

**STRUTTURA COMPLESSA DIPARTIMENTO TERRITORIALE DI CUNEO  
PIEMONTE SUD OVEST**

**OGGETTO: *Monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Castelletto Stura nel periodo 30 luglio – 20 ottobre 2015***

<b>Realizzazione del monitoraggio</b>	<b>Bardi Luisella Martini Sara Pellutiè Aurelio</b>	<b>Corino Flavio Pascucci Luca Tosco Marco</b>
<b>Redazione</b>	<b>Funzione: Collab. Tecnico Professionale Nome: Bardi Luisella Funzione: Collab. Tecnico Professionale Nome: Martini Sara</b>	<b>Firma: Firmato in originale</b>
<b>Verifica ed approvazione Data: 31/03/2016</b>	<b>Funzione: Responsabile Produzione Nome: Riccardi Ivo</b>	<b>Firma: Firmato in originale</b>

# INDICE

<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>ANALISI DEI DATI DELLA QUALITA' DELL'ARIA .....</b>	<b>7</b>
BIOSSIDO DI AZOTO – NO <sub>2</sub> .....	7
MATERIALE PARTICOLATO – PM <sub>10</sub> .....	13
BIOSSIDO DI ZOLFO – SO <sub>2</sub> MONOSSIDO DI CARBONIO – CO e BENZENE .....	16
OZONO – O <sub>3</sub> .....	17
<b>SITUAZIONE METEOROLOGICA E DATI LOCALI .....</b>	<b>19</b>
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>22</b>
<b>ALLEGATO I.....</b>	<b>1</b>
Sintesi dei risultati della campagna .....	1
<b>ALLEGATO II.....</b>	<b>3</b>
Gli inquinanti della qualità dell'aria e limiti normativi .....	3

## INTRODUZIONE

La relazione illustra i risultati del monitoraggio della qualità dell'aria effettuato nel periodo compreso tra il 30 luglio ed il 20 ottobre 2015 nel comune di Castelletto Stura.

E' stato scelto di eseguire con il laboratorio mobile della qualità dell'aria una nuova campagna di monitoraggio per "aggiornare" i dati sulla qualità dell'aria di tale sito che era stato oggetto di una prima campagna di monitoraggio nel 2009 e per indagare l'influenza sulla qualità dell'aria locale della vicina industria di produzione del vetro, che vede approssimarsi la fine vita tecnica del forno fusorio e che pertanto, per la prosecuzione dell'attività, dovrà essere oggetto di rinnovamento ed implementazione.

Il monitoraggio è stato eseguito con il laboratorio mobile del Dipartimento Arpa di Cuneo, che permette di analizzare i principali inquinanti per i quali sono fissati dei limiti dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, in attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa (ozono O<sub>3</sub>, ossidi di azoto NO-NO<sub>2</sub>-NO<sub>x</sub>, monossido di carbonio CO, biossido di zolfo SO<sub>2</sub>, benzene e materiale particolato PM<sub>10</sub>).

Il laboratorio mobile è stato installato in prossimità delle scuole di via Cuneo, considerate recettori sensibili, utilizzando l'alimentazione elettrica della struttura annessa al campo sportivo.

Si ricorda che le indagini che si svolgono con laboratorio mobile e con la strumentazione portatile descrivono in modo puntuale le situazioni di un limitato periodo temporale di acquisizione, producendo dati ovviamente influenzati dalle condizioni meteorologiche presenti nel periodo di osservazione. Per questo motivo la descrizione corretta della qualità dell'aria di una specifica località, non può far riferimento ai soli monitoraggi eseguiti in loco con campagne effettuate con mezzi mobili.

Il ventaglio delle differenti tipologie di qualità dell'aria che si possono incontrare nelle varie zone degli agglomerati urbani del nostro territorio sono invece rappresentate dai dati raccolti da una rete complessa di centraline fisse, quale il "sistema regionale di rilevamento della qualità dell'aria", istituito sulla base dei criteri indicati dalle norme nazionali, in recepimento di direttive comunitarie.

In questo documento il capitolo centrale è dedicato ai principali risultati ottenuti per i singoli inquinanti monitorati della qualità dell'aria. In particolare i dati forniti dal laboratorio mobile sono stati confrontati con quelli registrati, nei medesimi periodi, dalle stazioni della rete fissa. Solamente da tale confronto è possibile trarre considerazioni sul rispetto di limiti normativi che hanno spesso l'intero anno civile come riferimento temporale. Un approfondimento particolare è stato riservato alla presentazione dei risultati ottenuti dall'analisi dei dati di biossido di azoto per valutare l'influenza dell'industria locale.

Nel capitolo successivo è descritta la situazione meteorologica del periodo di monitoraggio, in particolare per gli aspetti che più condizionano i livelli dell'inquinamento atmosferico, ed è presente un'analisi dei principali parametri meteorologici misurati nel sito dal laboratorio mobile, o dalle stazioni della rete meteorografica regionale più prossime.

In allegato è riportata una reportistica con le principali informazioni statistiche di ogni inquinante monitorato (concentrazione media, massima oraria ecc...) e, ove possibile, il confronto con i limiti normativi. Un secondo allegato contiene delle schede descrittive delle caratteristiche di ciascuno degli inquinanti della qualità dell'aria monitorati, insieme ai riferimenti normativi in vigore.

---

La maggior parte delle elaborazioni sono state realizzate con il software R, in particolare con il pacchetto Openair<sup>1</sup>, strumento open-source per l'analisi e l'elaborazione statistica dei dati di concentrazione di inquinanti in aria.

---

<sup>1</sup> Carslaw, D.C. and K. Ropkins (2012). “*openair – an R package for air quality data analysis*”. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, pp. 52-61  
Carslaw, D.C. (2015). “*The openair manual – open-source tools for analysing air pollution data*”. Manual for version 1.1-4, King’s College London

Comune	<b>CASTELLETTO STURA</b>
--------	--------------------------

Ortofoto - indicazione del sito di monitoraggio con il laboratorio mobile



## LABORATORIO MOBILE

Localizzazione	Via Cuneo 2, nei pressi del campo sportivo
Coordinate UTM WGS84	X= 391649 m; Y= 4921866 m
Periodo	dal 30 luglio al 20 ottobre 2015



Fotografia eseguita dal tetto laboratorio mobile in direzione NordOvest (scuole e via Cuneo)

### Strumentazione Laboratorio mobile:

PARAMETRO MISURATO	STRUMENTO	MODELLO	METODO DI MISURA
NO – NO <sub>2</sub>	Analizzatore API	200E	Chemiluminescenza
CO	Analizzatore API	300E	Spettrometria a infrarossi
Benzene, Toluene, Xilene	Analizzatore SYNTECH SPECTRAS	GC955 BTX ANALYSER	Gas Cromatografia con rilevatore a fotoionizzazione
SO <sub>2</sub>	Analizzatore API	100E	Fluorescenza
O <sub>3</sub>	Analizzatore API	400E	Assorbimento UV
PM <sub>10</sub>	Analizzatore UNITECH	LSPM10	Nefelometria
PM <sub>10</sub>	Campionatore TCR TECORA	Charlie HV-Sentinel PM	Gravimetria
Velocità e direzione vento, radiazione solare globale, temperatura, umidità, pressione	Stazione meteorologica LSI-Lastem		

# ANALISI DEI DATI DELLA QUALITA' DELL'ARIA

## BIOSSIDO DI AZOTO – NO<sub>2</sub>

La normativa per la qualità dell'aria stabilisce, ai fini della protezione della salute umana, due limiti di concentrazione che, per gli ossidi di azoto, riguardano il biossido: uno relativo alla media annuale (40 µg/m<sup>3</sup>) e l'altro alla media su un'ora (200 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 18 volte per anno civile).

Le concentrazioni medie e massime orarie di NO<sub>2</sub> rilevate dal laboratorio mobile durante il monitoraggio nel sito di Castelletto Stura sono riportate nella tabella 1, insieme ai valori ottenuti, nello stesso periodo, dalle centraline della rete fissa di qualità dell'aria presenti nella provincia di Cuneo.

Il biossido di azoto viene infatti monitorato in tutte le centraline della rete fissa le quali, ognuna rappresentativa di una realtà specifica, forniscono nell'insieme un intervallo di concentrazioni che ben descrive la qualità dell'aria media incidente sul territorio. Nella tabella è indicata anche la tipologia delle diverse stazioni (TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FR= fondo rurale) definite secondo quanto stabilito dal Decreto Legislativo n. 155 del 2010.

Relativamente al periodo di monitoraggio, si può affermare che il limite normativo orario è stato rispettato, infatti la concentrazione massima oraria è ampiamente inferiore al limite di 200 µg/m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda le concentrazioni medie, fare un confronto diretto con il limite annuale non è corretto, poiché le campagne di monitoraggio si riferiscono ad un intervallo di tempo limitato rispetto all'intero anno. Per valutare l'entità di tali valori medi è indispensabile esaminare il confronto con i valori registrati dalle centraline della rete fissa. Nel raffronto dei dati in tabella 1 si osserva come il valore medio delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> registrate nel sito di Castelletto Stura sia nettamente inferiore a quello della vicina stazione di fondo urbano di Cuneo, e risulti intermedio tra i valori delle stazioni urbane e di quelle di fondo rurale. Sebbene il periodo di monitoraggio sia limitato, per avere un'indicazione sul rispetto del limite annuale si può considerare che per tutte stazioni della provincia le concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub>, dopo il 2008, sono sempre state inferiori al limite normativo di 40 µg/m<sup>3</sup>.

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 30 luglio ÷ 20 luglio '15	Castelletto Stura	Alba (FU)	Bra (TU)	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)	Staffarda (FR)
Media	<b>14</b>	18	19	21	23	9	8
Massimo	<b>57</b>	59	66	68	76	25	28

Tabella 1) NO<sub>2</sub>: confronto tra le concentrazioni medie e massime orarie rilevate a Castelletto Stura e presso le centraline della provincia di Cuneo (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FR= fondo rurale).

La distribuzione di tutti i valori delle concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub> rilevate dal laboratorio mobile durante il monitoraggio a Castelletto è rappresentata, nella figura 1, con grafici a box e confrontata con quelle ottenute, nello stesso periodo, dalle centraline della rete fissa della provincia.

Il box plot sintetizza la posizione dei più di 1900 dati orari ottenuti nella campagna di misura: la scatola, che è il rettangolo centrale, contiene il 50% dei dati (compresi tra il 25°

e il 75° percentile<sup>2</sup>), la linea orizzontale al suo interno è la mediana e la sua posizione all'interno della scatola evidenzia l'eventuale asimmetria (solo in caso di distribuzione simmetrica media e mediana coincidono); i segmenti che escono dalla scatola, i "baffi", delimitano la zona al di fuori della quale i valori sono definiti outliers (anomali) ed esprimono l'asimmetria della distribuzione dei dati degli inquinanti.

Il box plot relativo ai dati del laboratorio mobile evidenzia come la distribuzione dei dati orari abbia valori contenuti rispetto a quelli delle stazioni fisse della rete.

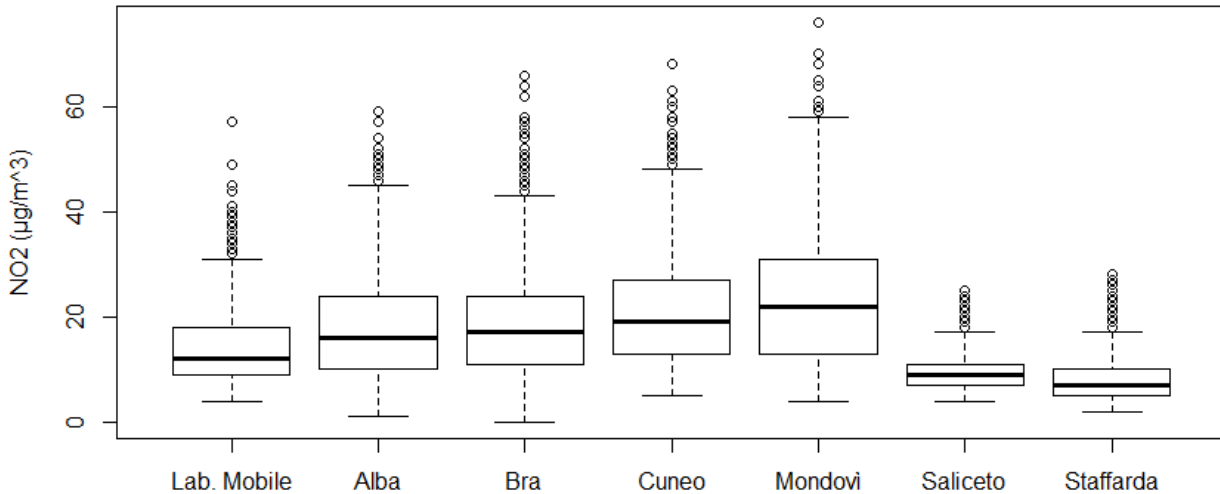


Figura 1) NO<sub>2</sub>: confronto tra le distribuzioni delle concentrazioni orarie rilevate con il laboratorio mobile a Castelletto Stura e presso le centraline della provincia di Cuneo (periodo 30 luglio ÷ 20 ottobre '15)

Nella figura 2 è rappresentata la sequenza temporale delle concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> misurate a Castelletto Stura e presso la vicina centralina fissa di Cuneo-Alpini. Anche se non di facile lettura a causa della quantità di dati, si può vedere come le concentrazioni misurate a Castelletto siano per lo più inferiori di quelle rilevate a Cuneo. Si può inoltre osservare la crescita dei valori nel passaggio alla stagione autunnale.

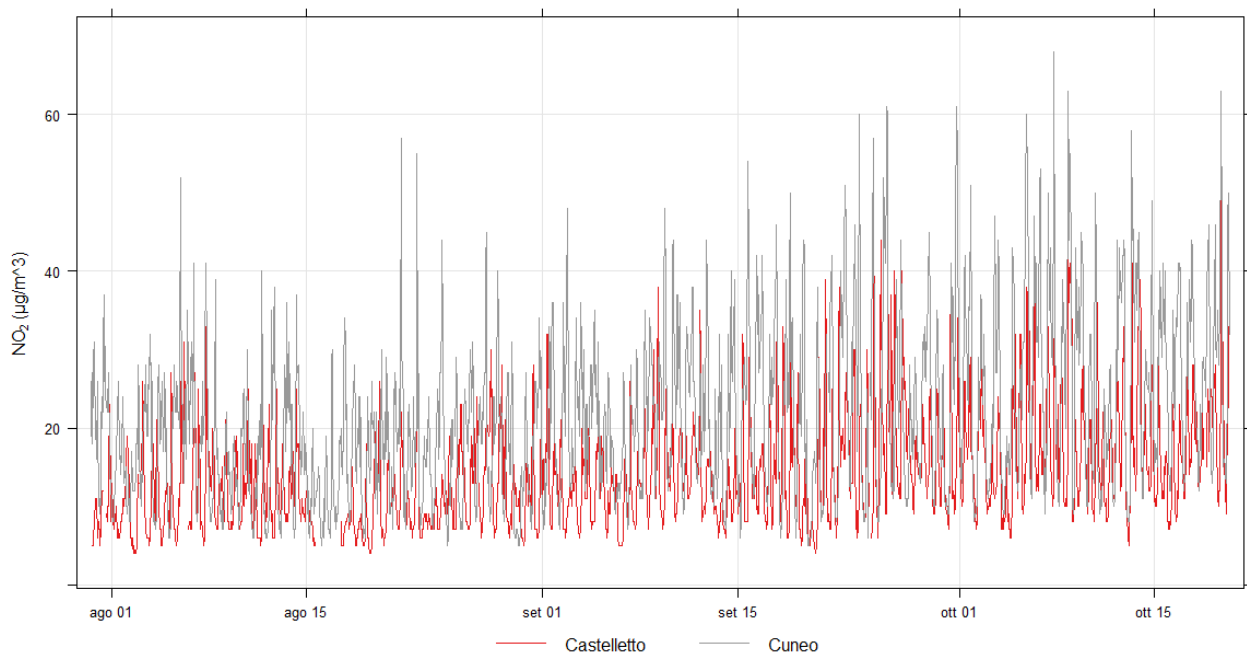


Figura 2) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie orarie rilevate dal laboratorio mobile nel sito di Castelletto Stura e presso la centralina di Cuneo.

<sup>2</sup> Percentile di ordine k (P<sub>k</sub>) è il numero che suddivide la successione dei valori ordinati in senso crescente in due parti, tali che i valori minori o uguali a P<sub>k</sub> siano una percentuale uguale a k%. La mediana corrisponde al 50° percentile.



Per questo inquinante gli andamenti delle settimane medie su base oraria, ottenute mediando i dati rilevati alla stessa ora dei diversi giorni della settimana, per i siti di Castelletto e della centralina di fondo urbano di Cuneo sono confrontati nella figura 3. La fascia colorata dei grafici rappresenta l'intervallo di confidenza al 95% della media.

Le concentrazioni della settimana media di Cuneo presentano il tipico andamento ricorrente condizionato dalle attività antropiche, che generalmente determinano un aumento delle concentrazioni durante le ore diurne, con picchi nelle ore di punta del traffico e una riduzione nei giorni di fine settimana. A differenza di Cuneo i dati di Castelletto presentano, nell'arco della giornata, due picchi di concentrazione, alle 7-8 del mattino ed alle 19-20 di sera, ma tra questi due massimi la riduzione delle concentrazioni raggiunge nelle prime ore del pomeriggio un minimo che, in alcuni giorni, è inferiore al minimo notturno.

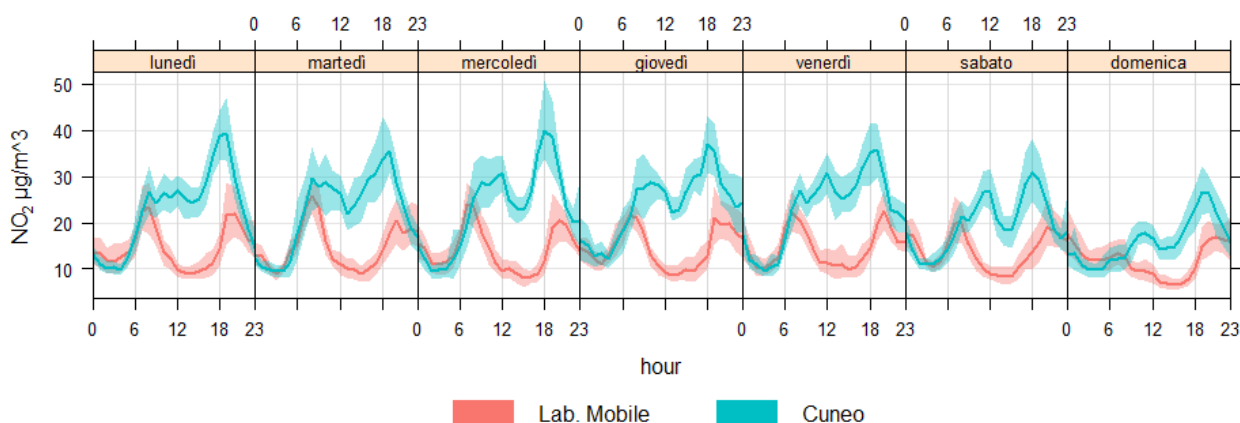


Figura 3) NO<sub>2</sub>: settimana media su base oraria della campagna di monitoraggio di Castelletto Stura confrontata con quelli della centralina fissa di Cuneo (periodo 30 luglio ÷ 20 ottobre '15).

### Analisi dell'influenza dell'industria locale

Il monitoraggio in analisi è stato condotto nel sito di Castelletto Stura anche con lo scopo di verificare l'eventuale influenza sulla qualità dell'aria locale delle industrie "pesanti" presenti nella zona.

La durata del monitoraggio è stata prolungata oltre la normale durata media delle campagne in quanto, nel mese di settembre, l'azienda locale di produzione del vetro ha spento l'impianto di depurazione dei fumi provenienti dal forno fusorio per realizzarne la periodica manutenzione. Il monitoraggio così realizzato ha consentito di misurare le eventuali ricadute durante tutto il periodo senza abbattimento dei fumi e di avere un buon campione di dati sia del periodo precedente che successivo alla manutenzione dell'impianto.

I dati misurati dal laboratorio mobile sono stati inoltre analizzati in relazione ai dati emissivi dello stabilimento di produzione del cemento di Robilante, per il quale, ad esempio, è stata evidenziata l'influenza delle ricadute nel sito di Spinetta<sup>3</sup>, ma per i dati misurati a Castelletto non sono emerse relazioni dirette con le diverse configurazioni emissive dello stabilimento (uno o due forni attivi) e con i quantitativi emessi dai camini dei forni.

Le concentrazioni medie orarie, non solo del biossido di azoto, ma anche del monossido di azoto, delle polveri sottili e del biossido di zolfo, misurate a Castelletto Stura, messe in relazione con quelle delle stazioni della rete di monitoraggio, sono state confrontate per i periodi caratterizzati dal funzionamento del sistema di abbattimento fumi della vetreria, e

<sup>3</sup> Cuneo – Fraz. Spinetta. Monitoraggio della qualità dell'aria nel periodo 4 giugno - 30 luglio 2015. Monitoraggio dei microinquinanti organici nel periodo ottobre 2012 – dicembre 2015. Arpa Dipartimento territoriale di Cuneo, 21 marzo 2016 Prot. N. 23566

per il periodo senza abbattimento, ma evidenti differenze imputabili esclusivamente a variazioni nelle emissioni di tale sorgente non sono emerse.

Ciò nonostante, tra i dati orari misurati durante tutto il periodo del monitoraggio nel sito di Castelletto, sono stati riscontrati diversi picchi di concentrazioni di NO<sub>2</sub> nelle ore notturne, i cui valori, pur non essendo anomali, risultano superiori alle concentrazioni delle ore diurne.

Tali episodi sono responsabili delle maggiori concentrazioni notturne riscontrate, rispetto ai minimi diurni, nel grafico della settimana media (figura 3). La differenza tra i valori notturni e diurni emerge meglio nel grafico del giorno medio suddividendo l'analisi per mesi (figura 4): in particolare è più marcata nel mese di agosto quando, tra le sorgenti di ossidi di azoto che generalmente contribuiscono nelle ore diurne, è assente il riscaldamento domestico ed il contributo del traffico veicolare è limitato.

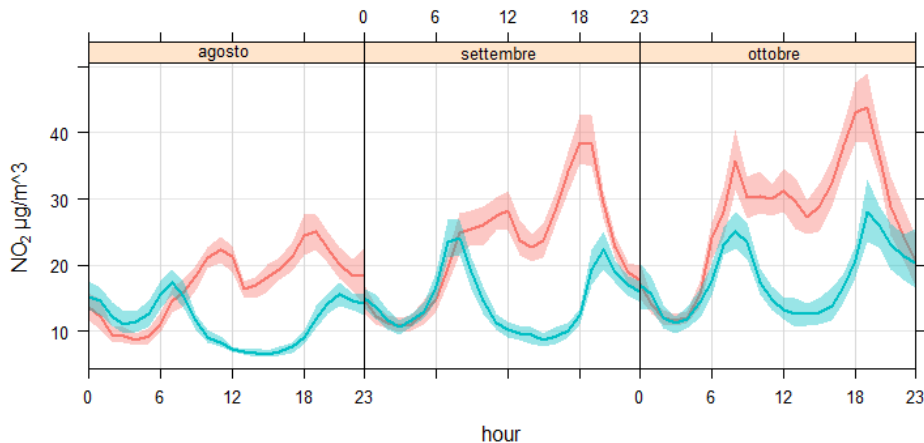


Figura 4) NO<sub>2</sub>: giorni medi della campagna di monitoraggio di Castelletto Stura confrontati con quelli della centralina fissa di Cuneo suddivisi per mesi (periodo 1 agosto ÷ 20 ottobre '15).

Dal punto di vista anemologico, il sito di Castelletto Stura, analogamente al territorio circostante, risulta caratterizzato da un regime di brezza con venti provenienti prevalentemente dal settore SudOvest nelle ore notturne e da Nord-NordEst nelle ore diurne (si veda la rosa dei venti di pag. 21).

Le concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub> misurate a Castelletto sono state analizzate in relazione ai corrispondenti dati di velocità e direzione del vento. In ciascuno dei tre grafici di figura 5 le concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub>, suddivise per mese, sono state rappresentate in coordinate polari dove ogni punto è identificato da un angolo, che individua la direzione di provenienza del vento, da una distanza dal centro, che indica la velocità del vento, e da un colore che rappresenta, secondo la scala indicata nella legenda a fianco, la concentrazione media di NO<sub>2</sub> corrispondente a quei valori di direzione e velocità del vento. Da questi grafici si deduce che, nel mese di agosto, mediamente le concentrazioni più elevate si sono verificate in corrispondenza di vento proveniente da SudOvest e velocità comprese tra circa 1 e 2.5 m/s. Nel mese di settembre, oltre alle sorgenti presenti nel settore SudOvest, hanno iniziato a contribuire anche quelle del quadrante NordOvest (ovvero emissioni provenienti dal centro abitato di Castelletto). Nel mese di ottobre le concentrazioni mediamente più elevate si sono verificate in condizioni di calma di vento (velocità inferiore a 0.5 m/s), situazione generalmente attribuibile a sorgenti locali con emissioni prossime al suolo (traffico veicolare e riscaldamento domestico), oltre che in corrispondenza di vento proveniente da SudOvest. Inoltre, ad ottobre, le medie sono state più elevate rispetto ai mesi precedenti anche a causa del peggioramento delle condizioni dispersive che avviene procedendo verso i mesi invernali.

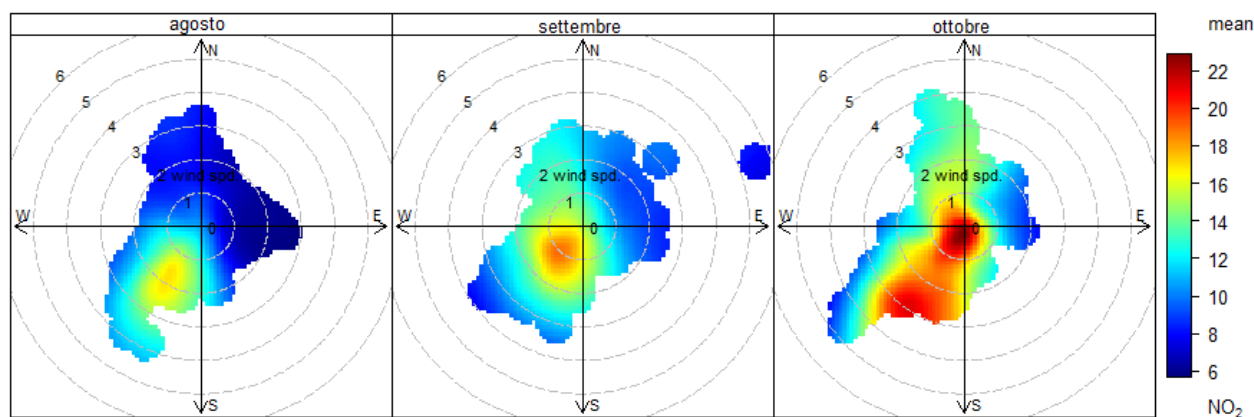


Figura 5) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità nei tre mesi di monitoraggio.

Tra i dati acquisiti sono stati individuati episodi con concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub> misurate a Castelletto superiori al corrispondente dato misurato presso la centralina di Cuneo (nel 24% delle ore totali). Nel grafico di sinistra di figura 6 sono rappresentate le frequenze di tali eventi in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità. Dal grafico emerge come questi casi corrispondano esclusivamente a vento proveniente da SudOvest.

Nel grafico di destra di figura 6, sono invece rappresentate le frequenze degli episodi con concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub> misurate a Castelletto inferiori di quelle misurate a Cuneo. Tali casi si sono verificati con maggior frequenza in condizioni di vento proveniente da Nord-NordEst.

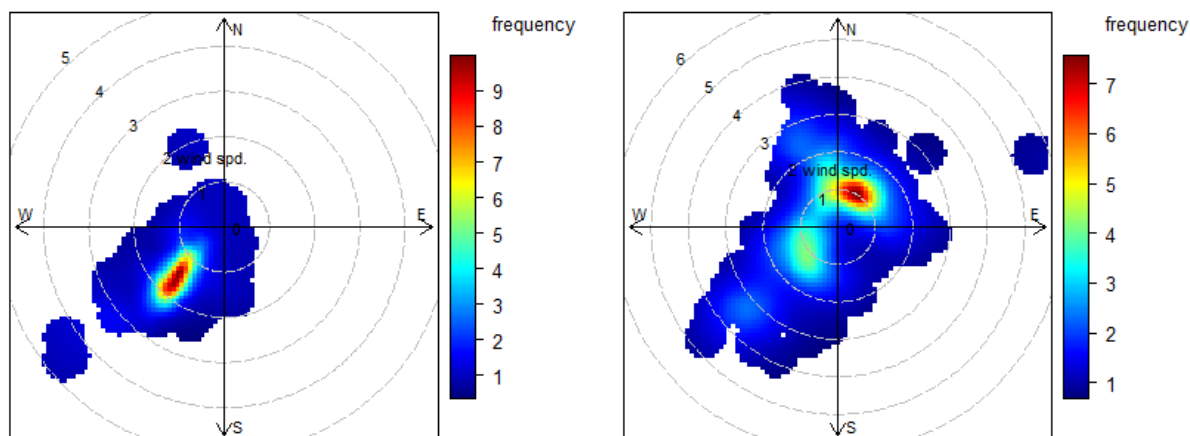


Figura 6) Grafico di sinistra: Frequenza degli episodi con concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub> superiori a Castelletto rispetto a Cuneo, in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità. Grafico di destra: Frequenza degli episodi con concentrazioni orarie di NO<sub>2</sub> inferiori a Castelletto rispetto a Cuneo, in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità.

Relativamente al periodo caratterizzato dall'assenza del sistema di abbattimento degli inquinanti nei fumi provenienti dal forno fusorio della vetreria, non è stato individuato nel sito di Castelletto Stura un aumento significativo dei livelli delle concentrazioni imputabile esclusivamente all'aumento delle emissioni dell'azienda di produzione del vetro. Tuttavia, elaborando con grafico in coordinate polari le medie delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> pesate per la loro frequenza (figura 7), si osserva che le situazioni caratterizzate da vento da SudOvest e velocità comprese tra 1 e 1.5 m/s hanno contribuito maggiormente alla media

nel periodo con abbattimento spento (grafico di sinistra) rispetto al periodo in cui l'abbattimento dei fumi era attivo (grafico di destra).

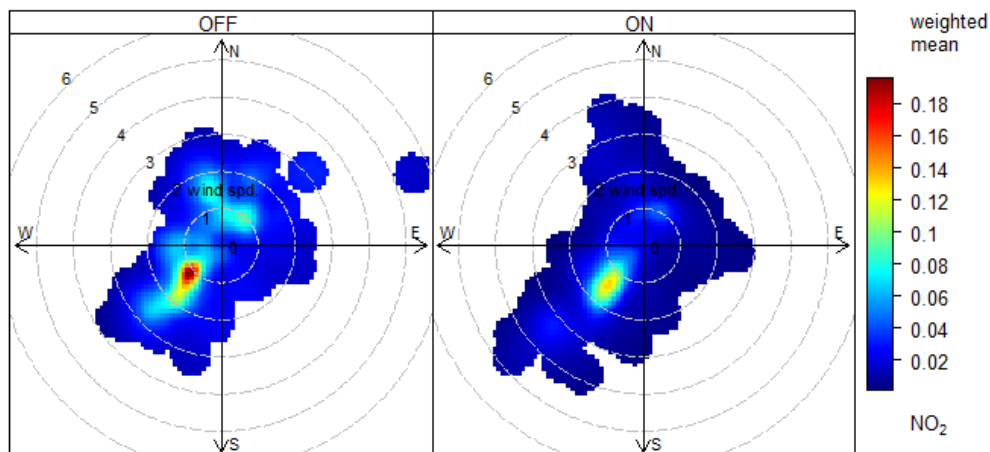


Figura 7) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie pesate sulla frequenza in funzione della direzione di provenienza del vento e della sua velocità (sinistra: abbattimento vetreria spento; destra: abbattimento vetreria attivo).

A fronte delle elaborazioni presentate si può concludere che il sito di Castelletto Stura risente di influenze delle emissioni di ossidi di azoto provenienti da sorgenti poste in direzione SudOvest. Ciò a causa del regime di brezza monte-valle che caratterizza la zona e della sua particolarità di essere sottovento al sito industriale durante le ore notturne (si veda la rosa dei venti di figura 16).

Tali influenze risultano tuttavia limitate, infatti le concentrazioni di ossidi di azoto misurate a Castelletto Stura presentano mediamente valori contenuti rispetto alla vicina stazione di fondo urbano di Cuneo. Questi risultati sono inoltre del tutto analoghi a quanto riscontrato nel precedente monitoraggio del 2009<sup>4</sup>.

Anche per il periodo in cui il vicino impianto di produzione del vetro ha dovuto fermare il sistema di abbattimento dei fumi provenienti dal forno fusorio si può affermare che, nonostante il notevole incremento che le emissioni a camino subiscono in tale condizione, il sito di Castelletto Stura non è risultato coinvolto da un evidente peggioramento della qualità dell'aria locale attribuibile a tali emissioni.

Ciò è verosimilmente attribuibile alle caratteristiche dispersive dell'impianto ed in particolare all'innalzamento che i fumi emessi al camino subiscono grazie alla spinta di galleggiamento. L'esclusione del sistema di abbattimento comporta infatti l'emissione di fumi con temperature molto più elevate, questo determina l'innalzamento dei fumi ad una quota maggiore e pertanto una migliore diluizione degli inquinanti nell'atmosfera.

Sebbene i maggiori quantitativi emessi in atmosfera in tale assetto impiantistico non abbiano determinato evidenti impatti locali, va ricordato che essi determinano sicuramente un impatto indiretto a scala regionale. Gli ossidi di azoto sono infatti importanti precursori delle polveri, ovvero subiscono delle trasformazioni chimiche che portano alla formazione del cosiddetto "particolato secondario", generalmente compreso nella frazione più fine delle polveri e pertanto più problematico per la salute umana, perché in grado di penetrare più in profondità nell'apparato respiratorio.

<sup>4</sup> Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria relativa ai comuni di Montanera e Castelletto Stura nel periodo agosto ÷ settembre 2009. Arpa Dipartimento provinciale di Cuneo, 16 dicembre 2009 Prot. N.137482

## **MATERIALE PARTICOLATO – PM<sub>10</sub>**

La normativa vigente per la qualità dell'aria prevede la determinazione della concentrazione media giornaliera di PM<sub>10</sub> eseguita con metodo gravimetrico (condizionamento e pesatura dei filtri con bilancia di precisione prima e dopo il campionamento). Sul laboratorio mobile, oltre ad un campionatore gravimetrico, è presente uno strumento che utilizza la metodica nefelometrica, che si basa sulla determinazione dell'intensità della luce diffusa dagli aerosol e consente di ottenere misure con cadenza oraria.

Nella figura 8 le concentrazioni giornaliere di PM<sub>10</sub> del sito di Castelletto Stura, misurate con tecnica gravimetrica, sono confrontate con l'intervallo di concentrazioni definito dai dati rilevati dalle centraline della rete fissa della provincia di Cuneo in cui il particolato viene misurato (in grigio).

Da questo grafico si può osservare come, sia gli andamenti sia i valori delle concentrazioni registrate a Castelletto, siano in buon accordo tra loro e con i dati misurati nello stesso periodo dalle centraline della rete fissa.

Ciò è legato alle caratteristiche che contraddistinguono il particolato sottile, in particolare al lungo tempo di permanenza nell'aria (da giorni a settimane) di questo inquinante che ne consente il trasporto su grandi distanze e lo rende ubiquitario su vasta scala. Questa peculiarità fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. Concentrazioni maggiori sono riscontrate, proprio per questo, nei periodi freddi dell'anno; in particolare, i periodi invernali, con situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, favoriscono l'accumulo delle polveri atmosferiche e sono perciò caratterizzati da concentrazioni elevate, mentre nei periodi estivi la consistente altezza dello strato di rimescolamento dell'atmosfera consente la diluizione degli inquinanti in volumi molto più ampi e pertanto determina valori di concentrazione più bassi.

Nel grafico sono riportati anche i millimetri di precipitazione cumulata registrati dalla stazione pluviometrica di Cuneo Cascina Vecchia. Si osserva come le precipitazioni atmosferiche determinino la riduzione delle concentrazioni delle polveri sottili. Nel particolare di questa campagna di monitoraggio, gli eventi con precipitazioni che si sono verificati nei mesi di settembre ed ottobre hanno determinato il contenimento delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> a livelli piuttosto bassi per il periodo.

Complessivamente si può osservare come su tutto il territorio coperto dalle centraline considerate, e anche nel sito di Castelletto, nel periodo del monitoraggio le concentrazioni non abbiano mai superato il limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup>.

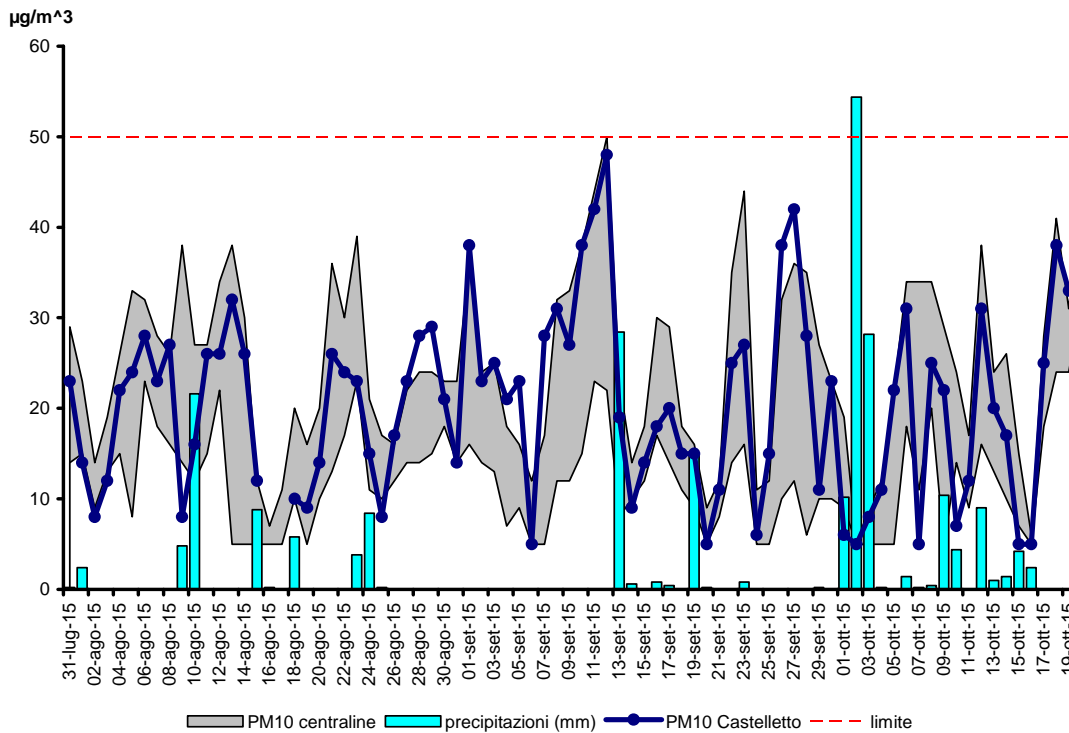


Figura 8)  $PM_{10}$ : concentrazioni medie giornaliere rilevate a Castelletto; intervallo di concentrazioni definito dai dati delle centraline della provincia di Cuneo; precipitazioni giornaliere registrate dalla stazione meteo di Cuneo.

Generalmente, tra le centraline della provincia, quelle di Cuneo e Mondovì, grazie alla loro collocazione geografica, sono caratterizzate da concentrazioni di polveri sottili più contenute di quelle rilevate dalle centraline di Alba e Bra che risentono maggiormente dell'inquinamento di fondo del bacino padano e per le quali il superamento, anche nel 2015, del limite stabilito per le concentrazioni giornaliere conferma una situazione di criticità per il  $PM_{10}$ .

Nella tabella seguente sono riportate concentrazioni medie e massime giornaliere misurate nella postazione di Castelletto Stura insieme a quelle relative a ciascuna stazione fissa della provincia di Cuneo. Nel periodo in esame le differenze tra le diverse centraline risultano limitate e, i dati di Castelletto Stura sono del tutto analoghi a quelli della vicina stazione di fondo urbano di Cuneo.

$PM_{10}$ ( $\mu g/m^3$ )	Castelletto Stura	Cuneo (FU)	Mondovì (TU)	Saliceto (FR)	Alba (FU)	Bra (TU)
31 luglio ÷ 19 ottobre '15						
Media	<b>20</b>	20	21	14	18	19
Massimo	<b>48</b>	50	44	31	38	42
N. dati	<b>79</b>	80	81	81	73	78

Tabella 2)  $PM_{10}$ : confronto tra concentrazioni medie, massime giornaliere e numero di superamenti del limite giornaliero rilevati a Castelletto Stura e presso le centraline della provincia di Cuneo (tra parentesi è indicata la tipologia delle stazioni: TU= traffico urbano, FU= fondo urbano, FR= fondo rurale).

I dati di  $PM_{10}$  acquisiti con cadenza oraria dal nefelometro del laboratorio mobile hanno permesso di elaborare il giorno medio che, nella figura seguente, è rappresentato suddiviso per i tre mesi del monitoraggio. L'ampiezza rilevante dell'intervallo di confidenza al 95%, rappresentato dalla fascia colorata, è indice della forte influenza che questo inquinante subisce da parte delle condizioni meteorologiche, che ne determinano le

principali variazioni nel tempo delle concentrazioni. E' tuttavia visibile, in particolare nel giorno medio del mese di ottobre, l'influenza delle attività antropiche sulle concentrazioni di  $PM_{10}$  che determinano la crescita delle concentrazioni durante la giornata con un picco nella tarda serata, cui fa seguito una lenta decrescita. Ciò può essere spiegato con i lunghi tempi di permanenza in atmosfera del particolato e con i tempi necessari alla formazione della sua frazione "secondaria" che ne costituisce la parte preponderante e si origina in atmosfera dalla trasformazione di precursori quali  $NO_x$ , VOC,  $NH_3$ ...

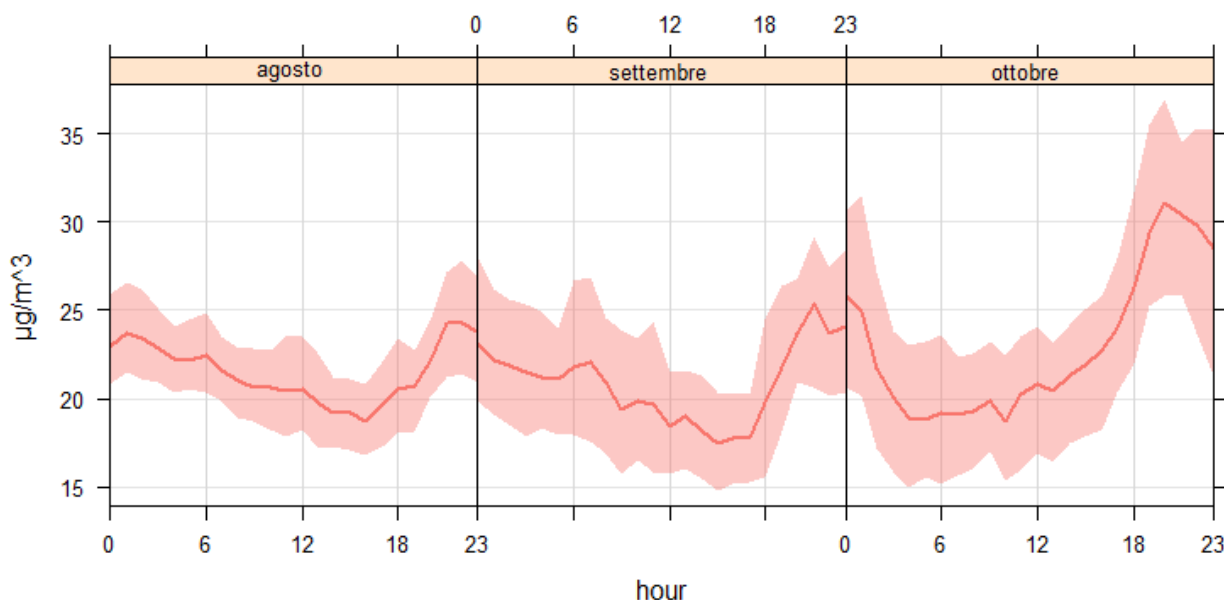


Figura 9)  $PM_{10}$ : giorni medi della campagna di monitoraggio svolta a Castelletto Stura suddivisi per mesi.

Per l'inquinamento da polveri sottili i dati della campagna di misura in oggetto confermano per il sito di Castelletto Stura la situazione di analogia con i dati delle stazioni della rete di monitoraggio ed in particolare con quelli della vicina centralina di Cuneo.

## **BIOSSIDO DI ZOLFO – SO<sub>2</sub> MONOSSIDO DI CARBONIO – CO e BENZENE**

Il benzene ed il monossido di carbonio sono due inquinanti la cui emissione è legata principalmente al traffico veicolare, ma i cui quantitativi si sono notevolmente ridotti negli anni grazie ai miglioramenti tecnologici nei sistemi di combustione e le modifiche qualitative delle benzine. Sensibili miglioramenti sono stati riscontrati anche per il biossido di zolfo, che ha tra le sue sorgenti il traffico veicolare (6-7%), in particolare i motori diesel, e che era ritenuto fino agli anni '80 il principale inquinante atmosferico; con il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili dovuto al minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffinazione, ed il sempre più diffuso uso del gas metano, è diminuita sensibilmente la presenza di SO<sub>2</sub> nell'aria.

Per il **biossido di zolfo** il Decreto Legislativo 155/2010 prevede due classi di limiti per la protezione della salute umana: uno, relativo alla media oraria, pari a 350 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 24 volte per anno civile e l'altro, per la media giornaliera, di 125 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 3 volte per anno civile.

I valori orari misurati con il laboratorio mobile nel sito di Castelletto Stura, analogamente a quanto rilevato nei medesimi periodi presso le altre centraline della qualità dell'aria della provincia dove l'SO<sub>2</sub> viene monitorato, sono stati inferiori a 10 µg/m<sup>3</sup>, pertanto oltre ad essere di due ordini di grandezza inferiori ai limiti normativi, sono prossimi ai limiti di rilevabilità strumentali.

Per il **monossido di carbonio** la normativa stabilisce un valore limite per la protezione della salute umana di 10 mg/m<sup>3</sup> come media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

In provincia di Cuneo i valori di CO registrati dalla rete delle centraline fisse, molto al di sotto del limite sin dall'inizio delle misure, sono andati diminuendo e le concentrazioni medie su 8 ore si sono assestate negli ultimi cinque anni a valori inferiori a 2 mg/m<sup>3</sup>.

Nella campagna di Castelletto Stura i valori rilevati sono analoghi a quanto rilevato nello stesso periodo dalle centraline della rete, con una massima concentrazione media su 8 ore pari a 0.9 mg/m<sup>3</sup>. Anche per questo inquinante i livelli sono ormai confrontabili con i limiti di rilevabilità degli strumenti di analisi.

Il Decreto Legislativo 155/2010 riprende per il **benzene** il valore limite per la protezione della salute umana già specificato dalla legislazione precedente di 5 µg/m<sup>3</sup> su base annuale. Tale limite è ampiamente rispettato in tutto il territorio regionale, comprese le stazioni di traffico. A differenza delle centraline fisse, siccome il monitoraggio eseguito con il laboratorio mobile riguarda un intervallo di tempo limitato dell'anno, non è possibile trarre conclusioni dirette sul rispetto del limite annuale. Tuttavia, dal confronto con quanto rilevato nello stesso periodo presso le altre stazioni della provincia dove questo inquinante viene monitorato, si può desumere che anche nel sito di Castelletto Stura non sussistano rischi di superamento del limite per tale inquinante. La concentrazione media ottenuta, pari a 0.7 µg/m<sup>3</sup>, è infatti del tutto analoga a quelle ottenute nello stesso periodo presso le altre stazioni.



## OZONO – O<sub>3</sub>

L'ozono presente nella parte bassa dell'atmosfera è un inquinante secondario, ovvero la sua formazione è legata alla presenza di altri inquinanti (precursori), quali ossidi di azoto e composti organici volatili, che reagiscono catalizzati da fattori meteorologici, in particolare dalla radiazione solare e dalla temperatura dell'aria. Conseguentemente questa molecola ha un andamento caratteristico nell'arco della giornata: concentrazioni più basse nelle ore notturne e nelle prime ore del mattino, che aumentano con l'innalzarsi della temperatura e della radiazione solare dalla tarda mattinata al pomeriggio. Analogamente l'ozono presenta un andamento stagionale in cui la concentrazione inizia a crescere in primavera per raggiungere valori massimi nei mesi estivi.

Il comportamento giornaliero si può appurare nella figura seguente, dove sono rappresentati i giorni medi delle concentrazioni misurate con il laboratorio mobile a Castelletto Stura e di quelle registrate nello stesso periodo nella centralina fissa di Cuneo.

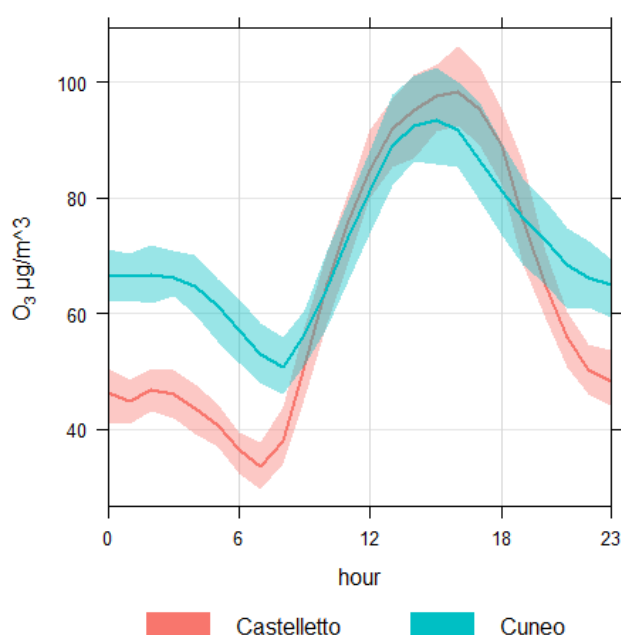


Figura 10) O<sub>3</sub>: giorno medio delle campagne di Castelletto confrontato con quello della centralina fissa di Cuneo (periodo: 30 luglio ÷ 20 ottobre '15).

Il Decreto Legislativo n. 155/2010 prevede, per le concentrazioni medie orarie di ozono, soglie di informazione e di allarme pari a 180 µg/m<sup>3</sup> e 240 µg/m<sup>3</sup> rispettivamente. Stabilisce inoltre un valore obiettivo per la protezione della salute umana, che fa riferimento ad una media massima giornaliera su 8 ore, e che è pari a 120 µg/m<sup>3</sup> da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni, che attualmente viene disatteso in tutte le centraline della provincia.

Nel grafico di figura 11 sono riportate le concentrazioni massime giornaliere di ozono misurate nel sito di Castelletto, confrontate con l'intervallo dei valori massimi giornalieri misurati dalle centraline fisse della provincia di Cuneo e con la soglia di informazione (in rosso).

Il buon accordo tra gli andamenti consente di affermare che i valori delle centraline della rete sono rappresentativi anche del sito oggetto dell'indagine ambientale. Ciò si può attribuire alla peculiarità dell'inquinamento da ozono, considerato un fenomeno di mesoscala o addirittura transfrontaliero; le principali variazioni delle sue concentrazioni interessano pertanto non la scala locale ma distanze di centinaia e migliaia di chilometri.

Nello stesso grafico si possono confrontare gli andamenti delle concentrazioni di ozono con quello della temperatura massima giornaliera misurata dal laboratorio mobile: sebbene la temperatura non sia l'unica variabile da cui dipende l'ozono emerge abbastanza chiaramente una corrispondenza tra gli andamenti della temperatura e della concentrazione di ozono.

Nel periodo in analisi, tra i siti monitorati della provincia di Cuneo non si sono verificati superamenti della soglia di informazione.

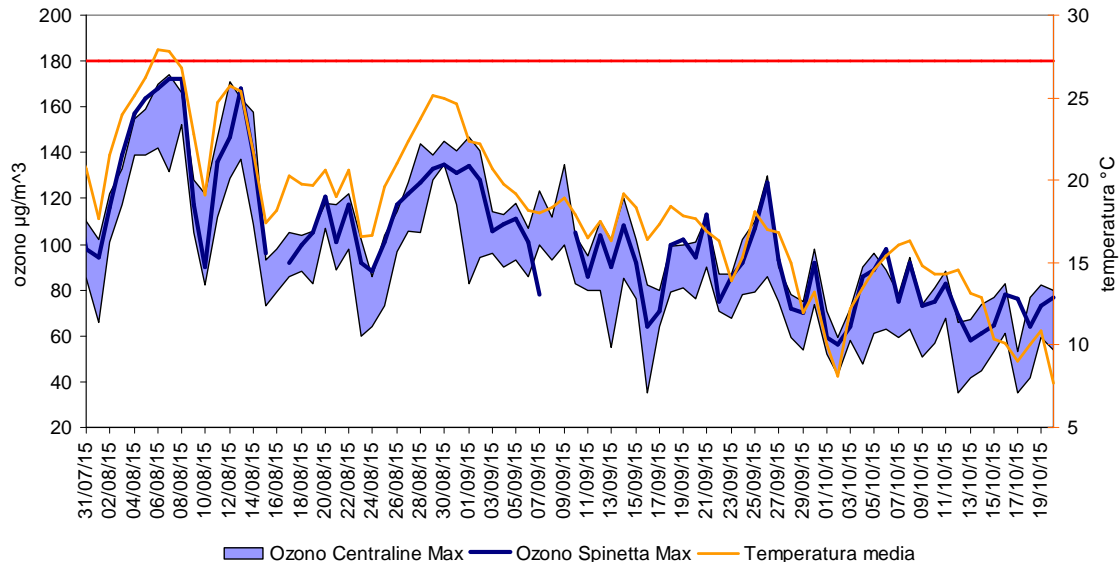


Figura 11) O<sub>3</sub>: concentrazioni massime giornaliere registrate con il laboratorio mobile a Castelletto Stura e presso le centraline fisse della provincia di Cuneo. Temperatura media giornaliera misurata dal laboratorio mobile.

La figura 12 rappresenta invece i valori massimi, per ciascun giorno, delle concentrazioni medie su 8 ore, che vanno confrontati con il valore obiettivo per la salute umana. Superamenti della soglia di 120 µg/m<sup>3</sup> (indicata in rosso in figura) sono stati riscontrati, in tutti i punti di rilevamento, in corrispondenza delle ondate di calore (descritte nel capitolo seguente). Complessivamente, nel periodo in analisi, il numero di giorni con superamento è stato di 14 a Castelletto Stura, 8 ad Alba, 15 a Cuneo, 17 a Staffarda e 7 a Saliceto.

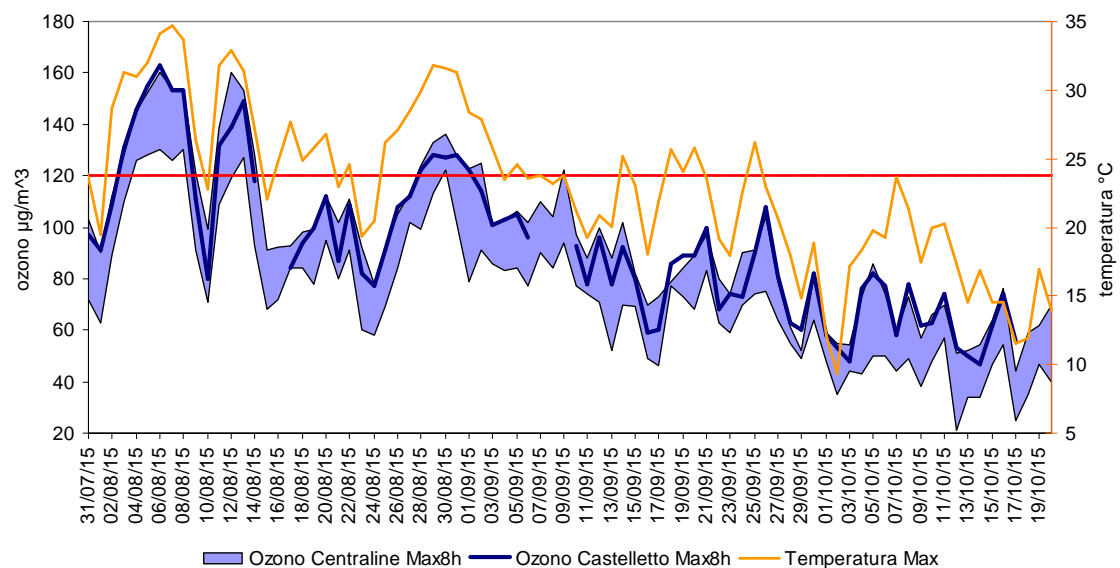


Figura 12) O<sub>3</sub>: massime giornaliere delle concentrazioni medie su 8 ore registrate con il laboratorio mobile a Castelletto e presso le centraline fisse della provincia di Cuneo. Temperatura massima giornaliera misurata dal laboratorio mobile.

## SITUAZIONE METEOROLOGICA E DATI LOCALI

Il mese di Agosto 2015 si è aperto con il transito sul Piemonte di una saccatura di origine atlantica che ha prodotto precipitazioni diffuse sul territorio piemontese, ma senza picchi pluviometrici di rilievo. Si è avuto un maggiore effetto dal punto di vista termico: la persistente copertura nuvolosa ha determinato un valore medio delle temperature massime in pianura pari a 19.5°C, con un calo di circa 6°C rispetto al giorno precedente. L'anticiclone africano, indiscusso protagonista sullo scenario europeo nel mese di Luglio, è tornato ad interessare il Piemonte al termine della prima settimana di Agosto 2015. Il picco dell'ondata di calore si è avuto tra il 6 e l'8 Agosto; il 7 Agosto è stato il giorno più caldo del mese.

In seguito una saccatura atlantica ha determinando condizioni di maltempo diffuso sul Piemonte tra Domenica 9 Agosto e la mattina del giorno successivo. In tali due giorni si sono verificati forti fenomeni temporaleschi sul territorio piemontese.

Dopo l'allontanamento verso sudest del nucleo di bassa pressione, si sono avuti tre giorni caratterizzati da una nuova rimonta dell'anticiclone africano.

Un nuovo peggioramento si è avuto intorno a Ferragosto, si sono verificati nuovamente fenomeni temporaleschi sul territorio piemontese.

Prima della fine del mese si è avuto un ultimo episodio di maltempo tra il 23 ed il 24 Agosto, quando un nucleo di bassa pressione ha causato diffusi annuvolamenti e nuovi fenomeni temporaleschi, il 24 Agosto è risultato anche il giorno mediamente più freddo dell'Estate 2015.

I primi due giorni del mese di Settembre 2015 sono risultati i più caldi del mese, per gli effetti residui di un anticiclone di origine nordafricana che ha interessato il Piemonte negli ultimi giorni di Agosto.

Poco prima della metà del mese, tra il 13 ed il 14 Settembre, è avvenuto l'evento pluviometrico di maggiore rilevanza in Piemonte, causato dall'estensione verso il Mediterraneo occidentale di una profonda depressione.

Il mese di Ottobre 2015 si è aperto con un episodio di maltempo causato da una circolazione depressionaria centrata sul Golfo di Biscaglia. Tale struttura ha determinato diffuse precipitazioni sul territorio piemontese nel pomeriggio del 1° e nelle giornate del 2 e 3 Ottobre; si sono verificati dei picchi precipitativi localmente forti ed una dozzina di pluviometri della rete ARPA ha registrato il valore più alto di precipitazione giornaliera per il mese di Ottobre dal momento dell'installazione. Il 2 Ottobre è risultato anche il giorno mediamente più piovoso del mese.

Successivamente il Mediterraneo centro-occidentale è stato interessato da una rimonta anticlonica di matrice africana, non particolarmente estesa ed incisiva ma sufficiente a determinare un rialzo dei valori di temperatura massima in pianura fino a 22-23°C nei giorni 7 ed 8 Ottobre, risultati i più caldi del mese. Un secondo evento pluviometrico si è avuto intorno alla metà del mese. Nel corso di questo episodio si sono avute le prime nevicate di rilievo della stagione a quote relativamente basse, mediamente al di sopra dei 1300-1500 m, ma anche a quote inferiori in corrispondenza dei fenomeni temporaleschi più intensi.<sup>5</sup>

Dai dati acquisiti dal laboratorio mobile a Castelletto Stura si ricava che, su base oraria, la temperatura minima del periodo del monitoraggio è stata di 5.1 °C, la media di 18.1 °C e la massima di 34.7 °C, raggiunta il 7 agosto.

Nel grafico della figura 13 sono rappresentate le temperature medie, minime e massime giornaliere dell'intero periodo di monitoraggio.

<sup>5</sup> Il clima in Piemonte. Estate 2015. Arpa Piemonte, Sistemi Previsionali  
Il clima in Piemonte. Autunno 2015. Arpa Piemonte, Sistemi Previsionali

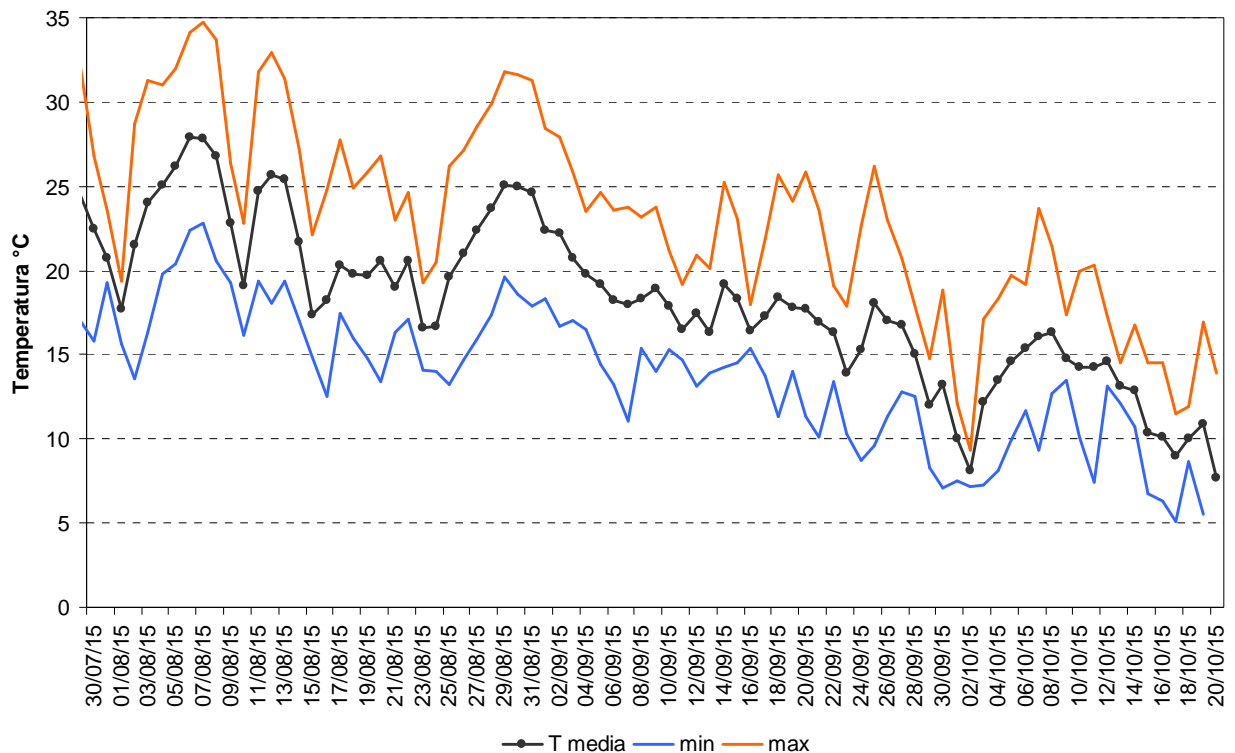


Figura 13) Temperatura dell'aria: medie, minime e massime giornaliere registrate con il laboratorio mobile a Castelletto Stura.

Nella figura 14 sono riportati, per ciascun giorno, la media della pressione atmosferica, la radiazione totale giornaliera, insieme ai dati della precipitazione giornaliera cumulata registrati dalle stazioni meteorologiche di Cuneo - Cascina Vecchia e Cuneo.

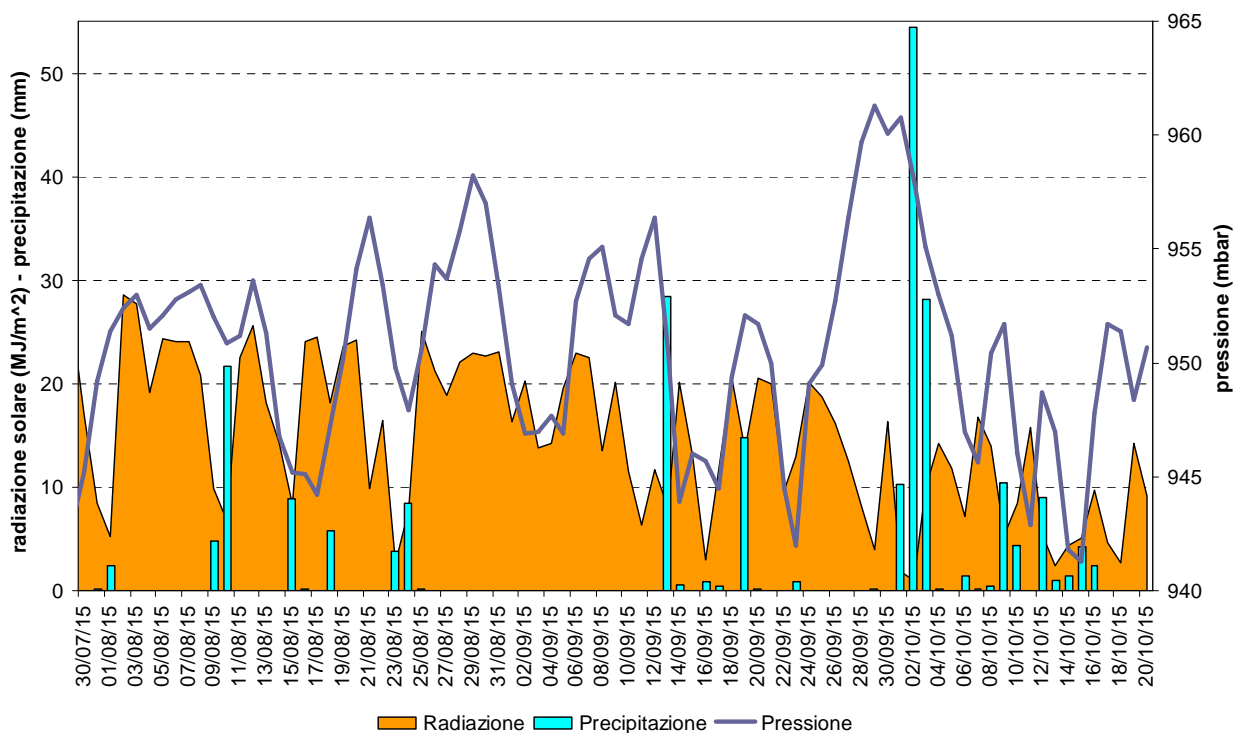


Figura 14) Precipitazione cumulata giornaliera misurata dalla stazione di Cuneo – Cascina vecchia. Totale giornaliero della radiazione solare globale e pressione atmosferica misurata dalla stazione Cuneo – Camera di commercio.

Il grafico di figura 15 rappresenta le frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento registrate durante il periodo del monitoraggio.

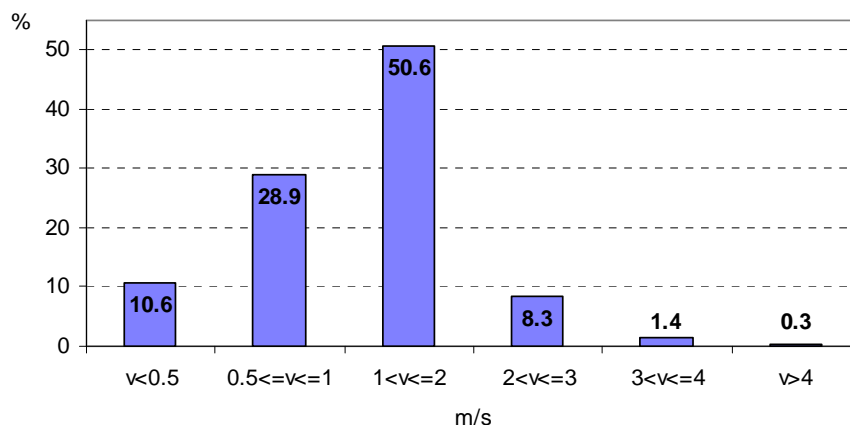


Figura 15) Frequenze di accadimento delle classi di velocità del vento (periodo: 30 luglio ÷ 20 ottobre '15).

Dalla rosa dei venti ottenuta per il periodo di misura e rappresentata nella figura seguente, emerge come il settore prevalente di provenienza dei venti sia quello SudOvest nelle ore notturne e Nord-NordEst nelle ore diurne.

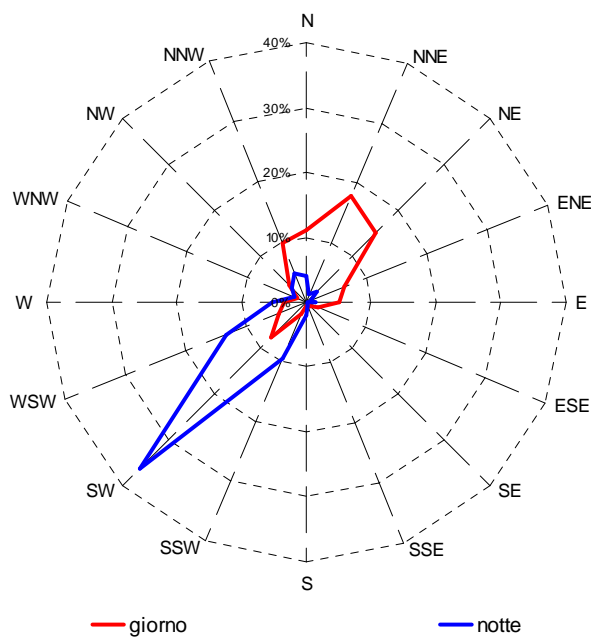


Figura 16) Rosa dei venti (periodo: 30 luglio ÷ 20 ottobre '15).

## CONCLUSIONI

Analogamente a tutto il territorio provinciale, nel sito del comune di Castelletto Stura monitorato con il laboratorio mobile, non sono state evidenziate criticità per il benzene, il monossido di carbonio ed il biossido di zolfo, inquinanti le cui concentrazioni si sono notevolmente ridotte negli anni.

I valori di ozono, inquinante tipico del periodo estivo, sono risultati simili a quelli misurati dalla rete fissa ed il numero di giorni con superamento dell'obiettivo fissato per la protezione della salute umana sono del tutto analoghi a quelli riscontrati presso la centralina di Cuneo.

Anche per l'inquinamento da polveri sottili i dati della campagna di misura confermano per il sito di Castelletto Stura la situazione di analogia con i dati delle stazioni della rete di monitoraggio ed in particolare con quelli della vicina centralina di Cuneo.

Relativamente al biossido di azoto, nonostante i valori contenuti rispetto ai dati misurati presso le centraline poste in zona urbana, sono state eseguite approfondite elaborazioni sui dati acquisiti a causa della collocazione geografica del sito.

A fronte delle elaborazioni eseguite si può concludere che il sito di Castelletto Stura risenta di influenze delle emissioni di ossidi di azoto provenienti da sorgenti poste in direzione SudOvest. Ciò a causa del regime di brezza monte-valle che caratterizza la zona e della sua particolarità di essere sottovento al sito industriale durante le ore notturne.

Tali influenze risultano tuttavia limitate, infatti le concentrazioni di ossidi di azoto misurate a Castelletto Stura presentano mediamente valori contenuti rispetto alla vicina stazione di fondo urbano di Cuneo. Questi risultati sono inoltre del tutto analoghi a quanto riscontrato nel precedente monitoraggio del 2009.

Anche per il periodo in cui il vicino impianto di produzione del vetro ha dovuto fermare il sistema di abbattimento dei fumi provenienti dal forno fusorio per procedere alla sua manutenzione si può affermare che, nonostante il notevole incremento che le emissioni a camino subiscono in tale condizione, il sito di Castelletto Stura non è risultato coinvolto da un evidente peggioramento della qualità dell'aria locale attribuibile a tali emissioni.

Ciò è verosimilmente attribuibile alle caratteristiche dispersive dell'impianto ed in particolare all'innalzamento che i fumi emessi al camino subiscono grazie alla spinta di galleggiamento. L'esclusione del sistema di abbattimento comporta infatti l'emissione di fumi con temperature molto più elevate, questo determina l'innalzamento dei fumi ad una quota maggiore, pertanto una migliore diluizione degli inquinanti nell'atmosfera e minori ricadute al suolo.

Sebbene i maggiori quantitativi emessi in atmosfera in tale assetto impiantistico non abbiano determinato evidenti impatti locali, va ricordato che essi determinano sicuramente un impatto indiretto a scala regionale. Gli ossidi di azoto sono infatti importanti precursori delle polveri, ovvero subiscono delle trasformazioni chimiche che portano alla formazione del cosiddetto "particolato secondario", generalmente compreso nella frazione più fine delle polveri e pertanto più problematico per la salute umana, perché in grado di penetrare più in profondità nell'apparato respiratorio.

Per l'inquinamento da polveri sottili permane nella nostra regione, come in tutto il bacino Padano, la criticità per il mancato rispetto dei limiti normativi stabiliti per la tutela della salute umana. Per poter pervenire al rispetto di tali limiti occorre realizzare, sempre più in modo omogeneo e congiunto in tutto il bacino Padano, misure di contrasto all'inquinamento atmosferico prestando molta attenzione ai precursori degli inquinanti secondari ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , COVNM,  $\text{NH}_3$ ).

## ALLEGATO I

### Sintesi dei risultati della campagna

<b>Castelletto Stura, via Cuneo 2 c/o campo sportivo 30/07/2015 ÷ 20/10/2015</b>	
	<b>SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	3
Massima media giornaliera	6
Media dei valori orari	5
Massima media oraria	8
Percentuale ore valide	90%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (350)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (125)</u>	<b>0</b>
	<b>CO (mg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	0.3
Massima media giornaliera	0.8
Media dei valori orari	0.4
Massima media oraria	1.0
Percentuale ore valide	97%
Minimo medie 8 ore	0.2
Media delle medie 8 ore	0.4
Massimo medie 8 ore	0.9
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (10)</u>	<b>0</b>
	<b>Benzene (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	0.4
Massima media giornaliera	1.8
Media dei valori orari	0.7
Massima media oraria	4.1
Percentuale ore valide	93%
	<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	8
Massima media giornaliera	23
Media dei valori orari	14
Massima media oraria	57
Percentuale ore valide	97%
<u>Numero di superamenti livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello orario protezione della salute (200)</u>	<b>0</b>

	<b>O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	30
Massima media giornaliera	109
Media dei valori orari	63
Massima media oraria	172
Percentuale ore valide	93%
Minimo medie 8 ore	6
Media delle medie 8 ore	63
Massimo medie 8 ore	163
Percentuale medie 8 ore valide	93%
<u>Numero di superamenti livello protezione della salute su medie 8 ore (120)</u>	<b>83</b>
<u>Numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (max media 8h &gt; 120)</u>	<b>14</b>
<u>Numero di superamenti livello informazione (180)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un superamento livello informazione (180)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di valori orari superiori al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di superamenti livello allarme (240 per almeno 3 ore consecutive)</u>	<b>0</b>
<u>Numero di giorni con almeno un valore superiore al livello allarme (240)</u>	<b>0</b>
	<b>PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Minima media giornaliera	5
Massima media giornaliera	48
Media delle medie giornaliere:	20
Numero giorni validi	79
<u>Numero di superamenti livello giornaliero protezione della salute (50)</u>	<b>0</b>



## ALLEGATO II

### Gli inquinanti della qualità dell'aria e limiti normativi

Il Decreto Legislativo n° 155/2010 “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”, definisce “inquinante: qualsiasi sostanza presente nell'aria ambiente” (cioè l'aria esterna presente nella troposfera), “che può avere effetti dannosi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso”.

Il quadro normativo sulla qualità dell'aria, a partire da evidenze scientifiche e con approccio conservativo, identifica gli inquinanti per i quali è necessario il monitoraggio al fine di perseguire gli obiettivi di tutela della salute umana e degli ecosistemi.

I parametri analizzati nelle campagne di monitoraggio con mezzo mobile sono i seguenti:

- materiale particolato - PM<sub>10</sub>
- biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)
- ozono
- biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)
- monossido di carbonio (CO)
- benzene

Le pagine seguenti presentano per ogni inquinante oggetto di monitoraggio, le principali informazioni, facendo riferimento ai seguenti punti:

**Caratteristiche:** elementi distintivi dell'inquinante

**Tipologia:** suddivisione in base all'origine in

- **primario** → emesso direttamente in atmosfera da specifiche fonti
- **secondario** → prodotto come risultato di reazioni chimico-fisiche degli inquinanti primari

**Fonte:**

- **naturale**, emesso in atmosfera ad opera di fenomeni naturali
- **antropica**, generato da attività umane (industriali, civili, ecc...)

**Permanenza spazio-temporale:** ovvero i tempi e l'estensione territoriale coinvolti nella “dispersione” dell'inquinante. Infatti a seguito della loro emissione in atmosfera i composti sono soggetti a processi di diffusione, trasporto e deposizione (secca e umida), e possono subire nel contempo processi di trasformazione chimico-fisica, che possono determinarne la rimozione o la generazione di inquinanti secondari; tutti questi processi condizionano la variabilità nello spazio e nel tempo degli inquinanti in atmosfera.

**Effetti:** descrizione dei principali bersagli sui quali può agire l'inquinante e gli effetti da esso prodotti. Gli inquinamenti atmosferici possono produrre effetti nocivi, che variano in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche dell'inquinante, delle sue concentrazioni e dei tempi di permanenza in atmosfera.

**Misura:** indica il principio di misura utilizzato per la determinazione dell'inquinante

**Situazione generale:** condizione attuale e l'andamento negli anni dell'inquinante

**Limiti normativi:** i limiti indicati dalla normativa cogente, identificati in relazione ai livelli di riferimento così descritti:

**Soglia di informazione:** livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.


**Soglia di allarme:** livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati.

**Valore limite:** livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato.

**Valori obiettivo:** livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita.

**Obiettivo a lungo termine:** livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

## MATERIALE PARTICOLATO – PM<sub>10</sub>

<b>Caratteristiche</b> <i>particelle solide</i> <i>aerosol</i>	<p>Il particolato atmosferico è formato da particelle, solide o aerosol, sospese in aria. Con il termine <b>PM<sub>10</sub></b> si intende il particolato formato da particelle con diametro aerodinamico medio inferiore a 10 µm (micrometri), mentre il termine <b>PM<sub>2,5</sub></b> comprende la frazione di particolato costituito da particelle aventi diametro inferiore a 2.5 µm.</p>
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	<p>Nell'aria viene generato da processi naturali quali <b>eruzioni vulcaniche, incendi boschivi, azione del vento sulla polvere e sul terreno, aerosol marino</b>, ecc, e dall'attività dell'uomo a cui se ne attribuisce l'apporto principale. Le <b>emissioni industriali</b>, particelle di polveri, ceneri, e combustioni incomplete, e il <b>traffico veicolare (gas di scarico, usura di pneumatici, risollevarimento delle polveri depositate sulle strade)</b> rappresentano le fonti più significative.</p>
<b>Tipologia</b> <i>primario</i> <i>secondario</i>	<p>Il particolato atmosferico è in parte di tipo "primario", <b>imnesso direttamente</b> in atmosfera, ed in parte di tipo "secondario", prodotto cioè da <b>trasformazioni chimico fisiche che coinvolgono diverse sostanze quali SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVs, NH<sub>3</sub></b>.</p>
<b>Permanenza spazio temporale</b>	<p>Il particolato risulta ubiquitario su vasta scala a causa del <b>lungo tempo di permanenza nell'aria</b> (da giorni a settimane) che ne consente il <b>trasporto su grandi distanze</b>. Questo fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. In particolare, inverni con lunghi periodi di situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, sono caratterizzati da concentrazioni di polveri atmosferiche elevate.</p>
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	<p>Il rischio sanitario legato al particolato sospeso nell'aria dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle. Le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Infatti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il PM<sub>10</sub>, polvere inalabile, è in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (laringe e faringe), e le particelle con diametro compreso fra circa 5 e 2.5 µm giungono sino a livello dei bronchi principali.</li> <li>- Il PM<sub>2,5</sub>, polvere respirabile, è in grado di penetrare profondamente nei polmoni giungendo sino ai bronchi secondari; le frazioni con diametro inferiore possono giungere sino a livello alveolare.</li> </ul> <p>Gli studi epidemiologici mostrano relazioni tra le concentrazioni di materiale particolato in aria e l'insorgenza di <b>malattie dell'apparato respiratorio</b>, quali <b>asma, bronchiti ed enfisemi</b>. Il PM può inoltre adsorbire sulla sua superficie e quindi veicolare nell'apparato respiratorio dei microinquinanti, quali metalli e IPA, ai quali possono essere associati effetti tossicologici rilevanti.</p> <p>La deposizione del materiale particolato può causare effetti negativi sulla vegetazione costituendo, sulla superficie fogliare, una pellicola non dilavabile dalle piogge, che <b>può inibire il processo di fotosintesi e lo sviluppo delle piante</b>; inoltre il danneggiamento per abrasione meccanica può rendere le foglie più esposte agli attacchi degli insetti.</p> <p>I materiali subiscono danni diretti legati a <b>fenomeni di imbrattamento</b> e fenomeni di <b>corrosione</b> in relazione alla composizione chimica del particolato.</p>
<b>Misura</b> <i>gravimetrica</i>	<p>Il PM<sub>10</sub> e il PM<sub>2,5</sub> sono determinati mediante campionamento su filtro in condizioni ambiente e successiva determinazione gravimetrica delle polveri filtrate. La testa del campionatore ha una geometria standardizzata che permette il solo passaggio della frazione di polveri avente dimensioni aerodinamiche inferiori a 10µm o 2.5µm.</p>
 <b>Situazione generale</b> <i>critica</i>	<p>La situazione nell'ultimo decennio, per il particolato PM<sub>10</sub>, <b>è in miglioramento</b> anche se <b>continua a rappresentare una delle criticità più significative</b>. Le condizioni meteo climatiche influenzano fortemente l'andamento.</p>

<b>Riferimenti normativi</b> <b>D.Lgs 155/2010</b>	<b>Periodo di mediazione temporale</b>	<b>Valore limite</b>	<b>N° superamenti ammessi</b>	<b>Data di raggiungimento limite</b>
<b>PM10</b>	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup>	35 per anno civile	1 gennaio 2005
	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>		1 gennaio 2005

## BIOSSIDO DI AZOTO – NO<sub>2</sub>

<b>Caratteristiche</b> NO <sub>2</sub>	Gli ossidi di azoto (NO, NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O ed altri) vengono generati in tutti i processi di combustione che utilizzano l'aria come comburente; infatti ad elevate temperature l'azoto e l'ossigeno presenti nell'aria atmosferica reagiscono, con le seguenti reazioni principali : $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$ $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$ . L'elevata tossicità del biossido lo rende principale oggetto di attenzione: l'NO <sub>2</sub> è infatti un gas tossico, di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente, con grande potere irritante ed è un energico ossidante, molto reattivo. Gli ossidi di azoto sono da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, anche perché in presenza di forte irraggiamento solare, danno inizio ad una serie di reazioni secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti, quali l'ozono, acido nitrico, ecc, complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico" che sono importanti precursori del PM <sub>10</sub> .
<b>Fonte</b> naturale antropica	In natura gli ossidi di azoto sono prodotti dall' <b>attività batterica</b> sui composti dell'azoto, dall' <b>attività vulcanica e dai fulmini</b> : ciò produce un <b>apporto minimo</b> ai livelli di fondo. Le principali fonti sono invece di origine antropica legate ai <b>processi di combustione in condizioni di elevata temperatura e pressione</b> : ne consegue che, in contesto urbano, le emissioni dei motori a scoppio e quindi il <b>traffico veicolare</b> ne rappresenta la <b>fonte più significativa</b> .
<b>Tipologia</b> primario secondario	Il biossido di azoto rappresenta, in genere, al <b>massimo il 5%</b> degli ossidi di azoto emessi <b>direttamente dalle combustioni in aria</b> . <b>La maggior parte</b> dell' NO <sub>2</sub> presente in atmosfera deriva invece <b>dall'ossidazione del monossido di azoto</b> , ed è quindi di natura secondaria.
<b>Permanenza</b> spazio temporale	Il tempo medio di permanenza in atmosfera degli ossidi di azoto è breve: circa tre giorni per NO <sub>2</sub> e quattro giorni per l'NO.
<b>Effetti</b> salute ambiente materiali	Gli effetti sulla salute prodotti dall'NO <sub>2</sub> sono dovuti alla sua <b>azione irritante sugli occhi e sulle le mucose dell'apparato respiratorio</b> . Gli effetti acuti sull'apparato respiratorio comprendono <b>riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie</b> , quali bronchite cronica e asma, e <b>riduzione della funzionalità polmonare</b> . Gli ossidi di azoto contribuiscono, per circa il 30%, al fenomeno delle "piogge acide", con conseguenti <b>danni alla vegetazione e alterazioni degli equilibri degli ecosistemi coinvolti</b> , e producono <b>fenomeni corrosivi sui metalli</b> e scolorimento e perdita di resistenza dei tessuti e delle fibre tessili. L'azione sulle superfici degli edifici e dei monumenti comporta un <b>invecchiamento più rapido delle strutture</b> .
<b>Misure</b> chemiluminescenza	Gli ossidi di azoto sono determinati con il <b>metodo a chemiluminescenza</b> , che si basa sulla reazione chimica tra il monossido di azoto e l'ozono in grado di produrre una luminescenza caratteristica, di intensità proporzionale alla concentrazione di NO. Per misurare il biossido è necessario ridurlo a monossido tramite un convertitore al molibdeno. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di azoto è il microgrammo al metro cubo (µg/m <sup>3</sup> ).
<b>Situazione generale</b> stabile  	L'introduzione delle marmitte catalitiche non ha ridotto in maniera incisiva la concentrazione di NO <sub>2</sub> che, nell'ultimo decennio, non ha avuto un calo tanto netto quanto il CO. Ciò è dovuto anche al fatto che i motori a benzina non sono l'unica fonte di NO <sub>2</sub> , ma altrettanto importanti sono i veicoli diesel e gli impianti per la produzione d'energia. Nel settore industriale miglioramenti tecnologici hanno permesso di ridurre parzialmente gli apporti emissivi.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
<b>Biossido di Azoto</b>	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup>	18 per anno civile	1 gennaio 2010
	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	-	1 gennaio 2010

## OZONO



<b>Caratteristiche</b> $O_3$	L'Ozono è un gas molto reattivo, fortemente ossidante, di odore pungente caratteristico, la cui molecola è costituita da tre atomi di ossigeno.
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	E' un gas presente nell'atmosfera la cui origine e concentrazione dipende dalla porzione di atmosfera a cui le osservazioni si riferiscono. Negli strati alti dell'atmosfera, la stratosfera, esso è presente naturalmente e svolge un'importante azione protettiva per la salute umana e per l'ambiente, assorbendo un'elevata percentuale delle radiazioni UV provenienti direttamente dal sole. A questo livello l'ozono si produce a partire dalla reazione dell'ossigeno con l'ossigeno nascente (O), prodotto dalla scissione della molecola di ossigeno ad opera delle radiazioni ultraviolette. Negli strati di atmosfera più prossimi alla superficie terrestre, la troposfera, l'ozono si può originare dalla presenza di precursori sia naturali (composti organici volatili biogenici prodotti dalle piante), che antropici (ossidi di azoto e sostanze organiche volatili -VOC- emessi da attività umane), in condizioni meteorologiche caratterizzate da forte irraggiamento, oppure da scariche elettriche in atmosfera.
<b>Tipologia</b> <i>secondario</i>	A livello troposferico l'ozono è un inquinante cosiddetto secondario, cioè non viene emesso direttamente da una sorgente, ma è prodotto dalle complesse trasformazioni chimico fisiche che avvengono in atmosfera tra gli ossidi di azoto e i composti organici volatili. L'insieme dei prodotti di queste reazioni costituiscono il cosiddetto inquinamento fotochimico o <i>smog fotochimico</i> .
<b>Permanenza spazio temporale</b>	L'inquinamento secondario trae generalmente origine da contesti fortemente antropizzati, dove può essere elevata l'emissione di precursori, durante episodi estivi caratterizzati da condizioni meteorologiche stagnanti, quando persistono forte insolazione ed elevate temperature. Gli inquinanti secondari prodotti in queste condizioni possono dar luogo a grandi concentrazioni e fenomeni di accumulo anche a notevole distanze dalle zone di immissione. Per tale motivo l'inquinamento da ozono rappresenta un fenomeno su scala regionale e/o transfrontaliero.
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	I principali effetti sulla salute si riscontrano a carico delle vie respiratorie dove, all'aumentare della concentrazione, possono essere indotti effetti infiammatori di gravità crescente, sino ad una riduzione della funzionalità polmonare. Sugli ecosistemi vegetali gli effetti ossidanti della molecola interferiscono con la funzione clorofilliana e con la crescita delle piante. I materiali, come la gomma e le fibre tessili, subiscono alterazione chimiche che ne compromettono le caratteristiche e la resistenza.
<b>Misura</b> <i>assorbimento</i> <i>caratteristico</i>	La misura dell'ozono sfrutta il metodo basato sull'assorbimento caratteristico che questa molecola presenta verso le radiazioni ultraviolette (UV) ad una lunghezza d'onda di 254 nm (nanometri). La variazione dell'intensità luminosa è direttamente correlata alla concentrazione di $O_3$ ed è misurata da un apposito rivelatore. L'unità di misura con la quale sono espresse le concentrazioni di $O_3$ è il microgrammo al metro cubo ( $\mu g/m^3$ ).
<b>Situazione generale</b>  stabile 	Nonostante l'attuale stabilità del trend delle concentrazioni in atmosfera dei precursori, tra i quali gli ossidi di azoto, l'influenza determinante delle condizioni meteorologiche, fa sì che l'andamento delle concentrazioni di $O_3$ possa variare considerevolmente e sia difficilmente controllabile.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	valore	N° superamenti ammessi
<b>Soglia informazione</b> Protezione della salute umana	Media oraria	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
<b>Soglia di allarme</b> Protezione della salute umana	Media oraria	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	non più di 3 ore consecutive
<b>Valore obiettivo</b> Protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (*)	25 volte per anno civile come media su 3 anni
<b>Valore obiettivo</b> Protezione della vegetazione	Da maggio a luglio	AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ come media sui 5 anni (*)	
<b>Obiettivo a lungo termine</b> Protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
<b>Obiettivo a lungo termine</b> Protezione della vegetazione		AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$	

(\*) il raggiungimento dell'obiettivo sarà valutato nel 2013 (riferimento triennio 2010-2012) per il valore obiettivo di protezione della salute umana e nel 2015 (riferimento quinquennio 2010-2015, per la protezione della vegetazione)

(\*\*) Per AOT40 (espresso in  $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ ) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (=40 parti per miliardo) e 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa centrale (CET)

## BIOSSIDO DI ZOLFO – SO<sub>2</sub>

<b>Caratteristiche</b> SO <sub>2</sub>	Il biossido di zolfo, o anidride solforosa, è un gas incolore, di odore pungente, prodotto dell'ossidazione dello zolfo.			
<b>Fonte :</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	La fonte principale degli ossidi di zolfo (SO <sub>2</sub> e SO <sub>3</sub> ) presenti in atmosfera è di origine <i>naturale</i> . Infatti una percentuale variabile dal 62% all'89% delle emissioni prodotte in Italia <sup>6</sup> è attribuita all' <i>attività vulcanica</i> . Le principali emissioni <i>antropiche</i> di SO <sub>2</sub> derivano invece dai <b>processi di combustione che utilizzano combustibili fossili</b> (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità. In città una fonte significativa è rappresentata dal <b>riscaldamento domestico</b> , mentre solo una percentuale molto bassa di SO <sub>2</sub> proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel.			
<b>Tipologia</b> <i>primario</i>	L'ossido di zolfo è un inquinante primario.			
<b>Permanenza spazio temporale</b>	Il tempo medio di permanenza in atmosfera del biossido di zolfo varia da alcuni giorni a settimane e l'estensione dei fenomeni interessa la scala locale e regionale.			
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	Il biossido di zolfo è un forte <b>irritante delle vie respiratorie</b> . Un'esposizione prolungata a concentrazioni basse può causare patologie all'apparato respiratorio ( <b>asma, tracheiti, bronchiti</b> ) mentre esposizioni di breve durata a concentrazioni elevate possono provocare aumento della frequenza respiratoria e del ritmo cardiaco oltre a irritazione agli occhi, gola e naso. Gli ossidi di zolfo sono i <b>principali responsabili dell'acidificazione delle precipitazioni meteorologiche (piogge acide)</b> che comporta la compromissione degli equilibri degli ecosistemi coinvolti. Sulle piante l'aumento delle concentrazioni di SO <sub>2</sub> provoca <b>danni via via crescenti agli apparati fogliari sino alla necrosi tessutale</b> . L'azione sui <b>materiali</b> interessa maggiormente i <b>metalli</b> , nei quali viene accelerato il <b>fenomeno di corrosione</b> , ed i <b>materiali da costruzione</b> (in particolare di natura calcarea) sui quali l'azione acida, comportando una trasformazione dei carbonati in solfati solubili, <b>diminuisce la resistenza meccanica dei materiali</b> , da cui i conseguenti danneggiamenti dei monumenti e delle facciate degli edifici.			
<b>Misura</b> <i>fluorescenza</i>	Il biossido di zolfo è misurato con un metodo a fluorescenza. L'aria da analizzare è immessa in una apposita camera nella quale sono inviate radiazioni UV a 230-190 nm. Queste radiazioni eccitano le molecole di SO <sub>2</sub> presenti che, stabilizzandosi, emettono delle radiazioni nello spettro del visibile misurate con apposito rivelatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di SO <sub>2</sub> presente nell'aria. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di zolfo è il microgrammo al metro cubo (µg/m <sup>3</sup> ).			
<b>Situazione</b> <i>buona</i>  	Il biossido di zolfo ha rappresentato per molti anni uno dei principali inquinanti dell'aria. Oggi il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili (minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffinazione) ed il sempre più diffuso uso del gas metano hanno diminuito nettamente la sua presenza.			

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
<b>Ossido di Zolfo</b>	1 ora	350 µg/m <sup>3</sup>	24 per anno civile	1 gennaio 2005
	1 giorno	125 µg/m <sup>3</sup>	3 per anno civile	1 gennaio 2005

<sup>6</sup> ISPRA -inventario emissioni in atmosfera-CONAIR IPPC- dati 1980-2008

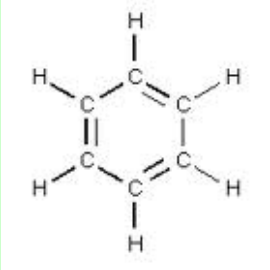


## MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

<b>Caratteristiche</b>  CO	Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore, infiammabile, e molto tossico. Viene generato durante la combustione di materiali organici, come intermedio di reazione, quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. Il monossido di carbonio è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera.
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Le principali fonti naturali sono agli <b>incendi boschivi</b> , <b>le eruzioni dei vulcani</b> , <b>le emissioni da oceani e paludi</b> . La fonte antropica più significativa è rappresentata dal <b>traffico veicolare</b> , in particolare dalle emissioni prodotte dagli autoveicoli a benzina in condizioni tipiche di traffico urbano rallentato (motore al minimo, fasi di decelerazione, ecc...): per questi motivi viene identificato come tracciante di inquinamento veicolare. Altre fonti sono gli <b>impianti di riscaldamento domestico</b> , <b>le centrali termoelettriche</b> , <b>gli inceneritori di rifiuti</b> , per i quali il contributo emissivo risulta minore in quanto la combustione avviene in condizioni più controllate.
<b>Tipologia</b> <i>primario</i>	Il monossido di carbonio viene emesso come tale in atmosfera.
<b>Permanenza spazio temporale</b>	Nonostante il tempo di permanenza in atmosfera sia elevato (anni), meccanismi di rimozione naturali (assorbimento da parte di terreno, delle piante, ossidazione in atmosfera) limitano prevalentemente a scala locale, urbana, l'azione inquinante del monossido di carbonio.
<b>Effetti</b> <i>salute</i>	Sull'uomo il monossido di carbonio ha effetti particolarmente pericolosi in quanto forma con l'emoglobina del sangue la carbossiemoglobina, un composto fisiologicamente inattivo, che impedisce l'ossigenazione dei tessuti, ed è in grado di produrre, <b>ad elevate concentrazioni, esiti letali</b> . A <b>basse concentrazioni provoca emicranie, vertigini, e sonnolenza</b> . Essendo inodore e incolore, è un inquinante insidioso soprattutto nei luoghi chiusi dove si può accumulare in concentrazioni elevate. Sull'ambiente ha effetti trascurabili.
<b>Misure</b> <i>Assorbimento IR</i>	Il CO è analizzato mediante assorbimento di Radiazioni Infrarosse (IR). La tecnica di misura si basa sull'assorbimento, da parte delle molecole di CO, di radiazioni IR e la variazione dell'intensità delle IR è proporzionale alla concentrazione di CO. L'unità di misura utilizzata per esprimere la concentrazione di Monossido di Carbonio è il milligrammo al metro cubo (mg/m <sup>3</sup> ).
 <b>Situazione generale</b> <i>buona</i> 	Il CO ha avuto, negli ultimi trent'anni, un nettissimo calo delle concentrazioni rilevate in atmosfera dovuto allo sviluppo tecnologico nel settore automobilistico che ha portato ad un aumento dell'efficienza nei motori e l'introduzione delle marmitte catalitiche. Ciò ha fatto sì che nonostante il numero crescente degli autoveicoli in circolazione, e quindi un aumento delle emissioni, la concentrazione si riducesse in modo significativo. Ulteriori miglioramenti si otterranno quando le auto a benzina non catalizzate saranno completamente sostituite con veicoli dotati di marmitta catalitica.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
<b>Monossido di carbonio</b>	Media massima giornaliera calcolata sulle 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	-	1 gennaio 2005



## BENZENE

<p><b>Caratteristiche</b> <math>C_6H_6</math></p> 	<p>Il benzene è un idrocarburo aromatico, che si presenta a temperatura ambiente come un liquido incolore, dal tipico odore aromatico, in grado di evaporare velocemente. Si ottiene prevalentemente come prodotto della distillazione del petrolio. Viene impiegato come materia prima per numerosi composti secondari, a loro volta impiegati per produrre plastiche, resine, detersivi, pesticidi, intermedi per l'industria farmaceutica, vernici, collanti, inchiostri, adesivi e prodotti per la pulizia. E' utilizzato per conferire proprietà antidetonanti nelle benzine "verdi".</p>
<p><b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i></p>	<p>In natura il benzene viene prodotto negli <b>incendi boschivi</b> e durante le <b>eruzioni vulcaniche</b>, ma le concentrazioni in atmosfera prodotte da queste fonti sono quantitativamente irrilevanti. La fonte principale è di natura antropica. La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai <b>gas di scarico degli autoveicoli</b>, in particolare dei veicoli <b>alimentati a benzina</b>: stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene. Una fonte importante, in ambienti indoor, è rappresentato dal <b>fumo di tabacco</b>.</p>
<p><b>Tipologia</b> <i>primario</i></p>	<p>E' un inquinante primario.</p>
<p><b>Permanenza spazio</b> <b>temporale</b></p>	<p>Il benzene rilasciato in atmosfera si trova prevalentemente in fase vapore, non è soggetto direttamente a fotolisi, ma reagisce con gli idrossi-radicali prodotti fotochimicamente. Il tempo teorico di dimezzamento della concentrazione è di circa 13 giorni, ma in atmosfera inquinata, in presenza di ossidi di azoto o zolfo, l'emivita si riduce a 4 – 6 ore.</p>
<p><b>Effetti</b> <i>salute</i></p>	<p>Il benzene è tossico, molto irritante per pelle, occhi e mucose ed è inserito dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) tra le sostanze con sufficiente evidenza di <b>cancerogenicità per l'uomo</b>. La principale via di esposizione per l'uomo è l'inalazione, a causa della notevole volatilità del benzene.</p>
<p><b>Misura</b> <i>Gasromatografia PID</i></p>	<p>Le misure sono effettuate mediante un sistema gascromatografico, dotato di rivelatore a fotoionizzazione. L'unità di misura con la quale si misura la concentrazione di benzene è il microgrammo al metro cubo (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>).</p>
<p><b>Situazione</b> <b>generale</b> <i>buona</i></p>  	<p>Le concentrazioni di benzene in atmosfera si sono significativamente ridotte nell'ultimo decennio a seguito delle pesanti limitazioni al suo uso come solvente, alla riduzione del suo contenuto nella benzina nonché all'aumento della percentuale di auto catalizzate sul totale di quelle circolanti.</p>

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
Benzene	Anno civile	$5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	1 gennaio 2010