

Protocollo del presente documento	TN0007-25r00 del 11/07/2025	Rif. commessa	25259 10406 COMUNE DI TAVULLIA
Committente del presente documento	COMUNE DI TAVULLIA Via Roma 81, Tavullia (PU)		
Installazione / Progetto	<i>MARCHE MULTI SERVIZI S.p.A.</i> <i>Discarica per rifiuti non pericolosi e impianto trattamento meccanico</i> <i>Loc. Cà Asprete, TAVULLIA (PU)</i>		
Monitoraggio strumentale dell'odore in aria ambiente Periodo di monitoraggio: 06/06/2025 – 26/06/2025			

Indice

1.	Premessa	2
1.1	Obiettivo dello studio	2
1.2	Criteri per la valutazione dell'esposizione all'odore	2
2.	Illustrazione dello strumento di misura	4
2.1	Gli strumenti di misura utilizzati per il monitoraggio strumentale dell'odore	4
2.2	Sensori di misura	4
2.3	Addestramento degli strumenti	4
2.4	Svolgimento di una singola misurazione	5
2.5	Risultati di una singola misurazione	5
2.5.1	Attribuzione della classe di odore	5
2.5.2	Attribuzione della quantità di stimolo di odore	6
2.6	Autocorrezione dell'output dei sensori	6
3.	Cronologia delle attività	8
4.	Attività preliminari al monitoraggio strumentale in campo	9
4.1	Campionamento delle emissioni e addestramento degli strumenti	9
4.2	Sovrapposizioni delle classi di odore	9
4.3	Campi di addestramento	9
4.4	Installazione degli strumenti nelle posizioni di monitoraggio	10
4.5	Classi di odore nel monitoraggio strumentale	11
5.	Risultati del monitoraggio	12
5.1	Dati meteorologici registrati	12
5.2	Segnalazioni di episodi di odore	14
5.3	Andamenti nel tempo dei risultati delle misurazioni di odore	15
5.4	Frequenze temporali di esposizione all'odore	17
5.4.1	Posizione 1 (presso l'installazione)	18
5.4.2	Posizione 2 (ricettore Loc. Babbucce)	20
6.	Valutazione dei risultati e conclusioni	23

1. Premessa

1.1 Obiettivo dello studio

L'obiettivo del presente studio è la determinazione strumentale in continuo dell'odore in aria ambiente, conseguente alle emissioni odorigene in atmosfera dell'installazione sita in Cà Asprete, nel Comune di Tavullia (PU). L'installazione è identificata come "Discarica per rifiuti non pericolosi".

Il soggetto gestore dell'installazione è Marche Multiservizi S.p.A.. Lo studio è commissionato dall'Amministrazione Comunale di Tavullia (PU).

Per gli scopi del presente studio, l'installazione è costituita principalmente da:

- una discarica per rifiuti non pericolosi;
- un impianto di pre-trattamento meccanico (selezione e vagliatura) dei rifiuti urbani indifferenziati.

Il monitoraggio strumentale in continuo dell'odore in aria ambiente ha avuto durata di 21 giorni effettivi circa, dal 06 al 26 giugno 2025 (vedasi § 4.4). Il monitoraggio è stato eseguito in n. 2 posizioni contemporaneamente, mediante altrettanti strumenti (denominati comunemente "nasi elettronici", o più propriamente "electronic olfactory systems" o "instrumental odour monitoring systems"). Le posizioni di installazione degli strumenti (ossia le posizioni in cui è stata determinata l'esposizione all'odore in aria ambiente) sono le seguenti (vedasi § 4.4):

- in una posizione entro i confini dell'installazione in parola;
- presso un ricettore sensibile posizionato a circa 1200 m in direzione NE rispetto all'installazione.

1.2 Criteri per la valutazione dell'esposizione all'odore

Per valutare l'esposizione all'odore misurata strumentalmente in continuo presso i ricettori sensibili, in assenza di riferimenti normativi a livello nazionale per quanto riguarda i criteri di accettabilità dell'esposizione all'odore, si assume come riferimento il documento seguente "Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft)" del 18/08/2021 (Gemeinsames Ministerialblatt, Inhalt Ausgabe Nr. 48-54/2021, Seite 1050), in particolare l'allegato 7 "Feststellung und Beurteilung von Geruchsmissionen", § 3.1, Tabella 22 "Immissionswerte für verschiedene Nutzungsgebiete". Sono ivi stabiliti i valori limite di immissione di odore in termini di "massima frequenza di odore", intendendo la frequenza relativa di "ore con odore percepibile". L'ora di odore è definita (cfr. TA Luft § 2.1 lettera c; allegato 7 della TA Luft, § 4.4.7) con riferimento al metodo di monitoraggio dell'esposizione all'odore denominato "field inspection" (come descritto nella UNI EN 16841-1:2017) ed è definita come un'ora in cui la presenza di odore riconoscibile è osservata per oltre il 10% del tempo. Il criterio di valutazione fissato nella TA Luft e la definizione di "ora di odore", benché non siano rigorosamente applicabili alle misurazioni strumentali eseguite mediante IOMS, sono qui utilizzati per la valutazione dei risultati del monitoraggio strumentale dell'odore in aria ambiente. Al posto del concetto di "ora di odore" e delle frequenze di ore di odore, nel presente documento si adottano il concetto di misurazione (§ 2.4) e la frequenza temporale delle misurazioni che lo strumento ha attribuito ad una data classe di odore (o un gruppo di classi di odore). I criteri di valutazione dell'esposizione all'odore determinata mediante monitoraggi strumentali in continuo sono dunque i seguenti.

Tabella 1. Criteri di valutazione dell'esposizione all'odore presso i ricettori sensibili.

Tipo di territorio in cui è sito il ricettore sensibile	Criterio di valutazione (valore massimo) dell'esposizione all'odore presso i ricettori sensibili, in termini di frequenza temporale di misurazioni che hanno restituito una data classe di odore (o un gruppo di classi di odore)
Aree residenziali e miste	10%
Aree commerciali e industriali	15%

2. Illustrazione dello strumento di misura

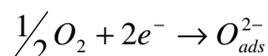
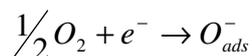
2.1 Gli strumenti di misura utilizzati per il monitoraggio strumentale dell'odore

Per il monitoraggio strumentale dell'odore sono impiegati gli strumenti prodotti da SACMI S.C., appartenenti alla linea di modelli EOS 507. Nel seguito sono illustrati questi strumenti.

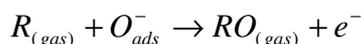
2.2 Sensori di misura

Lo strumento è equipaggiato di sei sensori a ossidi metallici semiconduttori MOS (Metal Oxide Semiconductor). I sensori sono all'interno di una camera dei sensori, realizzata con un materiale chimicamente inerte. Il principio su cui si basano è la variazione di conducibilità elettrica dell'ossido in presenza di odoranti rispetto al valore di conducibilità dell'aria neutra. Il funzionamento dei sensori può essere distinto nelle due fasi di seguito descritte.

- Fase di riposo: l'ossigeno dell'aria neutra reagisce con gli elettroni liberi presenti nel semiconduttore. L'adsorbimento dell'ossigeno sul film sottile di semiconduttore causa un aumento della resistività del sensore.



- Fase di misurazione: lo strumento aspira l'aria ambiente esterna; questa (o una miscela fra aria ambiente esterna e aria neutra) fluisce nella camera dei sensori. Le molecole riducenti (es.: H₂S, NH₃, alcheni) contenute nell'aria aspirata reagiscono con l'ossigeno adsorbito sulla superficie del semiconduttore, aumentando il numero di elettroni liberi nel semiconduttore. La resistività del sensore diminuisce.



Al contrario, in presenza di molecole ossidanti (es.: NO₂, Cl₂) la resistività del sensore aumenta

L'aria che arriva nella camera dei sensori "stimola" ciascun sensore in modo diverso (ossia ciascun sensore reagisce diversamente all'aria che fluisce nella camera): la resistività elettrica varia diversamente per ciascun sensore. Quando cambia la composizione della miscela aeriforme da analizzare, cambiano corrispondentemente i segnali (resistenze) di ciascuno dei sei sensori. Nelle applicazioni in campo, i segnali dei sensori cambiano a seguito di variazioni, anche piccole, della concentrazione di composti presenti in tracce nell'aria ambiente, fra cui gli odoranti (un odorante è un composto chimico volatile che stimola l'olfatto umano in modo che l'essere umano percepisca un odore).

2.3 Addestramento degli strumenti

L'addestramento è il processo di taratura (secondo la definizione di JCGM 200:2012 § 2.39) mediante il quale si costruisce il database (*training set*) del sistema di elaborazione dello strumento, affinché, durante il monitoraggio in campo, lo strumento possa confrontare i dati della misurazione attuale (*feature set*) con i dati di addestramento e quindi attribuire una classe di odore all'aria ambiente (incognita) analizzata.

L'addestramento si articola nelle seguenti attività in successione.

- Si individuano presso il sito di monitoraggio le principali emissioni odorigene che potrebbero produrre odori percepibili ove lo strumento sarà posizionato e si costituiscono così le "classi di odore" (ossia i tipi di odore, o le sorgenti di emissioni odorigene) che si desidera che lo strumento sappia classificare.
- Si prelevano (mediante metodi e attrezzature mutuati da quelli dell'olfattometria dinamica) dei campioni aeriformi odorigeni delle emissioni odorigene identificate. I prelievi di campioni odorigeni per l'addestramento si organizzano generalmente in una o più giornate (campagne di campionamenti).

- I campioni di emissione prelevati (che hanno classe di odore nota ma concentrazione di odore incognita) sono sottoposti a prova per la determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica (UNI EN 13725:2022) e quindi somministrati agli strumenti a diversi livelli di concentrazione di odore; per ottenere queste diverse concentrazioni di odore, i campioni di emissione sono diluiti con aria neutra.
- Per ciascuna classe di odore si costruisce così nello strumento la funzione di taratura (calibration function: "*mathematical description of the relationship between component content and response established by calibration, expressing response as a function of content*") secondo ISO 7504:2015 § 8.4.1), nella quale la variabile in ingresso è il vettore delle unità EOS dei sensori e l'uscita è la quantità di stimolo di odore per quella classi di odore. Nel risultante spazio a sette (6+1) dimensioni, la funzione di taratura assumerebbe idealmente la forma grafica di una curva; nella pratica, tuttavia, assume la forma di una spezzata (linea poligonale), dove i vertici della spezzata sono individuati dai sei valori delle unità EOS e dalla concentrazione di odore associati al campione odorigeno. Per ciascuna classe di odore, la concentrazione di odore minima e quella massima fra quelle dei campioni odorigeni usati in addestramento delimitano il campo di addestramento, che a sua volta costituisce il campo di taratura e conseguentemente l'intervallo di misura (*measuring interval*, secondo JCGM 200:2012 § 4.7)

2.4 Svolgimento di una singola misurazione

Lo strumento ha due ingressi per l'aria: uno è collegato al sistema per la realizzazione di "aria neutra" mentre l'altro (linea "aria campione") è collegato ad una valvola che regola il flusso di aria campione inviato alla camera dei sensori. Una miscela di "aria campione" e "aria neutra" fluisce costantemente nella camera dei sensori. Lo strumento registra in continuo i segnali dei sensori che entrano in contatto con l'aria che fluisce nella camera dei sensori, ma accorpa i segnali dei sensori in misurazioni, aventi ciascuna una durata fissa di 5 minuti.

Per ciascuna misurazione, dai segnali di ciascun sensore sono estratte le *feature*, espresse in Unità EOS (E.U.): questa *feature* è il rapporto fra il valore di resistenza assunto dal sensore in un dato istante e il valore di resistenza assunto dal sensore stesso sottoposto all'odorante standard (durante l'autocorrezione). Tale rapporto è poi corretto con i parametri caratteristici del sensore ricavati dalla curva di taratura di fabbrica del sensore e corretta anche per quando riguarda la lenta deriva dei segnali.

2.5 Risultati di una singola misurazione

2.5.1 Attribuzione della classe di odore

L'attribuzione della classe di odore è basata sul riconoscimento dell'impronta (*pattern recognition*) costituita dall'insieme dei segnali dei sensori a contatto con l'aria da esaminare. Lo strumento non esegue un'analisi chimica della miscela gassosa aspirata, bensì fornisce la sua cosiddetta "impronta olfattiva"; il software dello strumento confronta poi questa impronta con l'archivio di dati in memoria. La classe di odore è attribuita all'aria ambiente incognita mediante un algoritmo che confronta il *feature set* estratto dalla misurazione attuale dell'aria ambiente incognita (detto *match set*) con il *training set* in archivio, ossia le *feature* delle misurazioni eseguite in addestramento. Più precisamente, lo strumento calcola la distanza (minima) fra il *feature set* del campione odorigeno in analisi e la spezzata di addestramento (la funzione di taratura) di ciascuna classe di odore e attribuisce al campione la classe la cui spezzata è più prossima.

Se per tutti i sensori la *feature* (l'ampiezza del segnale espressa in unità EOS) è inferiore ad una data soglia, lo strumento classifica quella misurazione come "aria" (nel senso di aria inodore). Quando invece per almeno un sensore la *feature* in unità EOS supera la soglia, lo strumento elabora il *feature set* e classifica l'aria in analisi restituendo come output una delle etichette attribuite, in fase di addestramento, ai campioni prelevati dalle principali emissioni dell'installazione oggetto del monitoraggio.

Per determinare la soglia dell'aria "inodore" (oltre cui lo strumento deve passare in classificazione/quantificazione e sotto cui deve invece associare l'aria analizzata alla classe "aria"), nel corso della campagna di campionamento per l'addestramento sono prelevati, in prossimità della futura posizione di installazione dello strumento, alcuni campioni di aria ambiente in momenti in cui non siano percepibili odori; inoltre prima dell'inizio del monitoraggio è eseguita, mediante lo strumento ubicato già in posizione di monitoraggio, una serie di analisi dell'aria ambiente in condizioni di aria inodore e in diversi momenti della giornata. Elaborando statisticamente questi risultati si definisce, per ciascun sensore, l'ampiezza del segnale (in unità EOS) che determina la soglia dell'aria inodore.

Oltre alla pseudo-classe "aria", l'elaborazione del feature set di una misurazione può restituire una delle seguenti altre pseudo-classi.

- Classe "transition". È attribuita quando per almeno un sensore la *feature* (in unità EOS) ha variazioni più ampie di un valore predefinito nell'arco di 10 secondi (ossia quando il segnale ha variazioni brusche) e quando tale pseudo-classe è la più frequente fra quelle istantaneamente attribuite dallo strumento lungo la durata della misurazione.
- Classe "sconosciuta". È attribuita quando la *feature* (l'ampiezza del segnale espressa in unità EOS) di almeno un sensore supera la soglia dell'aria "inodore" definita per quel sensore (quindi all'aria analizzata non si può attribuire la classe "aria"), ma nello spazio delle *feature* la misurazione corrente è "lontana" dalle spezzate di addestramento (funzioni di taratura) di tutte le classi di odore: l'aria analizzata non può essere associata a nessuna delle classi di odore presenti nel *training set*, ossia probabilmente ha un odore diverso da quelli considerati in fase di addestramento.
- Classe "dubbia". Se il *feature set* dell'aria analizzata è prossimo alla spezzata (al *training set*) di una certa classe di odore, ma la proiezione del *feature set* sulla spezzata di quella classe cade esternamente al campo di addestramento, sulla congiungente fra l'estremo inferiore del campo di addestramento e l'origine, allora a quella misurazione è attribuita la pseudo-classe "aria odorigena con classe dubbia attribuita per estrapolazione inferiore" (abbreviata "dubbia inferiore"). Se invece la proiezione del *feature set* sulla spezzata di quella classe cade sull'extrapolazione dall'estremo superiore del campo di addestramento verso l'infinito, allora a quella misurazione è attribuita la pseudo-classe "aria odorigena con classe dubbia attribuita per estrapolazione superiore" (abbreviata "dubbia superiore").

2.5.2 Attribuzione della quantità di stimolo di odore

Poiché in fase di addestramento per ciascun campione (eventualmente diluito) di emissione analizzato è nota la concentrazione di odore ($ou\epsilon/m^3$), nel database dello strumento è presente, per ciascuna classe di odore e per ciascun punto di addestramento, l'associata concentrazione di odore. Quindi lo strumento, attribuita la classe di odore, può stimare la quantità di stimolo di odore dell'aria analizzata mediante interpolazione fra i vertici della spezzata di addestramento (curva di taratura) di quella classe di odore. Poiché appunto la stima della quantità di stimolo di odore è basata sui dati di addestramento, essa è fornita per le sole misurazioni che abbiano restituito classi di odore considerate in fase di addestramento e per le sole misurazioni le cui *feature*, per la classe attribuita, cadano entro il campo di addestramento. In particolare, la stima della concentrazione di odore non è fornita per le misurazioni cui sia attribuita una delle pseudo-classi (aria, sconosciuto, dubbia, transition).

2.6 Autocorrezione dell'output dei sensori

Lo strumento è dotato di un sistema che controlla gli effetti del fenomeno di "invecchiamento" (lenta deriva dei segnali) che i sensori subiscono per le loro caratteristiche intrinseche: periodicamente lo strumento allinea l'output dei sensori a uno standard (*working measurement standard*, secondo JCGM 200:2012 § 5.7) costituito da una miscela aeriforme odorigena sintetica standard. Questo allineamento (autocorrezione) è eseguito in automatico dal software di controllo a bordo dello strumento: una volta al giorno (più precisamente ogni 26 ore circa di funzionamento), durante tutto il periodo di monitoraggio in campo, è inviato nella camera dei sensori (invece del normale flusso di miscela di "aria

neutra" e "aria campione") un flusso della miscela odorigena standard; il software registra i segnali dei sensori a questo "stimolo standard" e regola (corregge) di conseguenza i parametri di elaborazione dei segnali. Ciò permette di mantenere l'output dello strumento costantemente allineato allo standard di riferimento, così da ottenere la stabilità dei segnali e la riproducibilità dei risultati nel tempo.

3. Cronologia delle attività

Tabella 2. Cronologia delle attività

<i>Data</i>	<i>Attività eseguita</i>
Martedì 27 maggio 2025	Prelievo dei campioni di emissioni odorigene e di aria ambiente inodore, per l'addestramento degli strumenti (§ 4.1).
Mercoledì 04 giugno 2025	Installazione e accensione degli strumenti nelle posizioni n. 1 e n. 2 (Tabella 5).
Giovedì 05 giugno 2025	Esecuzione, con gli strumenti in campo, di una serie di analisi dell'aria ambiente per definire la soglia per la classe "aria".
Venerdì 6 giugno 2025	Avvio del monitoraggio in continuo nelle posizioni n. 1 e n. 2 (Tabella 5).
Giovedì 26 giugno 2025	Termine del monitoraggio e disinstallazione degli strumenti nelle posizioni n. 1 e n. 2.

4. Attività preliminari al monitoraggio strumentale in campo

4.1 Campionamento delle emissioni e addestramento degli strumenti

Per l'addestramento degli strumenti sono state considerate le seguenti classi di odore, cui corrispondono le emissioni odorigene delle quali sono stati prelevati (nei giorni indicati in Tabella 2) i campioni aeriformi usati per l'addestramento.

Tabella 3. Classi di odore considerate in addestramento.

Classe di odore / emissione odorigena	Impianto	Commento
Fronte di posa	Discarica	E' l'emissione odorigena della superficie esposta all'atmosfera dei rifiuti solidi in corso di abbancamento nel lotto in coltivazione della discarica.
Copertura del fronte di posa	Discarica	E' l'emissione odorigena della superficie esposta all'atmosfera della copertura giornaliera del fronte di posa dei rifiuti in discarica.
Biogas esalato	Discarica	E' l'emissione odorigena associata all'esalazione del biogas che (per la quota non captata dal sistema di estrazione e recupero del biogas di discarica) è rilasciato in atmosfera.
Percolato di discarica	Discarica	E' l'emissione odorigena dalle due vasche di stoccaggio del percolato interrate e coperte; esse presentano, a ciascuno dei vertici della copertura superiore, un condotto aperto che funge da sfiato in atmosfera. Per ciascuna delle vasche i campioni di emissione sono stati prelevati da uno degli sfiati.
Rifiuto organico	Trattamento meccanico	E' l'emissione odorigena dai cassoni scarrabili di stoccaggio provvisorio dei rifiuti organici. I cassoni sono ubicati nel piazzale dedicato. Essi sono aperti solo durante le operazioni di scarico degli automezzi; sono tenuti chiusi per il restante tempo.
Rifiuto urbano indifferenziato	Trattamento meccanico	E' l'emissione odorigena associata al rifiuto urbano indifferenziato durante le operazioni di pretrattamento meccanico prima di essere abbancato in discarica.

4.2 Sovrapposizioni delle classi di odore

Se i dati di addestramento (*training set*) di due o più classi di odore presentano una parziale sovrapposizione reciproca (ossia i segnali dei sensori a contatto con i campioni di una classe di odore sono simili ai segnali dei sensori a contatto con i campioni di un'altra classe), allora l'aria ambiente che lo strumento associa a una di queste classi potrebbe provenire non dalla sorgente corrispondente alla classe restituita dallo strumento, ma dalla sorgente corrispondente all'altra classe. In altre parole, lo strumento "confonde" queste due classi di odore, specie alle basse concentrazioni del campo di addestramento. La sovrapposizione dei dati di addestramento fra diverse classi non è a priori prevedibile. Per il presente monitoraggio gli strumenti impiegati non hanno mostrato sovrapposizioni.

4.3 Campi di addestramento

È riportato in tabella, per ciascuna delle classi di odore, l'intervallo delle concentrazioni di odore dei campioni aeriformi impiegati nell'addestramento degli strumenti; l'estremo inferiore è dato dal campione avente la concentrazione di odore minima; l'estremo superiore è dato dal campione avente la concentrazione di odore massima. Il primo è sempre ottenuto per diluizione di un campione di emissione; il secondo è il campione di emissione tal quale o una sua diluizione.

Tabella 4. Campo di addestramento per ciascuna classe di odore.

Classe di odore / emissione odorigena	Campo di addestramento: intervallo delle concentrazioni di odore dei campioni aeriformi impiegati per l'addestramento (ou_e/m^3)
Fronte di posa	23 ÷ 237
Copertura del fronte di posa	14 ÷ 70
Biogas esalato	21 ÷ 418
Percolato di discarica	25 ÷ 385
Rifiuto organico	44 ÷ 440
Rifiuto urbano indifferenziato	35 ÷ 350

4.4 Installazione degli strumenti nelle posizioni di monitoraggio

È prassi, nell'esecuzione dei monitoraggi mediante nasi elettronici, installare simultaneamente più strumenti distinti, in due generi di posizioni:

- nei pressi delle sorgenti di emissioni odorigene; nel caso di installazioni, è preferibile scegliere una posizione all'interno dell'installazione, ma vicina al perimetro della stessa, in direzione del ricettore sensibile principale;
- nella posizione (generalmente presso un ricettore sensibile) ove si debba determinare, lungo il periodo di monitoraggio, la frequenza temporale di esposizione all'odore proveniente dalle sorgenti di emissioni odorigene in esame.

Il posizionamento di uno strumento nei pressi delle sorgenti di emissione ha lo scopo di evidenziare e quindi escludere i cosiddetti "falsi positivi" presso il/i ricettore/i sensibili: se lo strumento posizionato presso il ricettore sensibile rileva un odore e lo classifica come proveniente dall'installazione presso cui è collocato l'altro strumento, ci si aspetta che anche quest'ultimo abbia rilevato simultaneamente un odore della medesima classe; diversamente si deve ipotizzare che sul territorio vi sia una emissione odorigena qualitativamente simile a una di quelle considerate per l'addestramento degli strumenti, ma dislocata altrove.

Applicando le considerazioni sopra esposte, gli strumenti per il monitoraggio in continuo dell'odore sono stati collocati nelle seguenti posizioni.

Tabella 5. Posizioni di monitoraggio in cui gli strumenti sono stati collocati.

Posizione di installazione	Tipo di posizione	Posizione	Modalità di aspirazione dell'aria campione	Strumento
1	Presso le sorgenti di emissioni	Entro il confine dell'installazione (Loc. Cà Asprete, Comune di Tavullia), in prossimità del confine medesimo, in direzione NW rispetto al centro ideale dell'installazione.	Attraverso un tubicino in PTFE direttamente collegato allo strumento.	EOS 507C 31
2	Ricettore sensibile	Presso l'abitazione sita in via Sandro Pertini n. 28, nella frazione Babbucce, nel comune di Tavullia (PU), a circa 1200 m in direzione NE rispetto alla posizione 1.	Attraverso un tubicino in PTFE direttamente collegato allo strumento.	EOS 507C 12

Le posizioni di monitoraggio sono visibili nella figura seguente.

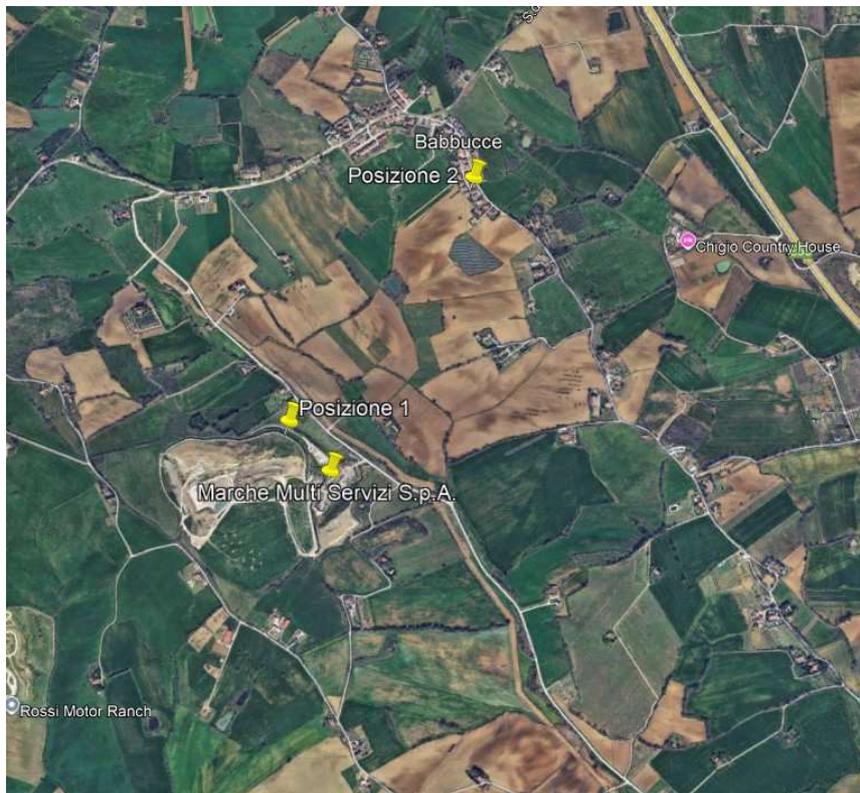


Figura 1. Posizioni di monitoraggio in cui gli strumenti sono stati collocati

4.5 Classi di odore nel monitoraggio strumentale

Tabella 6. Classi di odore

Etichetta della classe di odore durante l'addestramento	Etichetta della classe di odore durante il monitoraggio strumentale in campo
Fronte di posa	Fronte di posa
Copertura del fronte di posa	Copertura
Biogas esalato	Biogas
Percolato di discarica	Percolato
Rifiuto organico	Organico
Rifiuto urbano indifferenziato	Indifferenziato
-	"Dubbia inferiore" e "Dubbia superiore", per ciascuna delle classi sopra indicate nelle righe precedenti (vedasi § 2.5.1).
-	Aria, Transition, Sconosciuta (vedasi § 2.5.1).

5. Risultati del monitoraggio

5.1 Dati meteorologici registrati

Per una valutazione più accurata e robusta dei risultati delle misurazioni dell'odore in aria ambiente eseguite dallo strumento installato presso il ricettore sensibile (posizione n. 2), sono di seguito illustrati e commentati i dati meteorologici simultaneamente registrati, lungo l'intero periodo di monitoraggio, dalla stazione meteorologica montata sullo strumento installato presso l'installazione (posizione n. 1). La stazione meteorologica è parte integrante dello strumento (ossia i dati registrati dalla stazione confluiscono al medesimo software che gestisce i risultati delle classificazioni e quantificazioni di odore), ma i risultati delle misurazioni della stazione meteorologica non sono impiegati nel processo di elaborazione dei segnali che restituisce la classe di odore e la quantità di stimolo di odore. La stazione meteorologica determina direzione e velocità del vento e restituisce i risultati delle misurazioni con frequenza di 5 minuti.

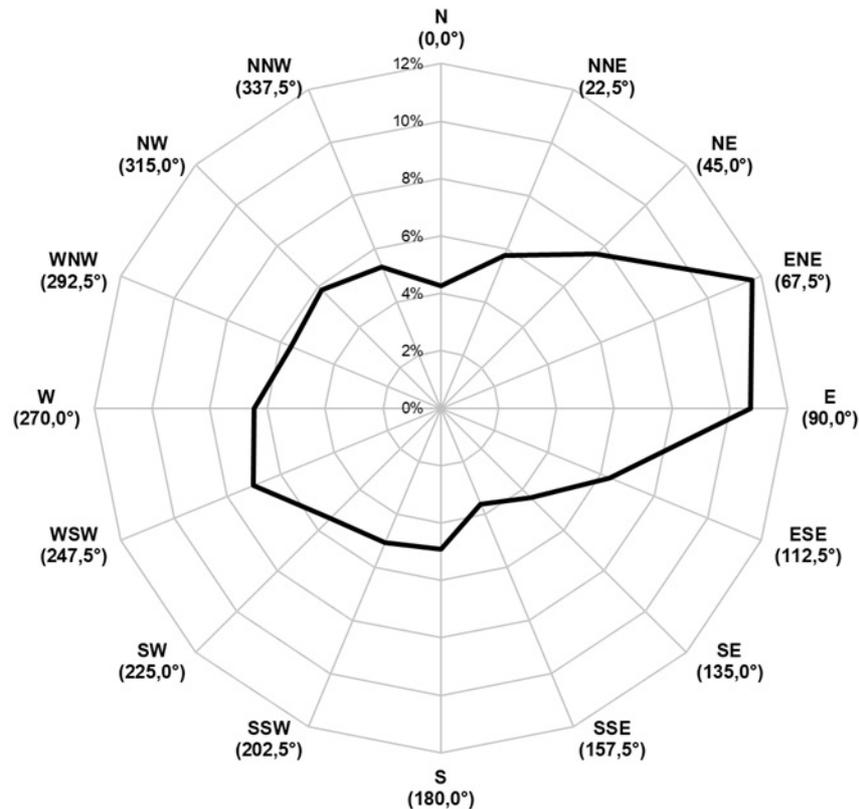


Figura 2. Rosa generale dei vettori di direzione del vento registrati dalla stazione meteo.

La Figura 2 è la rosa generale dei vettori di direzione del vento registrati dalla stazione meteo ubicata sullo strumento in posizione 1.

- Sono prevalenti i venti provenienti da WSW e W e diretti verso ENE e E.
- Sono anche frequenti i venti diretti verso ESE, WSW e NE.
- Confrontando la Figura 2 con la Figura 1 emerge che durante il periodo di monitoraggio lo strumento in posizione n. 2 si è trovato sottovento alle sorgenti di emissione delle installazioni in alcune occasioni.



PROGRESS s.r.l.

MONITORAGGI AMBIENTALI

ORGANIZZAZIONE CON
SISTEMA DI GESTIONE
CERTIFICATO
UNI EN ISO 9001:2015

PROGRESS S.r.l. unipersonale
Codice fiscale e Partita IVA: IT05119321007
R.E.A. MI 1863009 | Cap. soc. € 90'000,00 int. vers.

Sede legale, sede operativa e laboratorio
Via Nicola A. Porpora 145, I-20131 Milano (MI)
www.olfattometria.com | tel +39 02 4548 5624
PEC: progress@pec.olfattometria.com
PEC: amministrazione@pec.olfattometria.com

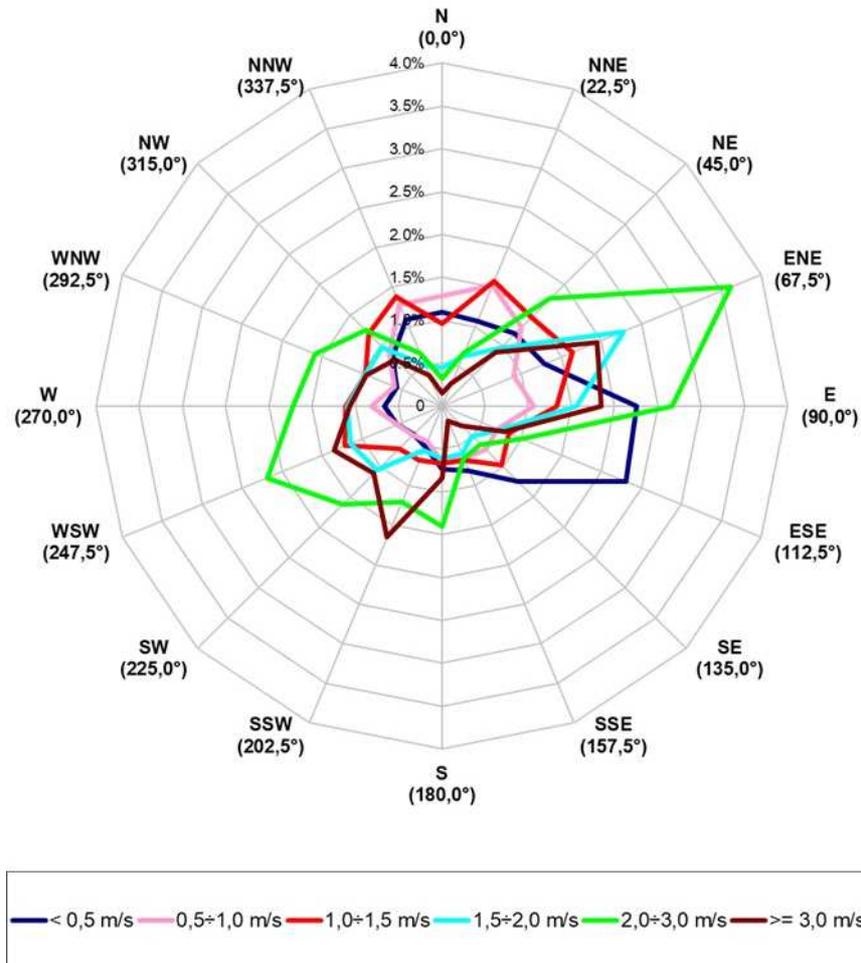


Figura 3. Rosa dei vettori di direzione del vento raggruppati secondo la velocità del vento.

La Figura 3 è la rosa dei vettori di direzione del vento raggruppati secondo la velocità del vento, ottenuta dai medesimi dati meteorologici sopra descritti.

- I venti più intensi (velocità $> 1,5 \text{ m/s}$) sono principalmente diretti verso N e NNE e, secondariamente, verso ENE, E, SSW, SW, WSW, W, WNW e NE.
- I venti più deboli (velocità $< 0,5 \text{ m/s}$) sono diretti principalmente verso E e ESE.
- I venti con velocità intermedia (velocità compresa tra $0,5 \text{ m/s}$ e $1,5 \text{ m/s}$) sono abbastanza omogeneamente diretti verso tutte le direzioni, in particolar modo sono poco più frequenti quelle comprese tra, andando in senso orario, NW e E.

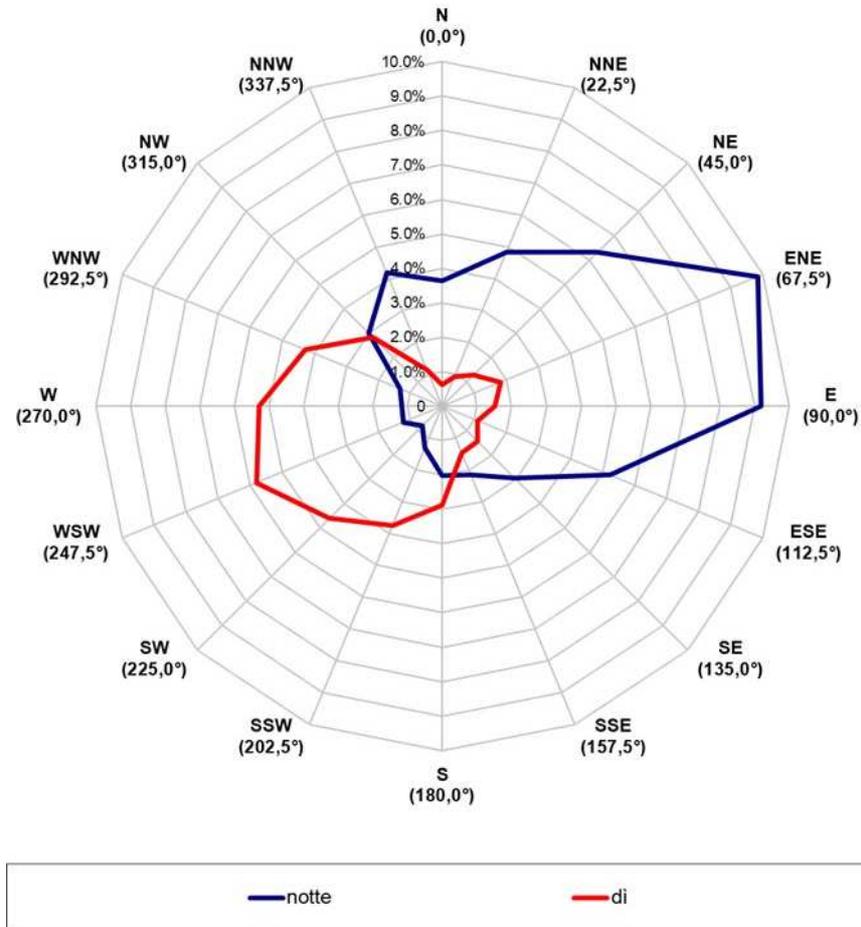


Figura 4. Rosa dei vettori di direzione del vento secondo l'alternanza di notte e di.

La Figura 4 è la rosa dei vettori di direzione del vento secondo l'alternanza di notte e di, ottenuta dai medesimi dati meteorologici sopra descritti.

- Nelle ore notturne i vettori del vento hanno frequenza massima verso ENE e E.
- Nelle ore diurne i vettori del vento hanno frequenza massima verso WSW e W.
- Lo strumento installato presso il ricettore, posizione n. 2, è prevalentemente soggetto ai venti notturni.

5.2 Segnalazioni di episodi di odore

Agli occupanti del sito, posizione n. 2 in Tabella 5, presso cui è stato installato lo strumento è stato chiesto di compilare un modulo ove registrare, durante le successive settimane di monitoraggio, gli episodi di percezione di odori provenienti (a loro giudizio) dall'installazione; lo scopo è confrontare gli episodi segnalati con i risultati delle misurazioni strumentali. È stato chiesto di associare a ciascuna segnalazione anche un valore di intensità dell'odore percepito, in accordo con la scala di intensità convenzionale a tre livelli riportata in Tabella 7.

Tabella 7. Scala di intensità di odore

Intensità dell'odore percepito	Significato
0	Nessun odore
1	Odore appena percepibile
2	Odore debole che può essere riconosciuto
3	Odore facilmente rilevabile
4	Odore forte
5	Odore molto forte

Durante il periodo di monitoraggio gli occupanti dell'abitazione presso cui era installato lo strumento in posizione n. 2 (ricettore) non hanno registrato alcun episodio di percezione di odore.

5.3 Andamenti nel tempo dei risultati delle misurazioni di odore

I grafici seguenti mostrano gli andamenti nel tempo dei risultati delle misurazioni di odore eseguite durante il periodo di monitoraggio. I grafici riportano in ascissa la data e l'ora della misurazione, mentre in ordinata riportano:

- le classi di odore attribuite all'aria ambiente analizzata dagli strumenti (Figura 5 e Figura 7);
- le quantità di stimolo di odore (esprese come concentrazioni di odore, ou_E/m^3) stimate dagli strumenti (Figura 6 e Figura 8); la stima della quantità di stimolo di odore non è restituita per le misurazioni cui è stata attribuita una pseudo-classe (§ 2.5.2).

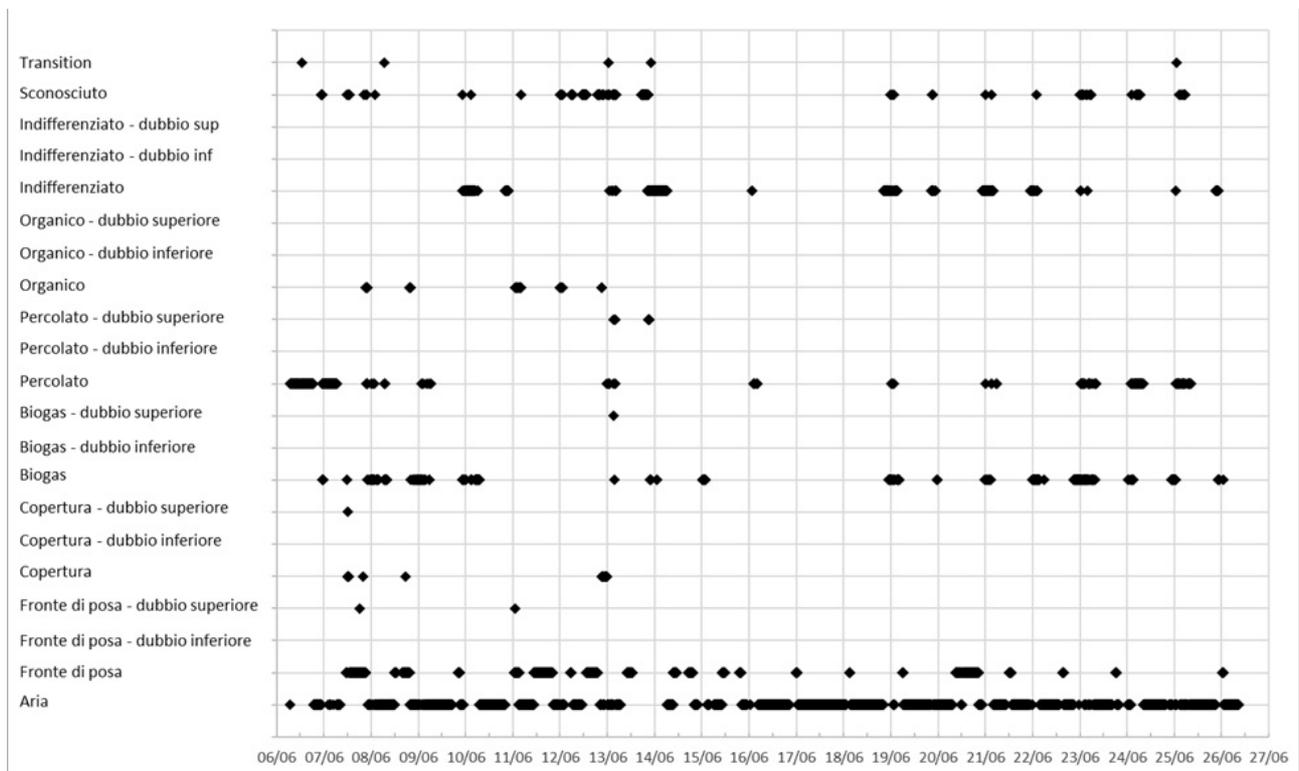


Figura 5. Andamento nel tempo delle classi di odore restituite dallo strumento in posizione 1

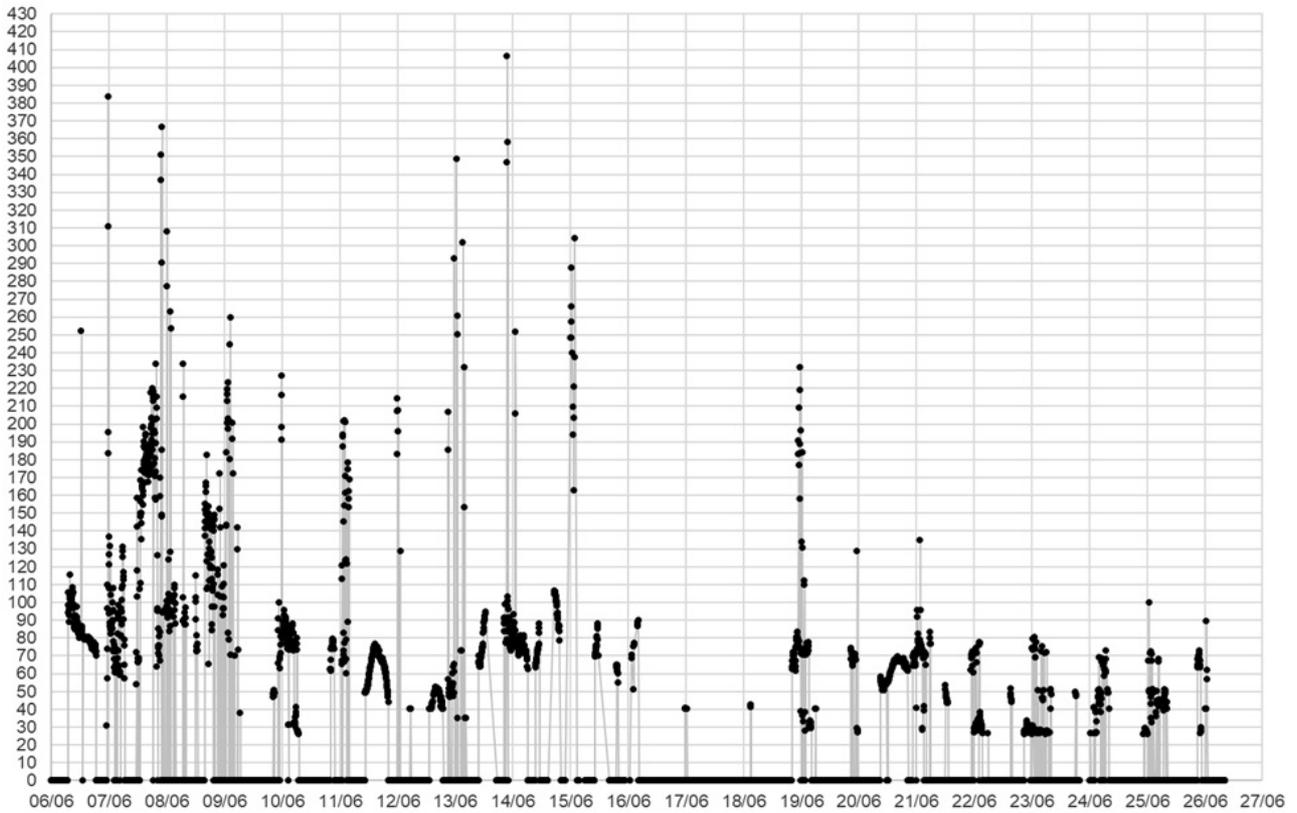


Figura 6. Andamento nel tempo delle concentrazioni di odore stimate dallo strumento in posizione 1

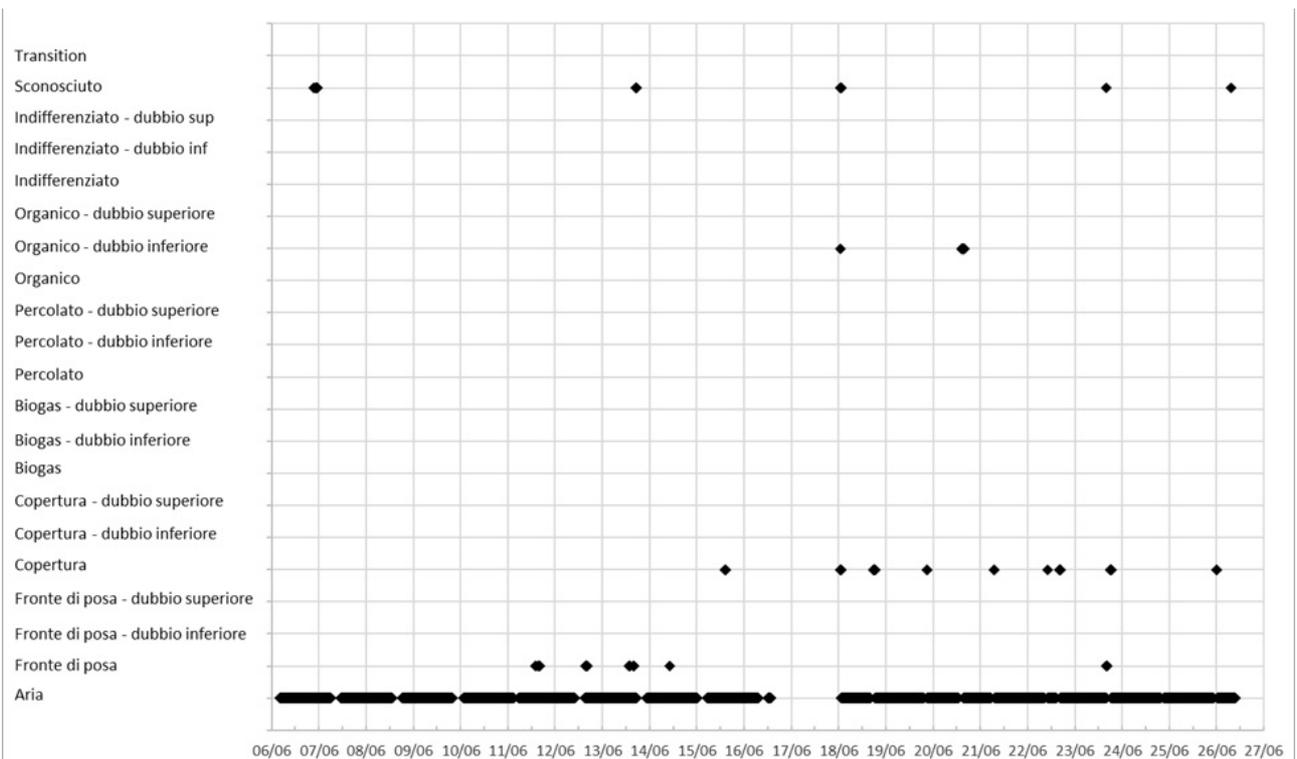


Figura 7. Andamento nel tempo delle classi di odore restituite dallo strumento in posizione 2

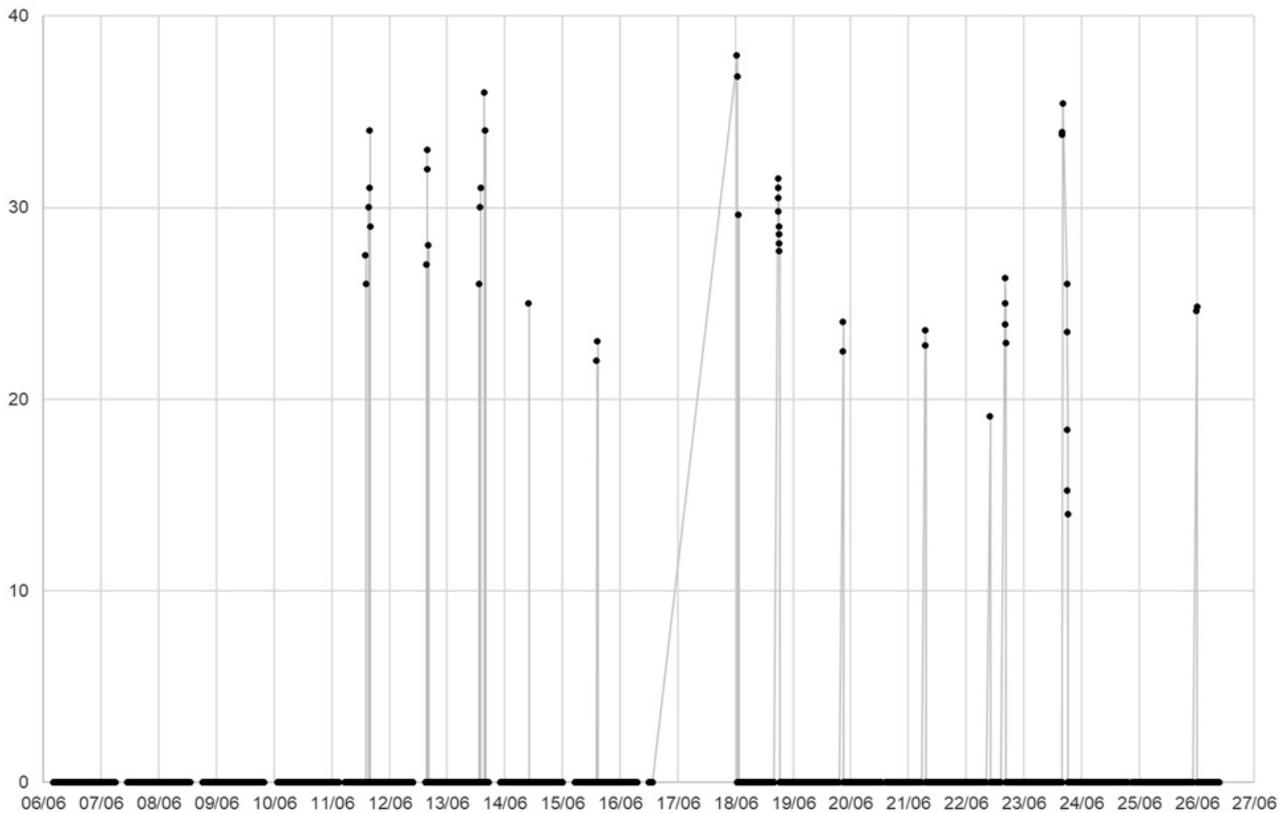


Figura 8. Andamento nel tempo delle concentrazioni di odore stimate dallo strumento in posizione 2

5.4 Frequenze temporali di esposizione all'odore

Nel seguito sono presentati, per ciascuno degli strumenti di monitoraggio installati:

- la tabella che riporta, per ciascuna classe di odore (o pseudo-classe o raggruppamento di classi di odore, secondo quanto specificato in Tabella 6) il numero di misurazioni attribuite dallo strumento alla classe;
- la tabella che riporta, per ciascuna delle classi di odore, la frequenza temporale di esposizione, ossia la percentuale delle misurazioni attribuite dallo strumento alla classe di odore rispetto al numero totale di misurazioni eseguite dallo strumento nella posizione di monitoraggio; queste frequenze temporali di esposizione sono calcolate dal numero di misurazioni riportate nella tabella di cui al punto precedente;
- la tabella riassuntiva che riporta le frequenze temporali di cui al punto precedente, aggregate per macro-classi;
- il grafico delle frequenze temporali aggregate di cui al punto precedente;
- il grafico delle percentuali di misurazioni che lo strumento ha attribuito alle diverse classi di odore (frequenze temporali di esposizione), in funzione dell'ora del giorno;
- il grafico delle percentuali di misurazioni che lo strumento ha attribuito alle diverse classi di odore in (frequenze temporali di esposizione), in ciascuno dei giorni del periodo di monitoraggio.

5.4.1 Posizione 1 (presso l'installazione)

Tabella 8. Numero di misurazioni attribuite a ciascuna classe di odore, nella posizione 1.

Classe di odore	Numero di misurazioni attribuite alla classe di odore	Numero di misurazione attribuite alla pseudo-classe "dubbia inferiore" (per estrapolazione inferiore)	Numero di misurazione attribuite alla pseudo-classe "dubbia superiore" (per estrapolazione superiore)
Fronte di posa	657	0	2
Copertura	27	0	1
Biogas	310	0	1
Percolato	352	0	6
Organico	29	0	0
Indifferenziato	372	0	0
Sconosciuta	163		
Transition	5		
Aria	2974		
Totale misurazioni	4899		

Tabella 9. Numero di misurazioni attribuite a ciascuna classe di odore, nella posizione 1.

Classe di odore	Percentuale delle misurazioni attribuite alla classe di odore	Percentuale delle misurazioni "dubbia inferiore"	Percentuale delle misurazioni "dubbia superiore"	Percentuale delle misurazioni totali attribuite alla classe di odore (incluse le dubbie)
Fronte di posa	13,4%	0%	<0,1%	13,4%
Copertura	0,6%	0%	<0,1%	0,6%
Biogas	6,3%	0%	<0,1%	6,3%
Percolato	7,2%	0%	0,1%	7,3%
Organico	0,6%	0%	0%	0,6%
Indifferenziato	7,6%	0%	0%	7,6%
Sconosciuta	3,3%			
Transition	0,1%			
Aria	60,7%			

Tabella 10. Percentuali aggregate delle misurazioni eseguite, nella posizione 1.

Percentuale delle misurazioni attribuite a classi di odore associate alle emissioni dell'installazione, escluse le dubbie	35,7%
Percentuale delle misurazioni "dubbie" ("dubbia inferiore" e "dubbia superiore"), attribuite per estrapolazione a classi di odore associate alle emissioni dell'installazione	0,2%
Percentuale delle misurazioni attribuite alle pseudo-classi "sconosciuta" e "transition"	3,4%
Percentuale delle misurazioni attribuite alla pseudo-classe "aria"	60,7%

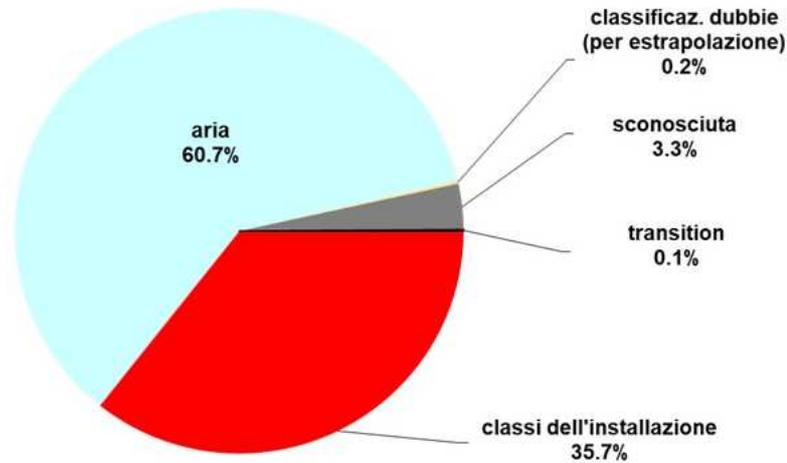


Figura 9. Percentuali aggregate delle misurazioni eseguite, nella posizione 1.

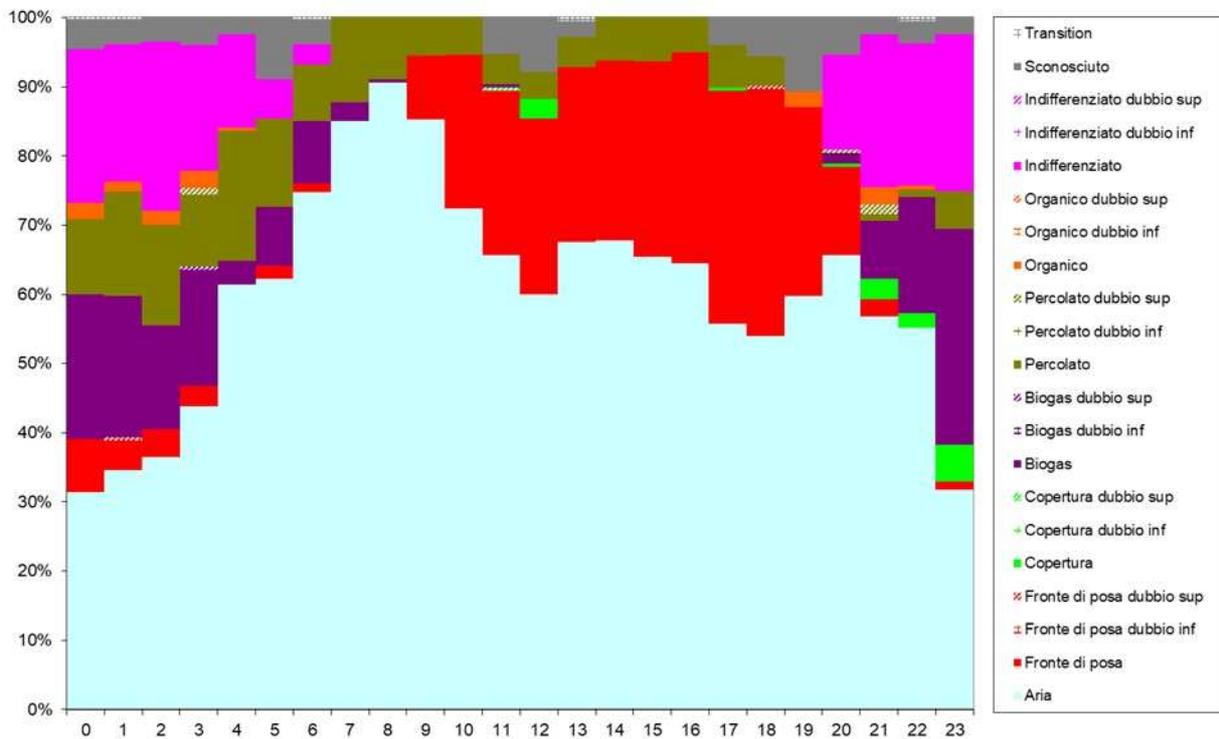


Figura 10. Frequenza percentuale, secondo l'ora del giorno, delle attribuzioni alle diverse classi di odore nella posizione 1.

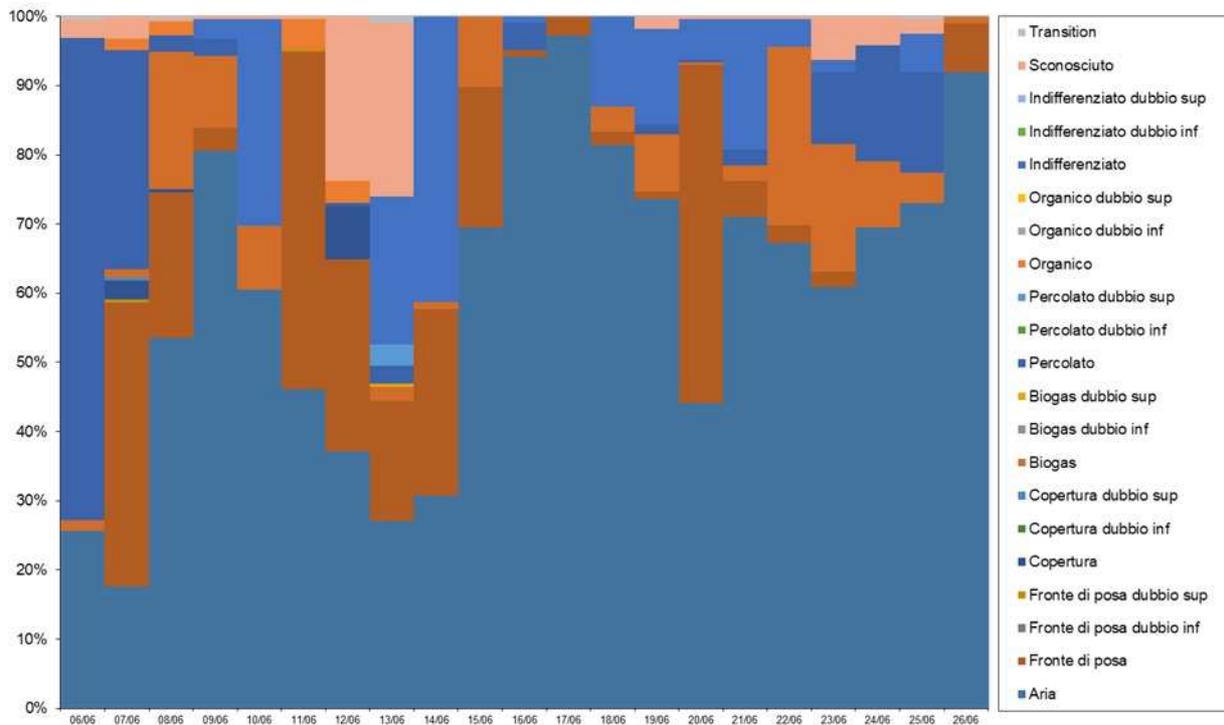


Figura 11. Frequenza percentuale, secondo il giorno di monitoraggio, delle diverse classi di odore nella posizione 1.

5.4.2 Posizione 2 (ricettore Loc. Babbucce)

Tabella 11. Numero di misurazioni attribuite a ciascuna classe di odore, nella posizione 2.

Classe di odore	Numero di misurazioni attribuite alla classe di odore	Numero di misurazione attribuite alla pseudo-classe "dubbia inferiore" (per estrapolazione inferiore)	Numero di misurazione attribuite alla pseudo-classe "dubbia superiore" (per estrapolazione superiore)
Fronte di posa	0,4	0	0
Copertura	0,6	0	0
Biogas	0	0	0
Percolato	0	0	0
Organico	0	0,3	0
Indifferenziato	0	0	0
Sconosciuta	15		
Transition	0		
Aria	4692		
Totale misurazioni	4768		

Tabella 12. Numero di misurazioni attribuite a ciascuna classe di odore, nella posizione 2.

Classe di odore	Percentuale delle misurazioni attribuite alla classe di odore	Percentuale delle misurazioni "dubbia inferiore"	Percentuale delle misurazioni "dubbia superiore"	Percentuale delle misurazioni totali attribuite alla classe di odore (incluse le dubbie)
Fronte di posa	0,4%	0%	0%	0,4%
Copertura	0,6%	0%	0%	0,6%
Biogas	0%	0%	0%	0%
Percolato	0%	0%	0%	0%
Organico	0%	0,3%	0%	0,3%
Indifferenziato	0%	0%	0%	0%
Sconosciuta	0,3%			
Transition	0			
Aria	98,4%			

Tabella 13. Percentuali aggregate delle misurazioni eseguite, nella posizione 2.

Percentuale delle misurazioni attribuite a classi di odore associate alle emissioni dell'installazione, escluse le dubbie	1,0%
Percentuale delle misurazioni "dubbie" ("dubbia inferiore" e "dubbia superiore"), attribuite per estrapolazione a classi di odore associate alle emissioni dell'installazione	0,3%
Percentuale delle misurazioni attribuite alle pseudo-classi "sconosciuta" e "transition"	0,3%
Percentuale delle misurazioni attribuite alla pseudo-classe "aria"	98,4%

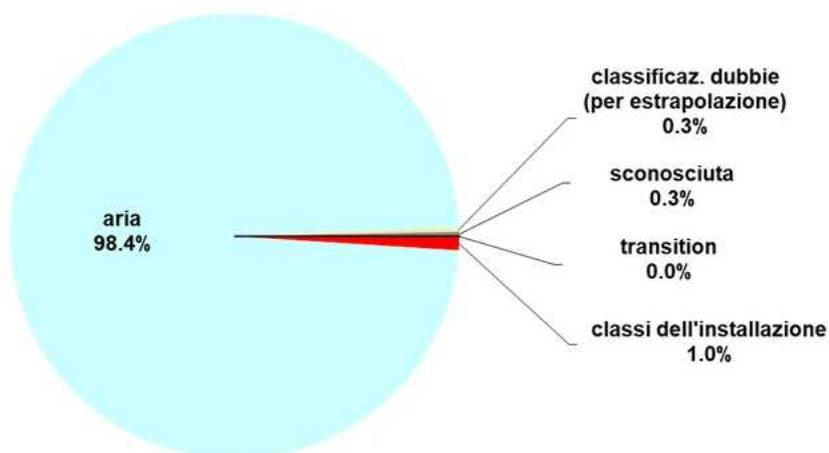


Figura 12. Percentuali aggregate delle misurazioni eseguite, nella posizione 2.

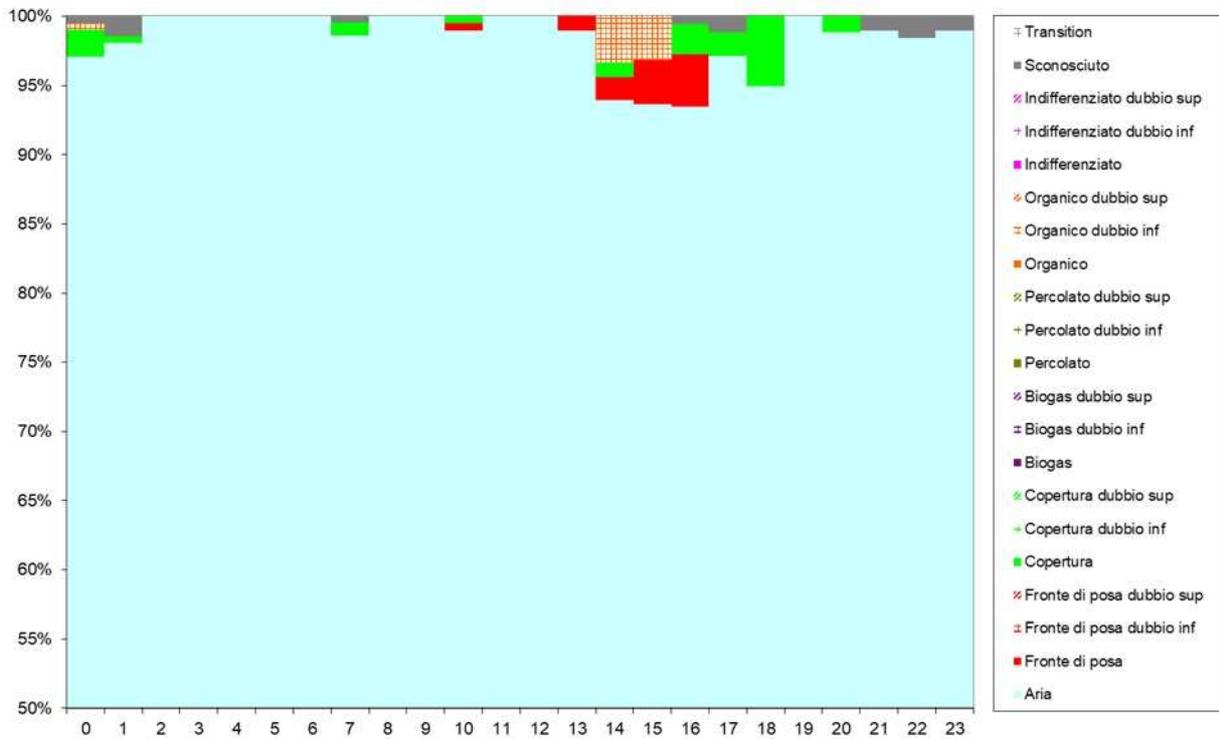


Figura 13. Frequenza percentuale, secondo l'ora del giorno, delle attribuzioni alle diverse classi di odore nella posizione 2.

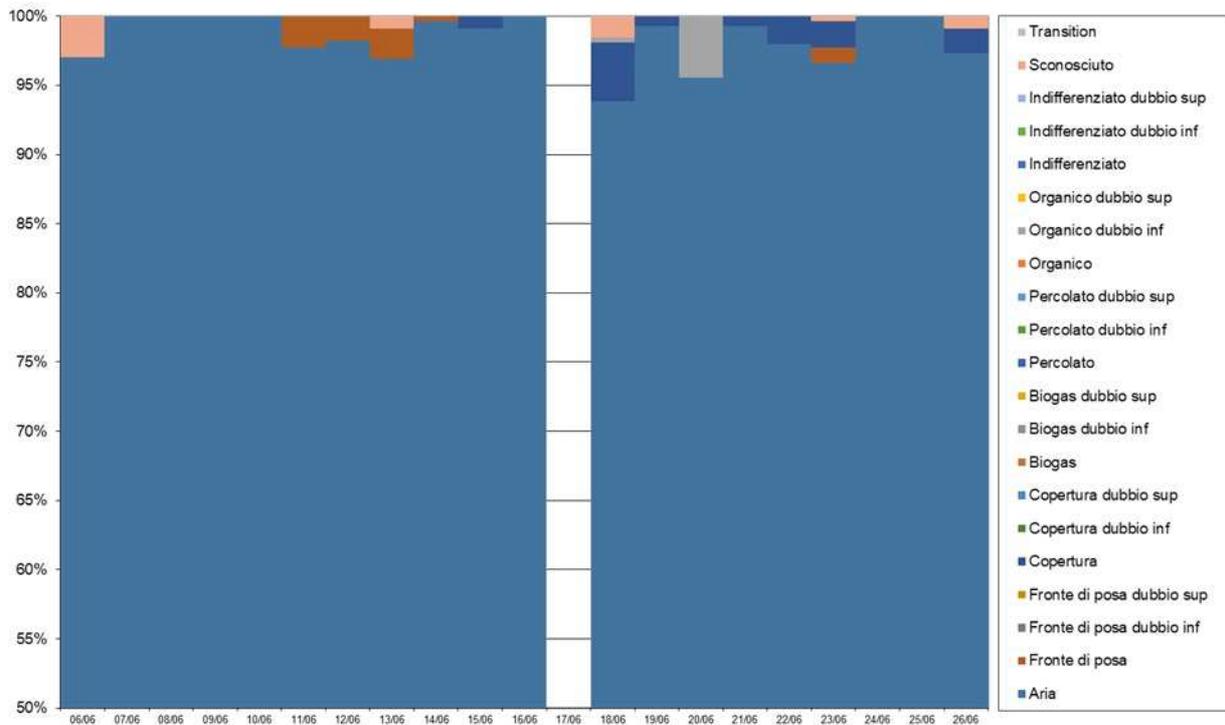


Figura 14. Frequenza percentuale, secondo il giorno di monitoraggio, delle diverse classi di odore nella posizione 2.

Lo strumento installato presso il ricettore, posizione n. 2, a causa di un guasto che ha richiesto l'intervento di un tecnico, non ha registrato dati validi dal giorno 16/06/2025 ore 13:30 circa al giorno 18/06/2025 ore 00:45 circa.

6. Valutazione dei risultati e conclusioni

Richiamato quanto riassunto nel § 1, prima di esaminare le conclusioni dello studio si devono formulare i seguenti avvertimenti.

- Le frequenze temporali di esposizione riportate nelle tabelle del § 5.4 sono ottenute da un monitoraggio di durata limitata (vedasi § 3) e la loro rappresentatività non può essere estesa a periodi più lunghi o antecedenti. Infatti l'esposizione all'odore sul territorio dipende almeno dalle emissioni (potenzialmente variabili) e dalle condizioni meteorologiche (che influenzano la dispersione delle emissioni in atmosfera). Non è nota la proporzione fra le emissioni durante il periodo di monitoraggio e le emissioni in altri periodi.
- L'addestramento degli strumenti è stato eseguito sulle sole classi di odore elencate in Tabella 3. Conseguentemente, le classi di odore attribuite dagli strumenti durante il monitoraggio in continuo non possono che appartenere a questo elenco di classi di odore (cui si devono aggiungere solo le pseudo-classi, vedasi Tabella 6).

La tabella seguente è una sintesi dei dati riportati nel § 5.4. Per ciascuna delle classi di odore è riportata la frequenza temporale di esposizione, ossia la percentuale delle misurazioni attribuite dallo strumento a ciascuna classe di odore rispetto al numero totale di misurazioni eseguite dallo strumento nella posizione di monitoraggio.

Per esempio, un'ipotetica frequenza di esposizione dell'1% alla classe di odore "X" indicherebbe che in quella posizione di monitoraggio l'1% delle misurazioni dell'aria ambiente eseguite durante l'intero periodo di monitoraggio sia stato attribuito dallo strumento alla classe di odore "X"; in altre parole, per l'1% del tempo lo strumento avrebbe classificato l'aria ambiente come simile a quella dei campioni odorigeni di questa emissione prelevati in fase di addestramento.

Tabella 14. Confronto fra le frequenze di esposizione nelle diverse posizioni di monitoraggio.

Classe di odore	Frequenza di esposizione: Posizione 1 (Installazione)	Frequenza di esposizione: Posizione 2 (loc. Babbucce)
Classi di odore associate alle emissioni dell'installazione (escluse le "dubbe")	35,7%	1,0%
Fronte di posa	13,4%	0,4%
Fronte di posa dubbio inferiore	0%	0%
Fronte di posa dubbio superiore	<0,1%	0%
Copertura	0,6%	0,6%
Copertura dubbio inferiore	0%	0%
Copertura dubbio superiore	<0,1%	0%
Biogas	6,3%	0%
Biogas dubbio inferiore	0%	0%
Biogas dubbio superiore	<0,1%	0%
Percolato	7,2%	0%
Percolato dubbio inferiore	0%	0%
Percolato dubbio superiore	<0,1%	0%
Organico	0,6%	0%
Organico dubbio inferiore	0%	0,3%
Organico dubbio superiore	0%	0%
Indifferenziato	7,6%	0%
Indifferenziato dubbio inferiore	0%	0%
Indifferenziato dubbio superiore	0%	0%
Classi di odore associate alle emissioni dell'installazione "dubbe inferiori"	0%	0,3%
Classi di odore associate alle emissioni dell'installazione "dubbe superiori"	0,2%	0%
Sconosciuto	3,3%	0,3%
Transition	0,1%	0%
Aria	60,7%	98,4%

Dai risultati del monitoraggio si traggono le seguenti valutazioni e conclusioni.

- Nella posizione di monitoraggio n. 2 (un ricettore sito in Loc. Babbucce, vedasi cfr. 4.4 la frequenza di esposizione a classi di odore associate alle emissioni dell'installazione è dell'1,0%. Nell'ipotesi in cui gli estremi inferiori degli

intervalli di taratura (campi di addestramento) in Tabella 4 rappresentino le soglie oltre cui l'evento sia da enumerare come evento di esposizione olfattiva, la frequenza determinata sarebbe comunque di molto inferiore a entrambi i criteri di valutazione considerati (10% per zone residenziali e 15% per le zone industriali o agricole; vedasi § 1.2).

- Le frequenze di esposizione rilevate nella posizione n. 2 sono compatibili con le frequenze di esposizione determinate dallo strumento contemporaneamente installato nella posizione n. 1 (presso l'installazione) tenendo anche conto che gli odoranti emessi dall'installazione in oggetto, diluendosi in atmosfera, giungano nella posizione n. 2 (più lontana dalle sorgenti) a concentrazioni non rilevabili dallo strumento.
- Nella posizione n. 2 la frequenza di esposizione massima è per le classi di odore "copertura" (0,6%).
- Il naso elettronico installato nella posizione n. 1 ha rilevato per il 3,3% del tempo totale di monitoraggio odori classificati come "sconosciuti".

Ing. Simone Bonati
Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Milano
n. B 26813