

Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria con laboratorio mobile

Sito di monitoraggio: **Centro polifunzionale sito in
via Pasquale Leone – Salice Salentino**

Periodo di osservazione: **20/11/2020 ÷ 12/01/2021**



A cura dell'Ufficio QA di BR-LE-TA del CRA

Richiedente

La presente campagna di monitoraggio della qualità dell'aria è stata richiesta da ARPA Puglia al Sindaco del Comune di Salice Salentino con nota prot. n. 62400 del 20/09/2020. La campagna rientra nell'ambito della programmazione annuale delle attività di monitoraggio che ARPA Puglia effettua nelle zone e nei Comuni non coperti da stazione fisse di misura appartenenti alla Rete Regionale di Qualità dell'Aria; per lo svolgimento di tale attività, ARPA Puglia si è avvalsa di un laboratorio mobile in dotazione al Centro Regionale Aria.

La necessità di eseguire questa campagna di monitoraggio è scaturita dai risultati delle analisi modellistiche contenute nella "Valutazione integrata della qualità dell'aria in Puglia – anno 2018" (prot. n. 9388 del 13/02/2020). Il sistema modellistico, ad una risoluzione spaziale 1 km x 1 km, ha previsto il rischio di superamento di alcuni valori limite, prescritti dal D.Lgs. n.155/2010, per gli inquinanti PM₁₀, PM_{2.5} e Benzo(a)Pirene (di seguito BaP) in alcuni comuni della provincia di Brindisi e di Lecce; nel Comune di Salice Salentino tale rischio è emerso solo per il BaP.

Scopo della campagna: esecuzione di una misura in campo delle concentrazioni di benzo(a)pirene nel PM₁₀ e, più in generale, l'approfondimento delle conoscenze sullo stato della qualità dell'aria nel Comune di Salice Salentino.

Sito di monitoraggio

Centro polifunzionale sito in via Pasquale Leone – Salice Salentino (LE)

Coordinate:

Latitudine 40° 23'07.41" N

Longitudine 17° 57'28.35" E

Periodo di monitoraggio

20/11/2020 + 12/01/2021

In complesso, la campagna è durata 53 giorni

Cronologia della campagna di monitoraggio

I funzionari del CRA di ARPA Puglia presso la sede di Brindisi avevano preventivamente effettuato nel mese di ottobre 2020, col supporto di personale del Comune, un sopralluogo propedeutico all'individuazione di un sito idoneo al monitoraggio. Tale sito era stato individuato nelle pertinenze del centro polifunzionale ubicato in via Pasquale Leone. Si è poi atteso alcuni giorni perché fosse effettuata la predisposizione di idoneo allaccio elettrico alla rete.

Il laboratorio mobile per il monitoraggio della qualità dell'aria (installato su veicolo FIAT DUCATO) è stato collocato nel sito di monitoraggio in data 19/11/2020 ed è stato configurato per la visualizzazione dei dati da remoto. Contestualmente, è stato anche installato ed avviato un campionatore sequenziale di PM₁₀ modello LIFETEK PMS della Mega System s.r.l.

Il primo giorno utile di raccolta dati validi è stato il 20/11/2020. La raccolta dei filtri giornalieri di PM₁₀ si è conclusa in data 04/01/2021, mentre la campagna di monitoraggio con laboratorio mobile è proseguita sino al 13/01/2021, giorno in cui è avvenuta la disinstallazione del mezzo mobile con successivo

spostamento.

Gruppo di lavoro

Il laboratorio mobile è in dotazione ad ARPA Puglia - CRA. I dati sono stati validati da p.ch. Pietro Caprioli, dott. Daniele Cornacchia e dott. Aldo Pinto, secondo il protocollo interno di ARPA Puglia, ed elaborati dal dott. Valerio Margiotta, in servizio presso l'ufficio CRA di ARPA – Struttura QA di Brindisi-Lecce-Taranto.

Le attività si sono svolte con il coordinamento della dott.ssa Alessandra Nocioni, T.I.F. Qualità dell'Aria area BR-LE-TA.

Sommario

1. Introduzione alla Relazione Tecnica	5
1.1. Sito di monitoraggio.....	5
1.2. Inquinanti monitorati	6
1.3. Parametri meteorologici rilevati	7
1.4 Riferimenti normativi	7
1.5. Dati meteorologici.....	8
2. Giorni tipo di NO₂, PM₁₀ biorario, CO, O₃, benzene, SO₂, H₂S, IPA_{TOT}.....	8
2.1. PM10	9
2.2. NO ₂	10
2.3. CO	11
2.4. O ₃	12
2.5. Benzene	13
2.6. H ₂ S.....	14
2.7. SO ₂	15
3. I livelli di polveri sottili rilevate presso Salice Salentino a confronto con altri siti della provincia di Lecce.	16
4. Andamento degli inquinanti gassosi	21
4.1. Grafico della concentrazione massima della media mobile sulle 8 ore di O ₃ (µg/m ³).....	21
4.2. Grafico della concentrazione massima giornaliera della media oraria di NO ₂ (µg/m ³)	23
4.3. Grafico della concentrazione di SO ₂ – Massimo orario (µg/m ³)	25
4.4. Grafico della concentrazione di CO - Media mobile sulle 8 ore (mg/m ³).....	27
4.5. Grafico della concentrazione di benzene – Medie giornaliere (µg/m ³)	29
4.6. Grafico della concentrazione di H ₂ S – Medie giornaliere e massime orarie giornaliere (µg/m ³).....	31
5. Correlazione tra inquinanti	34
6. Benzo(a)pirene	34
7. Metalli	38
8. Conclusioni	42
Allegato I - Efficienza di campionamento	46
Allegato II - Informazioni sulla strumentazione e sulle metodologie di analisi	47

1. Introduzione alla Relazione Tecnica

1.1. Sito di monitoraggio

Il sito di monitoraggio è localizzato alle seguenti coordinate: Latitudine 40°23'07.41" NORD Longitudine 17°57'28.35" EST al margine occidentale del centro abitato di Salice Salentino. Il sito presenta caratteristiche analoghe a quelle di una stazione di monitoraggio *suburbana*, come evidenziato dalla ortofoto seguente (figura 1). Il laboratorio mobile è stato posizionato nel sito in data 19/11/2020, al fine di realizzare la campagna di monitoraggio della qualità dell'aria.



Figura 1: Posizione del sito di monitoraggio in relazione al territorio comunale di Salice Salentino.

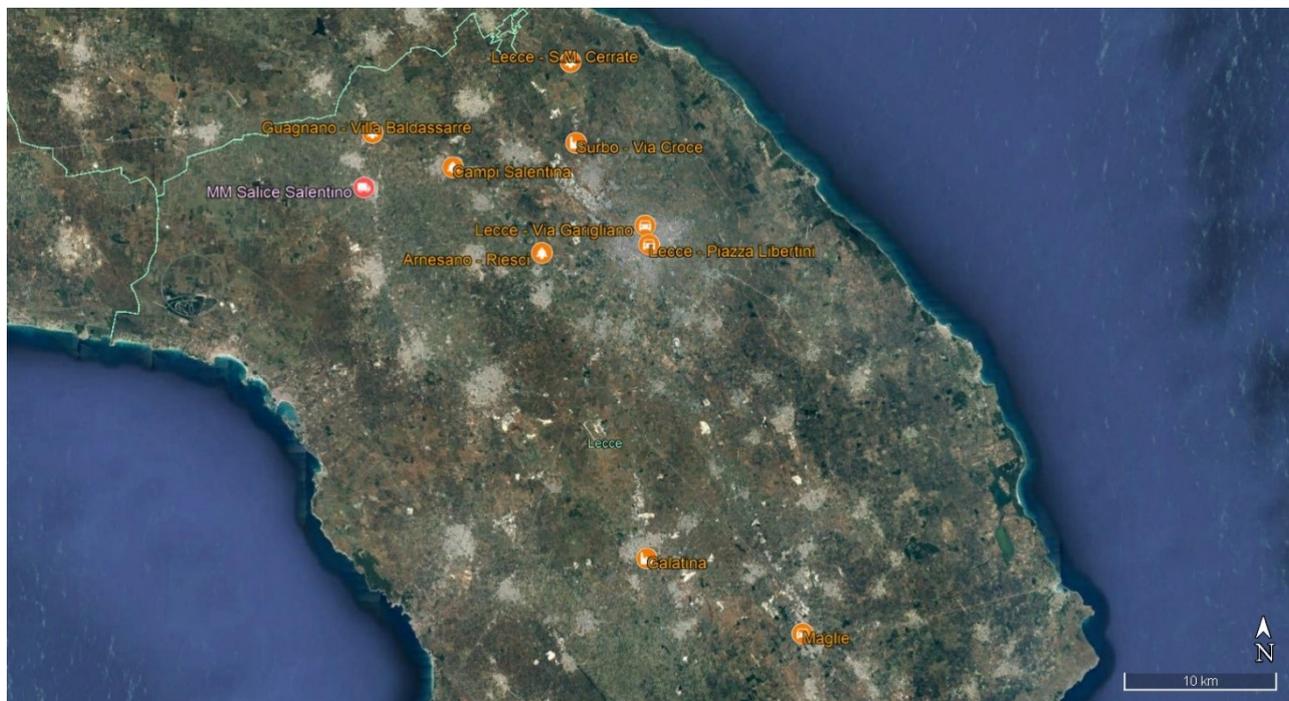
Nel Comune di Salice Salentino (circa 8.000 abitanti), per le limitate dimensioni dell'abitato, l'impatto delle attività civili o del trasporto è relativamente modesto. Nelle adiacenze del sito di monitoraggio non sono presenti aree industriali o impianti in grado di produrre emissioni rilevanti.

Infine, il tessuto urbano di Salice Salentino si sviluppa verso Est rispetto al sito di monitoraggio, mentre verso Ovest l'area è prevalentemente rurale, adibita ad attività agricole.

Nei mesi della campagna, a causa della crisi sanitaria dovuta alla pandemia COVID-19, poichè erano in atto misure di limitazione di alcune attività antropiche introdotte col DPCM 8 marzo 2020, si è avuta una generalizzata riduzione di alcune tra le principali sorgenti di inquinamento atmosferico.

La scelta dell'ubicazione del laboratorio mobile è inoltre coerente con i risultati delle valutazioni modellistiche, condotte dal CRA per ricostruire lo stato della qualità dell'aria sull'intera regione Puglia a partire dal 2016. I risultati delle simulazioni condotte sull'intero anno ad una risoluzione spaziale di 1km

x1km, mostrati anche nelle relazioni scaricabili alla pagina https://www.arpa.puglia.it/pagina3097_report-modellistica.html, indicano, all'interno dell'area urbana del comune di Salice, il rischio di superamento del valore limite obiettivo, prescritto dal D. Lgs. N.155/2010, per l'inquinante Benzo(a)Pirene.



6 di 47

Figura 2: Posizione del sito di monitoraggio in relazione alle centraline di monitoraggio della rete regionale di qualità dell'aria dell'intera provincia di Lecce. L'icona cerchiata indica la tipologia della centralina di monitoraggio: albero = fondo, auto = traffico, ciminiera = industriale.

Nelle vicinanze del sito di monitoraggio sono attive 2 centraline fisse di monitoraggio della qualità dell'aria facenti parte della RRQA: Guagnano – Villa Baldassarre e Campi Salentina che rilevano i seguenti inquinanti: PM₁₀, PM_{2,5} e NO_x. I dati sono resi pubblici e consultabili dal portale web di ARPA Puglia (<https://www.arpa.puglia.it/web/guest/qariaing>).

1.2. Inquinanti monitorati

Il laboratorio mobile è dotato di analizzatori automatici per il campionamento e la misura in continuo degli inquinanti chimici individuati dalla normativa vigente in materia; nel dettaglio sono stati monitorati: monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO_x), biossido di zolfo (SO₂), ozono (O₃), benzene, PM₁₀ ed idrogeno solforato (H₂S). I filtri destinati all'analisi quantitativa di benzo(a)pirene e metalli sono stati ottenuti per mezzo di un campionatore sequenziale di PM₁₀ modello Lifetek PMS.

1.3. Parametri meteorologici rilevati

Il laboratorio mobile permette anche la misurazione dei seguenti parametri meteorologici: temperatura (°C), Direzione Vento (DV), Velocità Vento (VV, m/s), Umidità relativa (%), Pressione atmosferica (mbar), Radiazione solare globale (W/m²), Pioggia (mm).

1.4 Riferimenti normativi

Si fa riferimento al D. Lgs. 155/2010 e s.m.i. per SO₂, NO₂/NO_x, PM10, Benzene, CO, O₃. Tale decreto stabilisce sia valori limite annuali per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, sia valori limite giornalieri o orari. Questi ultimi limiti, detti short – term, sono volti a contenere episodi acuti di inquinamento: a essi è infatti associato sia un numero massimo di superamenti da registrare nel corso dell'anno, sia un margine di tolleranza che decresce gradualmente fino al raggiungimento del valore fissato.

Il medesimo decreto legislativo funge da riferimento anche per la determinazione dei metalli e degli IPA nei campioni di PM10 prelevati nelle 24 ore. Il benzo(a)pirene (abbreviato BaP) è uno degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) che si può trovare in atmosfera come prodotto di processi pirolitici e di combustioni incomplete di materia organica. Questi inquinanti organici, costituiti da più anelli benzenici condensati, si formano per combustione incompleta di combustibili fossili ma anche di legno e rifiuti. Nello specifico, il BaP è classificato, dallo IARC, come cancerogeno accertato per l'uomo.

Il valore obiettivo di concentrazione in aria del BaP, stabilito dalla normativa nazionale, è pari a 1,0 ng/m³, calcolato sulla base temporale di un anno.

Anche i valori limite per Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo sono espressi dal D.Lgs. 155/10 come valori obiettivo sulla media annua così come riportati di seguito:

Inquinante	Valore obiettivo (riferito al tenore presente nella frazione di PM10 calcolato come media su un anno civile)	Normativa di riferimento
Benzo(a)Pirene	1,0 ng/m ³	D. Lgs. 155/10
Arsenico	6,0 ng/m ³	
Cadmio	5,0 ng/m ³	
Nichel	20,0 ng/m ³	
Piombo	500 ng/m ³	

Tabella 1: valori obiettivo per il BaP e per i metalli così come definiti dal D.Lgs. n. 155/2010.

Di seguito, quindi, si riportano i dati acquisiti dal mezzo mobile e validati, elaborati dal C.R.A. – Ufficio QA di Taranto ai sensi del D.Lgs. 155/2010.

1.5. Dati meteorologici

In figura 3 si riporta il grafico della rosa dei venti rilevato nell'intero periodo della campagna di monitoraggio. Si osserva una prevalenza dei venti dal settore nord-occidentale, con frequenti occorrenze anche da sud e sud-est.

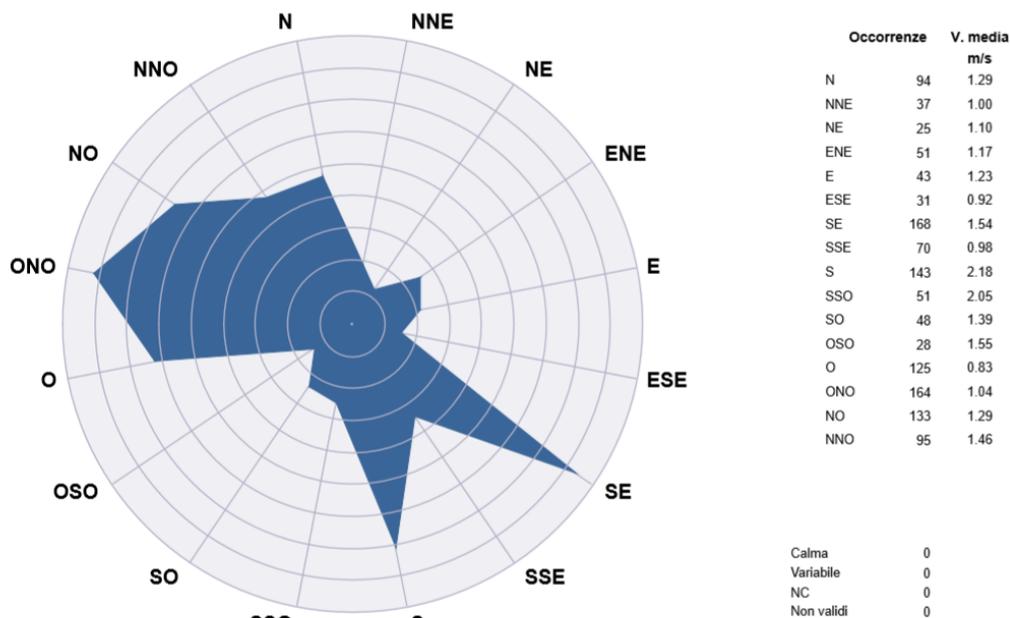
Le occorrenze e la velocità media dei venti sono elencate nella parte destra della figura.

Nel periodo monitorato si sono avuti 22 giorni di piovosi (pioggia > 0,2 mm di acqua).



Rosa dei venti

Stazione: MM SALICE SALENTINO 2020 Monitor D.V. Data inizio: 20/11/2020 Data fine: 13/01/2021



8 di 47

Figura 3: Rose dei venti per il periodo che va dal 20/11/2020 al 13/01/2021, corredato dalla tabella complessiva delle occorrenze.

2. Giorni tipo di NO₂, PM₁₀ biorario, CO, O₃, benzene, SO₂, H₂S, IPA_{TOT}.

I grafici seguenti mostrano il *giorno tipo*, ossia l'andamento tipico quotidiano nel periodo della campagna di misura, delle concentrazioni dei principali inquinanti: biossido di azoto (NO₂), materiale particolato (PM₁₀), monossido di carbonio (CO), ozono (O₃), benzene, anidride solforosa (SO₂) ed acido solfidrico (H₂S).

Per la maggior parte degli inquinanti, dall'elaborazione dei grafici dei giorni tipo, si osservano chiaramente netti incrementi delle concentrazioni nelle ore serali della giornata. Tali incrementi possono essere dovuti ad un aumento delle emissioni nel periodo serale e/o all'innescarsi di condizioni meteorologiche favorevoli nelle zone urbane all'accumulo degli inquinanti immessi in prossimità del suolo. Nelle ore serali, notturne e nelle prime ore del giorno si possono infatti verificare più frequentemente condizioni di calma di vento ed inversioni termiche¹ negli strati più bassi dell'atmosfera.

2.1. PM10

In figura 4 si mostra il *giorno tipo* del PM10 che indica come i valori più elevati si registrino nelle ore serali. Nel primo pomeriggio si osserva invece una tendenza alla riduzione della concentrazione di particolato. Il valore medio registrato durante l'intero periodo di campionamento è stato pari a 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

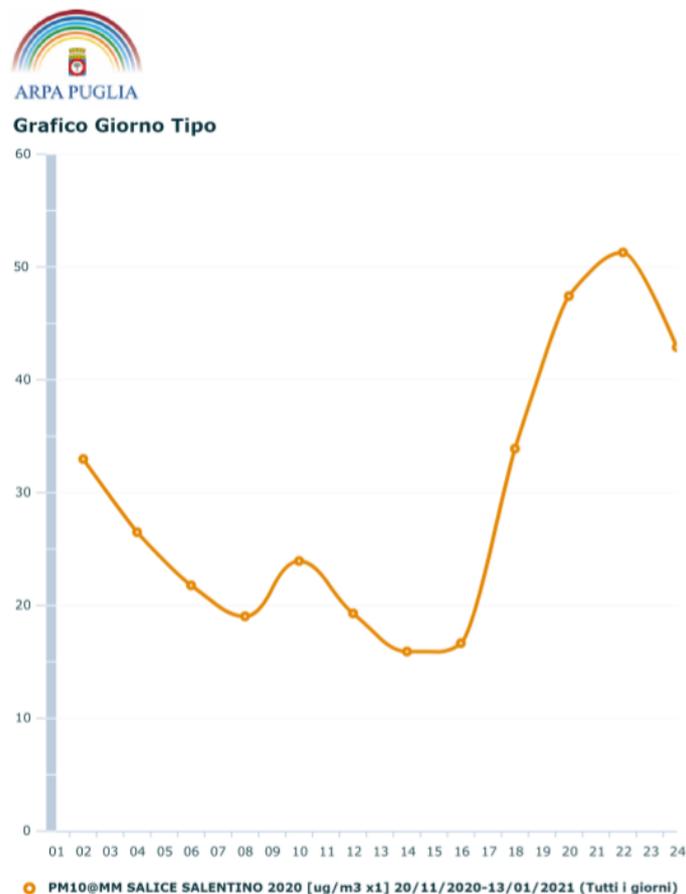


Figura 4: Grafico del giorno tipo di PM10 ottenuto con analizzatore biorario.

¹ Il fenomeno si produce quando uno strato d'aria calda, più leggera, spesso associata ad alta pressione atmosferica, scorre al di sopra di uno strato freddo e pesante, impedendone l'elevazione e la dispersione: tale fenomeno può essere ad esempio legato al rapido raffreddamento della superficie terrestre e dello strato di aria immediatamente al di sopra di questa che si verifica durante le notti limpide in condizione di alta pressione (inversione termica di tipo radiativo).

2.2. NO₂

Il biossido di azoto ha mostrato, nel corso delle giornate di monitoraggio, due picchi ben definiti nelle prime ore del mattino e nel tardo pomeriggio con i massimi centrati alle 08:00 ed alle 19:00.

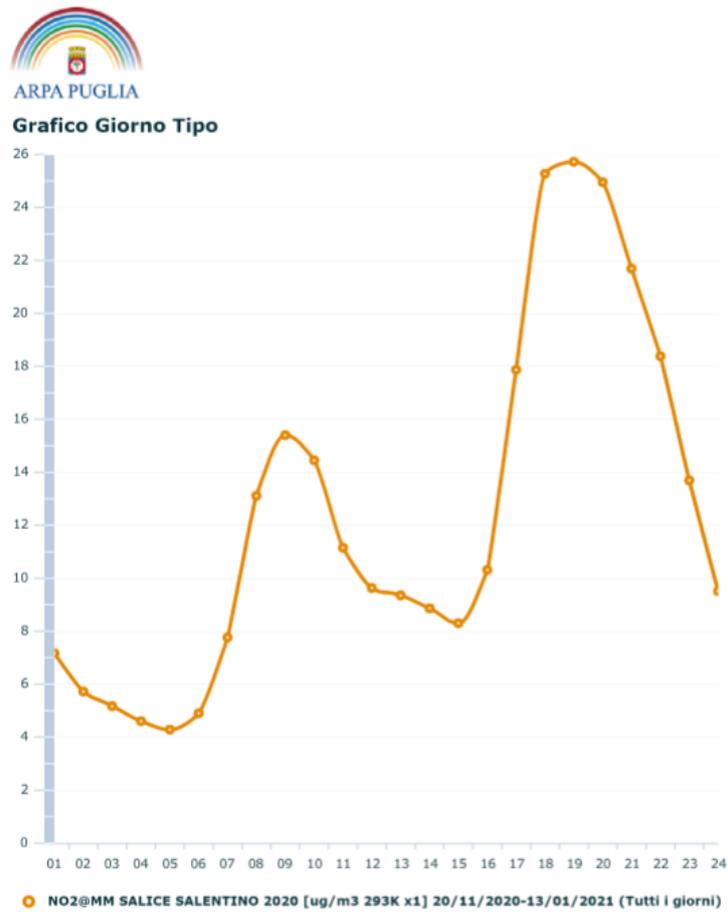


Figura 5: Grafico del giorno tipo per l'inquinante NO₂.

2.3. CO

Il monossido di carbonio (CO) ha mostrato un andamento ampiamente al di sotto delle concentrazioni limite indicate dal D.Lgs. n. 155/10. Si riscontra un particolare aumento dell'inquinante nelle ore serali.

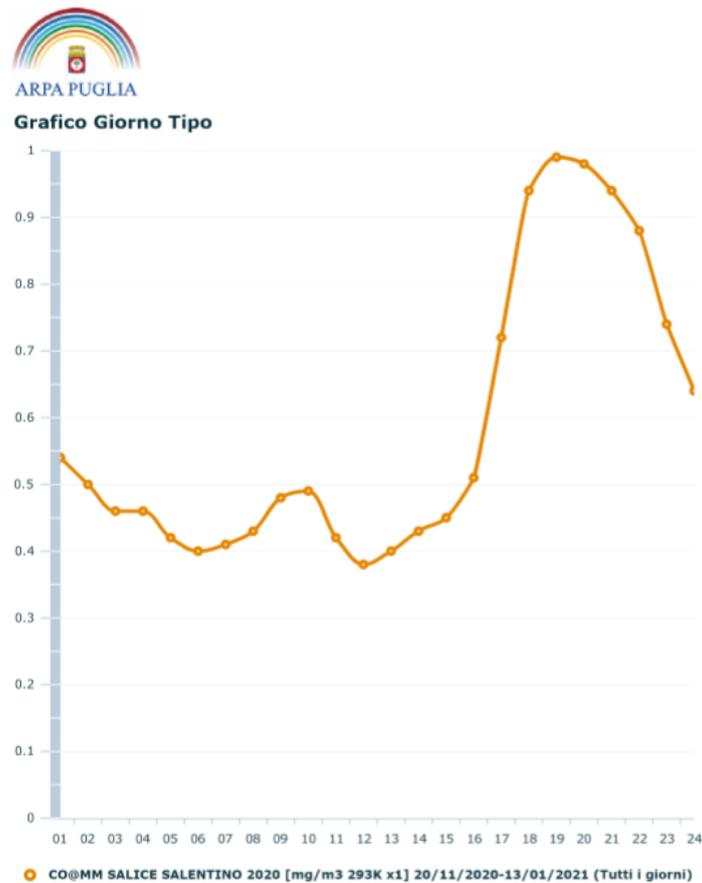


Figura 6: Grafico del giorno tipo per l'inquinante CO.

2.4. O₃

Il grafico dell'ozono rappresenta il giorno tipo caratteristico di questo inquinante e mostra il classico andamento a campana, con i valori massimi nelle ore di maggior irraggiamento.

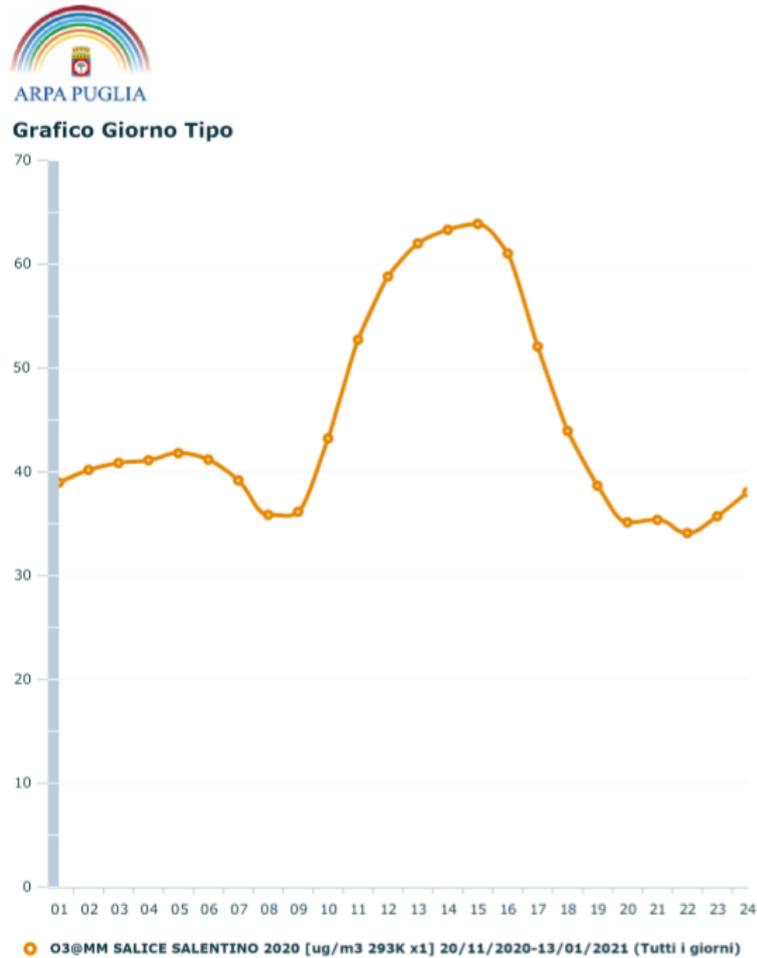


Figura 7: Grafico del giorno tipo per l'inquinante O₃.

2.5. Benzene

Il grafico degli andamenti delle concentrazioni del benzene mostra un modesto rialzo nelle ore mattutine, dovuto verosimilmente al contributo del traffico veicolare, ed un notevole incremento nelle ore serali mantenendosi tuttavia al di sotto del valore limite annuale individuato dal D.Lgs. n. 155/10 di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

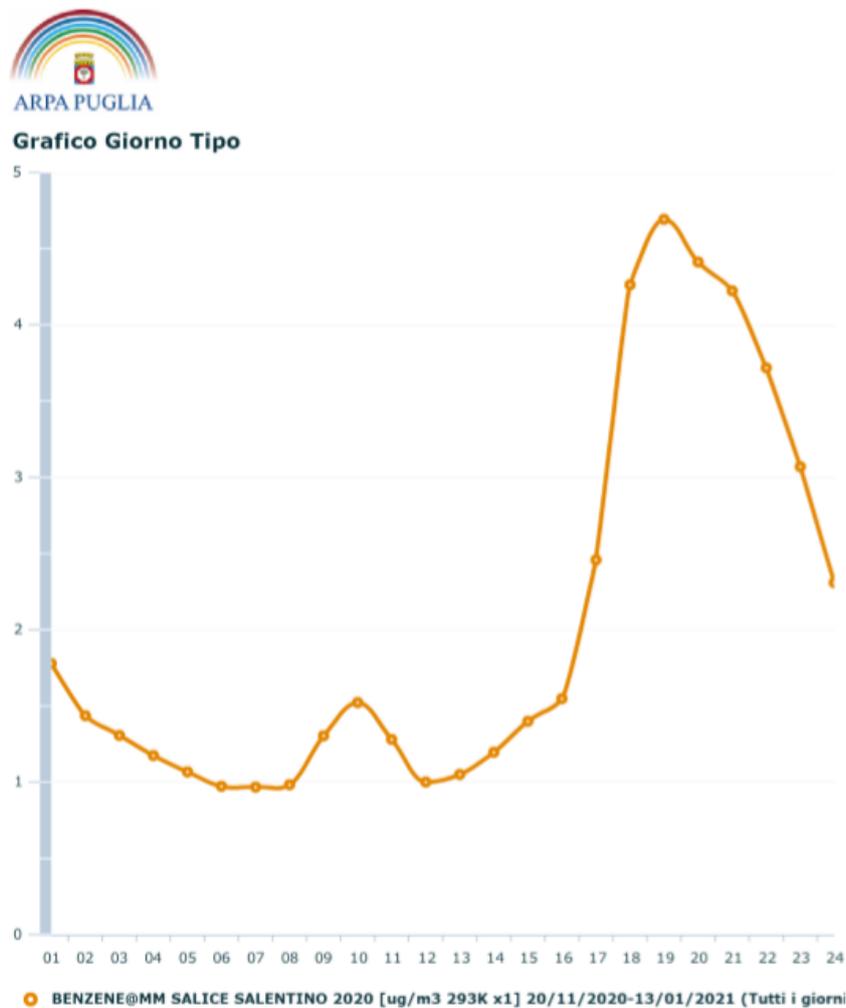


Figura 8: Grafico del giorno tipo per l'inquinante benzene.

2.6. H₂S

Nel corso delle giornate di monitoraggio, l'analizzatore di H₂S ha registrato in media un andamento al di sotto della soglia olfattiva, con un massimo nelle ore serali.

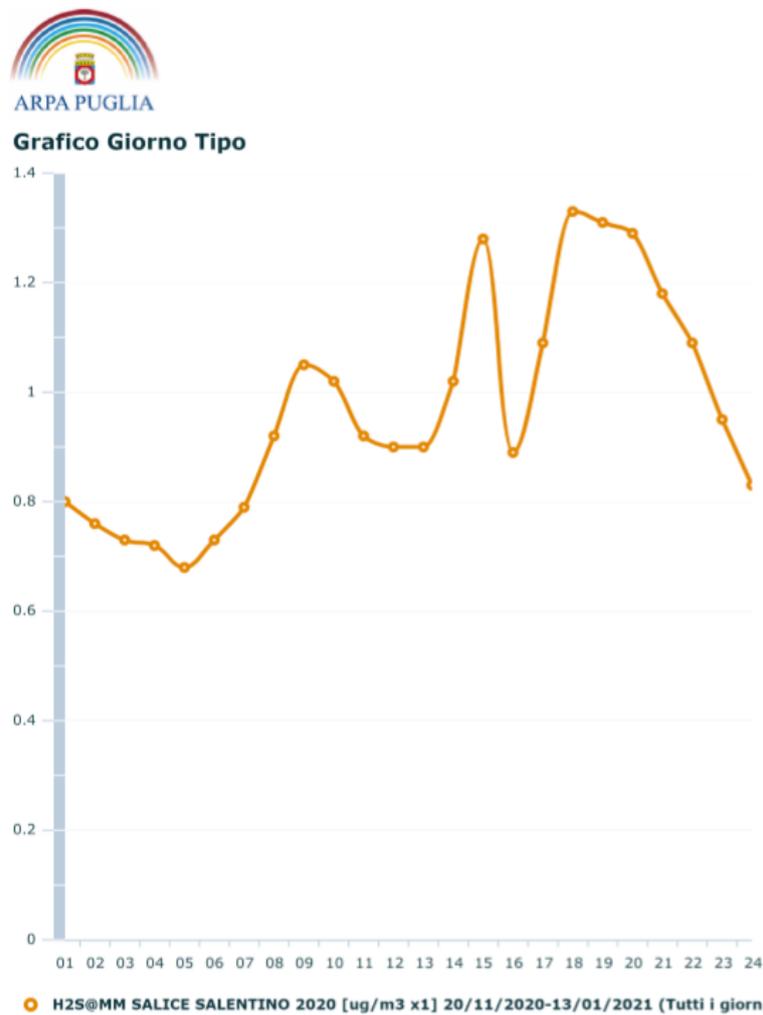


Figura 9: Grafico del giorno tipo per l'inquinante H₂S.

2.7. SO₂

Il biossido di zolfo nel periodo di monitoraggio presenta un andamento medio privo di significativi incrementi nella giornata ed ampiamente al di sotto dei limiti definiti dal Decreto legislativo n. 155/2010.

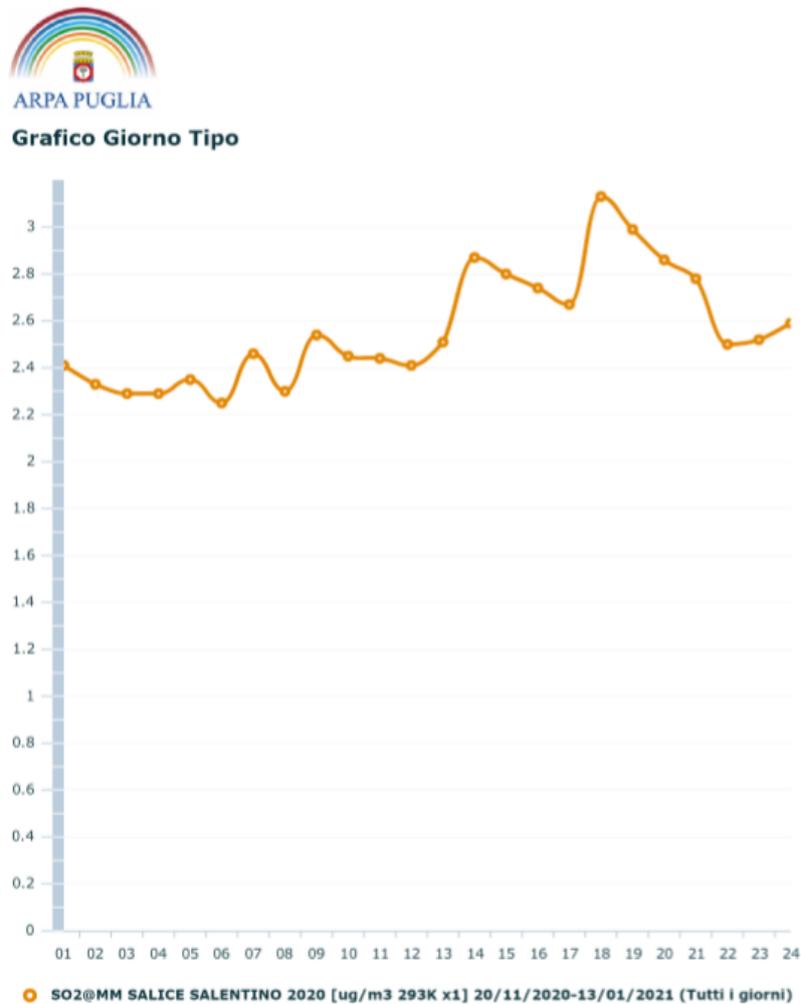


Figura 10: Grafico del giorno tipo per l'inquinante SO₂.

3. I livelli di polveri sottili rilevate presso Salice Salentino a confronto con altri siti della provincia di Lecce.

PM10		
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	CONCENTRAZIONE LIMITE	LIMITI VIGENTI
D. Lgs. n. 155/2010	50µg/m ³	Valore limite giornaliero da non superare per più di 35 volte nell'anno
	40µg/m ³	Valore limite annuale

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso, solido, presente in sospensione nell'aria. La natura delle particelle di cui esso è composto è molto varia: ne fanno parte sia le polveri sospese, materiale di tipo organico disperso dai vegetali (pollini o frammenti di piante), materiale di tipo inorganico prodotto da agenti naturali come vento e pioggia, oppure prodotto dall'erosione del suolo o dei manufatti. Con il termine PM₁₀ è definita la frazione totale di particelle aventi diametro aerodinamico inferiore a 10 µm. Sul mezzo mobile è installato un analizzatore di PM₁₀ FAI SWAM 5a che fornisce misure di concentrazioni medie giornaliere. Nella normativa vigente, il parametro PM₁₀ ha limite giornaliero pari a 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte per anno civile. Come si evince dal grafico in Figura 11, nel periodo di monitoraggio si sono registrati 7 superamenti di tale limite, su 53 giorni di dati validi.

La normativa di riferimento prescrive, inoltre, il valore di 40 µg/m³ come limite annuale per la protezione della salute umana per il PM₁₀. Anche se il periodo di monitoraggio nel sito ha coperto soltanto una frazione di anno, è possibile effettuare un confronto, seppur relativo, con tale media annuale; la media di tutti i dati acquisiti di PM₁₀ nell'intero periodo di monitoraggio è pari a 29 µg/m³ e risulta inferiore al limite annuale.

16 di 47

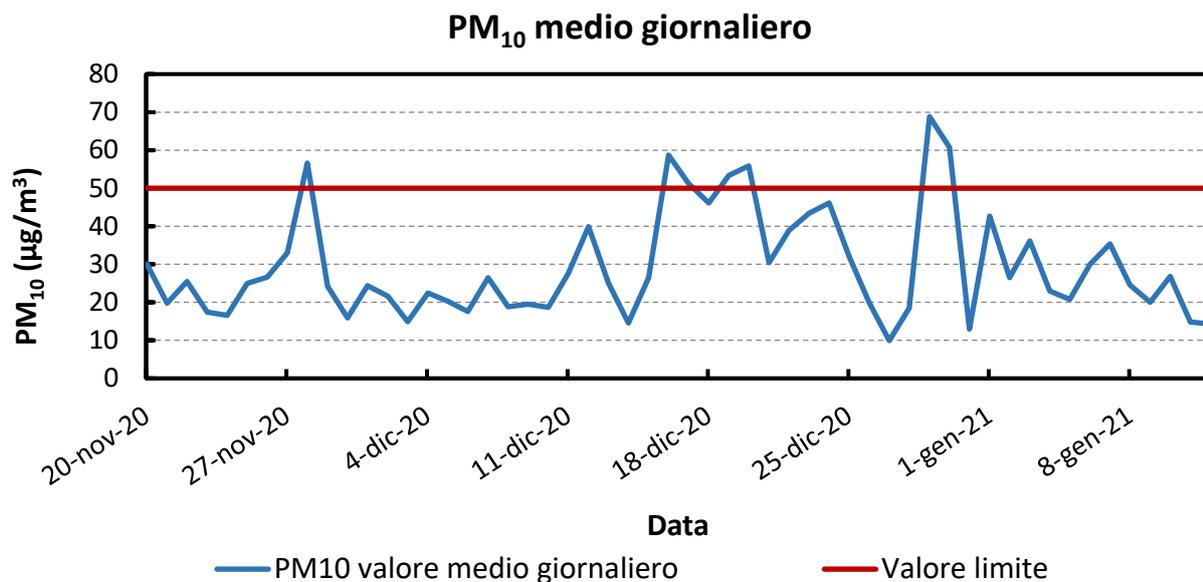


Figura 11: Andamento medio giornaliero del PM₁₀

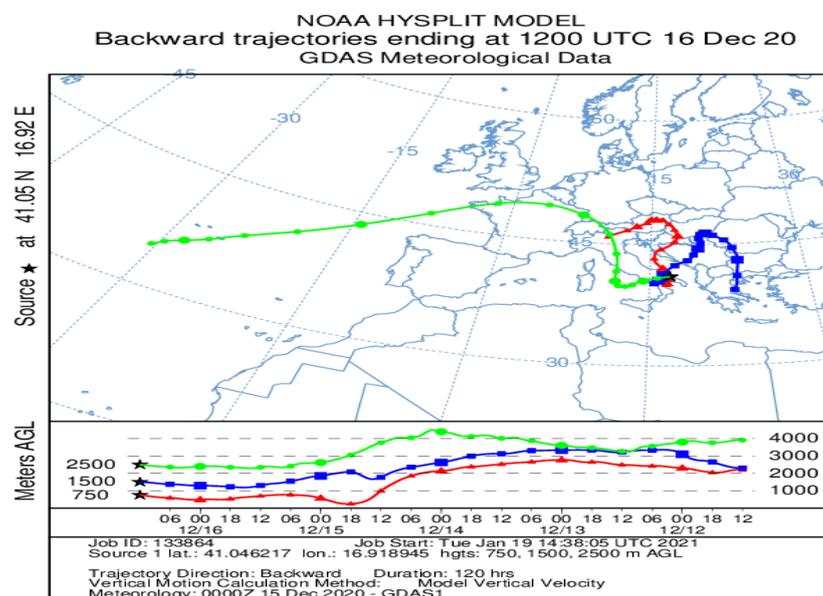
I superamenti del valore limite medio giornaliero sono stati registrati nelle seguenti date:

- 28/11/2020
- 16/12/2020
- 17/12/2020
- 19/12/2020
- 20/12/2020
- 29/12/2020
- 30/12/2020

Durante la campagna si sono verificati alcuni eventi di avvezione sahariana. Tali fenomeni possono comportare il superamento del valore limite di PM10 in molte stazioni di monitoraggio. Si richiamano di seguito, in dettaglio, gli eventi che si sono verificati nel periodo oggetto della presente indagine:

- Nel periodo 16-24 dicembre, nella Regione Puglia sono stati rilevati superamenti del limite giornaliero di PM10 in particolar modo nelle province di Bari, Brindisi e Lecce. Tale periodo è stato caratterizzato anche da elevate concentrazioni di PM2,5 che hanno portato a numerosi superamenti, nella maggior parte delle stazioni della Rete, del limite di legge che tuttavia, è sempre opportuno ricordare è da calcolare sulla media annuale delle concentrazioni e non sul singolo giorno. Le criticità verificatesi in questo periodo potrebbero essere da attribuire a masse d'aria provenienti dall'est Europa. Come esempio, si riporta la back-trajectory relativa al 16 dicembre.

17 di 47



L'Est Europa è una zona in cui grandi quantità di SO₂ sono rilasciate in atmosfera dalle industrie che utilizzano combustibili ad alto contenuto di zolfo che porta alla formazione di solfato secondario presente nel PM_{2,5}. Tale rilascio è confermato mediante elaborazioni modellistiche Emep (<https://www.ceip.at/webdab-emission-database/emissions-as-used-in-emep-models>). Il solfato viene trasportato facilmente a lunghe distanze vista la sua grande stabilità in atmosfera. È

possibile, pertanto che questi fenomeni di trasporto abbiano contribuito all'innalzamento dei valori di PM_{2.5} sul territorio regionale.

- Nei giorni 29 e 30 dicembre 2020, la Puglia è stata interessata da fenomeni di avvezioni sahariane con il conseguente superamento del valore limite giornaliero di PM₁₀ in molte stazioni di monitoraggio nelle province meridionali Taranto, Brindisi e Lecce. Gli eventi sono stati individuati mediante le carte elaborate dal modello Prev'Air e le back-trajectories del modello HYSPLIT.
- Tra il 4 e il 10 gennaio 2021, la Puglia è stata interessata da diversi fenomeni di avvezioni sahariane che hanno interessato soprattutto la zona meridionale della Regione e, infatti, sono stati registrati superamenti del valore limite giornaliero di PM₁₀ in alcune stazioni di monitoraggio nella provincia di Brindisi e un superamento in provincia di Lecce. Gli eventi sono stati individuati mediante le carte elaborate dal modello Prev'Air e le back-trajectories del modello HYSPLIT.

Per quanto sopra riportato, quindi, si può affermare che in 6 dei 7 giorni in cui sono stati registrati superamenti del limite giornaliero per il PM₁₀, si sono verificati alcuni fenomeni di intrusione sahariana.

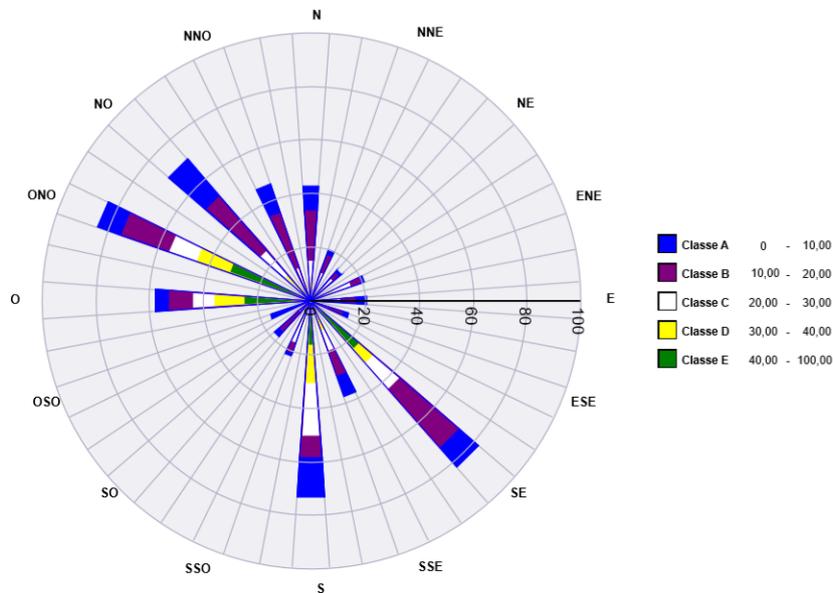
Tra il 27 ed il 28 novembre sono stati rilevati superamenti del limite giornaliero di PM₁₀ in diversi siti salentini tra cui San Pancrazio Salentino, Torchiarolo Fanin, Brindisi Casale e Guagnano villa Baldassarri. Diversi valori giornalieri di PM_{2.5} superiori al limite normativo sono stati registrati nelle stazioni di monitoraggio delle province di Bari, BAT, Brindisi, Foggia e Lecce. In data 28/11 anche nel sito di Salice si è avuto un superamento, verosimilmente legato a sorgenti emmissive locali dovute ad attività antropiche.

18 di 47

Nel periodo di monitoraggio, il mezzo mobile collocato a Salice Salentino ha registrato lo stesso numero di superamenti della limitrofa centralina di Guagnano – Villa Baldassarre (7) e tre superamenti in più della centralina ubicata a Campi Salentina (4).

Dal grafico seguente, relativo alla rosa dell'inquinamento² per il PM₁₀, si può osservare che i valori più elevati di tale inquinante si sono verificati prevalentemente in giornate caratterizzate da venti prevalenti da ONO. Si precisa, però, che il grafico relativo al PM₁₀ correla dati biorari (polveri) con dati medi orari (D.V.) e pertanto ha valenza indicativa.

² La rosa dell'inquinamento è un'elaborazione ottenuta calcolando il valore medio delle concentrazioni di un dato inquinante in funzione della direzione del vento, ovvero controllando la direzione del vento in corrispondenza ad ogni dato orario e/o giornaliero di concentrazione e svolgendo quindi la media di tutti i dati di concentrazione relativi ad una stessa direzione. Il diagramma ottenuto può inoltre essere suddiviso in Classi (intervalli di concentrazioni) ciascuna associata ad un colore, che permette una visualizzazione più immediata delle occorrenze dei dati per ciascuna direzione del vento. In questo modo si identificano le direzioni di provenienza del vento che contribuiscono in modo più significativo al fenomeno di inquinamento rilevato presso la centralina di monitoraggio.



	A	B	C	D	E	med	%
N	9	19	8	3	4	20,42	6,7
NNE	2	7	6	1	4	24,96	3,1
NE	1	3	4	4	3	31,45	2,3
ENE	1	4	7	4	5	39,21	3,3
E	4	6	5	1	5	28,54	3,3
ESE	2	6	2	0	5	30,42	2,3
SE	10	29	13	7	24	28,87	12,9
SSE	8	10	8	6	6	25,72	5,9
S	15	8	20	14	17	36,02	11,5
SSO	1	4	8	2	7	32,97	3,4
SO	2	10	2	2	2	21,39	2,8
OSO	13	1	1	0	1	9,51	2,5
O	5	9	8	11	25	45,03	9,0
ONO	9	19	11	13	32	37,23	13,0
NO	18	27	12	8	5	20,30	10,9
NNO	11	22	5	5	3	18,41	7,1

	med	%
Calma	0	0,00 0,0
Variabile	0	0,00 0,0
NC	0	
Non utilizzati	670	

Figura 22: Rosa dell'inquinamento per il PM₁₀.

Le concentrazioni di PM₁₀ rilevate a Salice Salentino hanno mostrato un andamento coerente con quelli delle altre centraline fisse limitrofe, presenti nel territorio di Lecce. In figura 13 si confrontano le suddette concentrazioni con i valori minimi e massimi quotidiani registrati dall'intero gruppo di centraline installate in provincia di Lecce.

PM10 a confronto con le centraline della RRQA Lecce

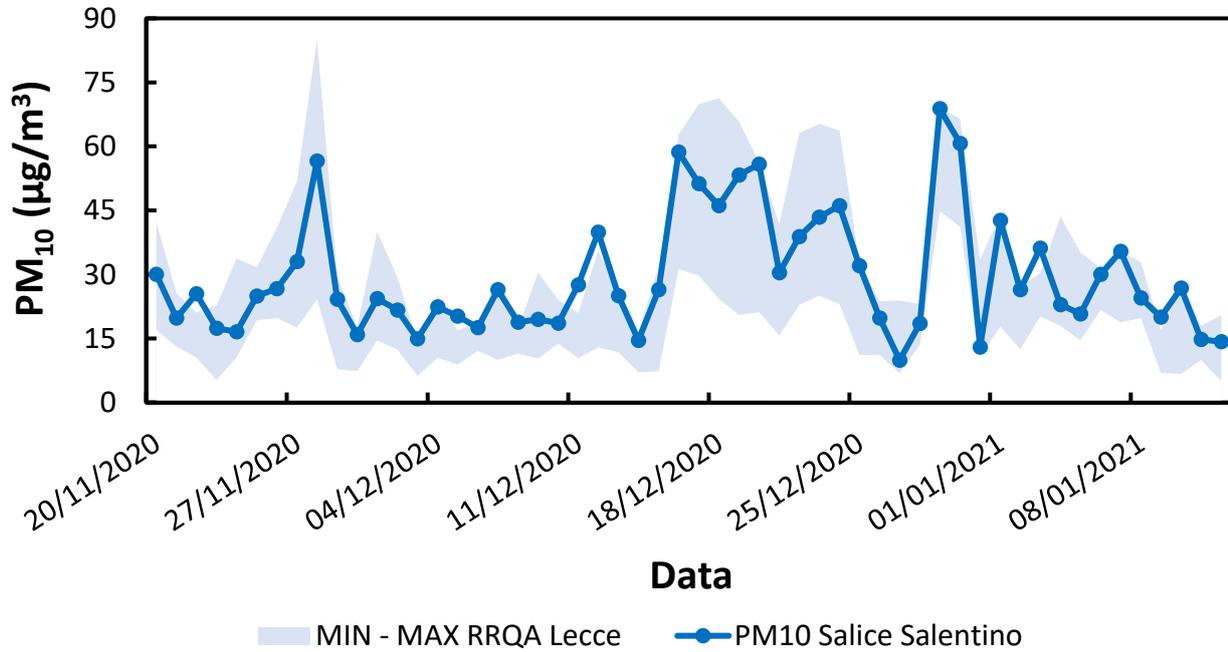


Figura 33: Andamento delle concentrazioni di PM₁₀ presso Salice Salentino a confronto con i valori minimi e massimi registrati da tutte le centraline della provincia di Lecce. L'area in azzurro indica l'intervallo di valori compreso fra i minimi ed i massimi.

4. Andamento degli inquinanti gassosi

Per gli inquinanti normati Benzene, NO₂, CO, SO₂ e O₃ non sono stati registrati superamenti dei limiti di legge. È stato inoltre monitorato l'inquinante acido solfidrico (H₂S), non normato, ma per il quale esiste una concentrazione soglia di riferimento, pari a 7 µg/m³, che rappresenta la soglia olfattiva.

4.1. Grafico della concentrazione massima della media mobile sulle 8 ore di O₃ (µg/m³)

A causa di possibili impatti sulla salute umana, l'ozono, assieme all'NO₂ ed al PM₁₀, è uno gli inquinanti di maggiore rilevanza. Esso non ha sorgenti dirette ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni di tipo fotochimico che coinvolgono in particolare gli ossidi di azoto ed i composti organici volatili. La concentrazione in atmosfera dell'ozono, inoltre, risente dell'influenza di vari fattori quali, ad esempio, la persistenza di periodi di elevata insolazione, di alta temperatura, elevata pressione atmosferica.

O ₃		
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	CONCENTRAZIONE LIMITE	LIMITI VIGENTI
D. Lgs. n. 155/2010	120 µg/m ³ massimo giornaliero della media mobile sulle 8 ore, da non superarsi più di 25 volte per anno civile, come media su tre anni	Valore obiettivo
	120 µg/m ³ , media massima giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno	Obiettivo a lungo termine
	180 µg/m ³ (media oraria)	Soglia di informazione
	240 µg/m ³ (media oraria, per tre ore consecutive)	Soglia di allarme

21 di 47

Nel seguente grafico sono riportati i valori della massima concentrazione oraria di ozono, ed i massimi giornalieri delle medie mobili sulle 8 ore rilevati durante tutto il periodo della campagna di monitoraggio.

Non sono stati rilevati superamenti del valore limite, calcolato come massimo orario e pari a 180 µg/m³.

Non sono stati rilevati superamenti del valore obiettivo inteso come massima media mobile su 8 ore maggiore di 120 µg/m³.

O₃ massimo giornaliero e massima giornaliera delle medie mobili su 8h

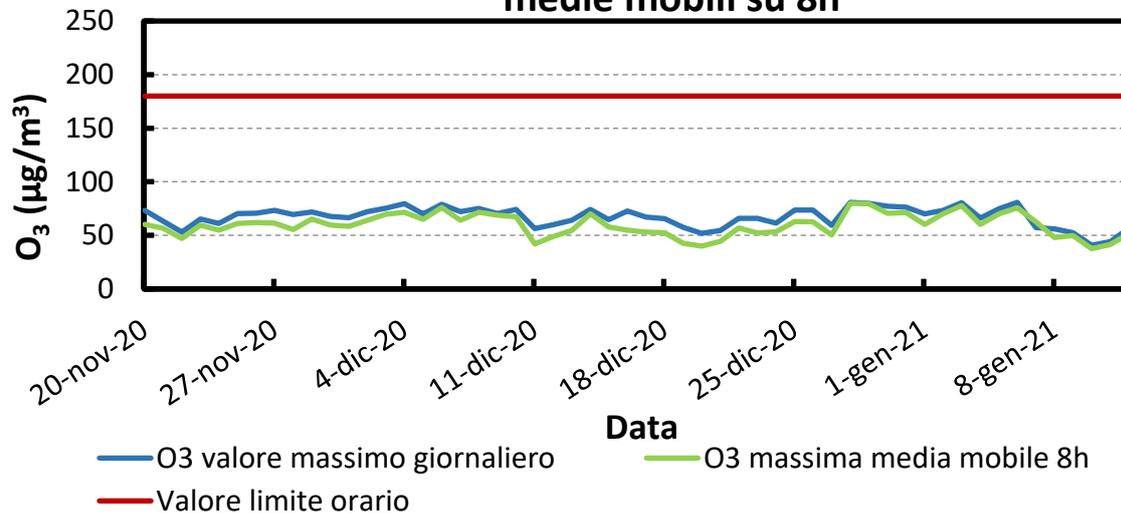


Figura 14: Andamento giornaliero del valore massimo e della massima media mobile misurata sulle 8 ore per l'inquinante ozono.

2 2 d i 4 7

Il grafico relativo alla rosa dell'inquinamento per l'ozono, sotto riportato, non mostra un nesso di causalità diretta fra la direzione del vento e la concentrazione della specie inquinante.

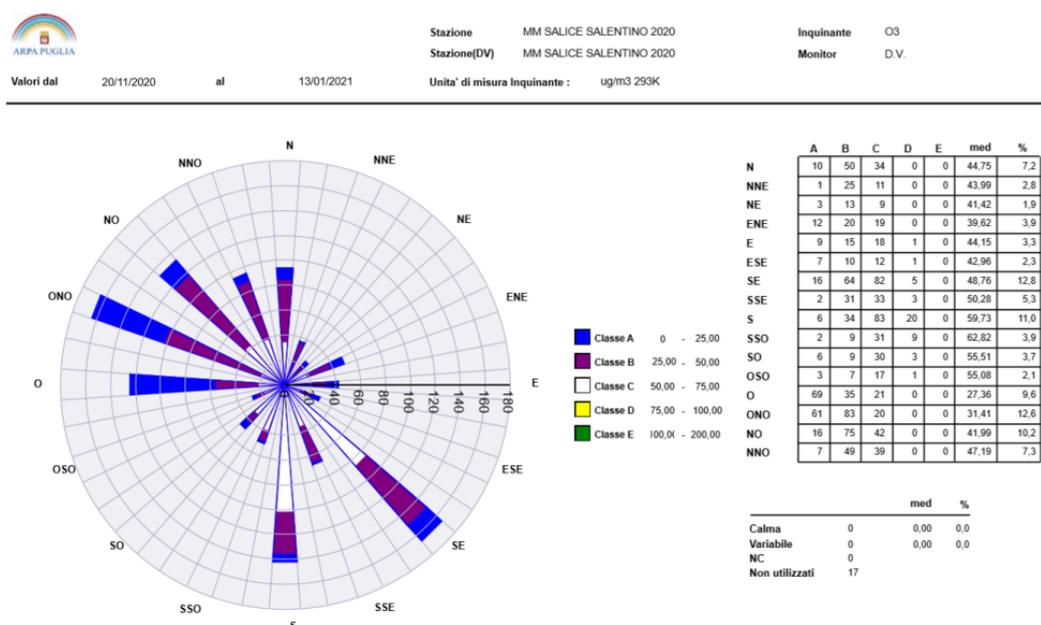


Figura 45: Rosa dell'inquinamento per l'inquinante ozono.

4.2. Grafico della concentrazione massima giornaliera della media oraria di NO₂ (µg/m³)

Gli ossidi di azoto, NO, NO₂, N₂O, ecc. sono generati in tutti i processi di combustione. Tra tutti, il biossido di azoto (NO₂), è da ritenersi il maggiormente pericoloso perché costituisce il precursore di una serie di reazioni di tipo fotochimico che portano alla formazione del cosiddetto “smog fotochimico”.

Nel grafico di seguito sono riportati i valori del massimo orario giornaliero registrati durante la campagna di monitoraggio. Da esso si evince chiaramente che non si è verificato nessun superamento del valore limite di 200 µg/m³ calcolato come massimo orario. I livelli delle concentrazioni registrate sono risultati generalmente modesti.

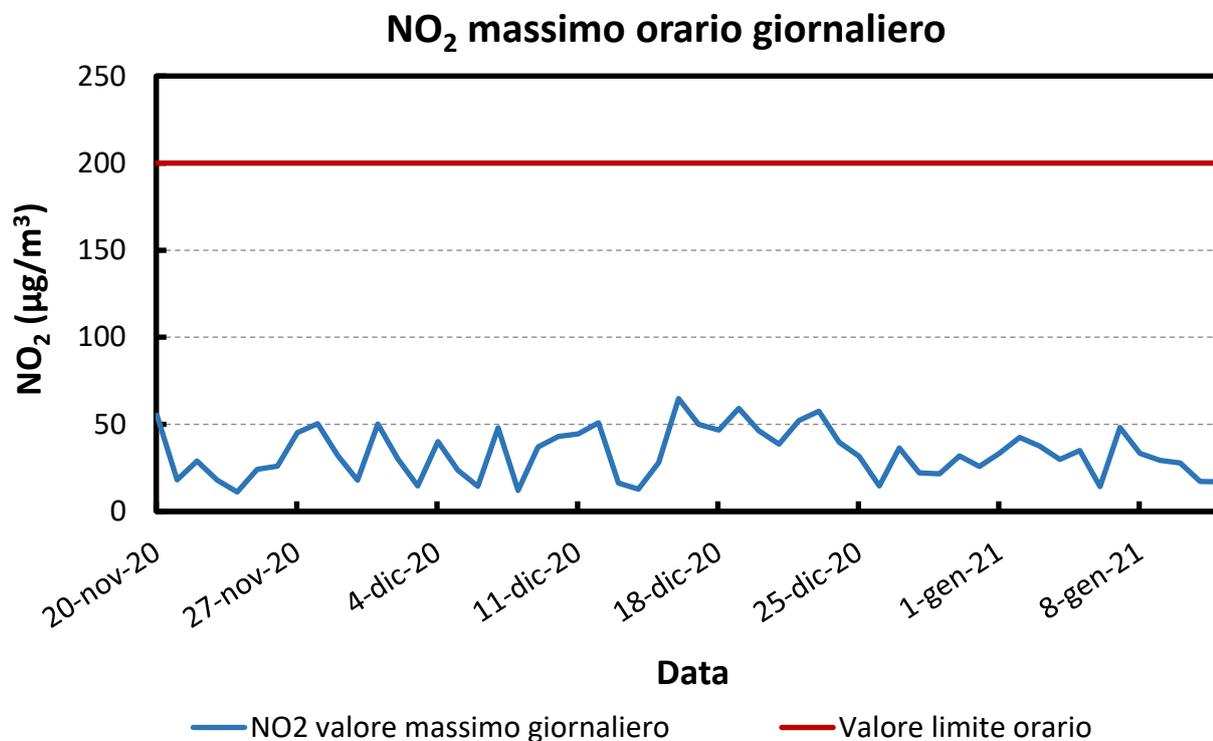
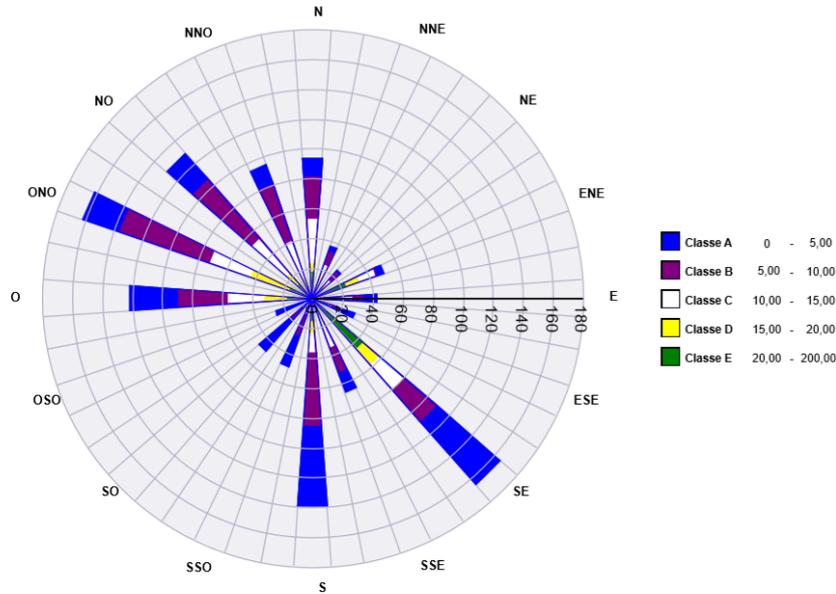


Figura 16: Andamento della concentrazione massima oraria giornaliera per il biossido di azoto misurata presso il sito oggetto della campagna.

Dalla rosa dell’inquinamento per il biossido di azoto, in particolare dalla tabella delle occorrenze, si può osservare che tale inquinante raggiunge concentrazioni più elevate quando il vento proviene da Est e Nord-Est.



	A	B	C	D	E	med	%
N	12	28	30	6	18	13,79	7,3
NNE	3	10	8	11	5	14,92	2,9
NE	1	7	4	3	10	19,39	1,9
ENE	5	1	11	10	24	22,85	4,0
E	9	7	8	2	17	20,14	3,4
ESE	10	6	1	2	11	16,07	2,3
SE	56	28	23	14	45	14,16	12,9
SSE	14	18	19	4	12	12,38	5,2
S	54	49	13	8	16	9,21	10,9
SSO	22	15	5	5	2	8,17	3,8
SO	27	11	3	1	5	7,49	3,7
OSO	21	1	1	0	3	6,16	2,0
O	32	33	24	16	17	11,62	9,5
ONO	25	64	29	27	17	11,42	12,6
NO	23	52	31	10	13	10,65	10,1
NNO	14	40	26	6	9	10,81	7,4

	med	%
Calma	0	0,00 0,0
Variabile	0	0,00 0,0
NC	0	
Non utilizzati	37	

Figura 57: Rosa dell'inquinamento per l'inquinante biossido di azoto.

4.3. Grafico della concentrazione di SO₂ – Massimo orario (µg/m³)

Nel grafico di seguito è riportato il valore del massimo orario giornaliero della concentrazione di SO₂ rilevato nel periodo di osservazione. Le concentrazioni risultano ampiamente al di sotto dei valori limite imposti dalla normativa vigente (D.Lgs. n. 155/2010). Si ricorda che il valore limite orario per la protezione della salute umana è pari a 350 µg/m³ mentre il valore limite calcolato come media delle 24 ore è pari a 125 µg/m³.

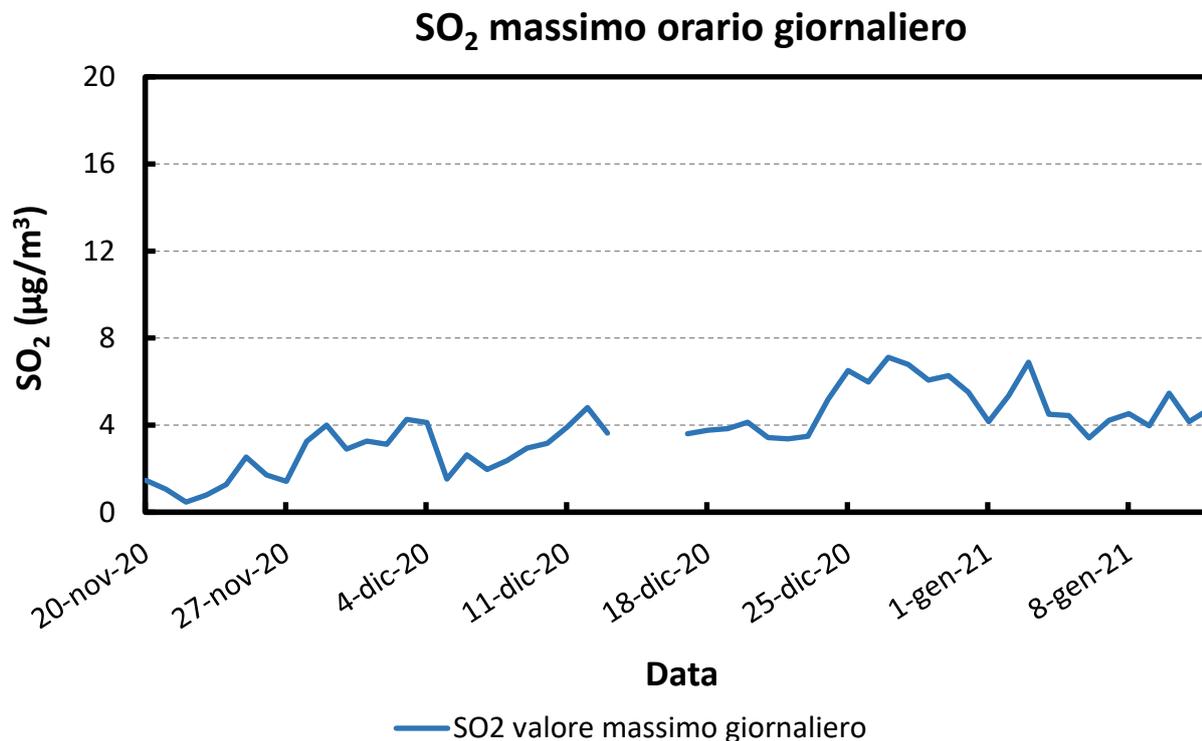


Figura 18: Andamento della concentrazione massima oraria giornaliera per il biossido di zolfo misurata presso il sito oggetto della campagna.

Non sono stati registrati superamenti dei limiti indicati nel D.Lgs n. 155/10 ed i livelli sono risultati generalmente molto bassi. Il grafico relativo alla rosa dell'inquinamento per SO₂, di seguito riportato, non mostra particolari direzionalità di provenienza.

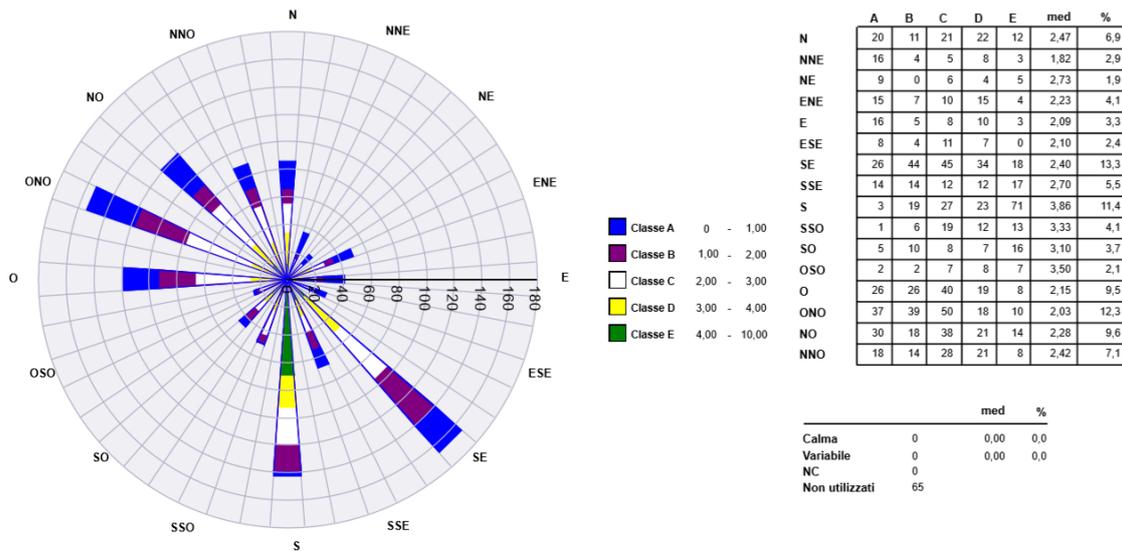
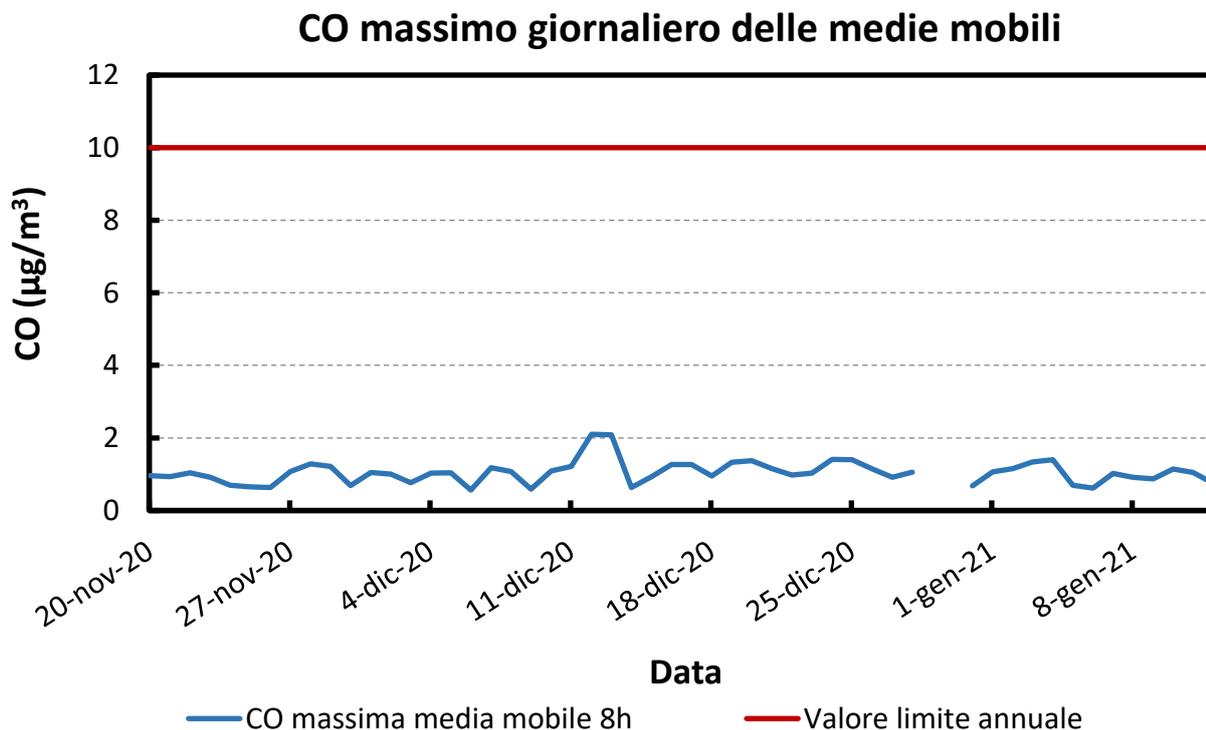


Figura 19: Rosa dell'inquinamento per l'inquinante biossido di zolfo.

4.4. Grafico della concentrazione di CO - Media mobile sulle 8 ore (mg/m³)

Nel seguente grafico sono riportati i valori della massima concentrazione della media mobile sulle 8 ore di CO, dal quale si evince che, durante tutto il periodo di monitoraggio, non è stato mai superato il valore limite definito in base alla normativa vigente, calcolato come massimo orario della media mobile sulle 8 ore, pari a 10 mg/m³.



27 di 47

Figura 20: Andamento della media mobile su 8 ore massima giornaliera, per il monossido di carbonio, misurata presso il sito oggetto della campagna.

Il grafico sotto riportato, relativo alla rosa dell'inquinamento per CO, non mostra una significativa direzionalità per la provenienza di tale inquinante.

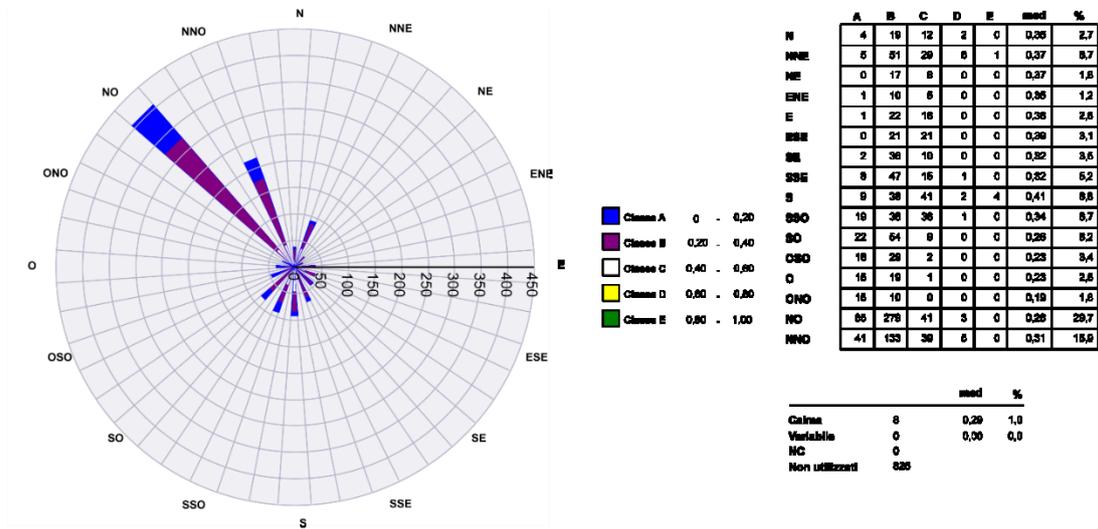


Figura 21: Rosa dell'inquinamento per l'inquinante monossido di carbonio.

4.5. Grafico della concentrazione di benzene – Medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Il benzene presente in atmosfera è originato dall'attività umana ed in particolare dall'uso di petrolio, oli minerali e loro derivati. Secondo la normativa vigente, D.Lgs. n. 155/2010, il valore limite per la protezione della salute umana è fissato a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ su un periodo di mediazione di un anno civile.

Durante il periodo di monitoraggio, i valori medi giornalieri sono risultati entro suddetto limite.

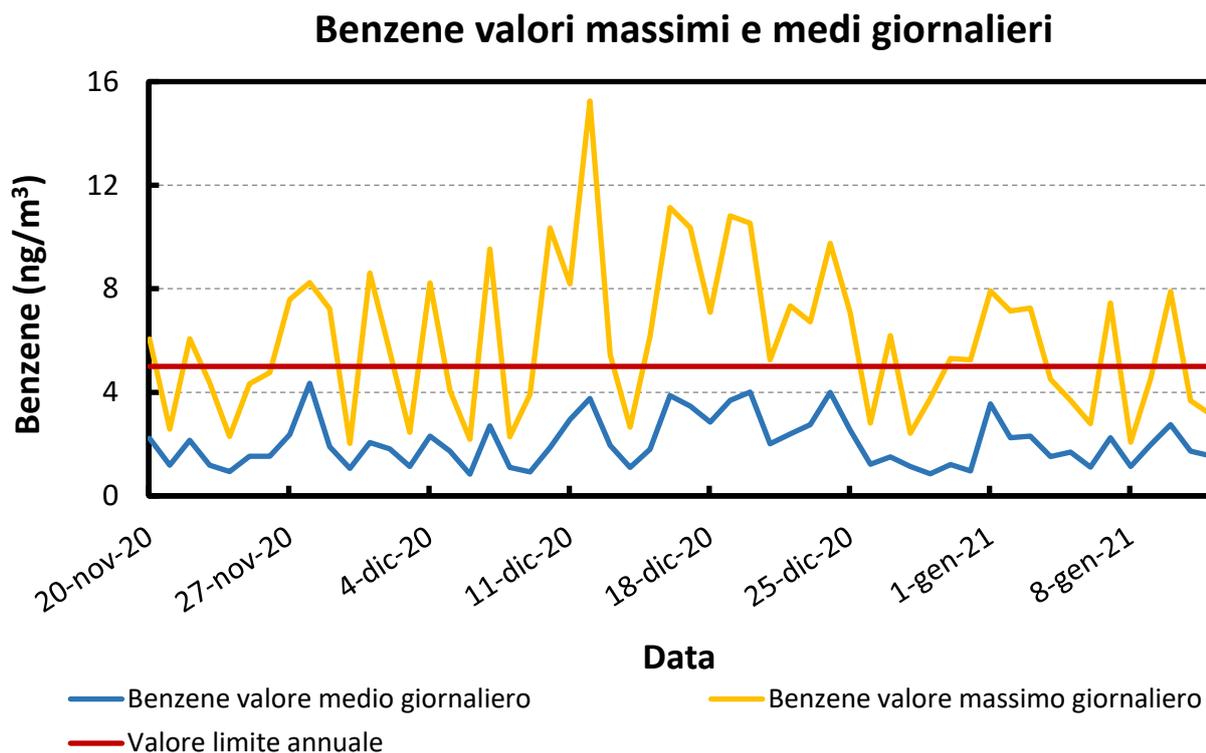
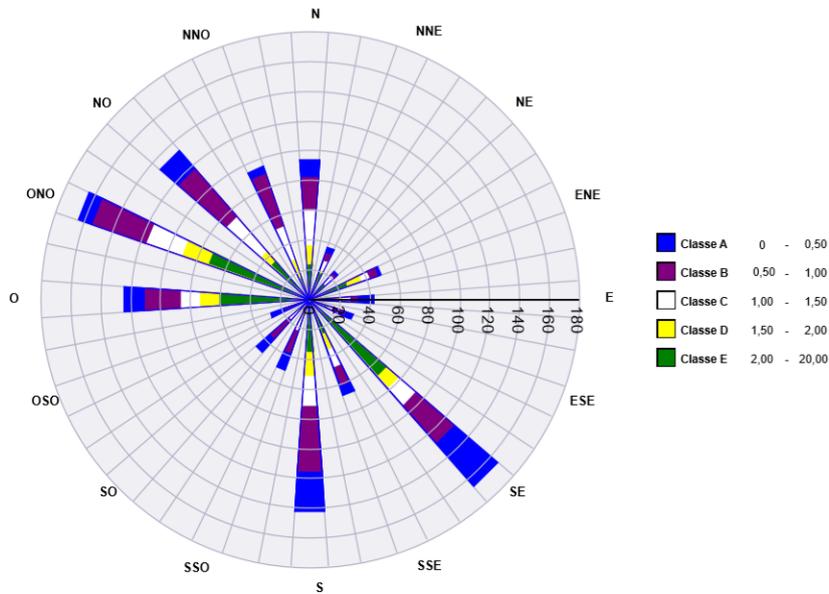


Figura 22: Andamento della concentrazione media e massima giornaliera, per il benzene, misurate presso il sito oggetto della campagna.

Il grafico successivo mostra la rosa dell'inquinamento per il benzene, da cui si evince che non vi sia una netta direzionalità di provenienza di tale inquinante al sito di monitoraggio, ma solo una debole direzionalità dal versante nord-orientale.



	A	B	C	D	E	med	%
N	11	22	24	13	24	1,98	7,2
NNE	3	6	7	2	19	2,19	2,8
NE	1	2	8	0	14	2,91	1,9
ENE	2	6	6	10	27	3,34	3,9
E	10	5	6	6	16	2,27	3,3
ESE	5	9	2	2	13	2,37	2,4
SE	38	34	15	11	69	2,31	12,8
SSE	7	13	13	11	25	2,17	5,3
S	26	45	20	16	36	1,79	11,0
SSO	12	16	8	6	9	1,38	3,9
SO	12	17	7	2	10	1,29	3,7
OSO	10	13	3	1	1	0,74	2,1
O	14	24	13	13	61	2,46	9,6
ONO	9	39	25	19	72	2,27	12,6
NO	16	43	31	8	35	1,61	10,2
NNO	5	38	23	13	16	1,42	7,3

	med	%
Calma	0	0,00 0,0
Variabile	0	0,00 0,0
NC	0	
Non utilizzati	16	

Figura 23: Rosa dell'inquinamento per l'inquinante benzene.

4.6. Grafico della concentrazione di H₂S – Medie giornaliere e massime orarie giornaliere (µg/m³)

Uno fra i parametri più significativi nella individuazione di possibili fonti di molestie olfattive è rappresentato dall'acido solfidrico (**H₂S**), un gas incolore dall'odore caratteristico di uova marce, tossico a concentrazioni elevate e caratterizzato da una soglia olfattiva molto bassa, che si forma in condizioni di fermentazione batterica anaerobiche.

Relativamente all'**idrogeno solforato** (H₂S), in assenza di limiti normativi nazionali ed europei, si potrà fare riferimento alle indicazioni della WHO e della Agenzia Ambientale statunitense (EPA). La WHO per l'aria ambiente ha elaborato le linee guida per tale inquinante, anche riferendosi ai tempi di esposizione. Per l'H₂S le linee guida riportano un valore di riferimento pari a 150 µg/m³ come concentrazione media giornaliera e un valore di 7 µg/m³ sul breve periodo (30 minuti) per evitare l'insorgenza di odori sgradevoli. La frequenza e l'intensità delle maleodoranze può essere valutata sulla base del numero di ore con concentrazione di H₂S superiore alla soglia di 7 µg/m³, al di sotto della quale non si dovrebbero rilevare lamentele tra la popolazione esposta. La maggior parte dei Paesi extra-europei e istituzioni internazionali riportano per tale sostanza valori di riferimento per l'aria ambiente riferiti al tempo di mediazione di un'ora. I valori di riferimento variano da un minimo di 7 µg/m³ in Nuova Zelanda ad un massimo di 112 µg/m³ nel Nevada (USA). La tabella seguente riporta le soglie di riferimento prese in considerazione per H₂S.

Inquinante	Linee guida di riferimento	Concentrazione di riferimento	Periodo di mediazione
H ₂ S	WHO	150 µg/m ³	Media giornaliera
	WHO	7 µg/m ³	Media semi-oraria

Tabella 2: Valori di riferimento per H₂S

Di seguito, si riporta uno stralcio del citato Rapporto ISTISAN 16/15.

Rapporti ISTISAN 16/15

La Tabella 2 riporta i valori di riferimento dell'H₂S in aria ambiente adottati da diversi Stati degli USA (43, 44), dal Canada (45), Nuova Zelanda (46) e da altre organizzazioni e Istituti internazionali. Si osserva che in Nuova Zelanda le linee guida sulla qualità dell'aria prevedono per l'H₂S una concentrazione pari a 7 µg/m³ come media su un'ora (46), mentre l'Ontario (Canada) prevede una concentrazione di 7 µg/m³ come media su 24 ore e una concentrazione di 13 come media di 10 minuti (45).

Tabella. 2. Valori di guida/riferimento di H₂S in aria ambiente in alcuni Paesi extra-europei e istituzioni internazionali

Stato o istituzione	Valore guida/riferimento	Rif.
Canada, Ontario	7 µg/m ³ (4,97 ppbv) media su 24 ore; 13 µg/m ³ (9,75 ppbv) media su 10 min	45
Nuova Zelanda	7 µg/m ³ (4,97 ppmv) media su 1 ora	46
Stati Uniti¹		
Arizona	63 µg/m ³ (45 ppbv) media su 1 ora 37,8 µg/m ³ (27 ppbv) media giornaliera	43
California	42 µg/m ³ (30 ppmv) media su 1 ora	43
Delaware	84 µg/m ³ (60 ppmv) media della concentrazione rilevata ogni 3 min consecutivi 42 µg/m ³ (30 ppmv) media della concentrazione rilevata ogni 60 min consecutivi	43
Minnesota	70 µg/m ³ (05 ppmv) come media su 30 min da non superare più di due volte l'anno 42 µg/m ³ (30 ppbv) media su 30 min che non deve essere superata per più di 2 volte in 5 giorni consecutivi	43
Missouri	70 µg/m ³ (50 ppbv) media su 30 min	43
Montana	70 µg/m ³ (50 ppbv) media su 1 ora che non deve essere superata più di 1 volta l'anno	43
Nevada	112 µg/m ³ (80 ppbv) media su 1 ora	43
New York	14 µg/m ³ (10 ppbv) come media su 1 ora	43
Wisconsin	116,2 µg/m ³ (83 ppbv) media su 24 ore	43
Hawaii	35 µg/m ³ (25 ppbv) media su 1 ora	47
ATSDR	MRL ² livelli di rischio minimo: 98 µg/m ³ (70 ppbv) per inalazione acuta 28 µg/m ³ (20 ppbv) per inalazione intermedia	43
EPA	RfC: 2 µg/m ³ (1,42 ppbv) per inalazione cronica	44
NRC	LOA (<i>Level of Distinct Odor Awareness</i>): 14 µg/m ³ (9,94 ppbv)	42
IVHHN	35 µg/m ³ (25 ppbv) media su 1 ora	48
WHO	150 µg/m ³ (106,5 ppbv) media giornaliera 7 µg/m ³ (4,97 ppmv) media breve periodo (30 min) per evitare l'insorgenza di odore sgradevoli 100 µg/m ³ (71 ppbv) concentrazione tollerabile in aria per esposizione di breve periodo 20 µg/m ³ (14,2 ppbv) concentrazione tollerabile in aria per esposizione di medio periodo	40, 41

IVHHN International Volcanic Health Hazard Network; NRC National Research Council of the National Academies

¹ I fattori di conversione utilizzati per l'H₂S in aria, (alla temperatura di 20°C e alla pressione di 101,3 kPa) sono i seguenti: 1 mg/m³ = 0,71 ppm; 1 ppm = 1,4 mg/m³ (41).

² MRL: stima dell'esposizione umana giornaliera a una sostanza pericolosa che è probabile che non mostri apprezzabile rischio sulla salute per effetti avversi non tumorali nel periodo di esposizione e secondo uno specifico percorso.

Figura 24 - Valori di guida/riferimento di H₂S in aria ambiente in alcuni paesi extra-europei

Nel periodo monitorato la soglia olfattiva di $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è stata superata per 2 ore consecutive in data 05/12/2020. Trattasi di un episodio isolato, in quanto durante la restante parte del monitoraggio i valori di H_2S sono stati molto contenuti.

Nella figura seguente sono riportati i valori massimi orari giornalieri di H_2S in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ed i valori medi giornalieri nel periodo in esame.

La soglia di concentrazione media giornaliera di $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, indicata dal WHO, evidentemente non risulta essere stata superata.

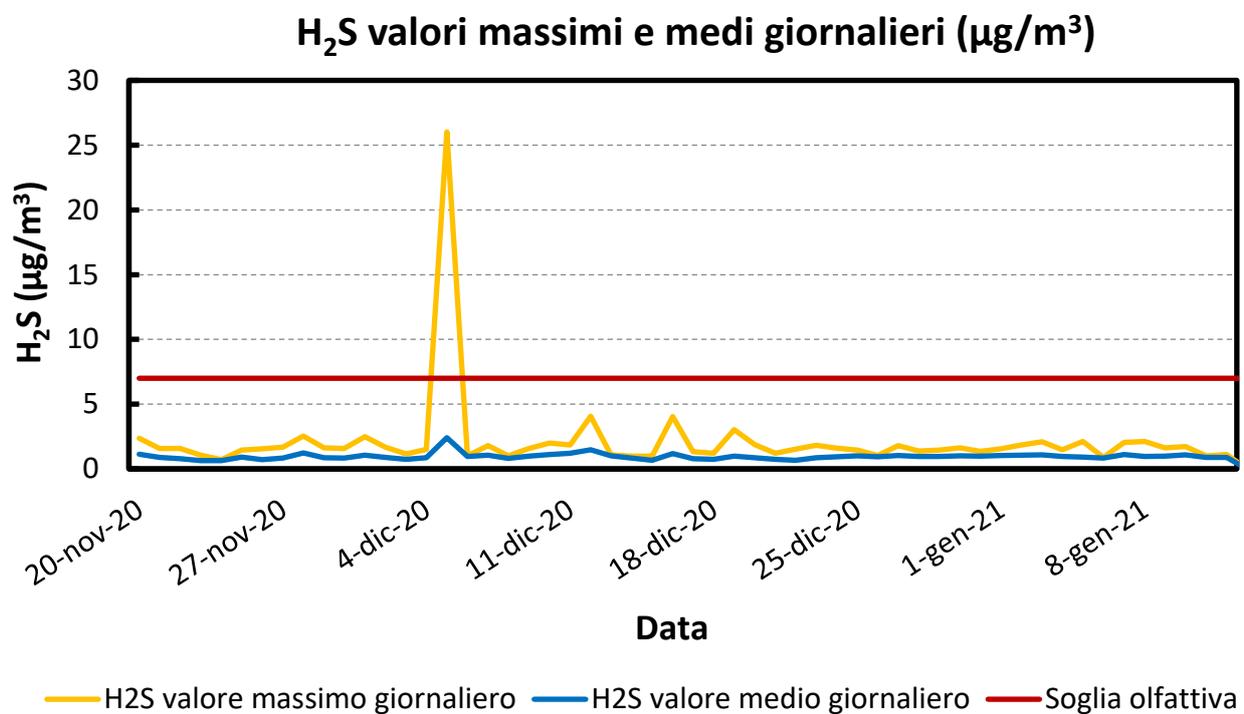


Figura 25: Andamento della concentrazione media e massima giornaliera, per l'acido solfidrico, misurate presso il sito oggetto della campagna.

5. Correlazione tra inquinanti

Di seguito sono riportati i coefficienti di correlazione di Pearson calcolati usando i valori orari (o biorari per il PM10) dei vari inquinanti:

	PM10	NO ₂	Benzene	CO	SO ₂	O ₃	H ₂ S
PM10	1	0.47	0.70	0.70	0.14	-0.49	0.21
NO ₂		1	0.81	0.83	0.02	-0.52	0.32
Benzene			1	0.94	0.09	-0.56	0.29
CO				1	0.17	-0.59	0.29
SO ₂					1	0.12	0.07
O ₃						1	-0.07
H ₂ S							1

I coefficienti calcolati indicano una buona correlazione per l'insieme di inquinanti composto da PM10, NO₂, CO e benzene. Infatti, come evidenziato dai grafici dei giorni tipo, questi quattro inquinanti mostrano un andamento comune caratterizzato da un netto aumento nelle ore serali. Inoltre, i suddetti inquinanti mostrano anti-correlazione con l'ozono poiché questi decresce sempre nelle ore serali quando cala la radiazione solare.

3 4 d i 4 7

Si è osservata, fra gli inquinanti riportati, una forte correlazione fra CO e benzene (0,94), il che suggerisce come vi sia una stessa fonte emissiva per tali inquinanti (fenomeni di combustione).

L'NO₂, indicatore ambientale di inquinamento da traffico, che ha mostrato comunque livelli massimi orari piuttosto contenuti, correla, invece, debolmente con il PM10.

Il PM10 correla bene con benzene e CO (C=0,7); pertanto, si può dedurre l'esistenza di una sorgente emissiva comune per i 3 parametri, verosimilmente legata ad attività che si svolgono in prossimità del sito stesso, che include il centro abitato (ad es. il riscaldamento domestico).

6. Benzo(a)pirene

I filtri di PM10, campionati a Salice Salentino mediante utilizzo di un campionatore sequenziale monocanale allacciato al mezzo mobile, sono stati analizzati presso il Laboratorio del DAP Brindisi di ARPA Puglia.

La raccolta giornaliera dei filtri di PM10 è stata realizzata per mezzo di un campionatore sequenziale della MegaSystem srl, modello Lifetek PMS, certificato ai sensi della norma tecnica UNI EN 12341:2014. Ogni filtro preleva un volume di aria pari a circa 54 – 55 m³ lungo un arco temporale di 24 ore. I singoli filtri giornalieri, per un totale di 37, sono stati analizzati presso il Laboratorio del DAP di Brindisi. Su metà filtro è stato analizzato il BaP e sull'altra metà i metalli.

Si allegano i Rapporti di Prova da n. 699 a n. 781 del 2021, trasmessi al CRA dal DAP Brindisi, con mail dell'8 aprile 2021.

Campagna	Data inizio	Data fine	Numero filtri	Valore medio (ng/m ³)	Valore massimo (ng/m ³)	Valore obiettivo annuale (ng/m ³)
Salice Salentino	20/11/2020	04/01/2021	37	1,50	4,03	1,0

Tabella 3: riassunto della campagna di misura del benzo(a)pirene nel PM10 nel comune di Salice Salentino.



Figura 26: Foto di alcuni filtri PM10 prelevati durante la campagna.

3 5 d i 4 7

La media del periodo dell'intera campagna invernale è risultata pari a 1,50 ng/m³, quindi superiore al valore obiettivo, che è comunque da intendersi come media annuale. Però, va fatto presente che il confronto col valore limite è da ritenersi indicativo poiché la campagna si è protratta per un mese circa. La copertura è stata del 10% rispetto all'anno intero, a fronte della soglia minima prevista dal D.Lgs. 155/10 per le misurazioni indicative pari al 14%, con prelievo dei filtri distribuiti in modo uniforme in diverse stagioni e non solo in inverno.

Sarà programmata per la prossima estate una ulteriore campagna mensile al fine di prelevare almeno altri 30 filtri di PM10 da sottoporre ad analisi, così da poter superare la % minima di copertura del 14% prevista dalla normativa di riferimento per le misure indicative, al fine di poter effettuare il confronto con il valore obiettivo di 1,0 ng/m³.

Si riportano di seguito le singole concentrazioni rilevate sui 37 filtri prelevati a Salice Salentino nel corso della stagione invernale (nel periodo fra il 20/11/2020 e il 04/01/2021) come trasmessi dal Servizio Laboratorio di Brindisi. Dai risultati analitici emerge che la concentrazione misurata di BaP si attesta su valori consistenti, per 22 filtri su 37, la concentrazione media giornaliera di BaP è risultata superiore a tale soglia annuale di 1,0 ng/m³. Inoltre, si riscontra un'ampia variabilità del dato che spazia dal valore massimo di 4,03 ng/m³ registrato il 12/12/2020 al valore minimo di 0,36 ng/m³ registrato in data 08/12/2020. Per il

calcolo della media del periodo, nei casi in cui il valore riscontrato sia inferiore al limite di quantificazione (LOQ), è stato considerato un valore pari a ½ LOQ.

Data	BaP (ng/m3)	Data	BaP (ng/m3)
20/11/2020	1,92	18/12/2020	2,46
21/11/2020	0,43	19/12/2020	3,26
22/11/2020	1,26	20/12/2020	3,43
23/11/2020	0,51	21/12/2020	2,05
24/11/2020	0,40	22/12/2020	2,09
25/11/2020	1,02	23/12/2020	1,98
26/11/2020	1,07	24/12/2020	3,83
05/12/2020	0,85	25/12/2020	1,92
06/12/2020	0,27	26/12/2020	0,57
07/12/2020	2,20	27/12/2020	1,15
08/12/2020	0,36	28/12/2020	0,36
09/12/2020	0,47	29/12/2020	0,70
11/12/2020	2,15	30/12/2020	0,94
12/12/2020	4,03	31/12/2020	0,71
13/12/2020	0,94	01/01/2021	0,67
14/12/2020	0,39	02/01/2021	1,73
15/12/2020	1,15	03/01/2021	2,03
16/12/2020	2,98	04/01/2021	0,79
17/12/2020	2,14		

Tabella 4: concentrazioni giornaliere di BaP misurate in ng/m³ presso il sito di indagine nel comune di Salice Salentino.

Il grafico a colonne in figura 25 restituisce una visione d'insieme dei dati ed evidenzia ulteriormente le rilevanti concentrazioni di BaP misurate nel corso della campagna di monitoraggio.

Benzo(a)pirene nel PM10 nel comune di Salice Salentino

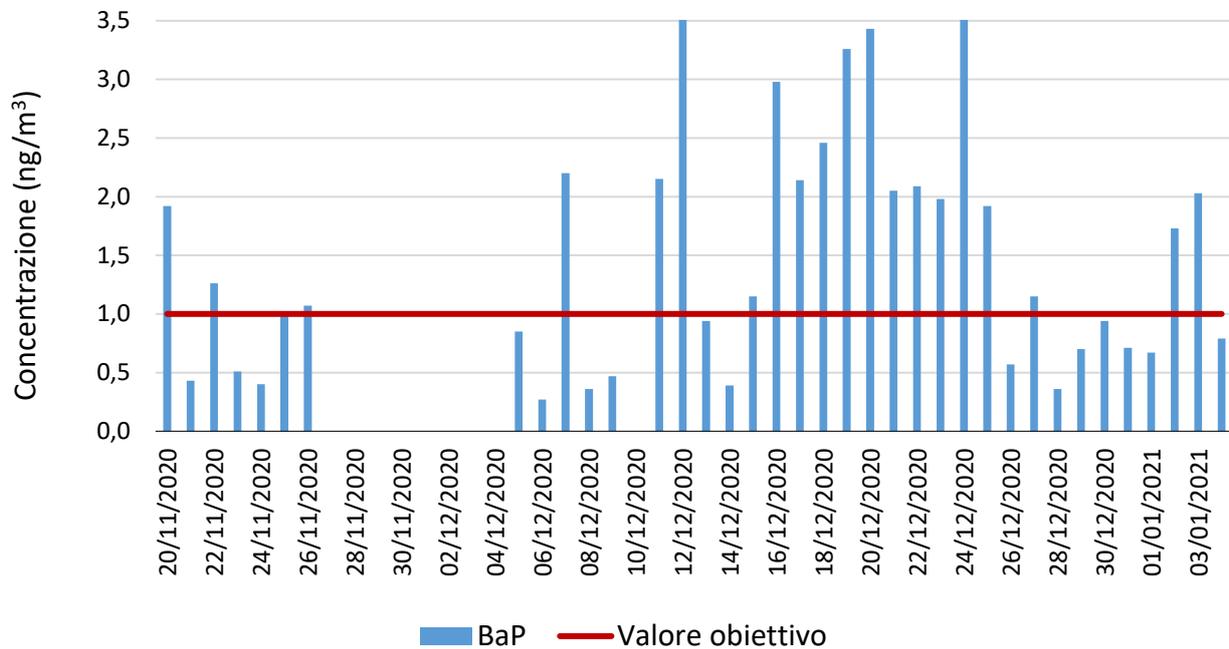


Figura 27: grafico a colonne delle concentrazioni giornaliere di BaP, espresse in ng/m³, a Salice Salentino.

Le concentrazioni giornaliere di BaP sono in accordo con i valori che si registrano tipicamente nella stagione invernale nel territorio della provincia di Brindisi e Lecce, caratterizzata da un significativo contributo antropico alle concentrazioni di particolato. È ormai assodato come la combustione delle biomasse per il riscaldamento domestico, nel periodo invernale, sia una sorgente emissiva particolarmente significativa, in grado di influenzare negativamente a livello locale lo stato della qualità dell'aria e provocare, in particolare, elevati livelli di BaP, benzene e PM10, di cui già sono stati informati gli Enti, all'interno di numerosi rapporti predisposti dall'Agenzia (https://www.arpa.puglia.it/pagina3082_report-sulla-determinazione-di-ipa-e-metalli-nel-pm10-ai-sensi-del-dlgs-1552010.html).

La figura 28 mostra un diagramma polare in cui la coordinata angolare è data dalla direzione del vento, mentre quella radiale rappresenta la sua velocità. La concentrazione di BaP (disponibile come media giornaliera su filtro di PM10 campionato per 24 ore) è espressa con un codice colore e modellata in maniera tale da rappresentare una superficie continua su tutto il sistema di coordinate. Si tenga presente, tuttavia, che questo tipo di grafico correla dati orari (DV, VV) con dati medi giornalieri (BaP) pertanto risente di una notevole approssimazione ed ha valenza indicativa.

Questo tipo di elaborazione, pur con tutti i suoi limiti, consente di apprezzare come la concentrazione di BaP raggiunga i livelli più alti in condizioni di calma di vento. Ciò ad ulteriore conferma dell'esistenza di sorgenti emissive locali presenti nell'area circostante il mezzo, che contribuiscono significativamente alla diffusione di BaP in aria ambiente.

Si può osservare una leggera prevalenza da sud ovest rispetto al sito di prelievo, per i casi in cui le concentrazioni di BaP sono state più elevate. A sud ovest del mezzo mobile insistono delle abitazioni basse.

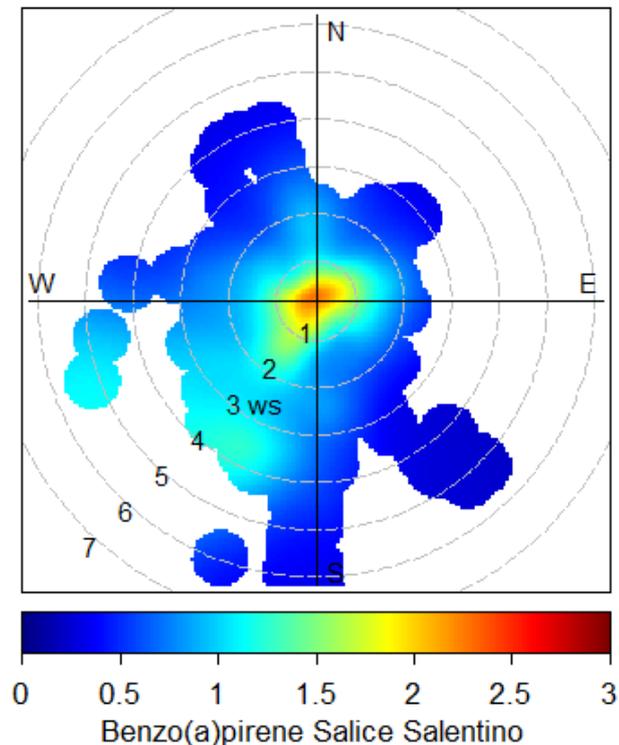


Figura 28: Diagramma polare della concentrazione di BaP in funzione della direzione del vento (coordinata angolare) e della velocità del vento (coordinata polare).

I dati misurati risentono sicuramente dell’impatto della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, viste anche le temperature particolarmente rigide registrate nel mese di dicembre 2020.

7. Metalli

Per i campioni prelevati è stata effettuata, presso i Laboratori del DAP di Brindisi, l’analisi dei singoli filtri giornalieri di PM10 per la determinazione dei metalli ai sensi di quanto previsto dalla norma UNI EN 14902:2005. Il valore limite per arsenico, cadmio, nichel e piombo è espresso come valore obiettivo annuale. I valori medi del periodo, nel sito di indagine a Salice Salentino, non hanno superato i valori obiettivo previsti dal D.Lgs 155/10 anche se il confronto è indicativo in quanto la campagna si è protratta

Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell’Ambiente

Sede legale: Corso Trieste 27, 70126 Bari

Tel. 080 5460111 Fax 080 5460150

www.arpa.puglia.it

C.F. e P. IVA. 05830420724

Direzione Scientifica

Centro Regionale Aria

Corso Trieste 27, 70126 Bari

Tel. 080 5460201 Fax 080 5460200

e-mail: aria@arpa.puglia.it

per 37 giorni. Nella seguente tabella sono riportate le medie dei valori di concentrazione misurati sui singoli filtri, come trasmessi dal Servizio Laboratorio di Brindisi. Per il calcolo della media del periodo, nei casi in cui il valore riscontrato sia inferiore al limite di quantificazione (LOQ) o al limite di rivelabilità del metodo (MDL), sono stati considerati valori pari rispettivamente a $\frac{1}{2}$ LOQ e $\frac{1}{2}$ MDL.

Campagna	Periodo	Numero filtri	Metallo	Valore medio (ng/m ³)	Valore massimo (ng/m ³)	Valore obiettivo annuale (ng/m ³)
Salice Salentino	Dal 20/11/2020 al 04/01/2021	37	Arsenico	0,34	0,98	6,0
			Cadmio	0,13	0,39	5,0
			Nichel	5,88	56,6	20,0
			Piombo	5,67	23,5	500

Tabella 5: riassunto della campagna di misura dei metalli nel PM10 nel comune di Salice Salentino.

La tabella successiva riassume i valori di concentrazione di arsenico, cadmio, nichel e piombo misurati sui singoli filtri giornalieri.

3 9 d i 4 7

Data	Volume prelevato	Arsenico MDL = 0,07 LOQ = 0,17 (ng/m ³)	Cadmio MDL = 0,03 LOQ = 0,07 (ng/m ³)	Nichel MDL = 1,15 LOQ = 2,70 (ng/m ³)	Piombo MDL = 2,29 LOQ = 5,38 (ng/m ³)
20/11/2020	55,5	0,6	0,23	45,75	23,52
21/11/2020	55,6	0,64	0,11	<MDL	10,16
22/11/2020	55,6	<LOQ	0,16	<MDL	7,88
23/11/2020	55,6	0,46	0,08	<MDL	<LOQ
24/11/2020	55,6	0,18	<LOQ	<MDL	16,8
25/11/2020	55,5	0,53	0,19	<MDL	6,22
26/11/2020	55,4	0,64	0,16	56,59	11,83
05/12/2020	55,6	<LOQ	<LOQ	<MDL	<LOQ
06/12/2020	55,5	<MDL	<LOQ	<MDL	<LOQ
07/12/2020	55,7	<LOQ	0,12	<MDL	<MDL
08/12/2020	55,5	<LOQ	0,08	<MDL	<MDL
09/12/2020	55,6	0,27	<MDL	<MDL	<MDL
11/12/2020	55,5	<LOQ	0,23	<MDL	11,15
12/12/2020	55,5	0,43	0,18	<MDL	<LOQ
13/12/2020	55,5	<LOQ	0,12	<MDL	<LOQ
14/12/2020	55,4	0,17	<LOQ	<LOQ	<MDL

Data	Volume prelevato	Arsenico MDL = 0,07 LOQ = 0,17 (ng/m ³)	Cadmio MDL = 0,03 LOQ = 0,07 (ng/m ³)	Nichel MDL = 1,15 LOQ = 2,70 (ng/m ³)	Piombo MDL = 2,29 LOQ = 5,38 (ng/m ³)
15/12/2020	55,3	<LOQ	<LOQ	<MDL	<LOQ
16/12/2020	55,4	0,67	0,18	3,86	<LOQ
17/12/2020	55,5	0,52	0,25	<LOQ	8,87
18/12/2020	55,6	0,41	0,3	55,2	8,34
19/12/2020	55,4	0,63	0,12	10,58	7,79
20/12/2020	55,6	0,49	0,19	<LOQ	12,53
21/12/2020	55,6	0,18	0,23	7,17	6,83
22/12/2020	55,7	0,43	0,39	4,62	7,68
23/12/2020	55,4	0,98	0,24	4	7,68
24/12/2020	55,6	0,63	0,21	<LOQ	8,44
25/12/2020	55,7	0,59	0,12	<LOQ	<LOQ
26/12/2020	55,7	0,23	<LOQ	<MDL	6,1
27/12/2020	55,6	<MDL	<LOQ	<MDL	<MDL
28/12/2020	55,7	<LOQ	<LOQ	<MDL	6,48
29/12/2020	55,5	0,48	<LOQ	<MDL	<LOQ
30/12/2020	55,5	0,21	<LOQ	<LOQ	<LOQ
31/12/2020	55,6	<MDL	<LOQ	<MDL	<MDL
01/01/2021	55,5	0,38	0,11	8,01	<LOQ
02/01/2021	55,4	0,3	0,17	<MDL	<MDL
03/01/2021	55,4	0,38	0,13	<LOQ	<LOQ
04/01/2021	55,4	0,18	<LOQ	<MDL	<MDL

4 0 d i 4 7

Tabella 6: concentrazioni giornaliere di metalli espresse in ng/m³ presso Salice Salentino (MDL = method detection limit, LOQ = Limit of quantification).

La figura 29 riassume graficamente i dati elencati nella tabella precedente e mostra l'andamento temporale delle concentrazioni dei metalli normati nei campioni di PM10 prelevati nel Comune di Salice Salentino.

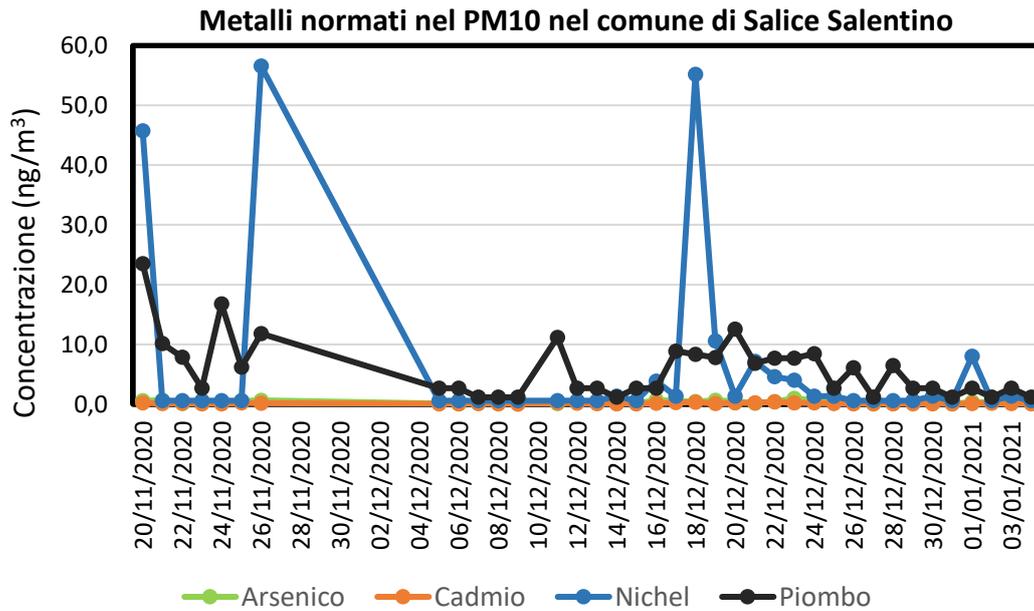


Figura 29: concentrazioni giornaliere dei metalli normati a Salice Salentino dal 20/11/2020 al 04/01/2021.

8. Conclusioni

La presente campagna di monitoraggio della qualità dell'aria è stata effettuata al fine di approfondire le conoscenze sulla qualità dell'aria nel Comune di Salice Salentino (LE). ARPA Puglia, per lo svolgimento di tale attività, si è avvalsa di un laboratorio mobile in dotazione al Centro Regionale Aria.

La necessità di eseguire una campagna di monitoraggio è scaturita anche dai risultati delle analisi modellistiche effettuate nelle valutazioni integrate della qualità dell'aria in Puglia a partire dall'anno 2016. Il sistema modellistico, ad una risoluzione spaziale 1 km x 1 km, ha previsto il rischio di superamento di alcuni valori limite, prescritti dal D.Lgs. n.155/2010, per gli inquinanti PM10, PM2.5 e Benzo(a)Pirene in alcuni comuni delle province di Brindisi e Lecce; nel Comune di Salice Salentino tale rischio è emerso solo per il B(a)P. La scelta dell'ubicazione del laboratorio mobile è, inoltre, coerente con i risultati delle valutazioni modellistiche, condotte dal CRA, per ricostruire lo stato della qualità dell'aria sull'intera regione Puglia a partire dal 2016. I risultati delle simulazioni condotte sull'intero anno ad una risoluzione spaziale di 1km x1km, mostrati anche nelle relazioni scaricabili alla pagina https://www.arpa.puglia.it/pagina3097_report-modellistica.html, indicano, all'interno dell'area urbana del Comune di Salice, il rischio di superamento del valore limite, prescritto dal D. Lgs. n.155/2010, per l'inquinante Benzo(a)Pirene.

La campagna si è svolta dal 20 novembre 2020 al 12 gennaio 2021. Il sito presenta caratteristiche analoghe a quelle di una stazione di monitoraggio *suburbana*, sita al margine occidentale del centro cittadino. Si è fatto riferimento al D.lgs n. 155/2010 e s.m.i. per la valutazione dello stato della qualità dell'aria. Tale decreto stabilisce valori limite annuali sia per la protezione della salute umana e degli ecosistemi, sia valori limite giornalieri o orari per i seguenti inquinanti: SO₂, NO₂, PM10, benzene, CO, O₃.

Durante la campagna di monitoraggio con mezzo mobile, è stata effettuata una anche campagna di campionamento giornaliera di filtri PM10, allacciando un campionatore sequenziale di PM10 al mezzo mobile, volta alla successiva quantificazione del benzo(a)pirene e dei metalli pesanti sui filtri, ai sensi del D.Lgs. n. 155/2010. I singoli filtri giornalieri, per un totale di 37, sono stati analizzati presso il Laboratorio del DAP di Brindisi (Rapporti di Prova da n. 699 a n. 781 del 2021).

Dall'analisi dei dati validi acquisiti dal mezzo mobile è emerso che:

- Per il PM10, sono stati registrati n. 7 superamenti del valore limite medio giornaliero di 50 µg/m³ (che non deve essere superato per più di 35 volte in un anno). I livelli giornalieri di PM10 rilevati nel periodo di monitoraggio, posti a confronto con quelli di altre centraline fisse della rete regionale presenti nel territorio di Lecce, sono risultati fra loro confrontabili.

Dal grafico relativo alla rosa dell'inquinamento per il PM₁₀, si può osservare che i valori più elevati di tale inquinante si sono verificati prevalentemente in giornate caratterizzate da venti prevalenti da ONO.

La normativa di riferimento prescrive, inoltre, il valore di 40 µg/m³ come limite annuale per la protezione della salute umana per il PM10; nell'intero periodo di monitoraggio la media è stata pari a 29 µg/m³, quindi inferiore a tale soglia.

Durante tale periodo, si sono verificati alcuni eventi di avvezione sahariana, come dettagliato nel paragrafo 3 - PM10 del presente report; tali fenomeni possono contribuire, anche in modo significativo, ad incrementare le concentrazioni di PM10 in molte stazioni di monitoraggio. Infatti, 6 dei 7 superamenti del limite giornaliero del PM10, si sono verificati a causa di fenomeni di intrusione di polveri sahariane.

- Per tutti gli inquinanti gassosi misurati, ARPA non ha registrato superamenti dei valori obiettivo previsti dalla normativa di riferimento D. Lgs. n. 155/2010.
- Nel sito di monitoraggio sono emersi andamenti correlati fra alcuni degli inquinanti misurati, ossia: PM10, NO₂, CO e benzene. Si è osservata una forte correlazione fra CO e benzene (0,94), il che suggerisce come vi sia una stessa fonte emissiva per tali inquinanti, dovuta al verificarsi di fenomeni di combustione. L'NO₂, indicatore ambientale di inquinamento da traffico, che ha mostrato comunque livelli massimi orari piuttosto contenuti, ha correlato, invece, debolmente con il PM10. Il PM10 ha mostrato una buona correlazione con benzene e CO (C=0,7); pertanto, si può dedurre verosimilmente l'esistenza di una sorgente emissiva comune per i 3 parametri, verosimilmente legata ad attività antropiche che si svolgono in prossimità del sito stesso, che include il centro abitato (ad es. il riscaldamento domestico). Per la maggior parte degli inquinanti PM10, NO₂, CO e benzene, dall'elaborazione dei grafici dei giorni tipo, si osservano chiaramente netti incrementi delle concentrazioni nelle ore serali della giornata. Tali incrementi possono essere dovuti ad un aumento delle emissioni nel periodo serale e/o all'innescarsi di condizioni meteorologiche favorevoli nelle zone urbane all'accumulo degli inquinanti immessi in prossimità del suolo.

Nelle ore serali, notturne e nelle prime ore del giorno si possono infatti verificare più frequentemente condizioni di calma di vento ed inversioni termiche negli strati più bassi dell'atmosfera.

Si ritiene improbabile, tra l'altro, che questi incrementi di concentrazione nelle ore serali siano riconducibili alla sorgente emissiva traffico, considerato che, durante l'intero periodo di monitoraggio, era in vigore il DPCM 3 novembre 2020 che prevedeva la chiusura di bar e ristoranti alle 18 e il coprifuoco a partire dalle 22.

Dai risultati delle analisi quantitative di BaP e metalli ai sensi del D.Lgs. 155/2020, eseguite sui filtri giornalieri di PM10, presso il Laboratorio del DAP di Brindisi, è emerso che:

- La media del periodo dell'intera campagna invernale è risultata pari a 1,50 ng/m³, quindi superiore al valore obiettivo, che è comunque da intendersi come media annuale. Però, va fatto presente che il confronto col valore limite è da ritenersi indicativo poiché la campagna si è protratta solo per circa un mese. La copertura è stata del 10% rispetto all'anno intero, a fronte della soglia minima prevista dal D.Lgs. 155/10 per le misurazioni indicative pari al 14%, con prelievo dei filtri distribuiti in modo uniforme in diverse stagioni e non solo in inverno. Dai risultati analitici emerge che la concentrazione misurata di BaP, si attesta su valori decisamente rilevanti in quanto, per 22 filtri su 37, la concentrazione media giornaliera di BaP è risultata superiore a tale soglia annuale di 1,0 ng/m³. Inoltre, si riscontra un'ampia variabilità del dato che spazia dal valore massimo di 4,03 ng/m³ registrato il 12/12/2020 al valore minimo di 0,36 ng/m³ registrato in data 08/12/2020.

Dall'elaborazione del diagramma polare ottenuto utilizzando i dati della direzione e velocità del vento, oltre alla concentrazione di BaP, si è potuto apprezzare come la concentrazione di BaP abbia raggiunto i livelli più alti in condizioni di calma di vento. Ciò ad ulteriore conferma dell'esistenza di sorgenti emissive locali presenti nell'area circostante il mezzo, che contribuiscono significativamente alla diffusione di BaP in aria ambiente.

Si può osservare una leggera prevalenza di provenienza dell'inquinante da sud ovest rispetto al sito di prelievo, per i casi in cui le concentrazioni di BaP sono state più elevate. In direzione a sud ovest rispetto al sito di prelievi insistono alcune abitazioni basse.

I valori medi misurati per arsenico, cadmio, nichel e piombo non hanno superato i valori obiettivo previsti dal D.lgs 155/2010 e si sono attestati su valori più bassi, anche di un ordine di grandezza. Limitatamente alla durata della campagna di monitoraggio, e in relazione ai metalli analizzati, non sono state rilevate criticità in relazione alla normativa di riferimento.

- Sarà programmata per la prossima estate una ulteriore campagna mensile al fine di prelevare almeno altri 30 filtri di PM10 da sottoporre ad analisi, così da poter superare la % minima di copertura del 14% in un anno per le misure indicative, prevista dalla normativa di riferimento al fine del confronto con il valore obiettivo di $1,0 \text{ ng/m}^3$, come previsto dal D.Lgs. n. 155/2010.

I dati di letteratura e le numerose campagne di monitoraggio condotte da ARPA Puglia nei Comuni salentini, in particolar modo a Torchiarolo, ma anche a Lequile, Sogliano, Latiano, hanno dimostrato che le concentrazioni più elevate di BaP si registrano nei mesi invernali. La campagna nel Comune di Salice Salentino si è svolta in uno scenario particolarmente critico, a cavallo fra i mesi di dicembre 2020 e gennaio 2021. Benché nel periodo di indagine la concentrazione media di BaP abbia superato il valore obiettivo, è ragionevole attendersi che in primavera/estate i valori del suddetto inquinante siano più contenuti ed è possibile affermare con ragionevole certezza che il calo estivo potrebbe consentire di rispettare il valore obiettivo che deve essere inteso sulla media annuale.

Nessuna criticità è emersa in passato nel corso di precedenti campagne svolte nei periodi primaverili ed estivi come ad esempio a Cutrofiano, Zollino, Surbo e Aradeo ([scaricabili al link https://www.arpa.puglia.it/pagina3073_report-campagne-di-misura-con-campionatori-sequenziali.html](https://www.arpa.puglia.it/pagina3073_report-campagne-di-misura-con-campionatori-sequenziali.html)), dove sono stati registrati livelli molto bassi di BaP. A titolo di esempio, la campagna effettuata a Sogliano C., dal 12 dicembre 2017 al 20 gennaio 2018, aveva mostrato una chiara criticità a causa degli elevati livelli di concentrazione di BaP nel PM10 prelevato giornalmente; numerosi valori di concentrazione del BaP sono risultati superiori alla soglia di 1 ng/m^3 con una media del periodo decisamente elevata.

Le campagne svolte hanno permesso di evidenziare che, oltre al fatto che il numero maggiore di superamenti del valore limite giornaliero di PM10 in piccoli centri suburbani si registra nei mesi di gennaio, febbraio, novembre e dicembre, nel periodo invernale i livelli di BaP sono critici e correlati con il PM10, contrariamente a quanto avviene nel periodo primaverile ed estivo. Gli esiti analitici osservati in queste campagne hanno confermato l'esistenza di una sorgente emissiva di PM10 e di benzo(a)pirene invernale legata alla combustione domestica di biomasse per riscaldamento, che contribuisce in maniera

rilevante alla formazione dei livelli di PM10, quando si effettuano rilievi in zone abitate. Non va infatti trascurato il problema degli effetti della combustione della biomassa in termini di produzione di inquinanti con importanti impatti sanitari, in particolare per quanto riguarda il benzo[a]pirene, che è un cancerogeno accertato per l'uomo.

Si fa presente, tuttavia, che il rispetto dei limiti di qualità dell'aria previsti dalla normativa italiana (il citato D.Lgs. n.155/2010), recepimento di analoga normativa europea, sia per quanto riguarda il limite giornaliero del PM10 (pari a 50 µg/m³, che può essere superato per non più di 35 volte nel corso di un anno solare) che per quello annuale che per il BaP, è riferito esclusivamente alla valutazione di aspetti di carattere ambientale e che la presente relazione non contiene elementi di valutazioni di carattere

Brindisi, 16 aprile 2021

Il Direttore del CRA

Dott. Domenico Gramegna



45 di 47

Il funzionario T.I.F. Qualità dell'aria BR-LE-TA

Dott.ssa Alessandra NOCIONI



Elaborazione dati a cura di:

Dott. Valerio MARGIOTTA

Validazione dati a cura di

p.ch. Pietro CAPRIOLI, Dott. Daniele CORNACCHIA, Dott. Aldo PINTO

Allegato I - Efficienza di campionamento

Il D. Lgs. n. 155/10 (*allegato VII e allegato XI*) stabilisce i criteri utilizzati per la raccolta minima di dati di SO₂, NO_x, PM₁₀, Ozono, Benzene e CO necessaria per raggiungere gli obiettivi per la valutazione della qualità dell'aria, per misurazioni in continuo. La tabella che segue riporta la percentuale di dati orari validi registrati dagli analizzatori presenti nel laboratorio mobile. Si evidenzia che si tratta di un'informazione indicativa del livello di efficienza della strumentazione, non essendo questo dato raffrontabile con alcun parametro normativo.

Tabella: dall' allegato XI del D. Lgs. n. 155/2010 – paragrafo 2: *Criteri per la verifica dei valori limite*

Parametro	Percentuale richiesta di dati validi
Valori su 1 ora	75 % (ossia 45 minuti)
Valori su 8 ore	75 % dei valori (ovvero 6 ore)
Valore medio massimo giornaliero su 8 ore	75 % delle concentrazioni medie consecutive su 8 ore calcolate in base a dati orari (ossia 18 medie su 8 ore al giorno)
Valori su 24 ore	75 % delle medie orarie (ossia almeno 18 valori orari)
MEDIA annuale	90 % ⁽¹⁾ dei valori di 1 ora o (se non disponibile) dei valori di 24 ore nel corso dell'anno

⁽¹⁾ La prescrizione per il calcolo della media annuale non comprende le perdite di dati dovute alla calibrazione periodica o alla manutenzione ordinaria della strumentazione.

4 6 d i 4 7

Di seguito è mostrata la percentuale di validità per gli analizzatori nel periodo considerato. Per i malfunzionamenti strumentali la perdita di un numero più o meno elevato di dati dipende dal tempo che intercorre tra la segnalazione del malfunzionamento e l'intervento di riparazione da parte di Project Automation, società responsabile della manutenzione.

PARAMETRO	PERCENTUALE DI DATI VALIDI (%)
PM ₁₀	100
PM _{2,5}	/
O ₃	100
NO ₂	98
SO ₂	96
CO	98
H ₂ S	98
C ₆ H ₆	100
IPA _{TOT}	/

Allegato II - Informazioni sulla strumentazione e sulle metodologie di analisi

Gli analizzatori presenti sul laboratorio realizzano l'acquisizione, la misura e la registrazione dei risultati in modo automatico (gli orari indicati si riferiscono all'ora solare). Le concentrazioni rilevate sono normalizzate ad una temperatura di 20 °C ed una pressione di 101,3 kPa ai sensi del D. Lgs. n. 155/10.

I principi di funzionamento degli analizzatori di cui lo stesso è equipaggiato:

- SO₂: fluorescenza (Modello 101 A, Teledyne API);
- NO_x: chemiluminescenza con generatore di ozono (Teledyne API);
- CO: assorbimento raggi IR con detector al Silicio (modello 300 E, Teledyne API);
- O₃: assorbimento raggi UV con lampada UV come sorgente luminosa (Teledyne API);
- PM_{10/2,5}: assorbimento di raggi β con sorgente emettitrice radioattiva al ¹⁴C e rivelatore Geiger con cicli di prelievo di 24 ore su filtri in fibra di vetro/quarzo;
- BTX: Gascromatografia con colonna impaccata Tenax e Rilevatore FID (SRI-ORION Mod. 2000);
- H₂S: fluorescenza (Teledyne API).

4 7 d i 4 7

I metodi di riferimento per l'analisi sono:

- SO₂: UNI EN 14212:2012;
- NO_x: UNI EN 14211:2012;
- CO: UNI EN 14626:2012;
- O₃: UNI EN 14625:2012;
- PM₁₀ e PM_{2,5}: UNI EN 12341:2014;
- Benzene: UNI EN 14662:2005, parti 1, 2 e 3.