

REGIONE TOSCANA

COMUNE DI MONTE ARGENTARIO

LABORATORIO



Via Sondrio, 2 - Udine
33100 (UD)

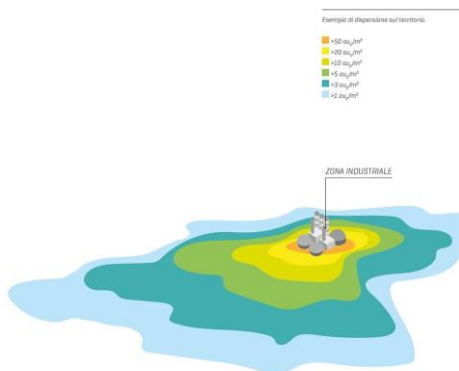
COMMITTENTE



Via G. Mameli, 10 - Grosseto
58100 (GR)

OGGETTO RELAZIONE

Valutazione numerica della dispersione



Data	Revisione	Redatto	Verificato	Approvato
29.09.2023	00	Dott. Piero Capellari Dott. Marco Pontello  	Dott. Ing. Rivilli Silvia 	Responsabile Ufficio Tecnico Dott. Ing. Rivilli Silvia  

LOD RT 526/23

Sommario

SOMMARIO	1
1. PREMESSA E PRESENTAZIONE	2
2. INTRODUZIONE.....	3
3. INDIVIDUAZIONE DELLO SCENARIO E DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA NUMERICA.....	4
3.1 Introduzione.....	4
3.2 Definizione dello scenario.....	5
3.3 Elaborazione dei risultati.....	5
4. DATI DI INPUT DEL MODELLO	7
4.1 Dati meteorologici.....	7
4.1.1 Analisi preliminare dei dati meteorologici e anemometrici.....	10
4.2 Esame dei dati cartografici e dell'uso del suolo.....	13
4.2.1 Recettori sensibili.....	16
4.3 Settaggio modellistico.....	18
4.4 Sorgenti emissive	18
5. RISULTATI	21
6. CONCLUSIONI	23
7. BIBLIOGRAFIA	24
ALLEGATO 1: CALCOLO DEL 98° PERCENTILE	25
ALLEGATO 2: DESCRIZIONE DEL MODELLO DI DISPERSIONE CALPUFF.....	26
CALMET: Pre-processore meteorologico	26
Caratteristiche del puff e concentrazioni al suolo	27

1. Premessa e presentazione

Il Gruppo Luci è una realtà friulana nata nel 1951 che, in virtù dell'esperienza acquisita, progetta e sviluppa **soluzioni integrate per l'ambiente** a supporto delle aziende industriali e pubbliche, con un team dedicato all'accompagnamento delle aziende alla sostenibilità.

Grazie alla sinergia delle aziende che lo compongono, il Gruppo Luci propone soluzioni innovative, in un'**ottica di economia circolare**, con costanti investimenti in formazione, ricerca e sviluppo.

Fanno parte del Gruppo LUCI:

Gesteco - opera in diverse aree, tra cui bonifiche, smaltimento rifiuti, analisi di laboratorio, demolizioni, estrazione e lavorazione di materiali inerti, progettazione e costruzione di prefabbricati in calcestruzzo, il tutto con una particolare attenzione alla sostenibilità.

Labiotech - ricerca, sviluppa e installa tecnologie innovative per il miglioramento della qualità dell'aria e l'abbattimento degli odori. Si occupa di progettare e realizzare nuovi impianti, riattivare impianti esistenti, oltre a fornire consulenza tecnica e normativa.

LOD - laboratorio di Olfattometria Dinamica, si occupa di misurazione e monitoraggio degli odori. Il LOD è nato in collaborazione con l'Università degli Studi di Udine, caso emblematico del nostro approccio scientifico e innovativo.

Metaplas - impegnata nel recupero e riutilizzo di plastiche e legno.

Ecofarm - si occupa di ritiro, trasporto, stoccaggio e smaltimento di rifiuti sanitari, derivanti da attività ambulatoriali, mediche e affini, nel rispetto della normativa vigente.

Argesteco - azienda argentina specializzata nella consulenza ambientale, sostenibilità, formazione e audit ambientale.

LBIT - distributore esclusivo di Labiotech sul mercato asiatico di attrezzature speciali per la protezione dell'ambiente, prodotti sanificanti, attrezzature meccaniche.

2. Introduzione

Nel presente rapporto tecnico si riportano i risultati dello studio della dispersione in atmosfera e della ricaduta al suolo delle emissioni odorigene relative all'impianto Acquedotto del Fiora S.p.a. sito in Via Acquedotto Leopoldino, Monte Argentario (GR), sul territorio circostante il sito.

Il modello utilizzato per le simulazioni è *CALPUFF*.

I risultati sono espressi in termini di $\text{ou}_\text{E}/\text{m}^3$, ovvero unità olfattometriche al metro cubo. Tale unità di misura rappresenta il numero di diluizioni necessarie affinché il 50% degli esaminatori non avverta più l'odore del campione analizzato.

Per la concentrazione di odore in aria ambiente non vi sono limiti di riferimento a livello nazionale. Per valutare l'accettabilità dell'esposizione olfattiva sul territorio conseguente alle emissioni di odore del sito in esame si può considerare quale riferimento la **D.G.R. Lombardia n. IX/3018 del 15 Febbraio 2012 "Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno"**.

Entrando nel merito, si può notare che le linee guida contenute nella citata **D.G.R. Lombardia** non fissano un valore limite unico per l'esposizione olfattiva, ma richiedono che i risultati delle simulazioni di dispersione siano confrontati con tre livelli di esposizione: $1 \text{ ou}_\text{E}/\text{m}^3$, $3 \text{ ou}_\text{E}/\text{m}^3$ e $5 \text{ ou}_\text{E}/\text{m}^3$, espressi come 98° percentile delle concentrazioni orarie di picco di odore. Per induzione si considera allora che:

- per livelli di esposizione olfattiva inferiori a $1 \text{ ou}_\text{E}/\text{m}^3$ come 98° percentile delle concentrazioni orarie di picco di odore l'impatto olfattivo è da giudicare accettabile (o trascurabile);
- per livelli di esposizione olfattiva superiori a $5 \text{ ou}_\text{E}/\text{m}^3$ come 98° percentile delle concentrazioni orarie di picco di odore l'impatto olfattivo è da giudicare non accettabile o non tollerabile;
- i livelli di esposizione olfattiva intermedi ($1 \div 5 \text{ ou}_\text{E}/\text{m}^3$) costituiscono una "fascia di valutazione" all'interno della quale l'accettabilità dell'impatto deve essere valutata caso per caso, in relazione, per esempio, alla numerosità della popolazione esposta (in termini di densità abitativa) e alla destinazione d'uso prevalente (agricola, industriale, commerciale, residenziale) del territorio.

Vista l'assenza di riferimenti per la Vostra Regione (Toscana) nel commento dei risultati della simulazione condotta sono stati adottati i criteri citati nella sopracitata D.G.R. Lombardia.

Si segnala inoltre, la recente emanazione del **decreto direttoriale MASE di approvazione degli Indirizzi per l'applicazione dell'articolo 272-bis del D.Lgs 152/2006** in materia di emissioni odorigene di impianti e attività e dei relativi allegati.

3. Individuazione dello scenario e descrizione della metodologia numerica

3.1 Introduzione

La valutazione della dispersione dell'odore è stata realizzata mediante il modello di dispersione *CALPUFF*. In base all'esperienza maturata in seno a LOD S.r.l., *CALPUFF* è risultato essere particolarmente adatto per la simulazione della dispersione di odori su scala locale.

I modelli di dispersione utilizzano complicati algoritmi per simulare il trasporto e le cinetiche degli inquinanti negli strati inferiori dell'atmosfera maggiormente interessati all'inquinamento. Per conseguire tale obiettivo, i modelli necessitano di dati di ingresso suddivisibili nelle seguenti categorie:

- *dati meteorologici*: anemologia, temperatura e umidità dell'aria, stabilità atmosferica;
- *dati cartografici*: orografia, cartografia, uso del suolo;
- *dati emissivi*: caratteristiche geometriche e localizzazione delle sorgenti emissive, concentrazione dell'odore e flusso di massa.

La scelta del modello viene effettuata spesso in base alle caratteristiche dello *scenario*, definito come l'insieme degli elementi che caratterizzano una specifica applicazione. Sulla base delle linee guida riportate nella norma **UNI 10796:2000 (Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi – Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici)** uno scenario può essere descritto sulla base di cinque elementi:

- *scala spaziale*: dominio di calcolo per la dispersione. Si possono distinguere applicazioni a microscala (fino 1 km), a scala locale (fino a 10-20 km), a mesoscala (fino a 100-200 km) e a grande scala (fino a 1.000-2.000 km);
- *indice temporale*: applicazioni a breve periodo (da pochi minuti ad alcuni giorni) e a lungo periodo (periodi stagionali ed annuali) e modelli previsionali a breve-medio termine (da un'ora fino ad una settimana);
- *ambito territoriale*: si distinguono applicazioni su sito semplice (pianeggiante, caratteristiche territoriali omogenee) o su sito complesso (orografia complessa, caratteristiche territoriali disomogenee);
- *tipologie di sorgenti*: puntiformi, areali, lineari o volumetriche;
- *specie simulata*: odori, inquinanti chimici.

La definizione precisa dello scenario è un requisito fondamentale per la corretta applicazione dei modelli di dispersione: essa nasce dalla precisa individuazione degli obiettivi dello studio modellistico opportunamente adattati allo specifico contesto nel quale esso viene applicato.

I modelli di dispersione possono venire classificati in base al sistema di riferimento rispetto al quale vengono scritte e risolte le equazioni di conservazione della massa. Se il riferimento è solidale con l'emissione, il modello viene detto *lagrangiano*, mentre se è solidale con il dominio di calcolo viene detto *euleriano*. In *CALPUFF*, l'emissione continua viene approssimata come una successione di rilasci discreti di forma sferica detti *puff* e per ognuna di queste unità viene scritta e risolta l'equazione di

conservazione della massa: per tali motivi, *CALPUFF* viene definito modello lagrangiano a *puff*. *CALPUFF* è inoltre in grado di operare con condizioni meteorologiche ed emissive non stazionarie, con campo di vento tridimensionale, in siti con orografie complesse e con inquinanti reattivi.

3.2 Definizione dello scenario

Entrando nello specifico del caso oggetto di studio, è possibile individuare i seguenti elementi rappresentativi dello scenario in cui avverrà la simulazione numerica:

Scala spaziale:	L'applicazione del modello riguarda la valutazione dell'impatto su un territorio in prossimità dello stabilimento: per tale ragione la scala di riferimento sarà di tipo <u>locale</u> , limitata a qualche chilometro in linea d'aria attorno al sito.
Indice temporale:	La simulazione valuta la dispersione per un periodo di <u>un anno solare</u> : in questo modo sarà possibile valutare il contributo stagionale dei venti e della meteorologia sulla dispersione. Nella simulazione è stato considerato l'anno 2022.
Ambito territoriale:	Il sito su cui verrà applicato il modello si trova nel comune di Monte Argentario (GR) e presenta un'orografia <u>complessa</u> . Un'ulteriore descrizione dei dati orografici è presentata nel paragrafo 3.2.
Sorgente:	Ai fini del modello verranno considerate differenti <u>sorgenti puntuali</u> . Ulteriori approfondimenti sono riportati nel paragrafo 3.4.
Specie simulata:	La valutazione dell'impatto riguarda l'emissione di <u>odore</u> . Ulteriori approfondimenti sono riportati nel paragrafo 3.4.

3.3 Elaborazione dei risultati

Per l'elaborazione e la valutazione dei risultati, come documento di riferimento è stato considerato l'Allegato 1 del **D.G.R. della Lombardia del 15 Febbraio 2012 n. IX/3018 "Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno"**;

I valori evidenziati sulle mappe di isoconcentrazione che sono prodotte seguono quanto indicato dalla regione Lombardia. A tal proposito evidenziamo che a:

- 1 ou_E/m³ il 50 % della popolazione percepisce odore;

- 3 ou_e/m³ l'85% della popolazione percepisce odore;
- 5 ou_e/m³ il 90 – 95% della popolazione percepisce odore.

In allegato a tale **D.G.R.** vi sono anche i **“Requisiti degli studi di impatto olfattivo mediante simulazione di dispersione”** (Allegato 1) i quali presentano anche i criteri di selezione dei dati di input e le modalità di presentazione dei risultati. L'approccio modellistico suggerito dalla normativa prevede:

- Svolgimento di una simulazione della durata di un anno;
- Calcolo delle concentrazioni medie orarie per tutto l'anno tenendo conto delle diverse frequenze di funzionamento dell'impianto;
- Calcolo del livello di picco d'odore della durata di 3 secondi (tempo di un respiro);
- Calcolo del 98° percentile della distribuzione annua, che viene utilizzato per quantificare l'accettabilità dell'esposizione all'odore da parte della popolazione. Il 98° percentile rappresenta il valore che non viene superato più del 2% del tempo di durata della simulazione. In questo caso significa che non si supererà il valore corrispondente al 98° percentile per 175 ore in un anno. Il calcolo del 98° percentile viene effettuato per ogni recettore della griglia computazionale secondo il procedimento riportato in Allegato 1.

Le curve di isoconcentrazione ottenute sono state sovrapposte quindi alla ortofoto, per poter apprezzare meglio l'impatto odorigeno sul territorio.

4. Dati di input del modello

Il modello di dispersione necessita di dati di *input* relativi alle condizioni meteorologiche, orografiche ed allo scenario emissivo. Tali dati vanno esaminati attentamente per:

- valutare se sono sufficienti a descrivere la dispersione delle sostanze simulate;
- effettuare opportune semplificazioni che facilitino le operazioni di calcolo;
- comprendere ed interpretare in seguito i risultati ottenuti.

4.1 Dati meteorologici

Per la zona in esame sono stati acquisiti dati meteorologici estratti dal dataset LAMA di ARPA Emilia-Romagna. Tali dati sono stati integrati con i dati anemometrici delle stazioni di Orbetello e Argentario del Servizio Idrologico Regionale (SIR) della Regione Toscana.

Tabella 1: caratteristiche dei dati meteorologici, stazioni al suolo e dati in quota.

Dati al suolo e in quota	
<i>Fornitore dei dati</i>	ARPA Emilia-Romagna, Servizio Idro-Meteo-Clima (ARPAE SIMC)
<i>Periodo</i>	Intero anno 2022
<i>Stazioni utilizzate</i>	Il dataset LAMA è sviluppato da ARPAE SIMC mediante modello COSMO a partire da stazioni meteorologiche, radiosondaggi, dati da satellite, boe oceanografiche. Per dettagli si rimanda al sito www.arpae.it/sim .
<i>Coordinate UTM WGS-84</i>	Dati estratti sul punto 682.588 km E 4697.518 km N 32T
<i>Distanza dal centro della griglia di calcolo</i>	Punto di estrazione: 2.5 km
<i>Parametri acquisiti</i>	Per ciascuno dei livelli di estrazione sono stati forniti: vento, temperatura, copertura nuvolosa, mixing height, classe di stabilità, lunghezza di Monin – Obukhov, friction velocity, radiazione solare, flusso di calore, velocità convettiva di scala, pressione atmosferica.

Tabella 2: caratteristiche dei dati meteorologici, stazioni al suolo.

Dati al suolo	
<i>Fornitore dei dati</i>	Servizio Idrologico Regionale (SIR) della Regione Toscana
<i>Periodo</i>	Intero anno 2022
<i>Stazioni utilizzate</i>	Orbetello, Argentario

<i>Coordinate UTM WGS-84</i>	Argentario: 678.625 km E 4695.026 km N 32T Orbetello: 681.157 km E 4700.360 km N 32T
<i>Distanza dal centro della griglia di calcolo</i>	Argentario: 4.2 km Orbetello: 1.7 km
<i>Parametri acquisiti</i>	Direzione e velocità del vento.

La percentuale di dati assenti o non validi per le stazioni meteo utilizzate, in base al punto 4.6 dell'allegato 1 della D.G.R. della Regione Lombardia, dovrebbe risultare minore dei valori soglia del 20% per la totalità dei dati e del 70% per i dati mensili.

Tabella 3: percentuale di dati meteorologici non validi per parametro e per mese. Dati ARPAC.

% dati invalidi	precip.	Temp.	DP.	dir. vento	v vento
Anno	0.54%	0.39%	0.39%	0.39%	0.39%
Gennaio	1.61%	1.61%	1.61%	1.61%	1.61%
Febbraio	3.42%	1.64%	1.64%	1.64%	1.64%
Marzo	1.61%	1.48%	1.48%	1.48%	1.48%
Aprile	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Maggio	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Giugno	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Luglio	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Agosto	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Settembre	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Ottobre	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Novembre	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dicembre	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Tabella 4: percentuale di dati meteorologici non validi per parametro e per mese. Dati stazione Argentario

% dati invalidi	dir. vento	v vento
Anno	0.01%	0.01%
Gennaio	0.00%	0.00%
Febbraio	0.00%	0.00%
Marzo	0.00%	0.00%
Aprile	0.00%	0.00%
Maggio	0.00%	0.00%
Giugno	0.00%	0.00%
Luglio	0.13%	0.13%
Agosto	0.00%	0.00%
Settembre	0.00%	0.00%
Ottobre	0.00%	0.00%
Novembre	0.00%	0.00%
Dicembre	0.00%	0.00%

Tabella 5: percentuale di dati meteorologici non validi per parametro e per mese. Dati stazione Orbetello

% dati invalidi	dir. vento	v vento
Anno	0.00%	0.00%
Gennaio	0.00%	0.00%
Febbraio	0.00%	0.00%
Marzo	0.00%	0.00%
Aprile	0.00%	0.00%
Maggio	0.00%	0.00%
Giugno	0.00%	0.00%
Luglio	0.00%	0.00%
Agosto	0.00%	0.00%
Settembre	0.00%	0.00%
Ottobre	0.00%	0.00%
Novembre	0.00%	0.00%
Dicembre	0.00%	0.00%

4.1.1 Analisi preliminare dei dati meteorologici e anemometrici

Come si può osservare dall'analisi della rosa dei venti riportata in **Figura 1**, il vento, nel periodo considerato, ha soffiato, seppur non in maniera netta, prevalentemente dai quadranti di nord-ovest e sud-est. Tale risultato permette di affermare in prima battuta che gli odori emessi dall'impianto tenderanno a disperdersi prevalentemente lungo la direttrice Nord Ovest – Sud Est, rispetto allo stesso.

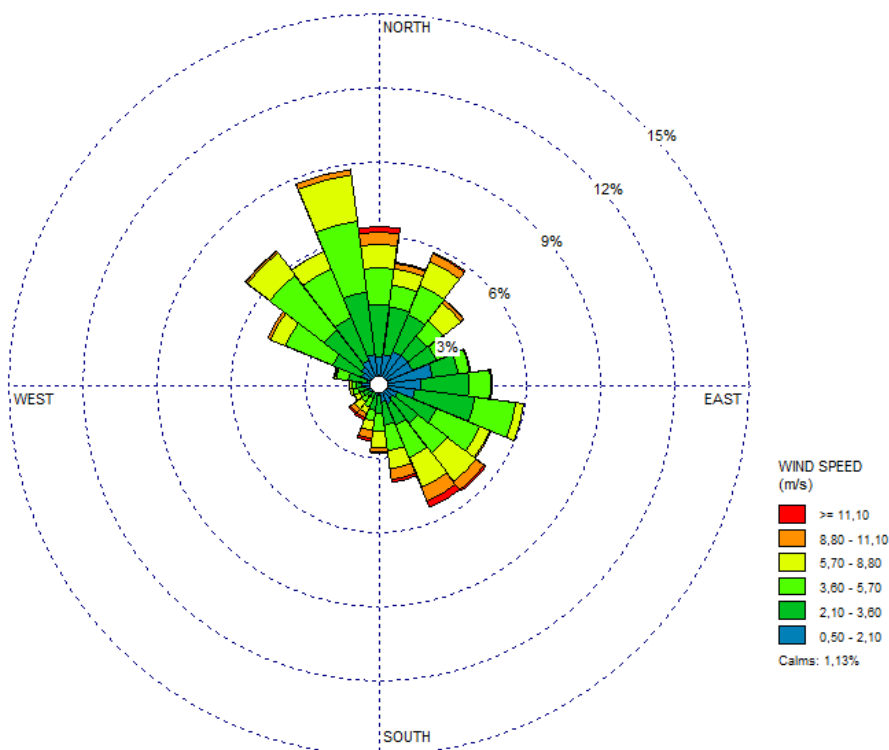


Figura 1: rosa dei venti riferita alla stazione meteorologica considerata: la coordinata radiale (lunghezza del settore circolare) rappresenta la frequenza, il colore dei cunei indica l'intensità del vento.

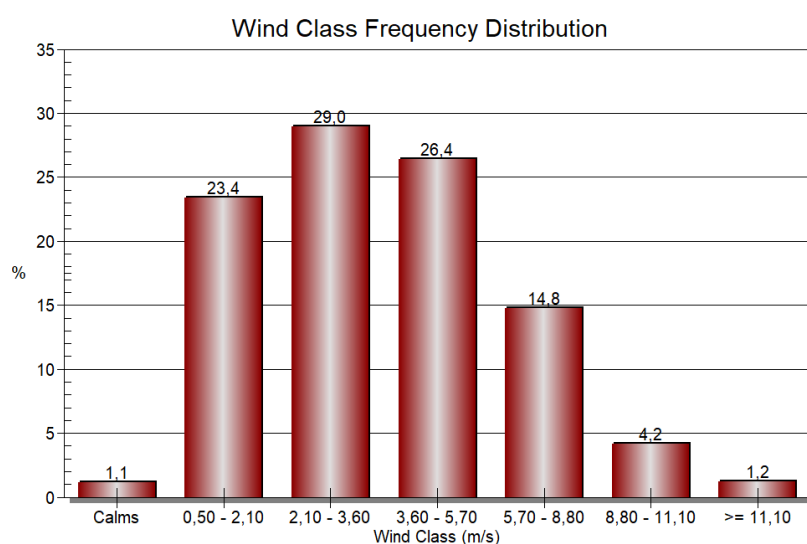


Figura 2: distribuzione delle velocità del vento nell'anno considerato per la simulazione (2022).

Per quanto riguarda l'intensità dei venti, dal grafico della distribuzione riportato in Figura 2 si può notare come le intensità prevalenti siano quelle comprese tra 2,10 e 3,60 m/s (registrate nel 29,0% del tempo) ma siano rappresentati con una frequenza comparabile anche le classi di vento direttamente superiore e inferiore. Le condizioni di calma (intensità inferiore a 0,5 m/s) si sono verificate nel 1,1 % dell'intervallo di tempo considerato.

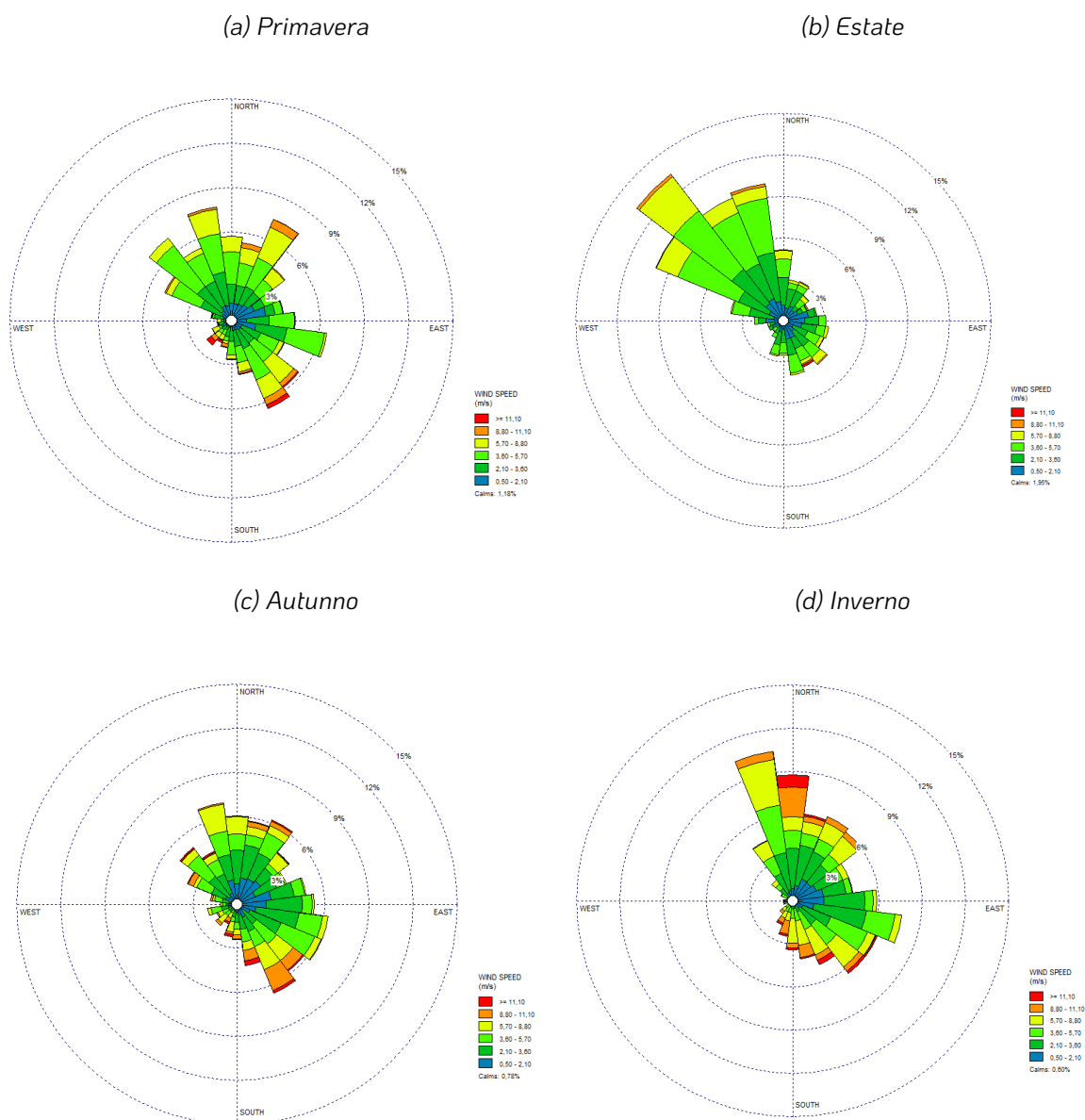


Figura 3: rose dei venti riferite alla stazione meteo per la stagione (a) primaverile, (b) estiva, (c) autunnale e (d) invernale: la coordinata radiale (lunghezza del settore circolare) rappresenta la frequenza.

Analizzando la distribuzione della direzione dei venti e le rose dei venti su base stagionale (Figura 3), si può osservare che:

- La stagione che presenta una vera e propria direzione prevalente di provenienza è quella estiva, caratterizzata da venti provenienti da nord ovest;
- In generale, il settore di provenienza meno rappresentato è quello di sud-ovest.

La Figura 4 rappresenta la distribuzione delle velocità del vento durante le varie stagioni. In tutte le stagioni le velocità prevalenti sono generalmente comprese tra 0,5 e 5,7 m/s con percentuali variabili tra le diverse classi di vento.

Gli episodi di calma di vento sono stati registrati con maggior frequenza nel periodo autunnale, con una percentuale pari a circa l'2,5%.

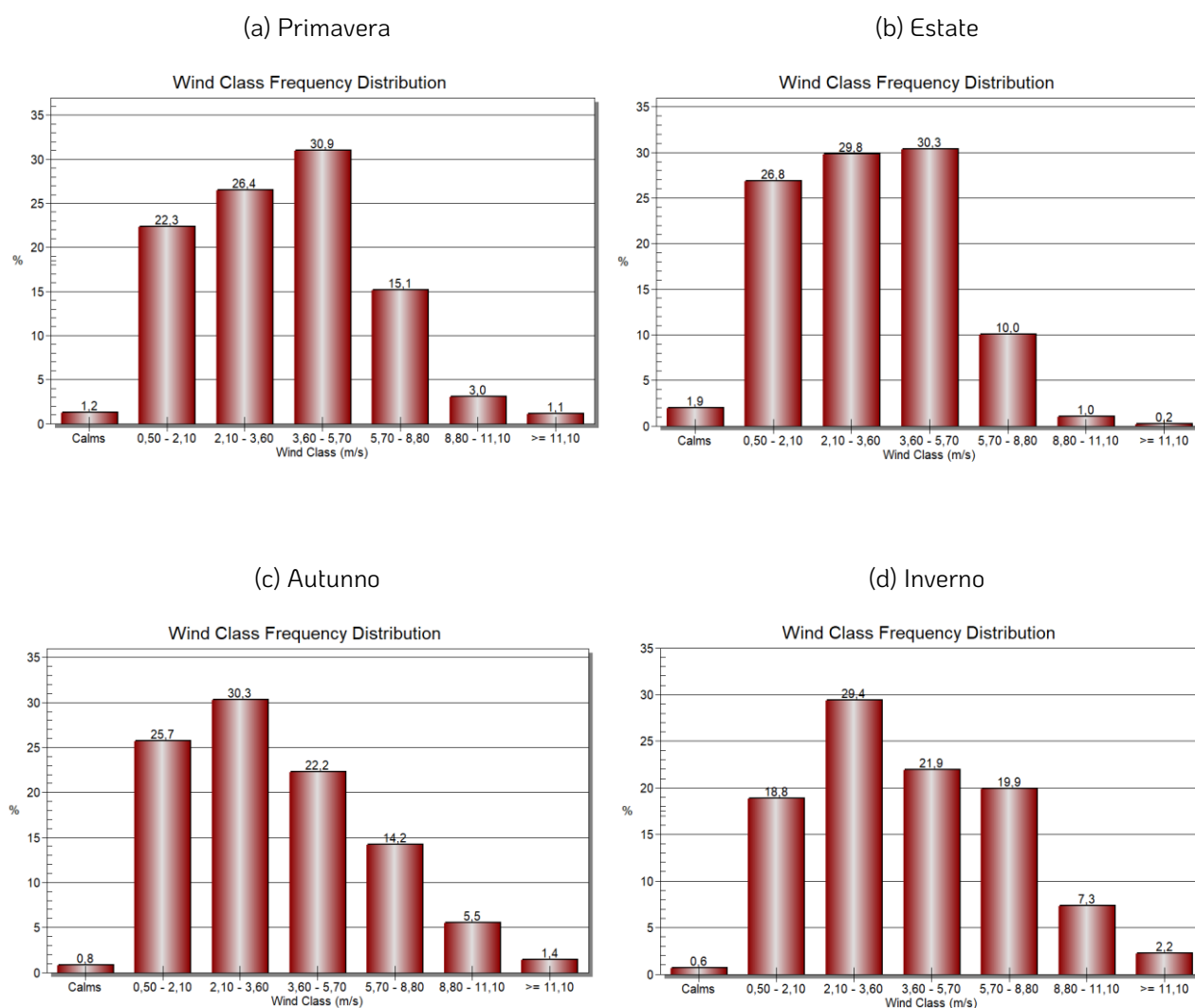


Figura 4: distribuzione delle velocità del vento nelle varie stagioni.

4.2 Esame dei dati cartografici e dell'uso del suolo

Il modello di dispersione *CALPUFF* permette di tenere conto degli effetti indotti dall'orografia del territorio sulla dispersione. L'informazione sull'orografia viene introdotta tramite una matrice di quote altimetriche del terreno e di usi del suolo nel dominio spaziale.

Tabella 6: informazioni cartografiche.

Sistema di coordinate	
<i>Sistema</i>	UTM
<i>Datum</i>	WGS 84
<i>Fuso, zona</i>	32 T
Griglia di calcolo	
<i>Origine della griglia CALMET (lower-left corner)</i>	677.822 km E 4694.804 km N;
<i>Dimensione della griglia di calcolo CALMET</i>	5.000 m x 6.750 m;
<i>Passo della griglia CALMET</i>	50 m;
<i>Numero di punti recettori di calcolo (nodi della griglia)</i>	100 x 135 = 2700
<i>Altezza dei recettori rispetto al suolo</i>	2 m
Dati territoriali	
<i>Quote altimetriche del terreno</i>	Dati SRTM interpolati a 100 m elaborati da USGS – EROS Data Center, Sioux Falls, SD, USA. Elaborazioni mediante Maind Land Use v 2.2.0.0
<i>Estremi altimetrici della griglia di calcolo</i>	0 m s.l.m. / 602 m s.l.m.
<i>Uso del suolo</i>	CORINE Land Cover 1:100.000 agg. 2004. Elaborazioni mediante Maind Land Use v 2.2.0.0

Tale porzione di territorio include l'abitato del comune di Monte Argentario (GR).

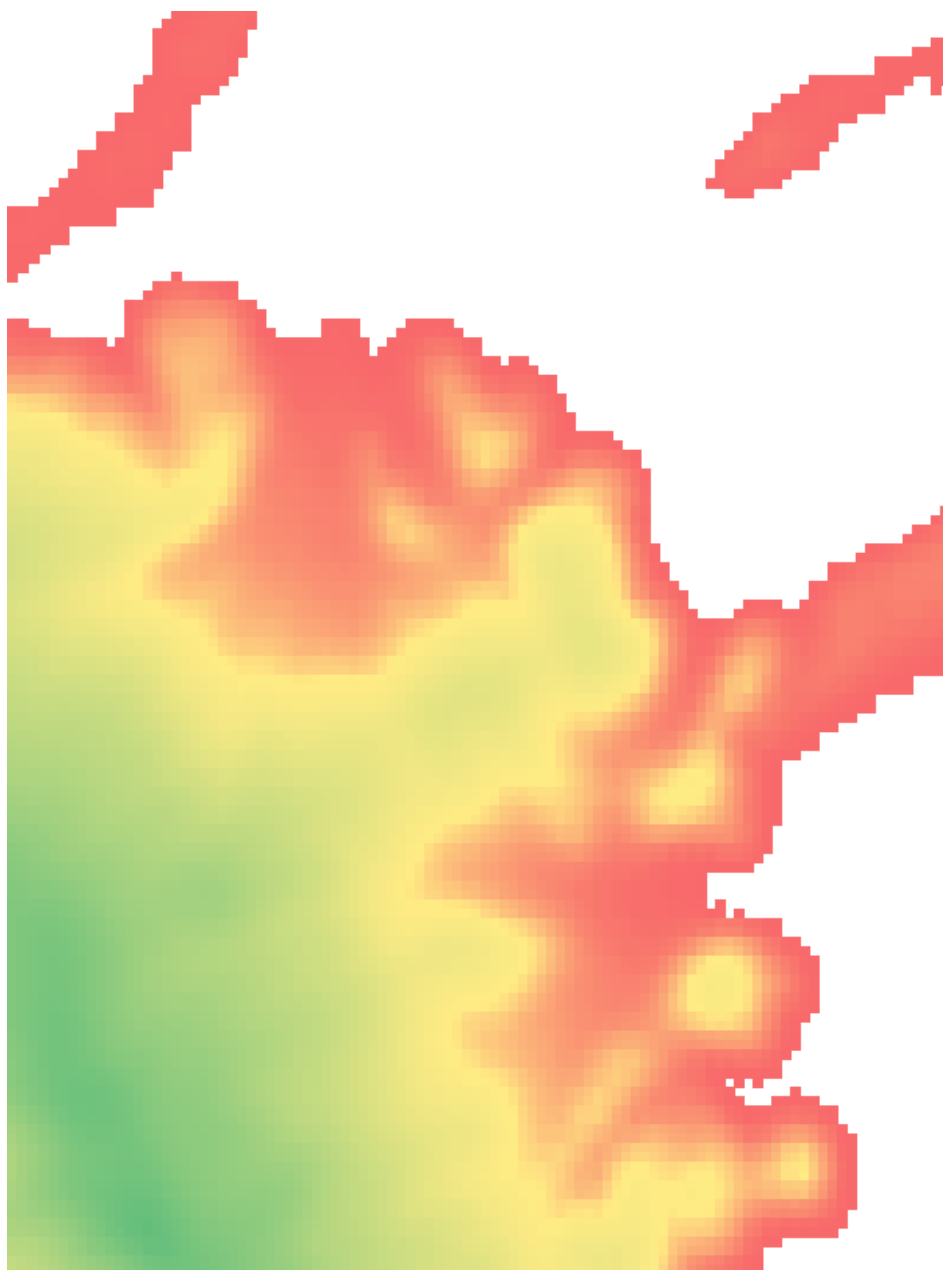


Figura 5: Altimetria del terreno nella griglia di calcolo CALMET.

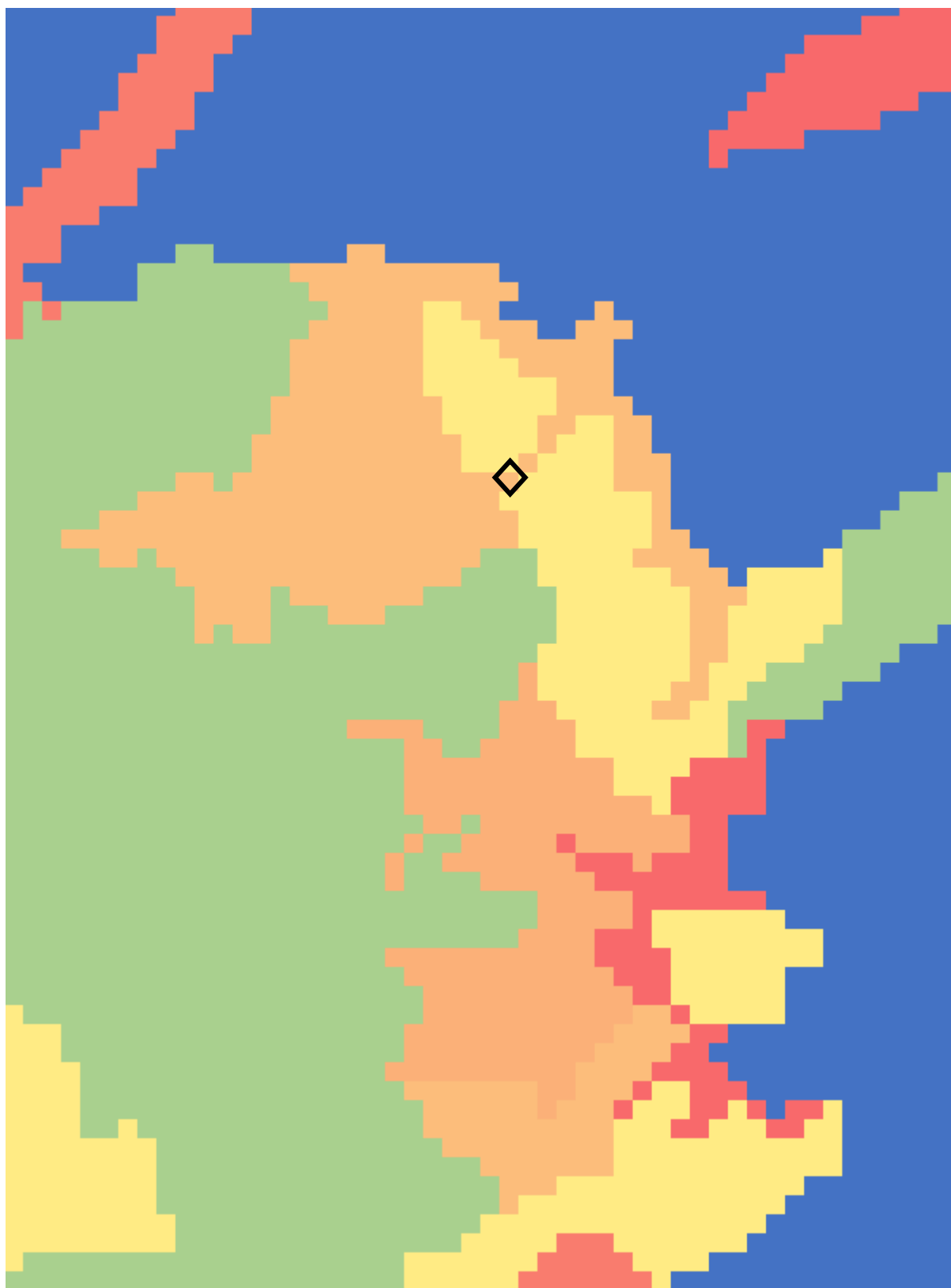


Figura 6: varie tipologie di utilizzo del terreno.

In particolare:

- Rosso: terreno urbano;
- Verde: terreno forestale;
- Giallo: terreno agricolo, coltivato o a copertura prevalentemente erbacea;
- Blu: acque marittime e lagunari.

4.2.1 Recettori sensibili

Al fine di valutare la ricaduta sul territorio in modo puntuale sono stati individuati alcuni recettori sensibili posti entro qualche chilometro dai punti emissivi.

Per lo studio sono stati considerati un totale di nove recettori posizionati nei pressi dell'impianto (cfr. Figura 7). Tali recettori permettono di valutare puntualmente la ricaduta dell'odore sul territorio, quantificando il valore riferito al 98° percentile delle concentrazioni di odore simulate.

Tabella 7: recettori sensibili.

	Recettore	Classe del recettore¹	Coordinate WGS-84 – m E	Coordinate WGS-84 – m N
R1	Abitazione	2	680316	4698526
R2	Abitazione	2	680391	4698483
R3	Abitazione	2	680820	4698888
R4	Attività commerciale	3	680804	4699370
R5	Abitazione	1	680585	4699236
R6	luoghi destinati ad attività ricreative	1	680149	4698789
R7	Abitazione	2	679961	4698747
R8	Abitazione	2	680185	4698478
R9	Strutture ricettive	2	679756	4698374

¹ Come da *Indirizzi per l'applicazione dell'articolo 272-bis del D.lgs. 152/2006 in materia di emissioni odorigene di impianti e attività* – M.A.S.E.



Figura 7: recettori sensibili disposti sul dominio di calcolo CALMET, in arancione i limiti dell'impianto.

4.3 Settaggio modellistico

Per una descrizione estesa delle caratteristiche del modello di dispersione CALPUFF, utilizzato nel presente lavoro, si rimanda all'Allegato 2.

Nella seguente tabella sono riportati i principali settaggi utilizzati per le simulazioni ivi condotte.

Tabella 8: settaggio modellistico.

Modello di dispersione	
Nome	CALPUFF
Versioni utilizzate	CALPUFF: 6.42 CALMET: 6.334, level 110421
Principali parametri di controllo CALMET	
Livelli verticali (cell face height)	ZFACE = 0, 20, 50, 100, 250, 500, 1000, 2000, 3000 m
Principali parametri di controllo CALPUFF	
Modulo per la deposizione secca	MDRY = 0 (disattivo)
Modulo per la deposizione umida	MWET = 0 (disattivo)
Metodo di calcolo dei coefficienti di dispersione	MDISP = 2 ("dispersion coefficients from internally calculated sigma v, sigma w using micrometeorological variables"). Consigliato da Barclay e Scire in <i>Generic Guidance and Optimum Model Settings for the CALPUFF Modeling System for Inclusion into the 'Approved Methods for the Modeling and Assessments of Air Pollutants in NSW, Australia'</i> (NSW Office of Environment and Heritage, marzo 2011).
Soglia al disotto della quale si attiva il modulo delle calme di vento	WSCALM = 0,5 m/s
Modulo per Building Downwash	Spento

4.4 Sorgenti emissive

Come già citato in precedenza, il presente studio ha lo scopo di valutare l'impatto odorigeno sul territorio circostante, generato dal depuratore di Acquedotto del Fiora S.p.a. sito in località Terrarossa – Monte Argentario (GR).

Nel presente studio è stata simulata la configurazione emissiva con le concentrazioni di odore rilevate in occasione dei campionamenti del 23 e 24 agosto 2023 (rif. **RdP LOD RT 482/23** e **RdP**

LOD RT 484/23). Sono state escluse le sorgenti la cui portata di odore è risultata inferiore alle 500 ou€/s.

Tabella 9: Modalità di rappresentazione delle sorgenti.

Modalità di rappresentazione delle sorgenti	
<i>Emissioni da Biofiltri</i>	Emissioni areali dotate di flusso proprio rappresentate come sorgenti puntuali. La velocità di uscita è calcolata a partire dalla portata autorizzata e dalla superficie di ciascun biofiltro.
<i>Emissioni da vasca</i>	Emissione areale priva di flusso proprio rappresentata come sorgente puntuale con diametro pari a quello delle vasche e momentum e velocità adeguatamente ponderate per tener conto dell'assenza di spinta verticale. La portata d'odore in tabella 7 è stata ricalcolata, ora per ora del dominio di calcolo, in base alle velocità del vento stimate.

Tabella 10: simulazione con **valori misurati**.

Nome sorgente	X (m)	Y (m)²	h (m)	v (m/s)	T (°C)	area emissiva (m²)	Cod (ou€/m³)	Q (m³/s)	OER (ou€/s) @ 20°C
Vasca dissabbiatura - E2	680350.85	4698856.43	3	/	Amb.	20	13000	/	930
Biofiltro - B1	680364.55	4698833.14	2	0,08	Amb.	45	130	3,61	504
Biofiltro - B2	680422.92	4698860.08	2	0,07	Amb.	12,5	120	0,88	114
Biofiltro - B3	680369.08	4698744.64	2	0,06	Amb.	6,3	175	0.36	68

² Per le superfici areali le coordinate riportate sono quelle del punto centrale della vasca.



Figura 8: posizione delle sorgenti emmissive.

5. Risultati

Nella successiva figura si riporta la mappa relativa alle curve di isoconcentrazione delle ou_e/m^3 in ricaduta sul territorio in termini del 98° percentile su base annua relativa alla configurazione emissiva relativa ai valori misurati da autocontrolli. I risultati espressi tengono già conto del peak-to-mean ratio pari a 2,3, così come richiesto dalla D.G.R. Lombardia (§13 dell'Allegato 1).



Figura 9: mappa del 98° percentile su base annua dell'unità di odore espresse in unità olfattometriche al metro cubo – incluso peak-to-mean 2,3.

Tabella 11: concentrazioni di odore ai recettori sensibili – incluso peak-to-mean.

	Recettore	Classe del recettore³	98° percentile [ou_e/m³]
R1	Abitazione	2	0,4
R2	Abitazione	2	0,3
R3	Abitazione	2	0,8
R4	Attività commerciale	3	0,1
R5	Abitazione	1	0,4
R6	luoghi destinati ad attività ricreative	1	0,7
R7	Abitazione	2	0,2
R8	Abitazione	2	0,2
R9	Strutture ricettive	2	0,1

³ Come da *Indirizzi per l'applicazione dell'articolo 272-bis del D.lgs. 152/2006 in materia di emissioni odorigene di impianti e attività* – M.A.S.E.

6. Conclusioni

Al fine dell'elaborazione e la valutazione dei risultati, come documento di riferimento è stato considerato l'Allegato 1 della D.G.R. Lombardia n. IX/3018 del 15 Febbraio 2012.

I valori evidenziati sulle mappe di isoconcentrazione prodotte seguono quanto indicato dalla regione Lombardia. Si ricorda che tale documento non riporta limiti, evidenziando comunque che a:

- 1 ou_E/m³ il 50% della popolazione percepisce odore;
- 3 ou_E/m³ l'85% della popolazione percepisce odore;
- 5 ou_E/m³ il 90 – 95% della popolazione percepisce odore.

Confrontando i risultati ottenuti con i valori imposti dalla D.G.R. Lombardia e le soglie indicate negli indirizzi operativi ministeriali, nessuno dei nove recettori presi in esame presenta un valore superiore alla soglia.

Tabella 12: concentrazioni di odore ai recettori sensibili – incluso peak-to-mean.

	Recettore	Soglia superiore D.G.R. Lombardia n. IX/3018 del 15/febbraio/2012	Classe del recettore e soglia secondo linee di indirizzo M.A.S.E.	98° percentile [ou_E/m³]
R1	Abitazione	5	2	0,4
R2	Abitazione	5	2	0,3
R3	Abitazione	5	2	0,8
R4	Attività commerciale	5	3	0,1
R5	Abitazione	5	1	0,4
R6	luoghi destinati ad attività ricreative	5	1	0,7
R7	Abitazione	5	2	0,2
R8	Abitazione	5	2	0,2
R9	Strutture ricettive	5	2	0,1

7. Bibliografia

Limiti emissivi e qualità dell'aria

- **IPPC-H4 (Integrated Pollution Prevention and Control)** – Draft. Horizontal Guidance for Odour (Environmental Agency, Bristol, 2002)
- **D.g.r. 15 Febbraio 2012 n. IX/3018 “Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno”**, Regione Lombardia
- **“Indirizzi per l'applicazione dell'articolo 272-bis del D.Lgs 152/2006 in materia di emissioni odorogene di impianti e attività e dei relativi allegati”** – MASE, 2023.

Applicazione dei modelli di dispersione

- **UNI 10796: 2000** – Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi – Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici
- **UNI 10964: 2001** – Guida alla selezione dei modelli matematici per la previsione di impatto sulla qualità dell'aria

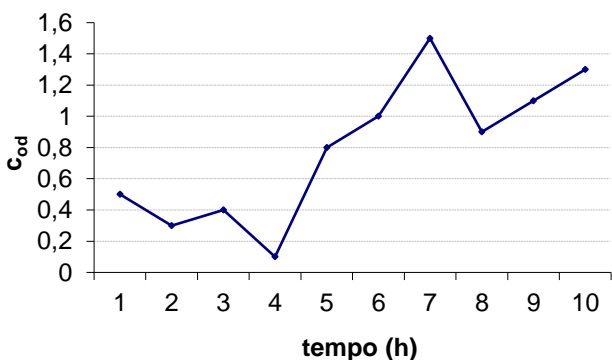
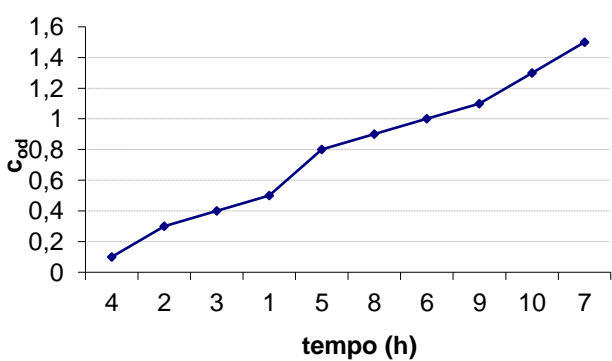
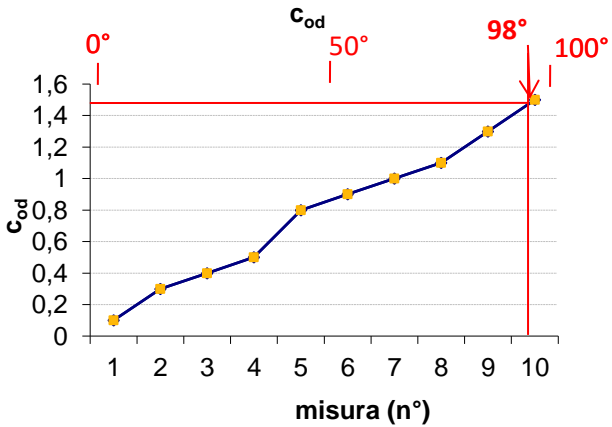
Emissioni olfattive ed olfattometria

- **UNI EN 13725: 2022** – Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica
- **F. Lucignano, L. Sinisi, M. Vizzi** (2003) Metodi di misura delle emissioni olfattive, APAT 19/2003

Utilizzo CALPUFF

- **J.S. Scire, D.G. Straimaitis, R.J. Yamartino** (2000) A user's guide for CALMET meteorological model Version 5, Earth Tech
- **J.S. Scire, D.G. Straimaitis, R.J. Yamartino** (2000) A user's guide for CALPUFF dispersion model Version 5, Earth Tech

Allegato 1: Calcolo del 98° percentile

<p>1. Estrazione, dal modello, della serie temporale della concentrazione equivalente di odore relativa ad ogni recettore della griglia computazionale.</p>	<p>sequenza dei valori calcolati</p> 
<p>2. Riordino dei valori calcolati per ogni recettore, secondo ordine crescente.</p>	<p>serie ordinata</p> 
<p>3. Calcolo del valore del 98° percentile rapportando a 100 la serie temporale e prelevando il valore corrispondente alla 98-esima misura.</p>	

Allegato 2: Descrizione del modello di dispersione CALPUFF

Come già accennato in precedenza, *CALPUFF* è un modello di dispersione di tipo lagrangiano a *puff*, nel quale le equazioni di conservazione di massa vengono scritte e risolte in riferimento a rilasci emissivi sferici detti *puff*, con i quali viene approssimata l'emissione continua.

Le equazioni per ogni *puff* sono determinate a partire dal campo di moto del vento. Tale campo di moto è calcolato tramite un pre-processore meteorologico (*CALMET*) che utilizza, come dati di input, i dati provenienti dall'archivio meteorologico e dalla cartografia riferiti al sito in esame e relativi al periodo di cui si vuole ottenere la simulazione. Il file di *output* di *CALMET* viene processato, mediante *CALPUFF*, assieme ai dati relativi alle emissioni, per ottenere i campi di concentrazione desiderati.

Lo schema di funzionamento del modello *CALPUFF* è riportato in Figura.

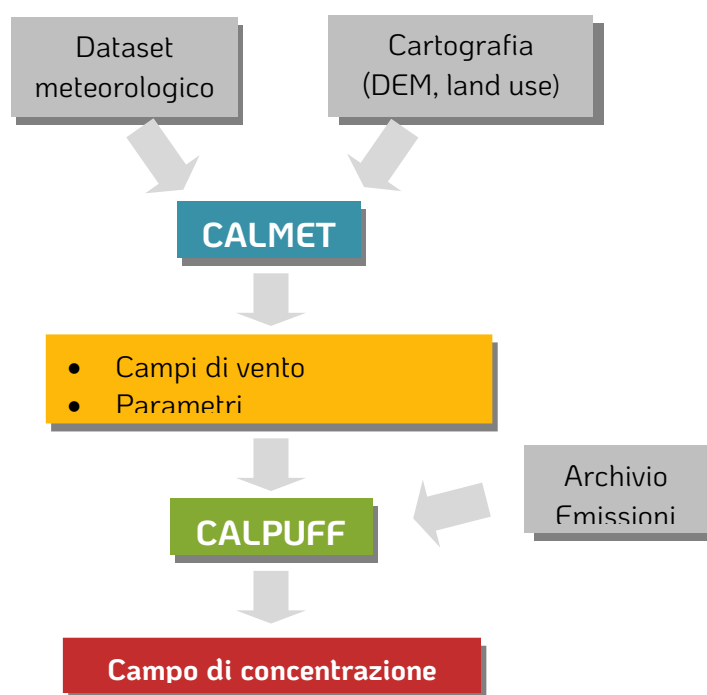


Figura 10: schema di funzionamento del modello di dispersione CALPUFF

CALMET: Pre-processore meteorologico

Il preprocessore *CALMET* è in grado di elaborare i dati meteorologici e orografici, per determinare il campo di vento tridimensionale ed altri parametri meteorologici fondamentali per la simulazione della dispersione. A tal fine, *CALMET* necessita, come dati di *input*, i valori medi orari relativi ai seguenti dati meteorologici osservati al suolo:

- direzione ed intensità del vento;
- temperatura e umidità relativa dell'aria;

- pressione atmosferica;
- copertura del cielo;
- precipitazioni;

dei valori dei profili verticali, ottenuti tramite radiosondaggi, di:

- direzione ed intensità del vento;
- temperatura e pressione;

ed inoltre dei dati relativi al terreno, in particolare

- altimetria;
- uso del suolo.

Attraverso l'elaborazione di questi dati, *CALMET* è in grado di determinare il valore nel tempo e nello spazio di:

- componenti tridimensionali del vento;
- altezza di rimescolamento;
- lunghezza di Monin-Obukhov;
- classe di stabilità atmosferica, secondo Pasquille-Gifford.

Caratteristiche del puff e concentrazioni al suolo

Ogni *puff* emesso dalle sorgenti in esame può essere descritto mediante:

- una *massa della sostanza simulata* Q_k , contenuta al suo interno;
- un *baricentro* (o centroide) che individua la sua posizione nello spazio;
- una *condizione iniziale di moto*, funzione della temperatura e della velocità allo sbocco dell'emissione;
- una dimensione spaziale che varierà durante il moto del puff a causa dei fenomeni diffusivi e di turbolenza

Dopo il suo rilascio in atmosfera, ogni *puff* subisce l'azione del campo di vento tridimensionale che ne fa variare la posizione e ne determina il *trasporto*: il suo percorso sarà dunque regolato da direzione ed intensità dei venti locali. Durante tale percorso, ogni *puff* è inoltre soggetto a fenomeni diffusivi e turbolenti che ne faranno variare la dimensione. In particolare, i vortici di media e piccola dimensione, generati a livello dello strato limite planetario, vengono inglobati all'interno del *puff* facendone aumentare la dimensione e, nel contempo, diminuendone la concentrazione di odore.

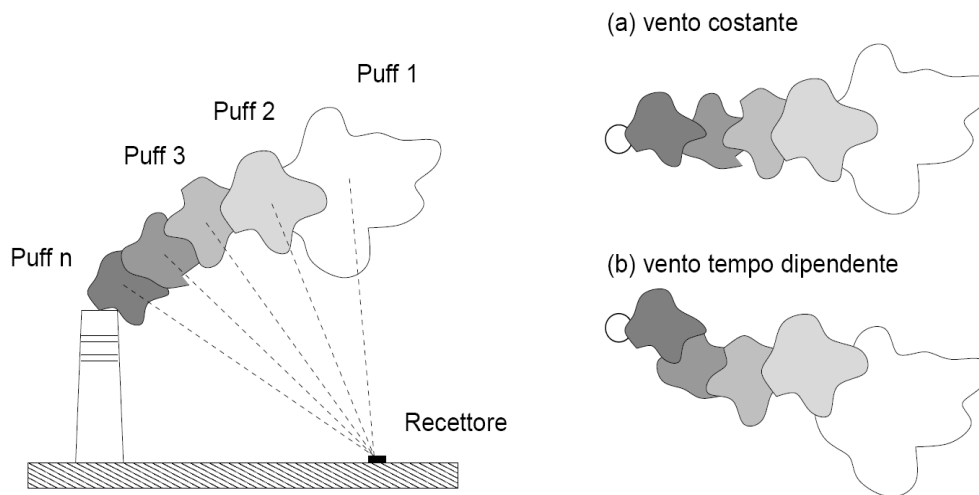


Figura 11: dispersione di un pennacchio rappresentato come somma di emissioni discrete. Il vento ne determina il trasporto e le turbolenze su scala locale ne fanno variare la dimensione. La concentrazione al suolo viene calcolata in corrispondenza ad alcuni recettori discreti.

La ricaduta dell'odore al suolo viene calcolata in *CALPUFF* sommando il contributo di ogni singolo *puff* su alcuni generici punti dello spazio denominati *recettori*. Fissando un sistema di riferimento cartesiano centrato nel pacchetto emesso, la posizione del generico recettore è identificata dalle due coordinate d_c e d_a , che rappresentano rispettivamente la distanza trasversale e longitudinale rispetto alla direzione del vento. La concentrazione C della specie simulata in un generico recettore a distanza (d_c, d_a) dal *puff* è descritta dall'equazione:

$$C = \frac{Q_k}{2\pi\sigma_x\sigma_y} g \exp\left[-\frac{d_a^2}{2\sigma_x^2}\right] \exp\left[-\frac{d_c^2}{2\sigma_y^2}\right]$$

dove il termine g è definito dalla:

$$g = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{(H_e + 2nh)^2}{2\sigma_z^2}\right]$$

con:

- C è la concentrazione di odore al suolo;
- Q_k è la massa della sostanza simulata del generico *puff* k ;
- σ_x, σ_y e σ_z sono i coefficienti di dispersione rispettivamente lungo la direzione del vento, la sua perpendicolare orizzontale e la sua perpendicolare verticale;
- g è il contributo verticale della dispersione;
- H_e è la quota del baricentro del *puff*;
- h è l'altezza di rimescolamento.

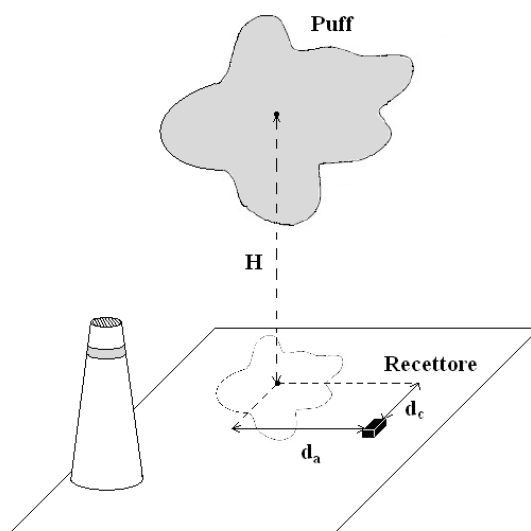


Figura 12: proiezione del puff sul piano di un generico recettore

La massa di odore Q_k del generico *puff* k può essere calcolata a partire dal tasso di emissione. Supponendo che l'emissione sia costante con tasso di emissione pari a q e che nell'intervallo di tempo t_2-t_1 siano stati emessi N *puff*, si può scrivere la seguente equazione:

$$Q_k = \frac{q(t_2 - t_1)}{N}$$

Nel corso del tempo, la massa della specie simulata Q_k del generico *puff* può variare a causa di alcuni fenomeni che ne determinano l'impoverimento. Con la *deposizione umida* le sostanze simulate possono venire inglobate all'interno delle particelle aerodisperse nelle nubi, nella pioggia e nella neve con successivo trasferimento al suolo mediante precipitazione. La *deposizione secca* si verifica invece in assenza di umidità ed il trasferimento al suolo avviene per sedimentazione o per impatto. Infine, alcune specie possono andare incontro in atmosfera a *reazioni chimiche* con conseguente trasformazione della sostanza in uno o più composti diversi.