

Castelfrigo LV S.r.l.

Allegato 3

RELAZIONE TECNICA DI LIVELLO 2 SULLE EMISSIONI ODORIGENE DELL' IMPIANTO DI PRODUZIONE DI CICCIOLE E STRUTTO CASTELFRIGO LV S.r.l. DI CASTELNUOVO RANGONE (MO) – rev00

Relazione modellistica

Doc. OSM_088_22

Pavia, 25 ottobre 2022

Responsabile tecnico



Direttore tecnico



INDICE

Introduzione.....	3
1. Definizione del contesto territoriale.....	4
1.1. Indagine sui ricettori sensibili.....	4
2. Caratteristiche del punto emissivo	7
2.1. Linee guida	7
3. Struttura del modello di dispersione CALPUFF	8
3.1. Dati di input al modello	9
3.1.1. Periodo temporale di simulazione	9
3.1.2. Definizione della griglia di calcolo	10
3.1.3. Dati orografici.....	12
3.1.4. Deposizione secca e umida	14
3.1.5. Building downwash	14
4. Modello meteorologico	16
4.1. Modellistica WRF-CALMET	17
4.2. Verifica del campo meteorologico di WRF.....	18
4.3. Analisi elaborazione modello meteorologico CALMET	18
5. Presentazione dei risultati	22
5.1. Scenario 1: Concentrazione nei fumi 4'000 ouE/m ³	22
5.2. Scenario 2: Concentrazione nei fumi 2'500 ouE/m ³	24
5.3. Scenario 3: Concentrazione nei fumi 2'000 ouE/m ³	25
INDICE DELLE FIGURE	27
INDICE DELLE TABELLE	27

Introduzione

Lo studio di impatto olfattivo viene realizzato per identificare una concentrazione obiettivo di odore in uscita al futuro sistema di abbattimento, al fine di non arrecare un impatto odorigeno nel territorio circostante all'impianto di Castelnuovo Rangone (MO), dove verrà spostata la produzione dello stabilimento di Vignola. Sulla base delle risultanze dell'analisi impiantistica e della caratterizzazione odorigena delle sorgenti, l'unica sorgente di odore ritenuta significativa è il camino di aspirazione delle fumane (o delle cappe di cottura), che sarà di conseguenza l'unica sorgente modellizzata.

La valutazione della concentrazione obiettivo viene eseguita mediante un modello di dispersione degli odori, ovvero mediante lo strumento modellistico CALMET/CALPUFF e con l'utilizzo del modello meteorologico prognostico WRF per la preparazione dei campi meteorologici di input a CALMET.

Sia i ricettori discreti che i ricettori su griglia cartesiana utilizzati in input a CALPUFF sono stati posti ad una quota di 2 metri sopra il suolo. Le simulazioni di CALPUFF sono state effettuate considerando il building downwash prodotto dagli edifici dell'impianto. Tutti i ricettori sono stati considerati in area residenziale, utilizzando quindi cautelativamente valori di accettabilità inferiori rispetto a quelli indicati per le aree rurali.

Le simulazioni modellistiche sono state svolte secondo i criteri definiti nelle Linee Guida Regione Lombardia: *"Linee guida per la caratterizzazione e l'autorizzazione delle emissioni gassose in atmosfera delle attività ad impatto odorigeno"* (emesse con Deliberazione Giunta Regionale 15 febbraio 2012 - n. IX/3018). Nel seguito, per la valutazione dell'impatto olfattivo generato dall'impianto oggetto di indagine, vengono mostrate le mappe del 98° percentile delle concentrazioni orarie di picco di odore su base annuale. In ogni mappa vengono riportati i valori 1, 3, 5 e 10 ou_E/m³. Per ogni simulazione vengono, inoltre, mostrati i risultati dell'analisi ai ricettori discreti individuati.

1. Definizione del contesto territoriale

L'impianto oggetto dello studio (cerchio rosso in Figura 1) è localizzato a Castelnuovo Rangone (MO), a circa 11 km in direzione sud rispetto a Modena e 11 km a est di Sassuolo.



Figura 1. Localizzazione dell'impianto su ortofoto di Google Earth, il cerchio rosso rappresenta l'impianto

1.1. Indagine sui ricettori sensibili

Per caratterizzare il territorio in modo completo ed esaustivo e fornire una simulazione più organica si è svolta un'indagine sui ricettori sensibili presenti, dando priorità ai ricettori sensibili come scuole, ospedali e successivamente centri abitati e case isolate. Nella valutazione tutti i ricettori sono stati analizzati tenendo conto della destinazione d'uso definita dai piani di governo, come stabilito dalle linee guida della Regione Emilia Romagna¹ (LG35DT).

Nella Figura 2 si riporta la localizzazione dei ricettori individuati su ortofoto Google Earth. Nella Tabella 1 si riportano i ricettori individuati ed inseriti nel modello CALPUFF per il calcolo della concentrazione oraria di picco di odore all'altezza di 2 m dal suolo, riportando per ogni punto la rispettiva sigla identificativa utilizzata nelle successive rappresentazioni grafiche, la distanza dalla sorgente in esame e le coordinate geografiche in UTM 32N. Tenendo conto delle Linee guida della Regione Emilia Romagna, assumendo cautelativamente che tutti i ricettori siano in aree residenziali, i valori accettabili per il percentile 98 delle concentrazioni di picco sono **3 ouE/m³ per il recettore R1**, posto a meno di 200 m dalla sorgente, **2 ouE/m³ per i recettori da R2 a R5**, posti ad una distanza compresa tra 200 m e 500 m, e **1 ouE/m³ per gli altri recettori**, posti a distanze maggiori di 500 m.

¹ https://www.arpae.it/it/notizie/lg35dt_odori.pdf/view (LG35DT)

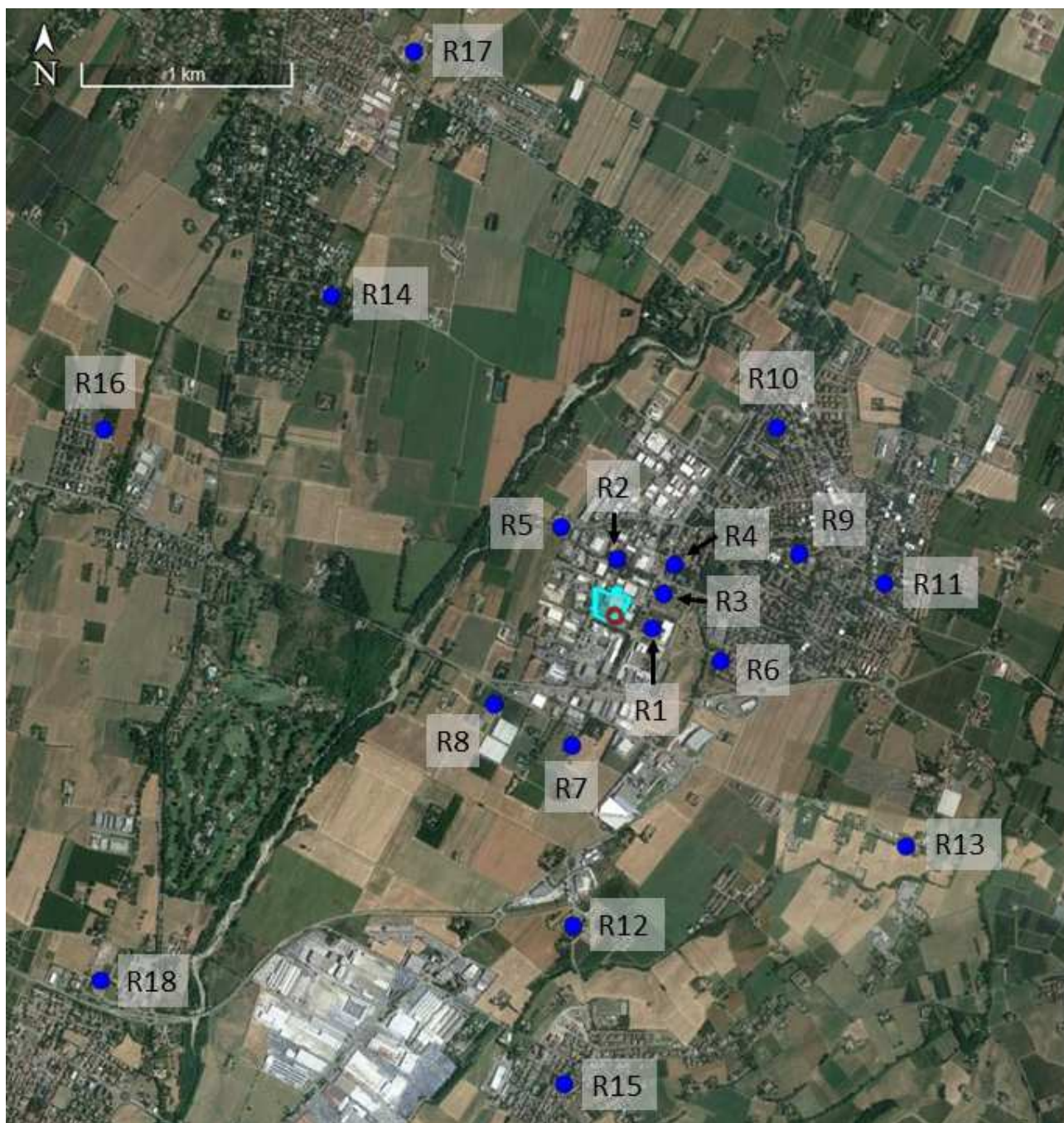


Figura 2. Posizione dei ricettori identificati (cerchi blu) nel territorio circostante l'impianto su ortofoto Google Earth. L'impianto è rappresentato dal poligono azzurro, la sorgente di interesse dal cerchio rosso.

N.	Distanza dall'impianto		Coordinate UTM 32N	
	[m]	[direzione]	Easting [m]	Northing [m]
1	185	E	653150	4934324
2	268	N	652977	4934646
3	253	ENE	653200	4934488
4	372	NE	653249	4934627
5	491	NW	652709	4934792
6	544	ESE	653478	4934178
7	644	SSW	652784	4933762
8	706	SW	652412	4933949
9	918	ENE	653835	4934692
10	1'172	NE	653716	4935284
11	1'283	E	654242	4934560
12	1'473	S	652810	4932914
13	1'753	SE	654374	4933325
14	2'018	NW	651598	4935855
15	2'218	S	652785	4932167
16	2'571	WNW	650536	4935200
17	2'825	NNW	651959	4937015
18	2'975	SW	650584	4932604

Tabella 1. Posizione dei ricettori identificati nel territorio circostante l'impianto

2. Caratteristiche del punto emissivo

Le caratteristiche del camino dell'impianto Castelfrigo di Castelnuovo Rangone sono riepilogate in Tabella 2. Il camino ha le seguenti coordinate metriche UTM32N. Easting 652972.5, Northing 4934377.9.

Camino	Portata autorizzata	Temperatura	Altezza emissione	Diametro camino	Area sezione
	[m ³ /h]	[°C]	[m]	[m]	[m ²]
Camino trattamento fumane	40'000	28	16,5	1,0	0,785

Tabella 2. Caratteristiche fisiche del camino.

Per l'individuazione del valore obiettivo da raggiungere in emissione al camino oggetto di simulazione sono stati utilizzati i valori di accettabilità delle Linee Guida della Provincia Autonoma di Trento (Delibera Giunta Provinciale n. 1087 del 24/06/2016), riprese dalle Linee Guida della Regione Emilia Romagna, brevemente riassunti nel paragrafo seguente.

La simulazione iniziale è stata effettuata utilizzando il valore di concentrazione di odore nei fumi in emissione di 4'000 ou_E/m³. Le simulazioni successive sono state effettuate riducendo il valore di concentrazione di odore nei fumi, come tecnicamente fattibile, sino a raggiungere valori accettabili in tutti i ricettori sensibili.

2.1. Linee guida

Le Linee Guida della Regione Emilia Romagna (Determinazione dirigenziale n. DET-2018-426 del 18/05/2018 – LG35DT) stabiliscono nel paragrafo “4.2 Contesto territoriale e Criteri di valutazione”:

“Il gestore di uno stabilimento con impianti o attività rientranti nel campo di applicazione delle presenti linee guida caratterizzati da emissioni odorigene, deve in ogni caso dare evidenza di adottare tutti gli accorgimenti tecnici e gestionali necessari a far sì che l'odore provocato dalle proprie attività non vada ragionevolmente ad impattare in maniera significativa sulla zona interessata dalle possibili ricadute odorigene e soprattutto che non ne pregiudichi l'utilizzo in accordo con lo strumento di programmazione territoriale”.

“I valori di accettabilità del disturbo olfattivo, espressi come concentrazioni orarie di picco di odore al 98° percentile calcolate su base annuale, che devono essere rispettati presso i recettori, sono i seguenti (corrispondenti a quelli indicati dalla Delibera di Giunta Provinciale di Trento n.1087 del 24/06/2016):

Per recettori in aree residenziali

- 1 ou_E/m³, a distanze > 500 m dalle sorgenti
- 2 ou_E/m³, a distanze di 200÷500 m dalle sorgenti
- 3 ou_E/m³, a distanze < 200 m dalle sorgenti

Per recettori in aree non residenziali

- 2 ou_E/m³, a distanze > 500 m dalle sorgenti
- 3 ou_E/m³, a distanze di 200÷500 m dalle sorgenti
- 4 ou_E/m³, a distanze < 200 m dalle sorgenti”

3. Struttura del modello di dispersione CALPUFF

La suite modellistica CALPUFF è composta dal pre-processore meteorologico diagnostico CALMET, utile a ricostruire il campo meteorologico 3D del dominio di indagine, il modello di dispersione CALPUFF e il post processore CALPOST, che permette di estrarre i risultati della simulazione e confrontarli con i limiti legislativi in vigore per le varie sostanze chimiche modellizzate. Le principali caratteristiche della suite modellistica CALPUFF sono:

- possibilità di simulare vari inquinanti, tra cui emissioni odorigene;
- applicabilità a sorgenti di vario tipo (puntuali, lineari, areali, volumetriche) con emissioni costanti o variabili nel tempo (variabili per flusso di massa dell'inquinante, velocità di uscita dei fumi, temperatura, ciclo produttivo settimanale o stagionale, ecc.);
- notevole flessibilità nell'estensione del dominio di simulazione, da poche decine di metri scala locale) a centinaia di chilometri dalla sorgente (mesoscala);
- applicabilità a condizioni meteorologiche non stazionarie, a parametri dispersivi non omogenei, ad effetti vicini alla sorgente (ad esempio l'innalzamento del plume inquinante dal punto di emissione) e ad effetti locali di turbolenza (come la presenza di ostacoli lungo la direzione del flusso);
- capacità di trattare condizioni orografiche complesse, nelle quali gli effetti della morfologia del terreno influenzano la dispersione degli inquinanti;
- trattabilità di effetti a lungo raggio come le trasformazioni chimiche, il trasporto sopra l'acqua e le interazioni tra zone marine e zone costiere;
- possibilità di gestire fenomeni atmosferici di deposizione umida e secca (inquinanti inerti e polveri), decadimento, reazione chimica e trasformazione degli inquinanti in inquinanti secondari.

Il modello CALPUFF è particolarmente adatto alla verifica del rispetto dei limiti della normativa, grazie ai suoi post-processor in grado di fornire diverse elaborazioni statistiche dei risultati.

In particolare per questo studio è stato utilizzato il modello CALPUFF versione 7.2.1 - level 150618 con il pre-processore meteorologico diagnostico CALMET versione 6.5.0 - level 150223.

Il codice di calcolo di CALPUFF permette di simulare la dispersione in aria degli inquinanti emessi da più sorgenti e calcolarne le concentrazioni mediate su aree suddivise in vari tipi di reticoli territoriali a partire dai dati emissivi delle diverse sorgenti e dalle informazioni sulle condizioni micro-meteorologiche. Lo stesso, inoltre, è capace di tenere in considerazione la disomogeneità spaziale del dominio e, quindi, l'influenza sia dell'orografia che del differente utilizzo del suolo nella circolazione dei venti e nella diffusione degli odori, simulando in maniera adeguata anche fenomeni di calme di vento o di regimi di brezza. Ciò è reso possibile grazie al preprocessore meteorologico diagnostico CALMET, attraverso il quale è possibile ricostruire in maniera più approfondita la microcircolazione del vento e le variabili micro-meteorologiche per l'intera estensione del dominio spaziale e per ciascuno step temporale.

Il modello CALPUFF richiede come input informazioni dettagliate sul campo di vento e sulla turbolenza atmosferica. La concentrazione degli inquinanti al suolo dipende, infatti, dalle condizioni meteorologiche e dalle caratteristiche geofisiche del territorio. Tali condizioni possono essere fornite direttamente come input nel caso di aree morfologicamente omogenee e di piccola dimensione, oppure possono essere elaborate dal modello meteorologico CALMET. La prima fase della modellazione consiste nella costruzione del campo tridimensionale del vento e dei principali parametri meteorologici (temperatura dell'aria, umidità relativa, pressione atmosferica) negli strati più bassi e più turbolenti della troposfera. A tal fine, devono essere raccolti ed elaborati in ambiente

web-gis i dati relativi al territorio circostante l'impianto (orografia, uso del suolo) e raccolte ed analizzate le osservazioni delle variabili meteorologiche (Temperatura, Pressione, Umidità Relativa, Piovosità e Direzione e intensità del vento).

Questo modello tridimensionale del PBL, partendo dalle informazioni geofisiche del territorio e dalle misurazioni dei parametri atmosferici, forniti in input dall'utente, restituisce la meteorologia locale utilizzando un passo temporale computazionale variabile e celle di calcolo di passo 100 m, ampiezza minima.

La seconda fase della modellazione consiste nella simulazione del comportamento assunto dal "pennacchio odoroso" emesso dall'impianto, sulla base del campo tridimensionale di vento precedentemente calcolato. CALPUFF è un modello di dispersione "a puff": simula un'emissione attraverso il rilascio di un certo numero di "pacchetti" discreti di inquinante (puff), caratterizzati da una concentrazione proporzionale alla quantità di inquinante emesso nell'unità di tempo. I puff vengono trasportati e dispersi nel dominio di calcolo in funzione delle condizioni meteo e della morfologia del terreno. I modelli di dispersione degli inquinanti "a puff" sono modelli tridimensionali non stazionari, dunque adatti per simulare la dispersione su scala locale, e in domini ad orografia complessa. Il modello descrive come la nuvola di odore tenda a disperdersi o a ristagnare in precise aree a seconda del campo meteorologico presente ai vari livelli di quota, applicando per ciascun istante di campionamento un algoritmo numerico, che calcola l'andamento spaziale e temporale dei puff e gli effetti determinati dalle loro reciproche interazioni. Infine, CALPUFF calcola la concentrazione per ogni ricettore della griglia, in funzione della loro distanza dalla sorgente e dei coefficienti di dispersione, a loro volta funzione delle condizioni meteorologiche e delle caratteristiche geofisiche del territorio.

Infine, grazie al post-processore CALPOST è possibile analizzare l'output del modello CALPUFF attraverso l'estrazione delle concentrazioni calcolate per tutti i baricentri della griglia spaziale di calcolo, realizzando mappe di impatto, oppure per punti discreti eseguendo l'analisi al ricettore sensibile inserito. CALPOST, oltre, all'estrazione delle concentrazioni su step temporali diversi consente di introdurre fattori cautelativi, quale nel caso specifico il "peak to mean value" di 2.3.

Per l'implementazione del modello di dispersione è necessario fornire in input le seguenti informazioni:

- estensione del dominio di calcolo spaziale e temporale;
- orografia e uso del suolo del dominio spaziale di calcolo;
- parametri meteorologici da stazioni al suolo;
- parametri meteorologici profilometrici;
- parametri emissivi delle sorgenti.

3.1. Dati di input al modello

Per ottenere una maggiore chiarezza espositiva nel presente capitolo verranno esposti e descritti i dati relativi ai domini spaziali e temporali di calcolo, orografia del dominio spaziale, mentre il modello meteorologico CALMET e l'analisi dei flussi emissivi dell'impianto oggetto di indagine, verranno esposti ai capitoli successivi.

3.1.1. Periodo temporale di simulazione

L'estensione del dominio temporale di simulazione deve essere almeno pari a 12 mesi consecutivi, per poter tenere in considerazione la variabilità stagionale dei parametri meteorologici. Secondo la LG35DT, infatti, il dominio temporale della simulazione deve essere di almeno un anno e quale criterio per intervalli superiori si impone che siano multipli interi dell'anno.

Per questi motivi e per poter eseguire uno studio completo dell'impatto olfattivo generato dalla sorgente emissiva in oggetto, la simulazione della dispersione degli odori è stata eseguita su un arco temporale pari ad un anno solare: dal 01/01/2021 ore 00:00 al 01/01/2022 ore 00:00. Inoltre, dovendo fornire le risultanze del modello di dispersione in termini di concentrazione oraria di picco di odore, sia lo step temporale di calcolo del modello meteorologico CALMET, sia quello di dispersione CALPUFF è stato fissato pari ad 1 ora.

3.1.2. Definizione della griglia di calcolo

La definizione di un adeguato dominio spaziale di indagine è frutto di un'indagine territoriale del contesto in cui è collocato l'impianto e della posizione dei ricettori sensibili. Nelle LG35DT si richiede che le dimensioni del dominio spaziale di simulazione siano fissate in modo da soddisfare i seguenti requisiti:

- Includere tutti i ricettori presso cui sia da valutare il definitivo criterio di valutazione dell'impatto;
- Includere i centri abitati presso cui il 98° percentile delle concentrazioni orarie di picco di odore simulate sia maggiore di $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$
- in ogni caso deve essere tale da includere completamente le isolinee corrispondenti al 98° percentile delle concentrazioni orarie di picco di odore pari a $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$.

Infine, il passo della griglia di calcolo deve essere fissato in funzione della distanza fra il ricettore e il punto più prossimo del confine di pertinenza dell'impianto, la quale deve risultare maggiore o uguale al passo della griglia.

Sulla base delle risultanze dell'analisi geografica e morfologica condotta e tenuto conto della posizione dei ricettori individuati nel territorio, si è scelto di fissare un'area di indagine con un'estensione di $6 \times 6 \text{ km}^2$ centrata all'incirca sull'impianto. Il passo della griglia utilizzato nel modello di dispersione CALPUFF è di 100 metri. Tutti i ricettori, discreti e su griglia regolare, sono stati posti ad un'altezza di 2 m dal suolo. Il passo di griglia utilizzato nel modello meteorologico diagnostico CALMET è invece pari a 200 m su un dominio di $16 \times 16 \text{ km}^2$. I domini di simulazione di CALMET e CALPUFF sono indicati in Figura 3.

Nelle tabelle seguenti si riassumono le caratteristiche dei domini di calcolo utilizzati e nella Figura 7 si riporta la sovrapposizione del dominio di calcolo di CALMET (rettangolo giallo) con un'immagine satellitare del territorio circostante l'impianto produttivo.

		Coordinate geodetiche (gradi decimali)		Sistema di riferimento WGS-84 UTM 32N	
		°N	°E	Northing (km)	Easting (km)
Angolo dominio	SW	44.619870	10.828325	4926.350	645.050
	NW	44.475901	10.823823	4942.350	645.050
	NE	44.472512	11.024884	4942.350	661.050
	SE	44.616464	11.029882	4926.350	661.050
Impianto		44.546491	10.925755	4934.378	652.972
Passo griglia				200 m	

Tabella 3. Coordinate geografiche dominio di calcolo dei parametri meteorologici, CALMET

		Coordinate geodetiche (gradi decimali)		Sistema di riferimento WGS-84 UTM 32N	
		°N	°E	Northing (km)	Easting (km)
Angolo dominio	SW	44.520748	10.889397	4931.450	650.150
	NW	44.574734	10.891144	4937.450	650.150
	NE	44.573458	10.966671	4937.450	656.150
	SE	44.519474	10.964854	4931.450	656.150
Impianto		44.546491	10.925755	4934.378	652.972
Passo griglia				100 m	

Tabella 4. Coordinate geografiche dominio di calcolo delle concentrazioni di odore al suolo, CALPUFF.

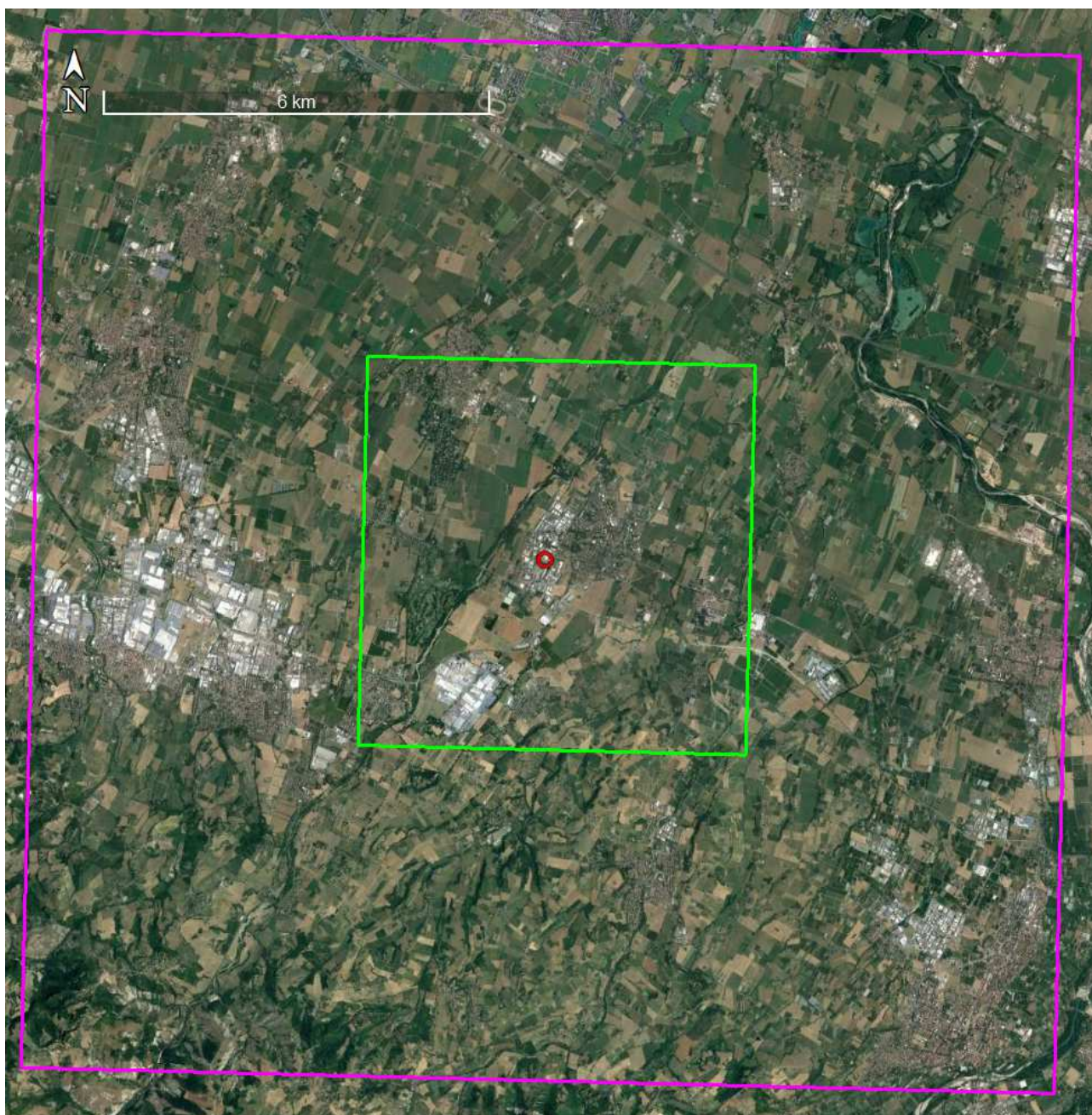


Figura 3. Rappresentazione del dominio di calcolo di CALMET (quadrato viola) e di CALPUFF (quadrato verde). La posizione dell'impianto è indicata da un cerchio rosso.

3.1.3. Dati orografici

L'orografia e l'uso del suolo governano la dispersione degli odori sul territorio circostante, pertanto la morfologia del dominio spaziale è stata considerata sia nell'elaborazione del set meteorologico elaborato da CALMET, sia nel calcolo delle concentrazioni al suolo mediante il modello CALPUFF, in quanto è stata attivata l'opzione "partial plume path adjustment". In questo modo la concentrazione al suolo non è più funzione delle sole variabili meteorologiche, ma dipende anche dalla quota del terreno sopra cui il puff di inquinante si muove.

Per l'indagine sull'uso del suolo si è utilizzata la carta digitalizzata di copertura del suolo fornita dal database "Corine (Coordinated Information on the Environment in the European Community) land cover", alla scala 1:100.000 con unità minima interpretata di 25 ettari. Per l'orografia, invece, si è utilizzato il modello digitale di elevazione del terreno fornito dal database dell'USGS (United States Geological Survey), ottenuto attraverso la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM3).

Questi dati sono stati elaborati al fine di ottenere una matrice, che fornisca a ciascuna cella del dominio spaziale di simulazione una quota altimetrica media e il valore dell'uso prevalente del suolo. In Figura 4 viene mostrata l'orografia media per ogni cella di calcolo di CALMET, i valori variano da circa 30 m nella zona NE del dominio, a circa 470 nella zona SW caratterizzata dalla presenza di colline. In Figura 5 viene invece mostrato l'utilizzo prevalente del suolo su ogni cella del dominio di CALMET.

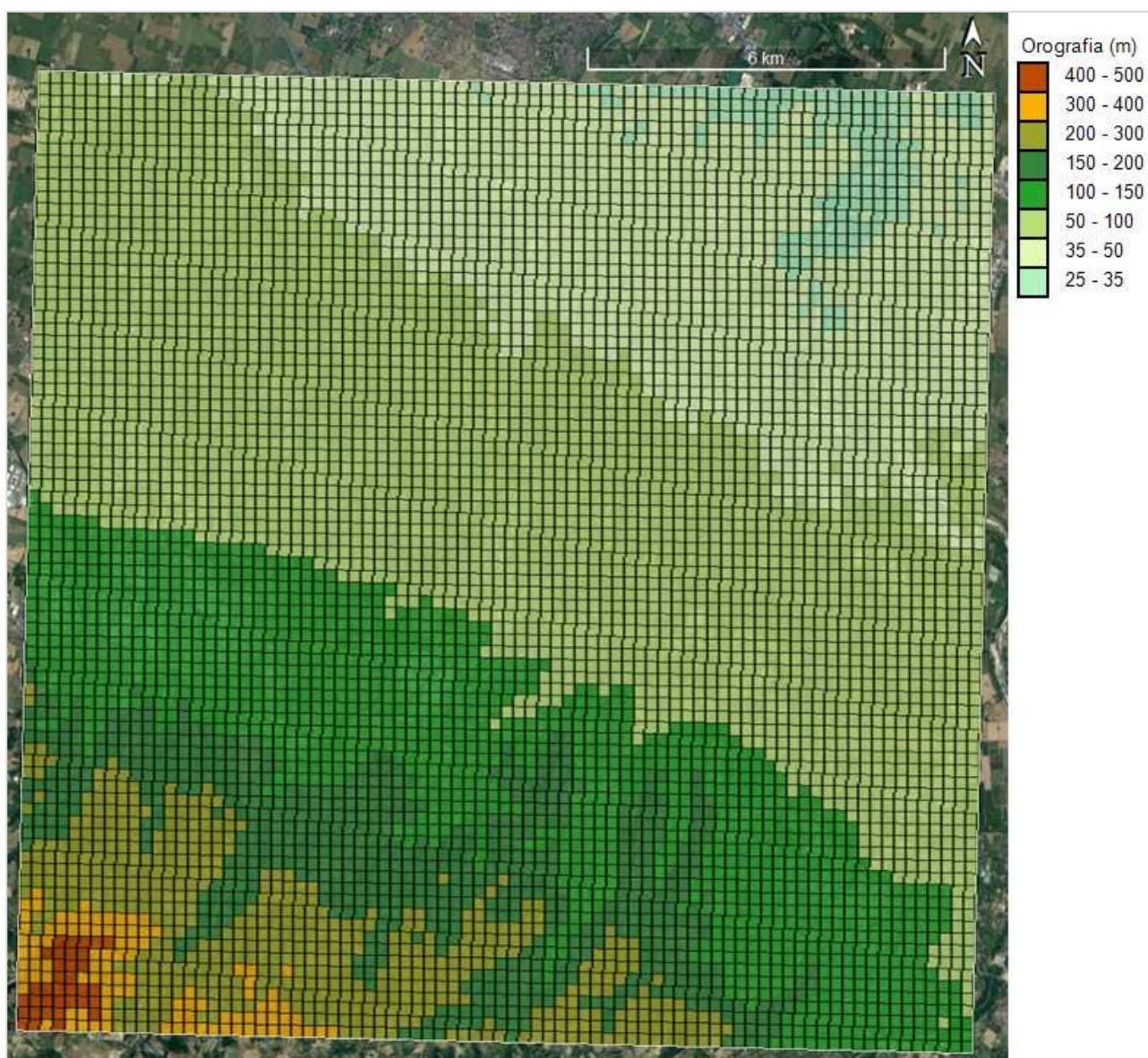


Figura 4. Andamento piano-altimetrico estratto ed utilizzato da CALMET e CALPUFF per l'elaborazione del modello di dispersione degli odori (in blu la posizione dell'impianto).

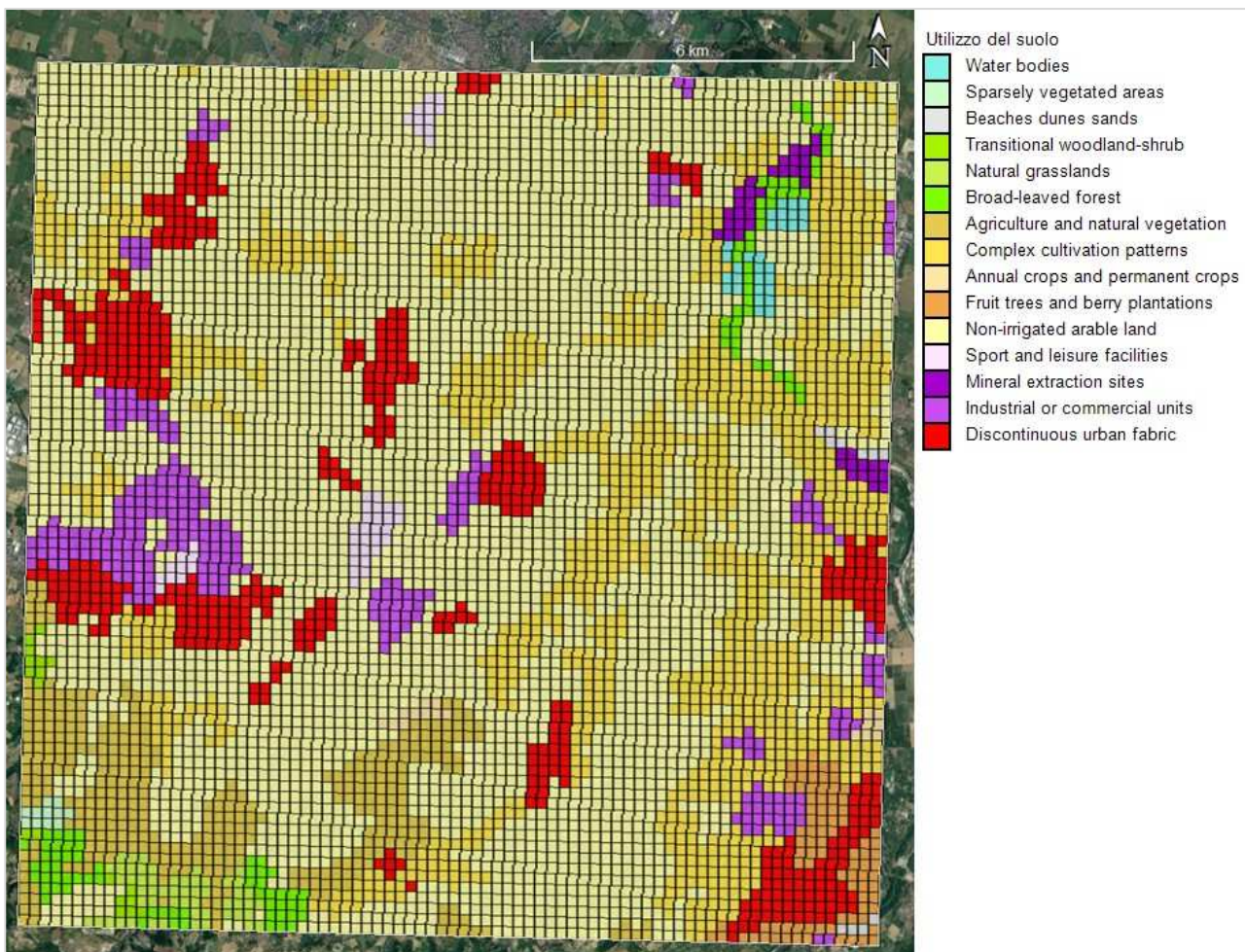


Figura 5. Valore di uso del suolo della cella del dominio di calcolo, utilizzato da CALMET e CALPUFF per l'elaborazione del modello di dispersione degli odori (in blu la posizione dell'impianto)

3.1.4. Deposizione secca e umida

Nella presente simulazione modellistica della dispersione degli odori, il modello CALPUFF è stato implementato disattivando gli algoritmi di calcolo della deposizione secca e umida, in accordo con quanto previsto, ad esempio, dalla Linea Guida sugli odori della Regione Lombardia.

3.1.5. Building downwash

In prossimità della sorgente sono presenti edifici di altezza paragonabile a quella della sorgente stessa. Tali edifici possono modificare il campo di vento locale creando vortici sottovento ad essi e generando il fenomeno del building downwash. La piuma emessa dalle sorgenti, in particolari condizioni meteorologiche, viene catturata dal vortice presente sottovento agli edifici e viene spinta in basso provocando elevati valori di concentrazione in prossimità del punto di emissione. Gli edifici presenti nello stabilimento che potrebbero dare origine al building downwash sono rappresentati in Figura 6. Le dimensioni e le posizioni degli edifici sono stati processati con il programma BPIPPRM,

ed i risultati sono stati inseriti nel modello CALPUFF al fine di considerare l'effetto building downwash. La Figura 6 mostra anche il cammino per mezzo di un cilindro rosso.

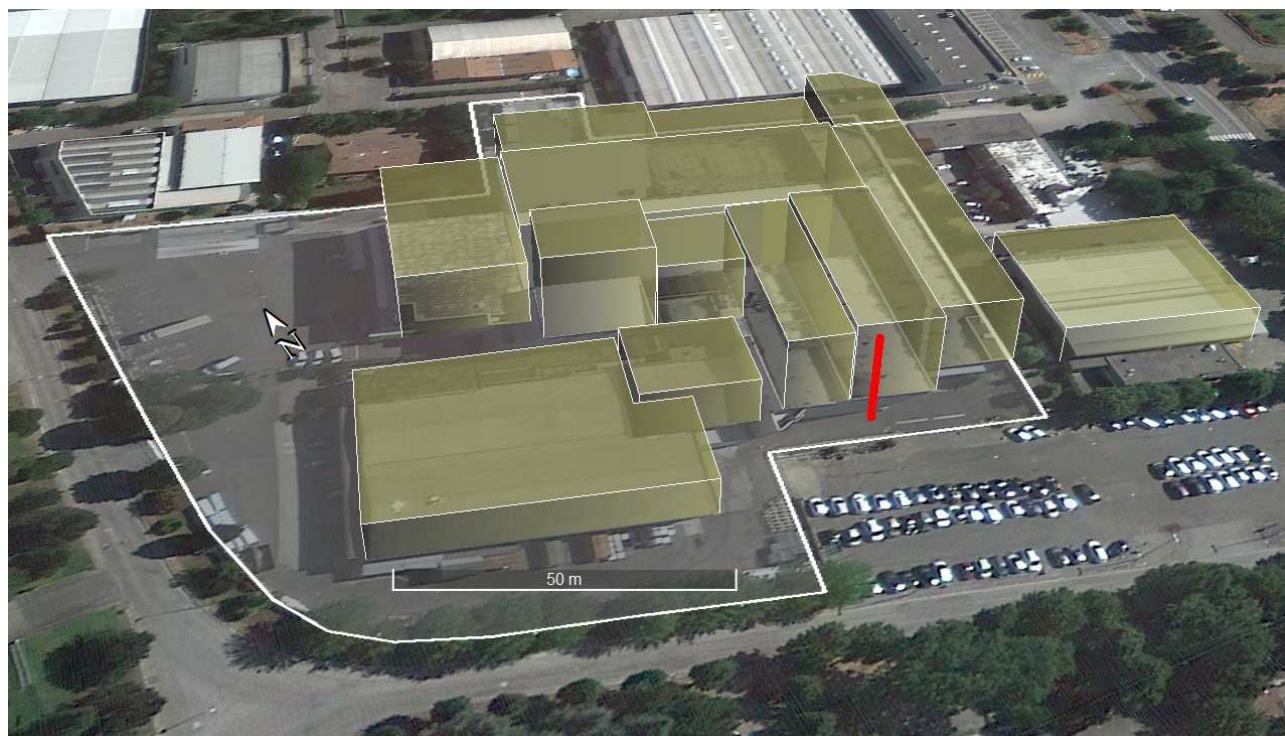


Figura 6. Ricostruzione 3D dei principali edifici che potrebbero dare origine a building downwash.

4. Modello meteorologico

I dati meteorologici misurati al suolo necessari al modello CALMET sono: velocità e direzione del vento, altezza del cielo, copertura nuvolosa, temperatura, umidità relativa, pressione e codice di precipitazione. I dati meteorologici necessari in quota sono: pressione, altezza, temperatura, velocità e direzione del vento.

Il modello CALMET può funzionare utilizzando in input misure meteorologiche al suolo con risoluzione oraria o suboraria e almeno un profilo verticale con risoluzione temporale non superiore alle 12 ore. In alternativa o in aggiunta esso può utilizzare l'output orario di un modello meteorologico prognostico che fornisce il campo meteorologico tridimensionale su una griglia più ampia rispetto a quella utilizzata da CALMET.

Per costruire la meteorologia è stata effettuata un'indagine preliminare sul territorio atta ad individuare la presenza di una rete di monitoraggio meteo che rispetti le prescrizioni dalle linee guida della Regione Lombardia in tema di odori (Allegato 1 della D.g.r Lombardia n. IX/3018 del 15/02/2012):

Punto 4.2.: *“La stazione meteo di cui impiegare i dati deve rispettare i seguenti requisiti.*

- *Nei casi di terreno pianeggiante, la distanza della stazione meteo dal punto di emissione dovrebbe essere minore o uguale a 10 km;*
- *Nei casi di orografia complessa, la stazione deve giacere nella medesima valle ove è ubicato il punto di emissione o deve essere scelta in modo tale che sia rappresentativa delle condizioni anemologiche del sito, ad esempio conducendo delle campagne di rilevamento integrative [...].*

Nella relazione di presentazione dello studio devono essere indicati, per ciascuna stazione meteo:

- *Coordinate geografiche;*
- *Ente o organizzazione che gestisce la stazione meteorologica e che ha trasmesso i dati meteo grezzi;*
- *Quota dell'anemometro rispetto al suolo;*
- *Distanza in pianta dai punti di emissione.”*

Punto 4.3.: *“La quota dell'anemometro della stazione meteo da cui sono tratti i dati di velocità e direzione del vento dovrebbe essere maggiore o uguale a 5 m. A questo requisito si potrà derogare solo se non esistano stazioni meteo conformi ad esso, fermi restando gli altri requisiti posti nel presente documento a proposito della stazione meteorologica, e solo fornendo elementi che permettano di giudicare comunque validi i dati della stazione avente anemometro a quota non conforme.”*

Punto 4.4.: *“La frequenza originaria di registrazione dei dati meteo deve essere oraria o maggiore (ad esempio ogni 30 minuti o 10 minuti). Nelle simulazioni di dispersione dovranno essere introdotti dati a scansione oraria. [...].”*

Punto 4.6.: *“Nella relazione di presentazione dello studio deve essere riportata la percentuale di dati meteorologici invalidi per ciascun mese e per ciascun parametro. Per ciascun parametro meteorologico, la percentuale di dati assenti/invalidi deve essere minore del 20 % sul totale dei dati meteo impiegati nelle simulazioni e minore del 70% per ciascun mese [...].”*

4.1. Modellistica WRF-CALMET

In questo studio, a causa dell'assenza di misure meteorologiche in prossimità dell'impianto, il modello CALMET è stato inizializzato a partire dall' output del modello WRF² (Weather Research and Forecasting) relativo all'intero anno 2021.

La simulazione di WRF è stata effettuata su tre domini innestati come mostrato in Figura 7. La risoluzione di griglia del dominio più interno (D03) è pari a 3 km, quella del dominio intermedio (D02) è pari a 9 km, e quella del dominio più esterno (D01) è pari a 27 km. Per l'inizializzazione di WRF (dati al contorno e dati iniziali) sono state utilizzate le analisi NCEP FNL (Final) Operational Global Analysis disponibili con risoluzione spaziale di un grado ogni sei ore.

Il dominio più interno di WRF ha una dimensione di circa 200x200 km² ed include completamente il dominio di CALMET. L'output di WRF su una parte ridotta di tale dominio è stato estratto per mezzo del processore CALWRF ed utilizzato in input da CALMET.

Prima di utilizzare i dati meteorologici calcolati da WRF, è stata effettuata la verifica della loro accettabilità.

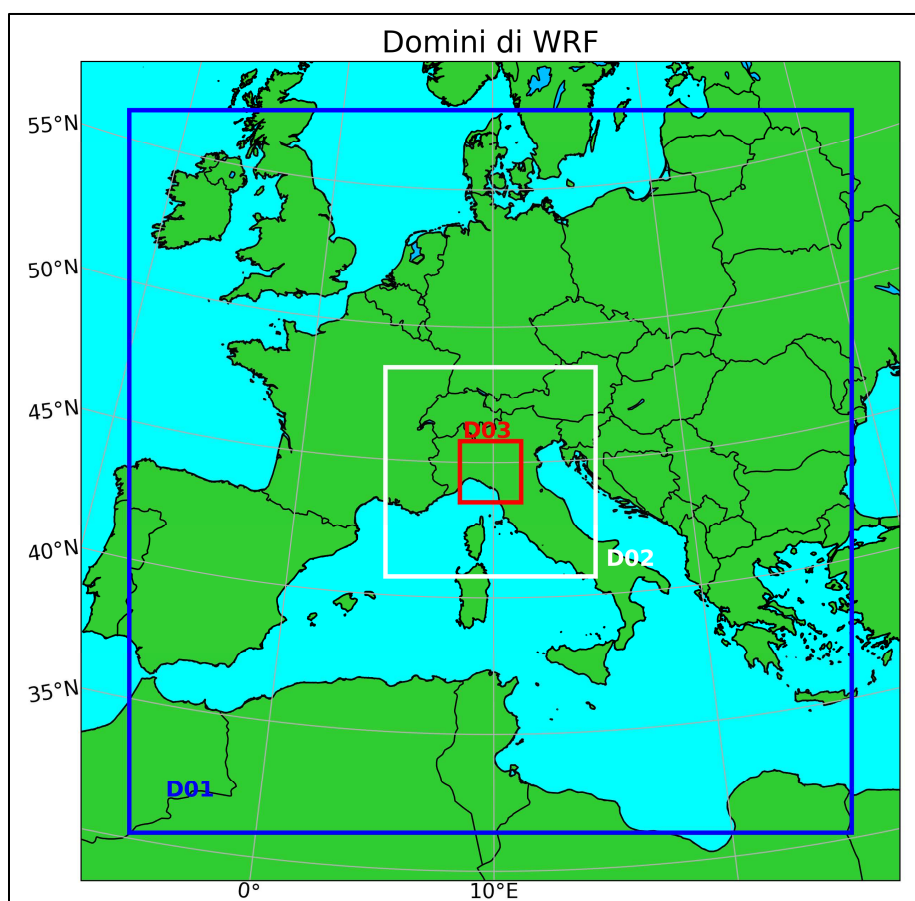


Figura 7. Domini di simulazione del modello meteorologico WRF – Immagine esplicativa.

² <https://www.mmm.ucar.edu/weather-research-and-forecasting-model>

4.2. Verifica del campo meteorologico di WRF

Per valutare la ricostruzione del campo di vento di WRF, i dati di vento relativi all'anno 2021 estratti dal punto di output più vicino alla stazione di San Pietro Capofiume sono stati utilizzati per creare una rosa del vento che è stata confrontata con la rosa del vento climatologica ottenuta dai dati misurati. I dati climatologici di San Pietro Capofiume sono stati ottenuti dall'archivio SCIA di I.S.P.R.A. Roma, e si riferiscono ad un trentennio. Le rose del vento riportate in Figura 8 indicano un buon accordo tra i dati misurati e quelli ricostruiti dal modello WRF.

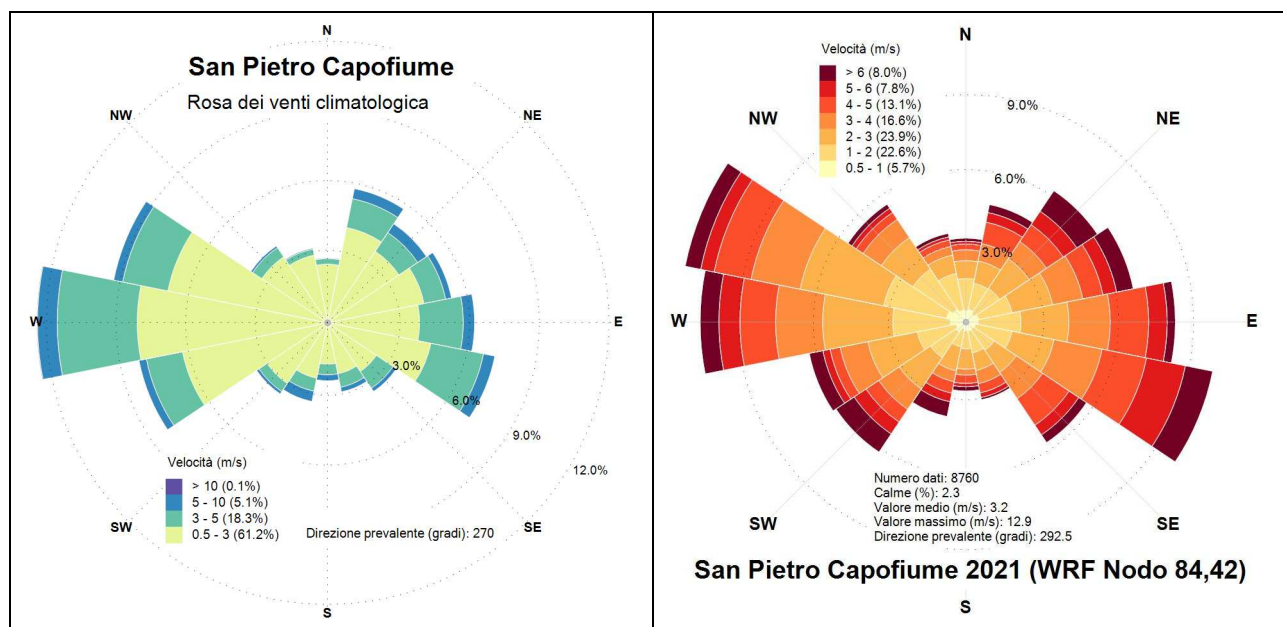


Figura 8. Rosa dei venti climatologica di San Pietro Capofiume (sinistra) e rosa dei venti ottenuta da un punto di output di WRF (destra) situato a circa 10 km di distanza.

4.3. Analisi elaborazione modello meteorologico CALMET

Al fine di verificare la meteorologia del sito d'indagine viene riportata l'analisi delle caratteristiche del vento su base annuale. L'analisi si riferisce a tutto il periodo temporale di indagine (dal 01/01/2021 ore 00:00 al 01/01/2022 ore 00:00), e viene esposta come distribuzione dei venti medi orari, in funzione della direzione di provenienza e della classe di intensità, con riferimento alla scala Beaufort di forza del vento. Le frequenze di accadimento delle direzioni di provenienza del vento (estratta dal modello CALMET, in un punto interno all'impianto) sono esposte sia in formato numerico nella Tabella 6, sia grafico attraverso la rosa dei venti di Figura 9.

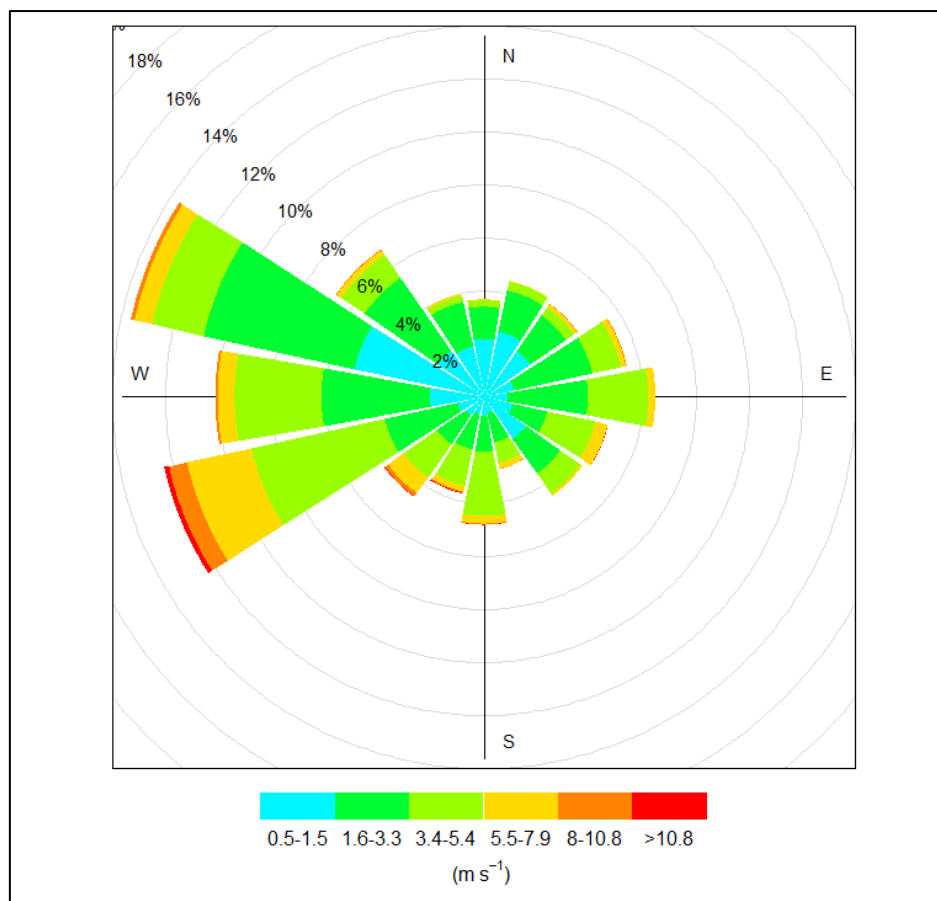


Figura 9. Rosa dei venti indicante le direzioni di provenienza del vento nel 2021, classificate per direzione e classi di velocità (m/s). Dati del vento alla quota di 10 m dal piano campagna, estratti in un punto interno all'impianto (coordinate UTM 32 N: 652,973 km E, 4934,378 km N)

Scala Beaufort	Termine descrittivo	Vel. media vento (m/s)	Effetti sulla terra
0	Calma	0 – 0,5	Calma; il fumo sale verticalmente
1	Bava di vento	0,5 – 1,6	La direzione del vento è segnalata dal movimento del fumo, ma non dalle maniche del vento
2	Brezza leggera	1,6 – 3,3	Si sente il vento sul viso e le foglie frusciano; le maniche a vento si muovono
3	Brezza tesa	3,4 – 5,4	Le foglie e i ramoscelli più piccoli sono in costante movimento; il vento fa sventolare le bandiere di piccole dimensioni
4	Vento moderato	5,5 – 7,9	Si sollevano polvere e pezzi di carta; si muovono i rami piccoli degli alberi
5	Vento teso	8,0 – 10,7	Gli arbusti con foglie iniziano ad ondeggiare; le acque interne si increspano
6	Vento fresco	10,8 – 13,8	Si muovono anche i rami grossi; gli ombrelli si usano con difficoltà

Tabella 5. Estratto della Scala Beaufort della forza del vento.

Direzione di provenienza	Classi di velocità del vento (m/s)						Totale
	≥0,5 e <1,6	≥1,6 e <3,4	≥3,4 e <5,5	≥5,5 e <8,0	≥8,0 e <10,8	≥10,8	
Nord	2,18%	1,21%	0,24%	0,05%	0,00%	0,00%	3,68%
NNE	2,52%	1,58%	0,34%	0,03%	0,00%	0,00%	4,47%
Nord - Est	2,13%	1,63%	0,38%	0,14%	0,02%	0,00%	4,30%
ENE	1,16%	3,03%	1,10%	0,21%	0,03%	0,00%	5,53%
Est	0,89%	3,04%	2,28%	0,26%	0,00%	0,00%	6,47%
ESE	1,14%	1,32%	1,84%	0,48%	0,01%	0,01%	4,81%
Sud – Est	1,93%	1,60%	0,91%	0,10%	0,00%	0,00%	4,54%
SSE	0,63%	1,14%	0,79%	0,23%	0,01%	0,00%	2,80%
Sud	0,72%	1,36%	2,42%	0,29%	0,03%	0,01%	4,83%
SSO	0,65%	1,37%	1,40%	0,23%	0,05%	0,03%	3,73%
Sud – Ovest	0,83%	1,32%	1,53%	0,72%	0,16%	0,02%	4,59%
OSO	1,00%	2,81%	5,14%	2,49%	0,70%	0,18%	12,32%
Ovest	2,02%	4,09%	3,28%	0,64%	0,09%	0,00%	10,11%
ONO	4,97%	5,82%	2,00%	0,67%	0,15%	0,00%	13,61%
Nord – Ovest	2,11%	3,36%	1,06%	0,21%	0,03%	0,00%	6,77%
NNO	1,93%	1,71%	0,25%	0,08%	0,00%	0,00%	3,97%
Totale	26,83%	36,38%	24,95%	6,82%	1,29%	0,26%	96,53%
Calme di vento (<0,5 m/s)							3,47%

Tabella 6. Distribuzione dei venti medi orari per l'intero periodo di simulazione (anno 2021).

Dal punto di vista della provenienza dei venti, il quadro anemologico annuale evidenzia un settore predominante occidentale ricompreso tra le direzioni Ovest - Sudovest ed Nordovest, con frequenza di accadimento complessivamente al 42,8% delle ore dell'anno. All'interno dello stesso settore di provenienza si osservano le direzioni prevalenti Ovest - Nordovest e Ovest - Sudovest, rispettivamente al 13,6% e 12,3%; seguono in termini di frequenza i venti originati dalle direttrici Ovest (10,1%) e Nordovest (6,8%). Non trascurabile è inoltre l'apporto riconducibile agli eventi provenienti dalla direttrice antagonista Est, al 6,5% delle occorrenze annuali. I rimanenti fenomeni apportano un basso contributo e si presentano distribuiti nelle restanti direzioni del quadro con percentuali simili, comprese tra il 2,8% e il 5,5% delle ore dell'anno.

Dal punto di vista dell'intensità dei fenomeni nella zona, si registrano generalmente eventi di moderata intensità, con una incidenza delle calme di vento (venti con velocità inferiori a 0,5 m/s), attestata al 3,5%. La classe di intensità maggiormente rappresentata è quella di brezza leggera (venti con velocità compresa fra 1,6 m/s e 3,4 m/s, al 36,4%), seguita dagli eventi di bava di vento (velocità compresa fra 0,5 m/s e 1,6 m/s, al 26,8%). Segue in termini di frequenza la classe di brezza tesa (velocità compresa fra 3,4 m/s e 5,5 m/s), con un apporto pari al 25,0%, e la classe di vento moderato (velocità compresa fra 5,5 m/s e 8,0 m/s), al 6,8%. Meno frequenti sono i fenomeni di intensità maggiore di 8,0 m/s, ridotti allo 1,6% dei casi.

Per fornire il quadro completo dell'andamento anemologico e valutare eventuali differenze stagionali, si riportano nelle figure seguenti le rose dei venti per ogni singola stagione astronomica. La suddivisione dei mesi nelle varie stagioni è stata eseguita secondo lo schema delle stagioni

astronomiche cioè, sfasando l'inizio del periodo di 21 o 23 giorni rispetto ai solstizi o agli equinozi. In questo modo il primo giorno del mese coincide con l'inizio della stagione, mentre la fine coincide con la fine del mese che precede il solstizio o l'equinozio della stagione successiva.

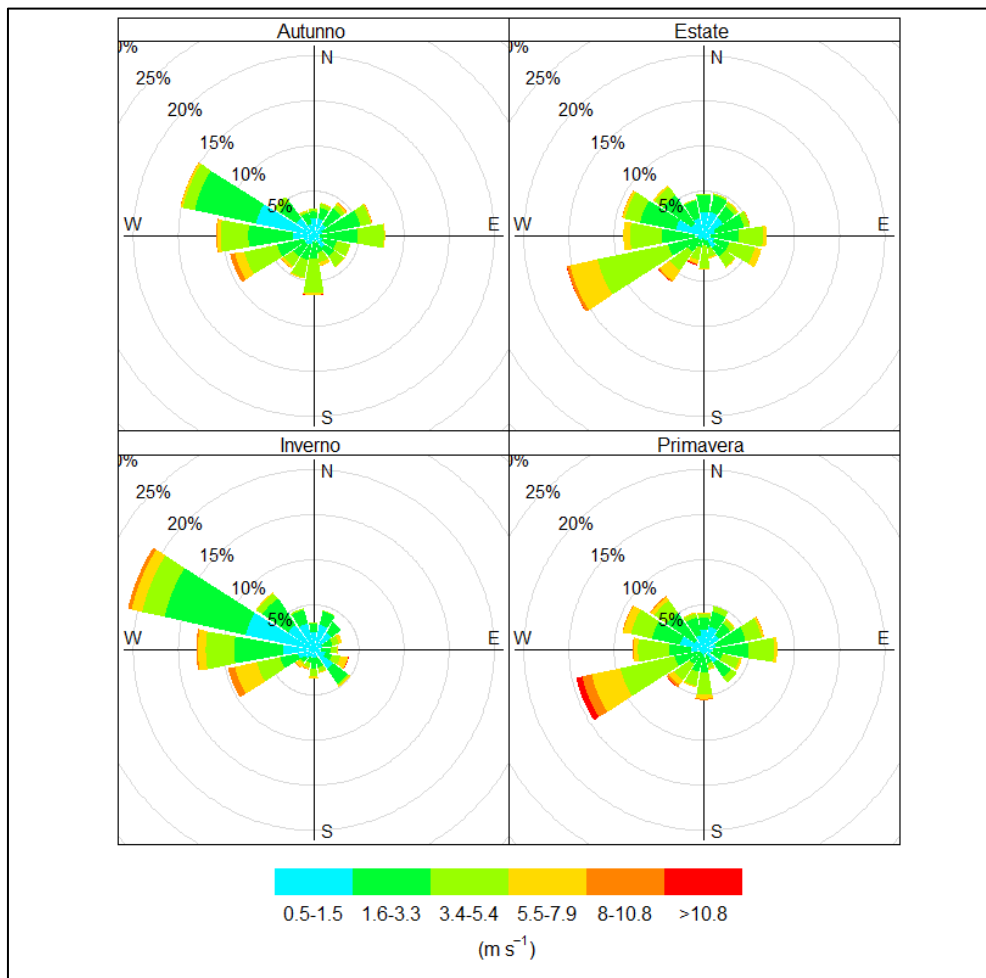


Figura 10. Rosa dei venti delle stagioni (anno 2021) indicante le direzioni di provenienza del vento.

5. Presentazione dei risultati

Le simulazioni modellistiche sono state svolte secondo i criteri definiti nelle Linee Guida Regione Lombardia: *“Linee guida per la caratterizzazione e l’autorizzazione delle emissioni gassose in atmosfera delle attività ad impatto odorigeno”* (emesse con Deliberazione Giunta Regionale 15 febbraio 2012 - n. IX/3018). Nel seguito, per la valutazione dell’impatto olfattivo generato dall’impianto oggetto di indagine, vengono mostrate le mappe del 98° percentile delle concentrazioni orarie di picco di odore su base annuale. In ogni mappa vengono riportati i valori 1, 3, 5 e 10 ou_E/m³. Per ogni simulazione vengono inoltre mostrati i risultati dell’analisi ai ricettori discreti individuati.

La simulazione iniziale è stata effettuata utilizzando il valore di concentrazione di odore nei fumi in emissione di 4’000 ou_E/m³. Le simulazioni successive sono state effettuate riducendo il valore di concentrazione di odore nei fumi, come tecnicamente fattibile, sino a raggiungere valori accettabili in tutti i ricettori sensibili.

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo dei dati inseriti in input al modello per i tre scenari emissivi simulati.

	Portata	Temperatura emissione	Portata	Concentrazione di odore	Flusso di odore
	[m ³ /h]	[°C]	[m ³ /s a 20°C]	[ou _E /m ³]	[ou _E /s]
Scenario 1	40’000	28	11,1	4’000	44’444,4
Scenario 2	40’000	28	11,1	2’500	27’777,8
Scenario 3	40’000	28	11,1	2’000	22’222,2

Tabella 7. Caratteristiche fisiche del camino.

5.1. Scenario 1: Concentrazione nei fumi 4’000 ou_E/m³

Il primo scenario di simulazione è caratterizzato da una concentrazione di odore nei fumi in emissione pari a 4’000 ou_E/m³. La mappa del percentile 98 delle concentrazioni di picco (Figura 11) mostra che il ricettore R1 è caratterizzato da un valore poco superiore di 5 ou_E/m³, il ricettore R3 da un valore poco inferiore a 3 ou_E/m³, il ricettore R2 da un valore poco maggiore di 2 ou_E/m³, e i ricettori R4 e R6 da un valore maggiore di 1 ou_E/m³. I valori della massima concentrazione di picco (valore raggiunto una sola volta durante l’anno) e del percentile 98 vengono riepilogati per ogni ricettore sensibile in Tabella 8. La tabella indica che i valori stabiliti dalle Linee Guida Provincia Autonoma di Trento non vengono rispettati per i ricettori R1, R2, R3 e R6. È quindi necessario effettuare una nuova simulazione con un valore ridotto di concentrazione di odore nei fumi.

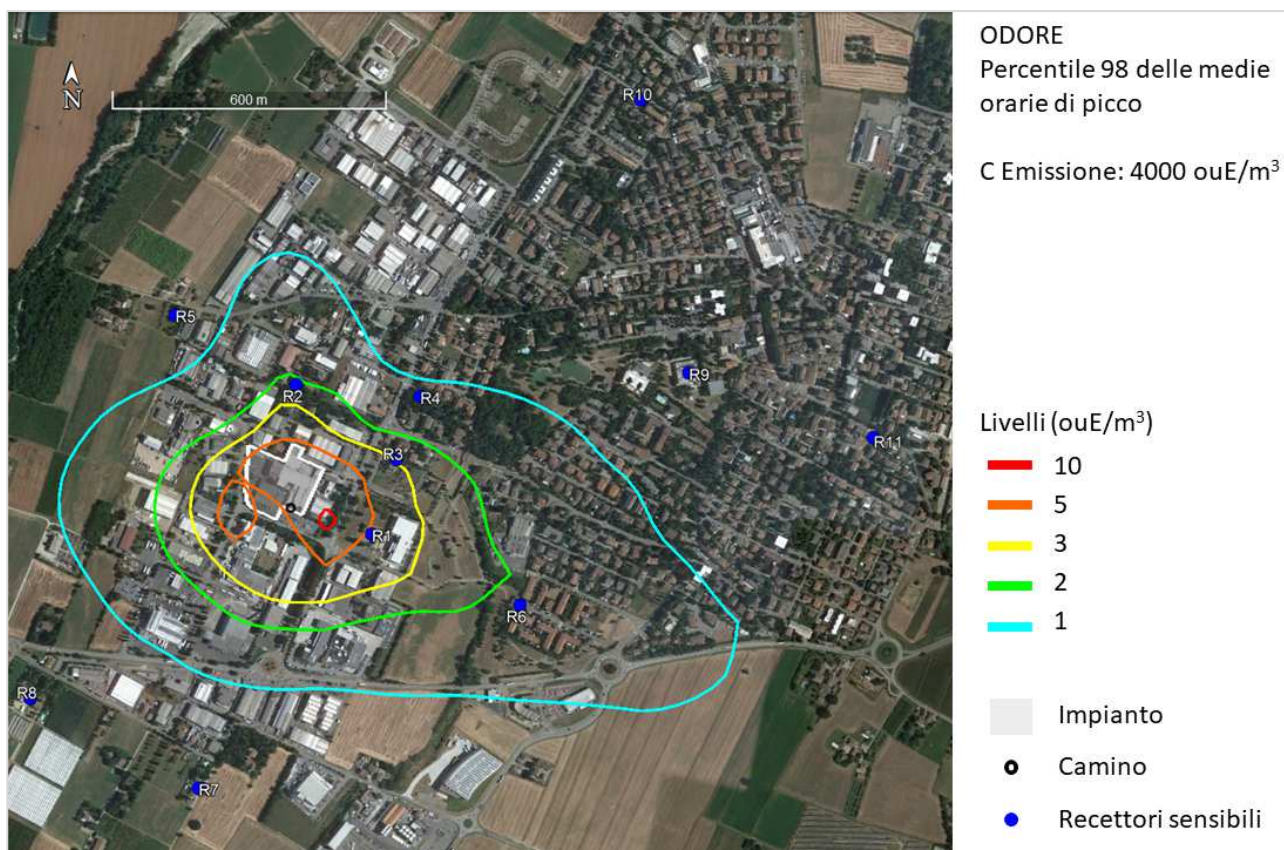


Figura 11. Percentile 98 delle concentrazioni orarie di picco. Concentrazione di odore nei fumi: 4'000 ouE/m³.

Ricettore	Max 1h	Percentile 98 1h	Distanza (m)	Riferimento (ouE/m ³)
R1	8,9	5,2	185	3
R2	6,1	2,2	268	2
R3	6,7	2,9	253	2
R4	4,4	1,2	372	2
R5	4,1	0,7	491	2
R6	3,9	1,9	544	1
R7	3,9	0,5	644	1
R8	3,9	0,5	706	1
R9	2,2	0,6	918	1
R10	1,9	0,2	1'172	1
R11	1,4	0,5	1'283	1
R12	2,3	0,2	1'473	1
R13	1,3	0,3	1'753	1
R14	1,0	0,1	2'018	1
R15	1,6	0,1	2'218	1
R16	0,9	0,1	2'571	1
R17	0,6	0,1	2'825	1
R18	0,9	0,1	2'975	1

Tabella 8. Valori massimi orari di picco e loro percentile 98. Concentrazione di odore nei fumi: 4'000 ouE/m³.

5.2. Scenario 2: Concentrazione nei fumi 2'500 ouE/m³

Il secondo scenario di simulazione è caratterizzato da una concentrazione di odore nei fumi in emissione pari a 2'500 ouE/m³. La mappa del percentile 98 delle concentrazioni di picco (Figura 12) mostra che il ricettore R1 è caratterizzato da un valore poco superiore di 3 ouE/m³, mentre i ricettori R2, R3 e R6 sono caratterizzati da valori maggiori di 1 ouE/m³. I valori della massima concentrazione di picco (valore raggiunto una sola volta durante l'anno) e del percentile 98 vengono riepilogati per ogni ricettore sensibile in Tabella 9. La tabella indica che i valori stabiliti dalle Linee Guida Provincia Autonoma di Trento non vengono rispettati per i ricettori R1 e R6. È quindi necessario effettuare una nuova simulazione con un valore ridotto di concentrazione di odore nei fumi.

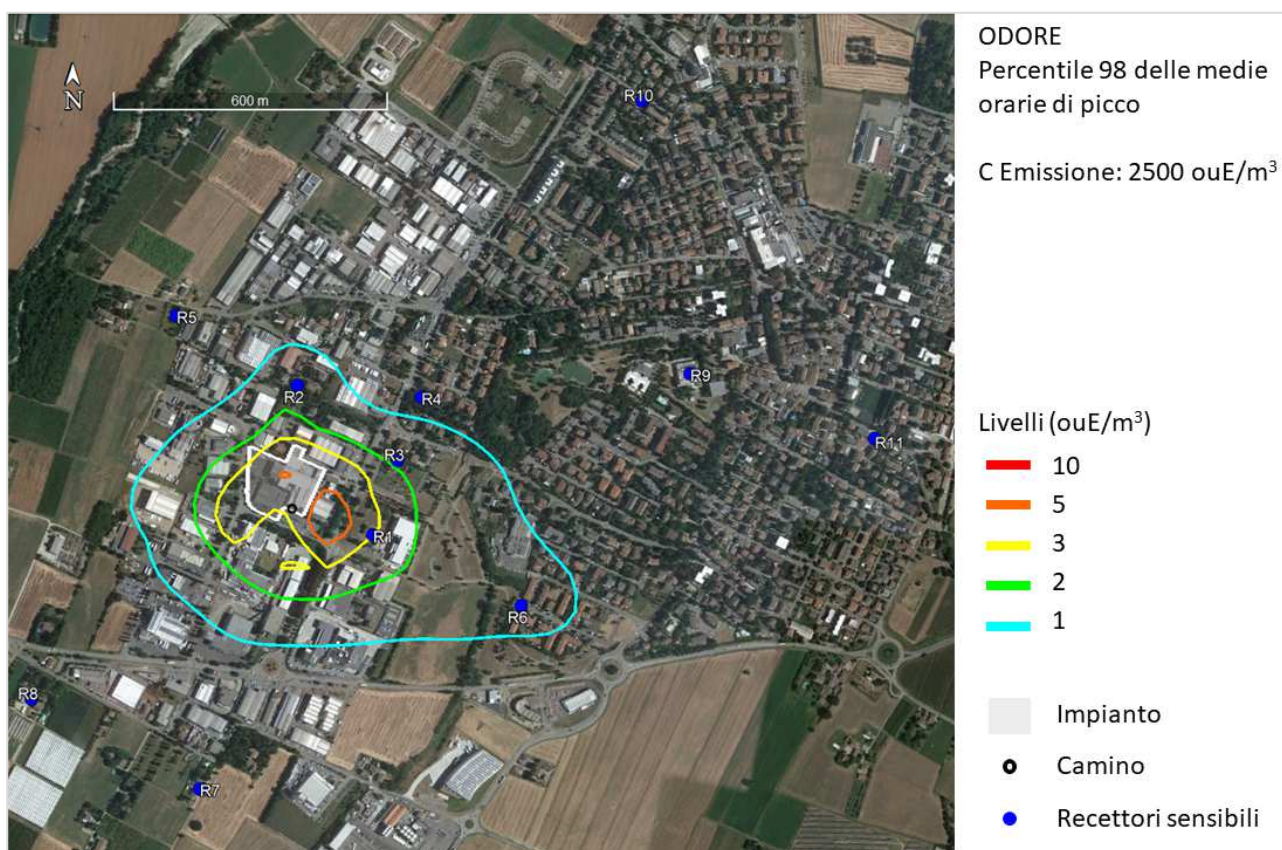


Figura 12. Percentile 98 delle concentrazioni orarie di picco. Concentrazione di odore nei fumi: 2'500 ouE/m³.

Ricettore	Max 1h	Percentile 98 1h	Distanza (m)	Riferimento (ouE/m ³)
R1	5,6	3,3	185	3
R2	3,8	1,4	268	2
R3	4,2	1,8	253	2
R4	2,8	0,7	372	2
R5	2,6	0,4	491	2
R6	2,4	1,2	544	1
R7	2,4	0,3	644	1
R8	2,4	0,3	706	1
R9	1,4	0,4	918	1
R10	1,2	0,1	1'172	1
R11	0,9	0,3	1'283	1

R12	1,5	0,1	1'473	1
R13	0,8	0,2	1'753	1
R14	0,6	0,08	2'018	1
R15	1,0	0,05	2'218	1
R16	0,6	0,07	2'571	1
R17	0,4	0,06	2'825	1
R18	0,6	0,03	2'975	1

Tabella 9. Valori massimi orari di picco e loro percentile 98. Concentrazione di odore nei fumi: 2'500 ouE/m³.

5.3. Scenario 3: Concentrazione nei fumi 2'000 ouE/m³

Il terzo scenario di simulazione è caratterizzato da una concentrazione di odore nei fumi in emissione pari a 2'000 ouE/m³. La mappa del percentile 98 delle concentrazioni di picco (Figura 13) mostra che il ricettore R1 è caratterizzato da un valore minore di 3 ouE/m³, mentre i ricettori R2 e R3 sono caratterizzati da un valore maggiore di 1 ouE/m³. I valori della massima concentrazione di picco (valore raggiunto una sola volta durante l'anno) e del percentile 98 vengono riepilogati per ogni ricettore sensibile in Tabella 10. La tabella indica che i valori stabiliti dalle Linee Guida Provincia Autonoma di Trento vengono rispettati in tutti i ricettori. Infatti, ad esempio, al ricettore residenziale R1 distante meno di 200 m il valore del percentile 98 della concentrazione di picco è minore di 3 ouE/m³. Al ricettore R6 il valore del percentile 98 della concentrazione di picco vale 0,95 (approssimato a 1.0 in Tabella 10), pertanto il criterio di accettabilità è rispettato.



Figura 13. Percentile 98 delle concentrazioni orarie di picco. Concentrazione di odore nei fumi: 2'000 ouE/m³.

Ricettore	Max 1h	Percentile 98 1h	Distanza (m)	Riferimento (ou _E /m ³)
R1	4,5	2,6	185	3
R2	3,0	1,1	268	2
R3	3,4	1,4	253	2
R4	2,2	0,6	372	2
R5	2,0	0,3	491	2
R6	2,0	1,0	544	1
R7	2,0	0,2	644	1
R8	1,9	0,3	706	1
R9	1,1	0,3	918	1
R10	1,0	0,1	1'172	1
R11	0,7	0,2	1'283	1
R12	1,2	0,08	1'473	1
R13	0,6	0,16	1'753	1
R14	0,5	0,07	2'018	1
R15	0,8	0,04	2'218	1
R16	0,5	0,05	2'571	1
R17	0,3	0,05	2'825	1
R18	0,4	0,03	2'975	1

Tabella 10. Valori massimi orari di picco e loro percentile 98. Concentrazione di odore nei fumi: 2'000 ou_E/m³.

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Localizzazione dell'impianto su ortofoto di Google Earth, il cerchio rosso rappresenta l'impianto..	4
Figura 2. Posizione dei ricettori identificati (cerchi blu) nel territorio circostante l'impianto su ortofoto Google Earth. L'impianto è rappresentato dal poligono azzurro, la sorgente di interesse dal cerchio rosso.....	5
Figura 3. Rappresentazione del dominio di calcolo di CALMET (quadrato viola) e di CALPUFF (quadrato verde). La posizione dell'impianto è indicata da un cerchio rosso.....	12
Figura 4. Andamento plano-altimetrico estratto ed utilizzato da CALMET e CALPUFF per l'elaborazione del modello di dispersione degli odori (in blu la posizione dell'impianto).	13
Figura 5. Valore di uso del suolo della cella del dominio di calcolo, utilizzato da CALMET e CALPUFF per l'elaborazione del modello di dispersione degli odori (in blu la posizione dell'impianto).....	14
Figura 6. Ricostruzione 3D dei principali edifici che potrebbero dare origine a building downwash.....	15
Figura 7. Domini di simulazione del modello meteorologico WRF – Immagine esplicativa.	17
Figura 8. Rosa dei venti climatologica di San Pietro Capofiume (sinistra) e rosa dei venti ottenuta da un punto di output di WRF (destra) situato a circa 10 km di distanza.....	18
Figura 9. Rosa dei venti indicante le direzioni di provenienza del vento nel 2021, classificate per direzione e classi di velocità (m/s). Dati del vento alla quota di 10 m dal piano campagna, estratti in un punto interno all'impianto (coordinate UTM 32 N: 652,973 km E, 4934,378 km N)	19
Figura 10. Rosa dei venti delle stagioni (anno 2021) indicante le direzioni di provenienza del vento.	21
Figura 11. Percentile 98 delle concentrazioni orarie di picco. Concentrazione di odore nei fumi: 4'000 ou _E /m ³	23
Figura 12. Percentile 98 delle concentrazioni orarie di picco. Concentrazione di odore nei fumi: 2'500 ou _E /m ³	24
Figura 13. Percentile 98 delle concentrazioni orarie di picco. Concentrazione di odore nei fumi: 2'000 ou _E /m ³	25

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Posizione dei ricettori identificati nel territorio circostante l'impianto	6
Tabella 2. Caratteristiche fisiche del camino.....	7
Tabella 3. Coordinate geografiche dominio di calcolo dei parametri meteorologici, CALMET	11
Tabella 4. Coordinate geografiche dominio di calcolo delle concentrazioni di odore al suolo, CALPUFF.	11
Tabella 5. Estratto della Scala Beaufort della forza del vento.....	19
Tabella 6. Distribuzione dei venti medi orari per l'intero periodo di simulazione (anno 2021).	20
Tabella 7. Caratteristiche fisiche del camino.....	22
Tabella 8. Valori massimi orari di picco e loro percentile 98. Concentrazione di odore nei fumi: 4'000 ou _E /m ³	23
Tabella 9. Valori massimi orari di picco e loro percentile 98. Concentrazione di odore nei fumi: 2'500 ou _E /m ³	25
Tabella 10. Valori massimi orari di picco e loro percentile 98. Concentrazione di odore nei fumi: 2'000 ou _E /m ³	26