

Monitoraggio odori Gallese, Strada Prov. 34, Loc. Valli (VT)

Periodo: 18 luglio – 6 settembre 2023



A cura di:

- **ARPA Lazio**
Dipartimento Stato dell'Ambiente,
Servizio qualità dell'aria e monitoraggio ambientale degli agenti fisici
Unità centro regionale della qualità dell'aria
Unità aria e agenti fisici di Roma

Data redazione: novembre 2023

INDICE

1	PREMESSA	2
2	LA MOLESTIA OLFATTIVA.....	4
2.1	INTRODUZIONE	4
2.2	DEFINIZIONE DEL LIMITE OLFATTIVO O ODOUR THRESHOLD	5
3	CAMPIONAMENTO	6
3.1	STRUMENTAZIONE SCIENTIFICA SUL LABORATORIO MOBILE UTILIZZATO PER LA CAMPAGNA	6
4	GRAFICI.....	8
4.1	ANDAMENTO COMPOSTI ODORIGENI.....	8
5	STIMA DELL'IMPATTO ODORIGENO.....	16
5.1	METODO SPERIMENTALE PER LA DETERMINAZIONE DEL DISTURBO DI UNA MISCELA DI SOSTANZE ODORIGENE 16	
5.2	NUMERO DI ORE PER OGNI EVENTO	20
5.1	ORE ODORE, ISTOGRAMMI E ROSE	20
6	SEGNALAZIONI DELLA POPOLAZIONE.....	24
7	CONCLUSIONI.....	25
8	BIBLIOGRAFIA.....	27

1 Premessa

A seguito della nota inviata dal Comune di Gallese, acquisita con prot. n. 5960 del 27-01-23, l'ARPA Lazio ha effettuato una campagna di verifica della qualità dell'aria nella zona Valli nel Comune di Gallese, nei pressi della ditta Mattucci srl, autorizzata al recupero di rifiuti non pericolosi. L'attività era finalizzata alla verifica dei normali parametri solitamente oggetto di misure, quelli indicati nel D.lgs. 155/2010 (i cui risultati sono illustrati in uno specifico report) e a quantificare tramite un protocollo di monitoraggio e analisi sperimentale la molestia olfattiva percepita nel sito di misura.

Il monitoraggio si è svolto con l'utilizzo di un mezzo mobile installato lungo la strada provinciale 34 (nel punto di latitudine: 42.373530°e longitudine: 12.428736°), a partire dal 18-07-23 e fino al 06-09-2023. Il sito si trovava a circa 100 m a Est-Nord/Est dall'ingresso dell'impianto di recupero rifiuti non pericolosi (Figura 1). Un'altra campagna nello stesso sito era stata svolta dal 15 ottobre al 16 novembre 2022, i risultati sono stati inviati al Comune di Gallese con nota n. 90350 del 28-12-2022.



Figura 1 Mappa dell'area di campionamento con evidenza del sito di misura

Il laboratorio mobile utilizzato è equipaggiato con alcuni sensori che misurano sostanze “potenzialmente” fonte di odori; nello specifico sono presenti: un analizzatore per la misura dell’acido solfidrico (H_2S), uno per la misura dell’ammoniaca (NH_3), uno per la quantificazione di alcuni composti volatici (Benzene, Toluene, EtilBenzene, Xileni, Stirene e Cicloesano) ed uno in grado di tracciare VOC totali e diversi composti di zolfo.

La molestia olfattiva, per sua natura, deriva inevitabilmente dalla presenza, nelle vicinanze della zona in cui essa viene percepita, di strutture, in genere industriali, che emettono una serie di specie chimiche odorogene in quantità tali da essere chiaramente percepite dal sistema olfattivo della popolazione residente. Questa emissione di sostanze odorogene può produrre o meno molestia a seconda delle capacità disperdente che la parte bassa dell’atmosfera presenta al momento dell’emissione.

L’esperienza maturata sulle molestie olfattive da parte delle varie istituzioni (ed anche da parte del mondo della ricerca) è oggettivamente molto limitata e frammentaria, sia sul fronte delle misure, che sul fronte dell’individuazione di parametri sintetici con cui quantificare le varie sostanze responsabili degli odori e il loro effetto a livello soggettivo. L’ARPA Lazio nel corso degli ultimi anni ha approfondito il tema, visto che le metodologie normalmente impiegate nel controllo sullo stato dell’aria non sono mai riuscite a dar conto del forte disagio mostrato dalla popolazione nelle situazioni di molestie olfattive intense e persistenti. Le varie esperienze hanno mostrato un quadro proveniente dalle misure molto più ottimista rispetto al disagio provato dalla popolazione.

Il tema è molto complesso e di conseguenza il tentativo di definire una metodologia di misura costituisce un interessante tema di ricerca in continua evoluzione alla luce delle evidenze che emergono nel mondo dai diversi studi, dai risultati delle campagne sperimentali e ovviamente dall’evoluzione tecnologica della strumentazione.

Il presente report illustra a grandi linee la tematica dell’inquinamento odorogeno, descrive la metodologia sperimentale applicata ed i risultati ottenuti nella campagna di misura.

2 La molestia olfattiva

2.1 Introduzione

In maniera estremamente semplice, senza la pretesa di descrivere in termini rigorosi il problema dal punto di vista fisiologico, dalla letteratura scientifica è evidente come la sensazione di molestia olfattiva proceda nei termini seguenti:

- l'introduzione dell'aria ambiente nel corpo umano avviene in maniera discontinua e periodica attraverso una serie di atti respiratori. In ciascun atto, della durata di alcuni secondi, viene inalato un volume d'aria che viene fatta transitare attraverso il naso. Questo organo presenta la caratteristica peculiare di effettuare un'analisi chimica a risposta rapida che produce come risposta un impulso sensoriale che si estrinseca in una sensazione o di benessere (un profumo) o di molestia;
- l'aria inspirata viene quindi inviata all'apparato respiratorio che si incarica di estrarre da essa ciò di cui ha bisogno l'organismo, ma anche sostanze (inquinanti) potenzialmente ad esso dannose.

Quindi la sensazione di molestia derivante da una sostanza odorigena presente nell'aria (e la sua eventuale azione tossica) può derivare da un singolo atto respiratorio di breve durata, indicativamente 5 secondi. Perciò la vera differenza tra quantificare l'inquinamento atmosferico, per come definito dal D. Lgs. 155/2010, e mettere in evidenza le molestie olfattive con la loro azione potenzialmente dannosa sta proprio nel tempo di osservazione (o meglio nel tempo di mediazione) oltre che nella tipologia di sostanze monitorate. Se, sulla scorta di quanto noto e codificato dalla norma, la pericolosità della presenza in atmosfera di particolato sottile, biossido di azoto, biossido di zolfo, ecc. può essere quantificata in termini di media oraria per gli inquinanti gassosi e media giornaliera per il materiale particolato, per quanto riguarda le sostanze odorigene è ragionevolmente necessario adottare tempi di mediazione più brevi, dell'ordine dei secondi. Sarebbe pertanto opportuno che, come già fatto per gli inquinanti tradizionali, le strutture sanitarie competenti individuassero tempi di mediazioni adeguati a

quantificare il rischio o la molestia connessa alla presenza di tali sostanze, tra queste ad esempio è sicuramente da annoverare l'acido solfidrico (H₂S).

2.2 Definizione del limite olfattivo o Odour Threshold

Una sostanza odorosa può essere avvertita solo quando raggiunge una concentrazione minima, denominata soglia olfattiva (Odour Threshold-OT), al di sotto della quale non provoca alcuno stimolo nel sistema ricettivo.

Generalmente come soglia olfattiva si fa riferimento alla concentrazione minima di un composto odoroso che porta alla percezione dell'odore con una probabilità del 50% ovvero alla concentrazione di odorante che ha una probabilità dello 0,5 di essere rivelata nelle condizioni della prova.

Le soglie olfattive utilizzate per le sostanze monitorate in questa campagna (Tabella 1) sono state quelle determinate con il metodo "Triangle Odor Bag", e riportate nella pubblicazione "Measurement of Odor Threshold by Triangle Odor Bag Method" di Yoshio Nagata del Japan Environmental Sanitation Center [1] [2].

Il metodo con cui sono state ricavate è basato sulla diluizione ed è riconosciuto a livello internazionale dalla comunità scientifica. Per i VOCEqDMS, che tengono conto dalla concentrazione di diversi composti, ognuno con una diversa soglia, non è possibile reperire un valore univoco di riferimento.

Tabella 1: soglie olfattive utilizzate

specie	OT Nagata [ppb]
2 butil-sh n-Butyl mercaptane	0.0028**
etil-sh Ethyl mercaptane	0.0087
iso-butil-sh Isobutyl mercaptane	0.0068
iso-pro-sh Isopropyl mercaptane	0.006
metil-sh Methyl mercaptane	0.07
n-butyl-sh n-Butyl mercaptane	0.0028
n-prop-sh n-Propyl mercaptane	0.013

specie	OT Nagata [ppb]
DES Diethyl sulfide	0.033
DMS Dimethyl sulfide	3
DMDS Dimethyl disulfide	2.2
MES Methyl Ethyl Sulfide	1*
TBM tert. Butyl mercaptane	0.029
THT Tetrahydrothiophene	0.62

* Dato non reperibile da Nagata, valore tratto da fonte Arkema

** Dato non reperibile da Nagata, valore posto uguale a n-butyl-sh

STRUMENTAZIONE DEDICATA			
specie	OT Nagata [ppb]	OT Nagata [ug/m3]	
NH3 Ammonia	1500	1042	
H2S Hydrogen sulfide	0.41	0.6	

specie		OT Nagata [ppb]
C ₆ H ₆	Benzene	2700
C ₆ H ₅ CH ₃	Toluene	330
C ₈ H ₁₀	m-Xilene	41
C ₈ H ₁₀	p-Xilene	58
C ₈ H ₁₀	o-Xilene	380
C ₆ H ₅ CH=CH ₂	Stirene	35
C ₆ H ₁₂	Cicloesano	2500
C ₆ H ₅ CH ₂ CH ₃	Etilbenzene	170

3 Campionamento

3.1 Strumentazione scientifica sul laboratorio mobile utilizzato per la campagna

La finalità principale della campagna era quella di stimare la molestia olfattiva percepibile nel sito di misura, la dotazione strumentale del mezzo mobile dell'ARPA Lazio ha consentito di effettuare sia questa stima, che la misura della concentrazione di alcuni degli inquinanti previsti dalla normativa per il controllo della qualità dell'aria (DLgs.155/2010). A questi dati sono stati affiancati quelli acquisiti dai sensori meteorologici presenti sul mezzo mobile.

Vengono di seguito presentati i dati chimici relativi alle sostanze odorigene rilevate dalle ore 00:00 del 18 luglio 2023 alle 24:00 del 6 settembre 2023. In particolare sono state considerate le concentrazioni medie dei seguenti inquinanti:

- Ammoniaca (NH₃) (Teledyne API T201)
- Acido solfidrico (H₂S) (Teledyne API T101)
- VOC (Benzene, Toluene, EtilBenzene, Xileni, Stirene e Cicloesano)
- Composti odorigeni dello zolfo (Vigi E-NOSE Chromatotech)

Per motivi tecnici, per la trattazione matematica che quantifica la molestia olfattiva totale si è scelto di non utilizzare la concentrazione di VOCEqDMS.

La presenza di ammoniaca in aria è stata misurata utilizzando uno strumento basato sul principio chimico della chemiluminescenza, in pratica si tratta di un normale analizzatore per gli ossidi di

azoto (NO), identico a quelli normalmente utilizzati nelle reti di monitoraggio, abbinato ad un convertitore in grado di trasformare NH_3 in NO. Lo strumento restituisce le concentrazioni in aria di ammoniaca, ossido di azoto e biossido di azoto. Il tempo di risposta di questo analizzatore, secondo quanto dichiarato dal costruttore è di 340 secondi.

Per la misura dell'acido solfidrico a concentrazioni normalmente rilevate in aria è stato usato un analizzatore basato sulla fluorescenza ultravioletta, lo stesso sistema utilizzato e previsto nel D.lgs. 155/ 2010 per l'anidride solforosa (SO_2). Lo strumento è dotato di un catalizzatore settato a 315°C che converte H_2S in SO_2 . Il suo tempo di risposta, secondo quanto dichiarato dal costruttore, è di 140 secondi ed è lo strumento più "veloce" tra quelli utilizzati, in grado di evidenziare variazioni di concentrazione anche piuttosto rapide. Secondo quanto previsto dal metodo sperimentale adottato, questo analizzatore è stato utilizzato, nell'analisi dei dati, per la stima dell'entità della fluttuazione attorno al valore medio orario delle concentrazioni rilevate durante le campagne di misura.

Le concentrazioni di Benzene, Toluene, EtilBenzene, Xileni, Stirene e Cicloesano in aria sono state quantificate tramite un analizzatore per gascromatografia gassosa, per ognuno di questi composti lo strumento utilizzato fornisce un valore ogni 30 minuti, lo strumento è conforme a quanto richiesto per la misura del benzene in aria dal D.lgs. 155/2010.

I composti dello zolfo e i Composti Organici Volatili totali (Total VOC) vengono misurati con un unico strumento equipaggiato con due diversi sistemi di rilevamento. I primi sono quantificati da un gascromatografo dotato di rilevatore elettrochimico e capace di discriminare diverse sostanze contenenti zolfo (alcuni mercaptani, solfuri e tioeteri) mentre i VOC totali sono rilevati da un PID (rilevatore a fotoionizzazione). Come già evidenziato in precedenza, nell'analisi dei dati acquisiti durante questa campagna di misura, i VOC totali non sono stati utilizzati per la quantificazione della molestia olfattiva. Questo analizzatore fornisce due misure (una per i composti dello zolfo e una per i VOCEqDMS) ogni venti minuti.

4 Grafici

4.1 Andamento composti odorigeni

Nei grafici seguenti (da **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** a **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) sono rappresentati gli andamenti dei composti odorigeni misurati durante il monitoraggio. Quando presente, viene riportata anche la “soglia di odore”.

Dal 21 agosto lo strumento per la misurazione dei composti dello zolfo è stato messo fuori scansione per avaria strumentale, pertanto a partire da questa data questo tipo di sostanze non sono state quantificate.

;

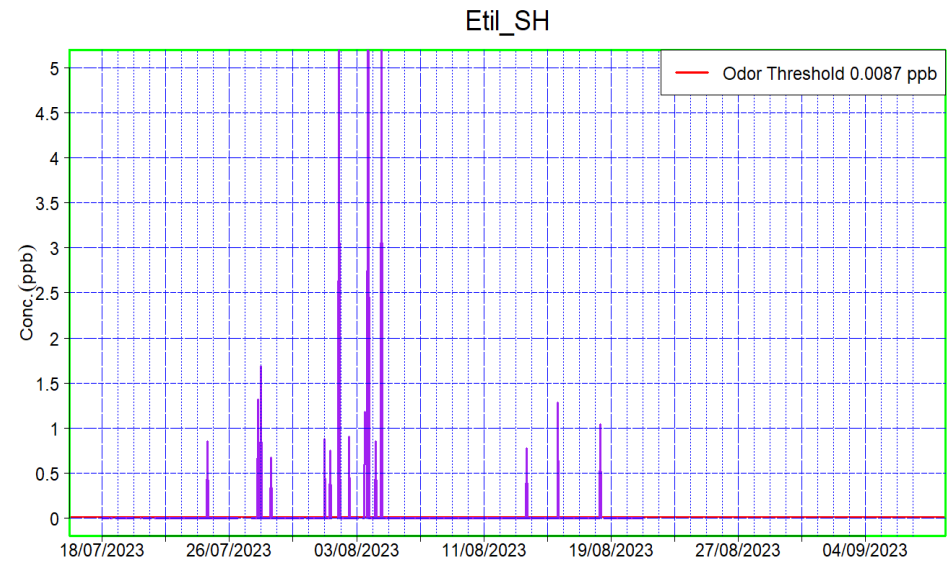
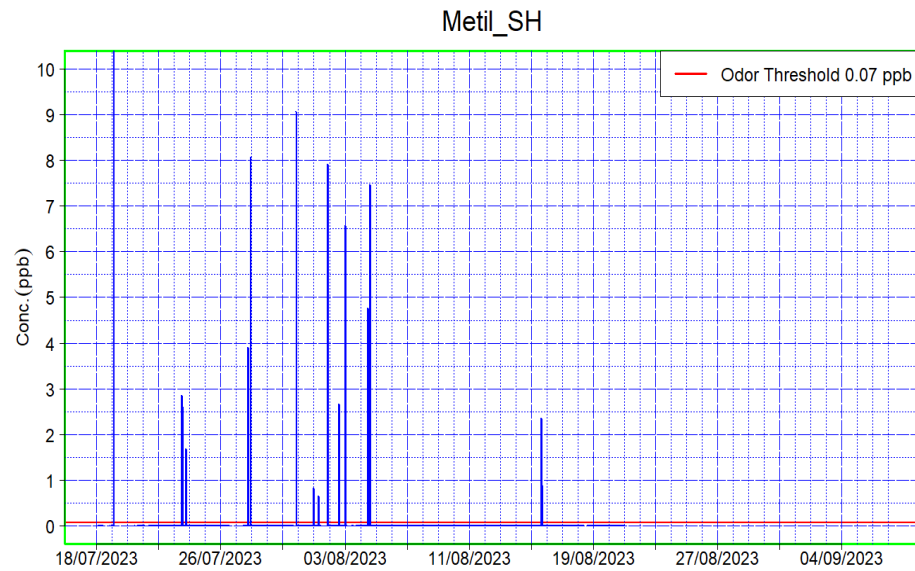
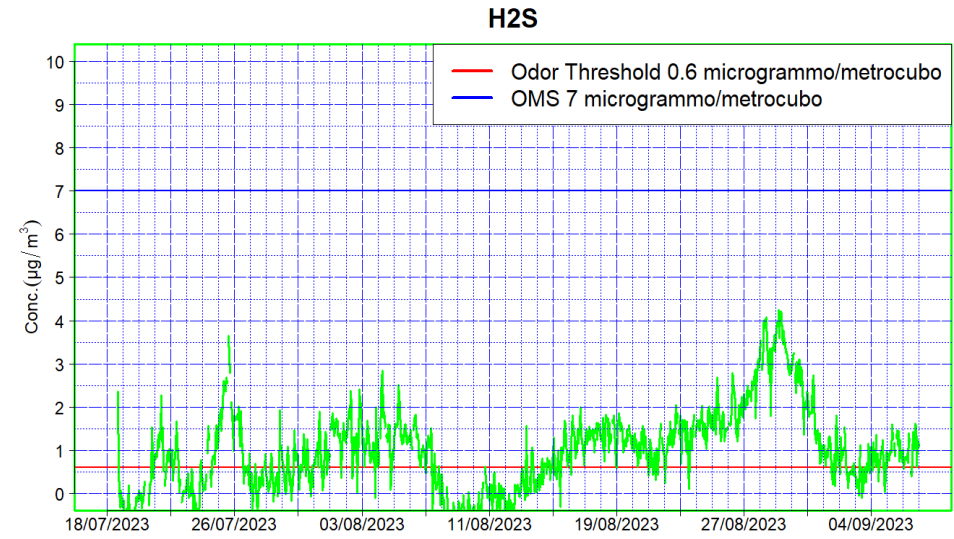
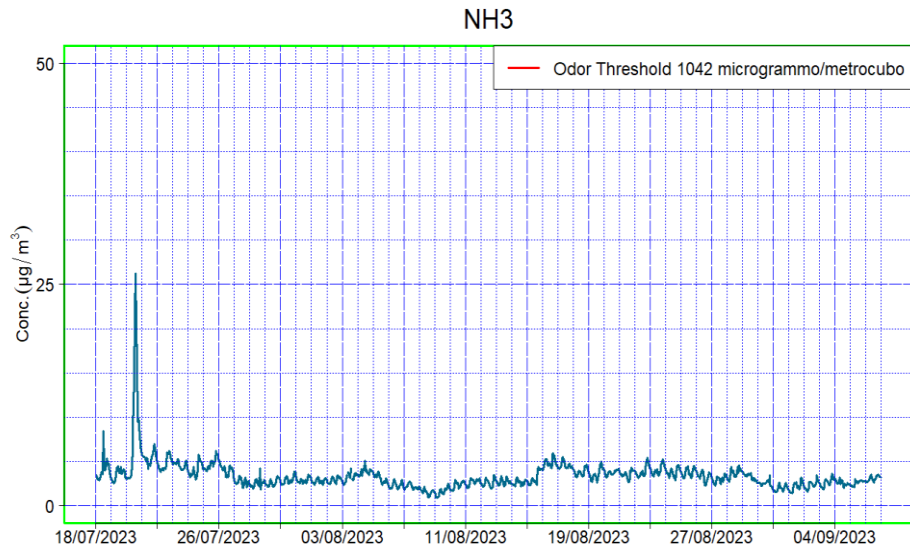


Figura 2: grafici della campagna di misura presso Gallese per ammoniaca, acido solfidrico, metil-mercaptano ed etil-mercaptano

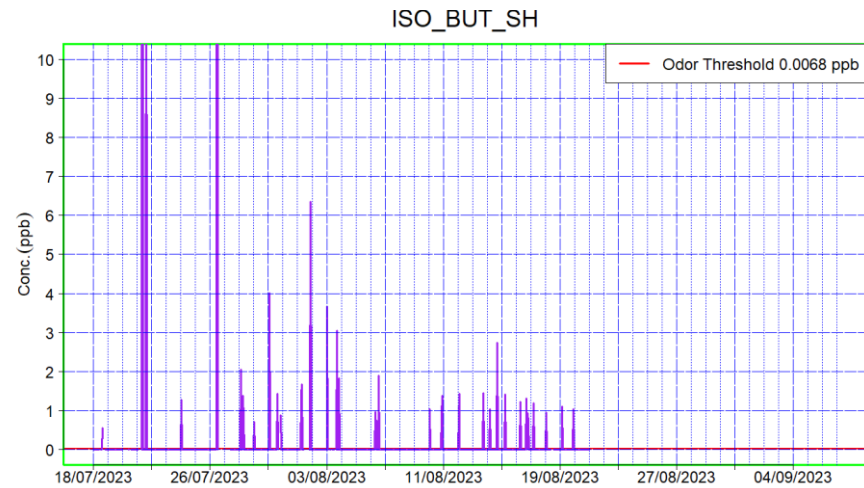
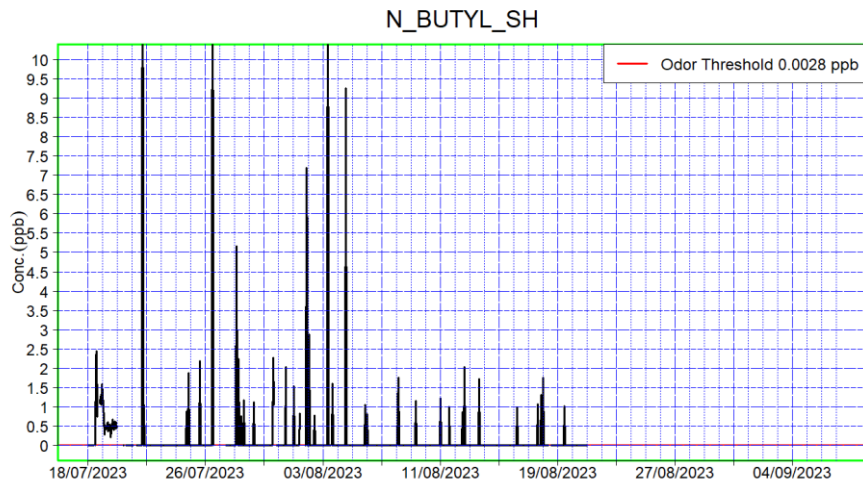
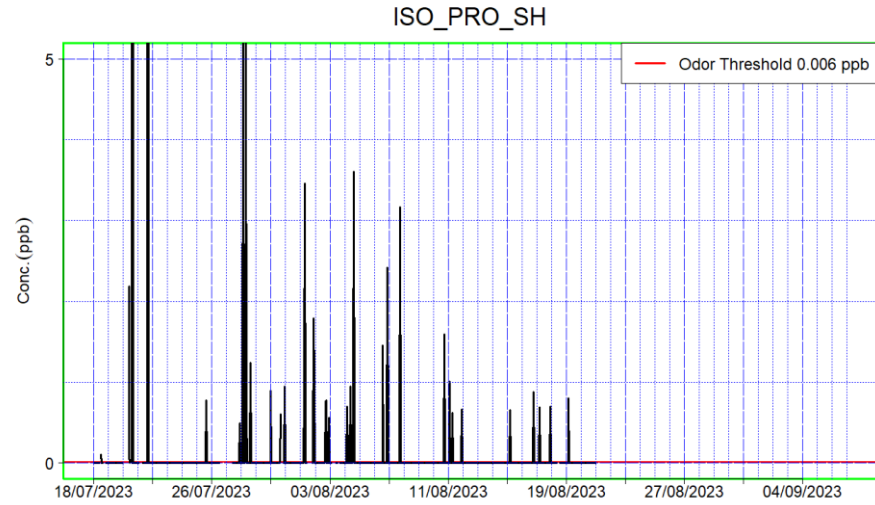
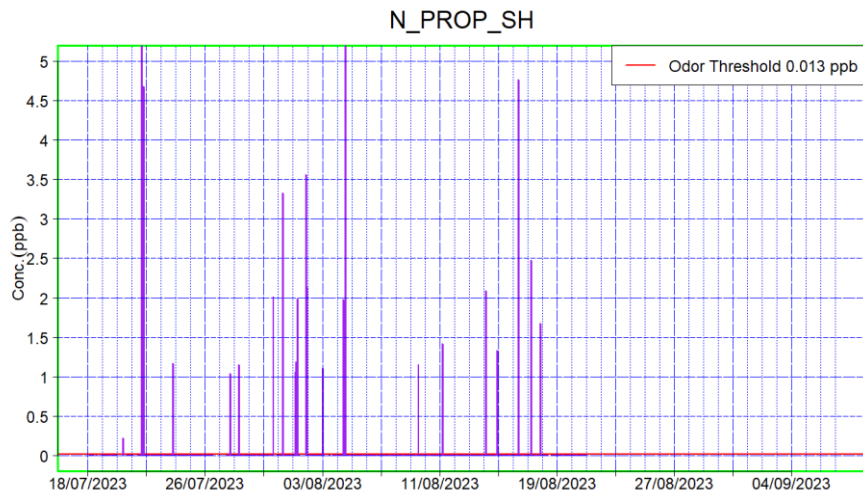


Figura 3: grafici della campagna di misura presso Gallese per N-propil-mercaptano, iso-propil-mercaptano, N-butil-mercaptano e iso-butil-mercaptano;

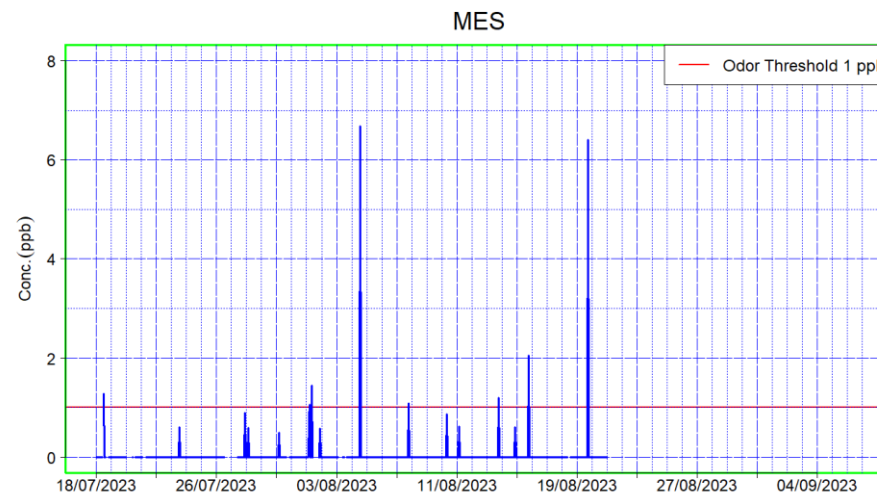
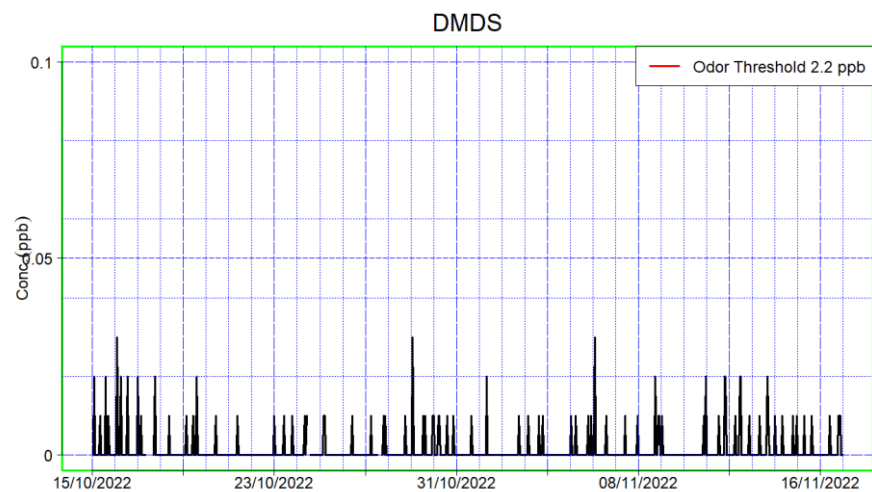
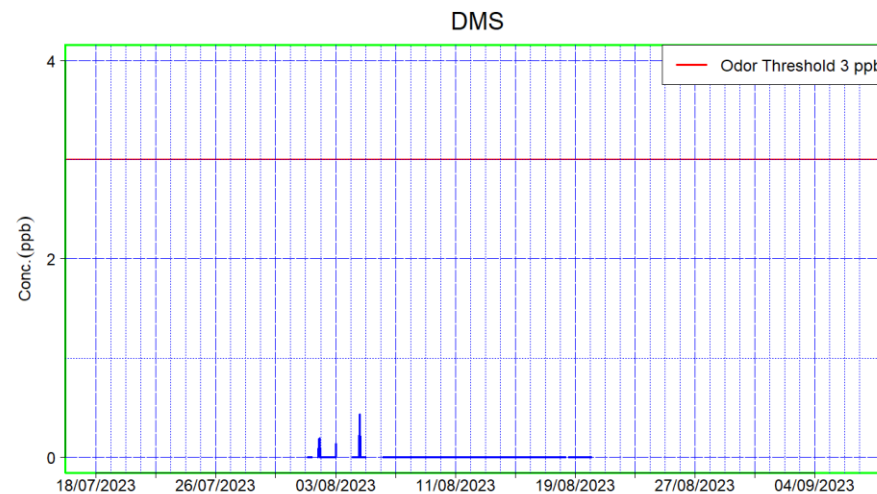
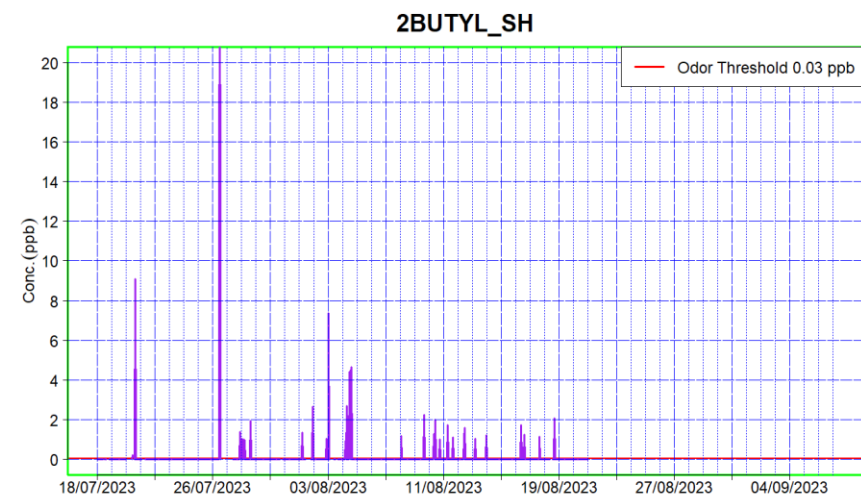


Figura 4: grafici della campagna di misura presso Gallese per 2-butil mercaptano, dimetil-solfuro, dimetil-disolfuro e metil-etil-solfuro;

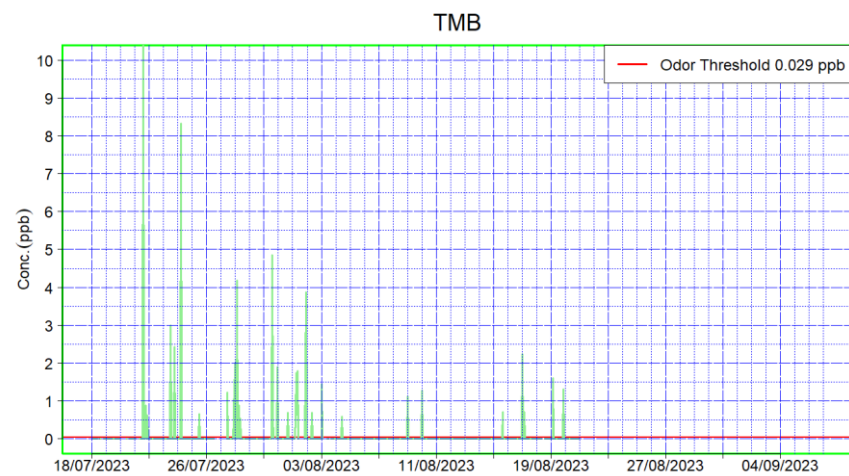
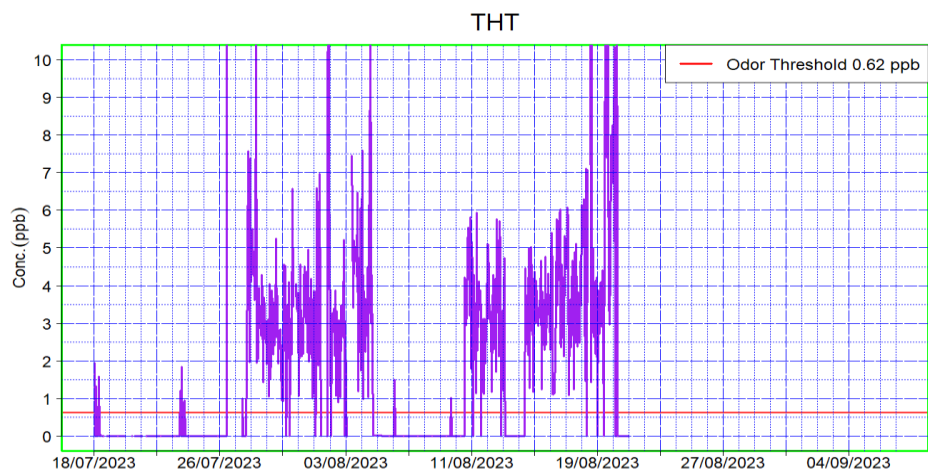


Figura 5: grafici della campagna di misura presso Gallese per tetra idro tiofene (THT) e terz-butyl-mercaptano (TMB)

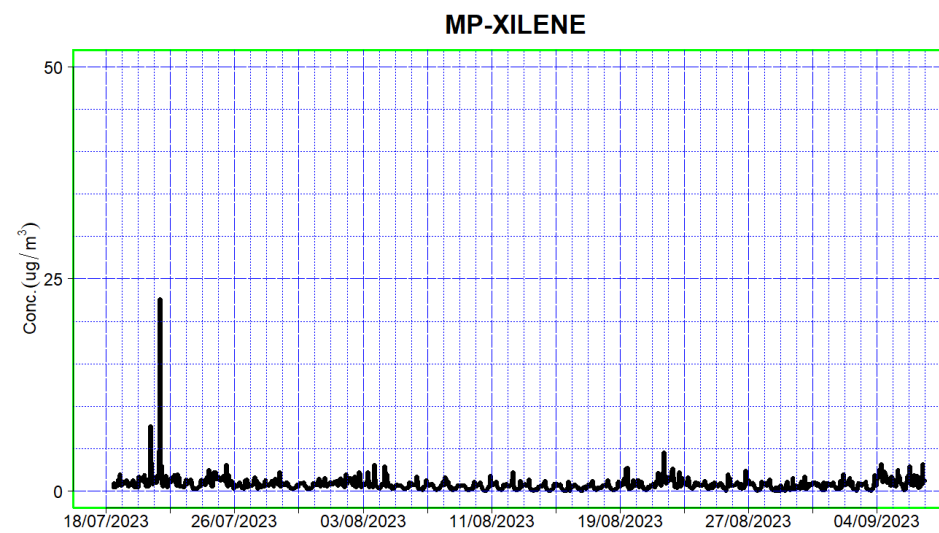
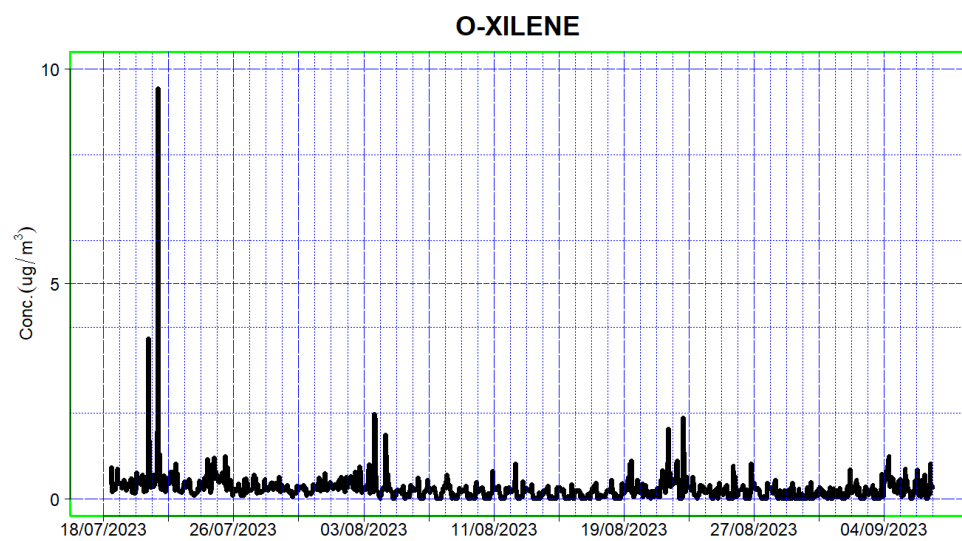
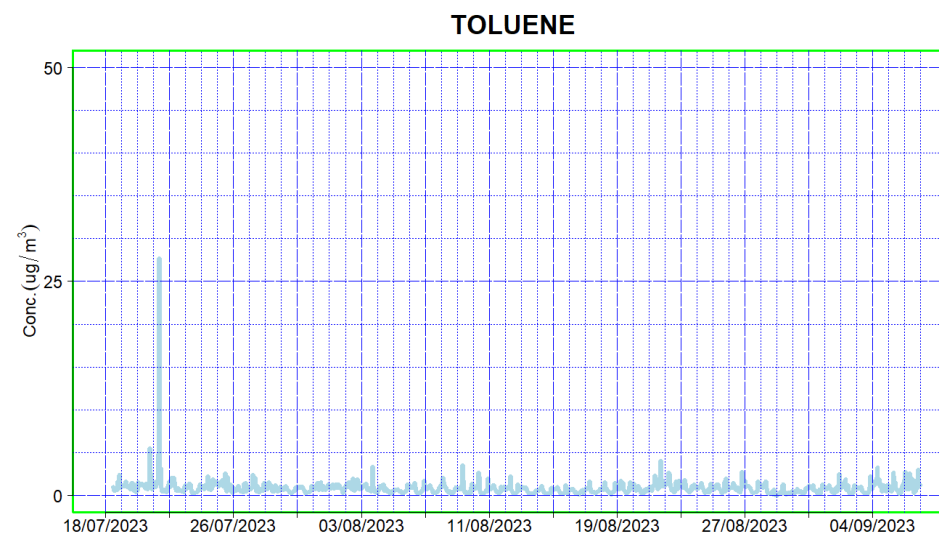
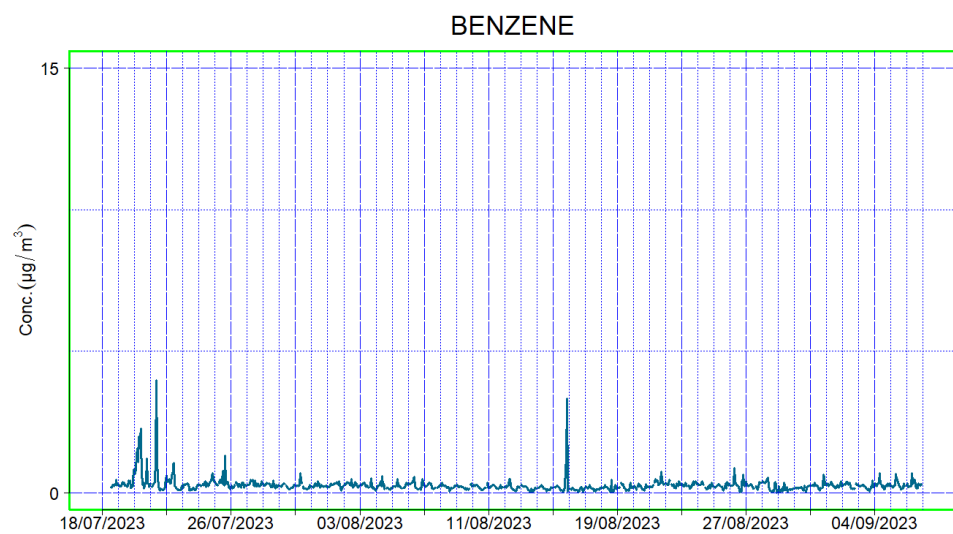


Figura 6: grafici della campagna di misura presso Gallese per benzene, toluene, MP-xilene, o-xilene.

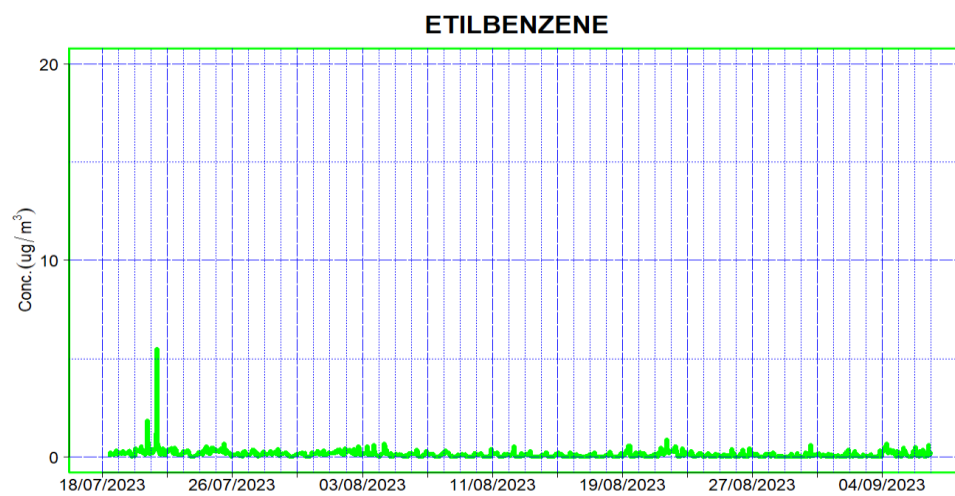
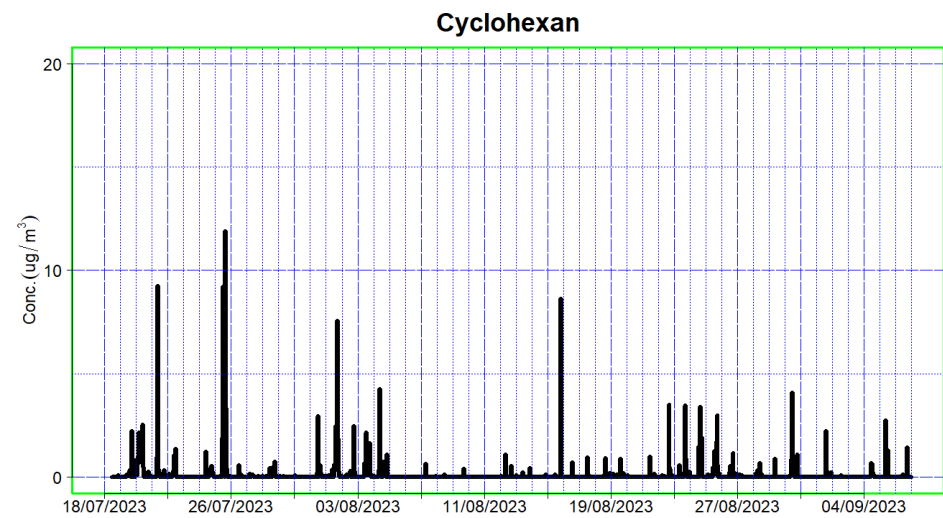
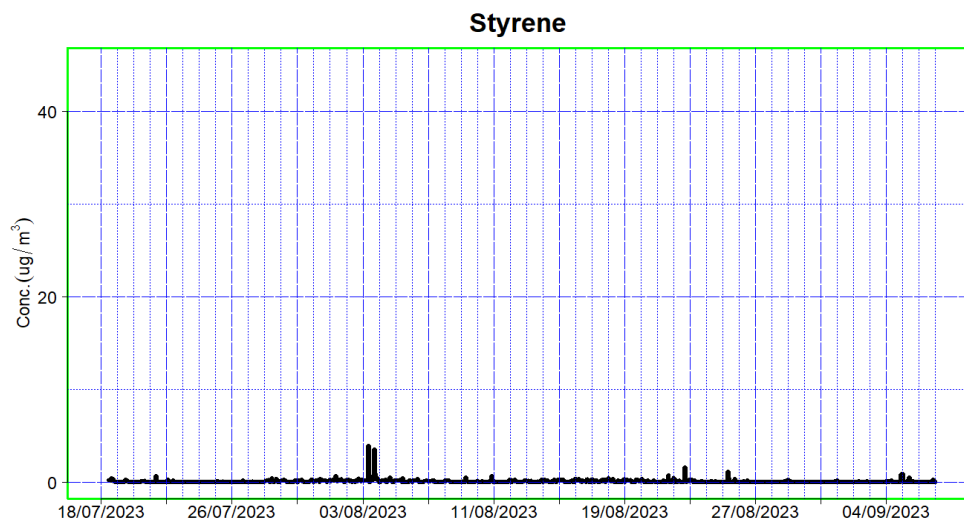


Figura 7 grafici della campagna di misura presso Gallese per etilbenzene, styrene e cicloesano

Le linee Guida WHO “Air Quality Guidelines for Europe” [4] indicano per l’H₂S una concentrazione in aria di 7µg/m³ come soglia al di sotto della quale dovrebbero restare le concentrazioni, misurate con un periodo di mediazione di 30 minuti, al fine di non provocare disturbo alla popolazione esposta. Durante il monitoraggio la media oraria di questo inquinante non ha mai superato questo valore di riferimento. Le concentrazioni di acido solfidrico normalmente misurate in aria, secondo quanto riportato in letteratura hanno valori di background nel range 0,15-0,46 µg/m³ e possono arrivare a 1 µg/m³ in ambiente urbano [8].

Nella Tabella 2 è sinteticamente riportato il numero di ore in cui le medie orarie delle varie sostanze odorigene misurate durante il monitoraggio hanno superato la rispettiva soglia di odore di Nagata. Tuttavia, come illustrato in precedenza, il valore medio orario, utilizzato normalmente come indicatore nelle campagne di misura della qualità dell’aria per gli inquinanti previsti dal d.lgs.155/2010, potrebbe non essere indicativo per la quantificazione della molestia olfattiva. Infatti in questo caso appare necessario utilizzare tempi di mediazione molto più brevi, anche dell’ordine di alcuni secondi, così da mettere in evidenza eventuali picchi di limitata durata temporale.

Tabella 2: Superamenti delle soglie di odore (OT) registrati per le medie orarie delle varie sostanze odorigene durante la campagna di misura.

SOSTANZA	ORE VALIDE	N° Sup OT	% Sup OT
METHYL-SH	750	3	0
DMDS	750	15	2
ETHYL-SH	750	17	2
DMS	750	0	0
ISO-PRO-SH	750	33	4
TMB	750	34	5
N-PROP-SH	750	21	3
MES	750	8	1
2-BUTYL-SH	750	32	4
THT	750	360	48
DES	750	49	7
N-BUTYL-SH	750	52	7

SOSTANZA	ORE VALIDE	N° Sup OT	% Sup OT
ISO-BUT-SH	750	35	5
H ₂ S	1050	684	65
NH ₃	1158	0	0
BENZENE	1062	0	0
TOLUENE	1062	0	0
ETILBENZENE	1062	0	0
O-XYLENE	1062	0	0
M-P-XYLENE	1062	0	0
STIRENE	1062	0	0
CICLOESANO	1062	0	0

È necessario precisare che i valori tabulati sono comunque riferiti a sostanze pure; in presenza di miscele le diverse sostanze possono interagire in maniera complessa, dando origine ad effetti di additività, sinergia e antagonismo, schematicamente:

- additività: $R_{AB} = R_A + R_B$
- sinergia: $R_{AB} > R_A + R_B$
- antagonismo: $R_{AB} < R_A + R_B$

dove R_A e R_B rappresentano la soglia di percettibilità di due sostanze pure, mentre R_{AB} è la soglia di percezione della miscela ottenuta combinando le due sostanze.

5 Stima dell'impatto odorigeno

5.1 Metodo sperimentale per la determinazione del disturbo di una miscela di sostanze odorigene

Il metodo sperimentale utilizzato, basato su ricerche documentate da letteratura scientifica attuale, si prefigge di quantificare per ognuna delle ore in cui è durata la campagna di misura, l'**intensità di odore**, proprietà che esprime la forza dello stimolo olfattivo e ne rappresenta l'effetto.

L'intensità di odore quindi porta un'informazione complementare rispetto alla concentrazione e tra di essi esiste una sostanziale differenza: la concentrazione è una misura della quantità di odore

presente nella miscela gassosa, mentre l'intensità è una **misura della grandezza della sensazione che lo stimolo genera, venendo rilevato e interpretato dal sistema olfattivo.**

Sebbene concettualmente diverse, concentrazione ed intensità di odore sono grandezze correlate: solitamente, tanto più elevata è la concentrazione dell'odorante, tanto più intensa è la sensazione che genera. Analogamente a quanto avviene per altri sensi, come vista e udito, la relazione tra grandezza dello stimolo e intensità non è lineare ma logaritmica.

Esistono diverse funzioni matematiche che illustrano questa dipendenza, alcuni studi hanno riscontrato che la miglior corrispondenza tra quanto calcolato e quanto rilevato sperimentalmente attraverso tecniche di olfattometria dinamica è data dalla seguente relazione:

$$RELAZIONE DI WEBER-FECHNER: OI = k_1 \log_{10} (C/OT) + k_2$$

dove OI è l'intensità di odore, C la concentrazione dell'odorante, OT la concentrazione alla soglia di percezione, k_1 e k_2 i coefficienti di Weber-Fechner, caratteristici dell'odorante, da determinare sperimentalmente.

La scala di intensità di odore cui si fa riferimento è quella riportata nella Tabella 3 che segue.

Tabella 3: Scala ASTM dell'intensità di odore

Intensità di odore	Descrizione	
0	Nessun odore percepito	No odor
1	Odore debole	Odor slight
2	Odore rilevante e discernibile	Odor noticeable
3	Odore forte	Odor strong
4	Odore molto forte	Odor very strong
5	Odore intollerabile	Odor unbearable

Poiché tuttavia nelle situazioni reali le sostanze odoranti sono sempre presenti in miscela, si pone la necessità di determinare l'intensità di odore della miscela odorigena che le varie sostanze formano. In letteratura scientifica sono documentati alcuni metodi di conversione per i quali i ricercatori hanno riscontrato una corrispondenza accettabile con metodi di determinazione alternativi condotti parallelamente. Uno di questi metodi è citato nell'articolo "*Conversion of the chemical concentration of odorous mixtures into odour concentration and odour intensity: a comparison of methods*" da Wu et al. (2016) [3] e consiste nel:

1. Determinare i contributi olfattivi di ogni composto rilevato (Odour Activity Value, OAV), come rapporto tra la concentrazione e la relativa soglia di percezione (Odour Threshold, OT):
Per l' i -esima sostanza che compone la miscela vale la relazione

$$OAV_i = \frac{C_i}{OT_i}$$

(la concentrazione della sostanza e la relativa soglia devono essere espresse in unità di misura coerenti in modo che l' OAV_i risulti adimensionale);

2. Sommare tra loro i singoli contributi OAV_i per determinare il $SOAV$ ovvero l'Odour Activity Value dell'intera miscela:

$$SOAV = \sum OAV_i$$

Il $SOAV$ di una miscela è proporzionale in prima approssimazione alla sua concentrazione di odore;

3. Calcolare l'intensità di odore (Odor Intensity, OI) della miscela attraverso la legge di Weber-Fechner assumendo il coefficiente moltiplicativo del logaritmo k_1 pari a 1 e il coefficiente additivo k_2 pari a 0,5

$$OI = \log_{10}(SOAV) + 0.5$$

Coerentemente al procedimento sopra esposto, si è proceduto pertanto a calcolare per ogni ora valida della campagna e per ogni sostanza discriminata dal gascromatografo il Valore di Attività Odorosa (OAV) a dividere il valore medio orario della concentrazione del composto con la relativa Soglia Olfattiva (OT).

Operativamente, pertanto, per ogni ora valida della campagna, è stato determinato un $SOAV$ che tenesse conto del contributo degli OAV di tutte le sostanze elencate al paragrafo 2.2.

Come sottolineato in precedenza ed ampiamente trattato nel documento "*La molestia olfattiva. Fenomenologia, criticità e protocollo sperimentale di misura*" [5] il valor medio orario di una

grandezza non è rappresentativo del disturbo che percepisce il naso umano che inspira tipicamente ogni 5 secondi. Per tener conto di questo aspetto e valutare la possibilità che durante l'ora una molestia olfattiva sia percepita più volte anche per brevi momenti, è quindi necessario correggere i valori medi orari e calcolarne il valore di picco definito come il 99° percentile della distribuzione che rappresenta l'andamento di tale grandezza nell'ora. Il *SOAV_p* che viene utilizzato per la determinazione dell'Intensità di Odore *OI* della miscela attraverso la legge di Weber Fechner sopra citata è ottenuto a partire dai picchi di concentrazione delle singole sostanze misurate. Lo strumento utilizzato allo scopo di ricostruire la distribuzione di probabilità delle sostanze sospese in aria, nell'ipotesi che si comportino statisticamente tutte nello stesso modo, è solitamente quello che misura l'H₂S in quanto dotato della risposta più rapida tra gli analizzatori a disposizione dell'Agenzia. Nelle ore in cui le concentrazioni di H₂S non vengono rilevate per eventuali avarie o problemi tecnici, per i parametri che descrivono la distribuzione di questo inquinante l'algoritmo di calcolo utilizza dei valori di default.

Poiché la maggior parte degli analizzatori in commercio non sono in grado di misurare la concentrazione istantanea $c(t)$ (dinamica non ideale) il segnale acquisito risulta filtrato e shiftato rispetto al valore vero e per determinare la varianza σ^2 una volta nota quella del campione misurato σ_c^2 è stata usata la relazione

$$\frac{\sigma^2}{\sigma_c^2} = 1 + \left(2\pi \cdot n_m \tau \cdot \frac{U}{z} \right) = Cor$$

Dove U è la velocità media del vento, z rappresenta l'altezza di misurazione, $n_m=0.062$ e $\tau=46s$ (valore caratteristico dell'analizzatore dell'H₂S).

A titolo esemplificativo nel grafico di seguito riportato (Figura 8) si rappresenta l'andamento nel tempo sia dell'H₂S medio (media oraria) sia l'H₂S di picco (99°percentile della distribuzione gamma ipotizzata). La scala delle concentrazioni è logaritmica.

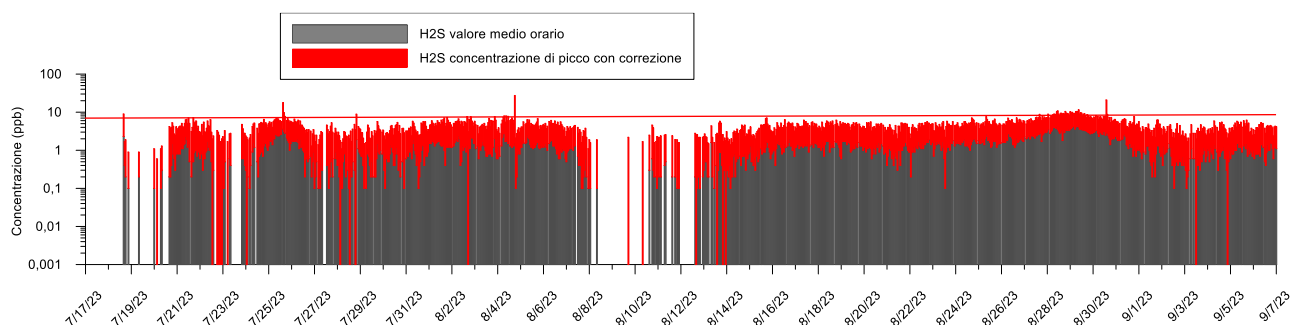


Figura 8 Concentrazione media (grigio) e di picco (rosso) dell'H₂S rilevata durante la campagna di misura. Nel grafico è riportato il valore di 7 µg/m³, sotto il quale secondo l'OMS dovrebbero rimanere le concentrazioni medie semiorarie di questo inquinante per non arrecare molestia olfattiva.

5.2 Numero di ore per ogni evento

Nella Tabella 4 sotto riportata vengono indicate in quantità e in percentuale rispetto al totale delle ore valide della campagna ai fini del calcolo dell'intensità di odore (1224 ore), le ore corrispondenti a ciascuna delle classi individuate dalla scala ASTM degli odori. Le intensità di odore in tabella sono state calcolate utilizzando il concetto di intensità di picco, pertanto il valore assegnato a ogni singola ora non sta a significare che la percezione della molestia sia stata rilevata durante tutta l'ora ma che durante la stessa la molestia si sia verificata con una certa probabilità.

Si ricorda che le concentrazioni relative ai composti dello zolfo sono state misurate fino al 20 agosto 2023.

Tabella 4 distribuzione dell'intensità di odore nelle classi della scala ASTM

Scala ASTM	Intensità di odore	Ore valide [numero]	Ore [%]
da nessun odore a debole	0 - 1	184	15%
da debole a discernibile	1 - 2	795	65%
da discernibile a forte	2 - 3	115	9%
da forte a molto forte	3 - 4	107	9%
da molto forte a intollerabile	4 - 5	23	2%

5.1 Ore odore, istogrammi e rose

Il grafico in Figura 9 Intensità di odore rilevata durante la campagna di misura rappresenta l'andamento nel tempo dell'Intensità di odore ricavata applicando la legge di Weber Fehner (con coefficienti rispettivamente di 1 e 0.5) al *SOAV_p*.

Vengono rappresentate solo le ore valide della campagna (il formato della data nell'asse delle ascisse è mm/gg/aa)

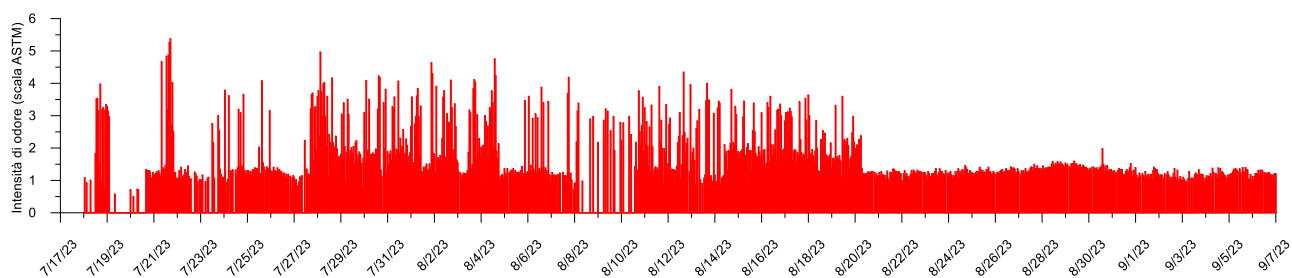


Figura 9 Intensità di odore rilevata durante la campagna di misura

In Figura 10 è rappresentata l'intensità di odore in funzione della direzione del vento prevalente su base oraria che risulta essere principalmente da Sud e Sud-Ovest sia nelle ore diurne sia nelle ore notturne.

Pertanto nella maggior parte delle ore della campagna il mezzo mobile si è trovato sottovento rispetto alla potenziale sorgente.

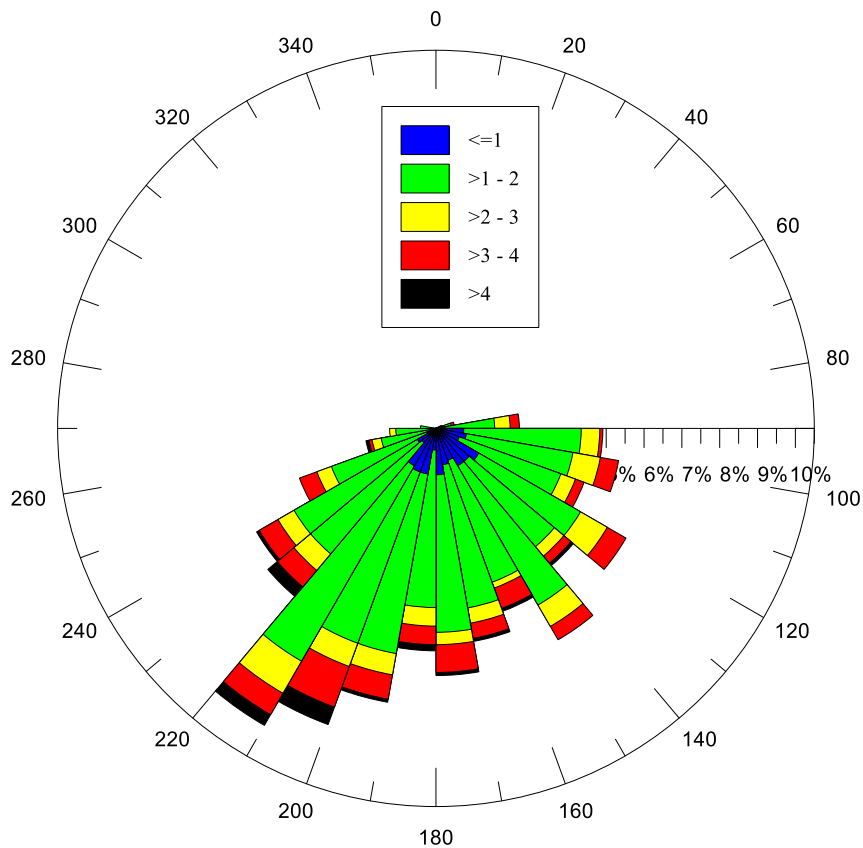


Figura 10 Intensità di odore in funzione della direzione del vento prevalente su base oraria.

Si riporta di seguito (Figura 11) la rosa delle intensità di odore sovrapposta all'ortofoto (la rosa dei venti riportata nel grafico va considerata solo ai fini della direzione e non delle distanze). Si nota che la maggior parte delle ore con OI superiore a 4 è stata osservata in situazione di vento proveniente dal quadrante Sud-Ovest dove è ubicata la potenziale sorgente.



Figura 11. Rosa delle intensità di odore sovrapposta all'ortofoto

6 Segnalazioni della popolazione

Durante il periodo della campagna, l'ARPA Lazio, come elemento aggiuntivo per la comprensione del fenomeno, ha potuto contare sull'ausilio di un "segnalatore", che abita e lavora nelle immediate vicinanze del sito di misura, che ha provveduto a registrare date e orari nei quali veniva percepito odore molesto. Tali rilevazioni sono state svolte in modo volontario e autonomo e non hanno visto il coinvolgimento dell'Agenzia.

Cautelativamente le ore parziali segnalate sono state considerate nell'elaborazione come ore intere e ne è risultato il quadro riportato in tabella 5.

Tabella 5: Segnalazioni di eventi molesti

Segnalatore	Ore [numero]	Ore [%]
Nessuna segnalazione	1184	97%
Odore presente	40	3%

In 14 casi dei 40 individuati risulta che l'Odor Intensity da calcolo è maggiore di 2 cioè discernibile o oltre.

7 Conclusioni

L'ARPA Lazio ha eseguito, dal 18 luglio 2023 al 6 settembre 2023, un monitoraggio della qualità dell'aria nel Comune di Gallese (nel punto di latitudine: 42.373530° e longitudine: 12.428736°).

L'Agenzia, nell'ambito della campagna, realizzata con un mezzo mobile, ha provveduto, oltre alla verifica di alcuni degli inquinanti previsti dal d.lgs. 155/2010, il cui rispetto non assicura l'assenza di odori molesti, a realizzare un monitoraggio sperimentale dell'inquinamento odorigeno.

La mancanza di un quadro normativo con riferimenti specifici ed adeguati alla complessità della problematica dell'impatto olfattivo, comporta l'insorgere di molteplici difficoltà nel valutare compiutamente l'effetto dei fenomeni osmogeni, in termini sia qualitativi che quantitativi.

Poiché l'odore è una risposta soggettiva ad una stimolazione delle cellule olfattive, presenti nella sede del naso, da parte di molecole gassose, l'oggettivazione degli odori e la loro misura univoca ed esaustiva, in particolare per miscele complesse e con più componenti, è un problema in buona parte ancora irrisolto, anche perché la sensibilità umana nella percezione degli odori spesso si dimostra superiore ai limiti di rilevabilità delle tecniche analitiche tradizionali.

Per tale motivo, non è identificabile un metodo esaustivo per la misura degli odori, ma è spesso necessario ricorrere ad un insieme di indagini e di tecniche, tra loro complementari per riuscire ad ottenere il maggior numero di informazioni possibili.

L'ARPA Lazio ha avviato una serie di attività sperimentali per la definizione di un protocollo di misura che, mediante l'utilizzo di analizzatori "in continuo" di inquinanti gassosi, provi a evidenziare la presenza di fenomeni di inquinamento odorigeno. Il protocollo di misura è in corso di verifica attraverso l'esecuzione di campagne di misura, il confronto con le altre Agenzia del Sistema nazionale di protezione dell'ambiente e con Università e Istituti di ricerca.

Applicando il protocollo, nel presente report sono stati rappresentati i grafici delle concentrazioni medie orarie delle singole sostanze misurate dalla strumentazione presente sul mezzo mobile, con l'evidenza della soglia olfattiva di ciascuna, e la tabella con il numero di eventi in cui si registra un superamento della stessa.

Per quanto riguarda l'H₂S, al fine di non provocare disturbo nella popolazione esposta, l'OMS indica come valore di riferimento da non superare una concentrazione semioraria di 7µg/m³. **Durante il monitoraggio la media oraria di questo inquinante non è mai risultata oltre questo valore di riferimento.**

Inoltre per valutare l'effetto odorigeno delle sostanze non singolarmente, ma tenendo conto della loro coesistenza in miscela, così come per tenere conto della possibilità di picchi odorigeni anche di breve durata, è stata stimata, con un metodo sperimentale per ogni ora valida della campagna, l'intensità di odore della miscela, il cui valore è confrontabile con una scala a 5 valori che va da odore inesistente a odore intollerabile (fonte ASTM).

Dalle risultanze dello studio si registrano, nel periodo di misura (1224 ore valide ai fini del calcolo dell'intensità di odore), un **9% di eventi con intensità di odore da discernibile a forte (115 ore durante le quali la molestia si è verificata con una certa probabilità), sempre pari al 9% è la percentuale delle ore della campagna in cui l'intensità di odore è stata stimata nella fascia tra odore forte e molto forte (107 ore), in 23 casi (2%) si è raggiunto l'ultimo livello della scala (da molto forte a intollerabile).**

Dall'analisi delle rose dei venti si è potuto stabilire che la maggior parte della campagna si è svolta con il mezzo mobile sottovento rispetto alla potenziale sorgente, sia nelle ore diurne, sia in quelle notturne. La maggior parte delle ore con intensità di odore superiore a 4 è stata osservata in situazione di vento proveniente dal quadrante Sud-Ovest dove è ubicata la potenziale sorgente.

Nel periodo durante il quale l'ARPA Lazio ha realizzato la campagna, un "segnalatore" ha provveduto a registrare date e orari nei quali veniva percepito odore molesto. Tali rilevazioni sono state svolte in modo volontario e autonomo da parte dei cittadini e non hanno visto il coinvolgimento dell'Agenzia nella fase di pianificazione e compilazione delle schede.

La disponibilità di queste rilevazioni ha consentito di effettuare valutazioni aggiuntive, mostrando una ragionevole corrispondenza con quanto risulta dall'elaborazione delle misure.

8 Bibliografia

- [1] Nagata Y. (2003a): *Odor intensity and odor threshold value*. – Journal of Japan Air Cleaning Association **41**, 17-25
- [2] Nagata Y. (2003b): *Measurements of odor threshold by triangle odor bag method. Odor measurements review*. – Ministry of Environment (MOE), Japan, pp. 118-127
- [3] Wu C., J Liu, P. Zhao, M. Piringer, G. Schauburger (2016): *Conversion of the chemical concentration of odorous mixtures into odour concentration and odour intensity: a comparison of methods* – Atmos. Environ. ,**127**, 283-292
- [4] World Health Organization Regional Office for Europe Copenhagen (2000): *Air Quality Guidelines for Europe* - WHO Regional Publications, European Series, No. 91
- [5] Sozzi R., Bennati L., Bolignano A. (2018): *La molestia olfattiva. Fenomenologia, criticità e protocollo sperimentale di misura* – ARPA Lazio Report/Aria_07
- [6] Zheng J., Ma Y., Chen M., Zhang Q., Wang L., Khalizov A.F., Yao L., Wang Z., Wang X., Chen L. (2015): *Measurement of atmospheric amines and ammonia using the high resolution time-of-flight chemical ionization mass spectrometry*, Atmospheric Environment 102 (2015) 249-259 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.12.002>)
- [7] Busca G., Pistarino C. (2003): *Abatement of ammonia and amines from waste gases: a summary*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 16 (2003) 157–163 (doi:10.1016/S0950-4230(02)00093-1)
- [8] Osseini M., Osseini A. (2014): *Hydrogen Sulfide*. In: Wexler, P. (Ed.), *Encyclopedia of Toxicology*, 3rd edition vol 2. Elsevier Inc., Academic Press, pp. 971–974.
- [9] Horst T.W., 1997, *A simple formula for attenuation of eddy fluxes measured with first-order-response scalar sensors*, Boundary-Layer Meteorology, 82, 219-233
- [10] Nironi C., Salizzoni P., Marro M., Mejean P., Grosjean N., Soulhac L., 2015, *Dispersion of a passive scalar fluctuating plume in a turbulent boundary layer. Part I: velocity and concentration measurements*, Boundary-Layer Meteorology, 156, 415-446.