

MONITORAGGIO DI SOSTANZE POTENZIALMENTE ODORIGENE

COMUNE DI NOALE (VENEZIA)

Via Antonio Vivaldi

05/03/2026 – 30/03/2026



RELAZIONE TECNICA



Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto



REGIONE DEL VENETO

ARPAV

Progetto e realizzazione

Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente

F. Strazzabosco

Unità Organizzativa Monitoraggi Aria e Acqua

G. Marson

S. Rebeschini

A. De Bortoli, D.Dallan, C.Piranesi

Unità Organizzativa Qualità dell'Aria

L. Zagolin

F. Manente

Dipartimento Provinciale di Venezia

M. Ostoich

Unità Organizzativa Supporto ai Controlli Ambientali

L. Bergamin

Hanno collaborato

Dipartimento Regionale Laboratori

Unità Organizzativa Fisica e Chimica¹

Unità Organizzativa Emissioni e Olfattometria Dinamica

Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio

Unità Organizzativa Meteorologia e Climatologia

È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici ed in genere del contenuto del presente rapporto esclusivamente con la citazione della fonte.

8 maggio 2026

CAPITOLI

1	DESCRIZIONE DEL MONITORAGGIO	4
1.1	INTRODUZIONE E OBIETTIVI SPECIFICI	4
1.2	CARATTERIZZAZIONE DEL SITO E TEMPISTICHE DI REALIZZAZIONE.....	5
1.3	COMPOSTI MONITORATI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	6
1.4	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	8
2	CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEL MONITORAGGIO	10
2.1	SOSTANZE DETERMINATE CON FREQUENZA ORARIA.....	10
2.1.1	<i>Analisi di distribuzione dei dati</i>	<i>10</i>
2.1.2	<i>Analisi degli andamenti temporali.....</i>	<i>13</i>
2.1.3	<i>Analisi della distribuzione anemologica delle concentrazioni.....</i>	<i>24</i>
2.3	CONFRONTO TRA LE CONCENTRAZIONI RILEVATE E I PARAMETRI NORMATIVI DI RIFERIMENTO.....	30
3	VALUTAZIONE DELL'IMPATTO OLFATTIVO RELATIVO ALLE SOSTANZE MONITORATE	31
3.1	METODOLOGIA DI STIMA DELLE CONCENTRAZIONI DI PICCO.....	34
3.2	STIMA DELLE CONCENTRAZIONI DI PICCO E VALUTAZIONE DEL SUPERAMENTO DELLE SOGLIE OLFATTIVE	36
4	CONCLUSIONI	38

1 Descrizione del monitoraggio

1.1 Introduzione e obiettivi specifici

Nel presente documento si descrivono i risultati del monitoraggio effettuato a Noale dal 5 al 30 marzo 2026.

La campagna è stata eseguita tenendo conto di una prima nota del Comune di Noale del 31 luglio 2025 (prot. ARPAV n. 21225 del 01-08-2025), trasmessa a seguito di numerose segnalazioni da parte dei cittadini, in relazione alla percezione di odori molesti, in particolare nella zona ovest del territorio comunale, in prossimità del confine con Massanzago. Nel frattempo, per problematiche anch'esse legate alle molestie olfattive, era stata pianificata ed eseguita a San Dono di Massanzago, dal 10 gennaio al 4 marzo, una campagna di monitoraggio con l'utilizzo di un laboratorio mobile allestito con strumentazione specifica per il monitoraggio di sostanze odorigene (di seguito indicato come "Mezzo Mobile Odori" o, più brevemente, MMO).

Poiché, soprattutto nel mese di febbraio 2026, sono pervenute numerose segnalazioni da parte della popolazione inerenti alle molestie olfattive, si è deciso di trasferire il Mezzo Mobile Odori a Noale sin dai giorni immediatamente successivi al termine della campagna di Massanzago, per eseguire un ulteriore monitoraggio.

La campagna si è posta quindi i seguenti obiettivi:

- caratterizzare dal punto di vista chimico l'area oggetto di indagine, relativamente ad alcune sostanze potenzialmente odorigene;
- valutare i livelli di concentrazione delle sostanze monitorate in funzione delle relative soglie olfattive.
- effettuare un confronto dei dati registrati a Noale con quelli della campagna svolta a San Dono di Massanzago.

1.2 Caratterizzazione del sito e tempistiche di realizzazione

La campagna di misura si è svolta dal 05/03/2026 al 30/03/2026. Il mezzo mobile odori è stato posizionato a Noale in Via Antonio Vivaldi, presso la Scuola Secondaria di I° grado “Giovanni Pascoli” (coordinate WGS84: 45.55193, 12.06567).



Figura 1: mappa del sito di monitoraggio con posizioni del mezzo mobile odori



Figura 2: ingrandimento dell'area con il punto di monitoraggio, con l'ubicazione del mezzo mobile odori

1.3 Composti monitorati e strumentazione utilizzata

Il mezzo mobile odori è equipaggiato con un gascromatografo (GC-FID marca AMA modello 5000) in grado di determinare con cadenza oraria le concentrazioni in aria ambiente di venti composti organici potenzialmente odorigeni, tra cui ammine, aldeidi, chetoni, esteri, eteri e idrocarburi aromatici. Sul mezzo sono inoltre installati due strumenti in grado di monitorare le concentrazioni medie orarie di idrogeno solforato (H_2S , con analizzatore API Teledyne T101) e ammoniaca (NH_3 , con analizzatore ThermoScientific 17i). In Tabella 1 è riportato l'elenco completo dei composti determinati in continuo dal Mezzo Mobile Odori.

Con riferimento ai risultati riportati e in particolare al calcolo delle medie, si precisa che i dati di concentrazione inferiori ai limiti di quantificazione¹ sono stati sostituiti con un valore pari a metà del limite stesso, in coerenza con le convenzioni utilizzate da ARPAV per il calcolo degli indicatori previsti dalla normativa. Si ricorda che il limite di quantificazione, riportato per ciascuna sostanza in Tabella 1, costituisce la concentrazione al di sotto della quale lo strumento utilizzato, in relazione

¹ Il Limite di Quantificazione (LOQ) è la minima concentrazione di una sostanza in un campione che può essere determinata con un livello dichiarato di accuratezza e precisione utilizzando un determinato metodo o strumento.
RT_312UQA25

alle specifiche costruttive, non è in grado di effettuare una misura con un adeguato grado di affidabilità.

Tabella 1: elenco dei composti determinati con il Mezzo Mobile Odori e dei relativi limiti di quantificazione per le misurazioni orarie

Nome Completo	Categoria	Abbreviazione / Sigla	Limite di quantificazione per la determinazione oraria (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Butirraldeide (n-Butanale)	Aldeidi	Butanale	0.5
Acroleina (Propenale)	Aldeidi	Acroleina	0.5
Metilammina + Dimetilammina	Ammine	Metil+Dimetilammina	0.5
Diisobutilchetone	Chetoni	DIBK	0.5
Acetone (2-Propanone)	Chetoni	Acetone	0.5
Metiletilchetone (Butanone)	Chetoni	MEK	0.5
Metilisobutilchetone	Chetoni	MIBK	0.5
Etil propionato	Esteri	Etilpropionato	0.5
Acetato di etile	Esteri	Etilacetato	0.5
Acetato di n-butile	Esteri	Butilacetato	0.5
Tetraidrofurano	Eteri Ciclici	THF	0.5
1,4-Diossano	Eteri Ciclici	Diossano	0.5
Benzene	Idrocarburi Aromatici	Benzene	0.5
Toluene (Metilbenzene)	Idrocarburi Aromatici	Toluene	0.5
Etilbenzene	Idrocarburi Aromatici	Etilbenzene	0.5
Orto-Xilene	Idrocarburi Aromatici	O_Xilene	0.5
Meta-Xilene	Idrocarburi Aromatici	M_Xilene	0.5
Para-Xilene	Idrocarburi Aromatici	P_Xylene	0.5
Stirene (Vinilbenzene)	Idrocarburi Aromatici	Stirene	0.5
Acilonitrile	Nitrili	AciloNitrile	0.5
Idrogeno solforato (acido solfidrico)	Acido inorganico	H2S	3
Ammoniaca	Gas inorganico	NH3	1

1.4 Riferimenti normativi

Le specie chimiche monitorate nel corso della campagna, ad eccezione del solo benzene, per cui è definita una soglia media annuale ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, D.Lgs.155/2010, All.XI), non sono soggette a limiti in aria ambiente secondo le vigenti normative europee e nazionali.

Per alcuni di questi composti tuttavia esistono delle indicazioni, inerenti le concentrazioni in aria ambiente, fornite dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS-WHO)⁽²⁾:

- idrogeno solforato: due soglie, una di $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il valore medio giornaliero e una di $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per le concentrazioni su 30 minuti;
- ammoniaca: (per la protezione della vegetazione) $270 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il valore medio giornaliero;
- stirene e toluene: $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ su base settimanale.

In riferimento alle problematiche specifiche segnalate dalla popolazione dell'area di studio, inerenti le diffuse molestie olfattive, oltre alla caratterizzazione degli andamenti e delle concentrazioni dei composti citati nel precedente paragrafo, si è ritenuto opportuno confrontare i livelli delle sostanze monitorate con le relative soglie olfattive. 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%.

In letteratura esistono numerose soglie olfattive, distinte in soglie di *recognition* e di *detection*⁽³⁾. Per porsi nell'ottica più cautelativa possibile, di seguito si sono scelte soglie di *detection* e, tra queste, le più basse disponibili, dando la priorità a quelle di Nagata⁽⁴⁾, indicate nel Decreto Direttoriale del Ministero dell'Ambiente del 28 giugno 2023, n 309, che costituisce un riferimento in tema di molestie olfattive.

La Tabella 2 riporta i valori di soglia olfattiva utilizzati nel presente documento. A questo proposito si evidenzia, anche in relazione a quanto riportato in Tabella 1 per i limiti di quantificazione, che alcune sostanze sono caratterizzate da soglie olfattive di ordine di grandezza analogo o addirittura inferiore al limite di quantificazione. Questo aspetto, di cui si terrà conto nella discussione dei risultati, è particolarmente evidente per l'acido solfidrico (H_2S), il cui limite di quantificazione ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) è significativamente superiore alla soglia olfattiva ($0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Si ritiene tuttavia fondamentale procedere comunque al monitoraggio di tale sostanza, consapevoli dei limiti strumentali, per evidenziare eventuali situazioni di elevate concentrazioni, ben più alte del limite di

² Air quality guidelines for Europe, 2nd edition WHO Regional Publications, European Series, No. 91, 1 January 2000.

³ Le soglie olfattive si distinguono in soglie di *detection* e di *recognition*; le prime sono percepite da un numero limitato di persone, le seconde dalla maggioranza delle persone. Per questo motivo fare riferimento alle soglie di *detection* assicura una valutazione più cautelativa del possibile impatto odorigeno.

⁴ *Measurement of Odor Threshold by Triangle Odor Bag Method*, Y.Nagata, Japan Environmental Sanitation Center, 2003. Il metodo della triangle odor bag, basato sulla diluizione e sviluppato in Giappone tra il 1976 e il 1988, è riconosciuto a livello internazionale.

quantificazione, che possano costituire, al di là della molestia olfattiva, elemento di valutazione in relazione alle citate soglie del WHO.

È fondamentale infine evidenziare che i fenomeni di disturbo olfattivo sono spesso determinati dalla presenza simultanea in aria di molte sostanze diverse. Tenendo in considerazione che in natura esiste una grandissima varietà di composti odorigeni (cioè che possono essere percepiti dall'olfatto umano) è possibile che, nelle realtà specifiche del territorio, il disturbo olfattivo sia legato al contributo di numerose sostanze, anche diverse da quelle che il mezzo mobile odori è in grado di rilevare.

In quest'ottica si sottolinea che i composti misurabili grazie alla dotazione del mezzo mobile odori sono stati scelti tenendo conto sia delle potenzialità analitiche della strumentazione in commercio, sia della lista di sostanze indicate dal citato Decreto Direttoriale del Ministero dell'Ambiente n. 309 del 28 giugno 2023.

Tabella 2: soglie olfattive per le sostanze monitorati ⁽⁵⁾

Sostanza	Soglia olfattiva [µg/m ³]
1,4 diossano	46074
acetato di butile	76
acetone	99655
idrogeno solforato	0.6
acrilonitrile	19077
acroleina (Acrilaldeide)	8.2
ammoniaca	1044
benzene	8616
butirraldeide (Butanale)	2.0
diisobutilchetone (DIBK)	9297
acetato di etile	3132
etilbenzene	737
etilpropionato	29
metilammina + dimetilammina	44
metiletilchetone (MEK)	1296
metilisobutilchetone (MIBK)	696
m-Xilene	178
o-Xilene	1648
p-Xilene	252
stirene	149
tetraidrofurano (THF)	17970
toluene	1242

⁵ Fattori di conversione: p = 1013 mb, T = 25°C, R = 0.0821, nel rispetto dello *Standard Ambient Temperature and Pressure* (SATP).
RT_312UQA25

2 Caratterizzazione chimica del monitoraggio

2.1 Sostanze determinate con frequenza oraria

L'analisi della distribuzione e dell'andamento dei valori medi orari dei composti rilevati dal Mezzo Mobile Odori ha l'obiettivo di caratterizzare l'area di studio, individuando le specie chimiche che presentano i livelli più elevati e quelle soggette a fluttuazioni frequenti, che si manifestano soprattutto sotto forma di picchi di concentrazione, anche di breve durata.

2.1.1 Analisi di distribuzione dei dati

Nella tabella successiva si riportano per ciascuna sostanza i valori medi e massimi rilevati nel periodo tra il 5 e il 30 marzo 2026, oltre alla percentuale di dati risultati sopra il limite di quantificazione.

Tabella 3: descrittori statistici del monitoraggio su base oraria

Nome composto	Valore medio di Campagna [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Percentuale di dati orari misurabili	Concentrazione massima di campagna [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Ammoniaca (NH_3)	6.4	95.0	22
Toluene	2.7	88.0	12.3
Acetone	2.6	91.2	16.3
Benzene	1.4	79.5	7.3
M_Xilene	1.4	77.4	8.9
Etilacetato	1.4	78.7	12.4
MEK	0.9	80.6	2.6
Metil+DimetilAmmina	0.8	31.2	6.9
Butilacetato	0.7	46.8	5.3
Stirene	0.7	22.9	16.4
O_Xilene	0.6	50.8	2.9
P_Xilene	0.6	47.0	4
Etilbenzene	0.6	44.7	3.6
Acroleina	0.5	29.6	2.4
Idrogeno Solforato (H_2S)	< 3	4.0	4
Butanale	< 0.5	32.9	1.4
THF	< 0.5	13.4	1.9
DIBK	< 0.5	12.7	1.4
MIBK	< 0.5	0.6	0.7
AcriloNitrile	< 0.5	0.8	1
Etil_Propionato	< 0.5	0.0	-
Diossano	< 0.5	0.0	-

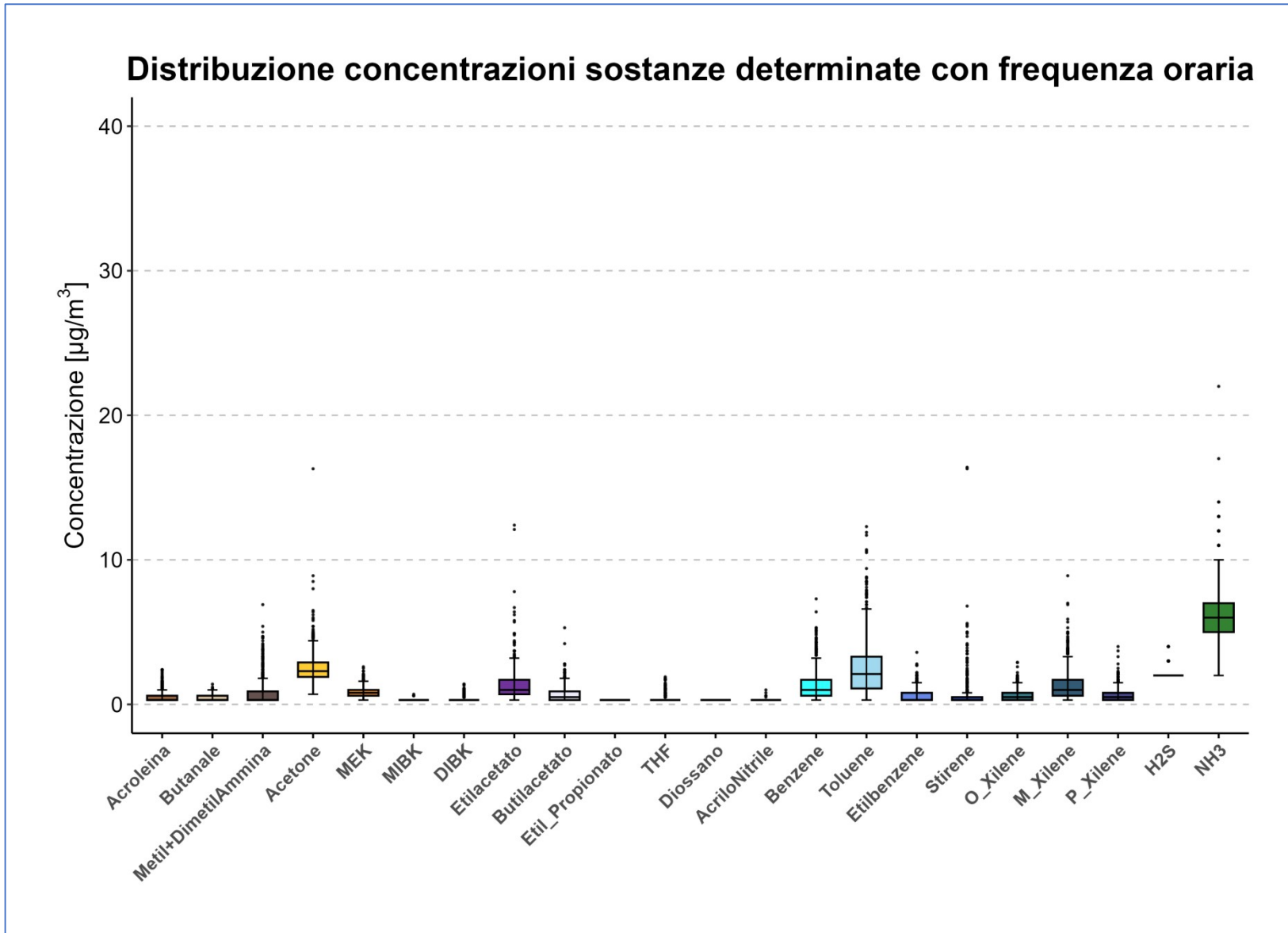


Figura 3: distribuzione delle concentrazioni delle diverse sostanze quantificate su base oraria

In Figura 3 viene invece visualizzata la distribuzione delle concentrazioni misurate per ciascun composto determinato, attraverso l'impiego di un diagramma a scatola e baffi (*box and whisker plot*). Questo tipo di rappresentazione permette di illustrare diverse informazioni importanti: la scatola colorata (box) rappresenta l'intervallo di concentrazione in cui ricade metà delle misurazioni, mentre la linea orizzontale al suo interno indica la mediana. I due baffi, inferiore e superiore, mostrano invece rispettivamente i dati tendenzialmente bassi e alti di concentrazione, mentre i puntini sopra o sotto i baffi identificano i singoli valori orari che statisticamente sono molto differenti dai valori tipici di ciascuna serie: vengono genericamente definiti come *outliers* e, nel caso specifico dello studio, mostrano delle misure di concentrazione particolarmente alte (sopra il box) rispetto all'intera serie di dati. In generale anche l'altezza delle scatole fornisce delle informazioni significative: scatole molto schiacciate identificano serie con misure molto simili tra loro, mentre box ben visibili in altezza evidenziano un maggiore intervallo di concentrazione tra le diverse misure.

Dai dati in Tabella 3 si osserva innanzitutto che per diversi composti (diossano, etil propionato, acrilonitrile, metilisobutilchetone, butanale, diisobutilchetone, tetraidrofurano e idrogeno solforato), il valore medio delle misurazioni è inferiore al limite di quantificazione e la percentuale di dati misurabili è piuttosto bassa, inferiore al 15%. Tra questi fa eccezione il butanale che arriva a circa il 33% dei dati misurabili, evidenziando comunque che due terzi delle misure sono sotto il limite di quantificazione. Questo in buona sostanza significa che per questi composti in gran parte del periodo di monitoraggio le concentrazioni erano così basse da non poter essere rilevate dalla strumentazione del mezzo mobile. A conferma di quanto detto, se si osservano le distribuzioni dei dati di monitoraggio di questi composti nel grafico in Figura 3, si rilevano infatti box estremamente appiattiti, spesso poco visibili, che confermano una variabilità e dei livelli di concentrazione poco significativi. Anche per acroleina, butilacetato, etilbenzene, metiletilchetone, O-Xilene e P-Xilene, i livelli medi misurati sono di poco sopra la soglia di quantificazione e presentano una scarsa variabilità di concentrazione. Si osserva inoltre per stirene e metil e dimetilammina che, pur mostrando livelli medi prossimi al limite di quantificazione, come le altre sostanze citate, emergono alcune misure più significative, visualizzabili nel grafico dalla presenza di outliers.

Per le altre sostanze determinate (acetone, acetato di etile, benzene, toluene, M-Xilene, ammoniaca) si osserva invece dalla Tabella 3 una percentuale di misurabilità ben più elevata che mostra valori sempre sopra il 75%; ciò indica che nella maggior parte del periodo di monitoraggio la concentrazione di questi composti in aria è stata determinabile, come confermato dall'ampiezza dei box e dei baffi relativi a queste sostanze, sempre piuttosto visibili nel diagramma in Figura 3. In generale si osserva anche che le concentrazioni medie di campagna rilevate, ad eccezione dell'ammoniaca ($6.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sono tutte inferiori ai $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, evidenziando livelli dei composti

generalmente inferiori, per quanto dello stesso ordine di grandezza, a quelli della campagna effettuata nel vicino comune di Massanzago da gennaio a marzo.

In relazione alla presenza di ore con concentrazioni significativamente più alte dei valori medi (ovvero quelle misure identificate statisticamente come *outliers* e visualizzate dai punti nel grafico di Figura 3), sono da segnalare, per numerosità e fluttuazione dei livelli misurati, acetone, acetato di etile, stirene; si evidenzia, tuttavia, che il numero di eventi registrati per queste sostanze si è attestato sempre al di sotto del 15% delle ore misurate. Ancor più che la numerosità è bene sottolineare, con riferimento ai dati di Massanzago, che le concentrazioni tipiche dei picchi registrate a Noale (in particolare per acetone, stirene e acetato di etile) sono ben più basse di quelle registrate a San Dono. A questo proposito a titolo indicativo si possono confrontare i dati massimi orari registrati a Noale per acetone, acetato di etile e stirene, pari rispettivamente a 16.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 12.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 16.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, contro i corrispondenti massimi di 63.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 71.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 43.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrati a San Dono di Massanzago.

Dai dati emerge infine che la sostanza che ha concentrazioni medie maggiori è l'ammoniaca: si evidenzia tuttavia che sia i livelli medi che quelli massimi registrati a Noale, sono pienamente in linea con i risultati di altri monitoraggi effettuati nella pianura centrale veneta, caratterizzata da diffuse attività agrozootecniche.

2.1.2 Analisi degli andamenti temporali

La valutazione delle distribuzioni dei dati ha permesso di identificare i composti che hanno caratterizzato maggiormente (in termini di concentrazione, variabilità e frequenza delle ore di picco) la campagna di monitoraggio. Nel presente paragrafo, l'analisi degli andamenti temporali fornirà ulteriori informazioni sull'evoluzione dei vari composti misurati nel periodo di misura, permettendo di analizzare anche la distribuzione delle concentrazioni nell'arco del giorno e della settimana. L'attenzione si focalizzerà maggiormente sulle sostanze che hanno fatto registrare le concentrazioni maggiori e su quelle che hanno evidenziato fenomeni di picco, potenzialmente correlabili alle molestie olfattive.

Nei grafici delle Figure 4 e 5 sono mostrati gli andamenti di tutti i composti misurati con cadenza oraria dal MMO: l'intero periodo di monitoraggio è stato suddiviso in due parti (5-15 marzo e 16-30 marzo), unicamente per poter apprezzare visivamente le variazioni orarie di concentrazione. Inoltre, si precisa che sono visibili nelle figure alcuni brevi intervalli in cui i dati non sono disponibili, in particolare nei giorni 28 e 29 marzo, a causa di operazioni di manutenzione straordinaria del gascromatografo.

Dai diagrammi si osserva, coerentemente con quanto già illustrato nell'analisi della distribuzione, che le concentrazioni di gran parte delle sostanze rilevabili sono rimaste entro i 5-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in tutto il periodo di monitoraggio, con livelli piuttosto stabili nel tempo.

Per l'ammoniaca, l'andamento sul medio periodo è stato piuttosto stabile, mentre si osservano dai grafici alcune fluttuazioni rilevabili nell'arco della giornata, che saranno analizzate meglio nello studio del giorno tipo.

Si rilevano, inoltre, delle variazioni nel periodo di monitoraggio abbastanza apprezzabili anche per il toluene, che tuttavia non sono caratterizzate da fluttuazioni impulsive (ossia ristrette nel tempo), quanto invece da diversi giorni con concentrazioni maggiori (ad esempio tra il 5 e il 9 marzo, periodo in cui aumenta anche il benzene) e altri periodi con livelli più bassi (tra il 10 e il 12 marzo e tra il 16 e il 20 marzo).

Per quanto riguarda, invece, gli episodi di picco verificatisi nell'arco di poche ore, se ne evidenziano un paio nei giorni 8 e 13 marzo, riportati per i composti più significativi in Figura 6 e Figura 7.

In Figura 6 si vede che il primo degli episodi ha interessato le ore notturne e ha fatto registrare i due valori massimi assoluti della campagna per lo stirene (pari rispettivamente a 16,4 e 16,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), alle ore 2 e alle ore 3. Nella stessa notte si sono registrati aumenti visibili di acetone, acetato di etile, m-xilene e toluene. Il secondo episodio (Figura 7), è avvenuto durante il mattino, periodo nel quale si è registrato il massimo assoluto di concentrazione dell'acetone (16,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e un contemporaneo significativo aumento di acetato di etile e di toluene.

Nel complesso, è opportuno rilevare che la campagna di monitoraggio di Noale ha evidenziato un numero inferiore di eventi con fluttuazioni significative delle concentrazioni degli inquinanti rispetto al monitoraggio di Massanzago, sia in termini di frequenza sia di livelli di concentrazione raggiunti.

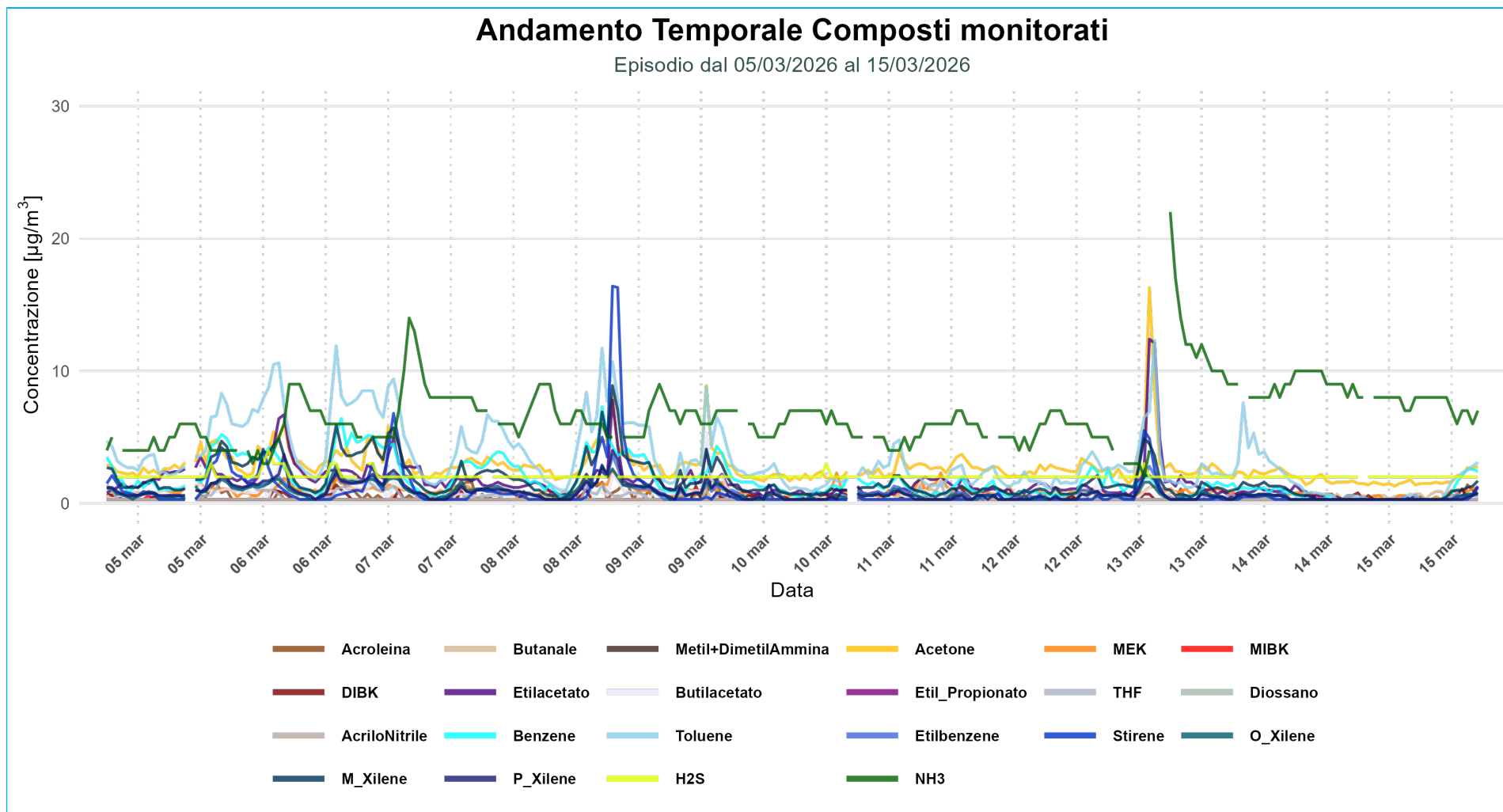


Figura 4

Andamento Temporale Composti monitorati

Episodio dal 16/03/2026 al 30/03/2026

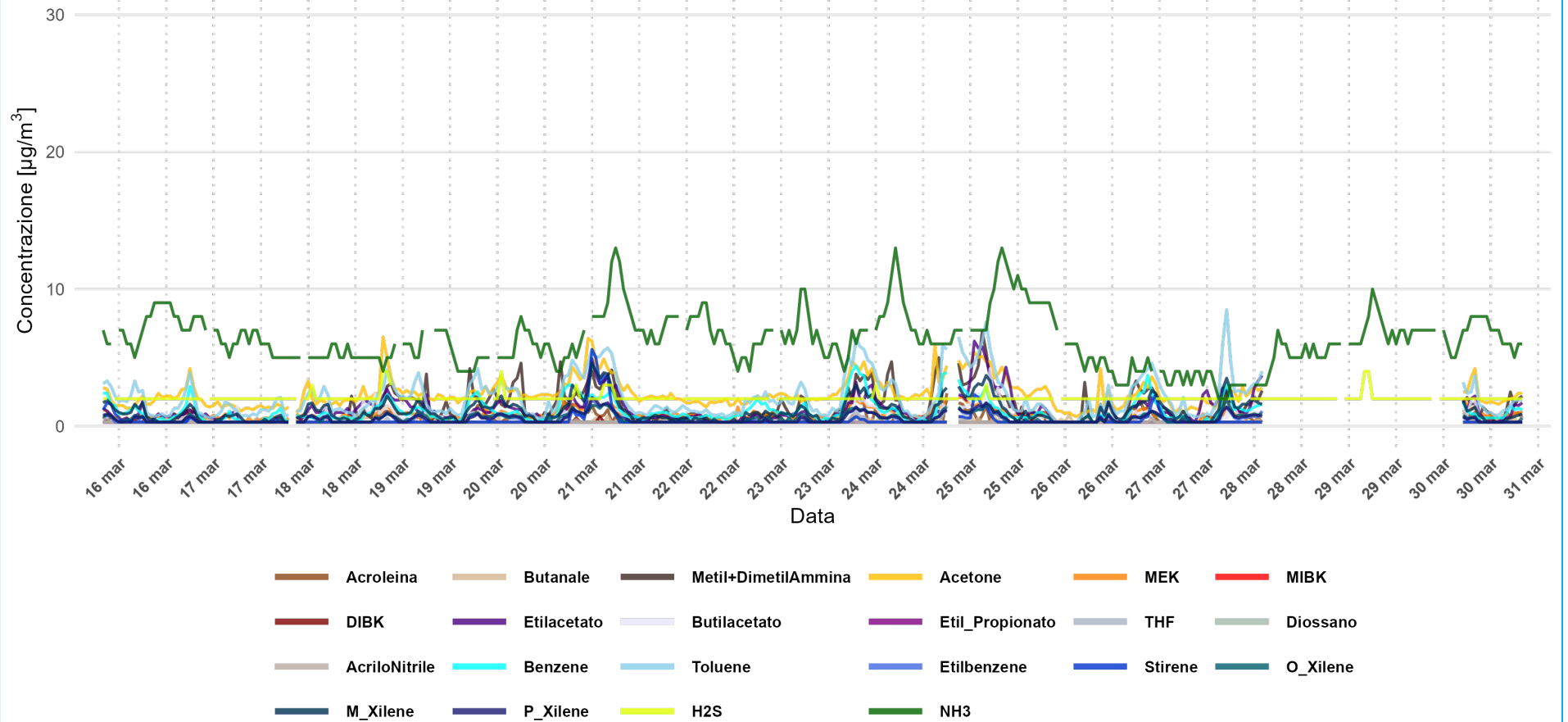


Figura 5

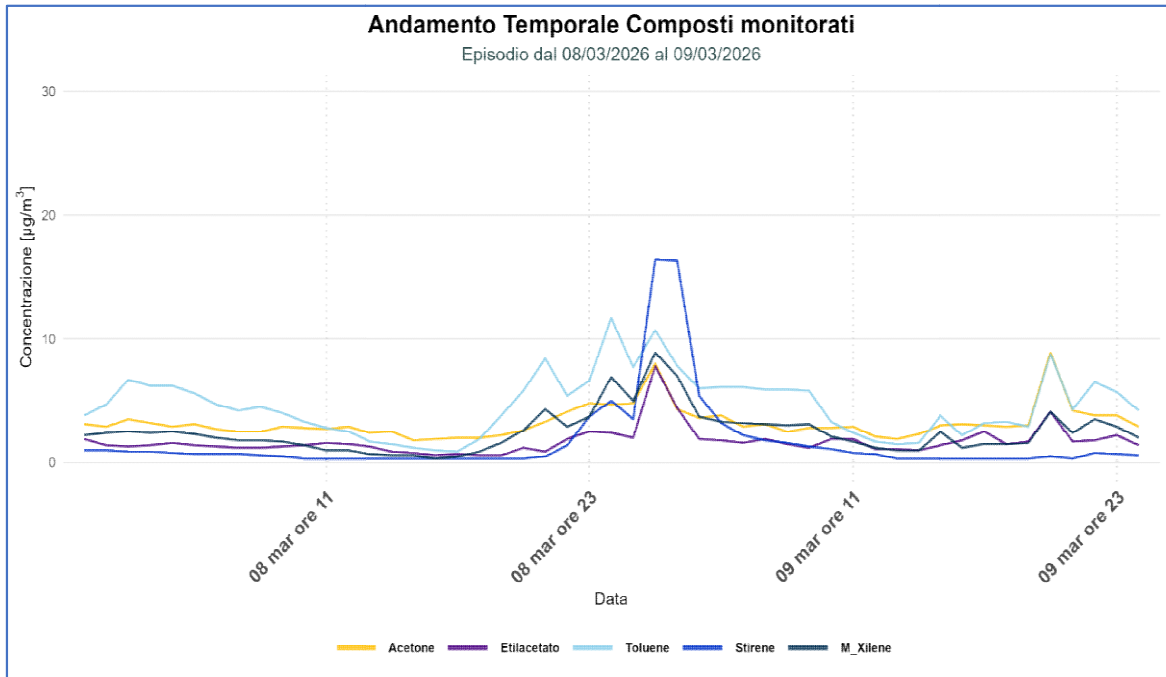


Figura 6

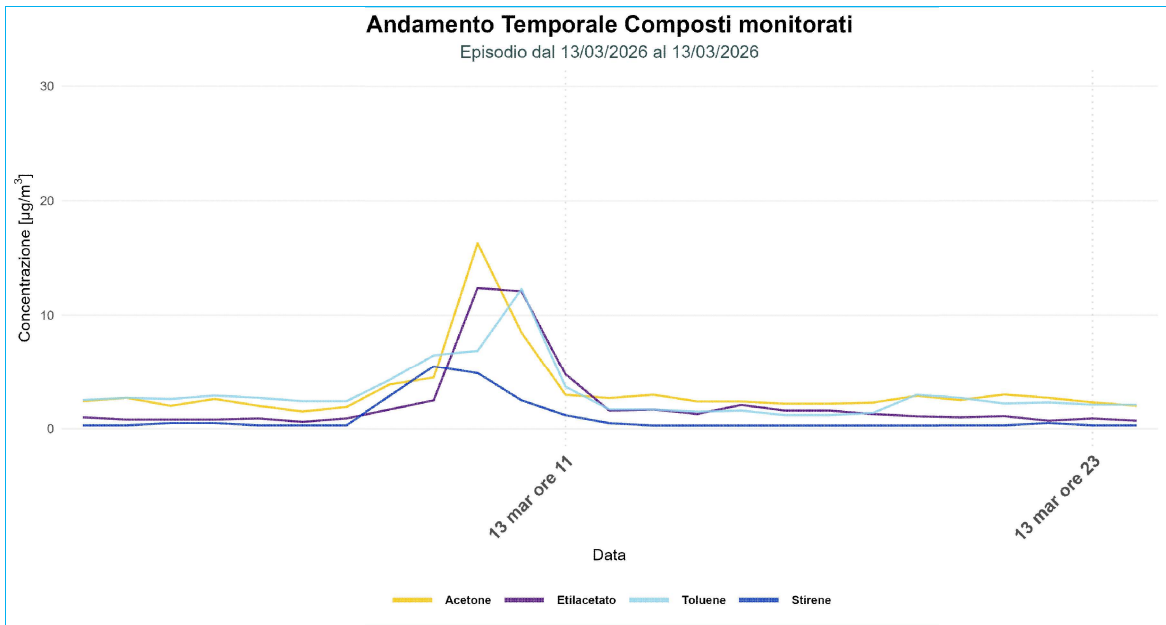


Figura 7

Al fine di completare la caratterizzazione temporale delle concentrazioni delle sostanze rilevate durante la campagna, sono stati elaborati i grafici relativi al profilo medio giornaliero (giorno tipo) e settimanale (settimana tipo) delle concentrazioni rilevate. Tali diagrammi utilizzano i dati dell'intero periodo di monitoraggio per mostrare la concentrazione media dei composti per ogni singola ora del giorno e per i diversi giorni della settimana, permettendo di verificare se i picchi di concentrazione registrati si siano verificati sistematicamente in orari precisi o in giorni specifici.

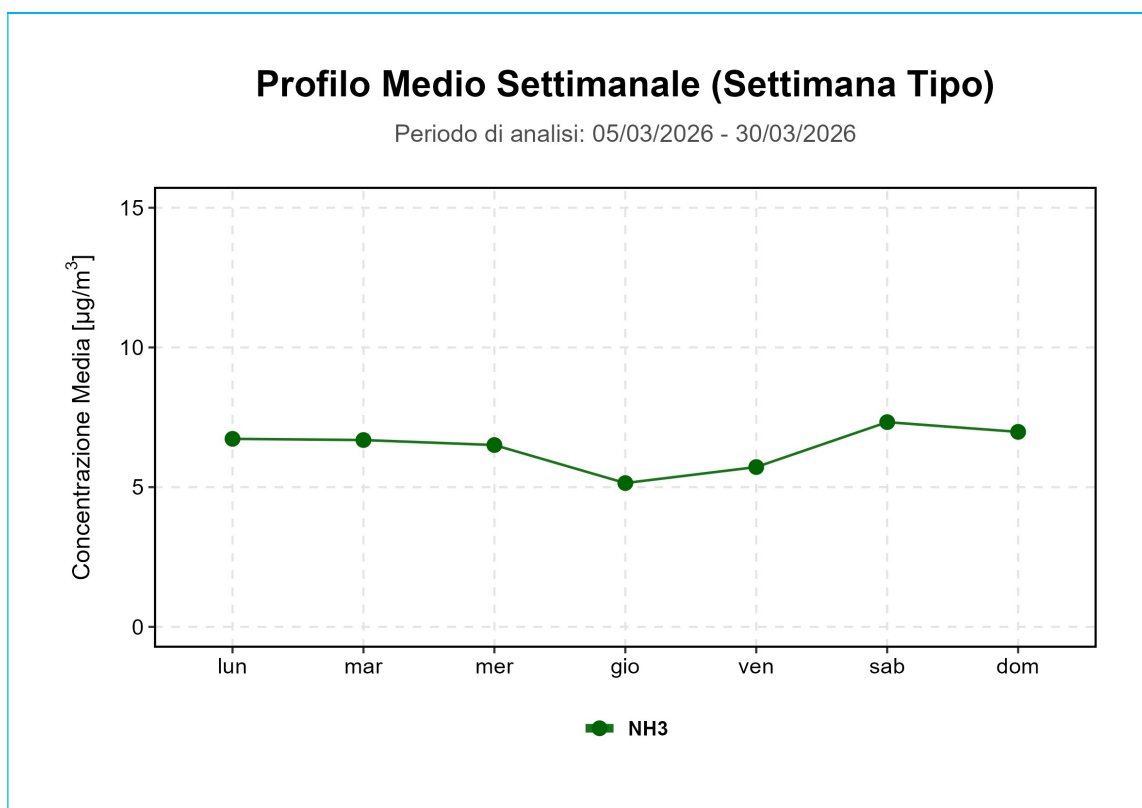


Figura 8: Profilo medio settimanale dell'ammoniaca

In Figura 8 è riportato il profilo medio settimanale dell'ammoniaca. Dal grafico non si evidenziano fluttuazioni significative delle concentrazioni di questa sostanza tra i giorni della settimana, anche se si riscontrano livelli medi più bassi nelle giornate di giovedì e venerdì.

In Figura 9 è visualizzato il grafico della settimana tipo per stirene e acetato di etile. Gli andamenti sono sostanzialmente concordi per acetone e acetato di etile, che presentano concentrazioni minime la domenica. Lo stirene invece ha un trend settimanale meno coerente con quello delle altre due sostanze, con massimi il lunedì e il sabato e minimi il martedì e la domenica.

In Figura 10 è riportato il diagramma del profilo medio settimanale per benzene, toluene, etilbenzene e M-xilene. L'andamento settimanale delle concentrazioni medie è fortemente concorde, con valori massimi il venerdì e il sabato, mentre l'etilbenzene presenta concentrazioni più uniformi tra i giorni della settimana.

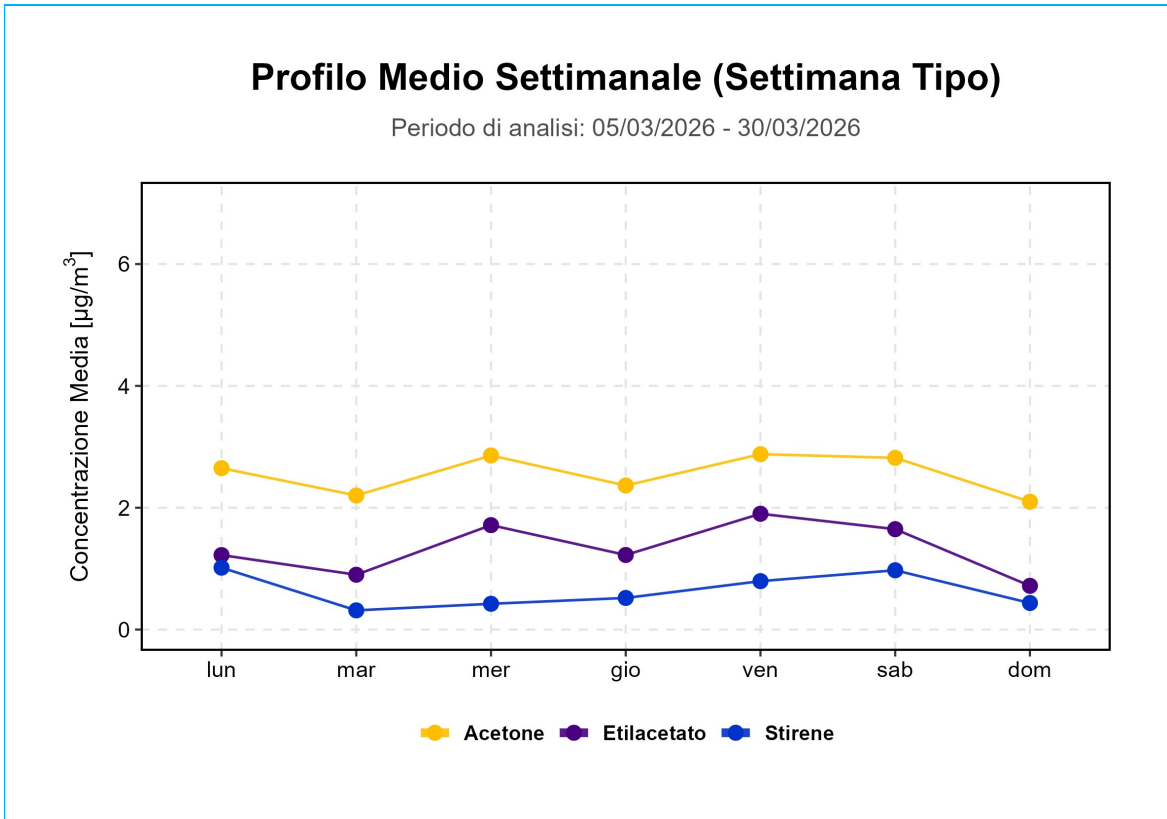


Figura 9: Profilo medio settimanale di acetone, Etilacetato e stirene

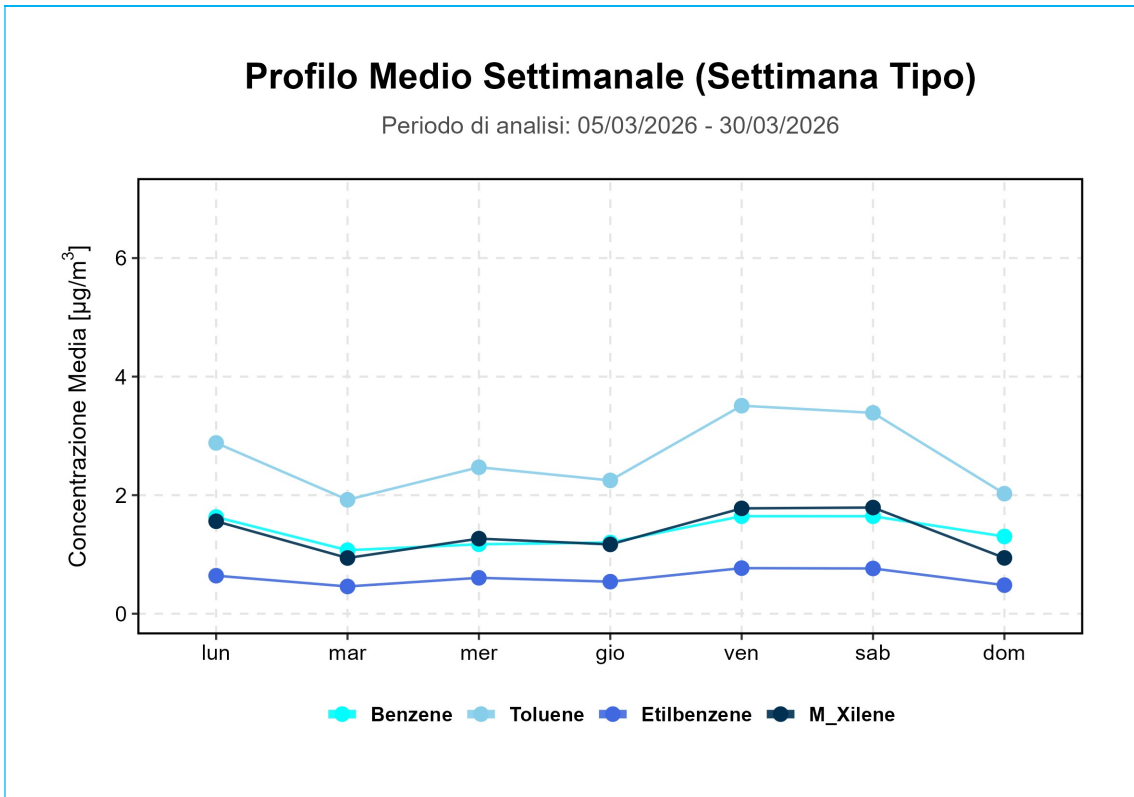


Figura 10: Profilo medio settimanale di benzene, toluene, etilbenzene e M-xilene

Di seguito si esamineranno, invece, i grafici relativi al profilo medio giornaliero, che permettono di valutare se eventuali picchi di concentrazione di un certo composto si siano presentati sistematicamente in orari precisi nell'arco delle 24 ore.

Va precisato che, a differenza dell'andamento delle concentrazioni settimanali, la distribuzione dei livelli medi nelle 24 ore di una sostanza in aria ambiente risente generalmente di fluttuazioni legate non solo ad eventuali sorgenti sul territorio, ma anche alla capacità dispersiva dell'atmosfera, che varia in maniera piuttosto significativa durante la giornata, specialmente nel periodo invernale. In generale infatti, poiché nelle ore serali e notturne, a parità di condizioni atmosferiche, la capacità di rimescolamento dell'atmosfera diminuisce, le sostanze in aria tendono, anche in assenza di sorgenti emmissive, a mostrare concentrazioni più elevate. Al contrario nelle ore centrali del giorno ed in particolare nel primo pomeriggio, quando l'aumento della temperatura favorisce un maggiore rimescolamento delle masse d'aria, si registrano tendenzialmente le concentrazioni più basse.

In Figura 11 viene riportato il profilo medio giornaliero per acetone, acetato di etile e stirene. I tre andamenti sono complessivamente simili, ma si deve rilevare per lo stirene, in blu, un massimo tra le 2 e le 3 del mattino, che riflette l'episodio di picco verificatosi tra l'8 e il 9 marzo.

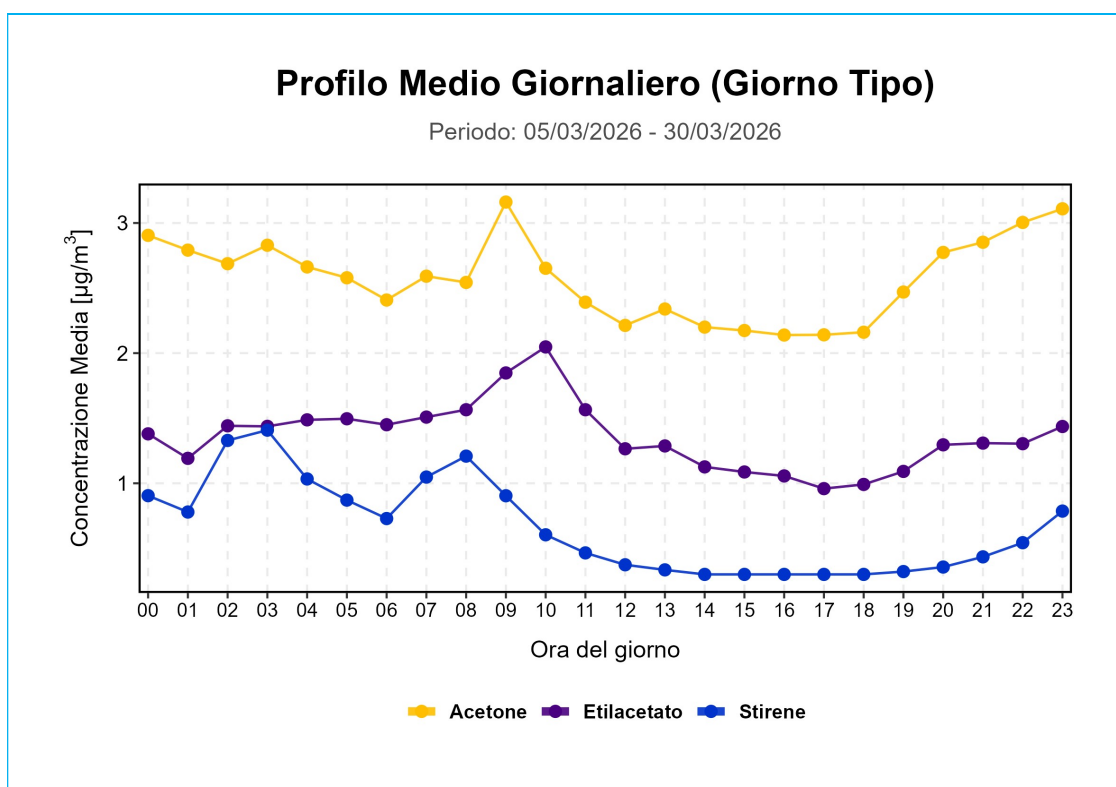


Figura 11: Profilo medio giornaliero di acetone, Etilacetato e stirene

Per acetone e acetato di etile si osservano i massimi durante le ore centrali del mattino.

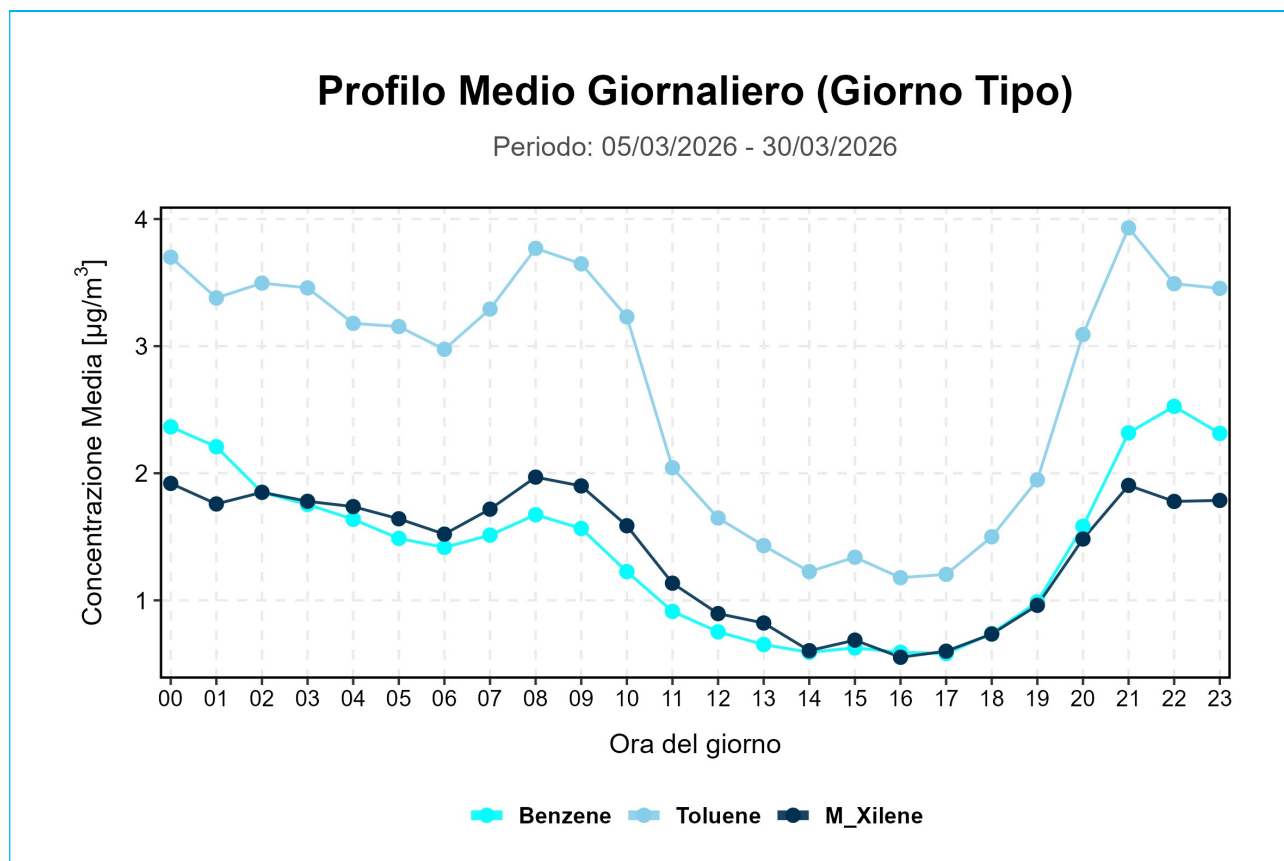


Figura 12: Profilo medio giornaliero di benzene, toluene e M-xilene

Nel grafico di Figura 12 viene illustrato il profilo medio giornaliero per benzene, toluene e M-xilene. Si osserva innanzitutto che, analogamente al profilo settimanale, i tre composti hanno un andamento medio giornaliero molto simile. Nello specifico questi trend evidenziano due momenti di massimo, verso le 8 e le 9 del mattino e tra le 20 e le 21. Rispetto al grafico in Figura 11 quest'ultimo diagramma si distingue proprio per la presenza del massimo serale (assente per acetone, acetato di etile e stirene), il quale, assieme al massimo del mattino, identifica un tipico profilo legato al traffico.

Infine, nel grafico in Figura 13, si può osservare il profilo medio giornaliero relativo all'ammoniaca. Si può notare che l'andamento di questo composto è piuttosto peculiare, in quanto presenta chiaramente dei massimi durante le ore centrali della giornata ed è pressoché assente il trend tipico legato alla dispersività atmosferica.

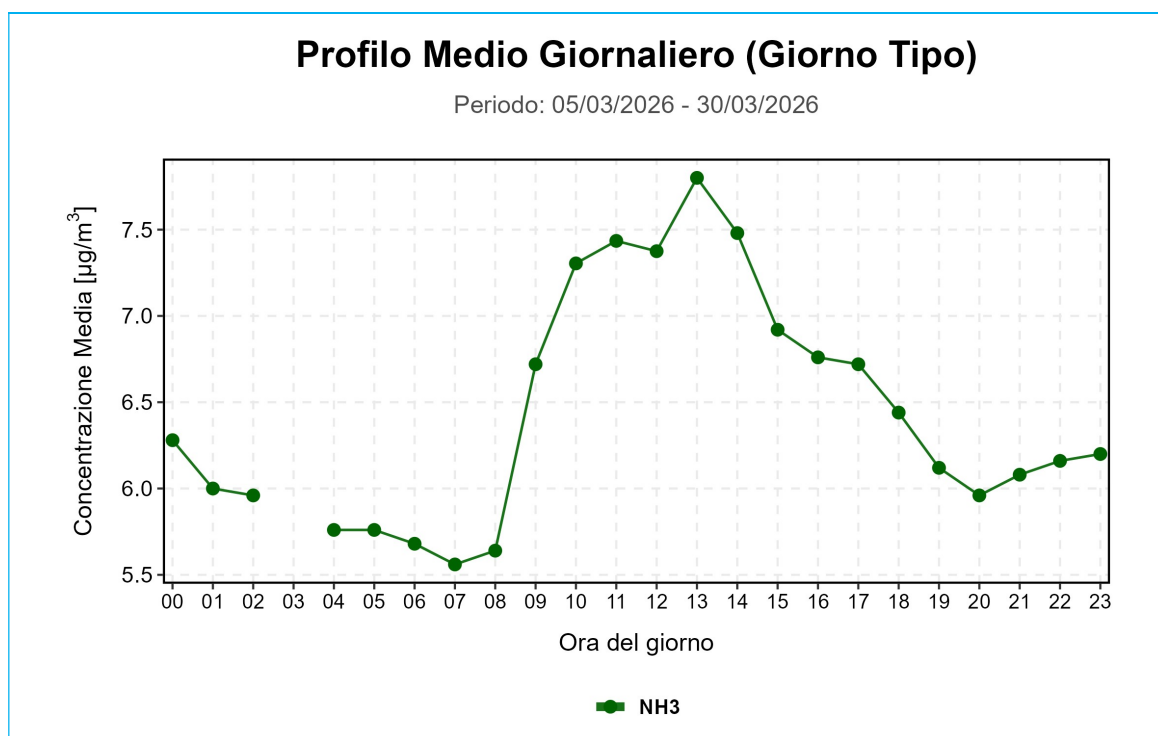


Figura 13: Profilo medio giornaliero dell'ammoniaca

Questo comportamento potrebbe, almeno in parte, essere legato al fatto che, nel caso dell'ammoniaca, l'elevata volatilità favorisce processi di evaporazione e il rilascio gassoso in atmosfera nelle ore più calde del giorno, con un'intensità tale da sovrastare la naturale diluizione atmosferica. Tuttavia questo trend così evidente suggerisce anche la presenza di sorgenti superficiali legate ad attività agrozootecniche intensive (come aree di stoccaggio, vasche o lavorazioni aperte) nell'areale di studio, che potrebbero aver intensificato queste dinamiche di dispersione. Infine si deve evidenziare che la concentrazione media oraria mancante delle ore 3 del mattino è unicamente legata alla specifica manutenzione dello strumento per l'ammoniaca, che effettua le operazioni di verifica di taratura automatica a quell'ora: di conseguenza il relativo dato medio non è confrontabile con il resto della serie e viene riportato unicamente per trasparenza, pur non avendo valore analitico per lo studio del giorno tipo. In ogni caso le concentrazioni di ammoniaca determinate nella presente campagna sono confrontabili con quelle rilevate in altre campagne di misura condotte nel territorio regionale, in aree con presenza di attività agrozootecniche, compresa quella di San Dono di Massanzago.

Infine si è ritenuto di dover includere un ulteriore grafico (Figura 14) anche per i composti Metil+DimetilAmmina (che sono quantificati come somma), poiché l'analisi della distribuzione, per quanto avesse evidenziato concentrazioni prossime alla soglia di quantificazione per questi composti, che hanno una soglia olfattiva relativamente bassa ($44 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mostrava alcuni episodi sparsi di fluttuazione. Fermo restando che l'elaborazione dei dati non ha evidenziato peculiarità nella distribuzione settimanale delle concentrazioni, per massima trasparenza è stato comunque

incluso il dato del giorno tipo. Dal grafico non si evidenziano trend caratteristici diversi da quelli associabili alla normale variazione della dispersività atmosferica: non emergono quindi momenti della giornata con ricorrenti picchi di concentrazione.

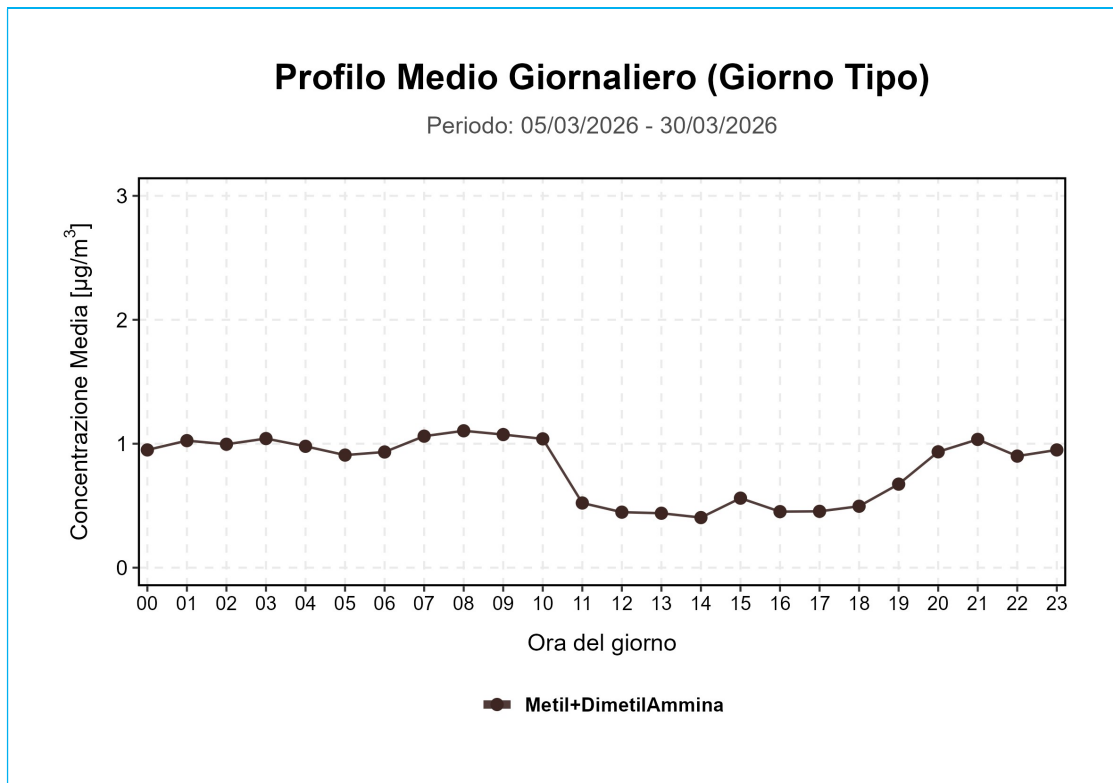


Figura 14: Profilo medio della somma di Metil+DimetilAmmina

2.1.3 Analisi della distribuzione anemologica delle concentrazioni

Le indagini condotte finora sulle serie di dati orari, attraverso lo studio delle distribuzioni e delle serie temporali, hanno permesso di isolare i composti che hanno maggiormente caratterizzato il sito in termini di entità delle concentrazioni, andamenti e variabilità.

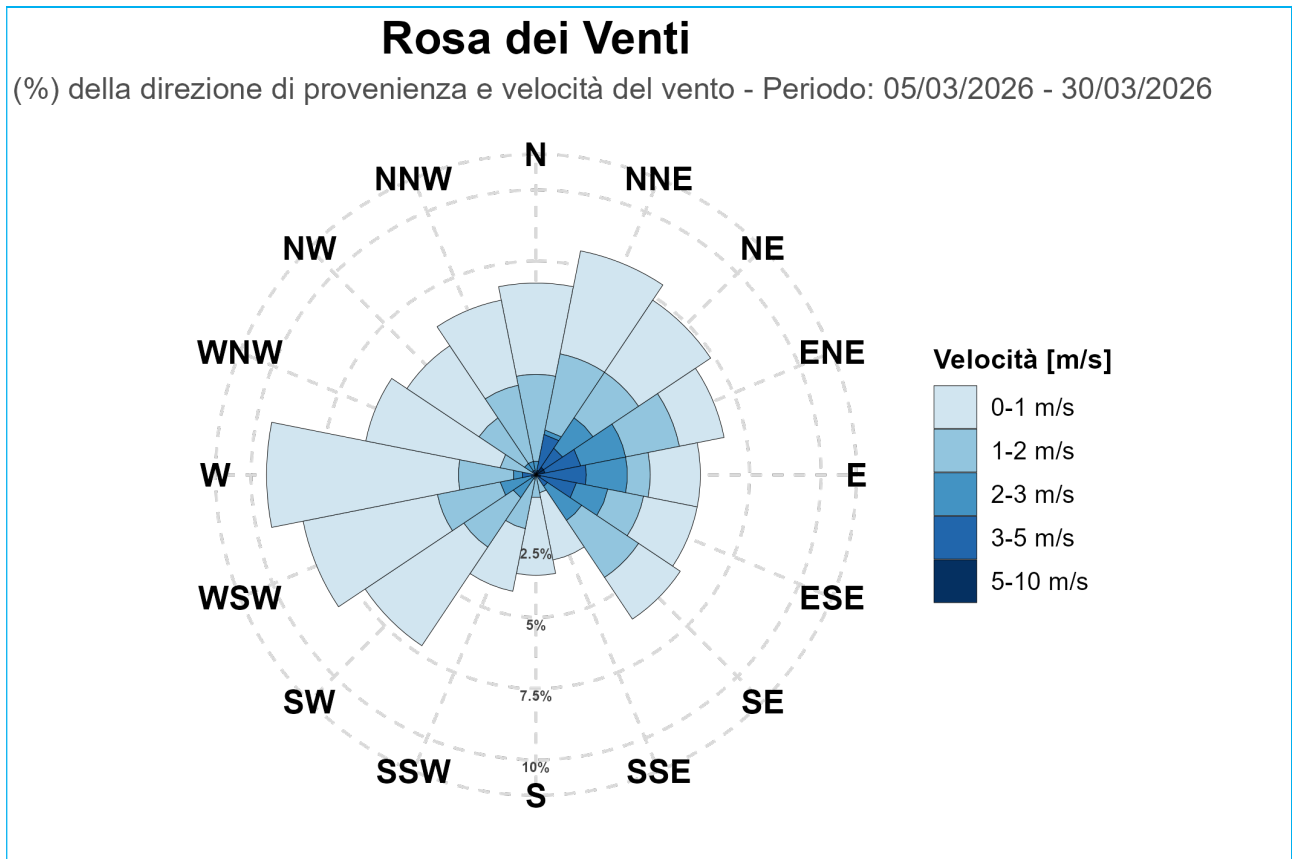
In questo paragrafo viene effettuata innanzitutto una caratterizzazione anemologica dell'area nel periodo di monitoraggio, individuando le direzioni prevalenti di provenienza del vento e le relative velocità. Correlando poi i dati di concentrazione oraria con le informazioni anemologiche, vengono associati i livelli di concentrazione rilevati per ciascun composto ai rispettivi settori di provenienza del vento. Questa integrazione è fondamentale per verificare se le concentrazioni più elevate possano essere associate a specifici settori di origine, permettendo di affiancare alla già esaminata variabilità temporale la caratterizzazione spaziale dei composti misurati.

Al fine di caratterizzare il sito dal punto di vista anemologico, sono stati utilizzati i dati relativi alla direzione di provenienza e alla velocità del vento, misurati con cadenza oraria a 5 metri di quota dalla stazione meteorologica ARPAV di Campodarsego (PD), rappresentativa dell'area dell'alta padovana.

Il grafico in Figura 15 offre una sintesi della circolazione atmosferica locale durante l'intero periodo di monitoraggio, visualizzando la frequenza delle direzioni di provenienza del vento e le relative velocità. Questa analisi è fondamentale per definire l'assetto anemologico del sito, identificando i settori dai quali l'aria fluisce con maggiore ricorrenza e intensità.

Le direzioni principali di provenienza del vento sono associate ai settori ovest e ovest-nord-ovest. A seguire sono rilevanti i settori nord-orientali (NNE, NE, ENE), che si connotano anche per le velocità più sostenute del periodo, con contributi significativi nelle classi comprese tra 2 e 5 m/s.

Al contrario, i settori meridionali (SSE, S e SSW) risultano quasi del tutto inattivi, indicando una scarsa ventilazione da tali quadranti.



Una volta caratterizzata l'area di studio in relazione alla rosa dei venti, vengono riportati di seguito i grafici relativi alla distribuzione anemologica delle concentrazioni (le cosiddette rose di concentrazione). Questi diagrammi illustrano le concentrazioni medie per ciascuna delle sostanze monitorate, calcolate per ogni singolo settore anemologico. In pratica, ogni dato orario misurato dal Mezzo Mobile Odori è stato associato, grazie ai corrispondenti dati sulla direzione del vento, a uno dei settori anemologici che compongono la rosa dei venti, consentendo l'individuazione di eventuali settori di provenienza prevalenti.

Nelle pagine a seguire sono riportati i grafici delle rose di concentrazione relative ai composti risultati più rilevanti dalle analisi esposte nei paragrafi precedenti. In Figura 16 è riportato il diagramma dello stirene, che mostra una moderata polarizzazione delle concentrazioni, prevalente dai settori occidentali, rispetto al restante orizzonte anemologico. Per quanto concerne invece l'acetone (Figura 17), a differenza di quanto accadeva a Massanzago, l'analisi non evidenzia significative polarizzazioni. Risulta moderata la prevalenza di polarizzazione dai settori occidentali riscontrata per l'acetato di etile (Figura 18), anche in questo caso nettamente inferiore al livello di polarizzazione identificato a Massanzago, mentre risulta pressochè assente, analogamente a San Dono, la polarizzazione dell'ammoniaca (Figura 19).

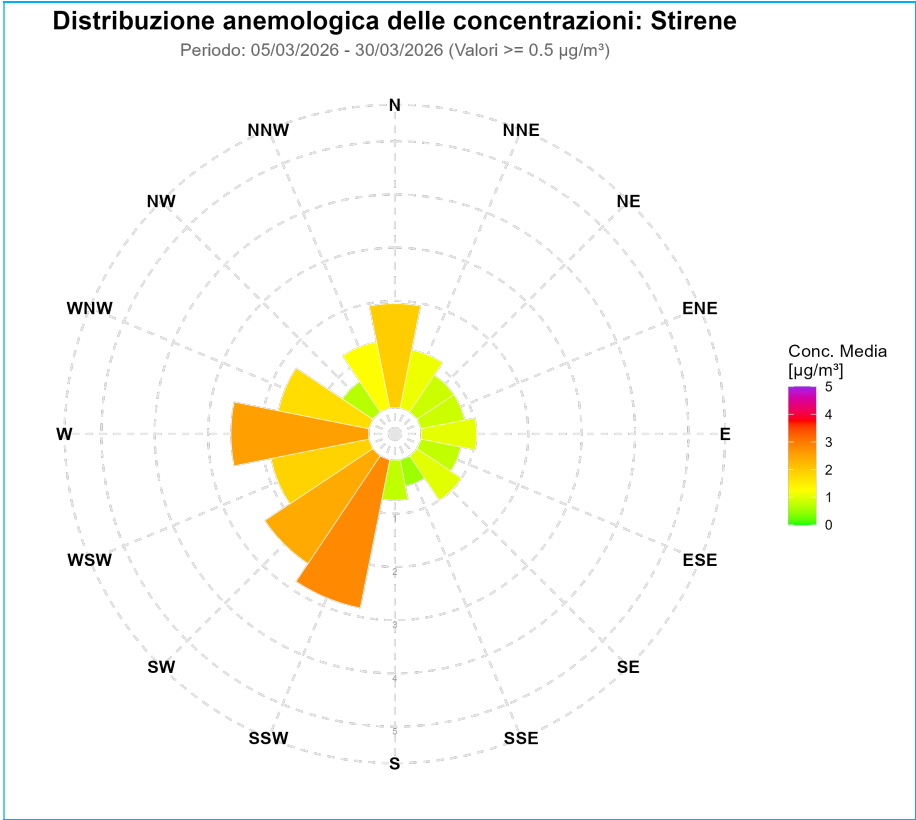


Figura 16

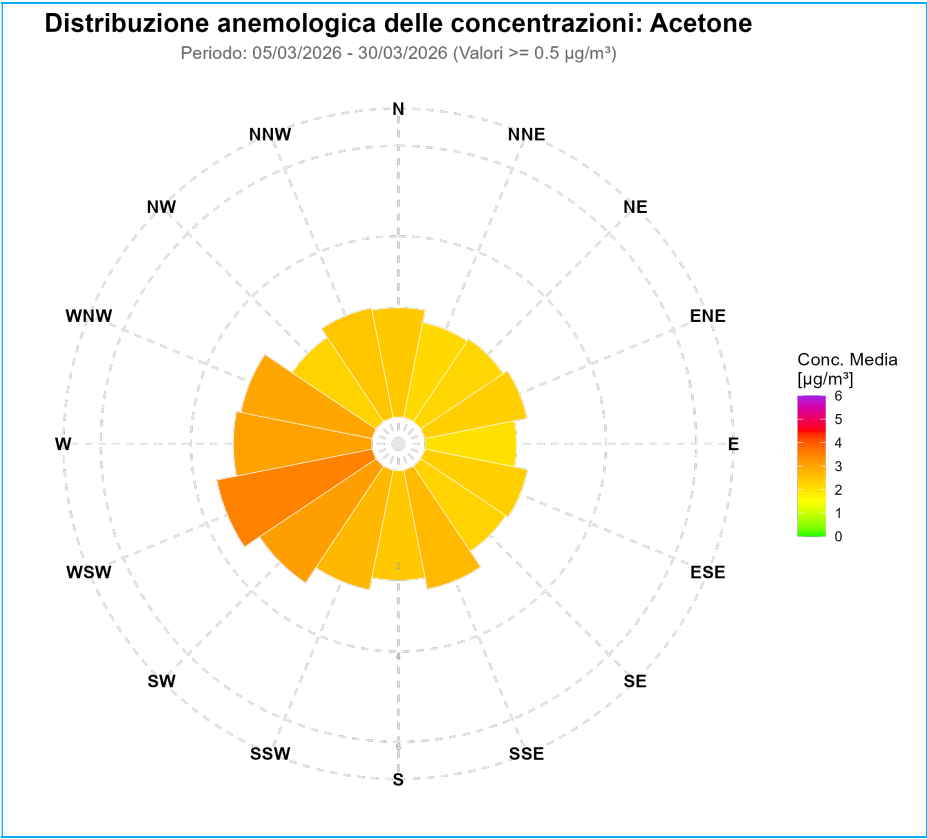


Figura 17

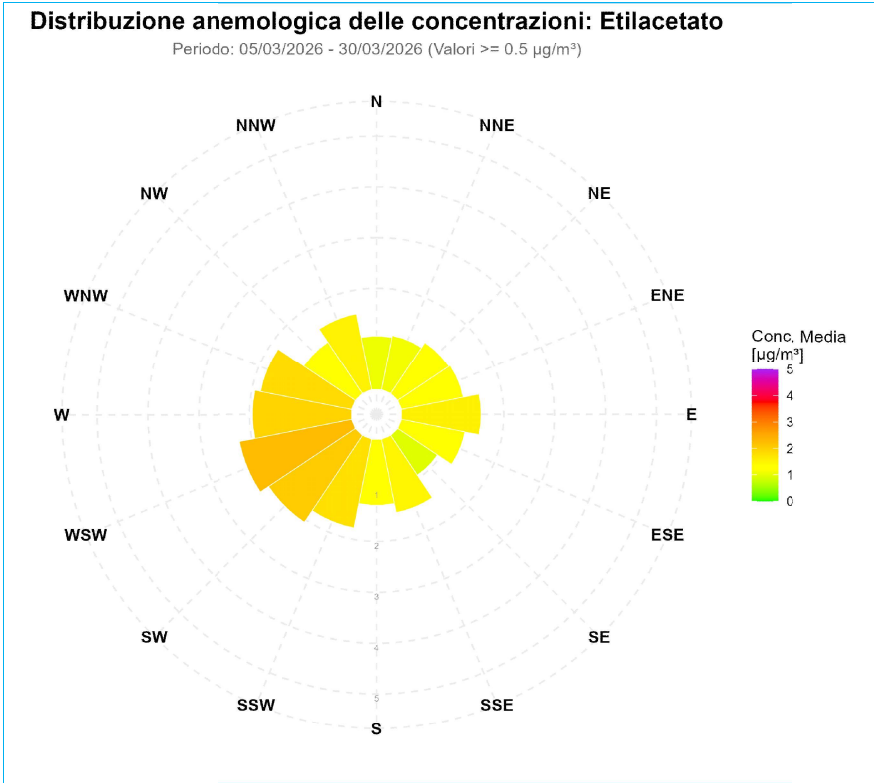


Figura 18

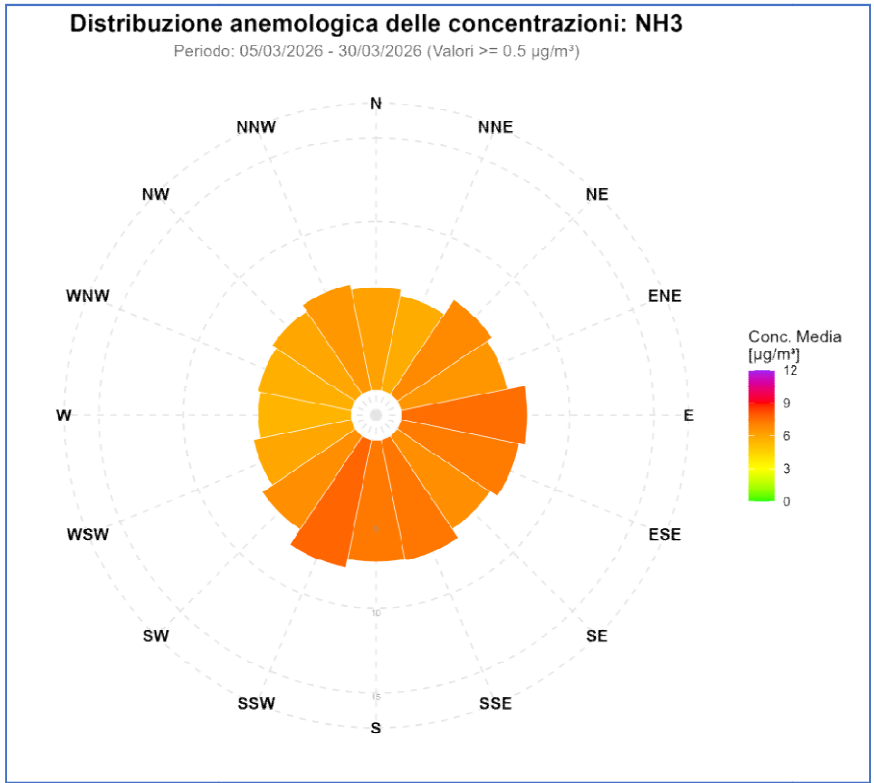


Figura 19

Distribuzione anemologica delle concentrazioni
Periodo: 2026-03-05 - 2026-03-30

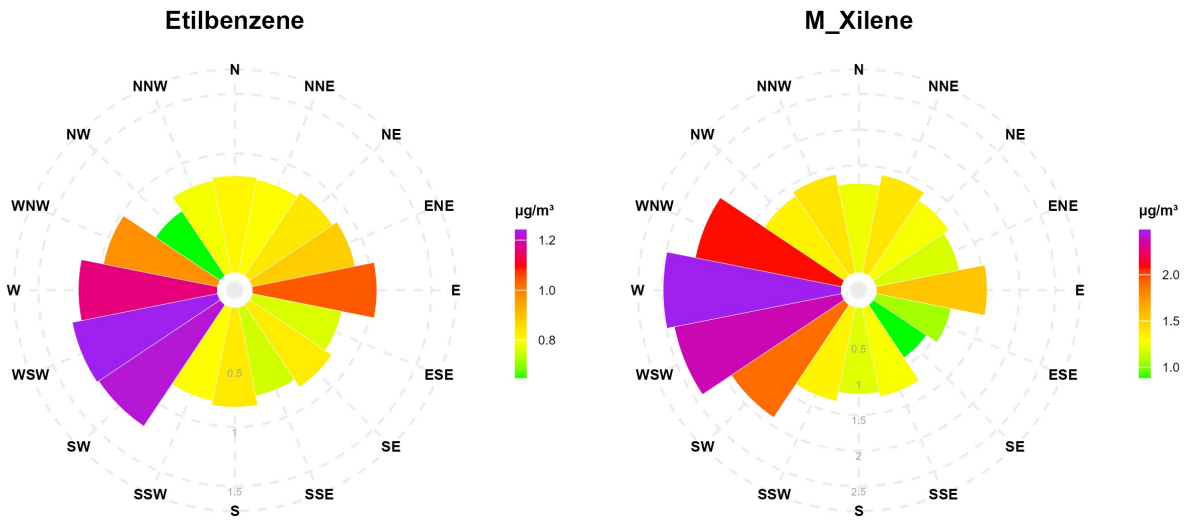
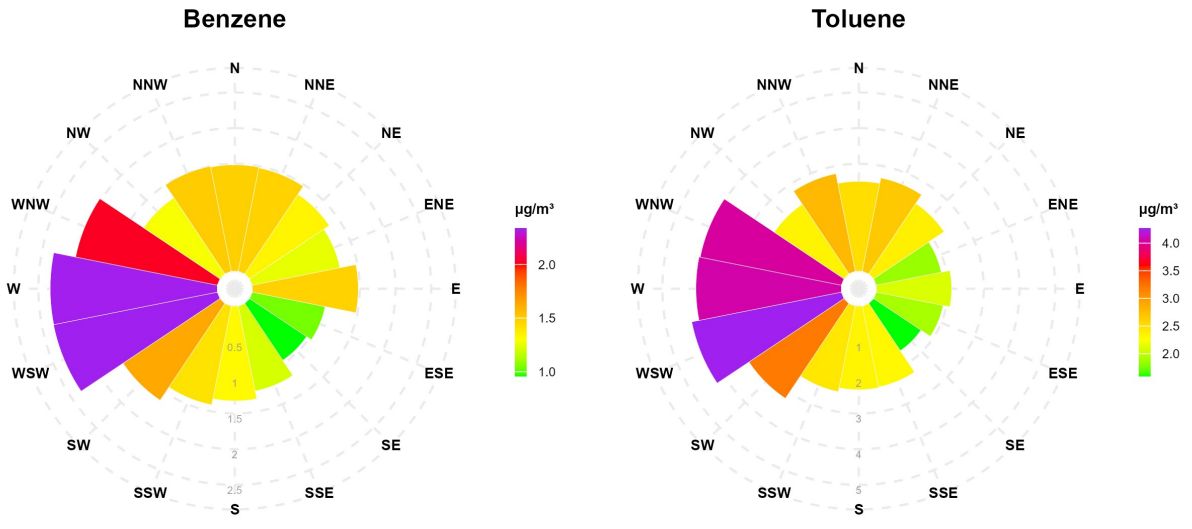


Figura 20

In Figura 20 si osservano insieme le rose di concentrazione di benzene, toluene, etilbenzene e M-xilene, che mostrano un'elevata similarità, evidenziando una significativa polarizzazione delle concentrazioni dai settori occidentali. Per queste ultime sostanze, la buona coerenza degli andamenti della settimana e del giorno tipo, oltre alla sovrapposibilità delle rose di concentrazione, fa presupporre un'origine comune di questi composti, che sono normalmente associati al traffico veicolare. Tra l'altro si segnala, a ulteriore conferma dell'ipotesi, che il calcolo del coefficiente di correlazione tra queste sostanze è risultato piuttosto significativo, in particolare tra benzene e toluene ($r = 0.89$). Infine, è stato calcolato il rapporto tra le concentrazioni orarie di toluene e di benzene, che può fornire un'indicazione sull'origine di tali sostanze. Un rapporto inferiore a 3-5, indica infatti una sorgente prevalente di traffico, mentre valori più elevati sono associati a sorgenti industriali. Il rapporto toluene/benzene nel sito monitorato è risultato sempre mediamente inferiore a 2, suggerendo una sorgente legata alla viabilità dell'area piuttosto che a sorgenti puntuali.

2.3 Confronto tra le concentrazioni rilevate e i parametri normativi di riferimento

A conclusione della caratterizzazione chimica dell'area, effettuata attraverso la campagna di monitoraggio, prima di affrontare gli aspetti legati alla possibile percezione olfattiva delle sostanze oggetto di studio da parte della popolazione, si ritiene opportuno confrontare i livelli di concentrazione misurati con le soglie normative e dell'OMS (WHO) riportate al paragrafo 1.4, relative alla tutela della salute umana.

In merito al benzene, unico tra i composti a figurare tra gli inquinanti inclusi nel D.Lgs.155/2010, la norma prevede una soglia annuale pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sebbene il periodo di monitoraggio, per ovvi motivi di durata, non consenta un confronto diretto con il valore medio annuale, è possibile effettuare comunque alcune importanti considerazioni. La media complessiva di campagna rilevata dal MMO è stata di $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, molto inferiore alla soglia di legge: non si evidenziano pertanto particolari criticità per il benzene, anche in relazione al fatto che la distribuzione oraria di questo inquinante non ha mostrato picchi frequenti. In merito al toluene, il WHO fissa una soglia come media settimanale di $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore ampiamente rispettato da tutte le medie settimanali elaborate dai dati orari, le quali non superano mai i $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Per lo stirene il WHO definisce un valore guida medio settimanale pari a quello del toluene ($260 \mu\text{g}/\text{m}^3$): anche in questo caso tutte le rilevazioni effettuate, elaborate come media settimanale, restituiscono un valore massimo attorno ai $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, attestandosi ampiamente sotto la soglia. Persino ipotizzando, con un approccio estremamente cautelativo, che il massimo valore orario registrato (pari a $16.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) possa rappresentare l'esposizione costante del sito, saremmo comunque molto lontani dalla soglia settimanale indicata dal WHO di $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Questo dato mette in luce l'ampio scarto esistente tra i livelli misurati e i limiti previsti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità.

Per l'idrogeno solforato la soglia media giornaliera fissata dal WHO è di $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$: tenendo conto che il massimo assoluto orario determinato nella campagna è stato di $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e la media di campagna è risultata inferiore a $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, non sussiste alcun tipo di criticità, anche considerando la soglia semioraria di $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Infine per l'ammoniaca la soglia proposta, che in assenza di riferimenti normativi legati alla salute umana, è relativa in realtà alla protezione della vegetazione, viene fissata a $270 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come valore medio giornaliero. Anche in questo caso i dati misurati con l'analizzatore automatico nel MMO evidenziano una media di campagna di $6.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un massimo orario assoluto di $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, (oltre dieci volte inferiore alla soglia di riferimento), escludendo così qualsiasi criticità legata a questa sostanza.

3 Valutazione dell'impatto olfattivo relativo alle sostanze monitorate

Al fine di comprendere se le sostanze oggetto del presente monitoraggio abbiano un ruolo nella diffusa percezione di odori molesti da parte della popolazione dell'area di studio, è necessario mettere in relazione i dati orari di ciascun composto, registrati dal MMO, con la rispettiva soglia olfattiva di percezione (*odor detection threshold*), ossia la concentrazione alla quale la maggioranza della popolazione (convenzionalmente il 50%) percepisce un odore associato alla presenza di una determinata sostanza.

Per inquadrare correttamente il possibile ruolo delle sostanze monitorate negli episodi di molestia olfattiva, si deve tenere presente che la caratteristica principale delle molestie oggetto di segnalazione è stata la loro spiccata discontinuità; motivo per cui, nel processo di valutazione, si dovrà tenere conto non solo del mero superamento della soglia olfattiva, ma anche della frequenza e della numerosità di tali eventi. In quest'ottica, le elaborazioni effettuate nel capitolo precedente sulle distribuzioni delle concentrazioni orarie hanno permesso di acquisire informazioni essenziali in merito all'andamento temporale dei diversi composti, con particolare attenzione agli episodi di picco di breve o media durata.

Risulta inoltre opportuno evidenziare che la risoluzione oraria del monitoraggio effettuato per i COV, che è risultata fondamentale per caratterizzare dal punto di vista chimico l'area di studio, può in alcuni casi non essere sufficiente da sola a descrivere in modo completamente rappresentativo il fenomeno della molestia olfattiva. Quest'ultima è infatti legata molto spesso a picchi di concentrazione che si osservano su scale temporali decisamente inferiori, tipicamente nell'ordine di pochi minuti. In questo contesto, la concentrazione reale di picco di una o più sostanze che causano un episodio di molestia olfattiva, avente la durata di qualche minuto, verrà inevitabilmente sottostimata da una misurazione su scala oraria, nonostante quest'ultima rappresenti la risoluzione temporale migliore attualmente disponibile per determinare in continuo queste sostanze. Per questo motivo, oltre al confronto immediato dei dati orari a disposizione con le soglie olfattive, si effettuerà un ulteriore approfondimento per stimare la cosiddetta "concentrazione di picco", al fine di valutare con maggiore rappresentatività l'effettiva probabilità di superamento dei limiti di percezione sensoriale in corrispondenza dei dati orari di concentrazione più alti.

In Tabella 4 i dati relativi ai valori medi e massimi assoluti orari di campagna (già riportati in Tabella 3) sono stati affiancati alle soglie olfattive di ciascun composto, evidenziando nell'ultima colonna il numero di ore in cui si sono registrati superamenti delle soglie olfattive.

Tabella 4: Confronto tra i dati medi e massimi di campagna e la soglia olfattiva

Composto	Valore medio di Campagna [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Concentrazione massima di campagna [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Soglia olfattiva [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Superamenti orari soglia olfattiva
H ₂ S	< 3	4	0.6	6*
Butanale	< 0.5	1.4	2	0
Acroleina	0.5	2.4	8.2	0
Etil_Propionato	< 0.5	-	29	0
Metil+DimetilAmmina	0.8	6.9	44	0
Butilacetato	0.7	5.3	76	0
Stirene	0.7	16.4	149	0
M_Xilene	1.4	8.9	178	0
P_Xilene	0.6	4.0	252	0
MIBK	< 0.5	0.7	696	0
Etilbenzene	0.6	3.6	737	0
NH ₃	6.4	22	1044	0
Toluene	2.7	12.3	1242	0
MEK	0.9	2.6	1296	0
O_Xilene	0.6	2.9	1648	0
Etilacetato	1.4	12.4	3132	0
Benzene	1.4	7.3	8616	0
DIBK	< 0.5	1.4	9297	0
THF	< 0.5	1.9	17970	0
AcriloNitrile	< 0.5	1.0	19077	0
Diossano	< 0.5	-	46074	0
Acetone	2.6	16.3	99655	0

* Per l'idrogeno solforato (H₂S) sono stati considerati come superamenti della soglia olfattiva solo i valori orari identificati come *outliers* dalla distribuzione statistica dei dati di campagna, essendo la soglia olfattiva inferiore alla soglia di quantificazione dello strumento, per cui il dato valido automaticamente si configurerebbe come un superamento della soglia olfattiva.

Dal confronto diretto delle soglie olfattive con i dati orari, si osserva che solo l'idrogeno solforato (H₂S), che aveva mostrato una percentuale di misure quantificabili inferiore al 5%, presenta degli sporadici superamenti. Tra l'altro, come dichiarato in nota, poiché lo strumento deputato alla misura dell'idrogeno solforato ha una soglia di quantificazione superiore alla relativa soglia olfattiva, sono stati considerati come superamenti effettivi solo i valori orari identificati come *outliers* della distribuzione, ovvero quelli significativamente più alti della media di campagna.

Alla luce di quanto osservato, si evince chiaramente che i dati orari misurati (in termini di frequenza e numero di ore in cui vengono superate una o più soglie olfattive), non risultano rappresentativi

della situazione segnalata dai cittadini dell'area, caratterizzata invece da numerosi eventi di percezione odorigena, distribuiti durante tutto il periodo di monitoraggio con il MMO.

La causa della scarsa rappresentatività delle misure rispetto al fenomeno segnalato può essere ricondotta ad almeno due spiegazioni:

1. Il dato misurato con cadenza oraria non è in grado di rappresentare l'effettiva concentrazione massima raggiunta durante il fenomeno olfattivo, perché quest'ultimo ha una durata temporale anche molto inferiore all'ora;
2. La molestia olfattiva è legata ad una o più sostanze che non possono essere determinate con la strumentazione a disposizione, ma che, avendo soglie olfattive molto basse, possono essere percepite dai cittadini anche in tracce. Si ricorda, infatti, che esistono decine di composti (tra cui mercaptani, ammine e fenoli), che possono avere odori sgradevoli e soglie di percezione in aria ambiente a concentrazioni ben più basse di un microgrammo per metro cubo. A questo proposito si evidenzia che la scelta dei composti determinabili con il MMO è stata fatta sia in relazione alla strumentazione disponibile in commercio, sia alla lista di sostanze indicate dal Decreto Direttoriale n. 309 del 28 giugno 2023.

Per quanto riguarda il secondo punto, risulta oggettivamente difficile appurare la presenza, anche in tracce, delle numerose sostanze potenzialmente odorigene che possono essere generate dalle attività del territorio, anche pianificando lunghe e complesse attività di controllo, resta da approfondire l'aspetto legato alla stima dell'effettiva concentrazione di picco a partire dai dati orari misurati in campo.

Nel caso specifico si deve però evidenziare che le sostanze che hanno sporadicamente manifestato picchi di concentrazione (i due episodi indicati al paragrafo 2.1.2), hanno soglie olfattive che sono oggettivamente superiori ai valori misurati.

In ogni caso, a titolo cautelativo, nel successivo paragrafo verrà illustrata una metodica per la stima della concentrazione di picco, finalizzata a tentare di colmare il divario tra la risoluzione temporale del monitoraggio strumentale e la sensibilità fisiologica del sistema olfattivo umano. Tale approfondimento cercherà di valutare se, e in quale misura, le fluttuazioni istantanee della concentrazione possano aver effettivamente superato le soglie di percezione in corrispondenza degli episodi di molestia segnalati, limitatamente ai composti monitorati.

3.1 Metodologia di stima delle concentrazioni di picco

Il passaggio dalla misura strumentale alla percezione sensoriale richiede la comprensione della natura turbolenta della dispersione atmosferica. Gli analizzatori automatici operano integrando i segnali su base oraria, restituendo una concentrazione media; tuttavia, il sistema olfattivo umano reagisce a fluttuazioni istantanee della durata di pochi secondi. In questo intervallo temporale, la concentrazione reale può essere diverse volte superiore alla media oraria.

In letteratura tecnica, tale fenomeno viene descritto attraverso il *Peak-to-Mean Ratio* (PMR), definito come il rapporto tra la concentrazione di picco istantanea (C_p) e la concentrazione media su lungo periodo (C_h). È ampiamente documentato che questo rapporto non è costante, ma varia significativamente in funzione di diversi parametri ambientali e geometrici, quali:

- Distanza dalle sorgenti: i rapporti di picco sono massimi in "campo vicino" (*near-field*), dove il pennacchio è ancora compatto e le fluttuazioni legate alla turbolenza atmosferica possono essere intense, mentre tendono a diminuire allontanandosi a causa della dispersione;
- Stabilità atmosferica: i rapporti di picco sono massimi in condizioni di forte instabilità (classi A-B), dove i moti convettivi rendono il pennacchio discontinuo e "pulsante" (effetto *looping*), generando zaffate intense alternate a momenti di assenza di odore. Al contrario, in condizioni di stabilità (classi E-F), il trasporto è più costante e il rapporto C_p/C_h tende a ridursi, sebbene la concentrazione media possa risultare più elevata a causa dello scarso rimescolamento verticale;
- Tempo di integrazione: il rapporto cresce all'aumentare del divario tra il tempo di campionamento dello strumento (1 ora) e il tempo di reazione del naso.

A causa di questa estrema variabilità, la letteratura scientifica riporta intervalli di PMR molto ampi (tipicamente tra 2 e 10).

In quest'ottica, si è ritenuto opportuno adottare un approccio per la stima della concentrazione di picco che tenesse conto delle condizioni atmosferiche e permettesse anche di definire un tempo tipico di percezione dell'odore, applicando la cosiddetta legge di potenza per la stima del rapporto

picco-media (conosciuta anche come Legge di Smith⁶). In questo approccio la concentrazione di picco stimata è uguale a:

$$C_p = C_m \left(\frac{t_m}{t_p} \right)^\alpha$$

Dove C_p è la concentrazione di picco di una sostanza, C_m ne è la concentrazione media oraria, t_m e t_p sono rispettivamente il tempo di mediazione oraria e di picco. L'esponente α è un parametro legato alla stabilità atmosferica, la cui stima viene effettuata mediante le classi di stabilità di Pasquill-Gifford. Le classi di Pasquill-Gifford sono ricavate per ogni ora di monitoraggio, grazie all'utilizzo del modello CALMET⁷.

Questa formulazione introduce una valutazione dinamica del rapporto picco-media correlata alle effettive condizioni di dispersività dell'aria al momento della misura, consentendo una ricostruzione del dato istantaneo più aderente alla realtà meteorologica: mentre in regimi di instabilità la Legge di Smith permette di evidenziare picchi olfattivi estremamente marcati (zaffate istantanee), in condizioni di stabilità atmosferica — situazioni spesso associate ad accumulo e persistenza dell'odore — essa documenta una maggiore uniformità del segnale, permettendo di quantificare la molestia legata alla scarsa diluizione verticale della massa d'aria.

⁶ Smith, M. E. (1973). Recommended Guide for the Prediction of the Dispersion of Airborne Effluents. American Society of Mechanical Engineers (ASME).

⁷ CALMET è un modello meteorologico diagnostico, in questo caso utilizzato per ricostruire una stabilità atmosferica passata in un certo punto del territorio; il modello utilizza come dati meteo al suolo in ingresso un gruppo di stazioni meteorologiche della rete ARPAV prossime al punto di misura, con risoluzione spaziale di 4km.

3.2 Stima delle concentrazioni di picco e valutazione del superamento delle soglie olfattive

Nel seguito si mostrano risultati ottenuti dall'applicazione della Legge di Smith, precisando che è stato assunto per il calcolo un valore di tempo di picco t_p pari a 5 minuti, che riconduce il dato orario ad un tempo di mediazione certamente più simile alla durata tipica dei fenomeni di disturbo olfattivo descritti dalla popolazione.

In Tabella 5 vengono mostrati i superamenti orari presunti della soglia olfattiva per ciascun composto, utilizzando le concentrazioni di picco stimate secondo la legge di Smith.

Tabella 5: numero di ore di superamento della soglia olfattiva delle concentrazioni di picco orarie stimate utilizzando la Legge di Smith

Composto	Soglia olfattiva [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Superamenti orari soglia olfattiva ottenuti stimando un PMR secondo Smith
H ₂ S	0.6	6 ⁸
Butanale	2	52
Acroleina	8.2	0
Butilacetato	76	0
Metil+DimetilAmmina	44	0
Etil_Propionato	29	0
Stirene	149	0
M_Xilene	178	0
P_Xilene	252	0
MIBK	696	0
Etilbenzene	737	0
NH ₃	1044	0
Toluene	1242	0
MEK	1296	0
O_Xilene	1648	0
Etilacetato	3132	0
Benzene	8616	0
DIBK	9297	0
THF	17970	0
AcridoNitrile	19077	0
Diossano	46074	0
Acetone	99655	0
TOTALE ORE PERCEZIONE STIMATE (al netto delle sovrapposizioni)		58

⁸ Si precisa che, nelle elaborazioni per l'H₂S, per quanto detto in calce alla Tabella 4, vengono mantenuti i superamenti della soglia olfattiva legati unicamente ai valori *outliers*.

I dati delineano un quadro di percezione stimata degli odori che in termini numerici interessa un numero limitato di ore complessive, pari a 58 (circa l'8% del totale, calcolate come ore effettive di percezione dell'odore, al netto delle sovrapposizioni), rivelando un quadro ancora sottostimato rispetto alla numerosità e alla frequenza delle segnalazioni. Si osserva che, fatta eccezione per le concentrazioni più elevate di idrogeno solforato (che sono sempre superiori alla soglia olfattiva, per quanto detto a inizio capitolo) gli altri superamenti sono associati unicamente al butanale (butirraldeide).

A tal proposito è necessario evidenziare che il butanale ha una soglia olfattiva molto bassa e molto vicina al limite di quantificazione strumentale e la gran parte dei superamenti della soglia olfattiva indicati in tabella è avvenuta per concentrazioni stimate (tramite la legge di Smith), di modesta entità. Risulta dunque frequente trovare isolati superamenti della soglia olfattiva di queste sostanze nelle campagne con il MMO, i quali devono però essere valutati anche in relazione alla caratterizzazione spaziale del dato. Poiché questa sostanza non ha mostrato caratterizzazioni significative dal punto di vista delle direzioni prevalenti di provenienza, né trend caratteristici settimanali o giornalieri, si può ipotizzare che il butanale, pur avendo contribuito probabilmente a isolati episodi di molestia (specialmente quelli caratterizzati da odori acri e pungenti), non possa da solo essere collegato in modo esclusivo alla problematica in esame.

Dalla tabella sopra riportata si evince anche che altre sostanze, che hanno avuto fluttuazioni di concentrazione episodicamente rilevanti nella campagna di monitoraggio (stirene, acetone, acetato di etile, toluene), non emergono dal conteggio dei superamenti. Questo perché, anche ipotizzando livelli di picco istantanei stimati più alti delle medie orarie, le rispettive soglie olfattive sono troppo elevate per essere compatibili con la percezione.

In conclusione, data la variabilità e la frequenza degli odori segnalati dalla popolazione, deve essere seriamente considerato il probabile contributo di altre molecole odorogene, probabilmente dalla bassa soglia olfattiva e dai livelli ambientali esigui, che ad oggi non è possibile determinare con la strumentazione disponibile, ma che possono avere avuto un ruolo anche significativo nel caratterizzare gli episodi di molestia.

4 Conclusioni

La campagna di monitoraggio, condotta nel territorio comunale di Noale (VE), in via Vivaldi, nel periodo compreso tra il 5 e il 30 marzo 2026, è stata attivata per rispondere alle ripetute segnalazioni di molestia olfattiva pervenute dalla popolazione residente, con l'obiettivo di caratterizzare chimicamente l'aria ambiente e valutare il superamento delle soglie olfattive di alcune sostanze potenzialmente odorigene, confrontando i dati rilevati con quelli registrati nei due mesi precedenti nel contermino Comune di Massanzago.

La strumentazione utilizzata ha previsto l'impiego di un mezzo mobile dotato di un sistema di monitoraggio automatico continuo con misurazioni orarie, in grado di rilevare una ventina di composti potenzialmente odorigeni.

Caratterizzazione chimica dell'area

La caratterizzazione chimica del sito attraverso l'analisi dei dati orari ha messo in evidenza concentrazioni tendenzialmente piuttosto basse per quasi tutte le sostanze, con molti dei composti (tra questi, diossano, etil propionato, acrilonitrile, metilisobutilchetone, butanale, diisobutilchetone, tetraidrofurano e idrogeno solforato) che hanno mostrato valori medi sotto il limite di quantificazione strumentale. Altre sostanze sono state quasi sempre rilevabili, con concentrazioni medie di campagna piuttosto contenute (entro i $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ad eccezione dell'ammoniaca; si evidenziano in ogni caso livelli generalmente inferiori, per quanto dello stesso ordine di grandezza, a quelli della campagna effettuata nel vicino comune di Massanzago da gennaio a marzo.

In relazione alla presenza di ore con concentrazioni significativamente più alte dei valori medi (ovvero quelle misure identificate statisticamente come outliers e visualizzate dai punti nel grafico di Figura 3), sono da segnalare soltanto isolati episodi in cui sono presenti degli sporadici picchi, che hanno una numerosità ed una frequenza più basse di quelli registrati a Massanzago.

Per quanto riguarda l'andamento medio di concentrazione nelle 24 ore, buona parte delle sostanze mostra un profilo medio giornaliero coerente con la dispersività atmosferica, con concentrazioni tendenzialmente più alte dalla sera a metà mattina e i minimi durante le ore pomeridiane. In questo contesto alcuni dei composti che avevano evidenziato isolati picchi, come l'acetone e l'acetato di etile presentano andamenti coerenti e concentrazioni massime nelle ore del mattino. Da notare l'ammoniaca, che manifesta un profilo tipico con massimi nelle ore centrali della giornata; la volatilizzazione di questo composto, emesso principalmente dai reflui zootecnici, è infatti dipendente dalla temperatura e può quindi aumentare nelle ore pomeridiane. Infine si rileva che un gruppo di sostanze, che include benzene, toluene, etilbenzene e m-xilene, presenta andamenti giornalieri concordi con due massimi, tra le otto e le nove del mattino e tra le venti e le ventuno, evidenziando un profilo bimodale comunemente riconducibile al traffico veicolare.

L'analisi della distribuzione anemologica delle concentrazioni ha permesso di evidenziare, in relazione alla direzione dei venti, i quadranti di provenienza caratterizzati dai contributi di concentrazione più significativi per ciascun composto. Si rilevano in questo caso alcune sostanze, come lo stirene e, in misura minore, l'acetato di etile, in cui si evidenzia una polarizzazione delle concentrazioni con provenienza prevalente dai settori occidentali rispetto all'ubicazione del mezzo mobile. Piuttosto evidente anche la prevalenza dai settori occidentali per benzene e toluene, etil benzene e m-xilene, in coerenza con la direzione della vicina strada rispetto al mezzo mobile. Le altre sostanze esaminate non mostrano polarizzazioni nei settori di provenienza, evidenziando delle situazioni di diffusione omogenea per concentrazioni che, come detto in precedenza, sono spesso al di sotto del limite di quantificazione.

Nel complesso, la caratterizzazione chimica dell'area ha messo in luce, per i composti esaminati, il rispetto di tutti i riferimenti normativi, sia per il benzene, unica sostanza monitorata per cui è definito un limite in aria ambiente, sia per gli altri composti (stirene, toluene, idrogeno solforato, ammoniaca), per cui sono stati stabiliti dei valori guida da parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, non rilevando quindi criticità dirette per la salute umana.

Valutazione delle molestie olfattive

Al fine di effettuare una valutazione delle possibili molestie olfattive collegate alla presenza delle sostanze oggetto di monitoraggio, le concentrazioni orarie determinate nel periodo di studio sono state confrontate con le soglie olfattive indicate nel Decreto Direttoriale del Ministero dell'Ambiente n. 309 del 28 giugno 2023, che costituisce uno dei testi di riferimento in materia di emissioni odorigene. Le soglie olfattive sono definite come le concentrazioni in aria a cui quella sostanza pura è percepibile dall'olfatto di più della metà della popolazione.

Dal confronto diretto di tutti i dati misurati con le soglie olfattive non sono emersi superamenti delle soglie olfattive, ad eccezione di un numero esiguo di ore (sei) in cui potrebbe essere stato percepibile l'idrogeno solforato. Tale riscontro non risulterebbe però in linea con la frequenza e la quantità di segnalazioni pervenute durante la settimana di campionamento, che fanno pensare ad una molestia più significativa.

Questa apparente incongruenza può essere in parte spiegata dal fatto che il dato misurato con cadenza oraria non è in grado di rappresentare l'effettiva concentrazione massima raggiunta durante il fenomeno olfattivo, perché quest'ultimo ha una durata temporale anche molto inferiore

all'ora. L'utilizzo della legge di Smith ha fornito un approccio per stimare la concentrazione di picco di tutte le sostanze a partire dai dati misurati, tenendo conto anche delle condizioni di dispersione dell'atmosfera. Il confronto con le soglie olfattive delle concentrazioni di picco stimate nel periodo di 5 minuti, compatibile con i tempi tipici delle segnalazioni, ha evidenziato in ogni caso meno di 60 ore di superamento, a carico del butanale e dell'idrogeno solforato, sostanze con soglia olfattiva molto bassa (quindi facilmente percepibili), ma che, dall'elaborazione dei dati chimici, non hanno mostrato alcuna caratterizzazione dal punto di vista delle direzioni prevalenti di provenienza, né variazioni significative nei trend settimanali o giornalieri. Si può quindi ipotizzare che tali composti, pur avendo contribuito probabilmente a isolati episodi di molestia, non possano essere collegati in maniera esclusiva alla complessa problematica in esame.

In merito alle sostanze che avevano fatto registrare isolati episodi di picco, queste possono facilmente essere escluse dalla problematica delle molestie olfattive, in quanto hanno soglie di percezione di ordini di grandezza più elevate rispetto ai valori misurati, anche considerando la stima del livello di picco con la legge di Smith.

Di conseguenza, data la variabilità e la frequenza degli odori segnalati dalla popolazione, deve essere seriamente considerato il probabile contributo di altre molecole odorigene, probabilmente dalla bassa soglia olfattiva e dai livelli ambientali esigui, che ad oggi non è possibile determinare con la strumentazione disponibile, ma che possono avere avuto un ruolo anche significativo nel caratterizzare gli episodi di molestia.

ALLEGATO 1 – Descrizione dell'odore di alcune tra le sostanze percepibili dall'essere umano⁽⁹⁾

Sostanza	descrizione dell'odore associato
1,2 dicloroetilene cis	acre, etereo
1,2,4 trimetilbenzene	aromatico
1,3,5 trimetilbenzene	aromatico
1,4 diossano	dolce, alcool
2 metilfurano	etereo, dolce, caramellato
acetaldeide	pungente, fruttato, soffocante, fresco, verde
acetofenone	dolce, mandorla, pungente
acetone	dolce, fruttato, etereo
acetoneitrile	etereo
acido benzoico	debole, gradevole
idrogeno solforato (H ₂ S)	uova marce
acrilico-CN	cipolla, aglio
acroleina	pungente
alcool cumilico	acre, pungente, irritante
aldeidi alifatiche	variabile, da pungente sgradevole a piacevole e complesso
ammoniaca	pungente, irritante
benzaldeide	mandorla amara, fruttato, vaniglia
benzene	aromatico, dolce, di solvente
butirraldeide (butanale)	pungente
butilacetato	fruttato
chetoni	fruttato, dolciastro o di acetone
cicloesano	pungente
cloruro di metilene	dolce
composti clorofluoroalchilici	assenza di odore
diclorodifluorometano	etereo
diisobutilchetone (DIBK)	menta piperita
eptano	benzina
esanaldeide	forte, erbaceo, verde, fruttato
etilacetato	fruttato, dolce
etilbenzene	oleoso, di solvente
etilpropionato	fruttato, dolce
fenolo	medicinale, acido
formaldeide	pungente
idrocarburi alifatici e aromatici	spesso intenso, dolce
isottano	pungente, benzina
isovaleraldeide	pungente, grasso, rancido
limonene	agrumato
m-xilene	dolce, empireumatico (bruciato, tostato, affumicato)
metilacetato	fruttato
metilammina + etilammina	pesce + acuto, ammoniacale
metiletilchetone (MEK)	dolce, acuto
metilisobutilchetone (MIBK)	dolce, acuto
metilstirene	dolce, aromatico
naftalene	catrame, creosoto, naftalina, empireumatico
n-esano	leggermente sgradevole, benzina
o-xilene	dolce, empireumatico
p-xilene	dolce, empireumatico

⁹ Fonti: APAT – Manuali e Linee Guida n. 19/2003 “Metodi di misura delle emissioni olfattive”; Manuale AHIA, 2013; Gemini vers. 3 Google - 16 febbraio 2026

percloroetilene	etereo
Sostanza	descrizione dell'odore associato
propionaldeide	fruttato
stirene	dolce, acuto
tetracloruro di carbonio	aromatico
tetraidrofurano (THF)	etereo
toluene (metilbenzene)	acido, bruciato
triclorofluorometano	dolce
trifluorotricloroetano	dolce
valeraldeide	nauseante, rancido, di decomposizione

Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente
Unità Organizzativa Qualità dell'Aria
Via Lissa, 6
30171 Mestre - Venezia
Italy
Tel. +39 041 544 5501
Fax +39 041 544 5671
e-mail: drqa@arpa.veneto.it
PEC: drqa@pec.arpav.it



ARPAV

Agenzia Regionale per la Prevenzione e
Protezione Ambientale del Veneto

Direzione Generale

Via Ospedale Civile, 24 - 35121 Padova - Italia

Tel. +39 049 82 39301

Fax. +39 049 66 0966

e-mail: urp@arpa.veneto.it

e-mail certificata: protocollo@pec.arpav.it

sito istituzionale: www.arpa.veneto.it