



POLITECNICO
MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI CHIMICA,
MATERIALI E INGEGNERIA
CHIMICA "GIULIO NATTA"

Laboratorio
Olfattometrico

Piazza Leonardo Da Vinci, 32
20133 Milano

tel. 02-2399.3292

Eni S.p.A. - Energy Evolution
Refining Evolution and Transformation

RAFFINERIA DI LIVORNO

SS 1, 7, 57017 Collesalvetti - Stagno (LI)

VALUTAZIONE DI IMPATTO OLFATTIVO

Milano, 13 luglio 2023

Dott. Ing. Selena Sironi

Ing. Francesca Tagliaferri

Dott. Ing. Marzio Invernizzi

INDICE

1. Introduzione	4
2. Modello cartografico.....	6
2.1. <i>Dominio di spazio delle simulazioni.....</i>	<i>6</i>
2.2. <i>Effetti dei rilievi orografici e land use.....</i>	<i>6</i>
2.3. <i>Recettori discreti.....</i>	<i>9</i>
3. Modello meteorologico.....	13
3.1. <i>Dati di input.....</i>	<i>13</i>
3.2. <i>Analisi dei venti.....</i>	<i>16</i>
4. Modello emissivo.....	21
4.1. <i>Origine dei dati di emissione</i>	<i>21</i>
4.2. <i>Sotto-scenario Camini</i>	<i>22</i>
4.3. <i>Sotto-scenario VRU.....</i>	<i>24</i>
4.4. <i>Sotto-scenario vasche di trattamento acque non provviste di copertura.....</i>	<i>27</i>
4.5. <i>Sotto-scenario vasche di trattamento acque provviste di copertura e sistemi di filtri fotocatalitici.....</i>	<i>32</i>
4.6. <i>Sotto-scenario vasche di arrivo acque collettate a filtri fotocatalitici</i>	<i>39</i>
4.7. <i>Sotto-scenario serbatoi a tetto fisso non collettati</i>	<i>44</i>
4.8. <i>Serbatoi oli combustibili collettati a filtri fotocatalitici</i>	<i>53</i>
4.9. <i>Serbatoi contenenti tagli pesanti con presidio a carboni attivi</i>	<i>56</i>
4.10. <i>Serbatoi a tetto galleggiante</i>	<i>59</i>
4.11. <i>Serbatoi di fanghi collettati a filtri fotocatalitici.....</i>	<i>71</i>

4.12. <i>Impatto globale di impianto</i>	73
5. Modello di dispersione	74
5.1. <i>Descrizione del modello</i>	74
5.2. <i>Building downwash</i>	75
5.3. <i>Effetti delle fluttuazioni istantanee di concentrazione di odore</i>	77
5.4. <i>Elaborazione dei risultati</i>	79
5.4.1. <i>Valori di riferimento</i>	79
5.4.2. <i>Calcolo dei percentili di concentrazione</i>	79
6. Presentazione e valutazione dei risultati	81
6.1. <i>Risultati Sotto-scenario Camini</i>	85
6.2. <i>Risultati Sotto-scenario VRU</i>	86
6.3. <i>Risultati Sotto-scenario vasche di trattamento acque scoperte</i>	87
6.4. <i>Risultati Sotto-scenario vasche di trattamento acque coperte con filtri fotocatalitici</i> 88	
6.5. <i>Risultati Sotto-scenario vasche di arrivo acque collettate a filtri fotocatalitici</i>	89
6.6. <i>Risultati Sotto-scenario serbatoi a tetto fisso non collettati</i>	90
6.7. <i>Risultati Sotto-scenario serbatoi oli combustibili collettati a filtri fotocatalitici</i>	91
6.8. <i>Risultati Sotto-scenario serbatoi contenenti tagli pesanti con presidio a carboni attivi</i> 92	
6.9. <i>Risultati Sotto-scenario serbatoi a tetto galleggiante</i>	93
6.10. <i>Risultati Sotto-scenario serbatoi di fanghi presidiati collettati a filtri fotocatalitici</i> . 94	
6.11. <i>Risultati scenario globale di impatto: 98° percentile</i>	95
7. Considerazioni conclusive dell'analisi di impatto olfattivo	96

1. INTRODUZIONE

Il presente studio ha come obiettivo la valutazione dell'impatto olfattivo relativo allo stabilimento di raffinazione Eni di Livorno, sito a Stagno nel Comune di Collesalveti (LI).

L'impatto delle emissioni in atmosfera è determinato applicando un modello di dispersione atmosferica che, a partire dai dati emissivi, calcola la concentrazione dell'odore nell'aria ambiente al suolo, elaborando i dati meteorologici ed i dati di profilo del terreno. Per il calcolo della dispersione delle emissioni è stato impiegato il modello CALPUFF, realizzato dalla Earth Tech Inc. per conto del California Air Resources Board (CARB) e del U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). Nello specifico è stata utilizzata la versione 7.2.1, a mezzo della Graphical User Interface (GUI) CALPUFF View 9.0.1, testata e commercializzata da Lakes Environmental Software. Per il pre-processamento dei dati geografici e meteorologici sono stati utilizzati rispettivamente i processori GEO e CALMET che risultano già integrati nella GUI, mentre per il post-processamento, finalizzato ad ottenere le mappe di impatto, è stato fatto uso del processore CALPOST, anch'esso integrato nella GUI.

Il modello selezionato e le impostazioni dello stesso sono conformi a quanto previsto dalle linee guida SNPA specifiche sull'applicazione dei modelli nella valutazione dell'impatto olfattivo (Delibera SNPA n. 38/2018, Capitolo 5, Paragrafo 5.4) e alle linee guida regionali in materia di odore in vigore sul territorio nazionale, a titolo di esempio:

- DGR 15 febbraio 2012 – n. IX/3018 di Regione Lombardia “Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno”;
- Comunicato 1324 della Provincia Autonoma di Trento Linee guida per la caratterizzazione, l'analisi e la definizione dei criteri tecnici e gestionali per la mitigazione delle emissioni delle attività ad impatto odorigeno;
- D.G.R. 9 gennaio 2017, n. 13-4554 di Regione Piemonte L.R. 43/2000 “Linee guida per la caratterizzazione e il contenimento delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività ad impatto odorigeno”;

I dati emissivi sono stati reperiti dalle campagne olfattometriche condotte presso l'impianto a partire dal 2018 sino al più recente monitoraggio di aprile 2023 oppure da apposite sperimentazioni di laboratorio.

Le caratteristiche fisiche e geometriche delle sorgenti sono state ricavate a partire da materiale documentale e/o da dati forniti dai tecnici dell'impianto congiuntamente a sopralluoghi di campo.

Per l'implementazione del modello meteorologico è stata adottata l'opzione "*Hybrid Mode*" prevista dal modello CALPUFF combinando dati prognostici tridimensionali di tipo WRF di durata annuale con dati misurati dalla centralina dell'impianto nello stesso periodo. Sia i dati prognostici che i dati della centralina di sito sono riferiti all'anno solare 2019, in linea con l'anno preso a riferimento per la movimentazione dei serbatoi poiché più conservativo rispetto ai successivi anni 2020, 2021 e 2022.

2. MODELLO CARTOGRAFICO

2.1. DOMINIO DI SPAZIO DELLE SIMULAZIONI

La griglia di recettori stesa sul dominio spaziale di simulazione è di 10000 m × 10000 m, con un punto ogni 100 m, per un totale di 10000 punti. Le dimensioni del dominio di simulazione sono state scelte in modo da includervi i centri abitati di Stagno, Calambrone e parte di Livorno.

2.2. EFFETTI DEI RILIEVI OROGRAFICI E LAND USE

Il vantaggio che si ha tramite l'utilizzo di un modello lagrangiano è quello di avere uno strumento in grado di considerare delle orografie complesse, sia dal punto di vista meteorologico, sia da quello dispersivo. La suite CALMET + CALPUFF è in grado di gestire la presenza di specchi d'acqua e rilievi, collinari o montuosi, come in questo caso.

L'effetto dei parametri di *land use* caratteristici della zona e degli effetti dei rilievi orografici sono stati considerati nella simulazione grazie al preprocessore GEO integrato nella GUI commercializzata dalla Lakes Environmental e impiegata per questo studio.

Le mappe del dominio di studio vengono caricate mediante WebGIS e processate in modo automatico dal software, che computa le quote altimetriche di ogni punto della griglia stesa sul dominio di simulazione (10000 punti).

Nella fattispecie i Terrain Files, ossia i file contenenti le informazioni riguardanti l'orografia della zona sono stati reperiti dalla libreria *SRTM1 (Global ~30m) – Version 3*. I Land Use Files, ossia quelli che riguardano l'uso antropico delle aree, provengono invece dalla libreria *CORINE CLC2018 – (Europe 100m)*.

La Figura 1 illustra le quote altimetriche considerate sul dominio di simulazione, mentre la Figura 2 mostra i relativi Land Use: la legenda dei codici relativi alle aree del dominio considerato sono riportati nell'immagine stessa.

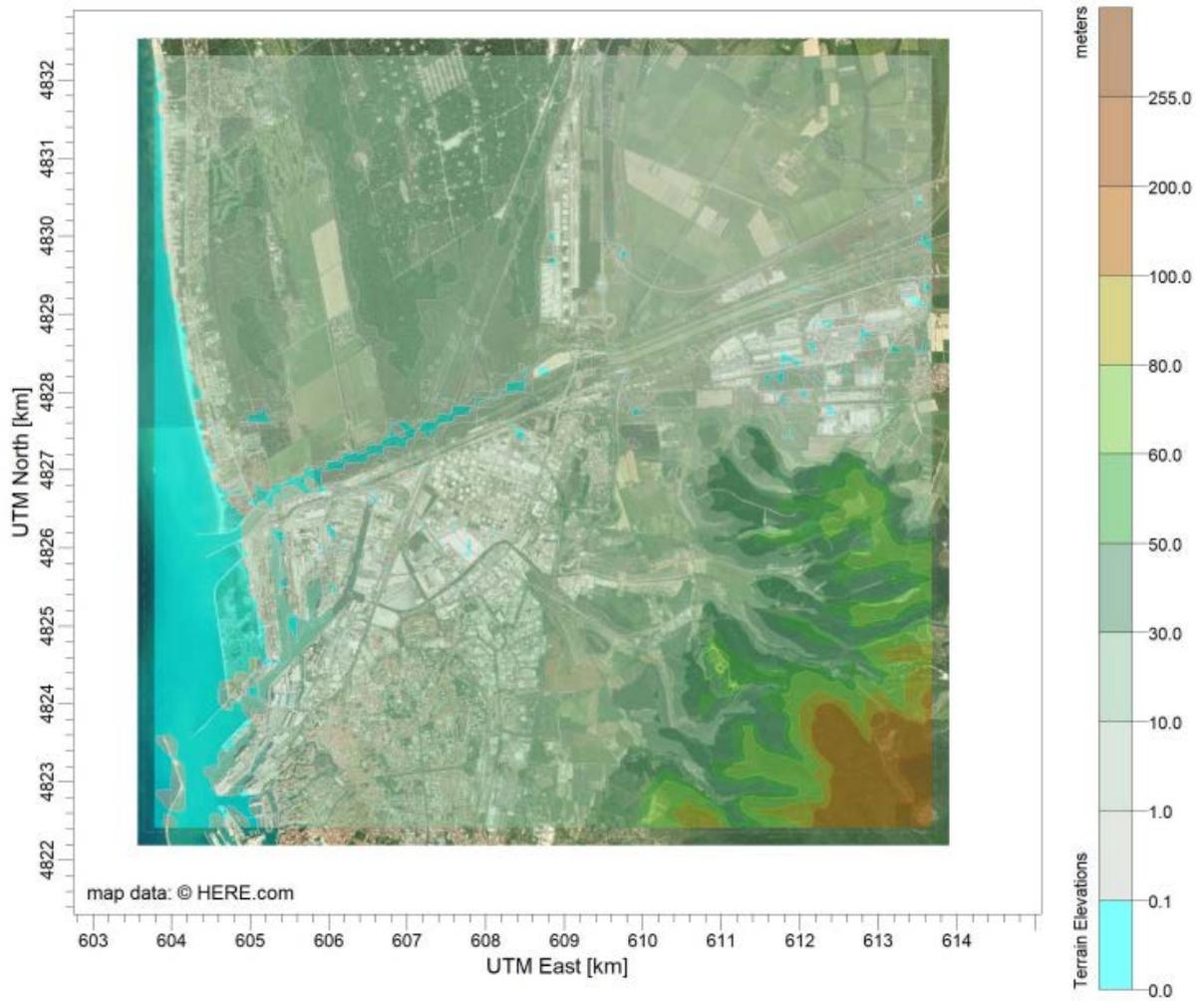


Figura 1. Quote altimetriche considerate sul dominio di simulazione.

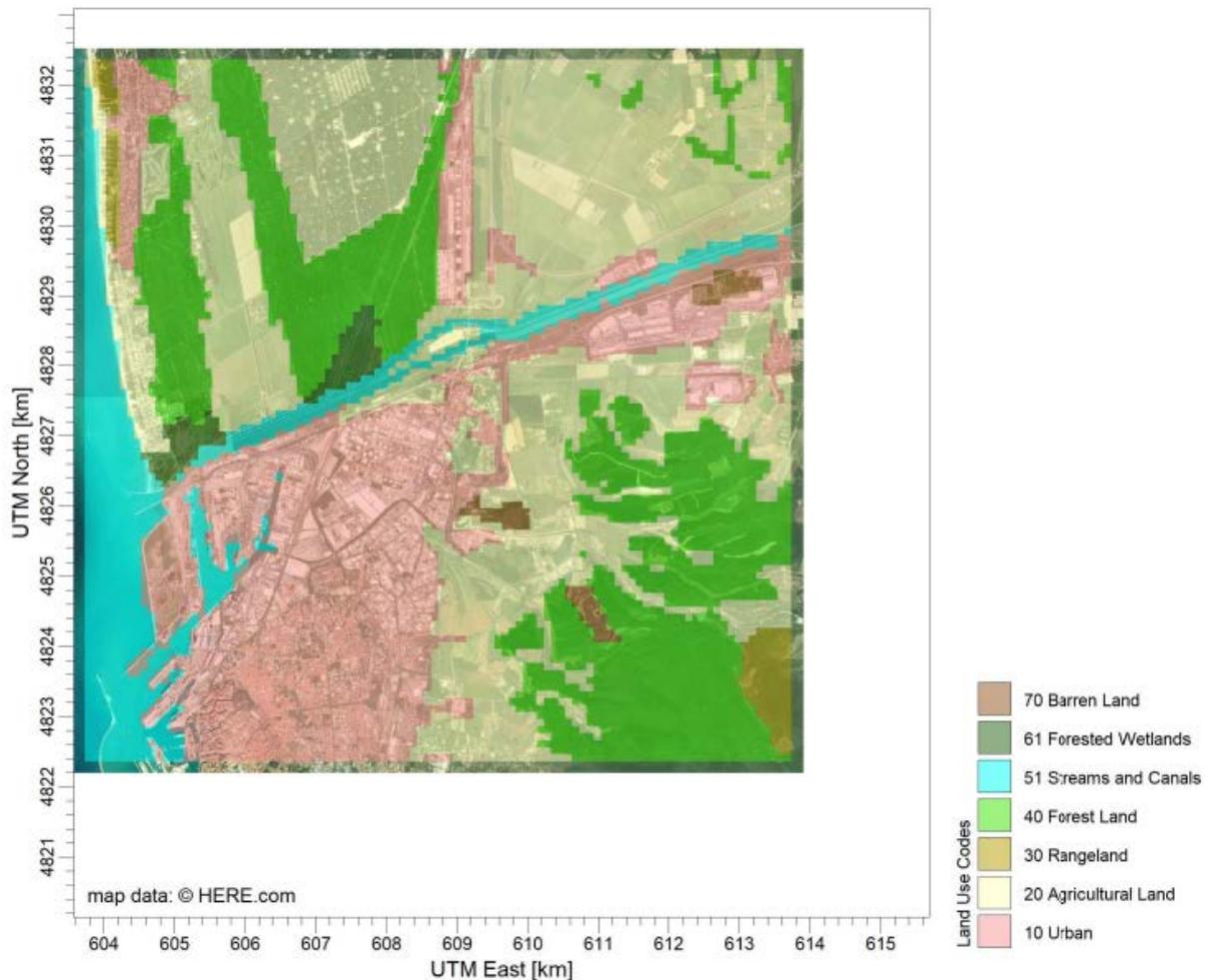


Figura 2. Land use considerati sul dominio di simulazione.

Per quanto riguarda invece le linee di demarcazione terra-acqua utilizzate per il calcolo dell'influenza della presenza del mare sui parametri dispersivi e il Thermal Internal Boundary Layer (TIBL), sono state tracciate manualmente nel dominio di calcolo. L'elaborazione grafica è riportata in Figura 3.

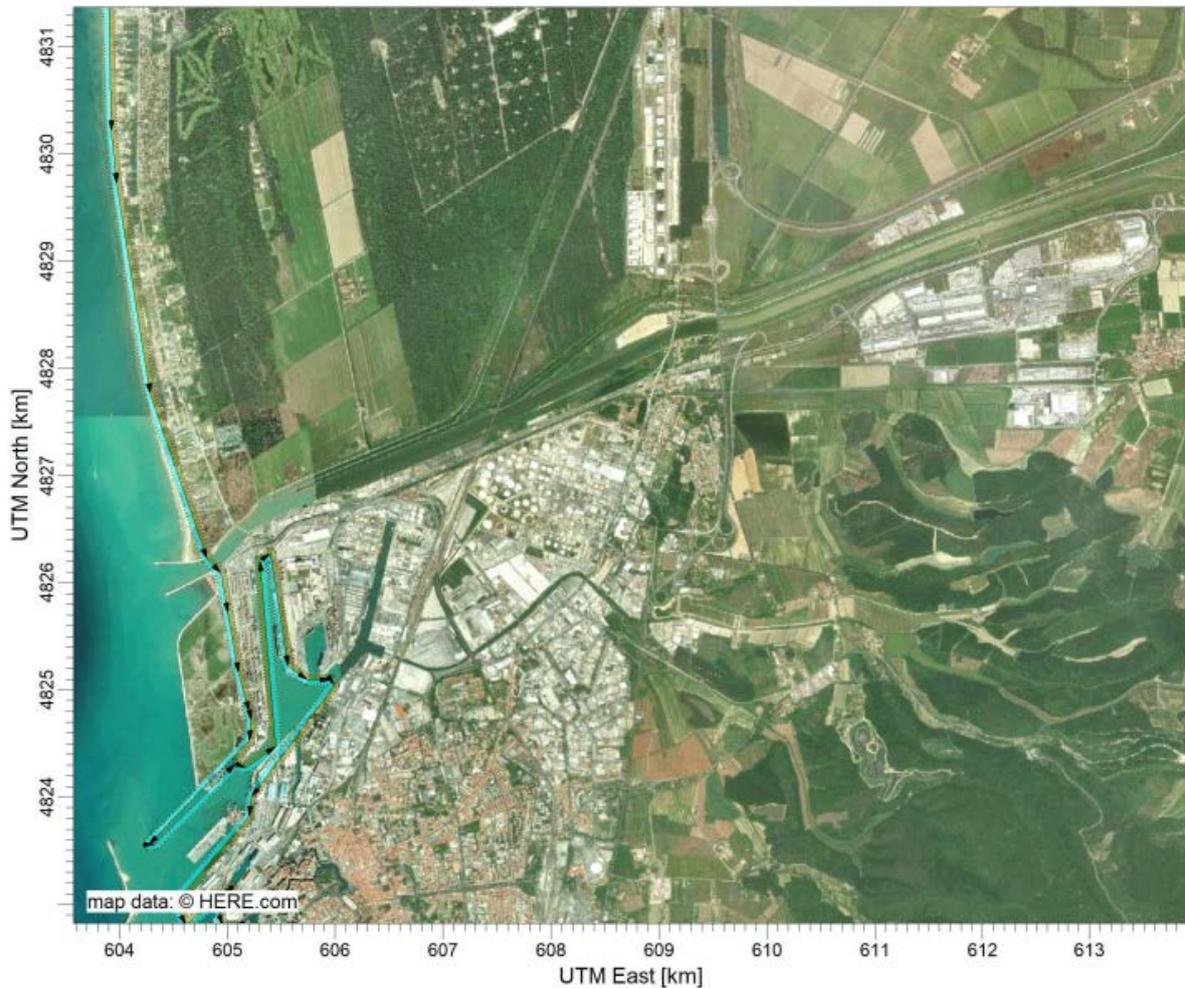


Figura 3. Elaborazione grafica della linea costiera utilizzata nella simulazione.

2.3. RECETTORI DISCRETI

Al fine di effettuare un'analisi di impatto olfattivo puntuale sull'area di interesse, si è proceduto all'individuazione di particolari punti del dominio tridimensionale, definiti come recettori discreti, ove si è caratterizzata la ricaduta in maniera puntuale.

Nella fattispecie si sono individuati 16 punti rappresentativi delle aree di insediamento urbano, in modo tale da valutare l'impatto in maniera distribuita sull'intero dominio di simulazione. In particolare, sono stati individuati i centri e i nuclei abitati (R_1 – R_11) presenti nel dominio di simulazione. Per l'identificazione di centri e nuclei abitati si è fatto riferimento ai dati geografici del sistema delle basi territoriali

pubblicato dall'ISTAT (ISTAT, 2016¹). In aggiunta, sono state inserite le abitazioni e una struttura alberghiera (R_12 – R_16) collocate nelle immediate vicinanze dello stabilimento.

In Tabella 1 sono riportati i dettagli della localizzazione dei recettori discreti considerati evidenziandone le coordinate UTM, ovvero un sistema di coordinate geografiche utilizzato in cartografia per identificare in maniera univoca un punto sulla superficie terrestre.

In Figura 4 si riporta la visualizzazione satellitare di tutti i ricettori discreti, mentre in Figura 5 quelli più prossimi allo stabilimento.



Figura 4. Localizzazione dei recettori (in giallo) implementati nel modello.

¹ ISTAT (2016). *Descrizione dei dati geografici e delle variabili censuarie delle Basi territoriali per i censimenti: anni 1991, 2001, 2011.*



Figura 5. Localizzazione dei recettori (in giallo) implementati nel modello (versione zoomata).

ID	UTM Est [m]	UTM Nord [m]	Altitudine al suolo [m]	Altezza dal suolo [m]	Descrizione
R_1	605662	4822974	10.6	2	Livorno - Centro Abitato
R_2	604865	4827208	0.5	2	Calambrone - Centro Abitato
R_3	608939	4827294	2.5	2	Stagno - Centro Abitato
R_4	608906	4823246	19.0	2	Condotti Vecchi - Nucleo Abitato
R_5	609729	4822427	44.3	2	Padula - Nucleo Abitato
R_6	610168	4825177	19.4	2	Pian di Rota - Nucleo Abitato
R_7	611013	4825433	17.4	2	Campo al Melo - Nucleo Abitato
R_8	610554	4825902	8.9	2	Aiaccia - Nucleo Abitato
R_9	612880	4830156	0.8	2	Le case I - Nucleo Abitato

R_10	613525	4830503	0.3	2	Ponte Biscottino - Nucleo Abitato
R_11	613623	4828146	4.0	2	Guasticce - Centro Abitato
R_12	608721	4827255	1.8	2	Hotel
R_13	608976	4827478	3.6	2	Abitazione Corso Italia
R_14	608693	4826847	2.6	2	Abitazione SS1 - nord
R_15	608475	4826225	1.8	2	Abitazione SS1 - sud
R_16	607723	4825446	2.7	2	Abitazione via Firenze

Tabella 1. Recettori discreti considerati nello studio.

3. MODELLO METEOROLOGICO

3.1. DATI DI INPUT

Per l'implementazione del modello meteorologico, è stata adottata l'opzione *Hybrid Mode* prevista dal modello meteorologico CALMET combinando dati prognostici tridimensionali di tipo WRF di durata annuale, riferiti all'anno solare 2019, con dati misurati dalla centralina dell'impianto nello stesso periodo, come riportato nel manuale di CALMET (*"Running CALMET in Hybrid mode can be considered an 'advanced model simulation', or, 'refined model run' since it combines the numerical prognostic model data in a 3D.DAT file along with surface and overwater observational data"*).

Nella fattispecie, i dati meteorologici utilizzati per le simulazioni sono dati prognostici tridimensionali di tipo WRF di durata annuale, acquistati dalla Lakes Environmental, fornitore della GUI utilizzata per l'applicazione del modello CALPUFF, e dati misurati dalla centralina dell'impianto. Entrambi i set di dati forniscono i parametri meteorologici necessari al modello su base oraria, tra l'1 gennaio 2019 e il 31 dicembre 2019.

La stazione meteo della Raffineria, dotata di anemometro localizzato ad un'altezza di 10 m rispetto al suolo, fornisce i parametri di temperatura, pressione e umidità dell'aria, direzione e velocità del vento, radiazione solare.

Per la stima del parametro di copertura nuvolosa, non direttamente misurato dalla centralina, si è fatto riferimento a quanto descritto in alcuni studi di letteratura², ovvero ricorrendo ad un approccio teorico che consente di stimare il *cloud cover* a partire dalle misure di radiazione solare globale.

Il modello WRF (Weather Research and Forecasting Model) è un modello meteorologico non-idrostatico regionale di mesoscala di nuova generazione, utilizzato per previsioni meteorologiche e proiezioni climatiche, basato sulla risoluzione delle equazioni primitive della circolazione atmosferica.

² A. A. M. Holtslag, A. P. Van Ulden (1983) A Simple Scheme for Daytime Estimates of the Surface Fluxes from Routine Weather Data. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*.

WRF è tra i modelli atmosferici più avanzati attualmente esistenti, risultato di una partnership di vari istituti meteorologici statunitensi, tra cui i principali sono il National Center for Atmospheric Research (NCAR) ed il National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Oggi il modello WRF è utilizzato in tutto il mondo nella maggior parte dei centri di studio e di previsioni atmosferiche da una vasta comunità, che ne ha favorito un rapido sviluppo e il continuo aggiornamento.

Il modello WRF rappresenta lo stato dell'atmosfera in una griglia tridimensionale in funzione di 10 variabili fondamentali (le tre componenti del vento u-v-w, la temperatura, la pressione, l'umidità e vari stati microfisici che rappresentano le diverse fasi dell'acqua liquida). Note le condizioni iniziali e al contorno, le equazioni del modello sono integrate numericamente dal modello. In questo modo, esso genera un database di informazioni su base spazio-temporale.

I dati WRF, con risoluzione 1 km, unitamente ai dati misurati dalla stazione meteo della raffineria, vengono processati dal preprocessore diagnostico CALMET che crea il modello meteorologico a maglia fine *mass consistent* tridimensionale, determinando il campo di vento tridimensionale per ogni ora e per ogni cella del dominio della simulazione, risultando pertanto molto più preciso rispetto ai modelli mono-stazione non tridimensionali. CALMET elabora anche le variabili micrometeorologiche in ogni punto della griglia del dominio.

Nel caso specifico, la griglia meteorologica è stata posta uguale al dominio computazionale sul piano orizzontale: si è impostata una griglia 10 km x 10 km con una cella ogni 100 m, per un totale di 10000 celle, centrata sull'impianto (angolo SW del dominio con coordinate UTM 603.734 km Est e 4822.362 km Nord, UTM zone 32). Sul piano verticale sono state considerate 10 celle, come indicato in Figura 4 per cui la griglia meteorologica considerata per lo studio risulta comprendere un totale di 100000 celle.

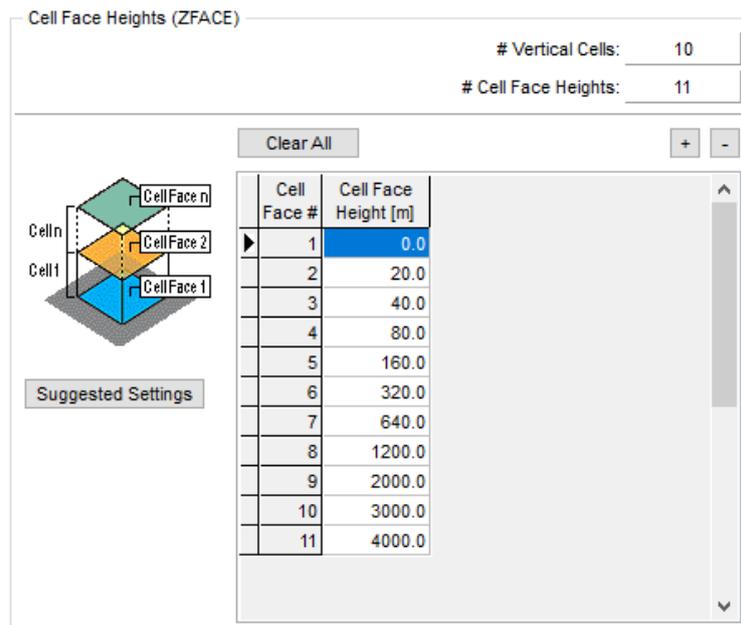


Figura 6. Quote delle celle verticali della griglia meteorologica considerata per lo studio.

A titolo esemplificativo, la Figura 7 mostra l'estensione del campo di vento tridimensionale risultante dal modello CALMET, relativo ad una quota di 10 m, in un'ora del dominio di simulazione, dove è chiaramente visibile che per ogni cella della griglia i vettori del vento possono avere moduli e direzioni diverse.

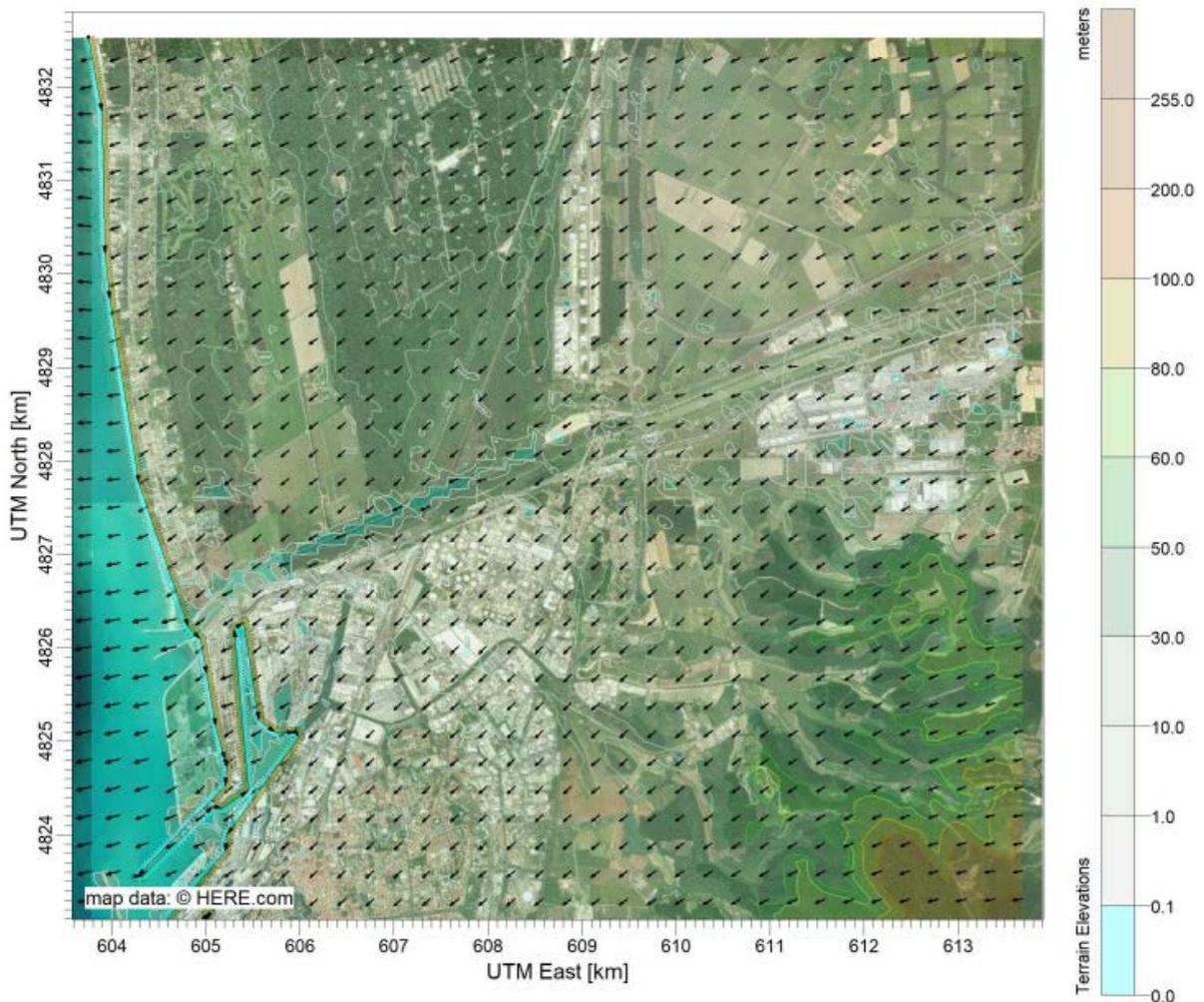


Figura 7. Esempio di campo di vento a 10 m in un'ora (01.00 del 12 gennaio 2019) del dominio di simulazione ottenuto come output da CALMET.

3.2. ANALISI DEI VENTI

La rosa delle direzioni dei venti è utile per dare conto di come i venti spirino nella zona di indagine. Nel caso in cui vengano utilizzati dati prognostici tridimensionali, poiché il file meteo contiene i dati di direzione e velocità del vento per ogni cella del dominio di simulazione e per ogni strato verticale considerato, è necessario definire per quale cella e a che quota rappresentare la rosa dei venti.

Nel caso specifico, in Figura 8 è rappresentata la rosa generale dei vettori di direzione del vento, posta convenzionalmente a 10 m di quota dal suolo, in una delle celle del dominio di calcolo ove ricade la raffineria (UTM Est 608460 m; UTM Nord 4826410 m).

Nella prassi meteorologica, nelle rose dei venti è consuetudine, per convenzione, indicare l'angolo di direzione di provenienza del vento. Ad esempio, quando si indica che il vento ha angolo 90° , si intende che esso soffia da est a ovest. Al contrario, nell'ambito della simulazione della dispersione degli inquinanti, è più efficace rappresentare non già la direzione del vento (ossia l'angolo di provenienza), ma piuttosto il vettore del vento (ossia la direzione verso cui il vento soffia). Quest'ultima è la convenzione assunta nel presente studio. Quindi, nel presente studio, quando si indica, ad esempio, che il vento ha angolo 90° , si intende che esso soffia da ovest a est. La rosa generale dei venti così ottenuta evidenzia, presso il sito geografico in esame, la presenza di una alternanza di brezze, come ci si aspetta dalla vicinanza con mare. La direzione predominante, nella cella analizzata, risulta dovuta a una brezza di terra, che spira in direzione ovest- sud-ovest. È poi presente una componente secondaria di brezza di mare in direzione est.

L'analisi dei venti nel medesimo punto restituisce una velocità del vento media pari a 2.81 m/s e una percentuale di calme di vento pari al 0.38 %. Si sono considerate calme di vento tutte quelle situazioni in cui la velocità del vento è inferiore a 0.5 m/s.

Il dettaglio delle frequenze di distribuzione dei venti per direzione e per classe di velocità sono riportati in Tabella 2 mentre la Figura 9 mostra la frequenza di distribuzioni di velocità del vento.

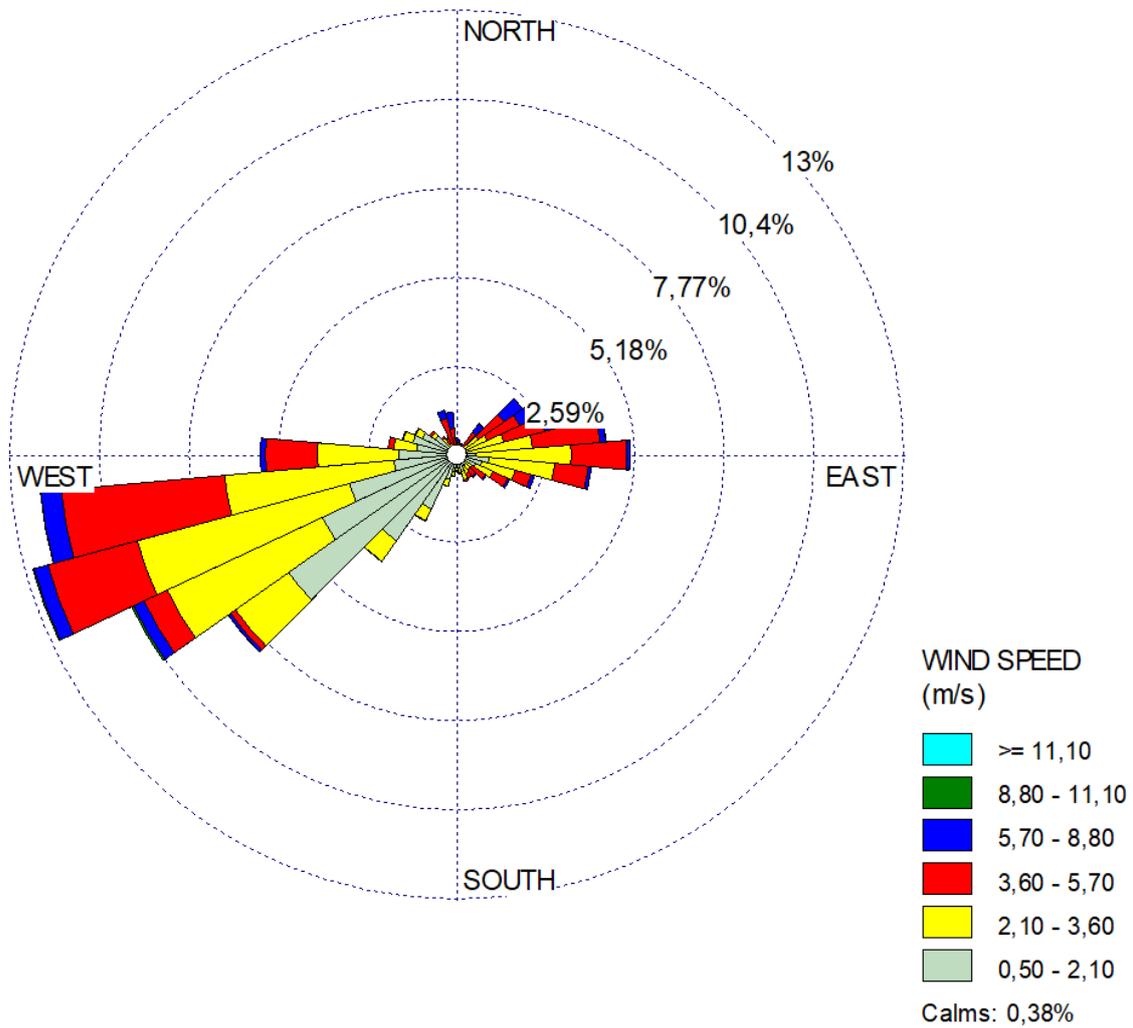


Figura 8. Rosa generale dei vettori del vento in una cella del dominio di simulazione (UTM Est 608460 m; UTM Nord 4826410 m), ad una quota di 10 m dal suolo, per tutto l'anno solare.

Directions / Wind Classes (m/s)	0.50 - 2.10	2.10 - 3.60	3.60 - 5.70	5.70 - 8.80	8.80 - 11.10	\geq 11.10	Total
355 - 5	0.0008	0.00102	0.00228	0.00102	0	0	0.00512
5 - 15	0.00068	0.00068	0.00262	0.00057	0	0	0.00455

15 - 25	0.00091	0.0008	0.00159	0.00057	0	0	0.00387
25 - 35	0.00091	0.00034	0.00205	0.00057	0	0	0.00387
35 - 45	0.00102	0.00228	0.0049	0.00296	0.00023	0	0.01139
45 - 55	0.00137	0.00649	0.00911	0.0066	0	0	0.02357
55 - 65	0.00148	0.00854	0.01036	0.00512	0.00011	0	0.02562
65 - 75	0.00216	0.0123	0.01218	0.00387	0	0	0.03052
75 - 85	0.00262	0.0197	0.01959	0.00159	0	0.00011	0.04361
85 - 95	0.00581	0.02756	0.01606	0.00091	0.00011	0	0.05044
95 - 105	0.00979	0.01902	0.00968	0.00091	0	0	0.0394
105 - 115	0.00786	0.01002	0.00478	0.00102	0	0	0.02368
115 - 125	0.00638	0.00558	0.00467	0.00068	0	0	0.01731
125 - 135	0.0033	0.00251	0.00467	0.00046	0	0	0.01093
135 - 145	0.00387	0.00194	0.00216	0.00046	0.00011	0	0.00854
145 - 155	0.00421	0.00228	0.00137	0.00011	0	0	0.00797
155 - 165	0.00547	0.00251	0.00057	0	0	0	0.00854
165 - 175	0.00421	0.00148	0.00023	0.00011	0	0	0.00604
175 - 185	0.0041	0.00102	0.00011	0	0	0	0.00524
185 - 195	0.00547	0.00114	0.00023	0	0	0	0.00683
195 - 205	0.00786	0.00205	0.00011	0	0	0	0.01002
205 - 215	0.01776	0.00376	0.00023	0	0	0	0.02175
215 - 225	0.03086	0.00729	0.00011	0	0	0	0.03826
225 - 235	0.05967	0.01879	0.00171	0.0008	0.00011	0	0.08107
235 - 245	0.04316	0.04942	0.0074	0.0033	0.00057	0	0.10385
245 - 255	0.03245	0.06331	0.02665	0.00421	0.00034	0	0.12696
255 - 265	0.01856	0.04896	0.04726	0.00592	0.00011	0	0.12082
265 - 275	0.01697	0.02346	0.01503	0.00148	0	0	0.05693
275 - 285	0.01196	0.0066	0.00159	0	0	0	0.02015
285 - 295	0.01344	0.00296	0.00023	0	0	0	0.01662
295 - 305	0.01127	0.00216	0.00034	0	0	0	0.01378
305 - 315	0.00786	0.00137	0.00068	0	0	0	0.00991

315 - 325	0.00262	0.00364	0.00046	0	0	0	0.00672
325 - 335	0.00068	0.00319	0.00182	0.00023	0	0	0.00592
335 - 345	0.00114	0.00239	0.00763	0.00251	0	0	0.01366
345 - 355	0.00068	0.00137	0.00592	0.00478	0	0	0.01275
Sub-Total	0.34935	0.36791	0.22637	0.05079	0.00171	0.00011	0.99624
Calms							0.00376
Missing							0
Total							1

Tabella 2. Dettaglio delle frequenze di distribuzione dei venti per direzione e per classe di velocità sull'anno.

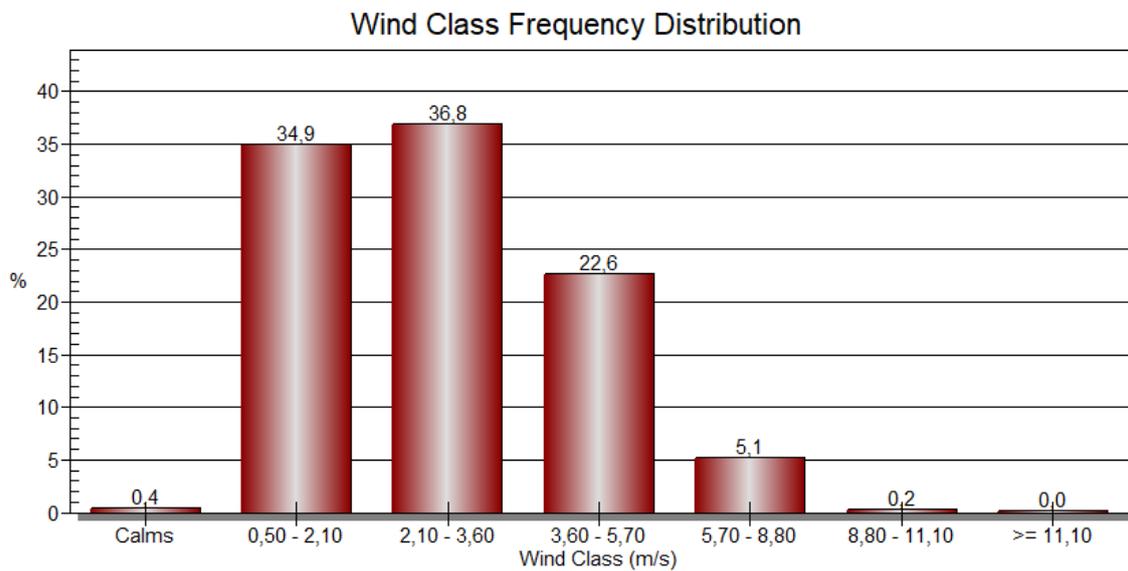


Figura 9. Frequenza di distribuzione di velocità del vento sull'anno.

4. MODELLO EMISSIVO

4.1. ORIGINE DEI DATI DI EMISSIONE

Il presente studio ha come obiettivo la valutazione dell'impatto olfattivo relativo allo stabilimento di raffinazione Eni di Livorno, sito a Stagno nel Comune di Collesalvetti (LI).

Tutte le possibili sorgenti di odore che potrebbero aver contribuito allo scenario emissivo globale dell'impianto nonché i piani di monitoraggio eseguiti dal 2018 ad oggi sono stati definiti in ottemperanza alla prescrizione in materia di emissioni odorogene, riportata al capitolo 7 del PMC del decreto A.I.A. n. 0000032 del 02/02/2018 [rif. comunicazione Eni prot. RAFLI DIR 61/205 del 21/08/2018].

Le possibili sorgenti di odore individuate, rappresentative di differenti macroaree emissive dell'impianto, sono qui di seguito elencate:

- Camini
- VRU
- Vasche di trattamento acque scoperte
- Vasche di trattamento acque presidiate con filtri fotocatalitici
- Vasca di arrivo acque presidiata con filtri fotocatalitici
- Serbatoi a tetto fisso non collettati
- Serbatoi oli combustibili presidiati con filtri fotocatalitici
- Serbatoi contenenti tagli pesanti con presidio a carboni attivi
- Serbatoi a tetto galleggiante
- Serbatoi di fanghi presidiati con filtri fotocatalitici

Vista la presenza di numerose sorgenti di odore nell'impianto in oggetto, al fine di gestire meglio i tempi di calcolo e ottenere informazioni sui diversi contributi di impatto sul territorio, si è deciso di elaborare differenti sotto-scenari emissivi, ognuno rappresentativo di una porzione delle sorgenti.

A valle della simulazione di ogni sotto-scenario si è proceduto a valutare lo scenario di impatto globale dell'impianto allo stato attuale.

I dati emissivi sono stati reperiti dalle campagne olfattometriche condotte presso l'impianto a partire dal 2018, oppure da apposite sperimentazioni di laboratorio. Potendo disporre di un ampio dataset, ovvero facendo riferimento ai monitoraggi condotti a partire dal 2018, per l'identificazione delle concentrazioni di odore da attribuire a ciascuna sorgente sono stati presi in considerazione i valori medi aritmetici.

Le caratteristiche fisiche e geometriche delle sorgenti e i dettagli sul funzionamento delle singole sorgenti sono stati ottenuti da materiale documentale, oppure sono stati forniti dai tecnici dell'impianto.

Si precisa che, in via cautelativa, sono state inserite all'interno della modellazione tutte le potenziali sorgenti di odore dell'impianto, anche quelle per le quali è stato stimato un contributo emissivo trascurabile, secondo quanto riportato dalla DGR. (Regione Lombardia) 15 febbraio 2012, n. IX/3018: *"Per descrivere lo scenario emissivo da impiegare nelle simulazioni per la stima dell'impatto olfattivo devono essere considerate tutte le emissioni dell'impianto oggetto dello studio (convogliate, diffuse o fuggitive) per le quali la portata di odore OER sia maggiore di 500 ouE/s, ad eccezione delle sorgenti per le quali, qualunque sia la portata volumetrica emessa, la concentrazione di odore massima risulti inferiore a 80 ouE/m³".* A prescindere dalla concentrazione di odore e dal flusso di odore stimato, tutte le sorgenti sono state incluse all'interno dello studio di modellazione.

4.2. SOTTO-SCENARIO CAMINI

Per quanto riguarda i camini, e più in generale per tutte le sorgenti emissive puntuali, ai fini di una valutazione delle emissioni odorigene non è sufficiente considerare unicamente il valore di concentrazione di odore, bensì è necessario fare riferimento alla portata di odore (OER – Odour Emission Rate), calcolata come prodotto fra la concentrazione di odore e la portata di aria emessa, ed espressa in unità odorimetriche al secondo (ouE/s).

$$OER = C_{od} \cdot Q_{aria}$$

Per convenzione (EN 13725:2022), l'OER è espresso normalizzando la portata di aria a 20°C ed è stato calcolato facendo riferimento ai dati di portata indicati in autorizzazione.

In questo scenario sono stati considerati tutti i camini più rappresentativi e potenzialmente impattanti dell'impianto.

Come dato di concentrazione di odore [ouE/m^3] rappresentativo si è considerato, per ciascun camino, il valore di media aritmetica dei dati olfattometrici disponibili sul periodo di indagine riportati in Tabella 3.

Camino	20/02/18	05/06/18	06/03/19	07/09/22	19/04/23	Media
E1 topping	5200	580	290	430	1300	1560
E4 zolfo	300	770	270	N.R.	530	468
E7 incondensabili/bitumi	1000	810	580	2200	4100	1738

Tabella 3. Dati olfattometrici relativi ai camini. N.R. = Non Rilevato

In Tabella 4 sono riportati i dettagli dei parametri simulativi qui considerati e in Figura 10 è riportata una proiezione satellitare delle sorgenti di questo sotto-scenario.

Sorgenti	UTM nord [m]	UTM est [m]	H [m]	Deq [m]	Q_{AIA} [Nm^3/h]	T [K]	V_{out} [m/s]	Cod [ouE/m^3]	OER [ouE/s]
E1 topping	4826475	608036	80	3.4	63549	543	3.9	1560	29555
E4 zolfo	4826568	607898	90	2.8	72162	573	6.8	468	10068
E7 bitumi	4826815	608249	100	4.0	143001	533	6.0	1738	74095

Tabella 4. Dettagli simulativi del sotto-scenario camini



Figura 10. Elaborazione grafica delle sorgenti considerate nel sotto-scenario camini (in rosso).

4.3. SOTTO-SCENARIO VRU

I VRU, o Vapor Recovery Unit, sono dei sistemi di presidio atti all'abbattimento delle sostanze organiche trascinate durante le operazioni di caricamento di tagli idrocarburici.

La sorgente simulata in questo sotto-scenario, punto di emissione E16b, identifica il VRU dedicato per le pensiline di carico autobotti di benzine, keroseni e gasoli. Anche in questo caso la sorgente è stata modellata come emissione puntuale.

Come dato di concentrazione di odore [ou_E/m^3] rappresentativo si è considerato il valore di media aritmetica dei dati olfattometrici disponibili sul periodo di indagine, riportati in Tabella 5. Per la portata si è fatto riferimento ai valori indicati in autorizzazione, normalizzati a 20°C.

	06/03/19	31/07/19	20/02/18	20/02/18	20/02/18	05/06/18	23/10/20	07/09/22	20/04/23	Media
VRU pensiline leggeri OUT E16b	1400	110	170	54	200	3300	200	680	210	703

Tabella 5. Dati olfattometrici riferiti al VRU E16b

In Tabella 6 invece sono riportati i dati geometrici, fisici ed emissivi riferiti alla sorgente simulata. Si precisa che la temperatura è stata considerata pari alla temperatura ambiente, variabile ora per ora. Di conseguenza si è ottenuta una velocità di espulsione dei fumi variabile su base oraria (Figura 11).

Sorgenti	UTM nord [m]	UTM est [m]	H [m]	Deq [m]	Q _{AIA} [Nm ³ /h]	Cod [ouE/m ³]	OER [ouE/s]
VRU pensiline leggeri OUT E16b	608268	4826166	8	0.3	210	703	44

Tabella 6. Dettagli simulativi per il VRU E16b

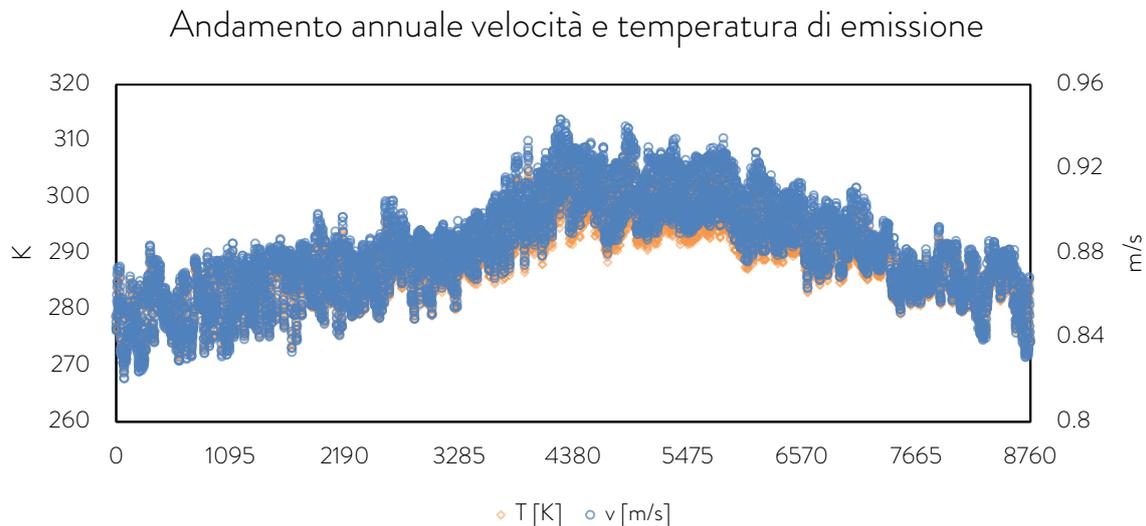


Figura 11. Andamento annuale delle velocità e della temperatura di emissione

Il punto di emissione del VRU è contraddistinto da un comignolo parapigioggia (*rain-cap*), che impedisce l'ingresso di acqua meteorica all'interno del sistema. Questa configurazione ha però lo svantaggio di annullare la componente verticale di quantità di moto del flusso emesso. Per tal motivo, in questo sotto-scenario emissivo, si è proceduto a contrassegnare l'emissione come avente flusso di quantità di moto verticale pari a zero.

Questi sistemi di presidio hanno la caratteristica di avere un comportamento discontinuo: il trattamento dell'effluente gassoso e la conseguente emissione sono attivi soltanto durante le operazioni di movimentazione del sistema in esame (i.e. durante la fase di caricamento delle autobotti). In via cautelativa, si è comunque considerata l'emissione attiva in continuo, per tutte le ore dell'anno.



Figura 12. Elaborazione grafica della sorgente considerata nel sotto-scenario VRU (in rosso).

4.4. SOTTO-SCENARIO VASCHE DI TRATTAMENTO ACQUE NON PROVVISI DI COPERTURA

Questo sotto-scenario emissivo prende in considerazione le vasche di depurazione che risultano attualmente sprovviste di copertura e non dotate di alcun tipo di presidio. Le sorgenti in questione risultano localizzate nell'area di trattamento acque effluenti (TAE) dello stabilimento, situata nella parte settentrionale.

Per quanto riguarda le sorgenti di odore areali, ai fini di una valutazione delle emissioni odorigene non è sufficiente considerare unicamente il valore di

concentrazione di odore. In questo caso è necessario fare riferimento ad altri parametri, quali il flusso specifico e la portata di odore.

Il flusso specifico di odore (SOER – Specific Odour Emission Rate) è una grandezza che, nel caso di una sorgente areale senza flusso indotto, indica le unità odorimetriche emesse per unità di tempo e di superficie. Tale parametro, espresso in unità odorimetriche per metro quadrato e per secondo ($ou_E/s/m^2$) è calcolato moltiplicando il valore di concentrazione di odore per la portata di aria neutra introdotta nella cappa dinamica utilizzata per il campionamento, e successivamente dividendo per l'area di base della cappa stessa:

$$SOER = \frac{C_{od} \cdot Q_{aria,WT}}{A_{WT}}$$

Essendo noti i parametri di A_{WT} ($0.125 m^2$) e $Q_{aria,WT}$ ($2500 l/h$), sarà possibile calcolare il SOER delle sorgenti areali campionate.

Nel caso di sorgenti areali, il flusso di odore viene normalmente ricalcolato tenendo conto della velocità del vento che lambisce la superficie emittente ad eccezione che vi siano giustificati motivi per ritenere tale approccio non adatto allo specifico caso in esame.

Nella fattispecie, per vasche dotate di sistema di aerazione, tale assunzione potrebbe costituire un'ipotesi eccessivamente cautelativa. Dalla letteratura (Invernizzi et al., 2020³) è noto, infatti, che il meccanismo di convezione forzata da parte del vento che promuove l'emissione nel caso di una superficie liquida non aerata, risulta accompagnato da altri fenomeni che contribuiscono all'emissione in presenza di un sistema di aerazione. In questo caso, i fenomeni di trasporto di materia non sono ascrivibili al solo meccanismo di convezione forzata ma sono anche legati al contributo di strappaggio da parte delle bolle che risalgono verso il pelo libero della vasca e alla formazione ed evaporazione di aerosol. Per questo motivo si è proceduto a trascurare l'influenza del vento incidente per le vasche di ossidazione biologica.

³ Invernizzi, M., Teramo, E., Busini, V., Sironi, S., "A model for the evaluation of organic compounds emission from aerated liquid surfaces", Chemosphere, 2020.

In aggiunta, alcuni recenti studi sperimentali dimostrano come, per le soluzioni acquose, l'assunzione di una dipendenza del flusso emesso dalla radice quadrata della velocità del vento sembra eccessivamente sovrastimare il rateo emissivo (Tagliaferri et al., 2021⁴; Tagliaferri et al., 2023⁵).

Per queste ragioni, si è assunta, per la totalità delle sorgenti areali simulate, un'emissione non dipendente dalla velocità del vento.

In Tabella 7 sono riportati, per le sorgenti incluse nel presente sotto-scenario, i risultati olfattometrici [ou_E/m^3] disponibili a partire dal 2018. Ai fini della modellazione, è stato considerato rappresentativo il valore di concentrazione pari alla media aritmetica dei dati disponibili per ciascuna sorgente.

⁴ Tagliaferri, F., Invernizzi, M., Sironi, S., 2021. Influence of Wind Velocity on the Emission Rate of Acetone Aqueous Solution at Different Concentrations. *Chemical Engineering Transactions* 85, 127-132

⁵ Tagliaferri, F., Invernizzi, M., Sironi, S., 2023. Experimental evaluation on liquid area sources: Influence of wind velocity and temperature on the wind tunnel sampling of VOCs emissions from wastewater treatment plants. *Chemosphere* 312.

	20/02/2018	04/06/2018	05/03/2019	30/07/2019	01/07/2020	22/10/2020	06/09/2022	18/04/2023	Media
Vasca biologico BIO 2 - S1404	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	45	39	42
Vasca sedimentatore secondario BIO 2 - S1405	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	51	310	181
Vasca biologico MS3A	410	260	68	510	45	38	96	52	185
Vasca sedimentatore secondario MS3B	320	380	38	68	76	45	110	120	145
Vasca finale S23B	220	460	72	480	91	72	290	38	215

Tabella 7. Dati olfattometrici per le vasche dell'impianto di trattamento acque. N.R. = Non Rilevato

In Tabella 8 sono riportati i dettagli delle sorgenti modellate, mentre in Figura 13 ne è riportata un'elaborazione grafica. Il parametro σ_{z0} , relativo alle dimensioni iniziali del puff gaussiano, è stato calcolato secondo il documento US EPA-454/B-95-003b, seguendo la formula di seguito riportata:

$$\sigma_{z0} = \frac{H}{2.15}$$

Sorgenti	H [m]	σ_{z0} [m]	A [m ²]	c _{od} [ouE/m ³]	SOER [ouE/m ² s]	OER [ouE/s]
Vasca biologico BIO 2 - S1404	5	2.3	440	42	0.23	103
Vasca sedimentatore secondario BIO 2 - S1405	5	2.3	290	181	1.01	292
Vasca biologico MS3A	6	2.8	650	185	1.03	668
Vasca sedimentatore secondario MS3B	6	2.8	440	145	0.81	354
Vasca finale S23B	5	2.3	770	215	1.19	920

Tabella 8. Dettagli emissivi del sotto-scenario vasche di trattamento acque scoperte



Figura 13. Elaborazione grafica delle sorgenti considerate nel sotto-scenario vasche di trattamento acque scoperte (in rosso).

4.5. SOTTO-SCENARIO VASCHE DI TRATTAMENTO ACQUE PROVviste DI COPERTURA E SISTEMI DI FILTRI FOTOCATALITICI

Alcune delle vasche di trattamento acque della raffineria sono state provviste di copertura e sistemi di filtri fotocatalitici cilindrici, come mostrato a titolo esemplificativo in Figura 14.



Figura 14. Copertura e filtri catalitici installati sulla vasca di flottazione MS2

La stima del flusso di aeriforme da associare a queste vasche risulta complessa, in quanto non è presente alcun sistema di convogliamento aria.

Nonostante, da valutazioni meramente teoriche, si evidenzi un limitatissimo scambio di aeriforme tra lo spazio di testa della vasca e l'atmosfera esterna, si è proceduto a dei rilievi di campo, al fine di non trascurare neanche queste sorgenti dallo scenario emissivo della raffineria. In particolare, sono state effettuate delle misurazioni di portata, condotte mediante anemometro a termistore Testo 405i, all'interno del tubo di ingresso posto alla base dei filtri fotocatalitici.

Tali rilievi sono poi stati associati ai diversi dati anemologici rilevati dalla centralina di raffineria. Dall'accorpamento dei dati si è rilevata una proporzionalità tra il dato della velocità del vento, rilevato in campo aperto, e la velocità rilevabile all'interno del condotto di ingresso dei filtri.

È stata quindi effettuata una regressione dei dati disponibili, ottenendo una correlazione utile alla stima delle portate influenti al singolo filtro fotocatalitico in funzione dell'anemologia misurata da centralina in quota (Figura 15).

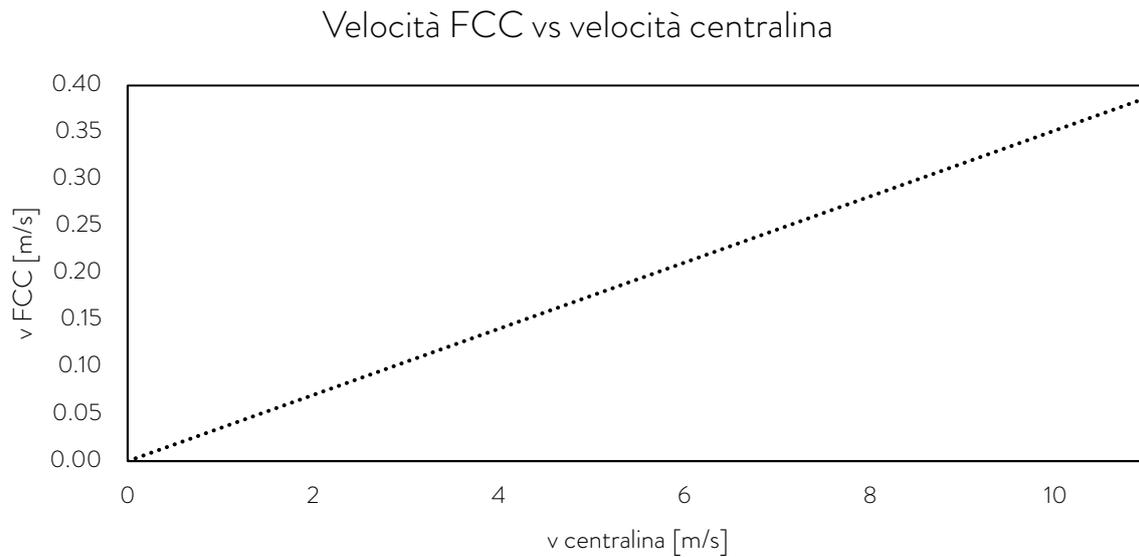


Figura 15. Velocità del filtro fotocatalitico vs velocità del vento misurata dalla centralina

In questo modo, utilizzando l'intero dataset di valori di velocità del vento forniti dalla stazione meteo per l'anno 2019, è stato ottenuto un andamento orario di portata da attribuire a ciascun filtro. Conoscendo poi il numero di filtri installati su ciascuna vasca è stata stimata la portata di aeriforme di ciascuna vasca coperta, riportata a titolo di esempio per la vasca MS04 (Figura 16).

Portata filtri fotocatalitici vasca MS04

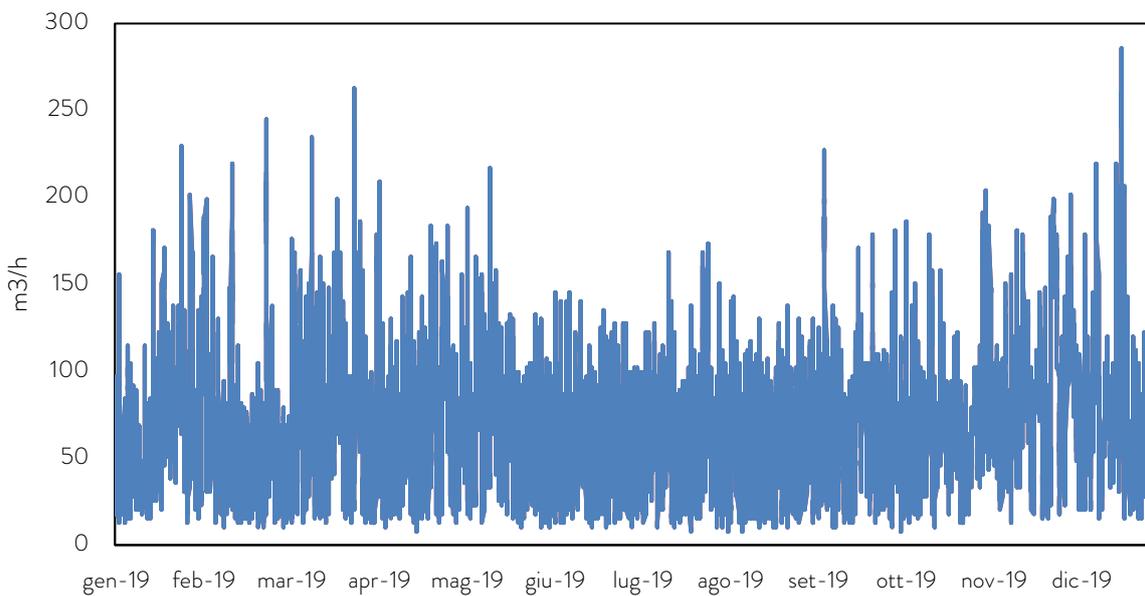


Figura 16. Andamento annuale della portata di emissione stimata per i filtri fotocatalitici della vasca MS04

Per quanto riguarda le concentrazioni di odore si è fatto riferimento alle medie aritmetiche dei valori disponibili su ciascuna vasca, ottenuti dai monitoraggi condotti a partire dal 2018. Si precisa che per le vasche di ispessimento MS04 e MS704 si è identificato un singolo valore di concentrazione mediando tutti i dati disponibili su entrambe le vasche.

Sorgenti	05/03/2019	30/07/2019	02/07/2020	22/10/2020	24/02/2021	06/09/2022	18/04/2023	Media
Ispessitore fanghi MS04	SCOPERTA	SCOPERTA	650	N.R.	5200	23000	3600	13417
Ispessitore fanghi MS704	SCOPERTA	SCOPERTA	4300	18000	22000	25000	19000	
Flocculatore S16	110	9200	N.R.	35000	N.R.	N.R.	N.R.	14770
Flottatore MS2	3300	11000	N.R.	6900	N.R.	N.R.	N.R.	7067

Tabella 9. Dati olfattometrici per le sorgenti simulate nel presente sotto-scenario. N.R. = Non Rilevato

In Figura 17 si riporta l'andamento annuale del flusso odorigeno associato alle sorgenti modellate nel presente sotto-scenario.

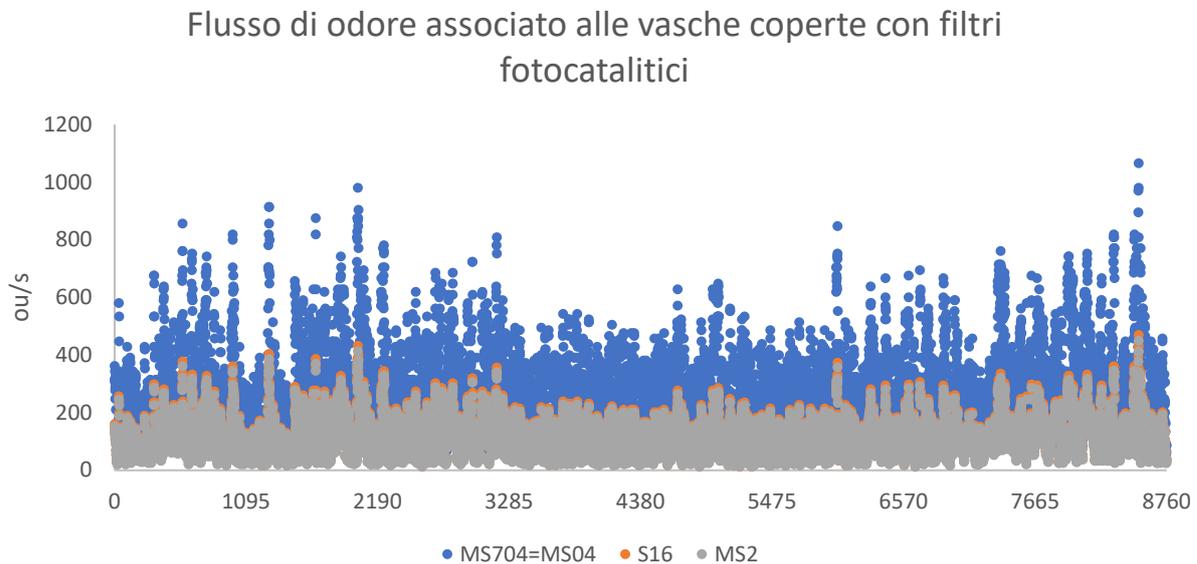


Figura 17. Andamento annuale dell'OER associato alle vasche coperte con filtri fotocatalitici

Ciascuna sorgente è stata inserita all'interno del modello come sorgente volumetrica. La caratteristica di queste sorgenti è quella di non avere *plume rise*: in questo caso, infatti, non sono presenti meccanismi né termici, né meccanici che possono portare all'innalzamento del pennacchio.

Per caratterizzare questa tipologia di sorgenti sono necessari i due parametri dimensionali iniziali del puff, quello orizzontale σ_{y0} e quello verticale σ_{z0} . In base al protocollo US EPA-454/B-95-003b ed al manuale di utilizzo del modello di simulazione CALPUFF, è possibile calcolare questi parametri come:

$$\sigma_{z0} = \frac{L_{verticale}}{2.15}$$

$$\sigma_{y0} = \frac{L_{orizzontale}}{4.3}$$

Sorgenti	N filtri	A [m ²]	H [m]	σ_{y0} [m]	σ_{z0} [m]	Cod [ouE/m ³]	V _{out} [m/s]	OER [ouE/s]
Ispessitore fanghi MS04	10	113	5	2.8	2.3	13417	Var.	Var.
Ispessitore fanghi MS704	10	113	5	2.8	2.3	13417	Var.	Var.
Flocculatore S16	4	36	5.5	1.6	2.6	14770	Var.	Var.
Flottatore MS2	8	113	6	2.8	2.8	7067	Var.	Var.

Tabella 10. Parametri simulativi adottati per il sotto-scenario vasche di trattamento acque presidiate con filtri fotocatalitici



Figura 18. Elaborazione grafica delle sorgenti considerate nel sotto-scenario vasche di trattamento acque presidiate con filtri fotocatalitici (in rosso).

4.6. SOTTO-SCENARIO VASCHE DI ARRIVO ACQUE COLLETTATE A FILTRI FOTOCATALITICI

Sulle vasche di arrivo acque, S12 e S33, localizzate in area TAE della raffineria, è stato realizzato un sistema di copertura, sul quale sono stati anche installati 24 filtri fotocatalitici. In questo caso però, onde evitare la formazione sotto copertura di spazi di testa caratterizzati da eventuali condizioni di concentrazione, in fase gas, all'interno dei limiti di esplosività, è stato installato un sistema di aerazione forzata della vasca. In questo caso quindi, l'emissione è ascrivibile ad un meccanismo convettivo. Il flusso di odore può pertanto essere calcolato, come per le sorgenti puntuali, tramite il prodotto della portata di aeriforme convogliata per la concentrazione di odore misurata all'uscita dei filtri fotocatalitici.

$$\text{OER} = C_{\text{od}} \cdot Q_{\text{aria}}$$

Ai fini della modellazione, si è fatto riferimento alla portata di aria prelevata dal ventilatore, fornita dai tecnici di impianto con cadenza oraria e riferita all'anno 2019. In merito alla concentrazione di odore è stata considerata la media aritmetica dei dati di concentrazioni disponibili a partire dal 2018, riportati in Tabella 11. Come è possibile riscontrare dalla Tabella 11, si sono rilevate delle differenze significative tra le concentrazioni misurate in corrispondenza dei filtri posti "internamente", ovvero verso la parte interna delle vasche lato est, di seguito indicati con la dicitura "filtri interni", e quelli localizzati più esternamente, lato strada, indicizzati come "filtri esterni", localizzati ad ovest rispetto a quelli interni (Figura 19).



Figura 19. Localizzazione dei "filtri interni" e dei "filtri esterni"

Sorgente	Data di campionamento	COD [ouE/m³]	Media
Filtro esterno	31/07/2019	170	2692
Filtro esterno	31/07/2019	320	
Filtro esterno	05/03/2019	2400	
Filtro esterno	05/03/2019	360	
Filtro esterno	05/03/2019	150	
Filtro esterno	05/03/2019	1700	
Filtro esterno	06/09/2022	3900	
Filtro esterno	06/09/2022	6500	
Filtro esterno	02/07/2020	1600	
Filtro esterno	22/10/2020	3600	
Filtro esterno	24/02/2021	7300	
Filtro esterno	18/04/2023	4300	
Filtro interno	06/09/2022	2300	
Filtro interno	02/07/2020	3300	
Filtro interno	22/10/2020	7700	
Filtro interno	24/02/2021	98000	
Filtro interno	18/04/2023	7100	

Tabella 11. Dati olfattometrici per la sorgente simulata nel presente sotto-scenario

Considerando la variabilità del carico odorigeno tra filtri interni ed esterni, ai fini della stima della concentrazione di odore da attribuire alla sorgente in esame, si è considerata una media ponderata tra la concentrazione media stimata sui filtri interni (che sono in totale 5) e quella stimata sui filtri esterni (che sono 19):

$$C_{od} = \frac{C_{od,int} \cdot n_{int} + C_{od,est} \cdot n_{est}}{n_{int} + n_{est}}$$

Il valore implementato nel modello risulta pari a 7065 ouE/m³.

Avendo implementato una portata variabile ora per ora si è conseguentemente ottenuto un flusso di odore con la stessa variabilità, come di seguito riportato.

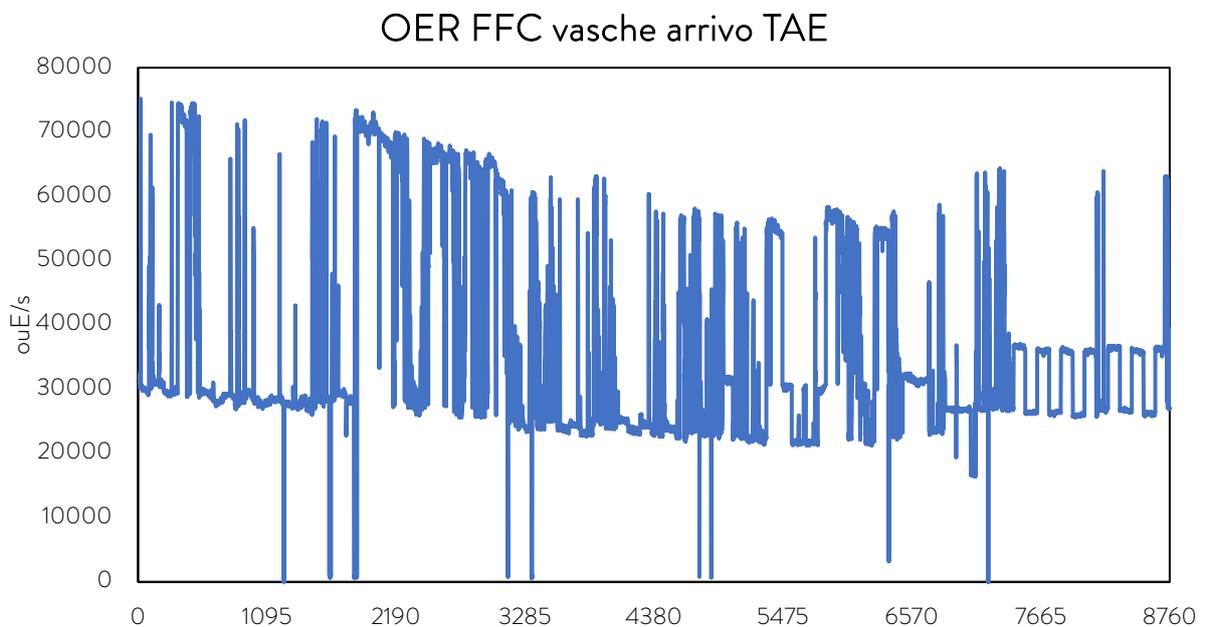


Figura 20. Andamento annuale del flusso di odore associato alla sorgente simulata nel presente sotto-scenario

Anche in questo caso la sorgente è stata simulata all'interno del modello di dispersione atmosferica come una sorgente volumetrica. La caratteristica di queste sorgenti è quella di non avere *plume rise*: in questo caso, infatti, non sono presenti meccanismi né termici, né meccanici che possono portare all'innalzamento del pennacchio.

Per caratterizzare questa tipologia di sorgenti sono necessari i due parametri dimensionali iniziali del puff, quello orizzontale σ_{y0} e quello verticale σ_{z0} . In base al protocollo US EPA-454/B-95-003b ed al manuale di utilizzo del modello di simulazione CALPUFF, è possibile calcolare questi parametri come:

$$\sigma_{z0} = \frac{L_{verticale}}{2.15}$$

$$\sigma_{y0} = \frac{L_{orizzontale}}{4.3}$$

In Tabella 12 sono riportati i dettagli della sorgente modellata, mentre in Figura 21 ne è riportata un'elaborazione grafica.

Sorgenti	H [m]	σ_{y0} [m]	σ_{z0} [m]	cod [oue/m ³]	Q _{aria} [Nm ³ /h]	OER [oue/s]
Filtri fotocatalitici vasche di arrivo acque	0	2.33	0.93	7065	Var.	Var.

Tabella 12. Dettagli emissivi del sotto-scenario vasca di arrivo acque presidiata con filtri fotocatalitici



Figura 21. Elaborazione grafica delle sorgenti considerate nel sotto-scenario vasca di arrivo acque presidiate con filtri fotocatalitici

4.7. SOTTO-SCENARIO SERBATOI A TETTO FISSO NON COLLETTATI

I serbatoi a tetto fisso sono essenzialmente dei contenitori a volume fisso che vengono riempiti o svuotati a seconda delle esigenze di processo. Normalmente, al di sopra del livello del liquido, è presente aria, fino al riempimento del volume disponibile nel serbatoio. Al fine di evitare di mandare in depressione il serbatoio durante lo svuotamento, o in sovrappressione durante il riempimento, sulla sommità dei serbatoi è posta una valvola di respiro: attraverso questa apertura entra dell'aria durante le operazioni di svuotamento e viceversa viene emessa una miscela gassosa durante il riempimento. Questa miscela gassosa, essendo stata a contatto con il liquido stoccato, trattiene inevitabilmente una porzione di composti idrocarburici, dando luogo a quella che viene definita "Perdita di lavoro" di COV dai serbatoi a tetto fisso.

In Figura 22 è riportato uno schema semplificato del meccanismo di funzionamento delle perdite da lavoro.

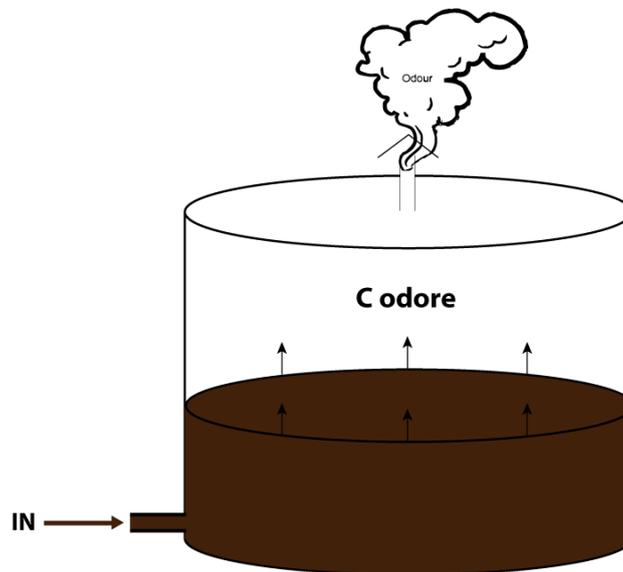


Figura 22. Schema dell'emissione di perdite da lavoro di serbatoi a tetto fisso.

In questa maniera, conoscendo il volume movimentato all'interno del serbatoio sull'unità di tempo, e conoscendo la concentrazione di odore che viene emessa al momento del riempimento, è possibile valutare il flusso di odore (Odour Emission Rate, OER) emesso per perdite di lavoro, calcolabile come:

$$OER_{mov} = Q_{mov} \cdot C_{od}$$

Ove OER_{mov} è il flusso di odore legato alle perdite di movimentazione del serbatoio, Q_{mov} è il flusso di liquido movimentato nel serbatoio, espresso in volume su unità di tempo e C_{od} è la concentrazione di odore misurata all'emissione. Tale meccanismo rappresenta il principale contributo emissivo nel caso di serbatoi a tetto fisso⁶.

⁶ Invernizzi, M., Sironi, S., 2021. "Odour Emission Rate Estimation Methods for Hydrocarbon Storage Tanks", Chemical Engineering Transactions, 85 DOI: 10.3303/CET2185012.

All'interno delle campagne di misura olfattometrica, effettuate presso l'impianto, sono state svolte diverse misure di concentrazione di odore su tetto fisso.

Per la definizione di questo sotto-scenario sono quindi stati utilizzati diversi dati di concentrazione di odore reperiti nelle diverse campagne di misura olfattometrica (a partire dal 2018), attribuendo ciascun taglio stoccato ad una macrocategoria rappresentativa e calcolando, per ciascuna macrocategoria, la media aritmetica dei dati disponibili. I dati sono riportati in Tabella 13.

Si precisa che, per i serbatoi dotati di sistema di presidio (i.e. serbatoi di oli combustibili presidiati con filtri a carbone attivo – S148, S149, S150, S151, S122, S94, S51; serbatoi contenenti tagli pesanti con presidio a carboni attivi), nell'ottica di ampliare il data-set dei valori di concentrazione a disposizione, si sono considerate le misure in ingresso ai sistemi di abbattimento come dati "utili" per l'identificazione della concentrazione di odore rappresentativa per tagli assimilabili ma contenuti in serbatoi non presidiati.

Taglio	Serbatoio	Macrocategoria	Cod misurata [ouE/m³]	Data prelievo	Cod rappresentativa [ouE/m³]
APA	S590	APA	66000	20/02/2018	35050
APA	S590	APA	4100	05/06/2018	
Base lubrificante	S294	Base lubrificante	540	21/02/2018	6282
Base lubrificante	S297	Base lubrificante	91	21/02/2018	
Base lubrificante	S299	Base lubrificante	360	21/02/2018	
Base lubrificante	S533	Base lubrificante	3400	30/07/2019	

Base lubrificante	S535	Base lubrificante	1800	19/04/2023	
Base lubrificante	S539	Base lubrificante	66000	06/03/2019	
Base lubrificante	S543	Base lubrificante	1500	20/02/2018	
Base lubrificante	S559	Base lubrificante	250	21/02/2018	
Base lubrificante	S600	Base lubrificante	510	05/06/2018	
Base lubrificante	S609	Base lubrificante	160	23/10/2020	
Base lubrificante	S620	Base lubrificante	54	01/07/2020	
Base lubrificante	S99	Base lubrificante	720	07/09/2022	
Bitume	S60	Bitume - RVC	260000	20/02/2018	
Bitume	S60	Bitume - RVC	2600000	05/06/2018	
RVC	S109	Bitume - RVC	150000	20/02/2018	
RVC	S109	Bitume - RVC	660000	05/06/2018	
RVC	IN Filtri CA	Bitume - RVC	100000	05/03/2019	
RVC	IN Filtri CA	Bitume - RVC	87000	05/03/2019	
ESAR	S122	ESAR	34000	20/02/2018	20720
ESAR	S122	ESAR	4600	05/06/2018	
ESAR	IN FFC S122	ESAR	720	30/07/2019	
ESAR	IN FFC S122	ESAR	23000	01/07/2020	

ESAR	IN FFC S122	ESAR	29000	24/02/2021	
ESAR	IN FFC S122	ESAR	33000	22/10/2020	
Gasolio ATZ	S102	Gasolio ATZ	8700	06/03/2019	119350
Gasolio ATZ	S102	Gasolio ATZ	230000	07/09/2022	
Gasolio BTZ	S97	Gasolio BTZ	7300	20/02/2018	10975
Gasolio BTZ	S97	Gasolio BTZ	15000	05/06/2018	
Gasolio BTZ	S97	Gasolio BTZ	18000	30/07/2019	
Gasolio BTZ	S97	Gasolio BTZ	3600	19/04/2023	
OC ATZ	S124	OC ATZ	31000	20/02/2018	570125
Olio combustibile	IN FFC S148	OC ATZ	220000	01/07/2020	
Olio combustibile	IN FFC S148	OC ATZ	990000	22/10/2020	
OC ATZ	S151	OC ATZ	490000	05/06/2018	
Olio combustibile	IN FFC S151	OC ATZ	230000	30/07/2019	
Olio combustibile	IN FFC S151	OC ATZ	520000	31/07/2019	
OC ATZ	IN FFC S151	OC ATZ	1200000	24/02/2021	
Olio combustibile	IN FFC S94	OC ATZ	880000	24/02/2021	
OC BTZ	S149	OC BTZ	43000	20/02/2018	37000
OC BTZ	S149	OC BTZ	62000	05/06/2018	
Olio combustibile	IN FFC S149	OC BTZ	35000	24/02/2021	
Olio combustibile	IN FFC S51	OC BTZ	16000	05/03/2019	

Olio combustibile	IN FFC S51	OC BTZ	29000	22/10/2020	86
Olio combustibile	IN FFC S51	OC BTZ	37000	24/02/2021	
Paraffina	S566	Paraffina	60	06/03/2019	
Paraffina	S566	Paraffina	57	22/10/2020	
Paraffina	S568	Paraffina	140	20/02/2018	

Tabella 13. Dati olfattometrici utilizzati per il sotto-scenario serbatoi a tetto fisso non collettati

Al di là dei dati di concentrazione di odore, è necessario soprattutto caratterizzare le singole sorgenti sotto un punto di vista di flusso emissivo. Al fine di definire le emissioni il più dettagliatamente possibile, si sono elaborati tutti i dati di livello dell'anno 2019. Questo approccio ha consentito di elaborare uno scenario emissivo che tenesse conto, per ogni serbatoio, dei valori di movimentazione orari per calcolare l' OER_{mov} . L'elaborazione ha dunque interessato i dati orari di livello per ogni serbatoio della raffineria.

Si precisa che in questo sotto-scenario sono stati presi in considerazione soltanto i serbatoi a tetto fisso che non hanno subito collettamenti o installazioni di presidi di abbattimento. I serbatoi, attivi per l'anno in questione, risultano essere 198.

Visto l'elevato numero di sorgenti, per ridurre i tempi computazionali, si è deciso di assimilare ad un'unica emissione i serbatoi a tetto fisso meno rilevanti da un punto di vista di emissione di odore, ovvero tutti quelli il cui OER (*Odour Emission Rate*) di picco, ossia il più alto delle 8760 ore dell'anno di simulazione, risultasse inferiore alle 500 oue/s, soglia al di sotto del quale poter ritenere trascurabile la sorgente (vedasi Paragrafo 4.1).

I serbatoi che hanno soddisfatto tale criterio sono 170 e sono stati modellati come unica sorgente avente flusso emissivo pari alla somma dei flussi di odore di ciascun serbatoio. Tali serbatoi contribuiscono per il 23% al flusso di odore globalmente emesso dai serbatoi a tetto fisso non collettati.

Viceversa, i restanti 28 serbatoi sono stati implementati nel modello come singole emissioni.

In Figura 23 è riportato l'andamento dell'OER totale per tutte le sorgenti considerate nel presente sotto-scenario, distinguendo tra i due diversi contributi, sorgenti "singole" e "gruppo".

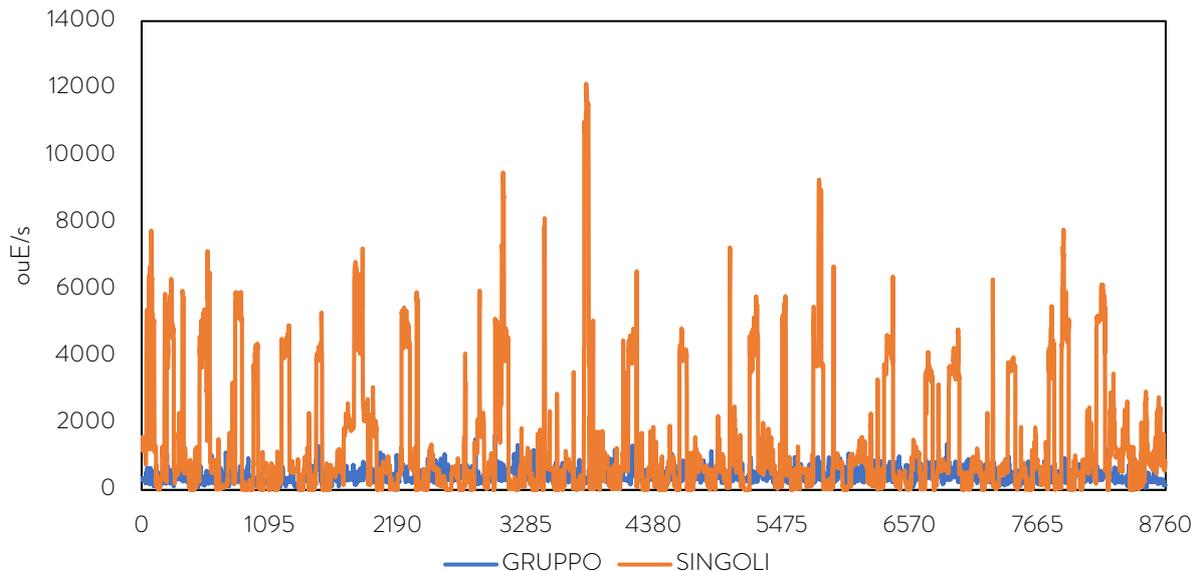


Figura 23. Andamento OER totale per le sorgenti del sotto-scenario serbatoi a tetto fisso non collettati

All'interno del modello di dispersione CALPUFF, le sorgenti singole sono state simulate come emissioni puntuali poste alla quota del tetto del serbatoio, prive di componente verticale di quantità di moto e della dimensione rappresentativa di 15 cm. I valori di temperatura di emissione sono stati identificati, per ciascun serbatoio, considerando il valore medio dei dati orari.

I restanti dettagli sono riportati nella tabella seguente.

ID	UTM Est [m]	UTM Nord [m]	H [m]	MACROCAT
S006	608069	4826818	11.26	OC BTZ

S038	607970	4826683	11.17	GASOLIO
S052	607948	4826764	13.58	GASOLIO
S057	607968	4826663	7.97	OC BTZ
S063	608498	4826809	14	GASOLIO
S068	608345	4826949	12.79	BASE LUBE
S077	607946	4826670	11	OC BTZ
S097	607624	4826920	16.17	GASOLIO
S102	607846	4827097	13.06	GASOLIO
S118	608120	4826337	14.85	GASOLIO
S162	608335	4826565	12.9	BITUMI - RVC
S170	608327	4826581	11.24	OC BTZ
S209	608184	4826912	12.76	BITUMI - RVC
S210	608188	4826924	12.8	BITUMI - RVC
S211	608194	4826935	7.81	BITUMI - RVC
S213	608197	4826907	12.8	OC BTZ
S216	608164	4826968	9.62	ESTRATTO
S218	608173	4826991	7.84	OC ATZ
S250	608342	4827041	6.4	BITUMI - RVC
S256	608340	4827032	6.5	BITUMI - RVC
S268	607918	4827203	11.02	BASE LUBE
S270	607935	4827197	11.02	BASE LUBE
S285	608325	4827024	5.2	BITUMI - RVC
S297	607985	4827178	14.71	BASE LUBE
S402	607762	4826945	10	GASOLIO
S527	608106	4827125	15.56	BASE LUBE
S529	608068	4827125	15.56	BASE LUBE
S531	608090	4827117	15.56	BASE LUBE
S532	608102	4827113	15.56	BASE LUBE
S551	608050	4827047	15.58	BASE LUBE
S561	607919	4827160	15.63	BASE LUBE

S587	608204	4826840	15.37	OC BTZ
S597	608105	4826987	15.66	BASE LUBE
S611	607975	4827204	15.56	BASE LUBE
S621	608029.7	4826982	14.6	OC BTZ
S622	608047	4826977	14.6	OC BTZ
S626	608405.8	4826955	14.6	BASE LUBE

Tabella 14. Dettagli delle sorgenti considerate nel sotto-scenario serbatoi a tetto fisso non collettati

Per quanto riguarda i serbatoi che sono stati raggruppati, essi sono stati modellati come unica sorgente volumetrica, di altezza pari alla media delle altezze dei serbatoi in questione.

In aggiunta, per caratterizzare questa tipologia di sorgenti, sono necessari i due parametri dimensionali iniziali del puff, quello orizzontale σ_{y0} e quello verticale σ_{z0} . In base al protocollo US EPA-454/B-95-003b ed al manuale di utilizzo del modello di simulazione CALPUFF, è possibile calcolare questi parametri come:

$$\sigma_{z0} = \frac{L_{\text{verticale}}}{2.15}$$

$$\sigma_{y0} = \frac{L_{\text{orizzontale}}}{4.3}$$

In Tabella 15 sono riportati i dettagli della sorgente modellata. Come detto, il flusso di odore è pari alla somma dei contributi singoli di ciascun serbatoio incluso nella sorgente volumetrica.

Sorgenti	UTM nord [m]	UTM est [m]	H [m]	σ_{y0} [m]	σ_{z0} [m]
Sorgente volumetrica	608160	4827032	12	5.9	5.6

Tabella 15. Parametri simulativi relativi alla sorgente volumetrica del sotto-scenario serbatoi a tetto fisso non collettati

In Figura 24 è riportata un'elaborazione grafica del sotto-scenario serbatoi a tetto fisso non collettati.

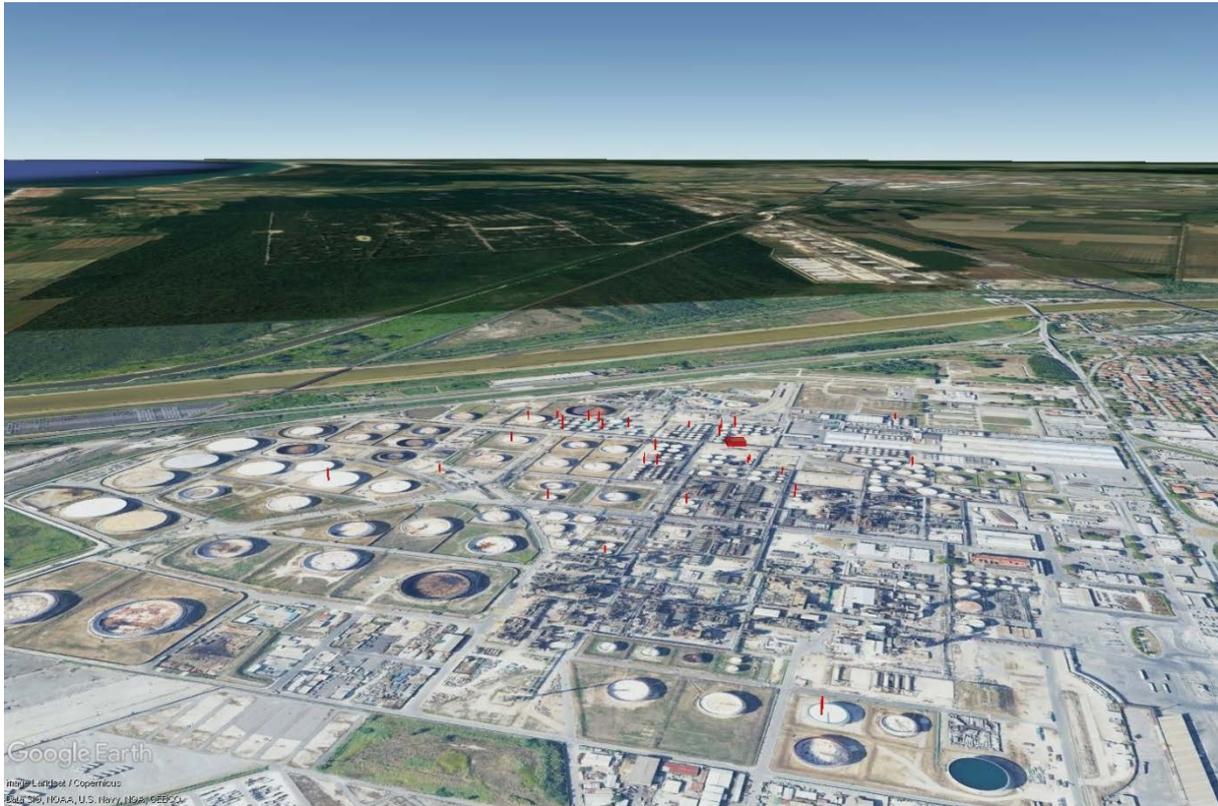


Figura 24. Proiezione satellitare delle sorgenti del presente sotto-scenario

4.8. SERBATOI OLI COMBUSTIBILI COLLETTATI A FILTRI FOTOCATALITICI

Per valutare l'impatto olfattivo dei serbatoi oggetto di installazione dei sistemi di filtri fotocatalitici, si è elaborato un sotto-scenario ad hoc.

In questo caso ogni emissione è stata simulata come volumetrica, come nel caso dei filtri fotocatalitici installati sulle vasche di trattamento acque.

In analogia a quanto effettuato per i serbatoi a tetto fisso non collettati, per il calcolo dell'OER si è considerata una portata di aeriforme calcolata in base ai dati orari per ognuno dei singoli serbatoi considerati.

Per l'identificazione del valore di concentrazione di odore si è dapprima attribuito ad ogni serbatoio, in base allo storico dei dati disponibili dal 2018, una categoria di alta o bassa emissività. In secondo luogo, si è proceduto mediando i dati di concentrazione disponibili su tutti i serbatoi ad alta emissività e su tutti quelli a bassa emissività, così da ottenere un singolo valore di concentrazione per ogni categoria, come riportato nell'ultima colonna di Tabella 16.

Macrocategoria	Serbatoio	Cod misurata [ouE/m ³]	Data prelievo	Cod rappresentativa [ouE/m ³]
Alta emissività	S149	120000	24/02/2021	143615
Alta emissività	S149	44000	06/09/2022	
Alta emissività	S94	41000	24/02/2021	
Alta emissività	S94	21000	05/03/2019	
Alta emissività	S94	23000	05/03/2019	
Alta emissività	S94	25000	05/03/2019	
Alta emissività	S151	160000	30/07/2019	
Alta emissività	S151	390000	24/02/2021	
Alta emissività	S151	150000	31/07/2019	
Alta emissività	S148	160000	01/07/2020	
Alta emissività	S148	470000	22/10/2020	
Alta emissività	S148	230000	06/09/2022	
Alta emissività	S152	33000	06/09/2022	
Bassa emissività	S51	170	19/04/2023	538
Bassa emissività	S51	140	22/10/2020	
Bassa emissività	S51	230	24/02/2021	
Bassa emissività	S51	410	06/09/2022	
Bassa emissività	S51	1000	05/03/2019	
Bassa emissività	S51	430	05/03/2019	

Bassa emissività	S51	150	05/03/2019
Bassa emissività	S51	610	05/03/2019
Bassa emissività	S51	1900	05/03/2019
Bassa emissività	S51	650	05/03/2019
Bassa emissività	S122	60	30/07/2019
Bassa emissività	S122	51	01/07/2020
Bassa emissività	S122	360	22/10/2020
Bassa emissività	S122	2200	24/02/2021
Bassa emissività	S122	680	05/03/2019
Bassa emissività	S122	44	19/04/2023
Bassa emissività	S150	58	19/04/2023

Tabella 16. Dati olfattometrici utilizzati per il sotto-scenario serbatoi a tetto fisso presidiati con sistema a filtri fotocatalitici

In Figura 25 è riportato l'andamento globale del flusso di odore del sotto-scenario serbatoi a tetto fisso presidiati con sistema a filtri fotocatalitici (ottenuto sommando il contributo di ciascun serbatoio), in Tabella 17 i dettagli geometrici.

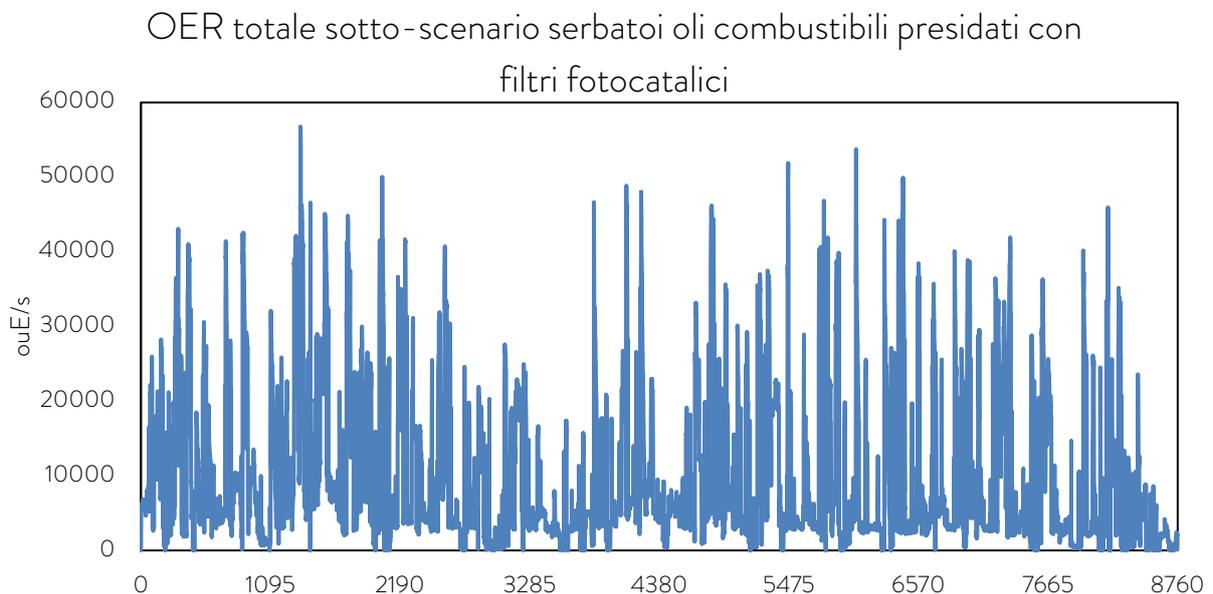


Figura 25. Andamento dell'OER nel sotto-scenario serbatoi a tetto fisso presidiati con filtri fotocatalitici

ID	UTM Est [m]	UTM Nord [m]	H [m]	σ_{y0} [m]	σ_{z0} [m]	Macrocategoria
S51	607.908	482.6773	0	0.7	0.93	Bassa emissività
S94	607.523	482.6968	0	0.7	0.93	Alta emissività
S122	607.589	482.6973	0	0.7	0.93	Bassa emissività
S148	607.374	482.6824	0	0.7	0.93	Alta emissività
S149	607.452	482.6781	0	0.7	0.93	Alta emissività
S151	607.413	482.6998	0	0.7	0.93	Alta emissività
S152	607.459	482.7073	0	0.7	0.93	Alta emissività

Tabella 17. Dettagli delle sorgenti considerate nel sotto-scenario serbatoi a tetto fisso presidiati con sistema a filtri fotocatalitici

4.9. SERBATOI CONTENENTI TAGLI PESANTI CON PRESIDIO A CARBONI ATTIVI

Per valutare l'impatto olfattivo derivante dai serbatoi che contengono idrocarburi pesanti, collettati ad un sistema di abbattimento delle emissioni a carboni attivi, si è elaborato un sotto-scenario ad hoc.

In questo caso l'emissione è unica, poiché tutti i serbatoi in questione sono convogliati ad uno stesso presidio. Per la caratterizzazione dei flussi emissivi si è considerata rappresentativa la concentrazione di odore media di quelle misurate a partire dal 2018, come riportato nell'ultima colonna della tabella di seguito.

Cod misurata [oue/m ³]	Data prelievo	Cod rappresentativa [oue/m ³]
510 360	31/07/2019	1808

270	01/07/2020	
11000	22/10/2020	
610	31/07/2019	
430	24/02/2021	
1100	05/03/2019	
270	05/03/2019	
180	19/04/2023	

Tabella 18. Dati olfattometrici utilizzati per il sotto-scenario serbatoi pesanti con presidio a carboni attivi

Per il calcolo dell'OER si è considerata una portata di aeriforme ottenuta dai dati orari di portata aspirata dal ventilatore, forniti dai tecnici di impianto. In questo caso, diversamente dall'approccio adottato nei restanti sotto-scenari, si è preferito utilizzare il 2020 come anno di riferimento, in quanto nel 2019 si sono riscontrati diversi valori nulli nel dataset di portata.

In Figura 26 è riportato l'andamento annuale del flusso di odore del sotto-scenario serbatoi a tetto fisso presidiati con sistema a carboni attivi, in Tabella 19 i dettagli emissivi e in Figura 27 l'elaborazione grafica delle sorgenti.

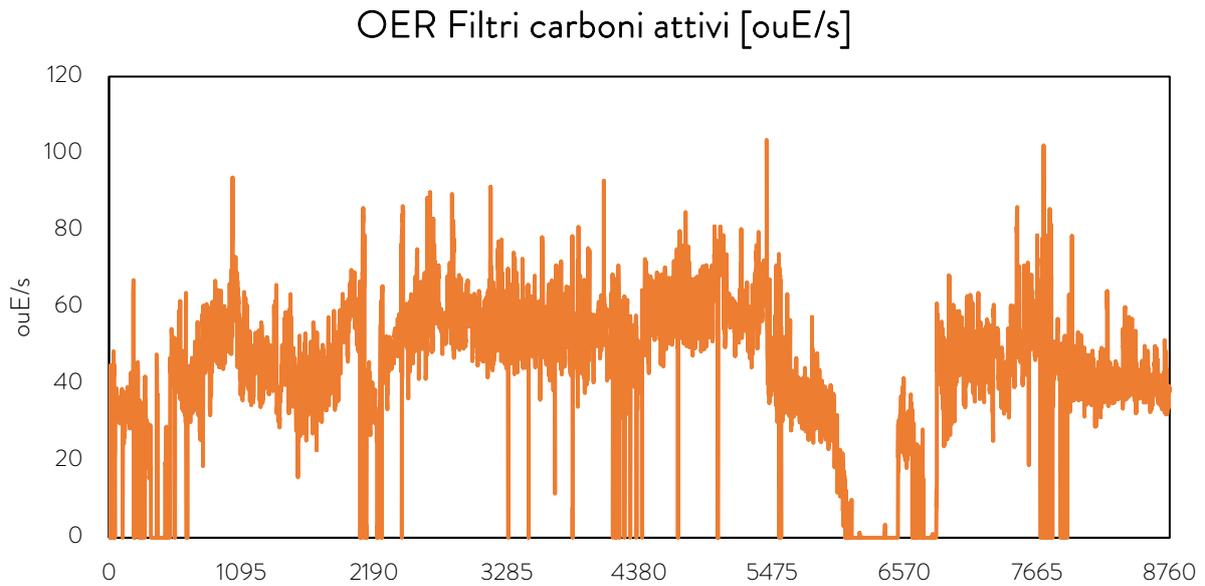


Figura 26. Andamento annuale del flusso di odore emesso dai filtri a carboni attivi

Sorgenti	UTM nord [m]	UTM est [m]	H [m]	D [m]	T [K]	Q [m³/h]	Cod [ouE/m³]	OER [ouE/s]
Carboni attivi	608324	4826928	12	0.15	288	Var.	1808	Var.

Tabella 19. Dettagli simulativi della sorgente simulata nel presente sotto-scenario



Figura 27. Proiezione grafica della sorgente simulata nel presente sotto-scenario

4.10. SERBATOI A TETTO GALLEGGIANTE

I serbatoi a tetto galleggiante sono solitamente utilizzati per stoccare composti particolarmente volatili: la presenza di un tetto che, invece che essere fisso, si muove solidale al livello del liquido stoccato, impedisce la presenza di spazio di testa al di sopra del contenuto. Tale accorgimento riduce sia il rischio di formazione di miscele esplosive all'interno di serbatoi di stoccaggio, sia contiene in larga misura le perdite diffuse.

D'altra parte, sotto il punto di vista della stima delle emissioni, la caratterizzazione di questa tipologia di sorgenti risulta tutt'altro che banale. In questo caso, infatti, le condizioni emissive di un flusso convettivo di aeriforme, come sono invece presenti durante le fasi di riempimento dei serbatoi a tetto fisso, non sono in alcuna maniera

possibili. Questo fatto, oltre a rendere particolarmente complessa la valutazione quantitativa dei flussi di odore emessi, rende anche di fatto impossibile il campionamento in loco per la misura olfattometrica: l'emissione, infatti, avviene sempre e soltanto per perdita diffusa.

La stima degli OER per questa tipologia di sorgente è da effettuarsi quindi con un approccio non convenzionale.

È invalso, all'interno della bibliografia di settore, e riportato nelle BREF *"Emissions from Storage"*, l'utilizzo delle correlazioni del protocollo *"Emission Factor Documentation for AP-42 - Section 7.1"* per la stima quantitativa dei flussi di massa di COV emessi per perdite diffuse da serbatoi di stoccaggio.

In questo documento sono riportati una serie di algoritmi e correlazioni che, in funzione di parametri geometrici, logistici, chimico-fisici e meteorologici, sono in grado di elaborare una stima quantitativa delle emissioni di composti organici da serbatoi di stoccaggio. L'US EPA nel 2006 ha rilasciato un software, chiamato TANKS 4.09d, per rendere possibile l'utilizzo delle correlazioni dell'AP-42 tramite un'interfaccia grafica. D'altra parte, a causa problemi di compatibilità con gli attuali sistemi operativi, l'ente americano dal 2011 ha dichiarato il software TANKS obsoleto. Al fine di caratterizzare al meglio le perdite diffuse da serbatoi a tetto galleggiante, il Laboratorio Olfattometrico del Politecnico di Milano ha sviluppato un codice di calcolo ad hoc che implementa tutta la serie di correlazioni riportate nel protocollo AP-42. Tramite questo codice è stato quindi possibile calcolare i flussi di massa, espressi in kg/y, emessi dai serbatoi a tetto galleggiante della raffineria. I dettagli della stima delle perdite fuggitive sono riportati in Paragrafo 4.10.4.1.

Questo dato però non è sufficiente, in quanto non in grado di fornire alcuna informazione riguardo al potenziale odorigeno dell'emissione.

È stato quindi necessario procedere ad una serie di sperimentazioni di laboratorio volte alla caratterizzazione del potenziale odorigeno di diversi tagli idrocarburici.

4.10.4.1 Calcolo delle perdite fuggitive di COV

Il protocollo di calcolo AP-42 fornisce una serie di correlazioni per stimare i quantitativi di emissioni fuggitive dovuti a diversi contributi emissivi. L'emissione di COV totali infatti, L_{tot} , espressa in kg/y, è calcolata come somma di diversi contributi:

$$L_{tot} = L_R + L_{WD} + L_F + L_D$$

Ove L_R rappresenta il contributo dovuto alla guarnizione di tenuta, L_{WD} rappresenta il contributo legato alle perdite di parete dovute al prelievo del liquido, L_F rappresenta le perdite dovute ai fittings posti sul tetto galleggiante, mentre L_D rappresenta le perdite dovute agli interstizi da pareti bullonate (nulle nel caso di pareti saldate).

Ogni serbatoio a tetto galleggiante è stato caratterizzato sotto il punto di vista geometrico. I dati di movimentazione dei singoli serbatoi sono stati ricavati dalle informazioni di movimentazione, relative all'anno 2019, su base oraria.

Come opzioni di dettaglio si sono considerate le impostazioni di default riportate nella versione 2006 dell' capitolo 7 dell' AP-42.

Come input meteorologici, si sono utilizzati quindi i dati relativi alla centralina di raffineria, già utilizzata per la definizione dello scenario di input a CALMET.

In Tabella 20 sono riportati i valori numerici impiegati.

Mese	V vento (m/s)	Pressione (hPa)
01	2,74	1011,38
02	2,47	1021,48
03	3,27	1018,48
04	2,87	1012,34
05	2,79	1011,23
06	2,46	1014,98
07	2,60	1011,85
08	2,25	1014,17
09	2,80	1015,62
10	2,71	1015,69

11	3,49	1005,64
12	3,33	1014,75

Tabella 20. Dati metereologici utilizzati per il calcolo di perdite fuggitive dai serbatoi a tetto galleggiante

Per stimare il flusso di massa totale L_{tot} di ogni singolo serbatoio si sono considerati la tipologia di taglio stoccato in ogni mese dell'anno, le dimensioni geometriche del serbatoio, i dati di movimentazione e di temperatura di stoccaggio mensili, calcolati a partire dai dati orari. L'anno di riferimento per il quale sono stati estratti tutti i dati di input è il 2019.

Avendo utilizzato come base di calcolo dei dati con variabilità mensile, sono stati stimati dei flussi di massa variabili, per ogni serbatoio, per ogni mese dell'anno. Questo approccio, rispetto all'utilizzo di input mediati sull'anno e alla stima di flussi massivi annuali, rende maggiormente solido lo studio modellistico garantendo una valutazione di dettaglio del fenomeno emissivo, poiché evita una mediazione di lungo periodo che andrebbe ad "appiattare" il profilo emissivo⁷.

In Figura 28 si riporta l'andamento mensile delle perdite massive totali derivanti da tutti i serbatoi a tetto galleggiante dell'impianto.

⁷ Invernizzi, M., Sironi, S., 2021. "Odour Emission Rate Estimation Methods for Hydrocarbon Storage Tanks", Chemical Engineering Transactions, 85 DOI: 10.3303/CET2185012.

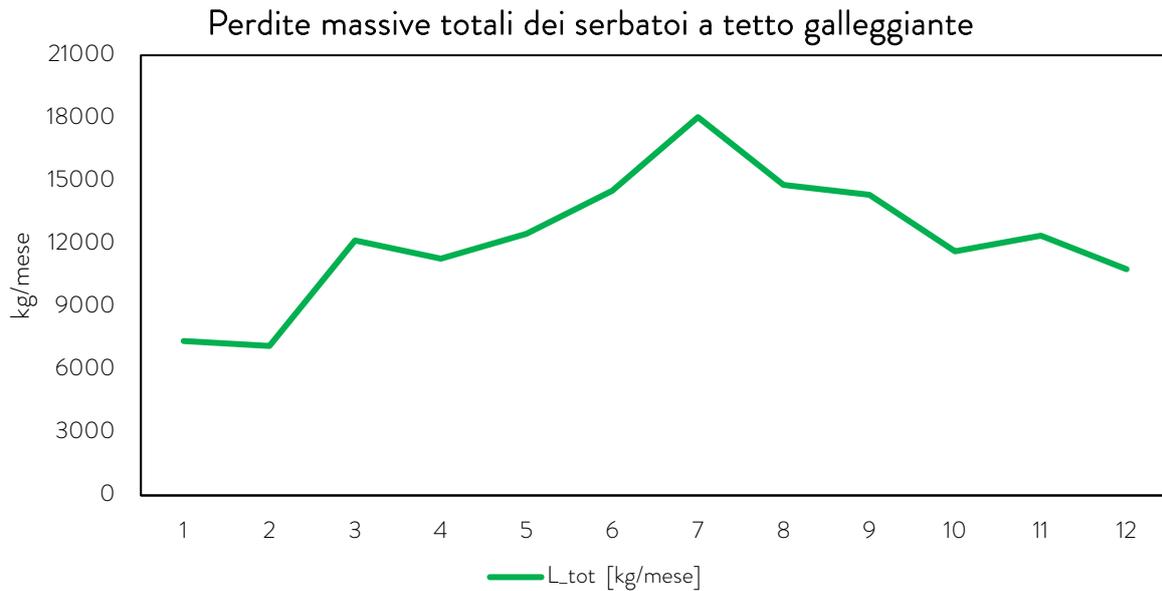


Figura 28. Andamento annuale delle perdite massive totali associate ai serbatoi a tetto galleggiante

4.10.4.2 Misura dell'HCOEC

Una metodologia innovativa per la stima quantitativa delle emissioni di odore da serbatoi a tetto galleggiante è quella che utilizza la misura sperimentale del parametro HydroCarbon Odour Emission Capacity, HCOEC (*Invernizzi M., Ilare J., Capelli L., Sironi S., 2018, Proposal of a Method for Evaluating Odour Emissions from Refinery Storage Tanks, Chemical Engineering Transactions, 68, 49-54*).

Tale grandezza dà conto della quantità di odore, misurabile in ouE, correlato a un quantitativo massivo di miscela idrocarburica evaporata [kg].

Accoppiando quindi il flusso di massa emesso da un serbatoio al dato di HCOEC, che quantifica la potenzialità odorigena di un quantitativo di taglio idrocarburico evaporato, è possibile stimare il flusso di odore emesso come:

$$OER [ouE/y] = L_{tot} [kg/y] \cdot HCOEC [ouE/kg]$$

L'approccio di partenza prende spunto dalla determinazione dell'OEC delle acque reflue (Frechen et al. 1998), mutuato successivamente nella norma tecnica tedesca VDI 3885:2015.

L'idea di base del metodo è quella di strappare una porzione di miscela idrocarburica, al fine di ottenere dei campioni gassosi della miscela stessa. Su questi campioni, si effettua una serie di analisi di olfattometria dinamica. Tramite queste valutazioni è quindi possibile correlare il quantitativo totale di odore emesso con la massa strappata durante la durata della sperimentazione. In Figura 29 è riportato lo schema dell'apparato sperimentale per la misura dell'HCOEC.

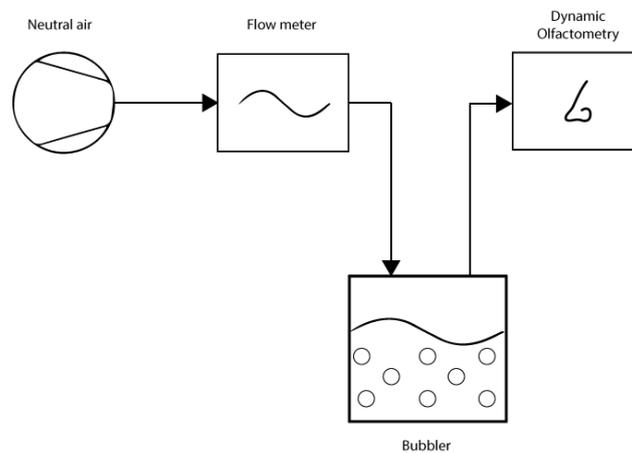


Figura 29. Schema dell'apparato sperimentale per la misura di HCOEC

Per il calcolo dell'HCOEC si considera l'equazione:

$$HCOEC \left[\frac{ou_E}{kg} \right] = \frac{Od_{tot} [ou_E]}{m_{evap} [kg]} = \frac{\int_0^{t_{tot}} Q_{N_2} \left[\frac{m^3}{s} \right] \cdot C_{OD}(t) \left[\frac{ou_E}{m^3} \right] \cdot dt [s]}{m_{evap} [kg]}$$

dove Od_{tot} è la quantità di odore emessa nel tempo totale di analisi, Q_{N_2} è la portata di azoto costante che fluisce nel sistema tramite un regolatore di massa, C_{OD} è la concentrazione di odore in funzione del tempo misurata dal campione gassoso in

uscita dal sistema, dt è l'istante di tempo durante il quale il flusso gassoso è convogliato al gorgogliatore, m_{evap} è la massa evaporata durante l'analisi, misurabile come la differenza tra la massa del sistema tra l'inizio e la fine della prova.

Non conoscendo a priori l'andamento della C_{OD} in funzione del tempo, la risoluzione numerica dell'integrale diventa l'obiettivo principale della parte di calcolo.

Durante ogni singola prova 12 campioni di fase gassosa sono stati raccolti all'interno di bag di Nalophan all'uscita del gorgogliatore: durante il campionamento il flusso in uscita dal gorgogliatore è stato pre-diluito grazie a un ulteriore regolatore di massa, al fine di rientrare all'interno dei limiti di misura dell'olfattometria dinamica.

Per la risoluzione dell'integrale definito è stata usata la regola dei trapezi:

$$\int_a^b f(x) dx \approx (b - a) \cdot \frac{f(a) + f(b)}{2} \quad [2]$$

dove gli estremi di integrazione sono i volumi di azoto complessivi negli istanti in cui è stato prelevato il campione gassoso per la misura della C_{OD} . La somma dei singoli trapezi dà l'area sottesa la curva descritta dalla $C_{OD}(t)$.

A titolo esemplificativo, in Figura 30 si riporta l'andamento di concentrazione di odore in funzione del quantitativo totale di azoto gorgogliato, per una delle benzine oggetto dello studio.

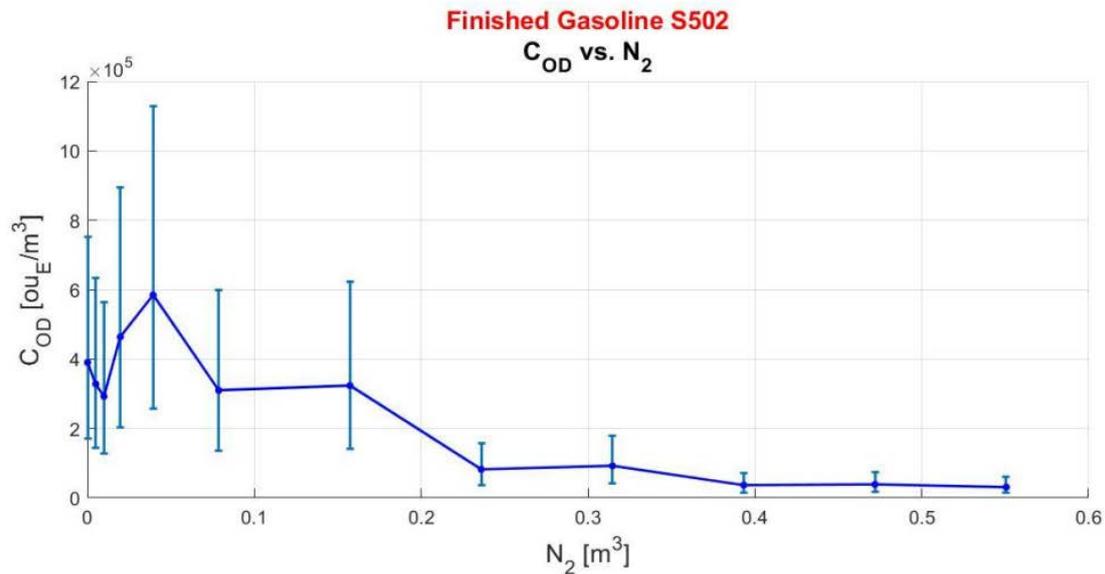


Figura 30. Esempio di risultanze per la valutazione di HCOEC di una benzina della raffineria

L'incertezza della misura olfattometrica può avere un peso significativo sulle elaborazioni effettuate sulle 12 misure. Per limitare l'influenza dell'incertezza è stato implementato, tramite il software di calcolo MATLAB, un metodo numerico *Crude Monte Carlo*, algoritmo utile per la descrizione di fenomeni stocastici (casuali), in cui la generazione randomica di eventi, secondo certe distribuzioni di probabilità (in questo caso lognormali), risulta essere equivalente all'approssimazione del valore di un integrale definito o di una somma.

Utilizzando un numero di iterazioni N pari a 10^6 per ogni valore di C_{OD} , si ottengono 10^6 set di C_{OD} complete, da cui è possibile calcolare il valore di HCOEC per ogni iterazione, seguendo sempre la regola dei trapezi. La media dei 10^6 valori ottenuti, sarà il valore atteso dell'HCOEC.

In Figura 31 è riportato un esempio di *Cumulative Distribution Function* (CDF) della popolazione di dati di HCOEC, ottenuta dalla simulazione Monte Carlo per una delle benzine della raffineria. La linea verde rappresenta il valore di HCOEC calcolato come media della popolazione dei dati empirici ottenuti dall'elaborazione stocastica.

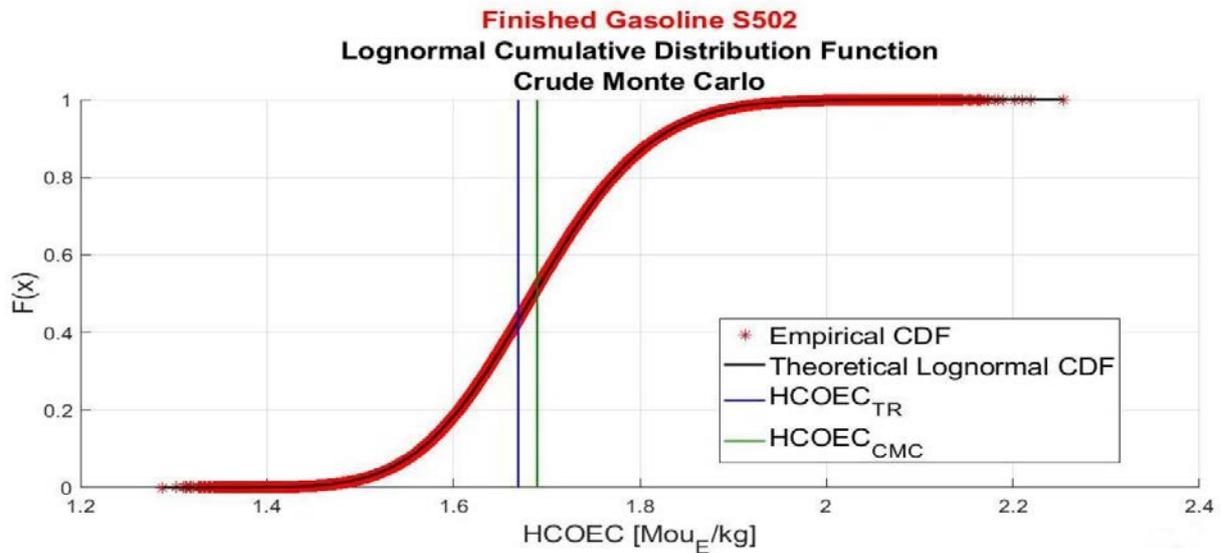


Figura 31. Esempio di CDF delle risultanze dell’algoritmo Monte Carlo di una benzina della raffineria

In Tabella 21 sono riportati i valori medi e le deviazioni standard delle popolazioni di misure elaborate con in metodo Monte Carlo citato. I valori medi ottenuti sono stati utilizzati come valori di HCOEC per il calcolo dei flussi emissivi dei serbatoi a tetto galleggiante.

Macrocategoria taglio	Serbatoio riferimento	μ HCOEC [ou/kg]	σ HCOEC [ou/kg]
Benzina full range	S127	1.45E+07	8.22E+05
Benzina finita	S502	1.68E+06	9.86E+04
Greggio CPC	S135	1.14E+08	6.37E+06
Greggio Basrah	S137	3.97E+07	2.64E+06
Gasolio-kero desolfurato	S97	5.04E+06	3.59E+05
Gasolio-kero non desolfurato	S117	9.13E+07	6.45E+06

Tabella 21. Risultati delle misurazioni di HCOEC per le varie macrocategorie di tagli idrocarburici analizzati

4.10.4.3 Calcolo dei flussi emissivi di odore

Come si è detto, si è proceduto a considerare delle macrocategorie rappresentative dei tagli stoccati nei serbatoi a tetto galleggiante della raffineria.

Per ogni serbatoio, in funzione della tipologia di taglio stoccato, considerato variabile mese per mese, si è attribuito un valore di HCOEC rappresentativo per il serbatoio di interesse e il mese in questione.

A questo proposito si precisa che per i serbatoi contenenti grezzo, visti i valori significativi ottenuti dalle sperimentazioni di HCOEC e tenuto conto che di frequente ad uno stesso serbatoio vengono destinati grezzi di diversa tipologia, si è deciso di dettagliare ulteriormente l'attribuzione del dato di HCOEC.

Per questi serbatoi, infatti, si è deciso di stimare il dato di HCOEC come media ponderata dei due valori disponibili per i grezzi (CPC e Basrah) rispetto alla % di ore mensili in cui è stato effettivamente stoccato, in ciascun serbatoio, grezzo di tipo CPC oppure grezzo di altra tipologia (attribuito in questo caso alla macrocategoria Grezzo Basrah). Infatti, visto l'elevato potenziale odorigeno stimato per il grezzo CPC, questa analisi permette di valutare in maniera più precisa l'intervallo temporale in cui effettivamente il serbatoio ha ricevuto CPC.

Il flusso emissivo di odore, OER, variabile su base mensile, è stato quindi calcolato con la formula:

$$OER \left[\text{ou}_E / \text{month} \right] = L_{tot} \left[\text{kg} / \text{month} \right] \cdot HCOEC \left[\text{ou}_E / \text{kg} \right]$$

Come discusso in precedenza, questo approccio consente una valutazione più dettagliata del fenomeno emissivo, evitando la mediazione annuale che potrebbe comportare un appiattimento di eventuali "fenomeni di picco". In Figura 32 si riporta l'andamento annuale, su base mensile, del flusso di odore derivante da tutti i serbatoi a tetto galleggiante della raffineria.

Andamento del flusso di odore dai serbatoi a tetto galleggiante



Figura 32. Andamento annuale del flusso di odore totale associato ai serbatoi a tetto galleggiante

Vista la conformazione strutturale di queste sorgenti, si è proceduto a modellarle come sorgenti areali di odore. Essendo sorgenti areali il dato di input legato al flusso di odore è il SOER ossia il flusso specifico di odore. Questi dati sono calcolati con l'equazione:

$$SOER_{TG} = \frac{OER_{TG}}{\pi R^2}$$

Ove $SOER_{TG}$ è il flusso specifico di odore per ogni serbatoio a tetto galleggiante, OER_{TG} è il flusso di odore globale mentre R è il raggio del serbatoio.

In Tabella 22 sono riportati i dettagli utilizzati per simulare la dispersione di odore all'interno del software CALPUFF.

ID	H [m]	R [m]	σ_{z0} [m]	L_{tot} [kg/y]	OER [ouE/y]	% OER
S3	14.8	18.3	6.9	6303	1.06E+10	0.71%
S4	15.6	15.2	7.3	4111	5.96E+10	4.00%
S3	14.0	11.4	6.5	19	9.38E+07	0.01%

S65	12.0	11.4	5.6	7747	1.30E+10	0.87%
S66	12.0	11.6	5.6	7802	1.31E+10	0.88%
S104	16.9	27.4	7.9	1888	8.67E+10	5.82%
S105	17.0	27.4	7.9	1471	7.95E+10	5.34%
S106	13.1	7.9	6.1	17	8.70E+07	0.01%
S107	13.9	7.9	6.4	5236	7.59E+10	5.10%
S108	13.9	7.9	6.5	5242	7.60E+10	5.10%
S111	12.8	12.5	5.9	7766	3.91E+10	2.63%
S113	15.2	20.4	7.1	40	2.00E+08	0.01%
S117	15.6	18.4	7.3	6819	9.94E+10	6.68%
S119	16.3	12.2	7.6	9463	1.37E+11	9.21%
S121	16.3	27.4	7.6	1506	5.98E+10	4.01%
S123	13.0	24.4	6.0	90	4.54E+08	0.03%
S125	12.6	24.4	5.8	9506	1.38E+11	9.25%
S126	15.7	16.8	7.3	30	2.78E+09	0.19%
S127	15.7	16.8	7.3	3970	5.76E+10	3.86%
S128	13.0	7.3	6.0	18	8.95E+07	0.01%
S129	13.0	7.3	6.0	5269	8.85E+09	0.59%
S130	13.3	7.3	6.2	7225	1.05E+11	7.03%
S135	19.5	34.0	9.1	170	6.75E+09	0.45%
S136	19.8	35.7	9.2	2064	9.44E+10	6.34%
S137	19.6	37.7	9.1	2041	9.16E+10	6.15%
S153	16.6	25.5	7.7	7116	1.03E+11	6.93%
S154	16.8	19.5	7.8	6499	1.09E+10	0.73%
S155	16.8	16.3	7.8	119	6.01E+08	0.04%
S157	16.0	21.3	7.4	6928	1.16E+10	0.78%
S400	14.2	19.0	6.6	44	2.20E+08	0.01%
S501	16.0	19.5	7.4	6511	1.09E+10	0.73%
S502	16.6	19.5	7.7	6520	1.10E+10	0.74%
S503	16.5	19.5	7.7	6621	1.11E+10	0.75%

S504	16.6	19.5	7.7	6499	1.09E+10	0.73%
S510	19.6	24.8	9.1	4387	6.36E+10	4.27%

Tabella 22. Dettagli emissivi del sotto-scenario serbatoi a tetto galleggiante

4.11. SERBATOI DI FANGHI COLLETTATI A FILTRI FOTOCATALITICI

I serbatoi a tetto fisso S21C, S21D, S21E, contenenti fanghi, sono dotati di filtri fotocatalitici collegati allo sfiato.

Il sotto-scenario in oggetto è stato modellato in maniera simile a quanto descritto nel Paragrafo 4.8, relativo ai serbatoi di oli combustibili dotati di filtri fotocatalitici.

Infatti, anche in questo caso l'emissione è stata simulata come sorgente volumetrica e per la stima dell'OER si è considerata una portata di aeriforme calcolata in base ai dati orari disponibili per ognuno dei singoli serbatoi considerati. In questo caso, tuttavia, poiché sono disponibili i dati di livello relativi agli ultimi tre mesi, si è fatto riferimento all'ultimo dataset disponibile, ovvero i valori relativi all'arco temporale gennaio 2023 - marzo 2023. Non potendo pertanto coprire un intero anno, si è estrapolato il dataset disponibile associandolo all'intero anno di riferimento (2019), dunque riproponendo per tutti e quattro i trimestri dell'anno i flussi di odore stimati a partire dai dati di livello trimestrali registrati (gen – mar. 2023).

Per l'identificazione del valore di concentrazione di odore, si è proceduto mediando i dati di concentrazione disponibili sui serbatoi fanghi a partire dal 2018, così da ottenere un singolo valore di concentrazione per tutti e tre i serbatoi, come riportato nell'ultima colonna di Tabella 23.

Sorgente	Data prelievo	Cod misurata [ouE/m ³]	Cod rappresentativa [ouE/m ³]
Filtro fotocatalitico serbatoio S21E	31/07/2019	25000	141373
Filtro fotocatalitico serbatoio S21E	02/07/2020	2400	

Filtro fotocatalitico serbatoio S21E	22/10/2020	230	
Filtro fotocatalitico serbatoio S21E	24/02/2021	610	
Filtro fotocatalitico serbatoio S21E	07/09/2022	420000	
Filtro fotocatalitico serbatoio S21E	19/04/2023	400000	

Tabella 23. Dati olfattometrici utilizzati per il sotto-scenario serbatoi fanghi presidiati con sistema a filtri fotocatalitici

In Figura 33 è riportato l'andamento globale del flusso di odore dei singoli serbatoi fanghi presidiati con sistema a filtri fotocatalitici (S21C, S21D, S21E), in Tabella 24 i dettagli geometrici.

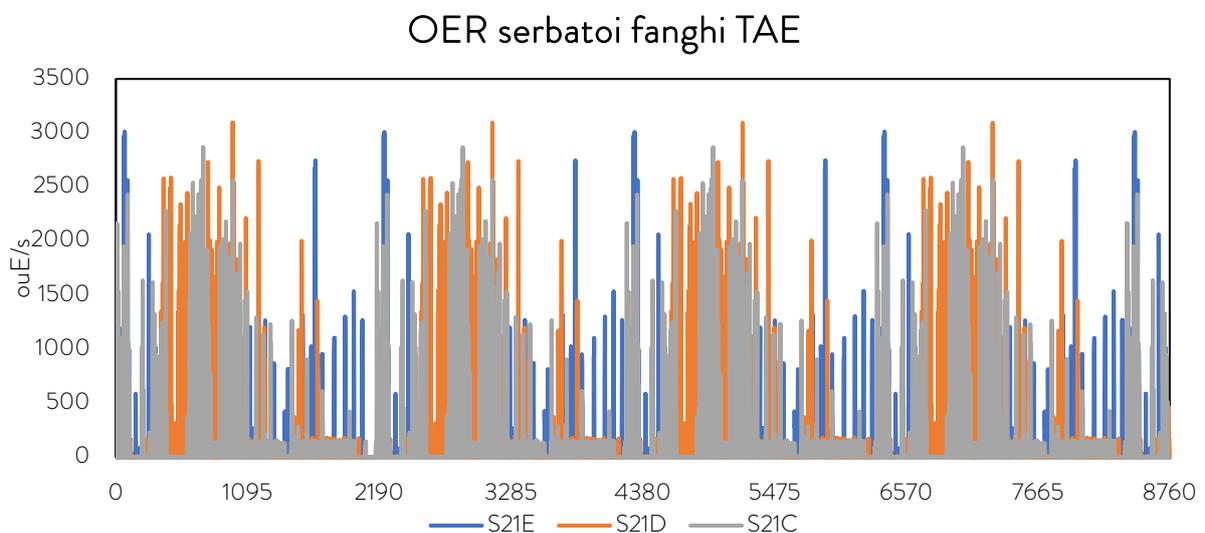


Figura 33. Andamento dell'OER nel sotto-scenario serbatoi fanghi presidiati con filtri fotocatalitici

ID	UTM Est [m]	UTM Nord [m]	H [m]	σ_{y0} [m]	σ_{z0} [m]	Cod [ouE/m ³]
S21C	608142	4827374	0	1.5	2.8	141373
S21D	608153	4827369	0	1.5	2.8	141373
S21E	608156	4827380	0	1.5	2.8	141373

Tabella 24. Parametri simulativi delle sorgenti del sotto-scenario serbatoi fanghi presidiati con filtri fotocatalitici

4.12. IMPATTO GLOBALE DI IMPIANTO

A valle della simulazione dei sotto-scenari descritti, si è proceduto al calcolo dell'impatto globale dell'impianto. Tale elaborazione è stata ottenuta tramite il tool CALSUM Wizard, facente parte della suite di CALPUFF. Questo algoritmo è in grado di sommare i contributi dei domini spazio-temporali di concentrazione di odore valutati nei diversi sotto-scenari.

5. MODELLO DI DISPERSIONE

5.1. DESCRIZIONE DEL MODELLO

Per il calcolo della dispersione delle emissioni è stato impiegato il modello CALPUFF, realizzato dalla Earth Tech Inc. per conto del California Air Resources Board (CARB) e del U.S. Environmental Protection Agency (US EPA).

CALPUFF appartiene alla tipologia di modelli descritti al paragrafo 3.1.2 della linea guida RTI CTN_ACE 4/2001 “Linee guida per la selezione e l’applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell’aria”, Agenzia Nazionale per la Protezione dell’Ambiente, Centro Tematico Nazionale – Aria Clima Emissioni, 2001.

Il modello di dispersione CALPUFF, nel modo in cui è impiegato nell’ambito del presente studio, è classificabile nella tipologia 2 della scheda 9 della norma UNI 10796:2000 “Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi - Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici”, ma ha alcune caratteristiche avanzate tali da classificarlo nella tipologia 3 della medesima scheda 9.

CALPUFF è uno dei modelli adottati ufficialmente da US EPA per la stima della qualità dell’aria, con le seguenti motivazioni (*Appendix W to Part 51 - Guideline on Air Quality Models*).

- «In some public comments there was a general consensus that the technical basis of the CALPUFF modeling system has merit and provides substantial capabilities to not only address long range transport, but to address transport and dispersion effects in some complex wind situations».
- «CALPUFF in its current configuration is suitable for regulatory use for long range transport, and on a case-by-case basis for complex wind situations».

Si rimanda al documento citato per quanto riguarda il rapporto sugli studi circa la validazione e la stima dell’accuratezza del modello.

Tra le ragioni che suggeriscono l'impiego di CALPUFF nel caso in esame, si possono elencare le seguenti:

- L'algoritmo principale di CALPUFF implementa un modello di dispersione lagrangiano non stazionario a puff gaussiano. Questo permette la trattazione rigorosa ed esplicita anche dei periodi nei quali il vento è debole o assente, a differenza dei più noti modelli a pennacchio gaussiano (Gaussian plume models).
- I coefficienti di dispersione sono stati calcolati dai parametri di turbolenza (u^* , w^* , L_{MO}), anziché dalle classi di stabilità Pasquill-Gifford-Turner (MDISP=2). Ciò sta a significare che la turbolenza è descritta da funzioni continue anziché discrete.
- Alle sorgenti emissive possono essere assegnate emissioni variabili nel tempo, ora dopo ora.
- Durante i periodi in cui lo strato limite ha struttura convettiva, la distribuzione delle concentrazioni all'interno di ogni singolo puff è gaussiana sui piani orizzontali, ma asimmetrica sui piani verticali, cioè, tiene conto della asimmetria della funzione di distribuzione di probabilità delle velocità verticali. In altre parole, il modello simula gli effetti sulla dispersione dovuti ai moti dell'aria ascendenti (le comunemente dette "termiche") e discendenti tipici delle ore più calde della giornata e dovuti ai vortici di grande scala.

5.2. BUILDING DOWNWASH

Il building downwash è l'effetto di disturbo causato da edifici, o da altre costruzioni che agiscono da ostacolo, sulla dispersione delle sostanze in aria.

In generale un ostacolo crea delle turbolenze indotte dalla forza del vento che agisce su di esso, si ha quindi una modifica della naturale traiettoria del vento. La turbolenza locale richiama il pennacchio verso il basso e di conseguenza sottovento all'ostacolo si ha un aumento di concentrazione di inquinanti. Continuando ad allontanarsi, sempre

in direzione sottovento, si ha che le differenze di concentrazione si attenuano e l'effetto dell'edificio va via via attenuandosi.

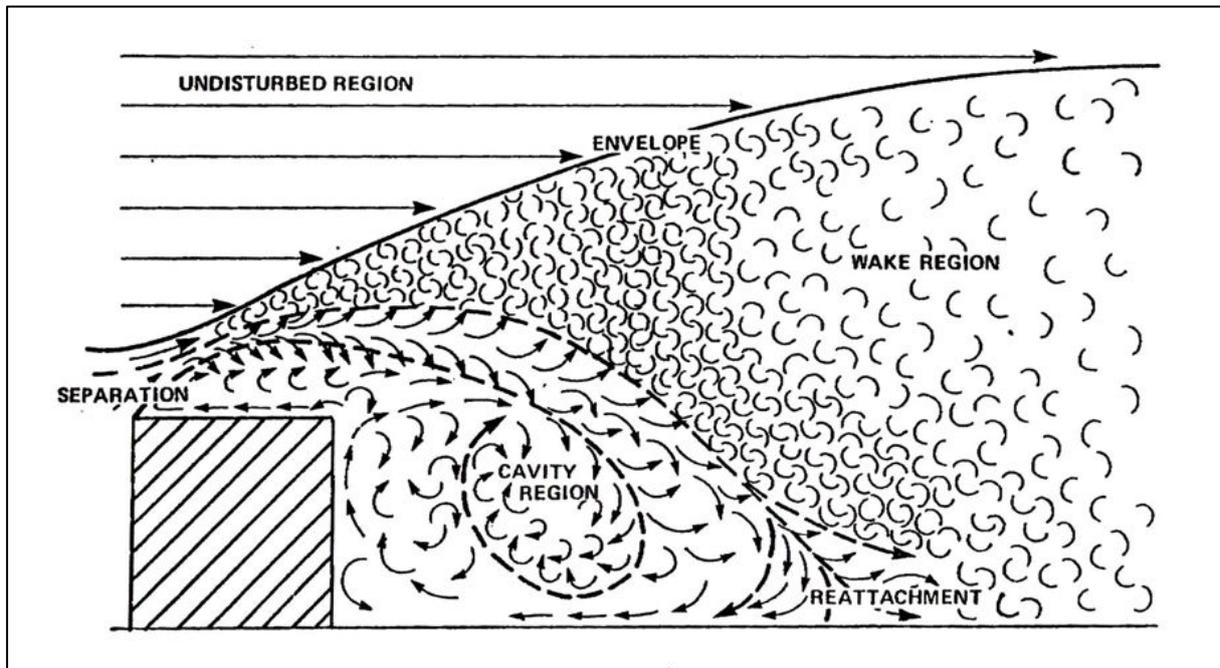


Figura 34. Schema del meccanismo di funzionamento del building downwash

Il software di simulazione CALPUFF ha al suo interno l'algoritmo BPIP-PRIME, in grado di valutare l'effetto degli edifici nelle vicinanze di un'emissione. All'interno di esso sono quindi stati inseriti i dati geometrici dei serbatoi, come visibile in Figura 35.



Figura 35. Simulazione visiva dei serbatoi, in blu, considerati per il calcolo del building downwash.

5.3. EFFETTI DELLE FLUTTUAZIONI ISTANTANEE DI CONCENTRAZIONE DI ODORE

La concentrazione di odore in aria ambiente, così come qualunque variabile identificabile come uno scalare passivo dell'atmosfera, fluttua istantaneamente, ed in maniera continua, per effetto della onnipresente turbolenza atmosferica.

Va d'altra parte considerato che, affinché un odore sia percepibile, è sufficiente che la sua concentrazione in aria superi la soglia di percezione anche solo per il tempo di un respiro (della durata media di 3.6 secondi).

Poiché il modello di dispersione impiegato produce come output, per ciascuna ora e in ciascun punto del dominio di simulazione, la media oraria della concentrazione di odore, è necessario dedurre, da questa, la concentrazione oraria di picco, ossia un

valore di concentrazione più elevato rispetto alla media oraria, che rappresenti la concentrazione che viene superata per un lasso di tempo, anche contenuto, al di sotto dell'ora.

Esistono, allo stato dell'arte, diversi metodi per la stima del valore di concentrazione sub-oraria. D'altra parte, sussistono allo stato attuale una serie di limitazioni che ne restringono l'applicazione concreta e che rendono difficoltosa l'identificazione di un approccio univoco per la sua quantificazione. Nello specifico infatti:

- non è disponibile una definizione unica e universalmente riconosciuta di "picco". Essenzialmente non è definito quale sia il periodo temporale a breve termine, inferiore all'ora, da considerarsi rappresentativo per la stima della già citata concentrazione di picco;
- i metodi attualmente disponibili per il calcolo del "picco" sono molto vari, sia in termini di approccio metodologico che di complessità;
- le ipotesi operative sottese all'adozione di differenti algoritmi per il calcolo del picco possono condurre a risultanze non direttamente confrontabili.

Per questi motivi, l'approccio generalmente più diffuso per la stima della concentrazione di picco passa per un'equazione in forma semplificata che utilizza un unico fattore moltiplicativo della concentrazione media oraria restituita dal modello di dispersione. Tale valore è costante e unico, per tutte le celle del dominio e le ore di simulazione. Le linee guida presenti sul territorio italiano (cfr. *Delibera SNPA n. 38/2018, Capitolo 5*) prescrivono l'ottenimento dei valori di picco moltiplicando le concentrazioni medie orarie per un peak-to-mean ratio pari a 2.3. Benché nella letteratura scientifica non vi sia accordo unanime circa la definizione di un valore universale per questo parametro, tale fattore unico ed uniforme ha lo scopo di depurare i risultati delle simulazioni, per quanto possibile, dagli aspetti soggettivi connessi alla scelta dei parametri del modello, più che alle specificità dello scenario emissivo di cui si deve simulare l'impatto. Inoltre, alcuni recenti studi (*Invernizzi M., Brancher M., Sironi S., Capelli L., Piringer M., Schauburger G., "Odour*

impact assessment by considering short-term ambient concentrations: A multi-model and two-site comparison” *Environment International* 144 (2020) 105990; Invernizzi M., Capra F., Sozzi R., Capelli L., Sironi S., “*Development and evaluation of a fluctuating plume model for odor impact assessment*” *Applied Sciences* 11 (2021) 3310) hanno evidenziato come, ipotizzando la concentrazione di picco come quella al calcolata al 90° percentile del dataset sub-orario, il valore di peak-to-mean ratio pari a 2.3 appare generalmente in linea con quanto elaborato da differenti approcci modellistici più complessi.

5.4. ELABORAZIONE DEI RISULTATI

5.4.1. Valori di riferimento

Per l’elaborazione dei risultati, si è fatto riferimento alla linea guida di Regione Lombardia (DGR 15 febbraio 2012 – n. IX/3018) che prevede che, sulla base della modellazione della dispersione dell’odore “dovranno essere redatte mappe di impatto nelle quali devono essere evidenziati i valori corrispondenti a 1, 3 e 5 ouE/m³ del 98° percentile su base annuale delle concentrazioni orarie di picco di odore risultanti dalle simulazioni. Si tenga presente che a: 1 ouE/m³ il 50% della popolazione percepisce l’odore; 3 ouE/m³ l’85% della popolazione percepisce l’odore; 5 ouE/m³ il 90-95% della popolazione percepisce l’odore.”

5.4.2. Calcolo dei percentili di concentrazione

Per ciascuno dei recettori idealmente disposti sul territorio circostante al sito in esame e per ogni ora del dominio di tempo della simulazione, CALPUFF calcola la concentrazione media oraria di ciascuno degli inquinanti presi in esame nel presente studio. Tutte le concentrazioni di odore restituite dal modello sono inoltre moltiplicate per il *peak-to-mean ratio*, così da ottenere le concentrazioni di picco di odore per ogni recettore e per ogni ora del dominio di tempo.

Dalla matrice delle concentrazioni al suolo, per ogni ora del dominio di tempo, per ogni recettore, sono estratti i percentili di ordine 98 per ciascun recettore.

Nel caso della concentrazione di odore, come definito dalla norma EN 13725:2022, l'odore di un campione aeriforme avente concentrazione di odore pari a 1 ouE/m^3 è percepibile solo dal 50% degli individui. Quindi, ad esempio, se presso un dato recettore il 98° percentile delle concentrazioni orarie è di 1 ouE/m^3 , la concentrazione di picco di odore simulata nell'aria al suolo è inferiore a 1 ouE/m^3 per il 98% delle ore nell'anno considerato; quindi il 50% della popolazione non percepisce l'odore emesso dalle sorgenti in esame per il 98% delle ore su base annua.

6. PRESENTAZIONE E VALUTAZIONE DEI RISULTATI

Per ogni sotto-scenario e per lo scenario globale dell'impianto sono riportate, nei paragrafi seguenti, le mappe di impatto al 98° percentile. Si precisa che, per alcuni sotto-scenari, le mappe vengono presentate, anziché nell'intero dominio di simulazione, in una porzione più ridotta, zoomata sull'impianto, in maniera tale da poter distinguere più chiaramente l'impatto ascrivibile allo scenario in questione.

Sono inoltre presentati, in Tabella 25, i valori puntuali calcolati in ognuno dei ricettori elencati in Paragrafo 2.3.

Si sottolinea che le mappe di concentrazione al 98° percentile rappresentano le concentrazioni di odore che vengono raggiunte per 175 ore nell'anno (il 2% delle 8760 dell'anno).

ID	Descrizione	Camini	VRU	Vasche di trattamento scoperte	Vasche di trattamento coperte con FFC	Vasca di arrivo acque collettate a FFC	Serbatoi a tetto fisso non collettati	Serbatoi oli combustibili collettati a FFC	Serbatoi con presidio a carboni attivi	Serbatoi a tetto galleggiante	Serbatoi fanghi collettati a FFC	Scenario globale dell'impianto
R_1	Livorno - Centro Abitato	0.01	3.2E-04	0.01	7.2E-04	0.12	3.6E-03	0.02	1.3E-04	0.14	5.1E-04	0.30
R_2	Calambrone - Centro Abitato	0.06	4.0E-04	0.03	6.3E-03	0.55	2.2E-02	0.16	4.8E-04	0.49	3.7E-03	1.12
R_3	Stagno - Centro Abitato	0.16	4.1E-04	0.12	2.1E-02	2.00	3.8E-02	0.12	1.2E-03	0.86	1.2E-02	2.90
R_4	Condotti Vecchi - Nucleo Abitato	0.02	2.5E-04	0.01	7.6E-04	0.12	4.0E-03	0.02	1.2E-04	0.14	4.5E-04	0.32
R_5	Padula - Nucleo Abitato	0.01	1.1E-04	0.00	4.2E-04	0.06	2.1E-03	0.01	6.3E-05	0.07	2.4E-04	0.16
R_6	Pian di Rota - Nucleo Abitato	0.07	6.1E-04	0.01	1.9E-03	0.23	1.1E-02	0.04	3.3E-04	0.48	9.9E-04	0.88

R_7	Campo al Melo - Nucleo Abitato	0.06	5.2E-04	0.01	1.7E-03	0.20	1.0E-02	0.04	3.4E-04	0.40	8.1E-04	0.71
R_8	Aiaccia - Nucleo Abitato	0.08	7.6E-04	0.02	2.8E-03	0.31	1.5E-02	0.07	5.1E-04	0.61	1.3E-03	1.12
R_9	Le case I - Nucleo Abitato	0.03	6.0E-05	0.00	1.0E-03	0.07	2.7E-03	0.01	8.6E-05	0.08	4.0E-04	0.18
R_10	Ponte Biscottino - Nucleo Abitato	0.02	4.2E-05	0.00	6.3E-04	0.05	1.8E-03	0.01	6.0E-05	0.05	2.5E-04	0.12
R_11	Guasticce - Centro Abitato	0.02	7.2E-05	0.00	9.2E-04	0.08	3.1E-03	0.01	9.3E-05	0.09	4.5E-04	0.19
R_12	Hotel	0.16	4.5E-04	0.19	3.0E-02	3.33	4.7E-02	0.14	1.4E-03	1.00	1.8E-02	4.33
R_13	Abitazione Corso Italia	0.14	3.7E-04	0.09	1.5E-02	1.21	3.3E-02	0.10	9.1E-04	0.75	1.0E-02	2.24
R_14	Abitazione SS1 - nord	0.21	6.7E-04	0.09	1.3E-02	2.06	7.3E-02	0.25	4.6E-03	2.07	6.5E-03	4.38
R_15	Abitazione SS1 - sud	0.14	8.6E-03	0.06	8.1E-03	1.26	6.7E-02	0.19	1.7E-03	2.40	4.0E-03	4.09

R_16	Abitazione via Firenze	0.05	6.8E-03	0.04	5.2E-03	0.98	2.7E-02	0.18	9.5E-04	0.99	3.6E-03	2.25
------	---------------------------	------	---------	------	---------	------	---------	------	---------	------	---------	------

Tabella 25. Valori di concentrazione di odore di picco, valutati al 98°percentile, per ogni sotto-scenario.

6.1. RISULTATI SOTTO-SCENARIO CAMINI



Figura 36. Concentrazione di odore al 98° percentile, sul dominio di simulazione, per il sotto-scenario camini

6.2. RISULTATI SOTTO-SCENARIO VRU



Figura 37. Concentrazione di odore al 98° percentile, sul dominio di simulazione, per il sotto-scenario VRU

6.3. RISULTATI SOTTO-SCENARIO VASCHE DI TRATTAMENTO ACQUE SCOPERTE



Figura 38. Concentrazione di odore al 98° percentile, sul dominio di simulazione, per il sotto-scenario vasche di trattamento acque scoperte

6.4. RISULTATI SOTTO-SCENARIO VASCHE DI TRATTAMENTO ACQUE COPERTE CON FILTRI FOTOCATALITICI



Figura 39. Concentrazione di odore al 98° percentile, sul dominio di simulazione, per il sotto-scenario vasche di trattamento acque coperte con filtri fotocatalitici

6.5. RISULTATI SOTTO-SCENARIO VASCHE DI ARRIVO ACQUE COLLETTATE A FILTRI FOTOCATALITICI



Figura 40. Concentrazione di odore al 98° percentile, sul dominio di simulazione, per il sotto-scenario vasche di arrivo acque collettate a filtri fotocatalitici

6.6. RISULTATI SOTTO-SCENARIO SERBATOI A TETTO FISSO NON COLLETTATI



Figura 41. Concentrazione di odore al 98° percentile, sul dominio di simulazione, per il sotto-scenario serbatoi a tetto fisso non collettati

6.7. RISULTATI SOTTO-SCENARIO SERBATOI OLI COMBUSTIBILI COLLETTATI A FILTRI FOTOCATALITICI



Figura 42. Concentrazione di odore al 98° percentile, sul dominio di simulazione, per il sotto-scenario serbatoi oli combustibili collettati a filtri fotocatalitici

6.8. RISULTATI SOTTO-SCENARIO SERBATOI CONTENENTI TAGLI PESANTI CON PRESIDIO A CARBONI ATTIVI



Figura 43. Concentrazione di odore al 98° percentile, sul dominio di simulazione, per il sotto-scenario serbatoi contenenti tagli pesanti con presidio a carboni attivi

6.9. RISULTATI SOTTO-SCENARIO SERBATOI A TETTO GALLEGGIANTE



Figura 44. Concentrazione di odore al 98° percentile, sul dominio di simulazione, per il sotto-scenario serbatoi a tetto galleggiante

6.10. RISULTATI SOTTO-SCENARIO SERBATOI DI FANGHI PRESIDIATI COLLETTATI A FILTRI FOTOCATALITICI



Figura 45. Concentrazione di odore al 98° percentile, sul dominio di simulazione, per il sotto-scenario serbatoi di fanghi collettati a filtri fotocatalitici

6.11. RISULTATI SCENARIO GLOBALE DI IMPATTO: 98° PERCENTILE



Figura 46. Concentrazione di odore al 98° percentile, sul dominio di simulazione, per lo scenario emissivo globale dello stabilimento.

7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE DELL'ANALISI DI IMPATTO OLFATTIVO

All'interno del presente studio si è proceduto alla stima delle ricadute di odore al suolo derivanti dalla raffineria Eni di Livorno, sita a Stagno nel comune di Collesalveti (LI).

La simulazione di dispersione, utilizzata per quantificare le ricadute al suolo, è stata effettuata adottando il modello di dispersione CALPUFF, che rappresenta uno degli standard più largamente utilizzati per questo tipo di simulazioni.

Si è suddiviso lo scenario emissivo globale dell'impianto in diversi sotto-scenari al fine di comprendere quali siano le aree più impattanti e contemporaneamente rendere maggiormente gestibili i tempi di calcolo.

Dai risultati ottenuti dallo studio modellistico si evince come lo stabilimento in questione comporti una ricaduta odorigena che va oltre il confine dello stesso, pur evidenziando degli impatti sui centri abitati sempre inferiori al secondo valore di riferimento (i.e. 3 ouE/m^3).

Sia dalla Tabella 25, sia dalle mappe di impatto riportate, valutate al 98° percentile, si evidenzia come l'impatto ascrivibile alla quasi totalità dei sotto-scenari risulti trascurabile (e.g. VRU, serbatoi con presidio con filtri a carboni attivi, serbatoi fanghi) o strettamente localizzato (e.g. vasche di trattamento acque scoperte, serbatoi oli combustibili collettati a filtri fotocatalitici).

D'altro canto, le ricadute odorigene legate alle emissioni dalle vasche di arrivo acque e dai serbatoi a tetto galleggiante appaiono essere i due contributi maggioritari.

Per quanto riguarda le vasche di arrivo acque del TAE, dalla mappa di impatto (Figura 40), si evidenzia come le isoplete relative a 3 ouE/m^3 e 5 ouE/m^3 interessino unicamente l'impianto di raffinazione e la zona industriale immediatamente limitrofa. L'isolinea relativa a 1 ouE/m^3 , invece, risulta maggiormente estesa includendo parte delle abitazioni più prossime all'impianto e una porzione dell'abitato di Stagno.

I centri abitati meno vicini, invece, come quello di Calambrone e Livorno, non risultano direttamente impattati, considerando unicamente il contributo del sotto-scenario citato.

In merito allo scenario relativo ai serbatoi a tetto galleggiante, si evidenzia (Figura 44) come le isoplete riferite a 3 ouE/m^3 e 5 ouE/m^3 rimangano strettamente confinate all'interno del perimetro dello stabilimento, mentre l'isolinea relativa al primo valore guida include parte dell'abitato di Stagno.

Prendendo in considerazione lo scenario globale dello stabilimento, in termini di 98° percentile annuale, si osserva dalla mappa come l'isolinea relativa a 5 ouE/m^3 includa la raffineria e la zona industriale immediatamente limitrofa, senza alcuna abitazione. L'isopleta riferita a 3 ouE/m^3 , estendendosi in direzione est per un massimo di 500 m dal confine dello stabilimento, interessa le abitazioni più prossime alla raffineria. Infine, l'isolinea relativa al primo valore guida include anche una porzione molto limitata del Calambrone e di Livorno.

Osservando la Tabella 25, si conclude come le ricadute sui ricettori discreti non raggiungano mai 5 ouE/m^3 .