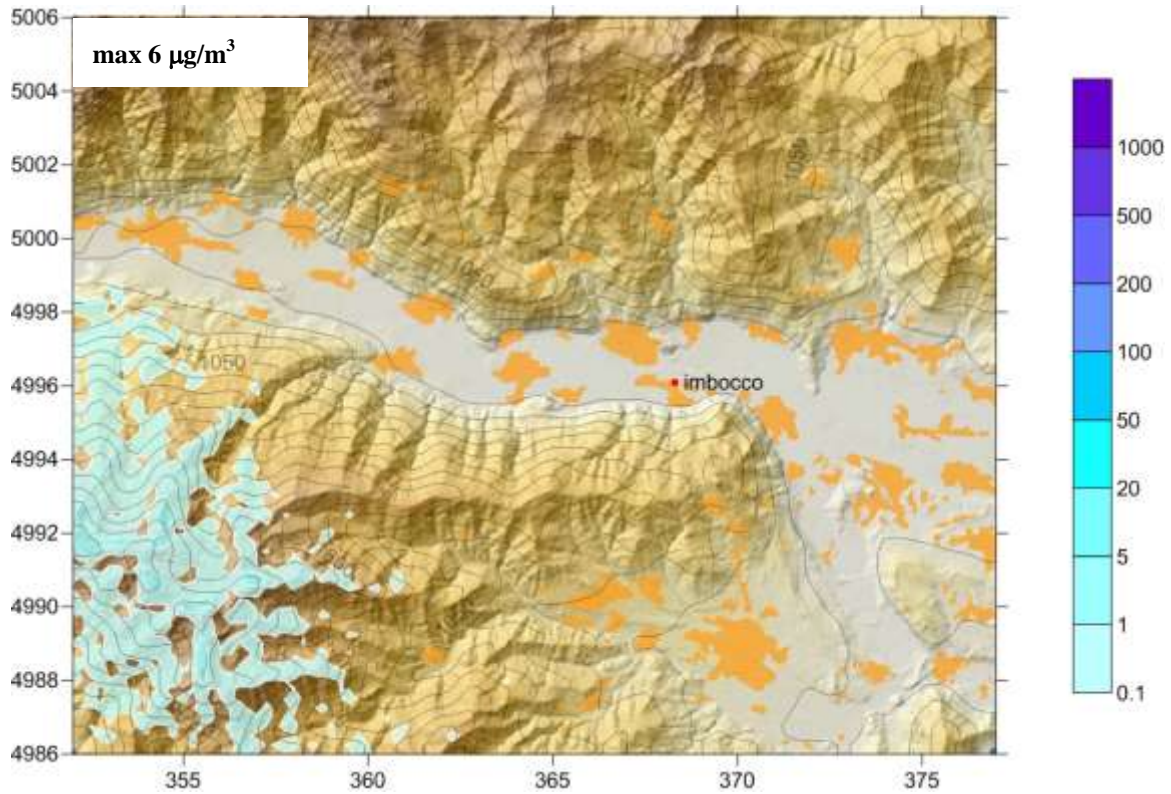


Figura 59 - Campo di concentrazioni al suolo di NO_x medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 15:30. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

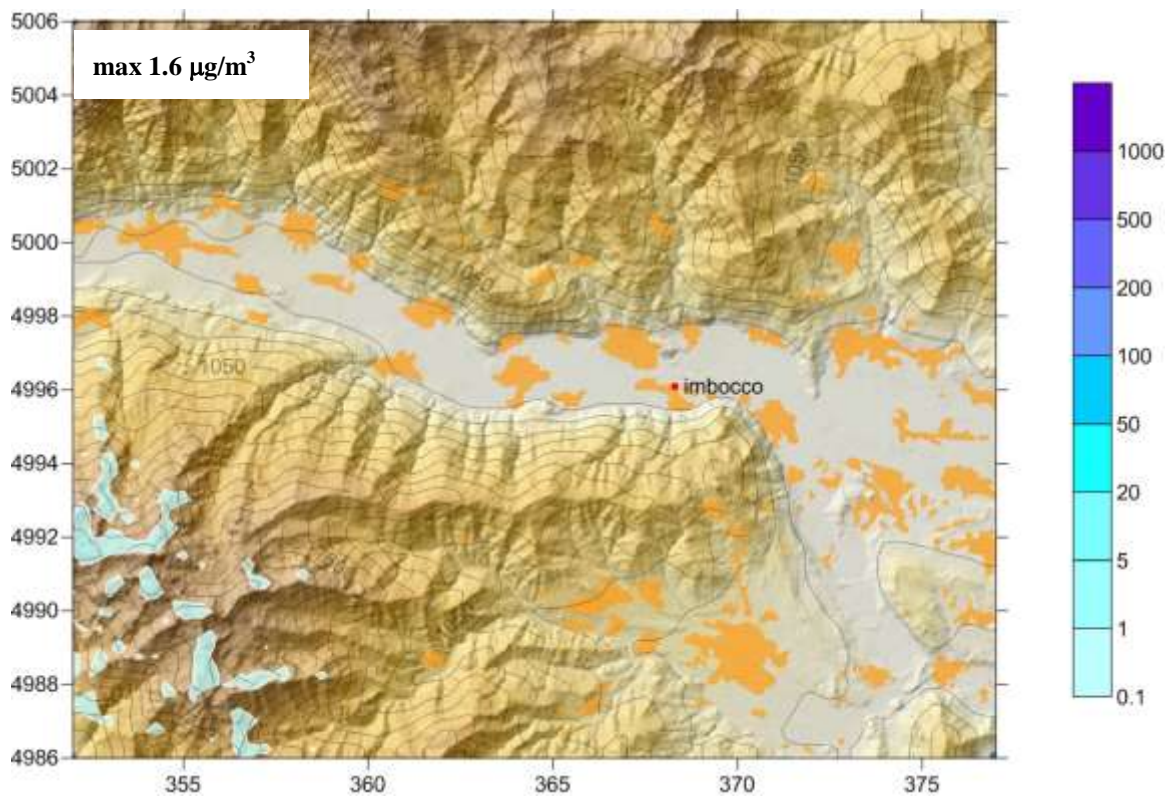


Figura 60 - Campo di concentrazioni al suolo di NO_x medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 16:00. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.



Figura 61 - Campo di concentrazioni di NO_x massime al suolo delle medie su 10 minuti, relativo all'intero intervallo di simulazione. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

In Figura 62 è riportata la serie temporale di NO_x nei due punti scelti. I valori massimi a Condove sono tra 6 e 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre a Bussoleno sono abbondantemente al di sotto di 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tutte le concentrazioni al suolo nei due punti considerati sono molto inferiori rispetto al valore di riferimento.

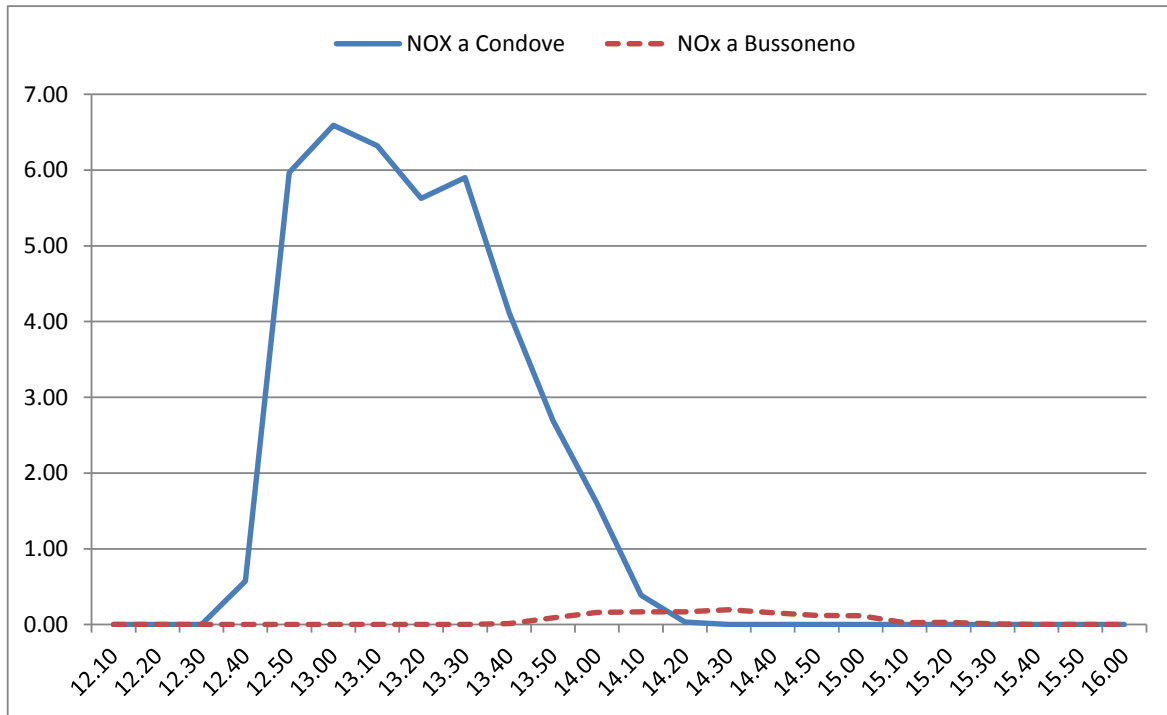


Figura 62 - Serie temporale delle concentrazioni al suolo di NO_x medie su 10 minuti a Condove e Bussoneno simulate dalle ore 12:10 alle ore 16:00 del 27/2/2005, valori in µg/m³.

8.1.5.3 Particolato

Il particolato considerato è, come già introdotto nel paragrafo 8.1.4, conseguenza dei processi di combustione che avvengono all'interno del tunnel e che producono fuliggine (soot).

Le figure seguenti mostrano l'andamento temporale delle concentrazioni medie al suolo su 10 minuti a partire dalle ore 12:30 fino alle ore 16:00 estratte con passo temporale di 30 minuti.

Per il particolato, così come per il CO, non esiste una normativa per gli impatti sulle scale temporali considerate, la normativa esistente si riferisce a statistiche sulle medie giornaliere oppure annuali. Come valore di riferimento che indichi concentrazioni medie su 10 minuti significativamente elevate è stato scelto il livello di 3000 µg/m³, prendendo come riferimento il limite della media giornaliera da non superare per più di 35 volte l'anno di 50 µg/m³.

Dalle 13:00 alle 14:00 si hanno le concentrazioni massime di particolato, che superano i 6700 µg/m³ all'imbocco del tunnel. Nella zona di Condove le concentrazioni al suolo si portano a valori tra 70 e 100 µg/m³ mentre a 10 km di distanza dalla sorgente le concentrazioni di particolato nel fondovalle scendono tipicamente al di sotto di 5 µg/m³.

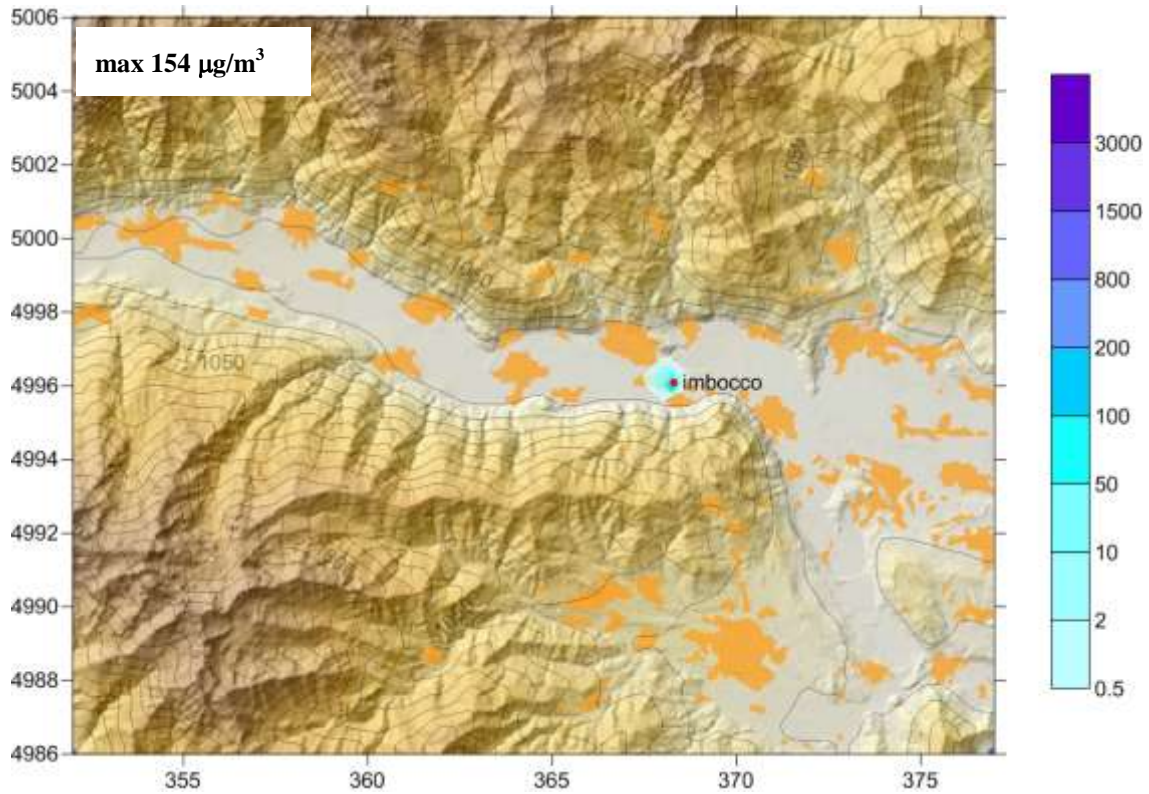


Figura 63 - Campo di concentrazioni al suolo di particolato medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 12:30. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

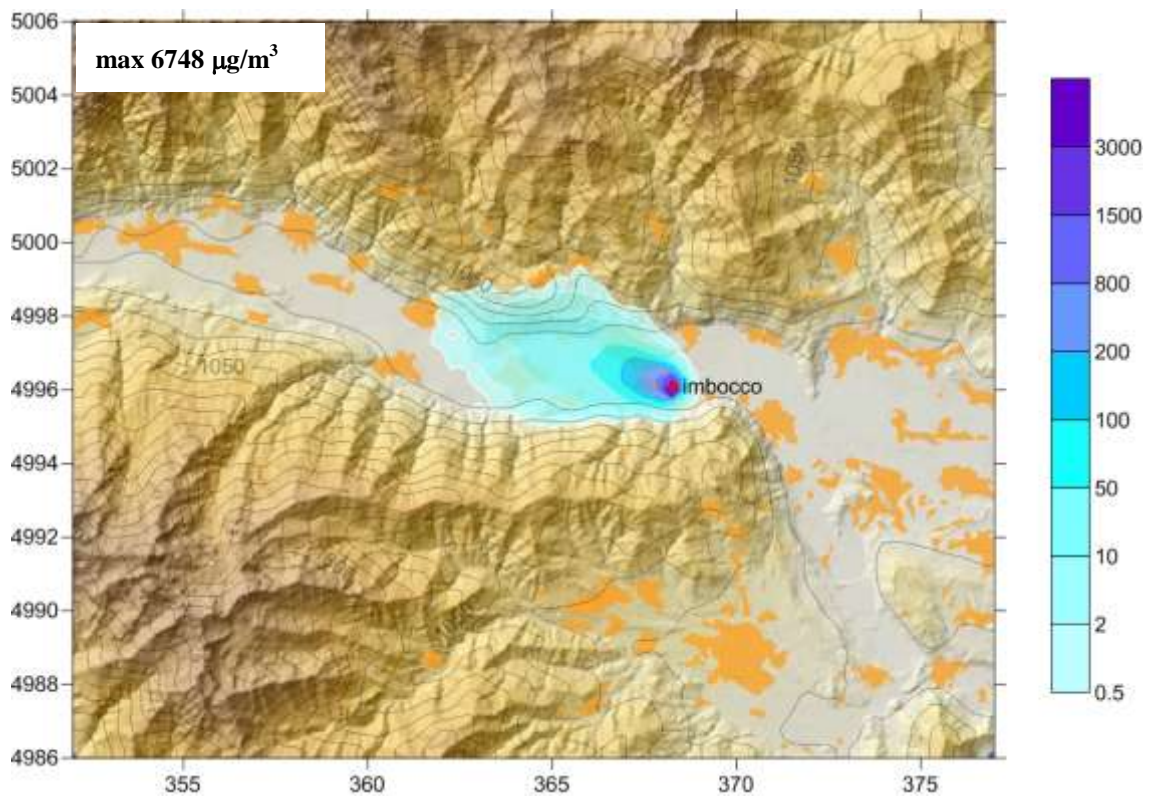


Figura 64 - Campo di concentrazioni al suolo di particolato medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 13:00. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

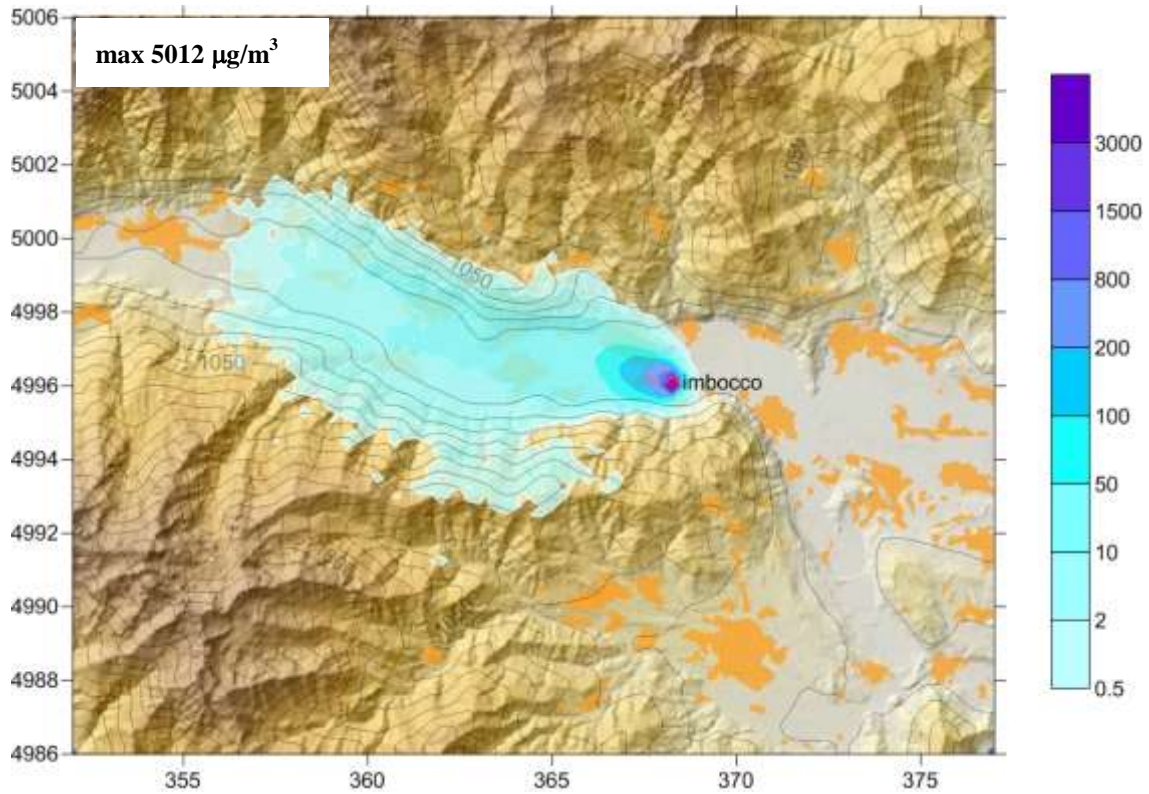


Figura 65 - Campo di concentrazioni al suolo di particolato medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 13:30. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

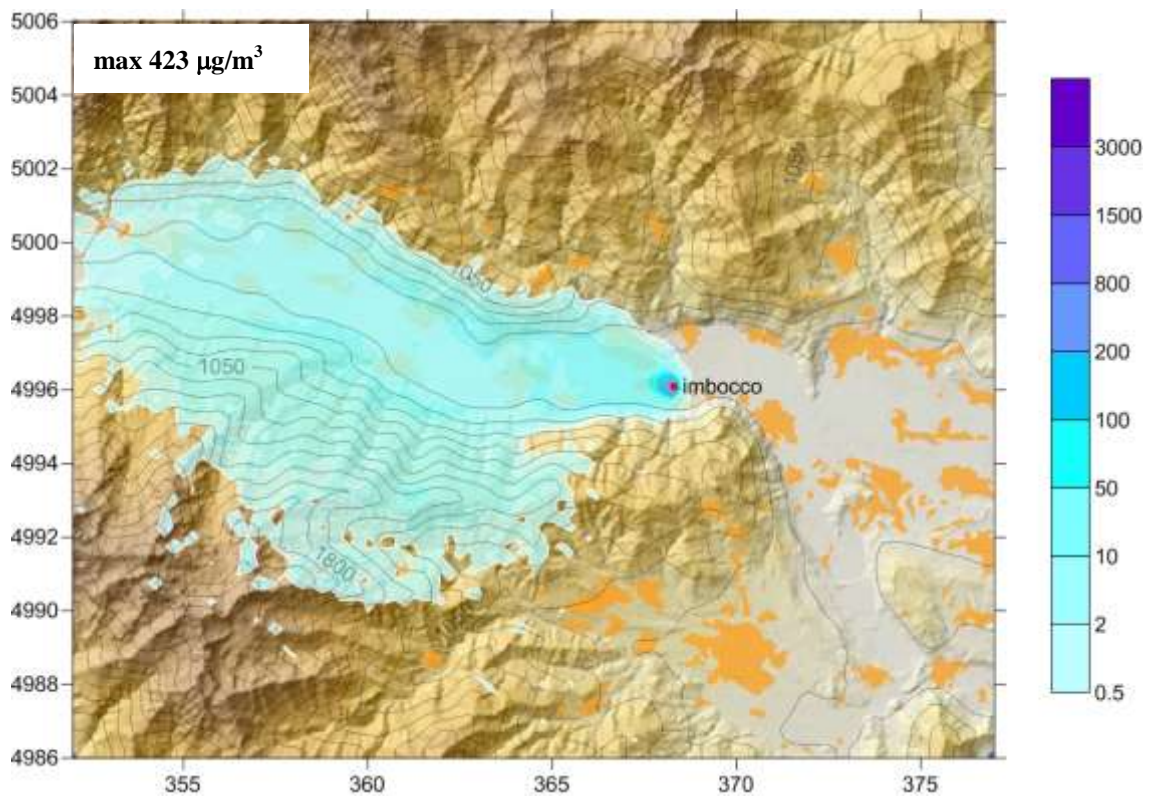


Figura 66 - Campo di concentrazioni al suolo di particolato medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 14:00. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

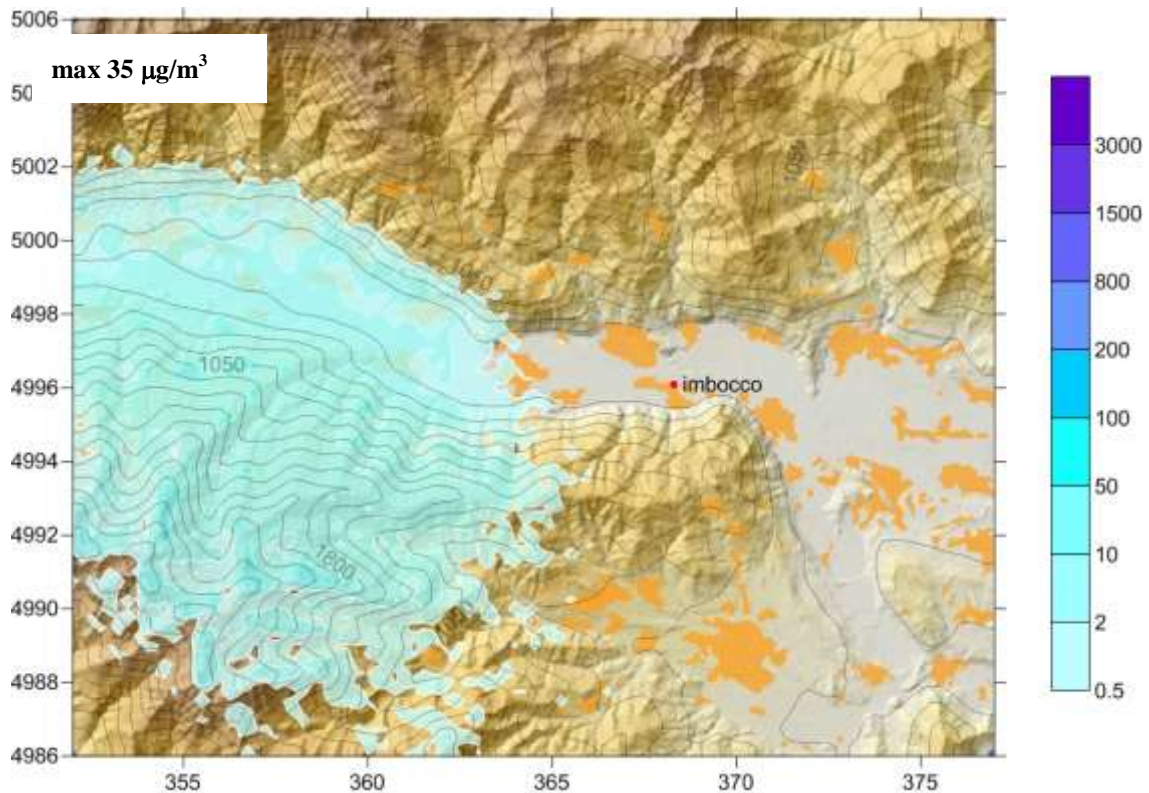


Figura 67 - Campo di concentrazioni al suolo di particolato medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 14:30. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

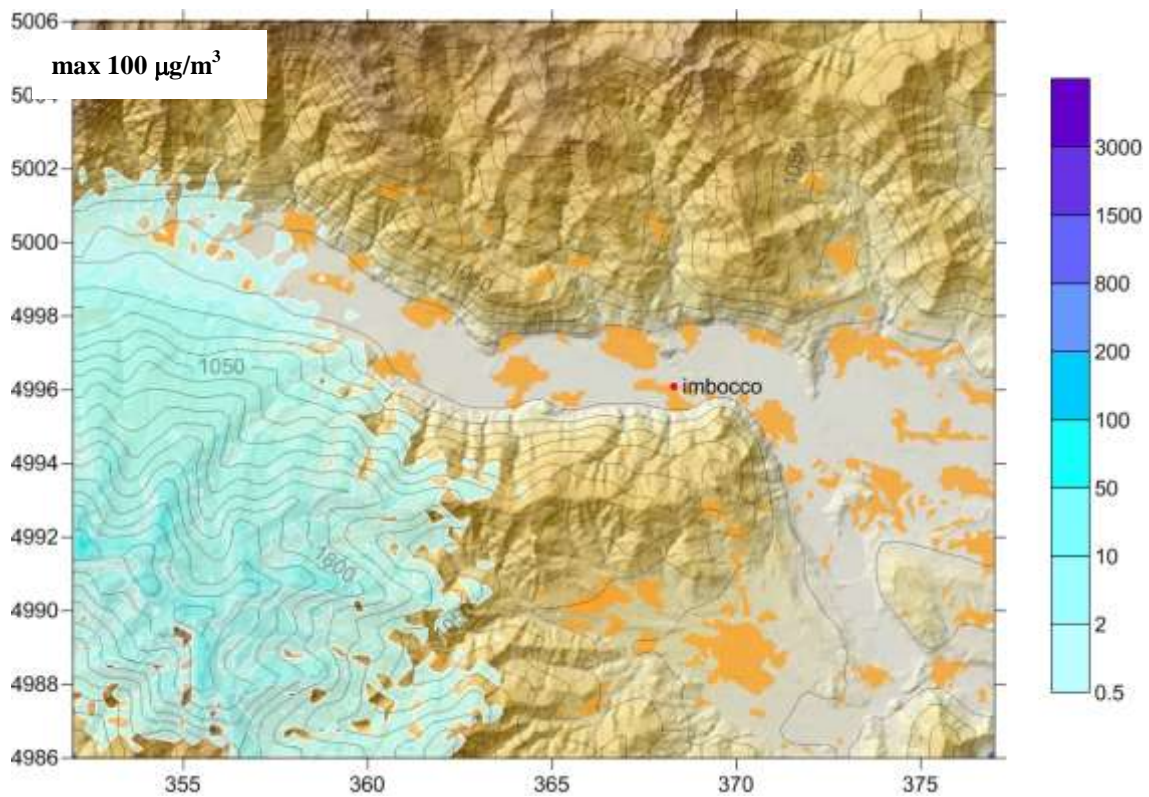


Figura 68 - Campo di concentrazioni al suolo di particolato medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 15:00. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

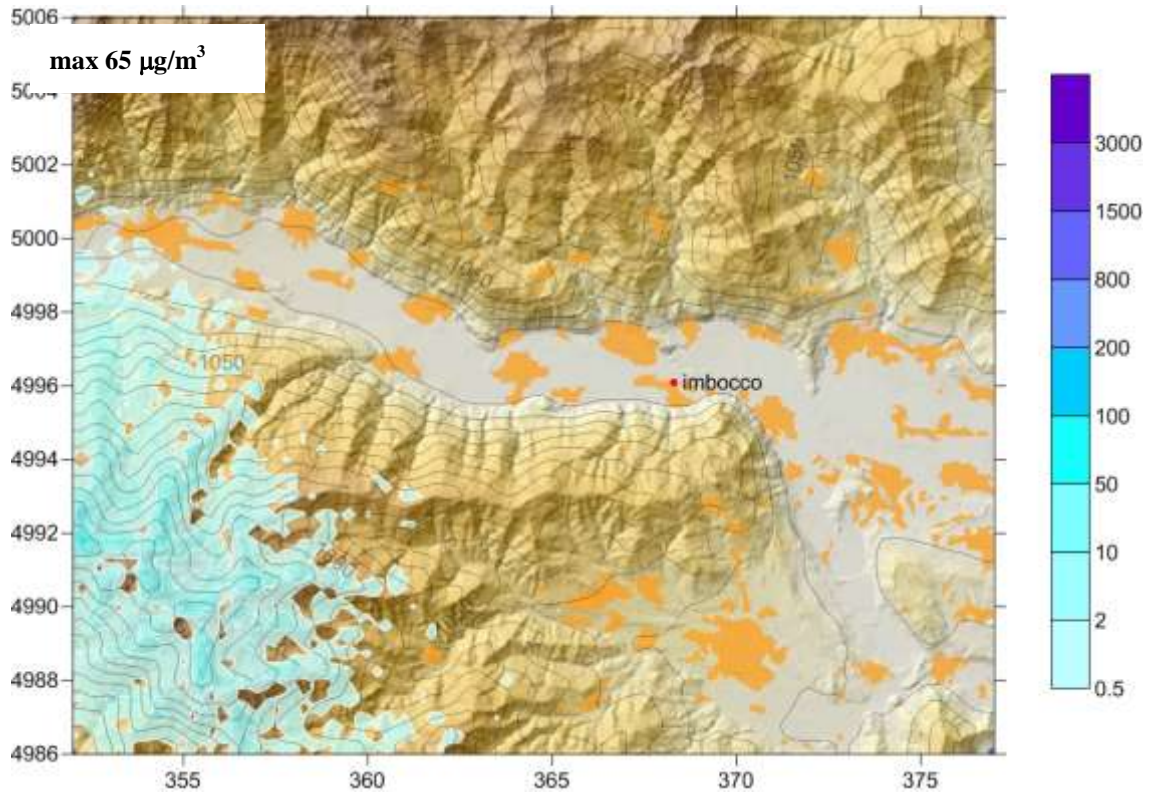


Figura 69 - Campo di concentrazioni al suolo di particolato medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 15:30. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

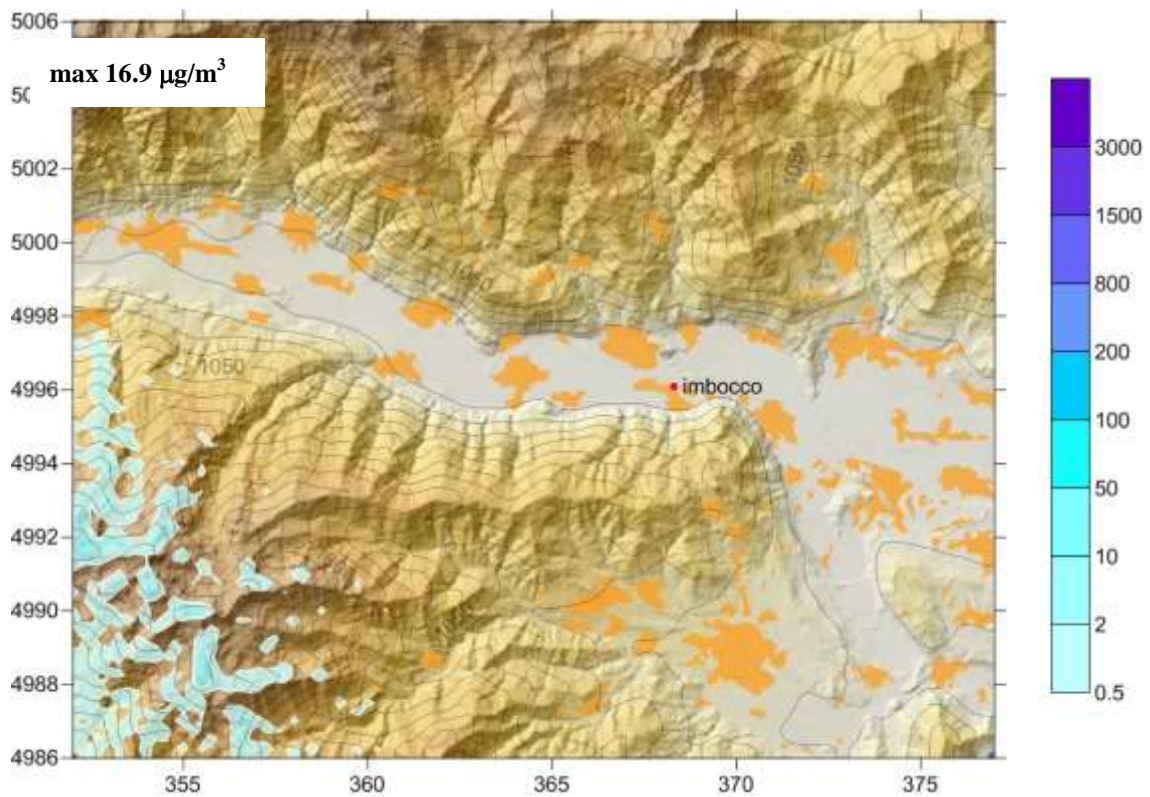


Figura 70 - Campo di concentrazioni al suolo di particolato medie su 10 minuti relative al giorno 27/2/2005 alle 16:00. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

La mappa dei valori massimi su 10 minuti, in Figura 71, indica come i valori più elevati sono presenti nella zona prossima all'imbocco e decadono rapidamente con la distanza. Il massimo assoluto pari a $6887 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rimane comunque al di sotto del valore di riferimento.

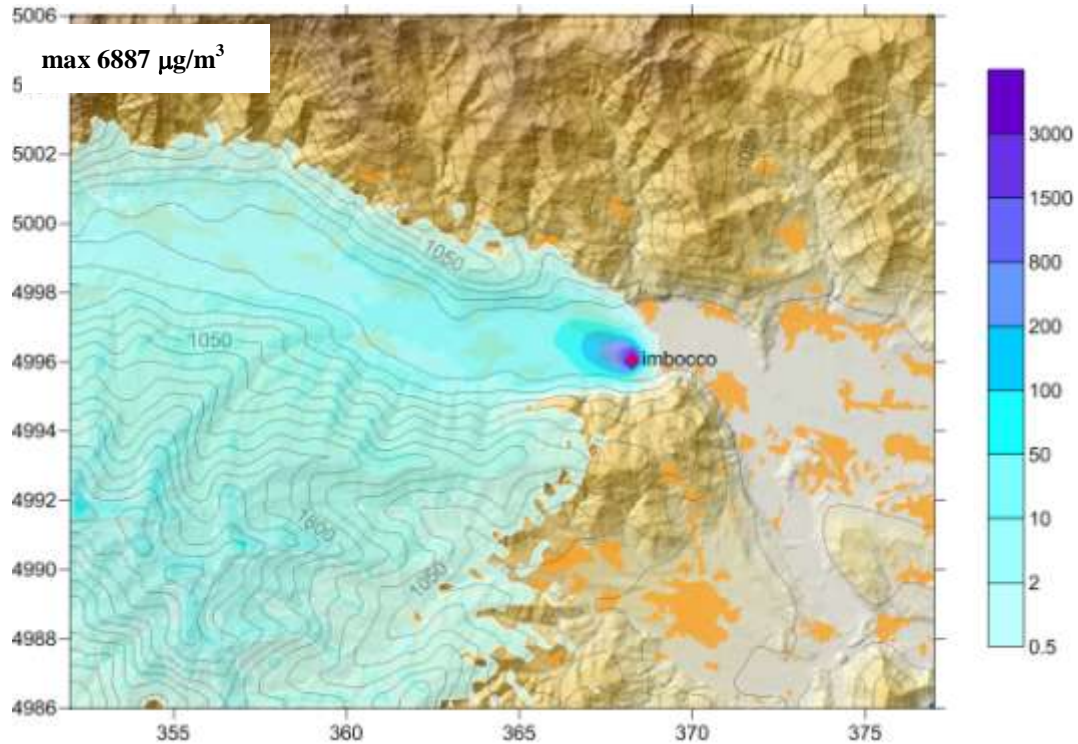


Figura 71 - Campo di concentrazioni di particolato massime al suolo delle medie su 10 minuti, relativo all'intero intervallo di simulazione. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra.

Per verificare l'area all'interno della quale vi sono potenzialmente dei superamenti del valore limite giornaliero di legge, pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sono state calcolate le medie giornaliere di concentrazione, riportate in Figura 72. L'area circondata dalla linea nera in grassetto del grafico contiene valori di concentrazione superiori al valore limite, che si estende per circa 300-400m dalla sorgente nella direzione del flusso rimanendo comunque lontano dall'abitato di Condove.

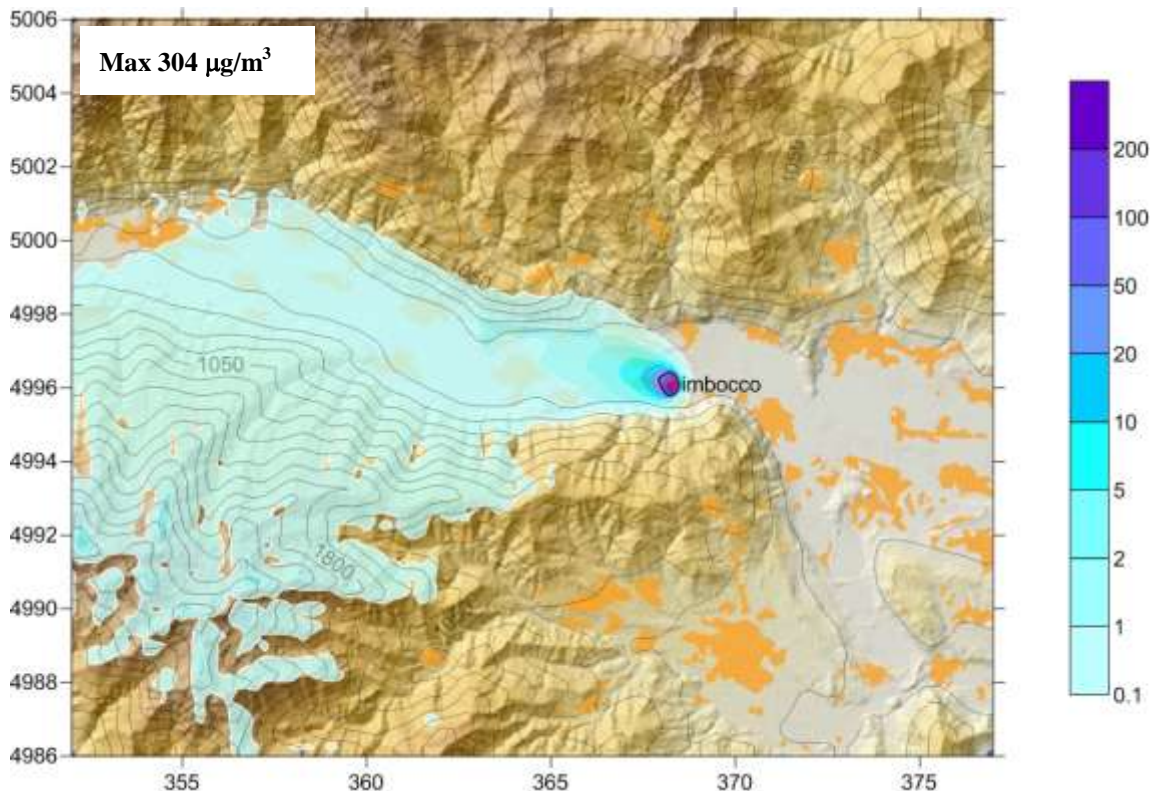


Figura 72 - Campo di concentrazioni di particolato, medie giornaliere relative al giorno 27/2/2005. Valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ secondo la scala a destra. L'area interna alla linea nera contorna valori di concentrazione superiori al limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In Figura 73 è riportata infine la serie temporale delle concentrazioni di particolato nei due punti scelti. I valori massimi nel centro di Condove sono poco oltre i $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre a Bussoleno superano di poco i $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

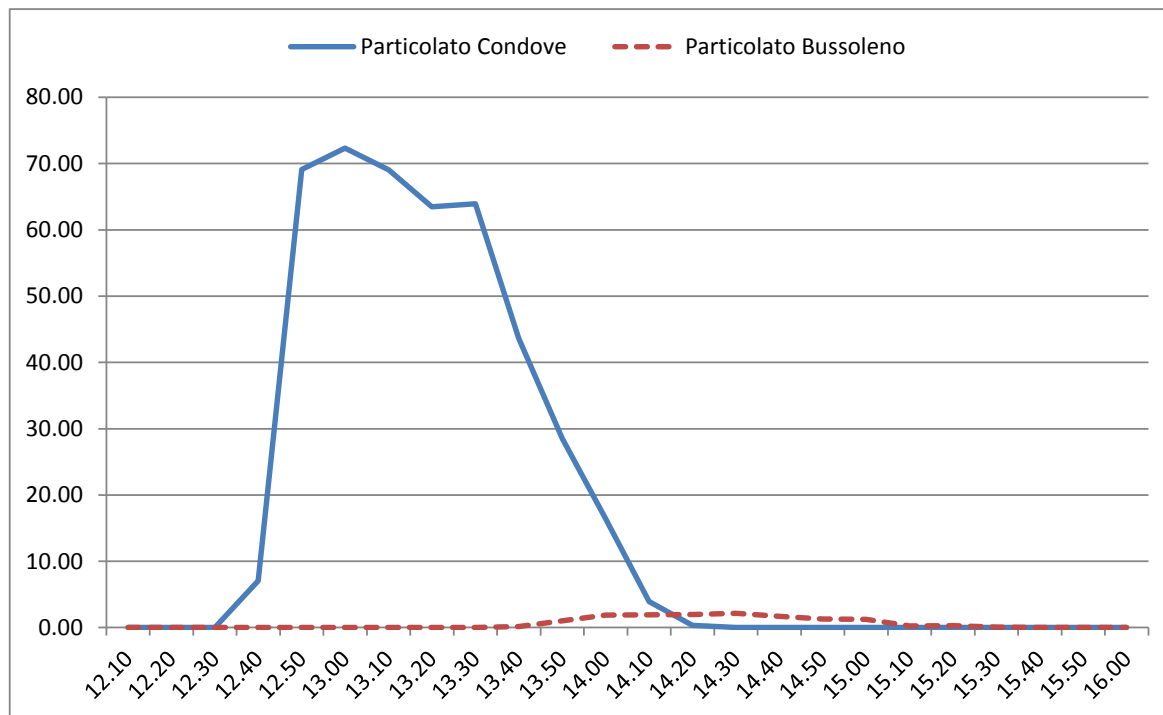


Figura 73 - Serie temporale delle concentrazioni al suolo di particolato medie su 10 minuti a Condove e Bussoleno simulate dalle ore 12:10 alle ore 16:00 del 27/2/2005, valori in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

8.1.6 Conclusioni

E' stata realizzata una simulazione di dispersione delle emissioni derivanti da un evento incidentale all'interno del tunnel ferroviario dell'Orsiera. Lo scenario è costituito da un incendio che si manifesta su una motrice ferroviaria di un treno merci che trasporta sostanze non pericolose localizzato a 5 km dall'imbocco Est del tunnel, con rilascio di fumi che si propagano verso l'esterno e che vengono emessi dall'imbocco stesso spinti dal sistema di ventilazione attivato subito dopo l'identificazione dell'evento. La simulazione è stata condotta inizialmente all'interno del tunnel, per determinare le caratteristiche termiche (temperatura) e dinamiche (portata dei fumi) dei pennacchi all'uscita dell'imbocco e per definire il flusso delle quantità emesse nel tempo per le specie CO, NO_x e polveri (fuliggine). In un secondo tempo è stato applicato lo stesso sistema modellistico utilizzato per le simulazioni di impatto su base annuale dei cantieri, costituito dai codici meteorologici Swift (per la ricostruzione dei campi di vento e temperatura su terreno complesso), Surfpro (per la ricostruzione dei campi di turbolenza) e dal codice di dispersione Lagrangiano a particelle Spray per la descrizione dell'impatto al suolo delle sostanze emesse. Il periodo di simulazione è di 6 ore, scelte dopo una analisi, su base statistica, della serie temporale dei dati meteorologici disponibili (significatività e ripetitività del tipo di flusso sulla base della velocità e direzione del vento), in modo da definire uno scenario di possibile impatto sulle zone abitate circostanti. L'estensione del periodo è sufficiente a coprire la dinamica dell'intero evento e il relativo impatto all'interno del dominio di calcolo, della dimensione orizzontale di 23x20 km² intorno al punto emissivo localizzato in prossimità della località di Chiusa San Michele.

I risultati mostrano un ritardo, dovuto al posizionamento della motrice all'interno del tunnel, tra l'inizio dell'evento e l'uscita dei fumi dall'imbocco di circa 20 minuti, la temperatura dei fumi all'imbocco del tunnel risulta essere coincidente con quella ambiente (i fumi caldi rilasciati dall'incendio vengono completamente raffreddati nel tragitto di 5 km) e la velocità di uscita è quella del flusso forzato, pari a circa 3.3 m/s. In queste condizioni emissive, la localizzazione dei massimi di concentrazione coincide con la zona dell'imbocco per ognuna delle specie simulate. Sono state calcolate le concentrazioni al suolo medie su 10 minuti per ognuna delle specie considerate.

Le concentrazioni di CO sono ampiamente al di sotto del valore di riferimento di 30000 µg/m³ utilizzato per definire valori significativamente elevati, con massimi assoluti in corrispondenza dell'imbocco di circa 4000 µg/m³. Il decadimento spaziale delle concentrazioni al suolo prevede diminuzioni di oltre un ordine di grandezza a distanze di circa 1.5 km dalla sorgente e di oltre due ordini di grandezza a circa 10-15 km. La serie temporale dei valori estratta nel centro dei due insediamenti di Condove (1.5 km a Nord Ovest dell'emissione) e Bussoleno (14 km circa ad Ovest dell'emissione) mostra valori massimi di 45 µg/m³ nel primo punto e 1.5 µg/m³ nel secondo punto.

Le concentrazioni di NO_x sono anch'esse sempre più basse rispetto al valore di riferimento di 1000 µg/m³ utilizzato per definire valori significativamente elevati, con massimi assoluti di poco oltre a 600 µg/m³ e valori massimi a Condove al di sotto di 10 µg/m³ e a Bussoleno al di sotto di 1 µg/m³.

Le emissioni di particolato determinano concentrazioni al suolo medie su 10 minuti con valori massimi assoluti di poco inferiori a 7000 µg/m³, con decadimenti di oltre un ordine di grandezza a 1-2 km dalla sorgente. Le concentrazioni medie giornaliere dovute a tutto l'evento determinano un superamento del limite di legge, di 50 µg/m³, solo in un'area intorno all'imbocco del tunnel fino ad una distanza di circa 300-400m da quest'ultimo, rimanendo comunque lontani dall'abitato di Condove.

9. Osservazione n. 4j

Si rimanda alla risposta alla richiesta N° 9i del Ministero dell'Ambiente – Commissione VIA.