



Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente

Settore Monitoraggi Ambientali

Centro Regionale Monitoraggio Qualità dell'Aria

# CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

## COMUNE DI CAVERNAGO

17 settembre 2016 – 18 ottobre 2016

COMUNE DI CAVERNAGO PROT. N. 2556 DEL 27-04-2017 arrivo CAT. 6CL. 9



**Autori:**

Lucio Corrente, Anna De Martini

## **Campagna di Misura della Qualità dell’Aria**

COMUNE DI CAVERNAGO

### **Gestione e manutenzione tecnica della strumentazione:**

Saverio Bergamelli, Lucio Corrente, Luca Vergani

### **Testo ed elaborazione dei dati:**

Lucio Corrente, Anna De Martini

### **Visto**

Il Responsabile del CRMQA

Vorne Gianelle

## Campagna di Misura della Qualità dell'Aria

COMUNE DI CAVERNAGO

<b>Introduzione</b>	pag. 4
<b>Misure e strumentazione</b>	pag. 4
<b>I principali inquinanti atmosferici</b>	pag. 5
<b>Normativa</b>	pag. 9
<b>Campagna di Misura</b>	pag. 11
<b>Sito di Misura</b>	pag. 11
<b>Emissioni sul territorio</b>	pag. 133
<b>Situazione meteorologica nel periodo di misura</b>	pag. 22
<b>Andamento inquinanti nel periodo di misura e confronto con i dati rilevati da postazioni fisse</b>	pag. 31
<b>Conclusioni</b>	pag. 54
<b>Allegato 1 - Dati Orari</b>	pag. 55
<b>Allegato 2 - Dati Giornalieri</b>	pag. 73
<b>Allegato 3 – Legna da ardere?</b>	pag. 75

## Introduzione

Nel Comune di Cavernago non è presente alcuna stazione della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA). Il Centro Regionale Monitoraggio Qualità dell'Aria (CRMQA), su richiesta del Comune, ha condotto una campagna di monitoraggio con lo scopo di valutare la qualità dell'aria in un sito rappresentativo della situazione diffusa nel territorio comunale. Inoltre, i dati rilevati a Cavernago sono stati confrontati quelli delle postazioni della RRQA.

In accordo con il Comune, è stata scelta una postazione idonea all'installazione della stazione mobile ARPA nella piazza S. D'Acquisto, davanti al Municipio. Per tener conto della stagionalità dell'inquinamento atmosferico, la campagna è stata programmata in due parti, una primaverile ed una autunnale. La prima è stata effettuata dal 2 marzo al 6 aprile 2016. I risultati sono già stati pubblicati. In questa relazione si riportano gli esiti della seconda parte, effettuata dal 17 settembre al 18 ottobre 2016.

## Misure e strumentazione

Le misure sono state effettuate, come detto poco sopra, mediante un laboratorio mobile, provvisto di vari analizzatori automatici. La strumentazione utilizzata dal laboratorio mobile è del tutto simile a quella presente nelle stazioni fisse della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA) e risponde alle caratteristiche previste dalla legislazione vigente (D. Lgs. 155/2010). In particolare, il laboratorio mobile è provvisto di strumenti per misurare:

- biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>);
- monossido di carbonio (CO);
- ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>);
- ozono (O<sub>3</sub>);
- benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>);
- PM10.

La concentrazione in massa del particolato atmosferico, raccolto su opportuni filtri, è stata successivamente determinata mediante metodo gravimetrico, descritto nella norma UNI EN 1234:2014 e indicato come riferimento dalla legislazione vigente (D. Lgs. 155/2010).

Il sito di misura prescelto rispetta i criteri di rappresentatività indicati per il posizionamento delle stazioni di rilevamento nell'Allegato III del D. Lgs. 155/2010.

In particolare, in riferimento all'ubicazione su microscala del punto di monitoraggio, si stabilisce che:

- l'ingresso della sonda di prelievo deve essere libero da qualsiasi ostruzione per un angolo di almeno 270° e il campionatore deve essere posto a una distanza di alcuni metri rispetto edifici, balconi, alberi e altri ostacoli;
- il punto di ingresso della sonda di prelievo deve essere collocato ad un'altezza compresa tra 1.5 e 4 m sopra il livello del suolo;

- il punto di ingresso della sonda non deve essere posizionato nelle immediate vicinanze di fonti di emissione al fine di evitare l'aspirazione diretta di emissioni non disperse nell'aria ambiente;
- nelle stazioni di misurazione da traffico la localizzazione del punto prelievo deve avvenire ad almeno 4 m di distanza dal centro della corsia di traffico più vicina, a non oltre 10 m dal bordo stradale e ad almeno 25 m di distanza dal limite dei grandi incroci.

## I principali inquinanti atmosferici

Gli inquinanti che si trovano dispersi in atmosfera possono essere divisi, schematicamente, in due gruppi: inquinanti primari e secondari. I primi sono emessi nell'atmosfera direttamente da sorgenti di emissione antropogeniche o naturali, mentre gli altri si formano in atmosfera in seguito a reazioni chimiche che coinvolgono altre specie, primarie o secondarie.

Le concentrazioni di un inquinante primario dipendono significativamente dalla distanza tra il punto di misura e le sorgenti, mentre le concentrazioni di un inquinante secondario, essendo prodotto dai suoi precursori già dispersi nell'aria ambiente, risultano in genere diffuse in modo più omogeneo sul territorio.

Si descrivono di seguito le caratteristiche degli inquinanti atmosferici misurati con il laboratorio mobile.

### Il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)

Il biossido di zolfo, un tempo denominata anidride solforosa, è un gas incolore, dall'odore pungente, irritante e molto solubile in acqua. La presenza in aria di SO<sub>2</sub> è da ricondursi alla combustione di combustibili fossili contenenti zolfo, utilizzati per lo più per la produzione di energia elettrica o termica. Tracce di biossido di zolfo possono essere presenti anche nelle emissioni autoveicolari che utilizzano combustibili meno raffinati. Il biossido di zolfo è quindi di un inquinante primario emesso per lo più a quota "camino". Dal 1970 a oggi la tecnologia ha reso disponibili combustibili a basso tenore di zolfo, il cui utilizzo è stato imposto dalla normativa. Le concentrazioni di biossido di zolfo rispettano così i limiti legislativi previsti già da diversi anni. Inoltre, grazie al passaggio degli impianti di riscaldamento al gas naturale, le concentrazioni negli ultimi anni si sono ulteriormente ridotte. Sporadici episodi a concentrazioni più elevate possono talvolta verificarsi nei pressi degli impianti di raffinazione dei combustibili in conseguenza di problemi impiantistici.

### Gli ossidi di azoto (NO e NO<sub>2</sub>)

Gli ossidi di azoto (nel complesso indicati anche come NO<sub>x</sub>) sono emessi direttamente in atmosfera dai processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali di potenza, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, per l'ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili utilizzati.

All'emissione, gran parte degli NO<sub>x</sub> è in forma di monossido di azoto (NO), con un rapporto NO/NO<sub>2</sub> notevolmente a favore del primo. Si stima che il contenuto di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) nelle emissioni sia tra il 5% e il 10% del totale degli ossidi di azoto. L'NO, una volta diffusosi in atmosfera può ossidarsi e portare alla formazione di NO<sub>2</sub>. L'NO è quindi un inquinante primario mentre l'NO<sub>2</sub> ha caratteristiche prevalentemente di inquinante secondario.

Il monossido di azoto (NO) non è soggetto a normativa in quanto, alle concentrazioni tipiche misurate in aria ambiente, non provoca effetti dannosi sulla salute e sull'ambiente. Se ne misurano comunque i livelli poiché, attraverso la sua ossidazione in NO<sub>2</sub> e la sua partecipazione ad altri processi fotochimici, contribuisce, tra

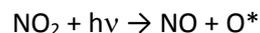
altro, alla produzione di ozono troposferico. Il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) è un gas di colore rosso bruno, dall'odore forte e pungente, altamente tossico e irritante. Essendo più denso dell'aria tende a rimanere a livello del suolo. Per il biossido di azoto sono previsti valori limite, riassunti in tabella 1.

### **Il monossido di carbonio (CO)**

Il monossido di carbonio è un gas inodore, incolore, infiammabile e tossico. Ha origine da processi di combustione incompleta di composti contenenti carbonio. È un gas la cui origine, soprattutto nelle aree urbane, è da ricondursi prevalentemente al traffico autoveicolare, soprattutto ai veicoli a benzina. Le emissioni di CO dai veicoli sono maggiori in fase di accelerazione e di traffico congestionato. Si tratta quindi di un inquinante primario e le sue concentrazioni sono strettamente legate ai flussi di traffico locali, e gli andamenti giornalieri rispecchiano quelli del traffico, raggiungendo i massimi valori in concomitanza delle ore di punta a inizio e fine giornata, soprattutto nei giorni feriali. Durante le ore centrali della giornata i valori tendono a calare, grazie anche a una migliore capacità dispersiva dell'atmosfera. È da sottolineare che le concentrazioni di CO sono in calo, soprattutto grazie al progressivo miglioramento della tecnologia dei motori a combustione.

### **L'ozono (O<sub>3</sub>)**

L'Ozono è un inquinante secondario, che non ha sorgenti emissive dirette di rilievo. La sua formazione avviene in seguito a reazioni chimiche in atmosfera tra i suoi precursori (soprattutto ossidi di azoto e composti organici volatili), reazioni che avvengono in presenza di alte temperature e forte irraggiamento solare. Queste reazioni portano alla formazione di un insieme di diversi composti, tra i quali, oltre all'ozono, nitrati e solfati (costituenti del particolato fine), perossiacetilnitrato (PAN), acido nitrico e altro ancora, che nell'insieme costituiscono il tipico inquinamento estivo detto smog fotochimico. A differenza degli inquinanti primari, le cui concentrazioni dipendono direttamente dalle quantità dello stesso inquinante emesse dalle sorgenti presenti nell'area, la formazione di ozono è quindi più complessa. La chimica dell'ozono ha come punto di partenza la presenza di ossidi di azoto, che vengono emessi in grandi quantità nelle aree urbane. Sotto l'effetto della radiazione solare la formazione di ozono avviene in conseguenza della fotolisi del biossido di azoto:

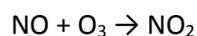


dove  $h\nu$  rappresenta la radiazione solare e  $\text{O}^*$  l'ossigeno monoatomico nello stato eccitato.

L'ossigeno atomico  $\text{O}^*$ , reagisce rapidamente con l'ossigeno molecolare dell'aria, in presenza di una terza molecola che non entra nella reazione vera e propria, ma assorbe l'eccesso di energia vibrazionale stabilizzando la molecola di ozono che si è formata:



Una volta generato, l'ozono reagisce con l'NO, e rigenera NO<sub>2</sub>:



Le tre reazioni descritte formano un ciclo chiuso che, da solo, non sarebbe sufficiente a causare gli alti livelli di ozono che possono essere misurati in condizioni favorevoli alla formazione di smog fotochimico. La

presenza di altri inquinanti, quali ad esempio gli idrocarburi, fornisce una diversa via di ossidazione del monossido di azoto, che provoca una produzione di NO

senza consumare ozono, di fatto spostando l'equilibrio del ciclo visto sopra e consentendo l'accumulo dell'O<sub>3</sub>.

Le concentrazioni di ozono raggiungono i valori più elevati nelle ore pomeridiane delle giornate estive soleggiate. Inoltre, dato che l'ozono si forma durante il trasporto delle masse d'aria contenenti i suoi precursori, emessi soprattutto nelle aree urbane, le concentrazioni più alte si osservano soprattutto nelle zone extraurbane sottovento rispetto ai centri urbani principali. Nelle città, inoltre, la presenza di NO tende a far calare le concentrazioni di ozono, soprattutto in vicinanza di strade con alti volumi di traffico.

### **Il particolato atmosferico**

Un aerosol è definito come la miscela di particelle solide o liquide e il gas nel quale esso sono sospese; il termine particolato (particulate matter, PM) individua l'insieme dei corpuscoli presenti nell'aerosol. Con particolato atmosferico si fa quindi riferimento al complesso e dinamico insieme di particelle, con l'esclusione dell'acqua, disperse in atmosfera per tempi sufficientemente lunghi da subire fenomeni di diffusione e trasporto. L'insieme delle particelle aerodisperse si presenta con una grande varietà di caratteristiche fisiche, chimiche, geometriche e morfologiche. Le sorgenti possono essere di tipo naturale (erosione del suolo, spray marino, vulcani, incendi boschivi, dispersione di pollini, etc.) o antropiche (industrie, riscaldamento, traffico veicolare e processi di combustione in generale). Può essere di tipo primario se immesso in atmosfera direttamente dalla sorgente o secondario se si forma successivamente, in seguito a trasformazioni chimico-fisiche di altre sostanze. I maggiori componenti del particolato atmosferico sono il solfato, il nitrato, l'ammoniaca, il cloruro di sodio, il carbonio e le polveri minerali. Si tratta, dunque, di un inquinante molto diverso da tutti gli altri, presentandosi non come una specifica entità chimica ma come una miscela di particelle dalle più svariate proprietà. Anche il destino delle particelle in atmosfera è molto vario, in relazione alla loro dimensione e composizione; tuttavia i fenomeni di deposizione secca e umida sono quelli principali per la rimozione delle polveri aerodisperse.

Il particolato atmosferico ha un rilevante impatto ambientale: sul clima, sulla visibilità, sulla contaminazione di acqua e suolo, sugli edifici e sulla salute di tutti gli esseri viventi. Soprattutto gli effetti che può avere sull'uomo destano maggiore preoccupazione e interesse, per questo è fondamentale conoscere in che modo interagisce con l'organismo umano alterandone il normale equilibrio. In particolare, le particelle più piccole riescono a penetrare più a fondo nell'apparato respiratorio. Quindi, è importante capire quali e quante particelle sono in grado di penetrare nel corpo umano, a che profondità riescono ad arrivare e che tipo di sostanze possono trasportare. A esempio, la tossicità del particolato può essere amplificata dalla capacità di assorbire sostanze gassose come gli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) e i metalli pesanti, alcuni dei quali sono potenti agenti cancerogeni.

Per definizione, una particella è un aggregato di molecole, anche eterogenee, in grado di mantenere le proprie caratteristiche fisiche e chimiche per un tempo sufficientemente lungo da poterla osservare e tale da consentire alla stesse di partecipare a processi fisici e/o chimici come entità a sé stante. All'interno del particolato atmosferico le particelle possono avere dimensioni che variano anche di 5 ordini di grandezza (da 10 nm a 100 µm), oltre che diverse forme e per lo più irregolari. Al fine di valutare l'impatto del particolato sulla salute umana, è quindi necessario individuare uno o più sottoinsiemi di particelle che, in base alla loro dimensione, abbiano diverse capacità di penetrazione nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe) piuttosto che nelle parti più profonde dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi, alveoli polmonari). Per

poter procedere alla classificazione in relazione alla dimensione viene definito il così detto diametro aerodinamico equivalente, ovvero il diametro di una particella sferica di densità unitaria che ha le stesse caratteristiche aerodinamiche (velocità di sedimentazione) della particella in esame.

Considerata la normativa europea (UNI EN12341/2014), si definisce PM10 la frazione di particelle raccolte con strumentazione avente efficienza di selezione e raccolta stabilita dalla norma e pari al 50% per il diametro aerodinamico di 10 µm. Spesso, sebbene in modo improprio, il PM10 viene considerato come la frazione di particelle con diametro uguale o inferiore a 10 µm.). La legislazione europea e nazionale (D. Lgs. 155/2010) ha definito per il PM10 un valore limite sulle medie annuali ed un valore limite sulla concentrazione giornaliera.

### Benzene

Idrocarburo che si presenta come un liquido incolore, volatile, infiammabile, ha odore gradevole, sapore bruciante, è insolubile in acqua. È largamente usato come ottimo solvente di molte sostanze organiche (alcaloidi, gomma, resine, grassi etc.), in miscele carburanti (con benzina), come materia prima per la produzione di alcuni importanti composti (etilbenzene, cumene, cicloesano, anilina etc.), usati nella preparazione di materie plastiche, detergenti, fibre tessili, coloranti etc.

Nella Tabella 1 sono riassunte, per ciascuno dei principali inquinanti atmosferici, le principali sorgenti di emissione.

Tabella 1: Sorgenti emissive dei principali inquinanti.

Inquinanti	Principali sorgenti di emissione
Biossido di Zolfo* SO <sub>2</sub>	Impianti riscaldamento, centrali di potenza, combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo (gasolio, carbone, oli combustibili)
Biossido di Azoto*/** NO <sub>2</sub>	Impianti di riscaldamento, traffico autoveicolare (in particolare quello pesante), centrali di potenza, attività industriali (processi di combustione per la sintesi dell'ossigeno e dell'azoto atmosferici)
Monossido di Carbonio* CO	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta dei combustibili fossili)
Ozono** O <sub>3</sub>	Non ci sono significative sorgenti di emissione antropiche in atmosfera
Particolato Fine*/** PM10	È prodotto principalmente da combustioni e per azioni meccaniche (erosione, attrito, ecc.) ma anche per processi chimico-fisici che avvengono in atmosfera a partire da precursori anche in fase gassosa.
Idrocarburi non Metanici* (IPA, Benzene)	Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta, in particolare di combustibili derivati dal petrolio), evaporazione dei carburanti, alcuni processi industriali

\* = Inquinante Primario (generato da emissioni dirette in atmosfera dovute a fonti naturali e/o antropogeniche)

\*\* = Inquinante Secondario (prodotto in atmosfera attraverso reazioni chimiche)

## Normativa

Il Decreto Legislativo n. 155 del 13/08/2010 recepisce la Direttiva Europea 2008/50/CE e abroga la normativa precedente riguardo i principali inquinanti atmosferici (D.P.C.M. 28/03/83, D.P.R. 203/88, D.M. 25/11/94, D.M. 60/02, D. Lgs. 183/04) istituendo un quadro normativo unitario in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria.

Al fine di salvaguardare la salute umana e l'ambiente, stabilisce limiti di concentrazione, a lungo e a breve termine, a cui attenersi.

Per valore limite si intende il livello ovvero la concentrazione di un inquinante fissata al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso che non deve essere superato.

Il valore obiettivo è il livello fissato per 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.

Per livello critico si intende il livello ovvero la concentrazione di un inquinante oltre il quale possono sussistere effetti negativi diretti sui recettori quali gli alberi, le altre piante o gli ecosistemi ambientali esclusi gli esseri umani.

La soglia di allarme e la soglia di informazione sono le concentrazioni dell'inquinante oltre le quali sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata rispettivamente per la popolazione nel suo complesso e per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione. La Tabella 2 riassume i limiti previsti dalla normativa per il PM10 e gli elementi rilevati in queste campagne di monitoraggio: da questa si capisce che per alcuni inquinanti non è possibile esprimersi formalmente sul superamento di valori limite/obiettivo con campagne di breve durata, essendo questi riferiti a medie annuali. Tuttavia il confronto tra quanto rilevato nella campagna e quanto misurato con continuità da anni nelle diverse stazioni fisse della RRQA consente di valutare le differenze tra i siti e quindi la probabilità di superamento anche dei valori limiti annuali.

Tabella 2: Valori limite e obiettivo, soglie di informazione e allarme dei principali inquinanti secondo il D. Lgs. 155/10.

Biossido di zolfo	Valore limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Periodo di mediazione
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile) <b>350</b>	1 ora
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile) <b>125</b>	24 ore
	Livello critico per la protezione della vegetazione <b>20</b>	Anno civile e inverno (1 ott – 31 mar)
	Soglia di allarme <b>500</b>	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)

Biossido di azoto	Valore limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Periodo di mediazione
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile) <b>200</b>	1 ora

Valore limite protezione salute umana	<b>40</b>	Anno civile
Soglia di allarme	<b>400</b>	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)

Ossidi di azoto	Valore limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Periodo di mediazione
Livello critico per la protezione della vegetazione	<b>30</b>	Anno civile

Monossido di carbonio	Valore limite ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Periodo di mediazione
Valore limite protezione salute umana	<b>10</b>	8 ore

Ozono	Valore limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Periodo di mediazione
Valore obiettivo per la protezione della salute umana (da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni)	<b>120</b>	8 ore
Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	<b>18000</b>	AOT40 <sup>1</sup> (mag-lug) su 5 anni
Soglia di informazione	<b>180</b>	1 ora
Soglia di allarme	<b>240</b>	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)

Particolato fine PM10	Valore limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Periodo di mediazione
Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile)	<b>50</b>	24 ore
Valore limite protezione salute umana	<b>40</b>	Anno civile

Benzene	Valore limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Periodo di mediazione
Valore limite	<b>5</b>	Anno civile

<sup>1</sup> Per AOT40 (1) si intende la somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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. Il dato presentato è stimato sulla base di un rendimento teorico del 100% a partire dall'AOT40 misurato, rinormalizzato al periodo di effettivo funzionamento secondo quanto previsto dall'Allegato VII punto 1 del D. Lgs. 155/2010. Si considerano solo le stazioni sub-urbane (fondo), rurali, rurali di fondo.

## Campagna di Misura

### Sito di Misura

Il comune di Cavernago si estende su una superficie di circa 7.65 km<sup>2</sup> ed è posto a circa 200 metri sul livello del mare; sorge in pianura, sulla sponda sinistra del fiume Serio, a sud-est di Bergamo. La parte occidentale del territorio comunale rientra nell'area del "Parco regionale del Serio". È un centro di 2624 abitanti (al 1 gennaio 2016, fonte ISTAT), con densità abitativa di 342.23 ab. /km<sup>2</sup>. Il capoluogo comunale dista 12 Km da Bergamo, cui è collegato dalla Strada Statale Soncinese. Confina con i comuni di Seriate, Calcinato, Ghisalba, Cologno, Urgnano e Zanica. È attraversato dalla statale n. 498, e dista circa 3 km dall'autostrada A4 Torino - Venezia. La sua economia si basa su di un modesto sviluppo industriale (rappresentato da fabbriche metal meccaniche, da mobilifici e da imprese edili), accanto alle tradizionali attività agricole.

La scelta del sito di misura all'interno del territorio comunale viene fatta cercando di rispettare determinati criteri. Prima di tutto bisogna tenere conto di qual è lo scopo della campagna che si deve effettuare, cioè quali inquinanti e sorgenti si intendono monitorare e quali sono i ricettori da considerare. Individuata la zona si deve verificare quali posizioni rispondono alle necessità dettate dalla normativa (Allegato III del D. Lgs. 155/10 riguardo all'ubicazione delle stazioni di misura) e dalla logistica (spazi e alimentazione per gli strumenti, accessibilità, etc.). Infine, è importante che il luogo individuato rispetti tutte le norme di sicurezza, sia per le persone che per gli strumenti.

Tenuto conto di quanto detto, il campionamento è stato effettuato in prossimità della Piazza S. Acquisto (Latitudine: 45°37'29.84"N, Longitudine: 9°45'43.45"E), in cui è sito il Municipio. Si tratta di un'area sufficientemente aperta, lontana da vie trafficate e da ogni fonte diretta d'inquinamento, così da essere rappresentativa della qualità dell'aria del comune di Cavernago. Nelle Figure 1÷4 si riporta a diverse scale la localizzazione dei siti di misura.

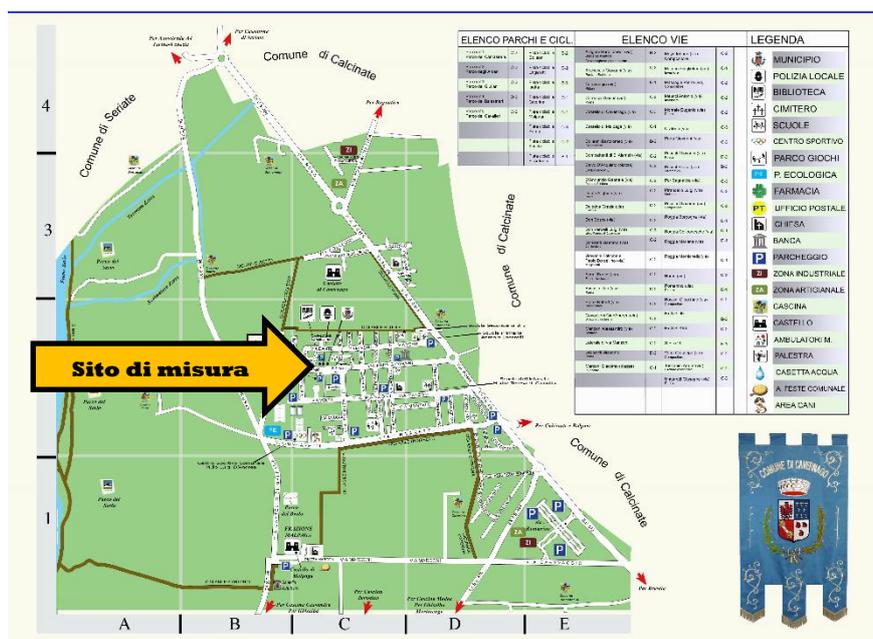


Figura 1: Comune di Cavernago

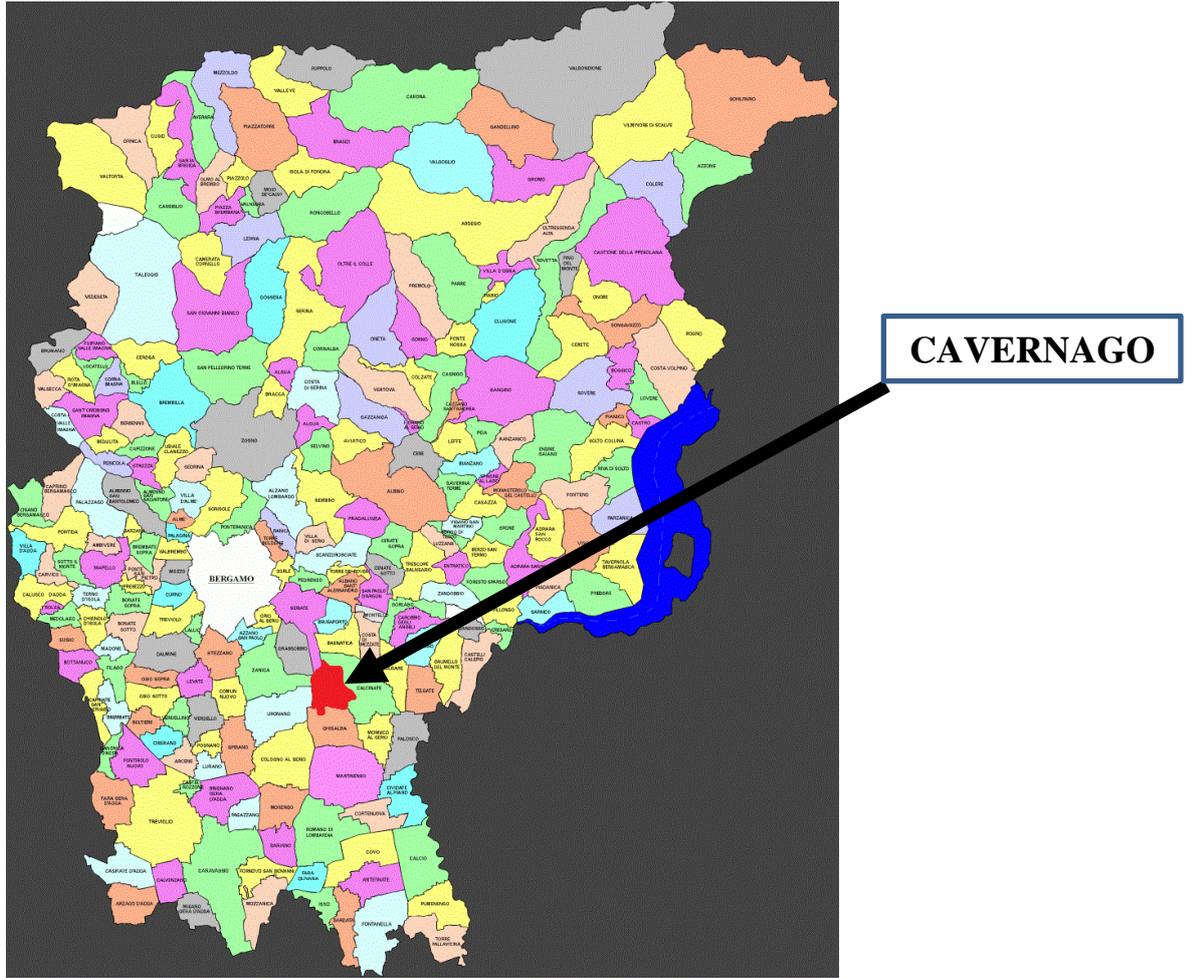


Figura 2: Posizione del comune di Cavernago nella provincia di Bergamo.

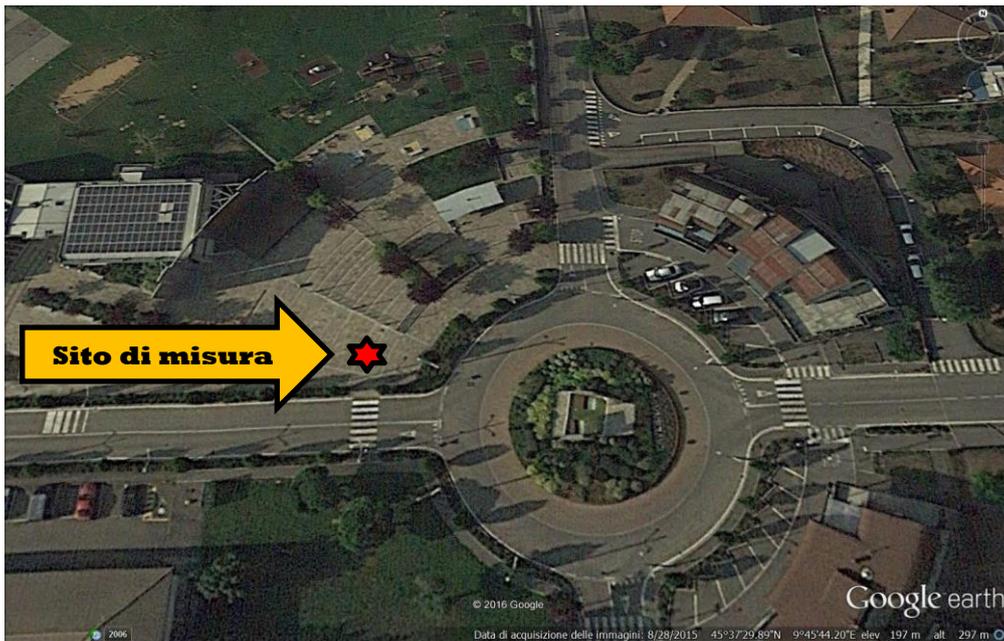


Figura 3: Immagine satellite del sito di misura.



Figura 4: sito di misura.

### Emissioni sul territorio

Prima di presentare i risultati delle misure effettuate si è ritenuto opportuno verificare la “pressione ambientale” dal punto di vista della qualità dell’aria che subisce il territorio comunale, attraverso la verifica delle sorgenti di emissione.

Per la stima delle principali sorgenti emissive sul territorio comunale di Cavernago è stato utilizzato l’inventario regionale delle emissioni INEMAR (INventario EMISSIONI ARia), nella sua versione più recente “Emissioni in Lombardia nel 2012”.

L’inventario INEMAR, seguendo le impostazioni derivanti dalle esperienze nazionali e internazionali, è realizzato in base alle informazioni bibliografiche e tramite la partecipazione ai gruppi di coordinamento nazionali e internazionali. Le stime delle emissioni in atmosfera sono tipicamente soggette a grandi incertezze, dovute a numerose cause distribuite lungo tutta la procedura di stima. In particolare, un inventario regionale, per sua natura, non può considerare tutte le specificità locali e può soffrire di una incompleta qualità delle informazioni statistiche disponibili, inoltre, il soggetto delle emissioni è in continuo “movimento” cioè in trasformazione.

L’inventario INEMAR fornisce dunque una “fotografia” delle emissioni e va considerato come un “database anagrafico” delle sorgenti presenti sul territorio con relativa stima delle quantità emesse. Tuttavia, non può essere utilizzato come un puro e unico indicatore della qualità dell’aria di una specifica zona, in quanto non può tenere conto dell’interazione che le sostanze emesse possono avere con l’atmosfera, la meteorologia o l’orografia del territorio. In particolare, il vento, la pioggia, etc. trasportano, disperdono o depositano gli

inquinanti emessi alla fonte in tutto il territorio circostante, così che la qualità dell'aria dipende non solo dalle sorgenti locali ma dall'insieme degli inquinanti emessi in tutto il bacino territoriale e dalle loro interazioni. Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emissive. La classificazione utilizzata fa riferimento ai macrosettori definiti secondo la metodologia CORINAIR (CORE INVENTORY of AIR emissions) dell'Agenzia Europea per l'Ambiente:

- Produzione energia e trasformazione combustibili
- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Processi produttivi
- Estrazione e distribuzione combustibili
- Uso di solventi
- Trasporto su strada
- Altre sorgenti mobili e macchinari
- Trattamento e smaltimento rifiuti
- Agricoltura
- Altre sorgenti e assorbimenti

Maggiori informazioni e una descrizione più dettagliata in merito all'inventario regionale sono disponibili sul sito web <http://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/Inemar/WebHome>.

Nel presente testo, con i dati di INEMAR è stato possibile definire per Cavernago i contributi dei singoli macrosettori alle emissioni in atmosfera di:

- Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)
- Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)
- Composti Organici Volatili (COV)
- Monossido di carbonio (CO)
- Particolato atmosferico (PM10)
- Precursori dell'ozono

Nelle Tabelle 3 e 4 sono riportati per ciascun inquinante, sia in termini percentuali che assoluti, i confronti tra le stime dei carichi emissivi riferiti all'insieme dell'area comunale e del suo bacino aerografico. Per bacino aerografico si intende la porzione di territorio le cui emissioni possono influenzare direttamente il sito oggetto di monitoraggio. Nella pianura Padana il bacino aerografico può essere individuato nell'area compresa entro 20 km di raggio dal comune. L'area del bacino aerografico di Cavernago è rappresentata in Figura 5 con alcune delle sue caratteristiche territoriali essenziali ed è costituito da 150 comuni ricadenti nelle diverse provincie di Bergamo, Brescia, Cremona e Milano, per un'area di 1326.2 km<sup>2</sup> ed una popolazione di 1,033.306 abitanti.

La lista dei comuni ricadenti nel Bacino Aerografico, suddiviso per provincia è riportata di seguito:

**Provincia di Bergamo:** Adrara San Martino, Adrara San Rocco, Albano Sant'Alessandro, Albino, Almè, Almenno San Bartolomeo, Almenno San Salvatore, Alzano Lombardo, Ambivere, Antegnate, Arcene, Aviatico,

Azzano San Paolo, Bagnatica, Barbata, Bariano, Barzana, Bergamo, Berzo San Fermo, Bianzano, Bolgare, Boltiere, Bonate Sopra, Bonate Sotto, Borgo di Terzo, Brembate, Brembate di Sopra, Brignano Gera d'Adda, Brusaporto, Calcinate, Calcio, Calvenzano, Canonica d'Adda, Capriate San Gervasio, Caravaggio, Carobbio degli Angeli, Casazza, Castelli Calepio, Castel Rozzone, Cavernago, Cenate Sopra, Cenate Sotto, Cene, Chignolo d'Isola, Chiuduno, Ciserano, Civate al Piano, Cologno al Serio, Comun Nuovo, Cortenuova, Costa di Mezzate, Covo, Credaro, Curno, Dalmine, Entratico, Fara Gera d'Adda, Fara Olivana con Sola, Filago, Fiorano al Serio, Fontanella, Foresto Sparso, Fornovo San Giovanni, Gandosso, Gaverina Terme, Gazzaniga, Ghisalba, Gorlago, Gorle, Grassobbio, Grone, Grumello del Monte, Isso, Lallio, Levate, Lurano, Luzzana, Madone, Mapello, Martinengo, Misano di Gera d'Adda, Monasterolo del Castello, Montello, Morengo, Mornico al Serio, Mozzanica, Mozzo, Nembro, Orio al Serio, Osio Sopra, Osio Sotto, Pagazzano, Paladina, Palosco, Pedrengo, Pognano, Ponteranica, Ponte San Pietro, Pontirolo Nuovo, Pradalunga, Predore, Presezzo, Pumenengo, Ranica, Romano di Lombardia, San Paolo d'Argon, Sarnico, Scanzorosciate, Selvino, Seriate, Sorisole, Spinone al Lago, Spirano, Stezzano, Telgate, Terno d'Isola, Torre Boldone, Torre de' Roveri, Trescore Balneario, Treviglio, Treviolo, Ugnano, Valbrembo, Verdellino, Verdello, Viadanica, Vigano San Martino, Villa d'Almè, Villa di Serio, Villongo, Zandobbio, Zanica, Zogno.

**Provincia di Brescia:** Adro, Capriolo, Castelcovati, Chiari, Coccaglio, Cologne, Corte Franca, Erbusco, Palazzolo sull'Oglio, Paratico, Pontoglio, Rovato, Rudiano, Urago d'Oglio.

**Provincia di Cremona:** Castel Gabbiano.

**Provincia di Milano:** Trezzo sull'Adda, Vaprio d'Adda.

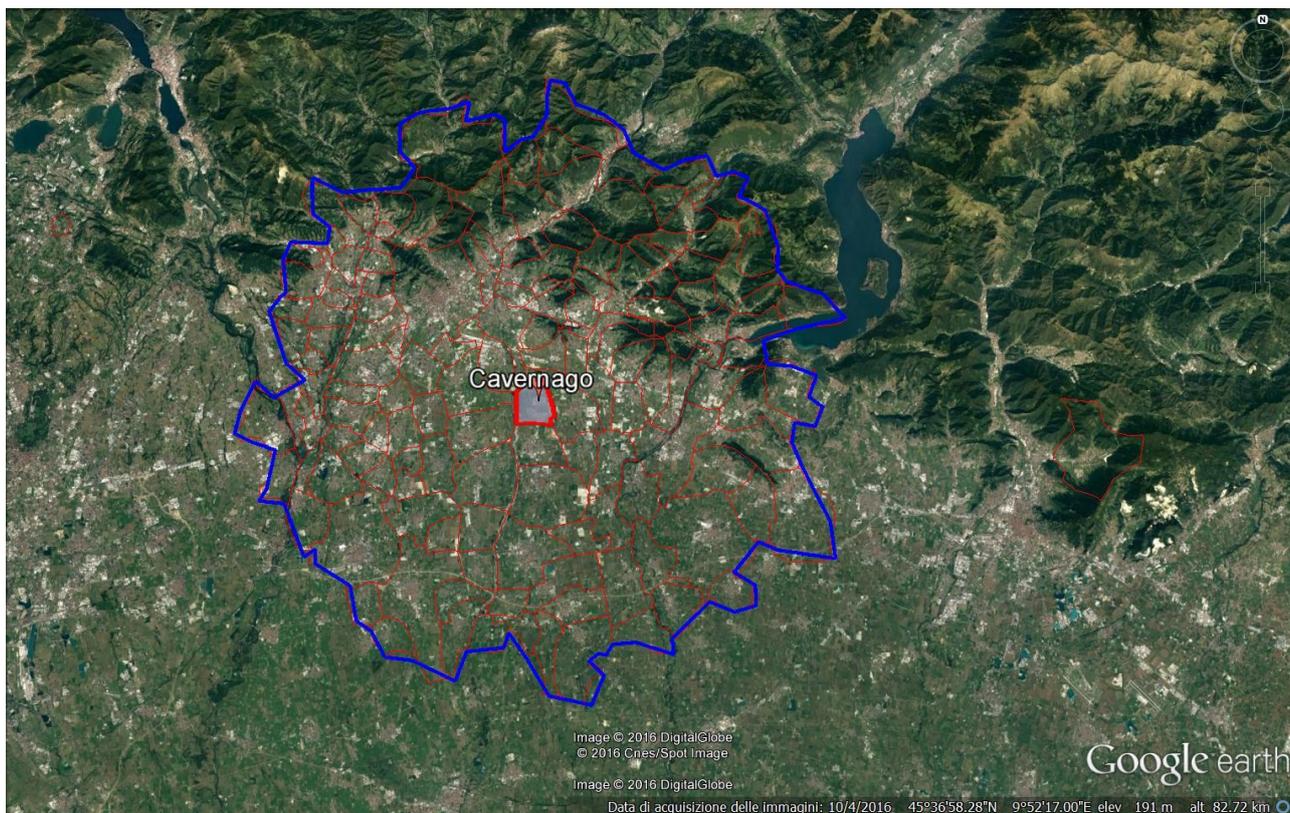


Figura 5. Bacino Aerografico di Cavernago con il relativo il grado di urbanizzazione, così come definito nei dati ISTAT.

Tabella 3: Emissioni annuali nel territorio.

I dati sono espressi in termini di quantità assolute emesse ogni anno per ogni specie considerata.

Cavernago	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM10	Precurs. O <sub>3</sub>
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	0.11	6.96	1.33	8.14	0.06	10.89
Combustione non industriale	0.15	2.44	1.77	17.89	1.81	6.73
Combustione nell'industria	0.11	0.24	0.07	0.07	0.02	0.37
Processi produttivi	0	0	0.94	0	0.01	0.94
Estrazione e distribuzione combustibili	0	0	0.43	0	0	0.62
Uso di solventi	0	0	10.03	0	0.04	10.03
Trasporto su strada	0.04	21.49	4.65	21.64	1.75	33.26
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.01	3.65	0.38	1.20	0.18	4.96
Trattamento e smaltimento rifiuti	0.04	2.33	0.45	2.73	0.01	27.59
Agricoltura	0	0.31	42.73	0	0.20	43.14
Altre sorgenti e assorbimenti	0	0.01	0.01	0.18	0.19	0.04
<b>Totale</b>	<b>0.45</b>	<b>37.43</b>	<b>62.79</b>	<b>51.86</b>	<b>4.26</b>	<b>138.58</b>

Bacino aerografico di Cavernago	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM10	Precurs. O <sub>3</sub>
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	1	110	14	94	1	161
Combustione non industriale	78	1296	1143	9552	1048	3787
Combustione nell'industria	545	1123	201	1609	80	1747
Processi produttivi	75	140	727	7728	141	1749
Estrazione e distribuzione combustibili	0	0	696	0	0	807
Uso di solventi	0	15	8852	8	90	8871
Trasporto su strada	10	6541	1631	7327	492	10419
Altre sorgenti mobili e macchinari	27	1039	108	493	40	1431
Trattamento e smaltimento rifiuti	180	756	13	252	9	1204
Agricoltura	0	27	4506	0	89	4788
Altre sorgenti e assorbimenti	1	6	1201	138	86	1224
<b>Totale</b>	<b>917</b>	<b>11054</b>	<b>19094</b>	<b>27203</b>	<b>2076</b>	<b>36187</b>

Tabella 4: Principali sorgenti nel territorio di Cavernago e nel Bacino Aerografico di Cavernago.  
I dati sono espressi in termini percentuali per ogni specie considerata.

Cavernago	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM10	Precurs. O <sub>3</sub>
	%	%	%	%	%	%
Produzione energia e trasform. combustibili	24	19	2	16	1	8
Combustione non industriale	34	7	3	35	42	5
Combustione nell'industria	24	1	0	0	1	0
Processi produttivi	0	0	1	0	0	1
Estrazione e distribuzione combustibili	0	0	1	0	0	0
Uso di solventi	0	0	16	0	1	7
Trasporto su strada	8	57	7	42	41	24
Altre sorgenti mobili e macchinari	2	10	1	2	4	4
Trattamento e smaltimento rifiuti	8	6	1	5	0	20
Agricoltura	0	1	68	0	5	31
Altre sorgenti e assorbimenti	0	0	0	0	4	0
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Bacino aerografico di Cavernago	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM10	Precurs. O <sub>3</sub>
	%	%	%	%	%	%
Produzione energia e trasform. combustibili	0	1	0	0	0	0
Combustione non industriale	8	12	6	35	51	10
Combustione nell'industria	59	10	1	6	4	5
Processi produttivi	8	1	4	28	7	5
Estrazione e distribuzione combustibili	0	0	4	0	0	2
Uso di solventi	0	0	46	0	4	25
Trasporto su strada	1	59	9	27	24	29
Altre sorgenti mobili e macchinari	3	9	1	2	2	4
Trattamento e smaltimento rifiuti	20	7	0	1	0	3
Agricoltura	0	0	24	0	4	13
Altre sorgenti e assorbimenti	0	0	6	1	4	3
<b>Totale</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

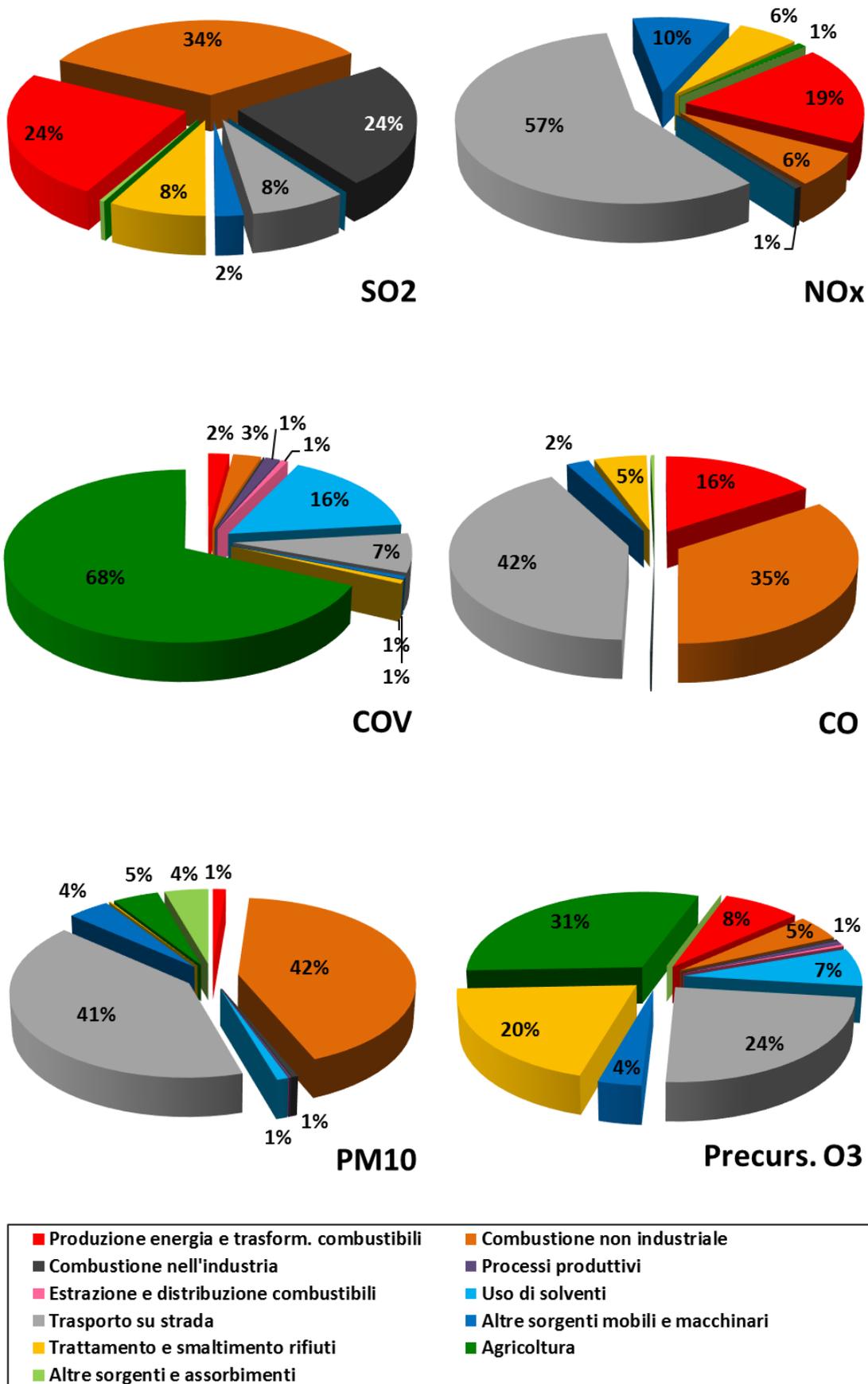


Figura 6: Ripartizione delle emissioni nel territorio di Cavernago.

Tabella 5: Emissioni annuali degli inquinanti per a per unità di superficie territoriale.

Cavernago (emissioni per km <sup>2</sup> )	SO <sub>2</sub>	NOx	COV	CO	PM10	Precurs. O <sub>3</sub>
	[kg/(anno·km <sup>2</sup> )]					
Produzione energia e trasform. combustibili	15	933	179	1091	7	1460
Combustione non industriale	20	327	237	2398	242	902
Combustione nell'industria	14	32	9	9	3	49
Processi produttivi	0	0	126	0	1	126
Estrazione e distribuzione combustibili	0	0	58	0	0	83
Uso di solventi	0	0	1345	0	5	1345
Trasporto su strada	5	2881	624	2901	234	4459
Altre sorgenti mobili e macchinari	1	489	51	161	24	665
Trattamento e smaltimento rifiuti	5	312	60	366	1	3699
Agricoltura	0	42	5728	0	27	5784
Altre sorgenti e assorbimenti	0	1	1	24	25	5
<b>Totale</b>	<b>61</b>	<b>5018</b>	<b>8417</b>	<b>6951</b>	<b>571</b>	<b>18577</b>

Bacino aerografico di Cavernago (emissioni per km <sup>2</sup> )	SO <sub>2</sub>	NOx	COV	CO	PM10	Precurs. O <sub>3</sub>
	[kg/(anno·km <sup>2</sup> )]					
Produzione energia e trasform. combustibili	1	83	11	71	1	121
Combustione non industriale	59	977	862	7203	791	2856
Combustione nell'industria	411	846	151	1213	60	1318
Processi produttivi	56	106	549	5827	107	1318
Estrazione e distribuzione combustibili	0	0	525	0	0	608
Uso di solventi	0	11	6675	6	68	6689
Trasporto su strada	8	4932	1230	5525	371	7857
Altre sorgenti mobili e macchinari	21	784	82	372	30	1079
Trattamento e smaltimento rifiuti	136	570	10	190	7	908
Agricoltura	0	21	3398	0	67	3610
Altre sorgenti e assorbimenti	1	4	906	104	64	923
<b>Totale</b>	<b>692</b>	<b>8335</b>	<b>14398</b>	<b>20512</b>	<b>1565</b>	<b>27286</b>

Tabella 6: Emissioni annuali degli inquinanti per abitante.

Cavernago (emissioni per ab.)	SO <sub>2</sub>	NOx	COV	CO	PM10	Precurs. O <sub>3</sub>
	[g/(anno·ab.)]	[g/(anno·ab.)]	[g/(anno·ab.)]	[g/(anno·ab.)]	[g/(anno·ab.)]	[g/(anno·ab.)]
Produzione energia e trasform. combustibili	42	2711	519	3168	22	4239
Combustione non industriale	59	949	689	6964	703	2620
Combustione nell'industria	42	93	27	26	9	143
Processi produttivi	0	0	367	0	3	367
Estrazione e distribuzione combustibili	0	0	167	0	0	241
Uso di solventi	0	0	3905	0	16	3905
Trasporto su strada	14	8367	1812	8424	681	12948
Altre sorgenti mobili e macchinari	4	1420	147	468	71	1932
Trattamento e smaltimento rifiuti	14	907	174	1063	3	10740
Agricoltura	0	122	16634	0	77	16794
Altre sorgenti e assorbimenti	1	3	3	71	73	15
<b>Totale</b>	<b>176</b>	<b>14572</b>	<b>24443</b>	<b>20185</b>	<b>1657</b>	<b>53945</b>

Bacino aerografico di Cavernago (emissioni per ab.)	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM10	Precurs. O <sub>3</sub>
	g/(anno-ab.)	g/(anno-ab.)	g/(anno-ab.)	g/(anno-ab.)	g/(anno-ab.)	g/(anno-ab.)
Produzione energia e trasform. combustibili	1	107	14	91	1	155
Combustione non industriale	75	1254	1107	9244	1015	3665
Combustione nell'industria	527	1086	194	1557	77	1691
Processi produttivi	72	135	704	7479	137	1692
Estrazione e distribuzione combustibili	0	0	674	0	0	781
Uso di solventi	0	14	8566	8	88	8585
Trasporto su strada	10	6330	1579	7091	476	10084
Altre sorgenti mobili e macchinari	26	1006	105	477	39	1384
Trattamento e smaltimento rifiuti	174	732	13	244	8	1165
Agricoltura	0	27	4361	0	86	4633
Altre sorgenti e assorbimenti	1	6	1163	133	83	1185
<b>Totale</b>	<b>888</b>	<b>10697</b>	<b>18478</b>	<b>26326</b>	<b>2009</b>	<b>35020</b>

In Figura 6 è riportato per ogni inquinante il contributo percentuale alle emissioni dei vari macrosettori.

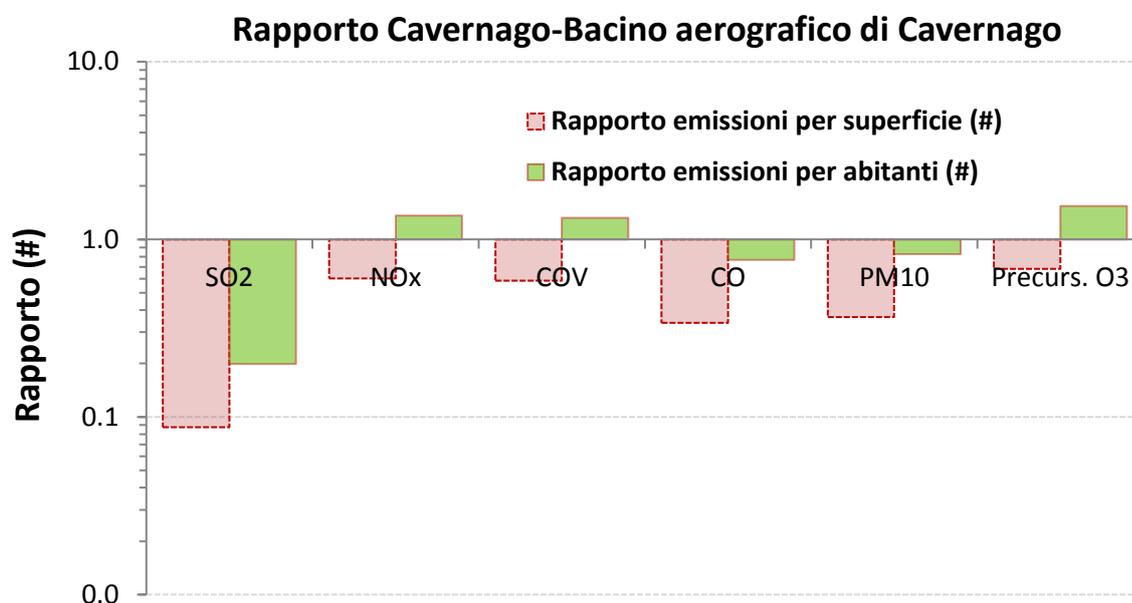


Figura 7: Rapporti emissioni per superficie e per abitanti.

Le emissioni di **SO<sub>2</sub>**, nel comune di Cavernago derivano principalmente dalla combustione non industriale, cioè riscaldamento, e in percentuale inferiore, dalla combustione nell'industria e dalla produzione di energia e trasformazione di combustibili (Tabella 4). Se si considera il bacino aerografico, la sorgente principale di SO<sub>2</sub> risulta essere la combustione nell'industria (Tabella 5). Le emissioni specifiche per abitante o per km<sup>2</sup> del territorio comunale sono significativamente inferiori a quelle dell'insieme dei comuni considerati (circa un quinto quelle riferite al numero di abitanti e circa un undicesimo quelle riferite all'unità di superficie, Tabelle 5-6 e Figura 6) indicando che il bacino aerografico presenta aree più industrializzate rispetto al territorio di Cavernago.

Il trasporto su strada è la fonte principale delle emissioni di **CO** per Cavernago, seguito dalla combustione non industriale e dalla produzione di energia e trasformazione di combustibili. Nel resto del territorio considerato, la combustione non industriale è la sorgente più significativa, oltre al trasporto su strada e ai processi produttivi. Le emissioni pro capite di CO sono inferiori a livello comunale rispetto a quelle dell'insieme dei comuni (rapporto 0.8), differenza che risulta più marcata confrontando le emissioni per unità di superficie, che risultano un terzo a Cavernago rispetto all'insieme dei comuni.

Nel caso del **PM10**, il comune di Cavernago ed il territorio dell'insieme dei comuni circostanti presentano le stesse fonti principali, prevalendo la combustione non industriale, cioè riscaldamento domestico, in particolare da combustione da legna e i fuochi all'aperto, e il trasporto su strada.

Le emissioni di PM10 sono inferiori a quelle del bacino aerografico, sia che le si considerino pro-capite o per unità di superficie. L'inventario delle emissioni non evidenzia quindi una specifica criticità nel comune di Cavernago per le emissioni di PM10.

Larga parte delle emissioni di **NO<sub>x</sub>** a Cavernago è dovuta al trasporto su strada e, in misura minore, alla produzione dell'energia e trasformazione dei combustibili. Anche per il suo bacino aerografico, il trasporto su strada fornisce un contributo importante, ma sono presenti anche contributi significativi da parte della combustione nell'industria e della combustione non industriale. Le emissioni di NO<sub>x</sub> per abitante a Cavernago risultano essere leggermente superiori a quelle del bacino aerografico (rapporto pari a 1.3), mentre quelle riferite all'unità di superficie sono inferiori (rapporto circa 0.6) di quelle dell'insieme dei comuni.

A Cavernago i contributi principali dei **precursori di O<sub>3</sub>** (quali, a esempio, ossidi di azoto, composti organici volatili, monossido di carbonio) derivano dall'agricoltura, dal trasporto su strada e dal trattamento e smaltimento rifiuti (Tabelle 3 e 4). I rapporti tra le emissioni specifiche pro capite o per unità di superficie territoriale del comune rispetto al bacino aerografico sono rispettivamente pari 1.5 e 0.7, come per gli NO<sub>x</sub>.

Le Tabelle 5 e 6 evidenziano la stessa situazione per i **COV**, che hanno, a Cavernago, come fonte principale l'agricoltura, seguito dall'utilizzo dei solventi, che risulta essere la prima sorgente per il bacino aerografico.

È fondamentale sottolineare che le stime attribuite dall'inventario INEMAR non sono sufficiente per fornire indicazioni complete sulla qualità dell'aria: le sostanze prodotte dalle varie sorgenti non rimangono trattenute all'interno dei confini comunali ma subiscono fenomeni di trasporto e dispersione a opera dei vari agenti atmosferici. Ovviamente vale il viceversa, inquinanti prodotti in altre zone possono manifestare la loro presenza a Cavernago.

In conclusione, per quanto riguarda Cavernago i dati INEMAR individuano nelle attività relative alla combustione non industriale, ma soprattutto al trasporto su strada le principali fonti di inquinamento, e quest'ultima incide a livello comunale più di quanto incida a livello di bacino aerografico. Se questo influisce sulla qualità dell'aria, e il modo in cui lo fa, è oggetto dell'analisi delle misure degli inquinanti effettuate sul territorio, esposte nel paragrafo "Andamento inquinanti nel periodo di misura e confronto con i dati rilevati da postazioni fisse".

## Situazione meteorologica nel periodo di misura

I livelli di concentrazione degli inquinanti atmosferici in un sito dipendono, come è evidente, dalla quantità e dalle modalità di emissione degli inquinanti stessi nell'area, mentre le condizioni meteorologiche influiscono sia sulle condizioni di dispersione e di accumulo degli inquinanti sia sulla formazione di alcune sostanze nell'atmosfera stessa. È pertanto importante che i livelli di concentrazione osservati, soprattutto durante una campagna di breve durata, siano valutati alla luce delle condizioni meteorologiche verificatesi nel periodo del monitoraggio. Si discutono nel seguito le condizioni meteorologiche per il periodo della campagna di monitoraggio. Considerata l'orografia semplice del territorio in esame, le distanze tra le postazioni individuate sono tali da rendere comunque rappresentative le misure ai fini della caratterizzazione meteorologica generale della zona. Sono stati considerati i seguenti parametri:

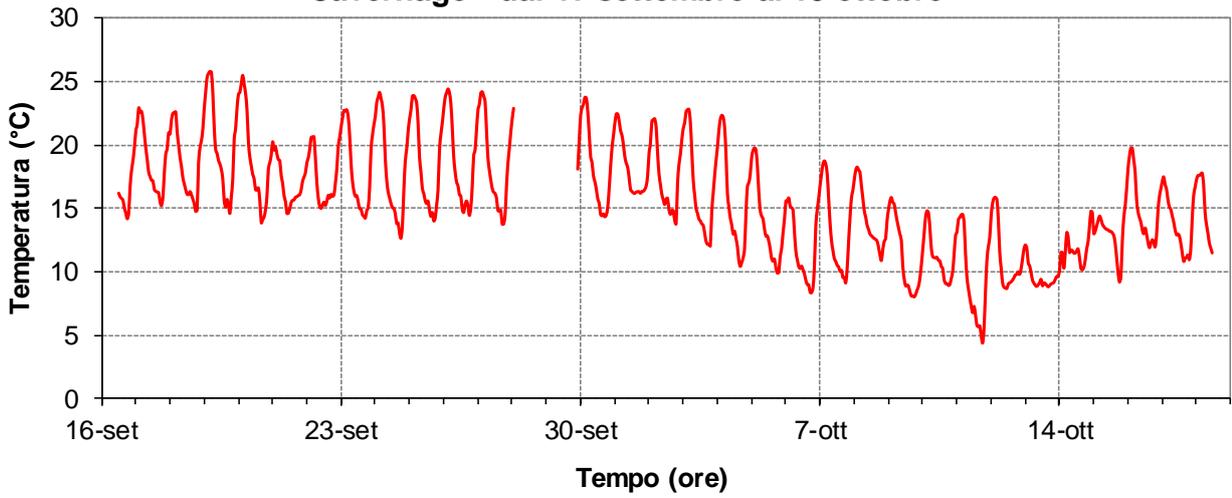
- Temperatura (C°) e precipitazione (mm)
- Pressione (hPa), umidità relativa (%) e umidità assoluta (g/cm<sup>3</sup>)
- Radiazione solare globale (W/m<sup>2</sup>)
- Velocità (m/s) e direzione (settori) del vento

Durante questa seconda campagna di monitoraggio sono stati rilevati 13 fenomeni di precipitazione, anche se, osservando il grafico nelle figure 11 e 12 possiamo limitare a tre gli eventi piovosi degni di nota; addirittura in sole tre ore nella nottata del 21 settembre sono caduti 41.2 mm di pioggia quando la cumulata totale del periodo della campagna è stata di 97 mm. L'umidità relativa ha fatto registrare un valore medio pari al 73.6%, con oscillazioni delle medie giornaliere tra 29.1% e 99.2%. La temperatura media del periodo è stata di 15.5 °C, con un andamento che ha avuto una leggera diminuzione dai primi giorni di ottobre. La massima temperatura raggiunta è stata di 25.8 °C il 19 settembre, mentre la minima è stata registrata il 12 ottobre con un valore pari a 4.4 °C. Il regime anemologico di questa seconda campagna è stato caratterizzato con venti a tratti forti da nord per quasi il 40% del periodo. I venti sono stati generalmente provenienti dai quadranti nord orientali durante le ore notturne e le prime ore del mattino e meridionali durante la parte centrale della giornata.

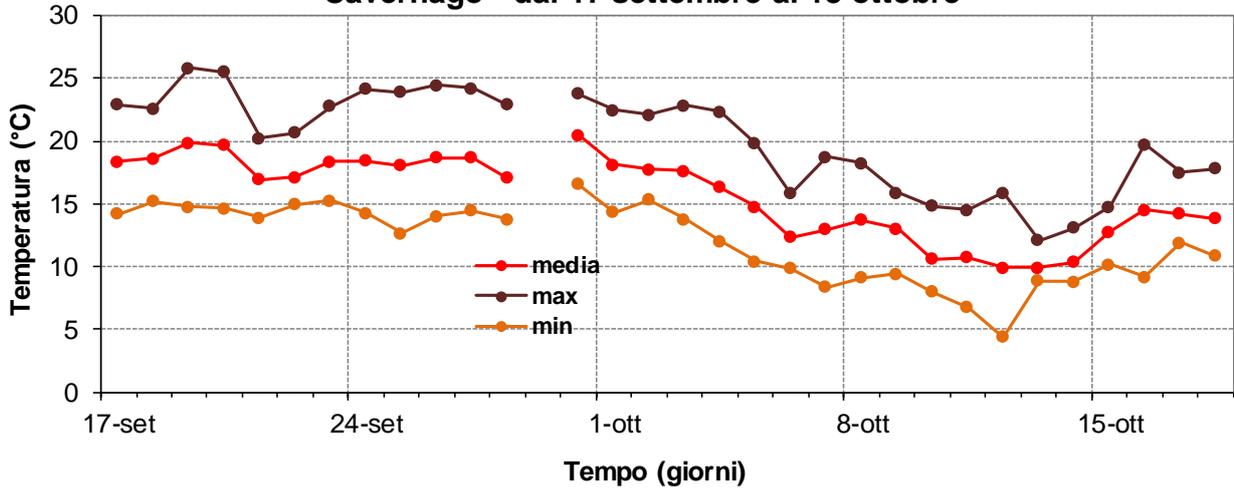
Durante il periodo della campagna possiamo concludere che le condizioni climatiche, nel loro complesso, hanno contribuito ad un rimescolamento dell'atmosfera ed alla dispersione degli inquinanti.

Dalla figura 8 alla figura 33 sono riportati gli andamenti dei principali parametri meteorologici per il periodo della seconda campagna di misure.

**Andamento della temperatura dell'aria  
Cavernago - dal 17 settembre al 18 ottobre**



**Andamento della temperatura dell'aria  
Cavernago - dal 17 settembre al 18 ottobre**



**Andamento della temperatura dell'aria - giorno tipo  
Cavernago - dal 17 settembre al 18 ottobre**

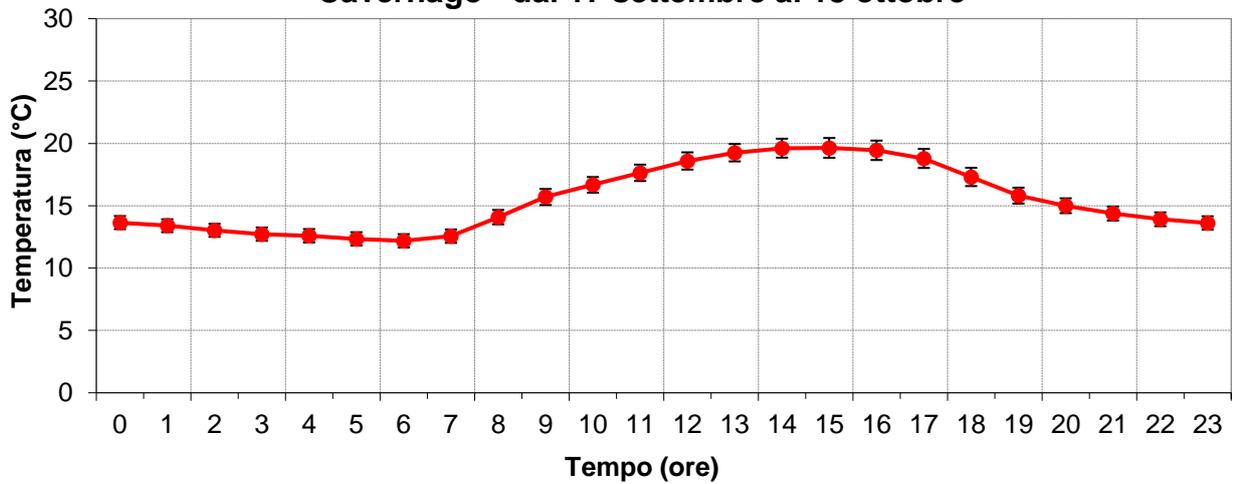


Figure 8-9-10: Temperatura dell'aria.

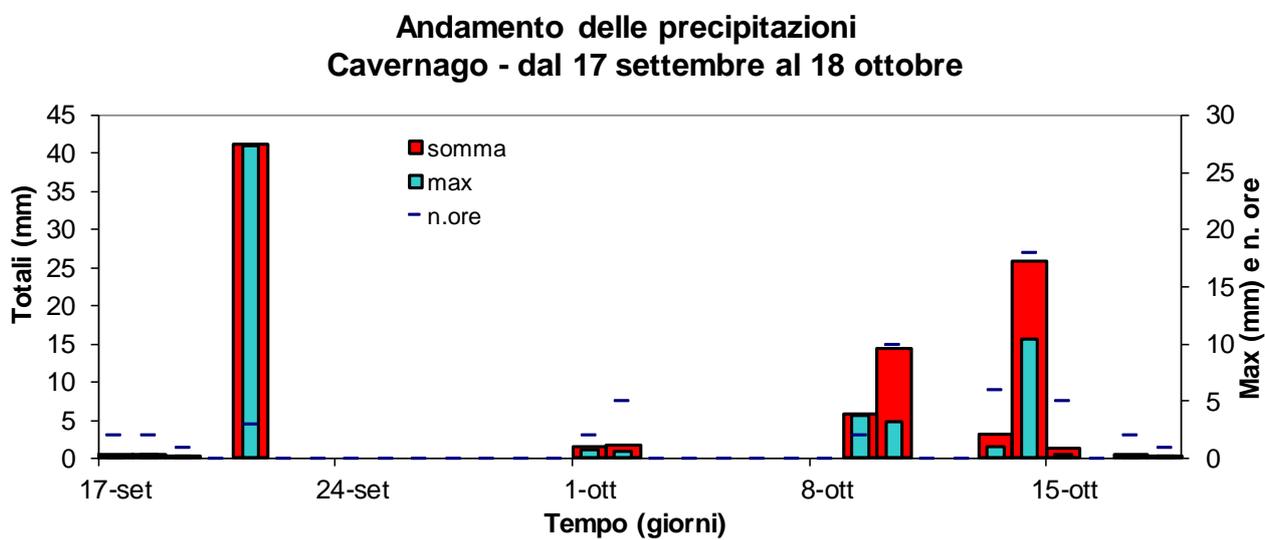
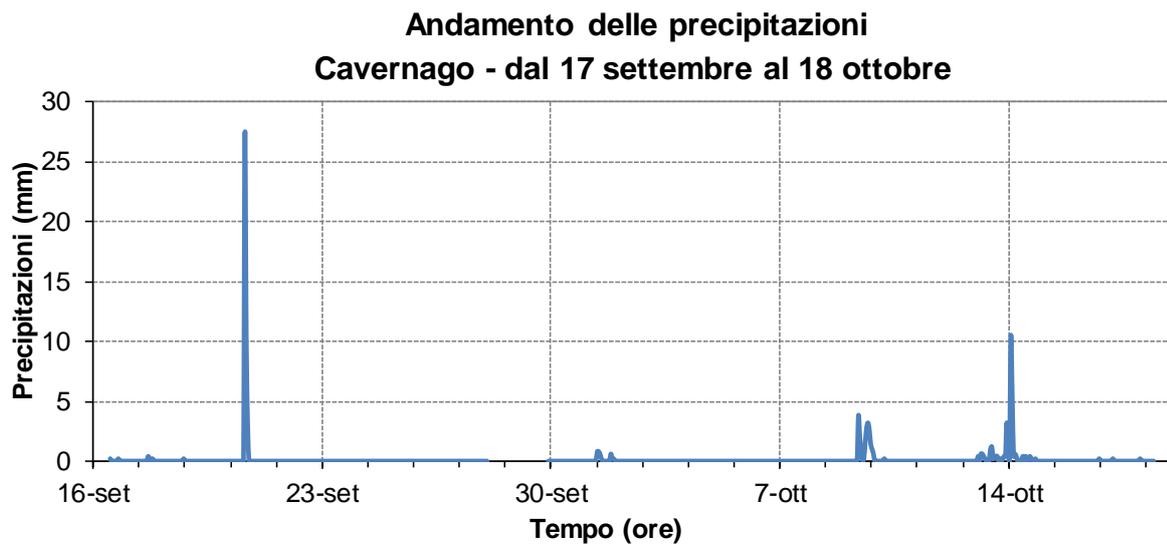


Figure 11-12: Precipitazioni.

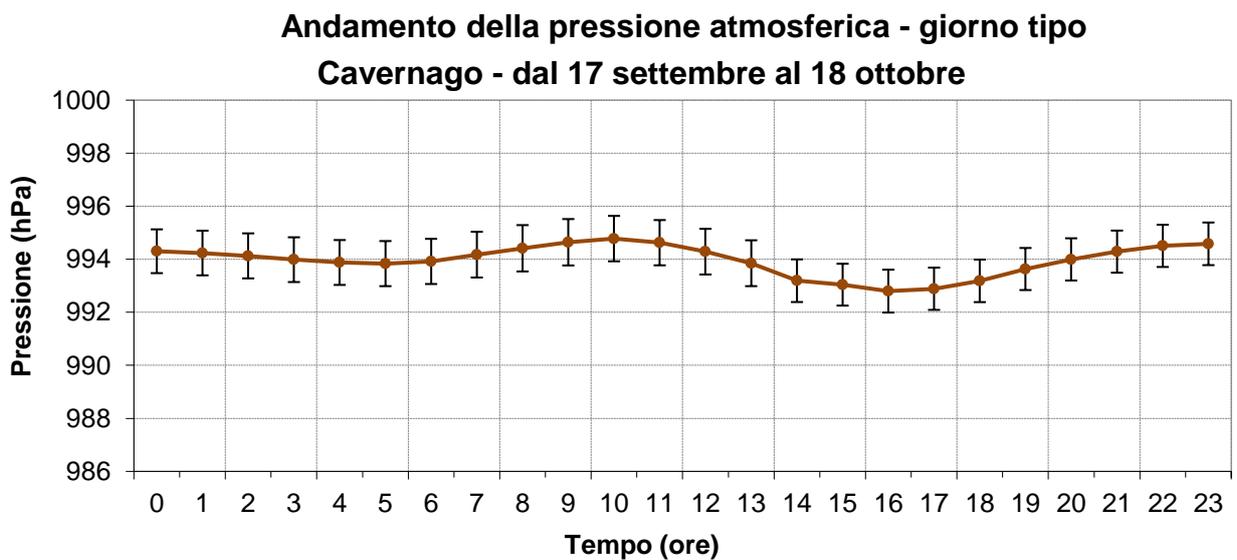
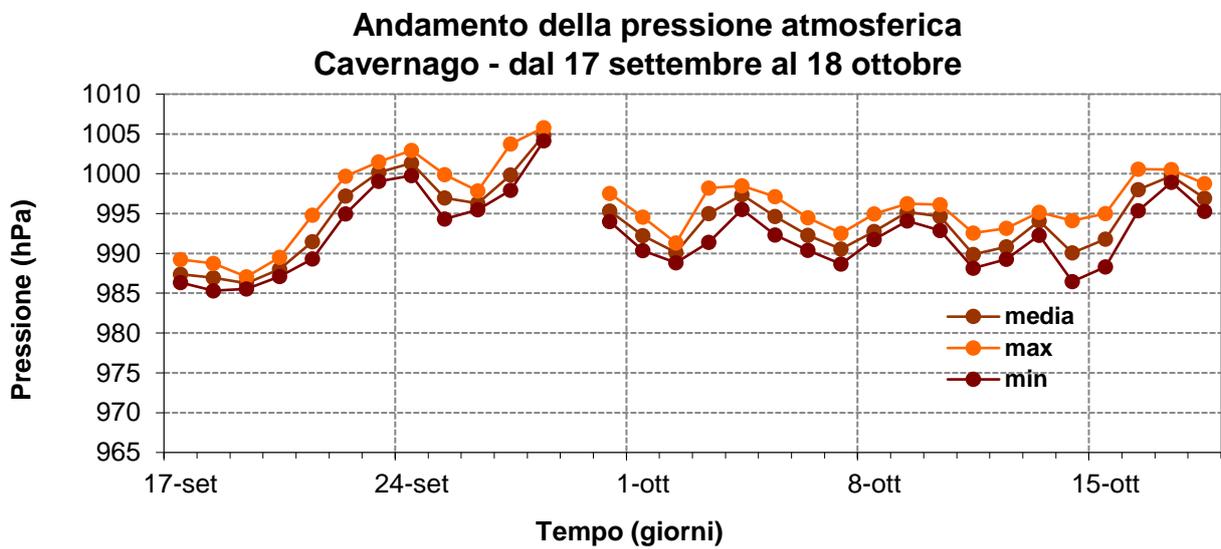
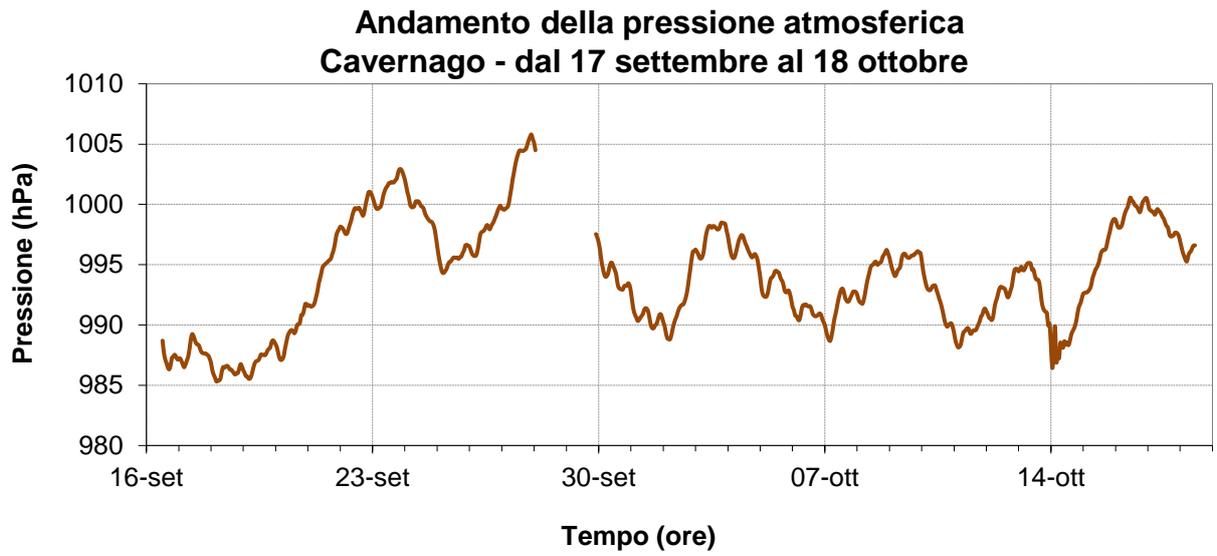
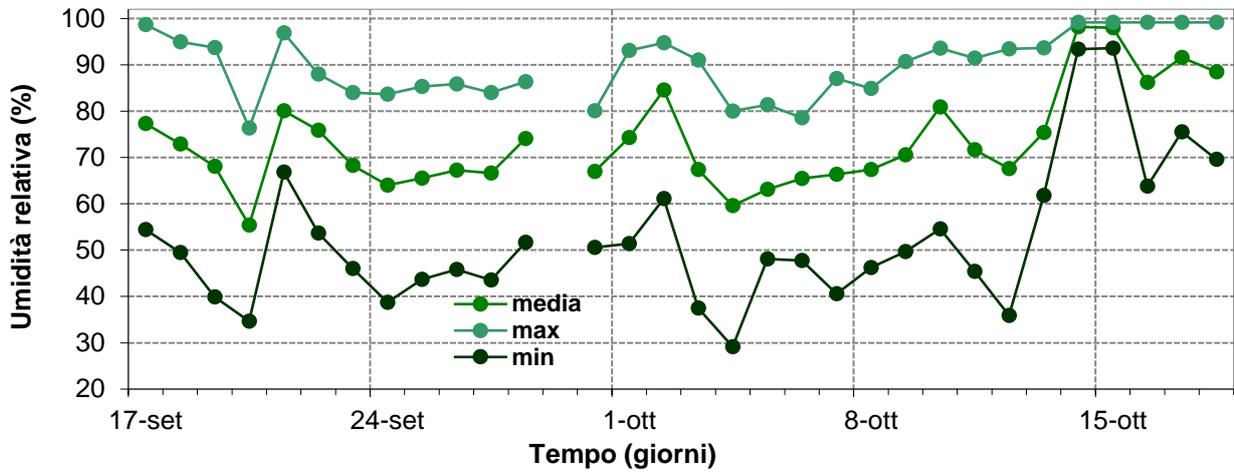
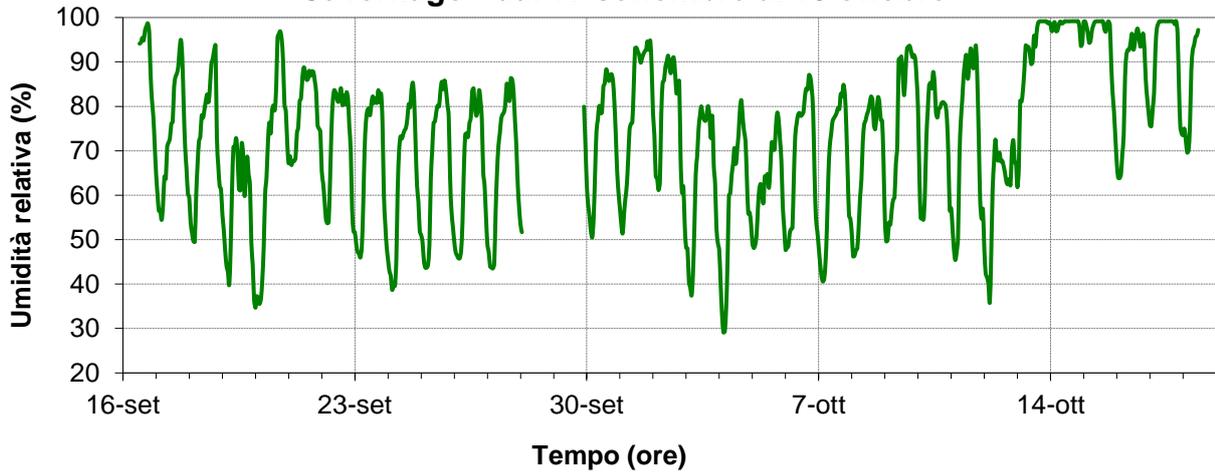


Figure 14-15-16: Pressione atmosferica.

**Andamento dell'umidità relativa dell'aria  
Cavernago - dal 17 settembre al 18 ottobre**



**Andamento dell'umidità relativa dell'aria  
Cavernago - dal 17 settembre al 18 ottobre**



**Andamento dell'umidità relativa dell'aria - giorno tipo  
Cavernago - dal 17 settembre al 18 ottobre**

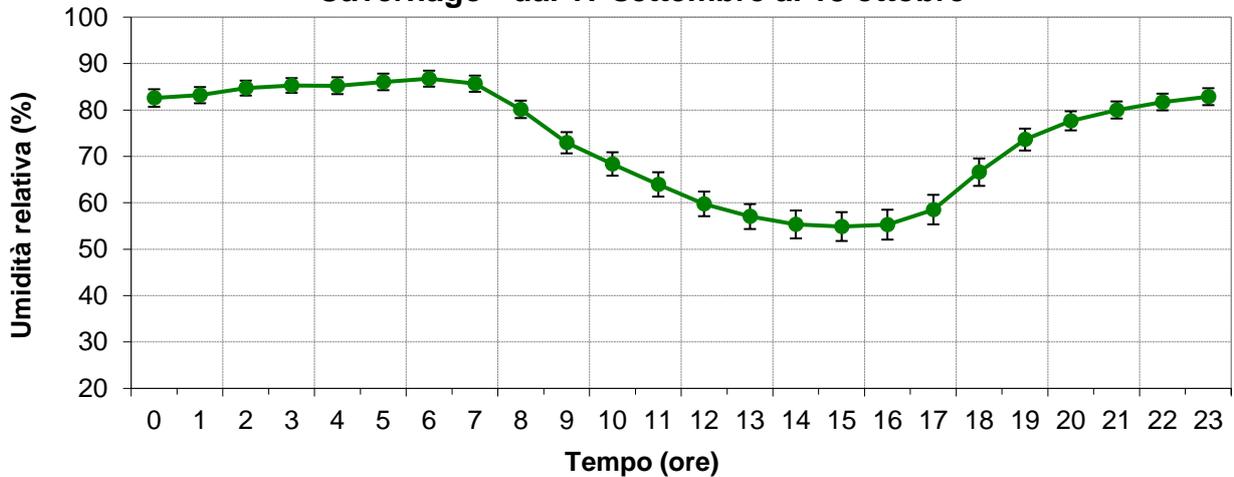
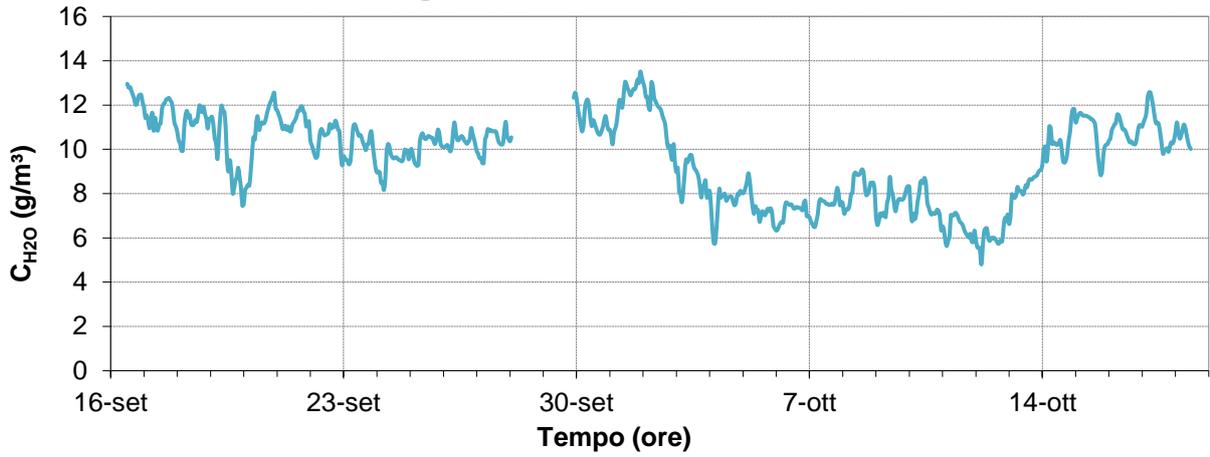
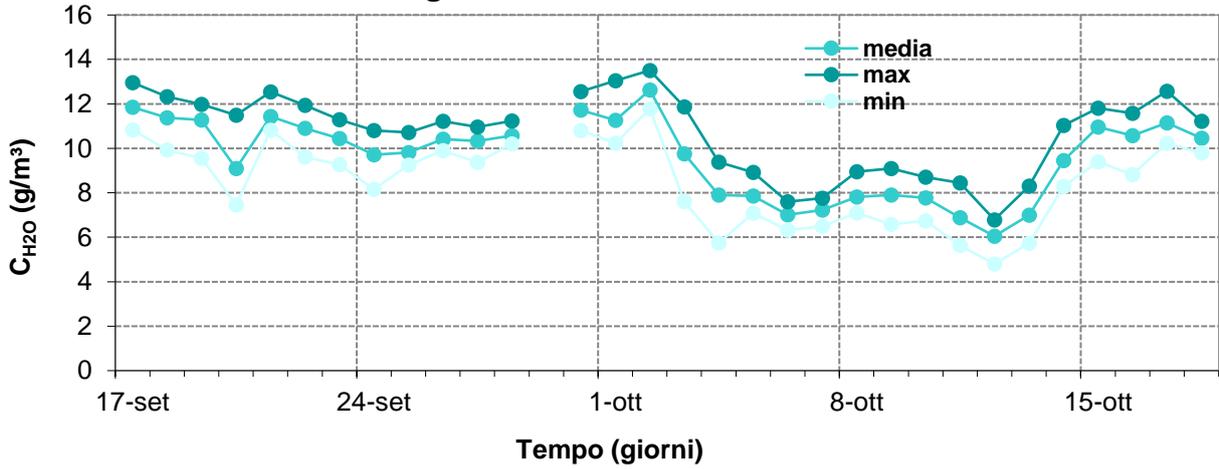


Figure 17-18-19: Umidità relativa.

**Andamento dell'umidità assoluta dell'aria  
Cavernago - dal 17 settembre al 18 ottobre**



**Andamento dell'umidità assoluta dell'aria  
Cavernago - dal 17 settembre al 18 ottobre**



**Andamento dell'umidità assoluta dell'aria - giorno tipo  
Cavernago - dal 17 settembre al 18 ottobre**

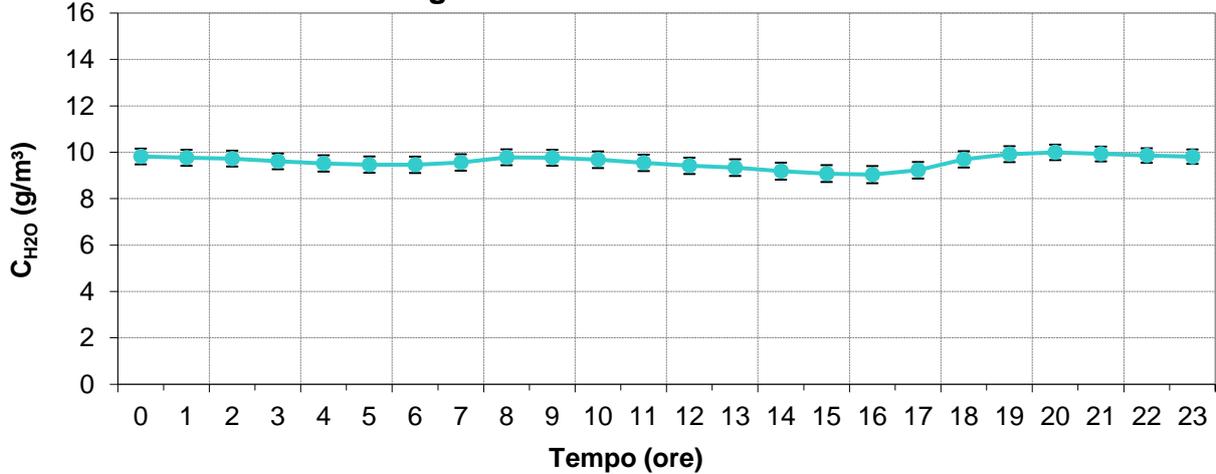
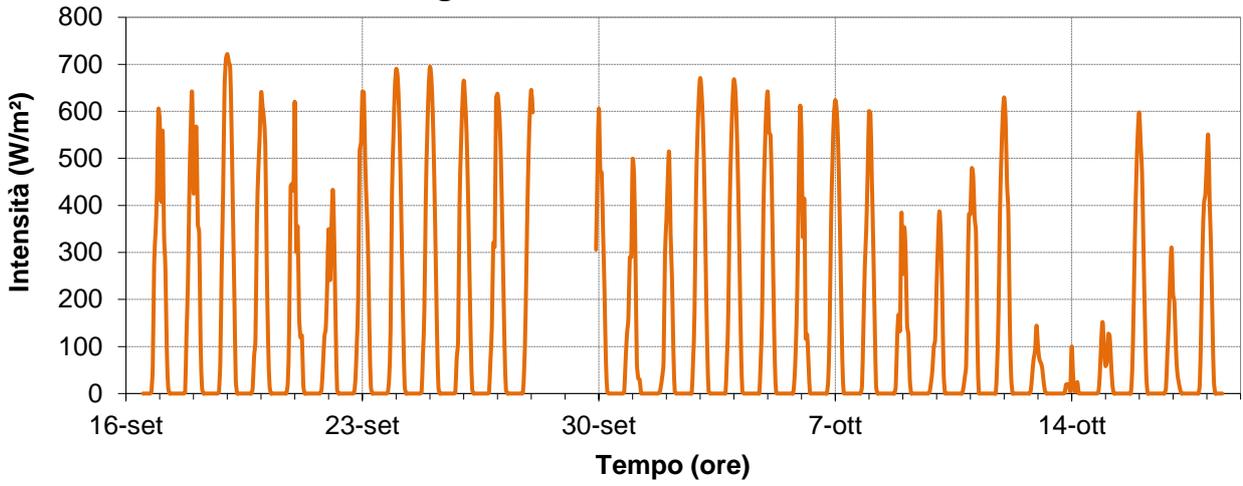
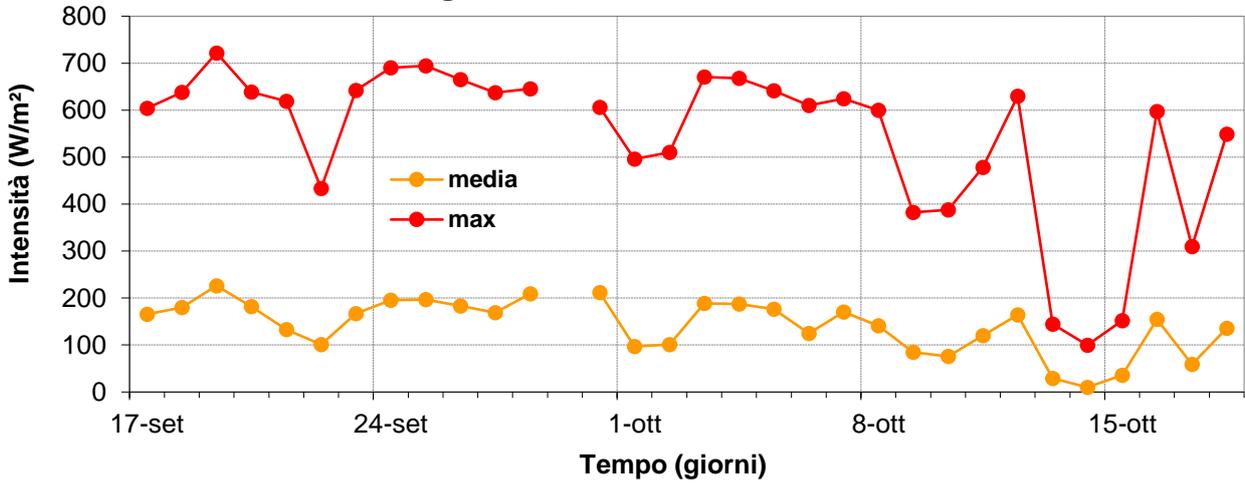


Figure 20-21-22: Umidità assoluta.

### Andamento della Radiazione Solare Globale Cavernago - dal 17 settembre al 18 ottobre



### Andamento della Radiazione Solare Globale Cavernago - dal 17 settembre al 18 ottobre



### Andamento della Radiazione Solare Globale - giorno tipo Cavernago - dal 17 settembre al 18 ottobre

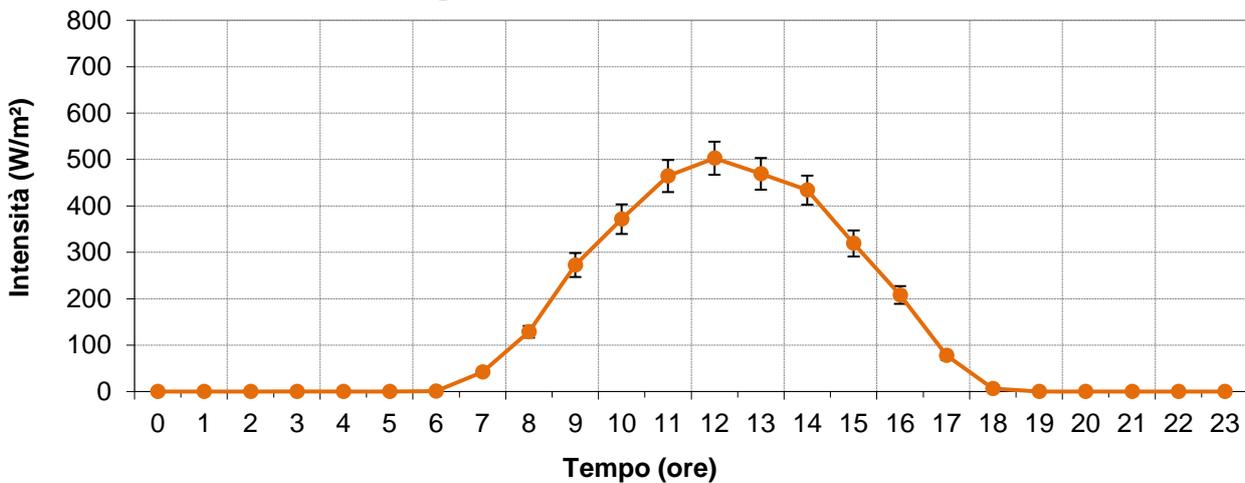


Figure 23-24-25: Radiazione globale.

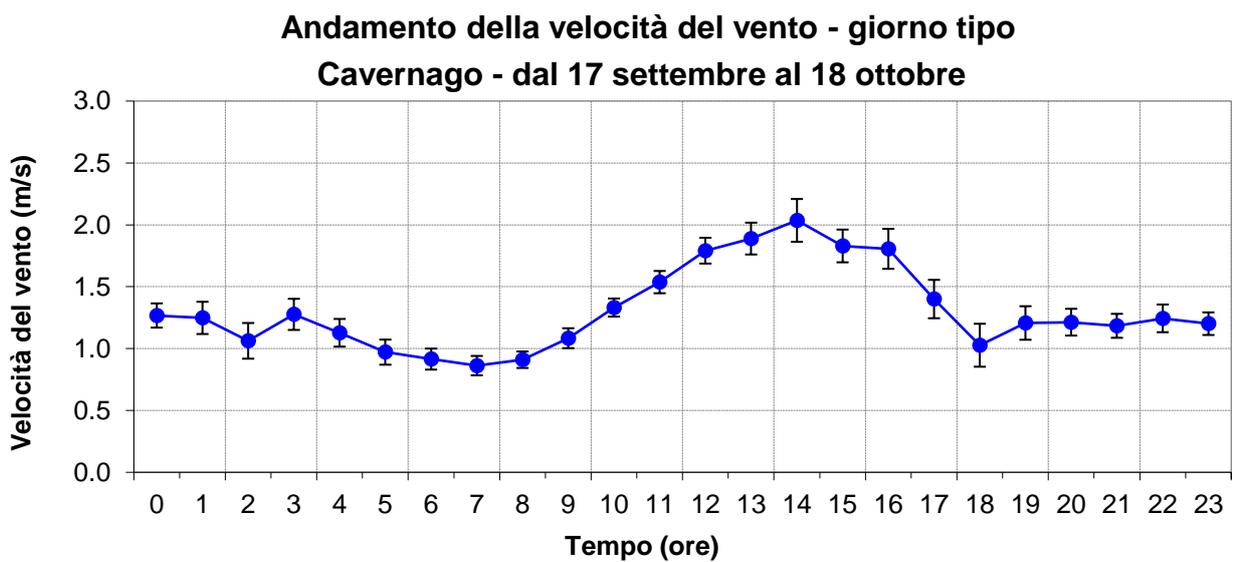
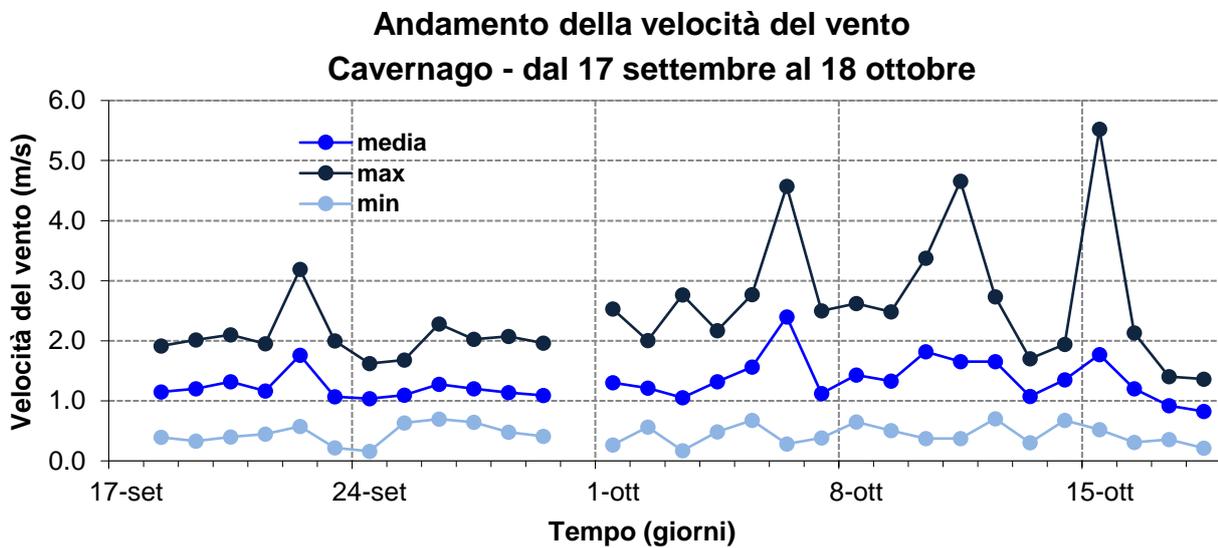
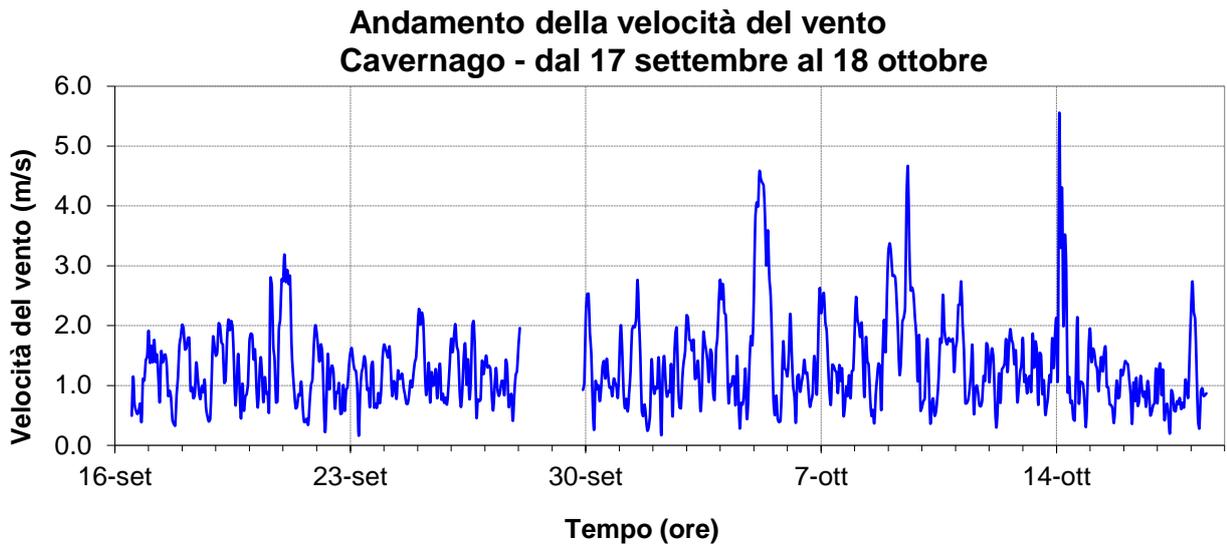


Figure 26-27-28: Velocità del vento.

### Rosa del vento Cavernago; dal 17 settembre 2016 al 18 ottobre 2016

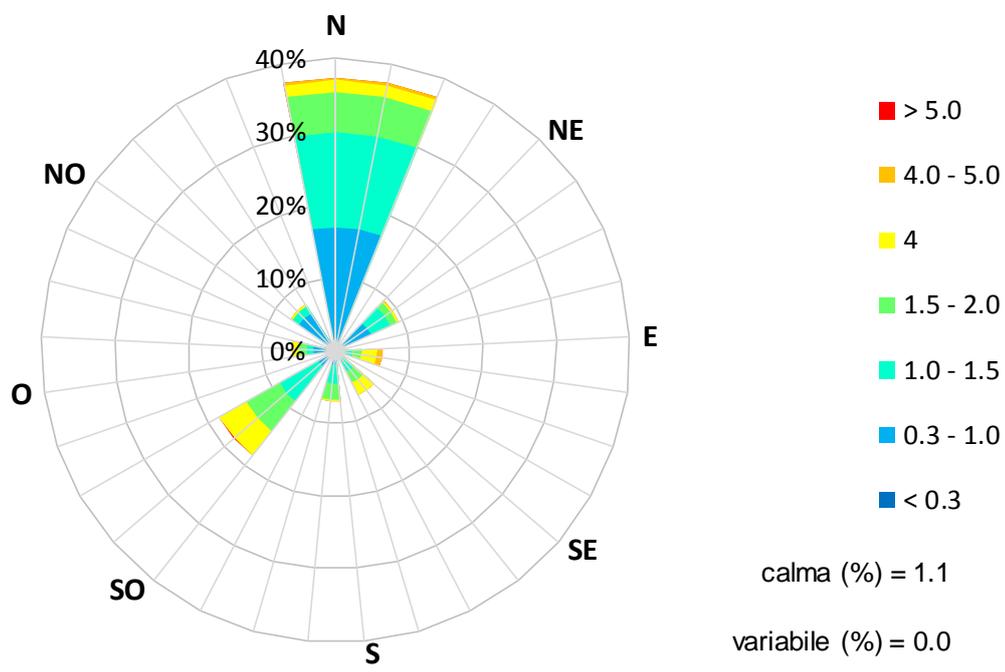


Figura 29: Rosa del vento.

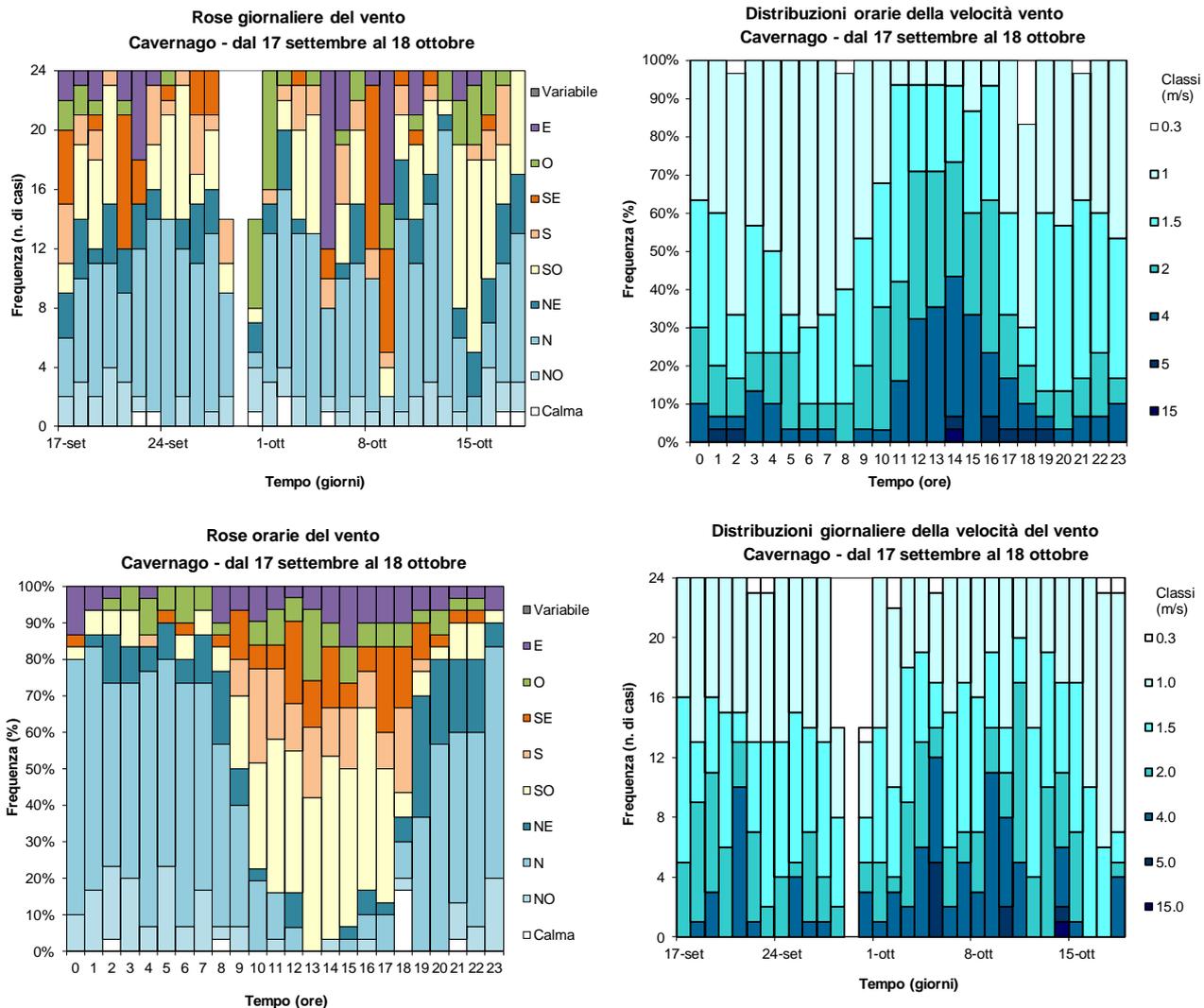


Figure 30-31-32-33: Distribuzione orarie e giornaliera della direzione e velocità del vento.

### Andamento inquinanti nel periodo di misura e confronto con i dati rilevati da postazioni fisse

La strumentazione presente sul laboratorio mobile ha permesso il monitoraggio a cadenza oraria degli inquinanti gassosi, quali biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), ossidi di azoto (NO e NO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), monossido di carbonio (CO), benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) oltre alla misura giornaliera del particolato fine (PM10).

Come descritto dal capitolo Normativa (vedi Tabella 2) il D. Lgs. 155 del 13 agosto 2010 stabilisce per SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> e PM10 i valori limite per la protezione della salute umana e nel contempo fissa le soglie di informazione e di allarme, nonché i valori obiettivo. I livelli di concentrazione degli inquinanti elencati saranno perciò confrontati con i rispettivi limiti.

Poiché i livelli di concentrazione degli inquinanti in atmosfera dipendono fortemente dalle condizioni meteorologiche verificatesi e dalle differenti sorgenti emmissive durante il periodo di misura, è importante confrontare i dati misurati con quelli rilevati nello stesso periodo dalle stazioni fisse della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA). Generalmente, un maggior irraggiamento solare produce un maggior riscaldamento della superficie terrestre e di conseguenza un aumento della temperatura dell'aria a contatto

con essa. Questo instaura moti convettivi nel primo strato di atmosfera, il cosiddetto PBL (Planet Boundary Layer), che hanno il duplice effetto di rimescolare le sostanze in esso presenti e di innalzare lo strato stesso. Conseguenza di tutto questo è una diluizione in un volume maggiore di tutti gli inquinanti, per cui una diminuzione della loro concentrazione. Viceversa, condizioni fredde portano a una forte stabilità dell'aria e allo schiacciamento verso il suolo del primo strato atmosferico, il quale funge da trappola per le sostanze in esso presenti, favorendo così l'accumulo degli inquinanti e l'aumento della loro concentrazione.

Le concentrazioni relative a Cavernago sono state confrontate con quelle misurate nelle postazioni fisse della rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Lombardia.

L'evoluzione temporale dei diversi inquinanti monitorati è rappresentata nelle successive figure con l'utilizzo di grafici relativi a:

- concentrazioni medie orarie: evoluzione oraria dell'inquinante nel periodo di misura;
- concentrazioni medie 8 h: ogni valore è ottenuto come media tra l'ora  $h$  e le 7 ore precedenti l'ora  $h$ ;
- concentrazioni medie giornaliere: evoluzione giornaliera dell'inquinante ottenuta mediando i valori delle concentrazioni dalle ore 0.00 alle ore 24.00 dello stesso giorno;
- giorno tipo: evoluzione media delle concentrazioni medie orarie nell'arco delle 24 ore.

Per "giorno tipo" o "giorno medio" si intende l'andamento delle concentrazioni medie orarie mediato su tutti i giorni feriali (o su tutti i giorni prefestivi ovvero festivi) del periodo in questione. I giorni feriali, prefestivi e festivi sono stati considerati separatamente nel calcolo del giorno tipo per mettere in evidenza le eventuali diverse caratteristiche emissive, legate al traffico o alle attività produttive. In generale, va sottolineato che la maggiore irregolarità presentata dalle curve relative ai giorni festivi e prefestivi, rispetto a quella dei feriali, è dovuta al più esiguo numero di ore di misura corrispondenti a questa tipologia di giornate, rendendo di fatto la loro statistica meno attendibile.

Nei grafici seguenti in cui si riporta il confronto con tutti i siti della RRQA, l'area indicata come "25°-75° percentile RRQA" rappresenta per ogni giorno la variabilità delle medie delle concentrazioni di inquinante registrate su tutte le stazioni della rete di rilevamento appartenenti alle provincie di tutta la Lombardia, prendendo come estremi il 75° ed il 25° percentile dei valori. L'intervallo tra il 25° e il 75° percentile corrisponde ai valori di concentrazione di ciascun inquinante entro i quali si collocano la metà dei siti di monitoraggio considerati.

L'area indicata come "Max-Min RRQA" rappresenta per ogni giorno la variabilità delle concentrazioni di inquinante registrate su tutta la rete di rilevamento, prendendo come estremi il massimo e minimo valore di tutta la Lombardia.

Si fa inoltre presente che l'ora a cui sono associati i dati si riferisce all'ora solare di fine misura.

### **Il biossido di zolfo**

Le concentrazioni di SO<sub>2</sub> si sono mantenute sempre ben al di sotto dei limiti normativi per la protezione della salute umana, che fissano la soglia su 24 ore a 125 µg/m<sup>3</sup> e quella sull'ora a 350 µg/m<sup>3</sup>. Nella tabella 6 sono riportate le statistiche essenziali dell'SO<sub>2</sub>, mentre nelle Figure 34÷36 sono mostrati gli andamenti delle concentrazioni medie orarie e giornaliere misurate a Cavernago e poi confrontate con quelle rilevate alle postazioni fisse di Treviglio e Bergamo Via Garibaldi e, successivamente, con tutta la RRQA della Lombardia.

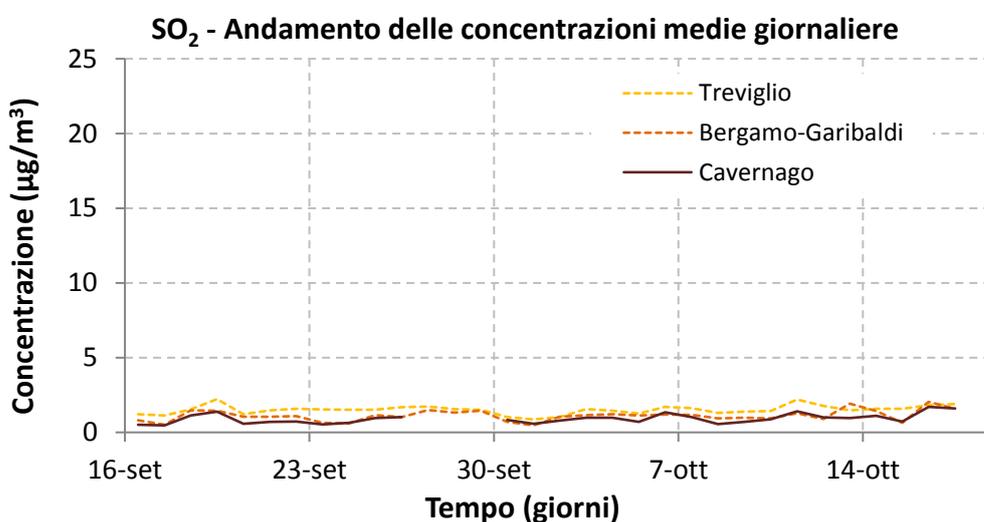
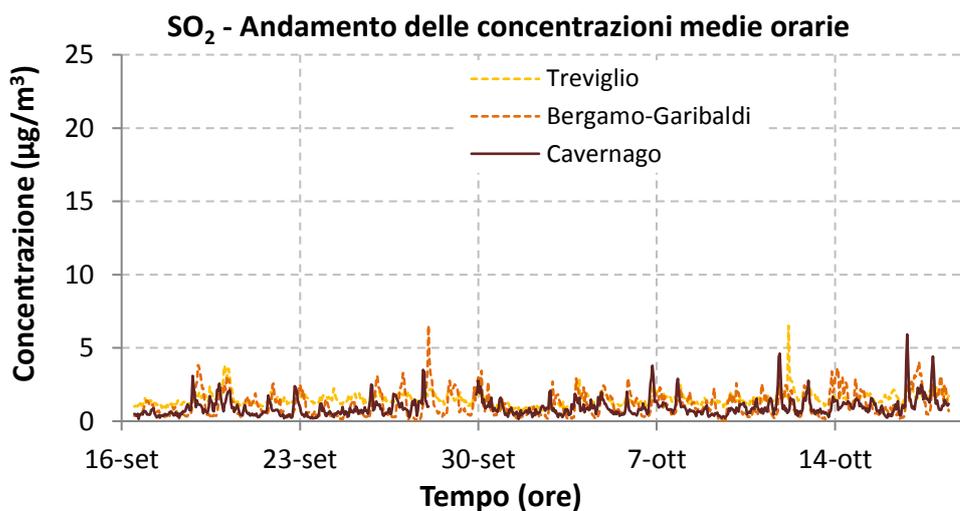
Le concentrazioni misurate a Cavernago sono risultate temporalmente in accordo con quelle registrate nelle altre centraline della rete (Figura 36). I valori assoluti sono spesso mantenuti al di sotto del 25° percentile, coerentemente con quanto evidenziato dalle emissioni specifiche dell'SO<sub>2</sub>; pertanto si conferma che non si ha alcuna specifica criticità legata a tale inquinante. In generale, le concentrazioni di biossido di zolfo sono ormai ovunque ben al di sotto dei limiti di legge e, di fatto, non costituiscono più un problema di inquinamento atmosferico.

Nella Figura 37 sono riportate le curve per il giorno tipo dell'SO<sub>2</sub>. Gli andamenti dei livelli di concentrazione durante la giornata hanno mostrato valori leggermente superiori nelle ore diurne, con un picco intorno le 9 che risulta più marcato per i giorni feriali. Inoltre, le concentrazioni dei giorni feriali sono risultate leggermente maggiori rispetto quelle dei giorni festivi, soprattutto nelle ore del mattino.

Nella seguente tabella sono riportati i dati statistici relativi al biossido di zolfo per i siti della RRQA.

Tabella 6: Dati statistici relativi all'SO<sub>2</sub>.

PM10	Rendimento (%)	Media (µg/m <sup>3</sup> )	Dev. St (µg/m <sup>3</sup> )	Max Media 24h (µg/m <sup>3</sup> )	N° giorni supero valore obiettivo
Cavernago BG	97	29	17	83	4
Bergamo-Garibaldi BG	100	28	15	78	1
Treviglio BG	100	20	9	46	0



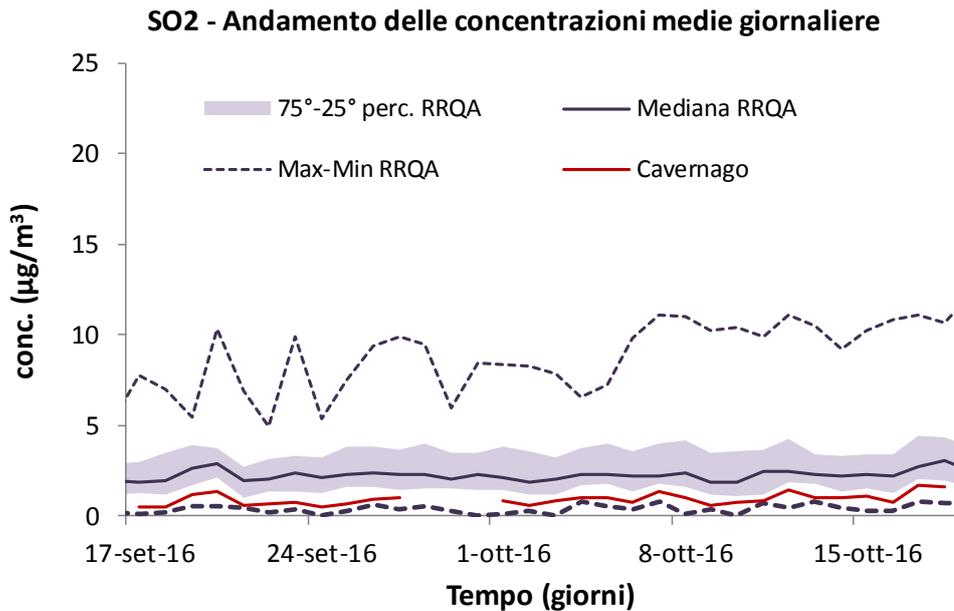


Figure 34-35-36: Concentrazioni orarie e giornaliere per l'SO<sub>2</sub>.

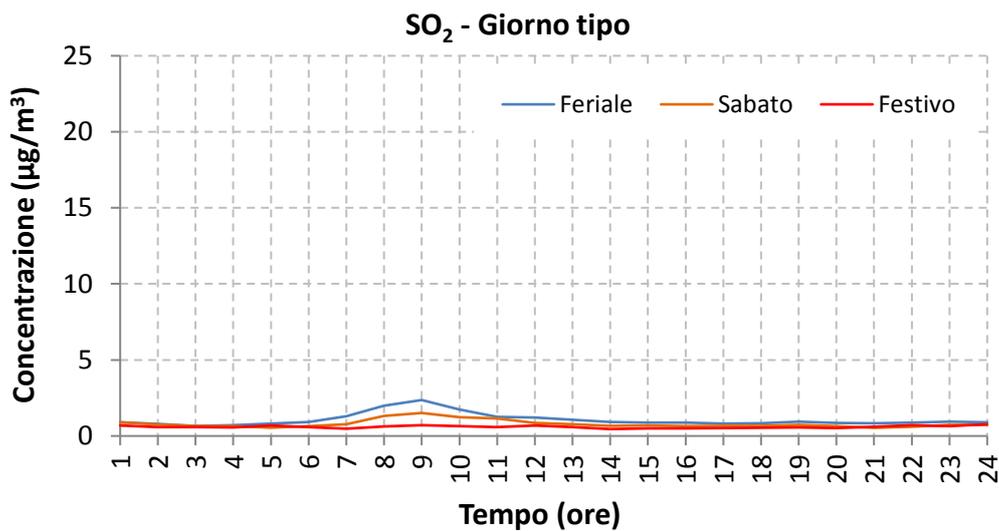


Figura 37: Giorno tipo per l'SO<sub>2</sub>.

#### Il biossido di azoto

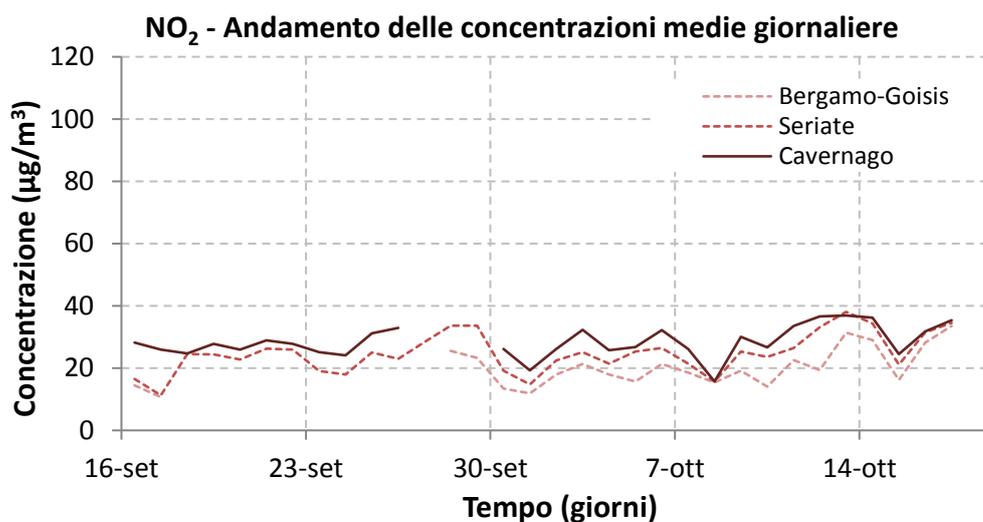
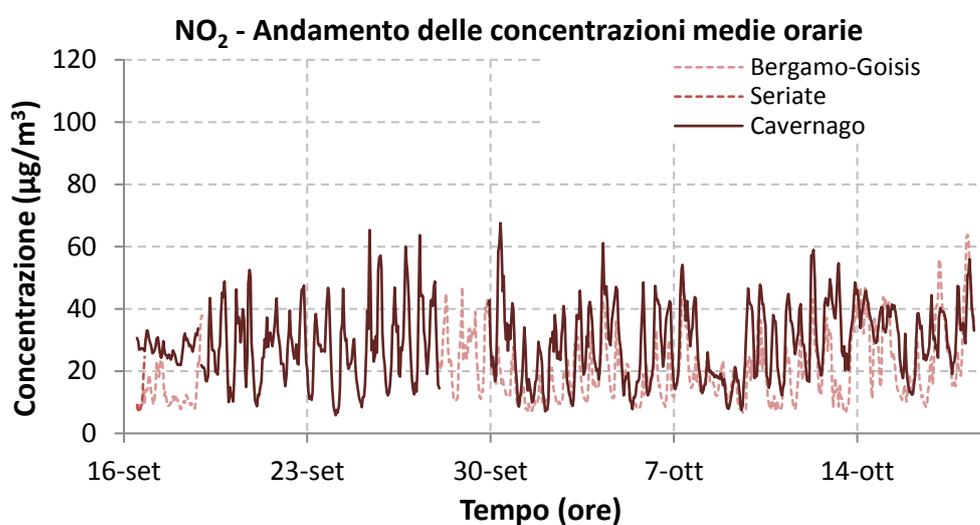
Nelle Figure 38÷40 sono riportati gli andamenti delle concentrazioni medie orarie e giornaliere di NO<sub>2</sub> misurate in Cavernago, mediante laboratorio mobile, e confrontate con quelle rilevate alle postazioni fisse di Seriate, Bergamo Via Goisis, stazioni di fondo urbano, e, successivamente, con tutta la RRQA della Lombardia. Le concentrazioni misurate a Cavernago sono risultate coerenti negli andamenti e leggermente superiori in quantità assolute, con quelle registrate nelle altre centraline della rete. In particolare, le medie giornaliere si collocano quasi tutte all'interno dell'intervallo delineato dal 25° e 75° percentile dei valori della rete di rilevamento (Figura 40).

Nella Tabella 7 sono riportati i dati statistici relativi al biossido di azoto per i siti della RRQA.

Tabella 7: Dati statistici relativi all'NO<sub>2</sub>.

Biossido di azoto		Rendimento (%)	Media (µg/m <sup>3</sup> )	Dev. St (µg/m <sup>3</sup> )	Max Media 1h (µg/m <sup>3</sup> )	Max Media 24h (µg/m <sup>3</sup> )	N° superi limite orario
Cavernago	BG	94	29	12	68	37	0
Bergamo-Goisis	BG	72	20	11	64	34	0
Seriate	BG	100	25	13	83	38	0

Le concentrazioni si sono mantenute sempre al di sotto del limite normativo per la protezione della salute umana. Per confronto, la stazione fissa più vicina, quella di Seriate, ha registrato una concentrazione media di poco inferiore pari a 25 µg/m<sup>3</sup> senza alcun superamento del valore limite orario.



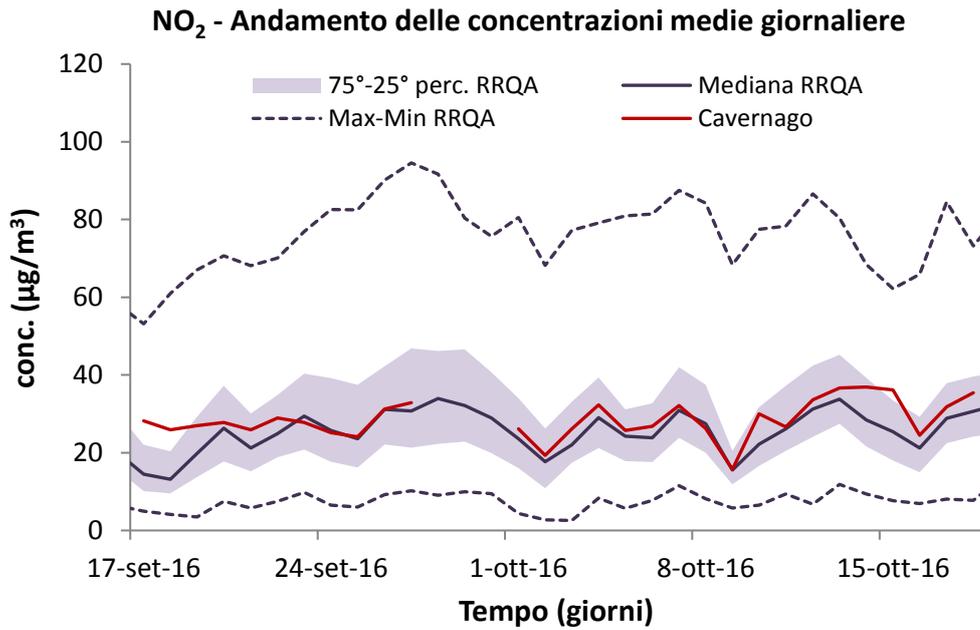


Figure 38-39-40: Concentrazioni orarie e giornaliere per l'NO<sub>2</sub>.

Nella Figura 41 sono riportate le curve per il giorno tipo dell'NO<sub>2</sub>. Le concentrazioni orarie dei giorni feriali hanno mostrato un andamento tipico: i valori aumentano a partire dalle prime ore del mattino, raggiungendo un valore massimo verso le 9, per poi decrescere e risalire in serata. Durante festivi e prefestivi le concentrazioni sono risultate inferiori, il picco mattutino è meno marcato mentre quello serale è rimasto visibile. Tale andamento, riscontrabile per gli ossidi di azoto in generale, rispecchia il ciclo giornaliero delle attività umane e in particolare del traffico veicolare, di cui gli NO<sub>x</sub> rappresentano un buon tracciante.

Gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) hanno per legge un valore limite sulla concentrazione annuale pari a 30 µg/m<sup>3</sup>, per la salvaguardia della vegetazione, se misurati in siti di fondo rurale, mentre il monossido di azoto non è soggetto a normativa, tuttavia viene misurato in quanto partecipa ai processi di produzione dell'ozono e dell'inquinamento fotochimico ed è un tracciante non specifico delle attività caratterizzate da combustione ad alta temperatura, tra cui il traffico veicolare. Le misure condotte con laboratorio mobile hanno registrato una concentrazione media di NO<sub>x</sub> pari a 45 µg/m<sup>3</sup>, mentre l'NO ha presentato una media di 10 µg/m<sup>3</sup>.

Nelle Figure 42 e 43 sono riportati gli andamenti delle concentrazioni medie orarie e giornaliere degli NO<sub>x</sub> misurate a Cavernago, mediante laboratorio mobile.

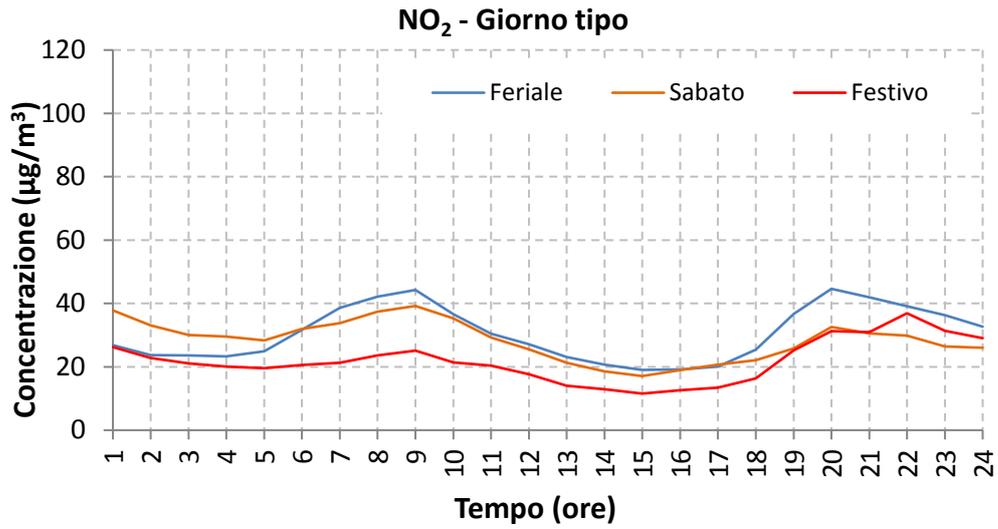


Figura 41: Giorno tipo dell'NO<sub>2</sub>.

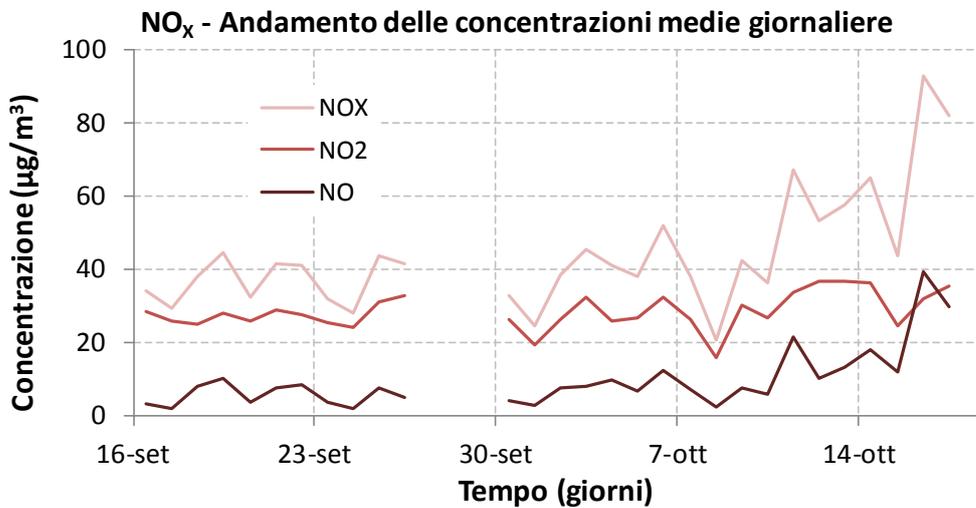
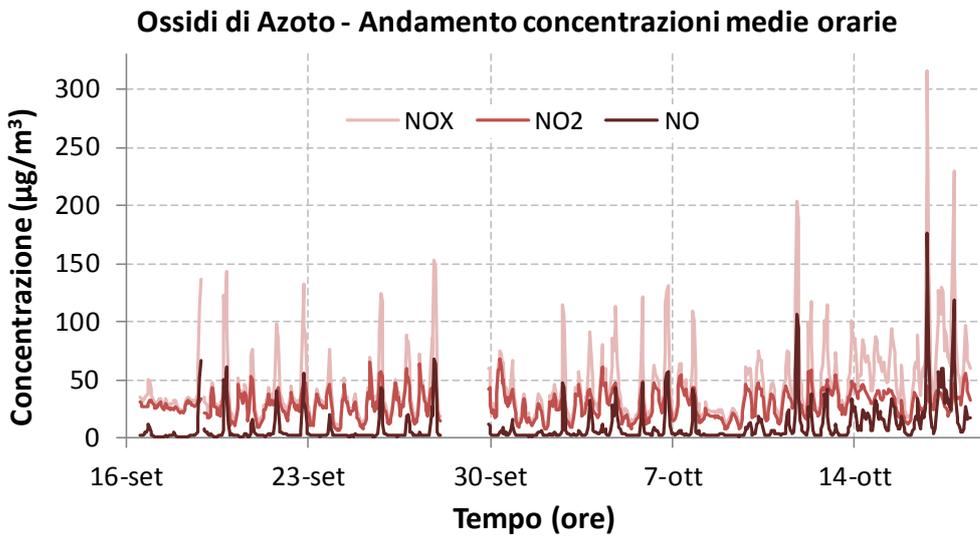


Figure 42-43: Andamento delle concentrazioni orarie e giornaliere degli NO<sub>x</sub>.

## Il monossido di carbonio

Nel periodo della campagna di misure il CO ha registrato una concentrazione media pari a 0.3 mg/m<sup>3</sup>, mentre la totalità dei dati giornalieri non è andata oltre il valore di 0.6 mg/m<sup>3</sup>. Il massimo valore orario è stato di 0.9 mg/m<sup>3</sup> (ore 21:00 del 17 ottobre).

Le concentrazioni sono risultate molto basse rispetto ai limiti normativi. Per confronto, la stazione fissa di Bergamo Via Meucci ha registrato una concentrazione media pari a 0.3 mg/m<sup>3</sup>, quindi in linea con quelli misurati dal laboratorio mobile.

La normativa prevede per il monossido di carbonio un valore limite, per la protezione della salute umana, di 10 mg/m<sup>3</sup> sulla concentrazione media di 8 ore e, come si può vedere dal grafico della Figura 47, tale soglia non è mai stata raggiunta: il valore massimo mediato sulle 8 ore è stato pari a 0.8 mg/m<sup>3</sup>.

Nelle Figure 44÷46 sono riportati gli andamenti delle concentrazioni medie orarie e giornaliere di CO, misurate a Cavernago in questa seconda campagna e confrontate con quelle rilevate alla postazione fissa di Bergamo Via Meucci e, successivamente, con tutta la RRQA della Lombardia. Le concentrazioni misurate a Cavernago, per quanto riguarda l'andamento, sono in linea con quelle registrate nelle altre centraline della rete, ma con valori numerici quantitativamente più bassi; pertanto non è stata evidenziata nessuna specifica criticità legata a tale inquinante.

Nella Figura 48 è riportata la curva per il giorno tipo del CO. A causa delle concentrazioni basse e poco disperse registrate durante la campagna, le curve del giorno tipo relative a tale periodo sono risultate piuttosto piatte attorno al valore medio di 0.4 mg/m<sup>3</sup>. Le concentrazioni di CO sono così basse che non si evidenziano nemmeno gli incrementi relativi alle ore di punta (7-8 e le 21-22). In generale, il trend del CO è collegato al flusso di traffico che impegna la zona del monitoraggio, essendo questo emesso dai motori dei veicoli a benzina, pertanto l'andamento del giorno tipo dovrebbe rispecchiare il ciclo giornaliero delle attività umane e in particolare del traffico veicolare.

Nella Tabella 8 sono riportati i dati statistici relativi al monossido di carbonio per i siti della RRQA.

Tabella 8: Dati statistici relativi al CO.

Monossido di carbonio	Rendimento (%)	Media (mg/m <sup>3</sup> )	Dev. St (mg/m <sup>3</sup> )	Max Media 1h (mg/m <sup>3</sup> )	Max Media 8h (mg/m <sup>3</sup> )	N° giorni supero valore limite
Cavernago BG	94	0.3	0.1	0.9	0.8	0
Bergamo-Meucci BG	100	0.3	0.1	1.6	0.8	0

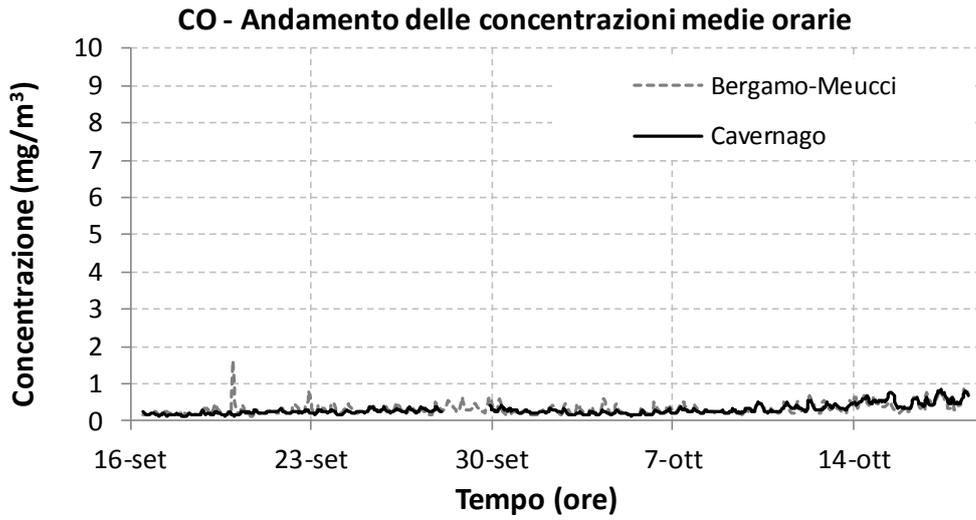


Figura 44: Concentrazioni orarie di CO.

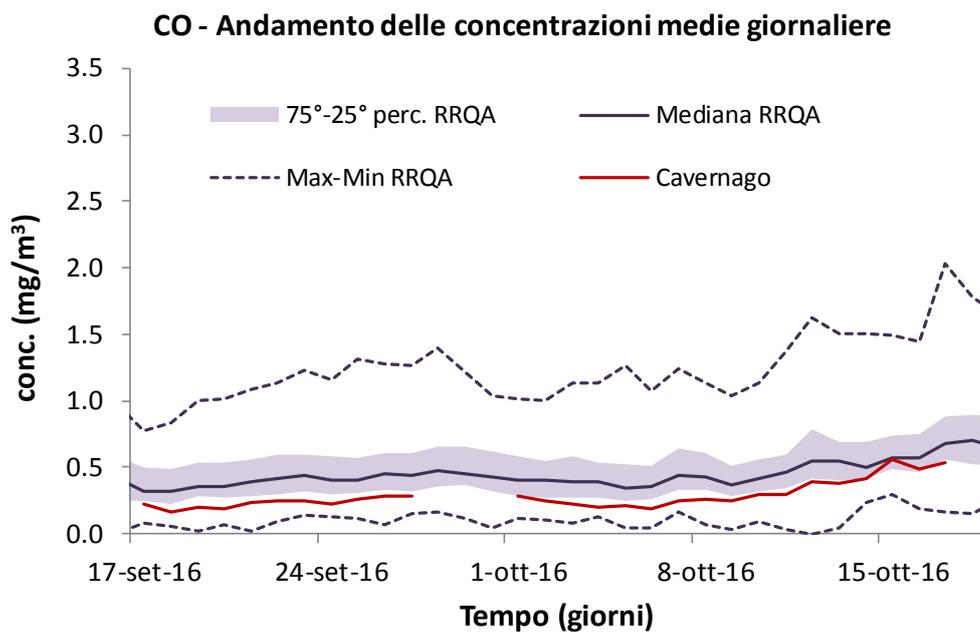
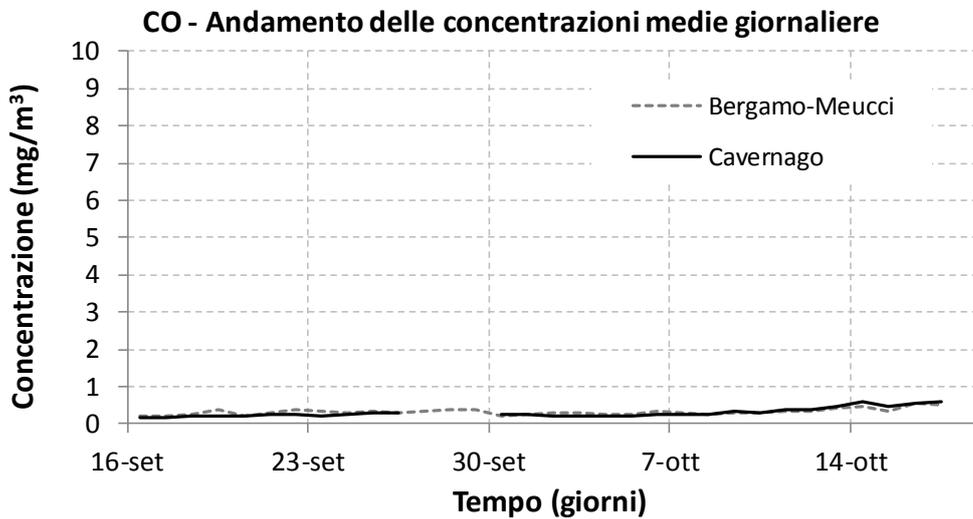


Figure 45-46: Concentrazioni giornaliere di CO.

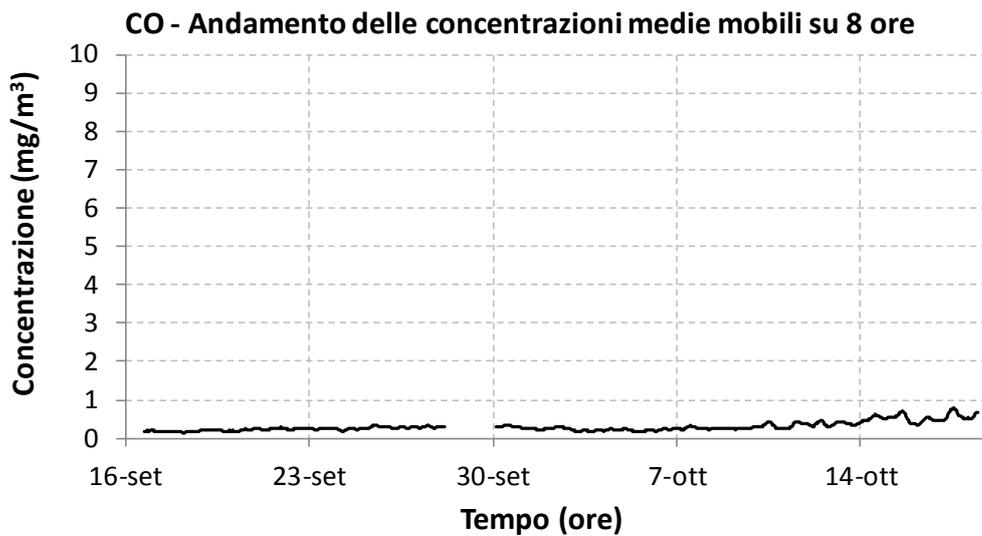


Figura 47: Andamento delle concentrazioni di CO mediate sulle 8 ore (media mobile).

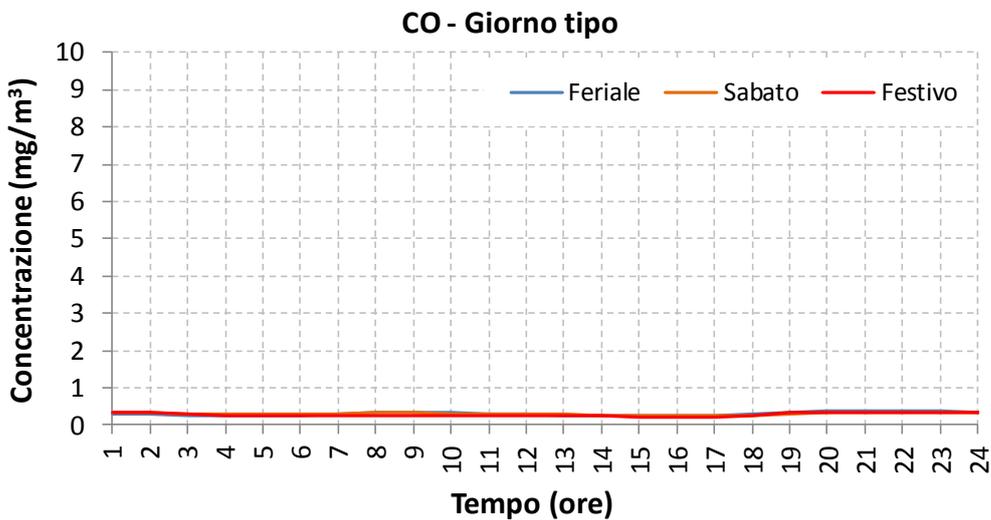


Figura 48: Giorno tipo per il CO.

**L'ozono**

La stagione critica per l'ozono è l'estate, in quanto la radiazione solare e l'alta temperatura favoriscono la formazione di questo inquinante secondario, prodotto attraverso reazioni fotochimiche che coinvolgono gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e i composti organici volatili (COV). Analogamente, i valori più elevati delle concentrazioni medie orarie si hanno nei giorni con intensa insolazione e in assenza di copertura nuvolosa. Nel periodo della campagna di misure l'O<sub>3</sub> ha registrato una concentrazione media pari a 32 µg/m<sup>3</sup> e un massimo valore giornaliero di 61 µg/m<sup>3</sup> (25 settembre). Il massimo valore orario è stato di 129 µg/m<sup>3</sup> alle ore 16:00 del 25 settembre.

Nella Tabella 9 sono riportati i dati statistici relativi all'ozono per alcuni siti della RRQA.

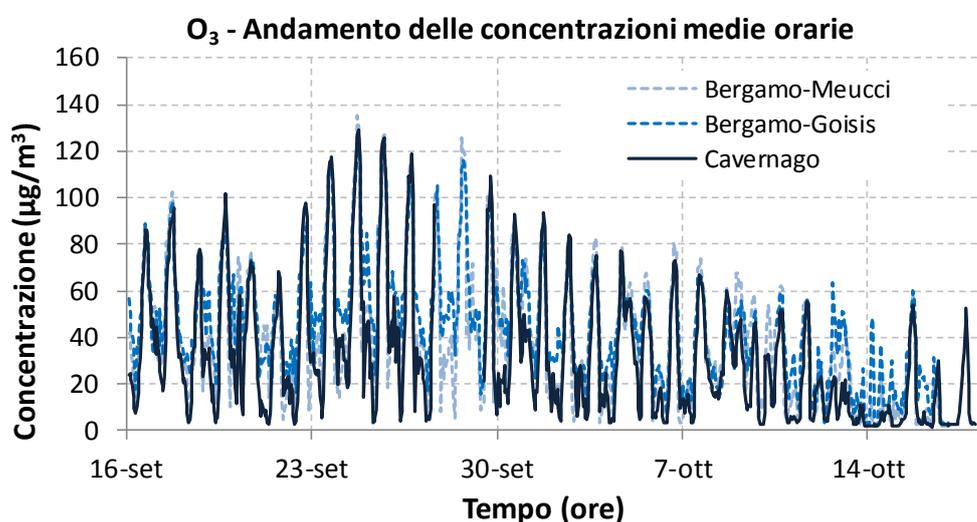
Tabella 9: Dati statistici relativi all'O<sub>3</sub>.

Ozono	Rendimento (%)	Media (µg/m <sup>3</sup> )	Dev. St (µg/m <sup>3</sup> )	Max Media 1h (µg/m <sup>3</sup> )	Max Media 8h (µg/m <sup>3</sup> )	N° giorni supero soglia informazione	N° giorni supero soglia allarme	N° giorni supero valore obiettivo
Cavernago BG	94	32	29	129	109	0	0	0
Bergamo-Goisis BG	95	45	25	127	109	0	0	0
Bergamo-Meucci BG	97	39	28	135	113	0	0	0

Nelle Figure 49 e 50 sono riportati gli andamenti delle concentrazioni medie orarie e giornaliere dell'O<sub>3</sub> misurate a Cavernago e confrontate con quelle rilevate alle postazioni fisse di Bergamo Via Meucci e Via Goisis e, successivamente, con tutta la RRQA della Lombardia. Le concentrazioni misurate a Cavernago sono risultate in linea, sia negli andamenti che nelle quantità assolute, con quelle registrate nelle altre centraline della rete; pertanto non è stata evidenziata nessuna criticità prettamente locale legata a tale inquinante.

Al fine di proteggere la salute umana, la normativa prevede per l'ozono un valore obiettivo di 120 µg/m<sup>3</sup> sulla concentrazione media di 8 ore da non superare per più di 25 giorni all'anno (come media su tre anni): durante il periodo della campagna tale soglia non è stata mai superata.

L'andamento di questo inquinante risulta differente da quelli primari, infatti l'O<sub>3</sub> non ha sorgenti emissive dirette di rilievo e la sua formazione nella troposfera è correlata al ciclo diurno solare: il trend giornaliero è tipicamente "a campana" con un massimo poco dopo il periodo di maggior insolazione (generalmente tra le ore 14 e le 16). Nei momenti di maggior emissione degli ossidi di azoto le concentrazioni di O<sub>3</sub> tendono a calare, soprattutto in vicinanza di strade con traffico sostenuto.



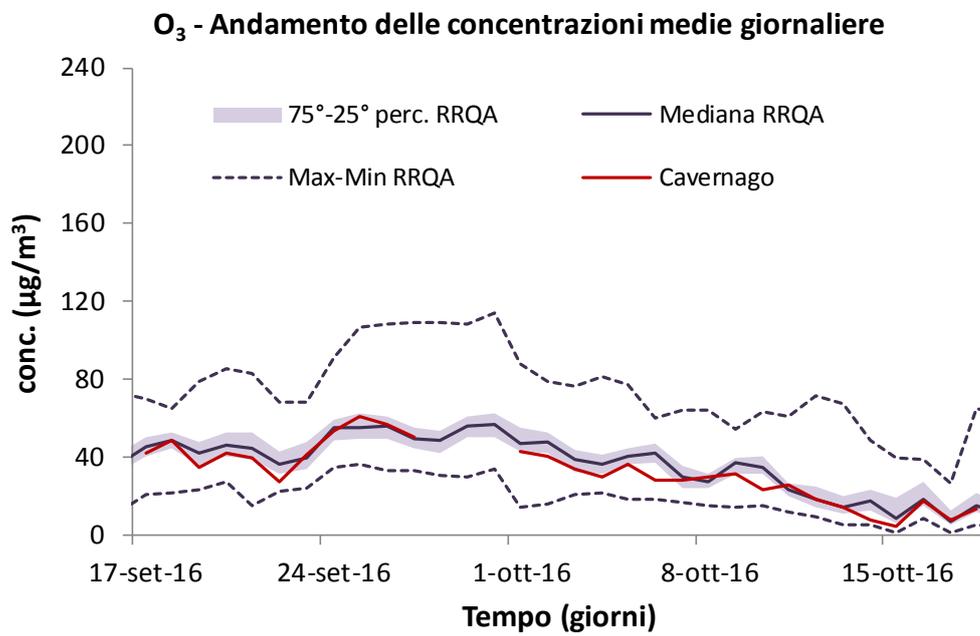
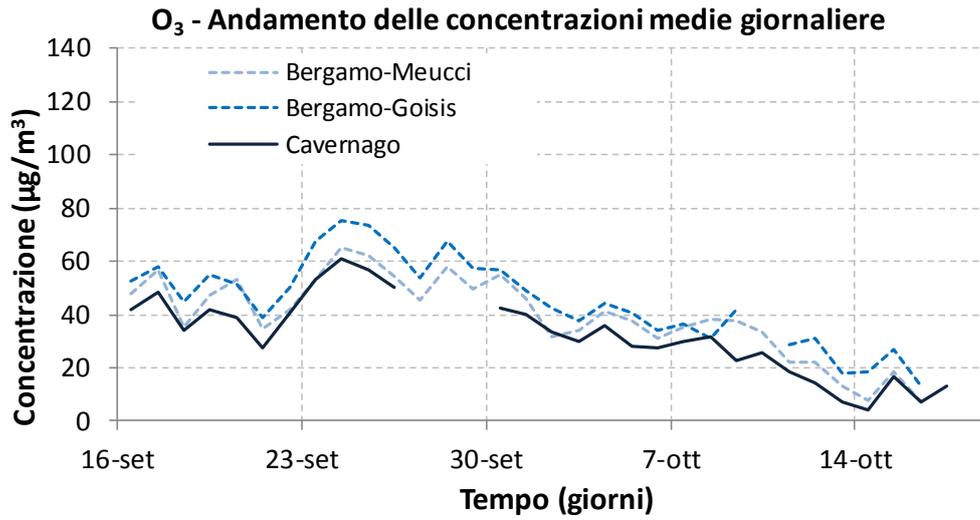


Figure 49-50-51: Concentrazioni orarie e giornaliere per l'O<sub>3</sub>.

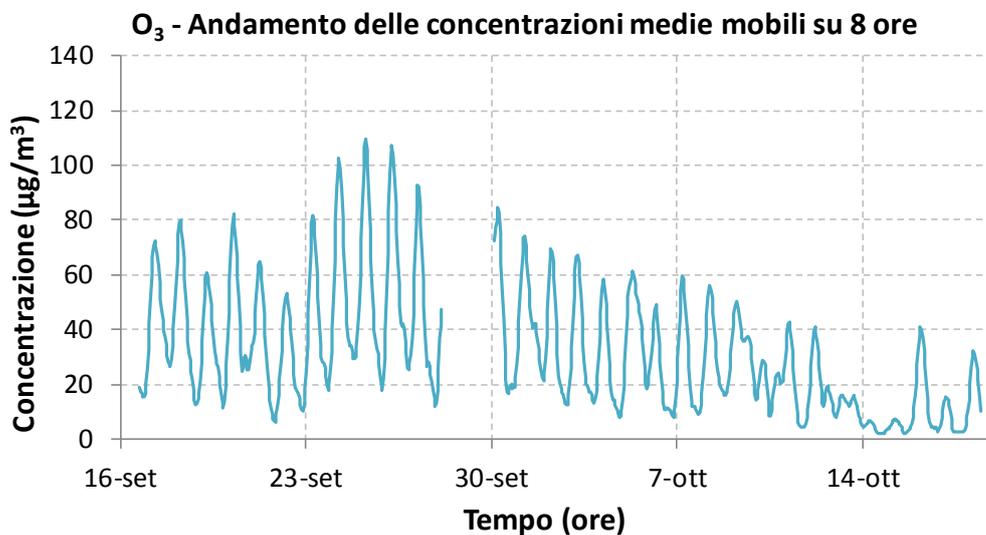


Figura 52: Andamento delle concentrazioni di O<sub>3</sub> mediate sulle 8 ore (media mobile).

Analogamente, i valori diurni più elevati si verificano di norma nei giorni festivi e prefestivi, quando sono minori le emissioni di NO: infatti la presenza di minori quantità di NO riduce la reazione tra NO e O<sub>3</sub> che porta alla formazione di NO<sub>2</sub> e quindi alla distruzione di molecole di ozono, evidenziando il fenomeno noto come “effetto week-end”. Quanto detto è ben visibile nel grafico della Figura 53, dove sono stati tracciati gli andamenti del giorno tipo feriale, prefestivo e festivo ottenuti dalle misure effettuate a Cavernago. Il legame tra O<sub>3</sub> e NO, che spiega i valori maggiori nei giorni festivi rispetto a quelli feriali, è anche il motivo per cui le concentrazioni di ozono sono, generalmente, più elevate nelle aree rurali rispetto a quelle urbanizzate, in particolare sottovento alle grandi città anche a decine di km di distanza.

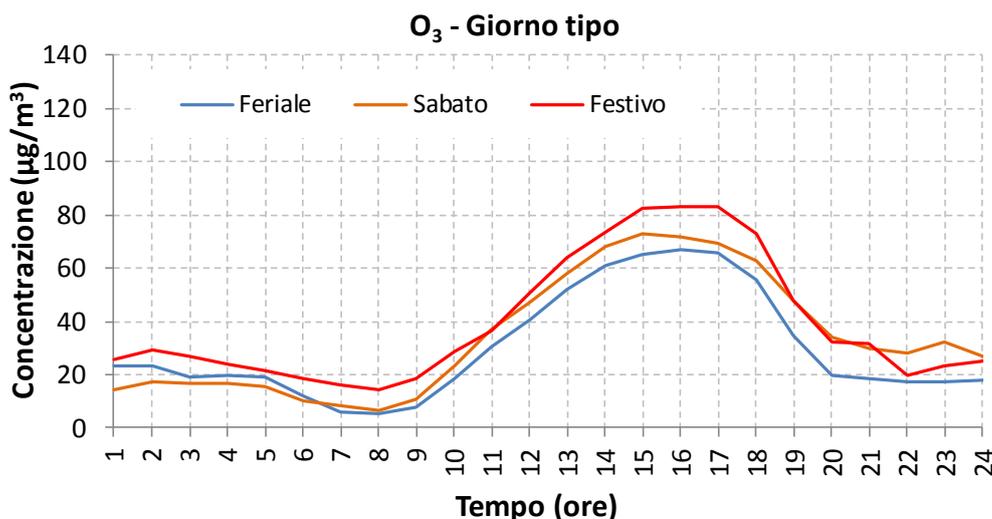


Figura 53: Giorno tipo per l'O<sub>3</sub>.

## II PM10

La concentrazione media del PM10 su tutto il periodo della campagna di misure è risultata essere di 29 µg/m<sup>3</sup> e il massimo valore giornaliero di 83 µg/m<sup>3</sup> registrato il 29 settembre.

Nella Tabella 10 sono riportati i dati statistici relativi al PM10 per alcuni siti della RRQA.

Tabella 10: Dati statistici relativi al PM10.

PM10	Rendimento (%)	Media (µg/m <sup>3</sup> )	Dev. St (µg/m <sup>3</sup> )	Max Media 24h (µg/m <sup>3</sup> )	N° giorni supero valore obiettivo
Cavernago BG	97	29	17	83	4
Bergamo-Meucci BG	100	23	14	75	1
Treviglio BG	100	20	9	46	0

Nella Figura 54 sono riportati gli andamenti delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 determinati a Cavernago e paragonati con quelli ottenuti presso le centraline fisse di Treviglio e Bergamo Via Meucci. In tale grafico si può osservare l'ottimo accordo tra l'andamento temporale delle misure effettuate nelle tre postazioni, anche se i valori sono tendenzialmente superiori. La Figura 55, dove i dati di Cavernago sono confrontati con quelli registrati su tutte le centraline fisse presenti nella regione Lombardia, mostra che gli

andamenti delle concentrazioni giornaliere risultano molto coerenti, ma superiori in termini quantitativi in 5 giornate che vanno dal 26 al 30 settembre.

La normativa (D. Lgs. 155/10) prevede un valore limite sulla media giornaliera di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  da non superare più di 35 volte all'anno e un valore limite sulla media annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Per quanto riguarda la campagna di monitoraggio di Cavernago si sono verificati 4 superi del valore limite giornaliero, tutti occorsi in quelle 5 giornate di cui sopra, un intervallo temporale che è stato particolarmente critico per tutto il territorio lombardo (Figura 55).

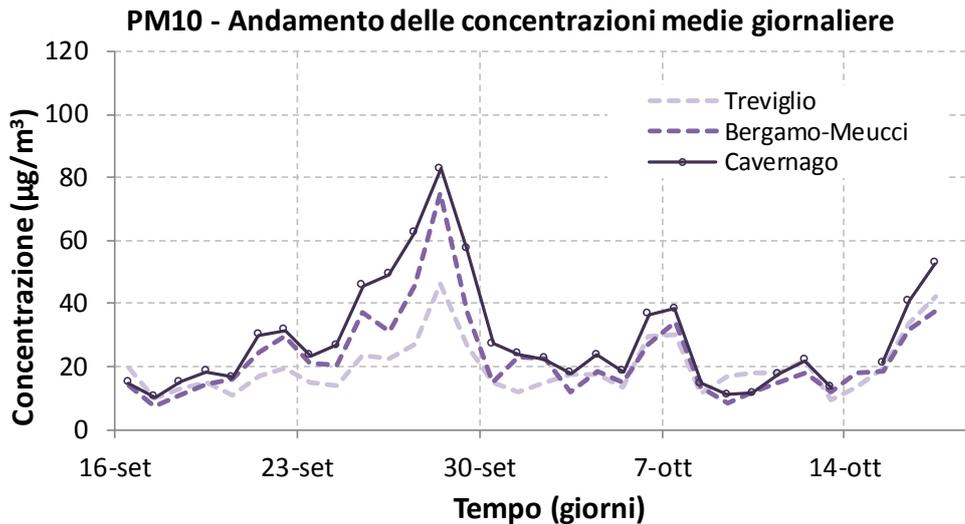


Figura 54: Concentrazioni medie giornaliere per il PM10.

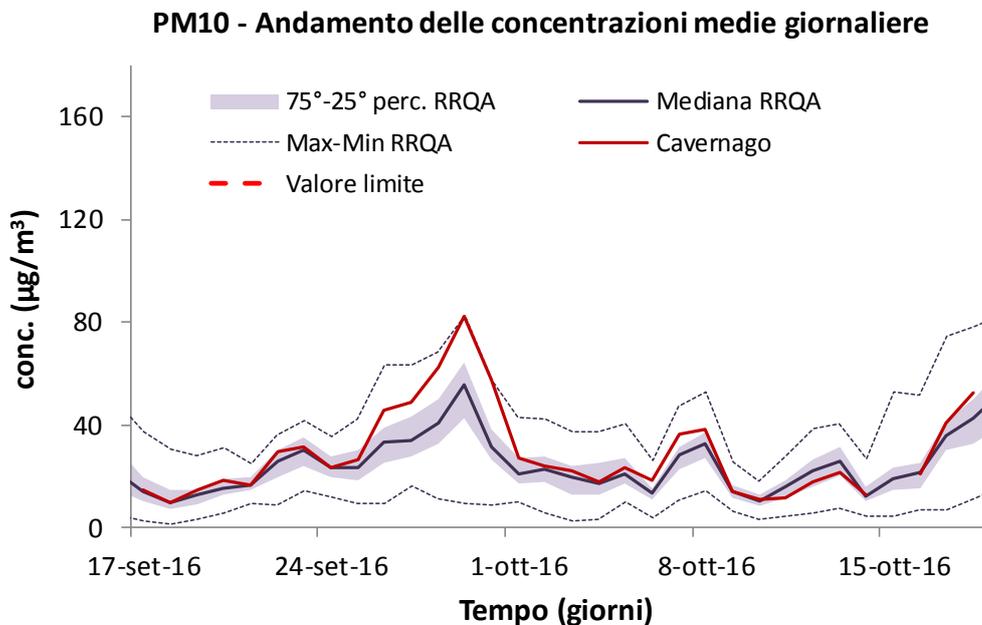


Figura 55: Concentrazioni medie giornaliere per il PM10 della RRQA della Lombardia

### Gli elementi nel PM10

In questa campagna di monitoraggio e in quella precedente, effettuata dal 2 marzo al 6 aprile 2016, si è osservato che in alcuni giorni le concentrazioni di PM10 a Cavernago sono superiori a quelle di Bergamo Meucci (Figura 56). Siccome nel comune limitrofo di Calcinate, c'è una cava, i filtri di PM10 campionati durante questa campagna sono stati sottoposti a spettrometria XRF per individuare la presenza e la relativa concentrazione dei seguenti elementi con numero atomico  $Z > 11$ : Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Pb, per poi poter stimare il contributo della componente terrigena minerale.

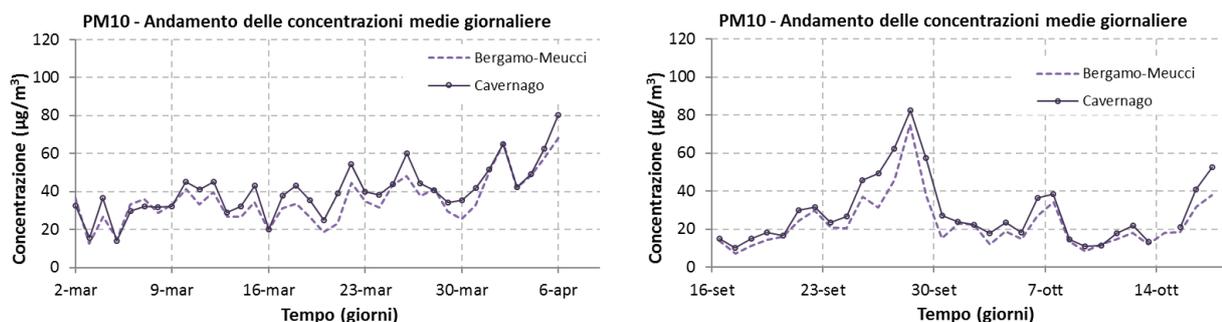


Figura 56: Confronto PM10 rilevato a Cavernago e Bergamo Meucci nelle due campagne di monitoraggio.

Dai dati raccolti si evidenzia che, durante tutta la campagna, elementi quali P, V, Br, Sr, Sn, Sb sono sempre stati al di sotto del limite di rilevanza (in seguito lmr) e pertanto non verranno menzionati nelle successive elaborazioni.

Nella tabella 11 sono riportate alcune statistiche relative all'anno 2016 degli elementi monitorati a Cavernago. Tra tutti gli elementi rilevati, gli unici ad essere normati sono il piombo, con un valore limite di  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e il nichel con un valore obiettivo di  $0.020 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per le concentrazioni medie annuali (D. Lgs. 155/10). Dalle tabelle risulta che le concentrazioni di tali elementi sono molto basse.

Tabella 11: Dati statistici del 2016 degli elementi nel PM10 rilevati a Cavernago.

		Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn
media	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.168	0.597	0.787	0.058	0.244	0.757	0.026	0.002	0.014
dev.st.media	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.023	0.069	0.083	0.010	0.015	0.094	0.003	0.0004	0.001
max	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.545	1.688	1.850	0.237	0.429	2.446	0.067	0.010	0.031
rendimento	(%)	97	97	97	97	97	97	97	97	97

		Fe	Ni	Zn	Br	Rb	Pb	Ba
media	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.530	0.001	0.058	0.003	0.001	0.008	0.122
dev.st.media	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.044	0.0001	0.004	0.0001	0.0001	0.001	0.009
max	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1.218	0.003	0.105	0.004	0.003	0.018	0.232
rendimento	(%)	97	97	97	97	97	97	97

In Figura 57 sono riportate le concentrazioni medie assolute degli elementi per i siti presi a confronto, ed è rappresentata anche la deviazione standard della media come indice della variabilità della media in relazione

alla naturale variabilità giornaliera dei dati rilevati. In questo modo si intende svincolare la deviazione standard dal numero di misure effettuate considerando l'incertezza da associare alla media di N misure.

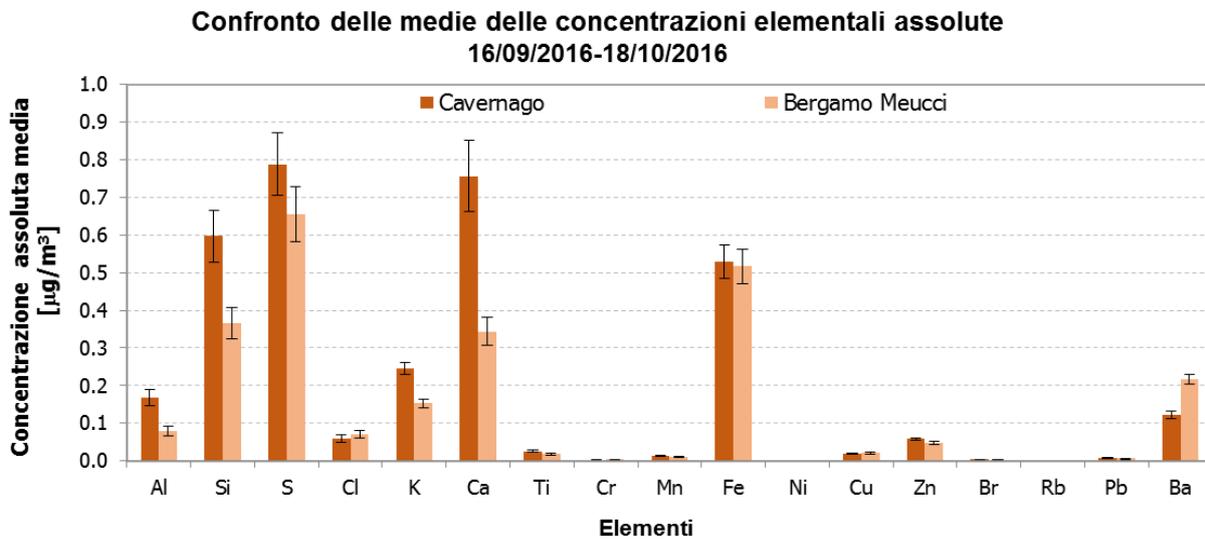


Figura 57: Confronto delle concentrazioni assolute degli elementi nei diversi siti.

Nel complesso si può affermare che a Cavernago le concentrazioni medie dei vari elementi presentano differenze significative con la postazione di Bergamo Meucci per quanto riguarda i terrigeni (Al, Si, Ca), il potassio (K), lo zolfo (S) e il bario (Ba).

Per svincolare i dati dalle diverse condizioni meteo dei siti, si sono considerate le concentrazioni relative degli elementi nel PM10. Mentre le concentrazioni elementali assolute danno indicazione della qualità dell'aria e sono modulate dalle condizioni meteorologiche, quelle relative sono indice della qualità del particolato, sono maggiormente svincolate dalle condizioni meteo e più legate alle sorgenti emissive che hanno prodotto la polvere. Le relative sono ottenute dividendo le concentrazioni assolute per la concentrazione di massa del PM10 espressa nella stessa unità di misura e moltiplicando per 1000 (pertanto unità di misura ppk).

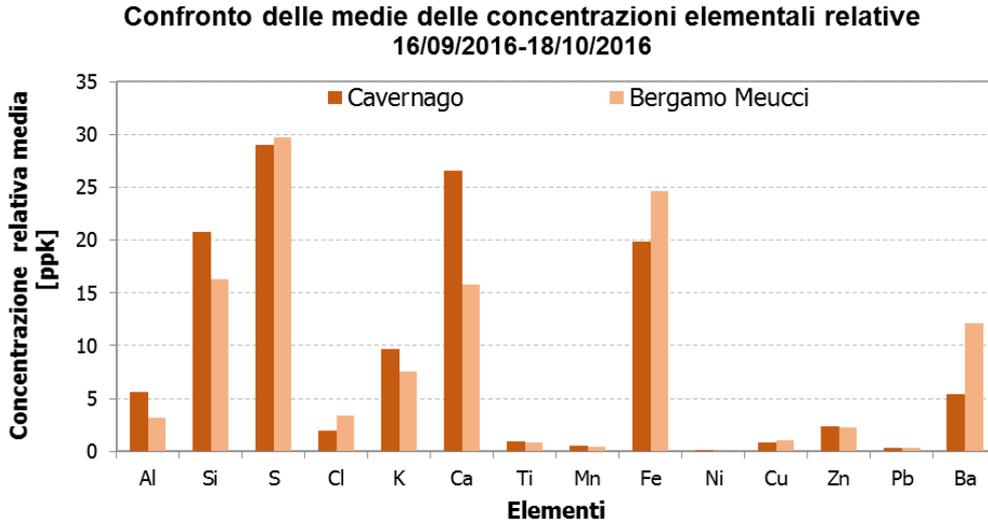


Figura 58: Confronto delle concentrazioni relative degli elementi nei diversi siti.

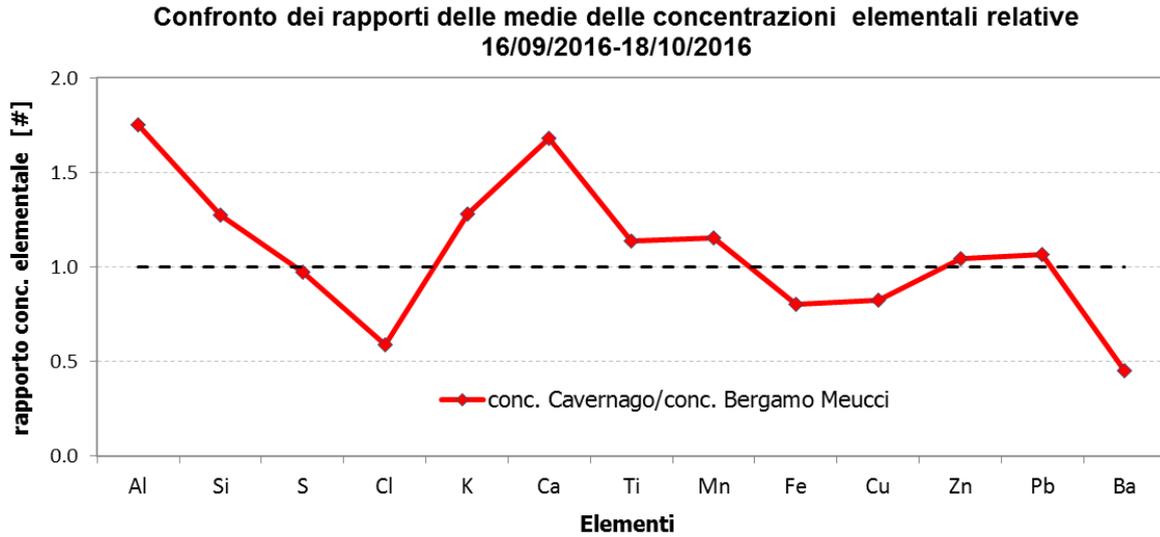


Figura 59: Rapporto tra le medie delle concentrazioni elementali relative.

Nelle figure 58 e 59 si riportano i confronti delle medie delle concentrazioni elementali relative di Cavernago e Bergamo Meucci, dai quali si evince che a Cavernago il particolato è più arricchito di alluminio, silicio, titanio, manganese, calcio e potassio, mentre a Bergamo Meucci di cloro, ferro, rame e bario.

Successivamente, nei due siti di indagine, si è stimato il contributo dei terrigeni, che nel particolato compaiono come ossidi.

$$\text{Componente terrigena minerale} = \sum [C_i] \times A_i$$

dove

- $C_i$  = concentrazione assoluta elemento terrigeno i-esimo (per il Fe e il K solo la parte terrigena)
- $A_i$  = coefficiente per passare dall'elemento al suo ossido più comune.

FA è il fattore di arricchimento, cioè un indicatore importante per valutare l'origine, antropica o naturale, degli elementi presenti nel PM10. Questi fattori sono ottenuti come quoziente tra i rapporti della concentrazione in aria ( $C_{i,aria}$ ) e nel suolo di ciascun elemento ( $C_{i, suolo}$ ) e di un elemento di riferimento (nel nostro caso il silicio, considerato di sola origine naturale):

$$FA_i = (C_{i,aria} / C_{rif,aria}) / (C_{i, suolo} / C_{rif, suolo})$$

FA indica l'arricchimento di ogni elemento rispetto alla sua naturale concentrazione presente nella crosta terrestre. Un FA maggiore di cinque indica che per quell'elemento la sorgente preponderante di particolato non è più la polvere risolleata del suolo, ma una sorgente di origine antropica.

Tabella 12: Fattori di Arricchimento calcolati per Cavernago e Bergamo Meucci.

	Fattori di arricchimento												
	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn
17/09/2016 al 18/10/2016	[#]	[#]	[#]	[#]	[#]	[#]	[#]	[#]	[#]	[#]	[#]	[#]	[#]
Cavernago	1	1	108	54	5	3	3	8	5	5	6	22	47
Bergamo Meucci	1	1	157	131	5	2	3	17	6	8	4	32	59

Dalla tabella 12, per quanto riguarda il sito di Cavernago, è possibile evidenziare che valori di FA decisamente superiori a cinque si riscontrano per zolfo, cloro, rame e zinco, perché emessi da diverse attività industriali o nel caso dello zolfo, dai combustibili utilizzati per il riscaldamento domestico e dai motori diesel. Cromo e nichel risultano essere leggermente arricchiti. Tutti gli altri elementi sono di chiara origine terrigena, come alluminio, potassio, calcio, titanio, manganese e ferro con valori intorno all'unità. Comportamento sostanzialmente analogo si riscontra dalla stessa tabella per il sito di Bergamo Meucci: solo manganese, ferro e rame risultano essere più arricchiti rispetto a quelli del sito di Cavernago.

La componente terrigena a Cavernago risulta essere costituita dagli ossidi di alluminio, silicio, potassio, calcio, titanio, manganese e ferro:

$$\text{Componente terrigena minerale} = (1.890Al + 2.139Si + 1.205K^* + 1.399Ca + 1.668Ti + 1.358Fe^*) \cdot 1.15$$

dove  $K^* = \text{componente terrigena del potassio} = [K] / FA_K$

$Fe^* = \text{componente terrigena del ferro} = [Fe] / FA_{Fe}$

Il fattore moltiplicativo 1.15 tiene conto del contributo del Na e del Mg.

Le figure 60 e 61 mostrano come a Cavernago la componente terrigena minerale è maggiore che a Bergamo Meucci; tuttavia questa da sola non spiega le concentrazioni più elevate di PM10 in questi giorni a Cavernago.

### Andamento temporale - terrigeni minerali

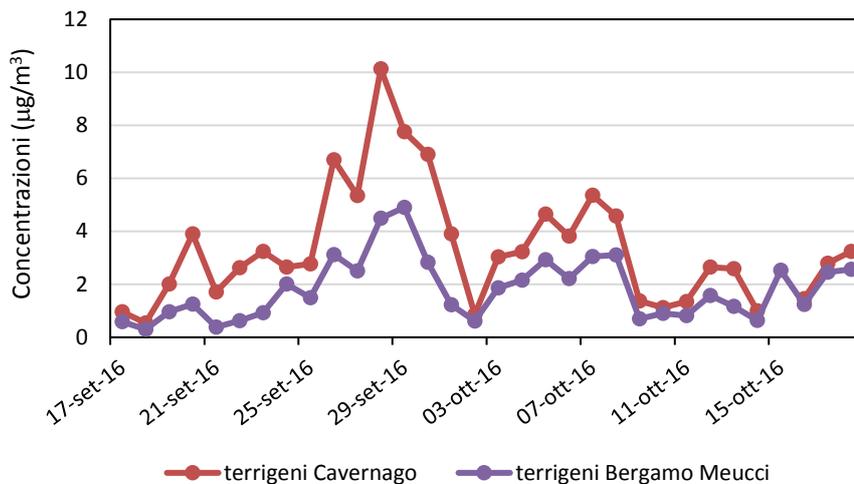


Figura 60: Confronto dell'andamento temporale della componente terrigena nei due siti di indagine.

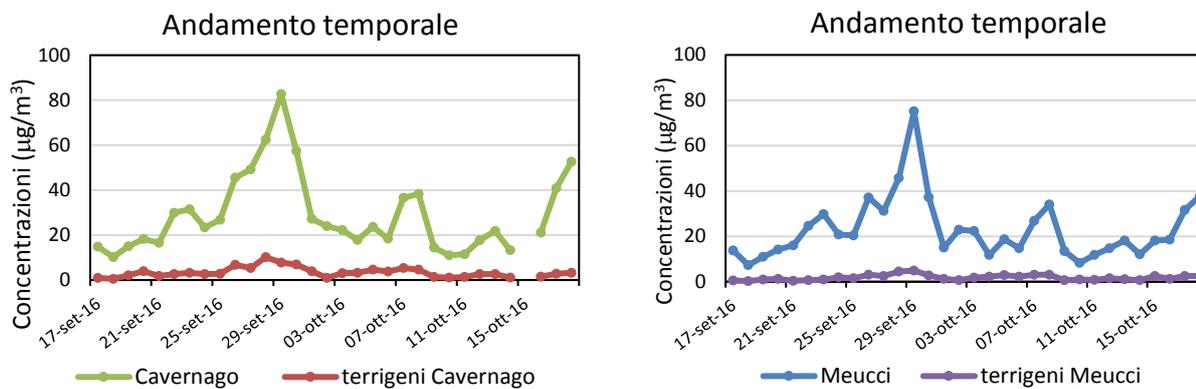


Figura 61: Confronto dell'andamento temporale dei PM10 e della componente terrigena nei due siti di indagine.

Attraverso una semplice modellizzazione si è provato a verificare e a quantificare il contributo della componente terrigena complessiva (minerale + organica), tracciata dagli elementi prima individuati, in particolare da silicio, alluminio, calcio e ferro. Nell'ipotesi in cui le concentrazioni di PM10 si possono scrivere:

$$PM10 = \alpha \cdot Terr + \beta \cdot X + \gamma \cdot S$$

dove

Terr = componente terrigena totale tracciata da quella minerale

S = componente secondaria tracciata dallo zolfo

X = l'insieme delle altre componenti tracciate dall'insieme degli elementi non considerati in precedenza.

I relativi coefficienti  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  sono stati calcolati con il metodo dei minimi quadrati. Il risultato della regressione lineare per Cavernago, ha portato ai seguenti risultati:

	$\gamma$	$\beta$	$\alpha$
	8.3	2.9	18.5
$\sigma$	2.6	5.4	4.3
$R^2$	0.97	-	-

cioè

$$PM10_{\text{ricostruito}} = 18.5 \cdot \text{Terr} + 2.9 \cdot X + 8.3 \cdot S$$

Il coefficiente di determinazione ottenuto è  $R^2 = 0.97$ , ovvero è spiegata il 97% della varianza del PM10 misurato. La stessa elaborazione è stata condotta anche per Bergamo Meucci, ottenendo per questo sito un  $R^2$  pari a 0.92.

Il confronto tra PM10 misurato e quello ricostruito con i parametri della regressione, risulta essere buono (Figura 62).

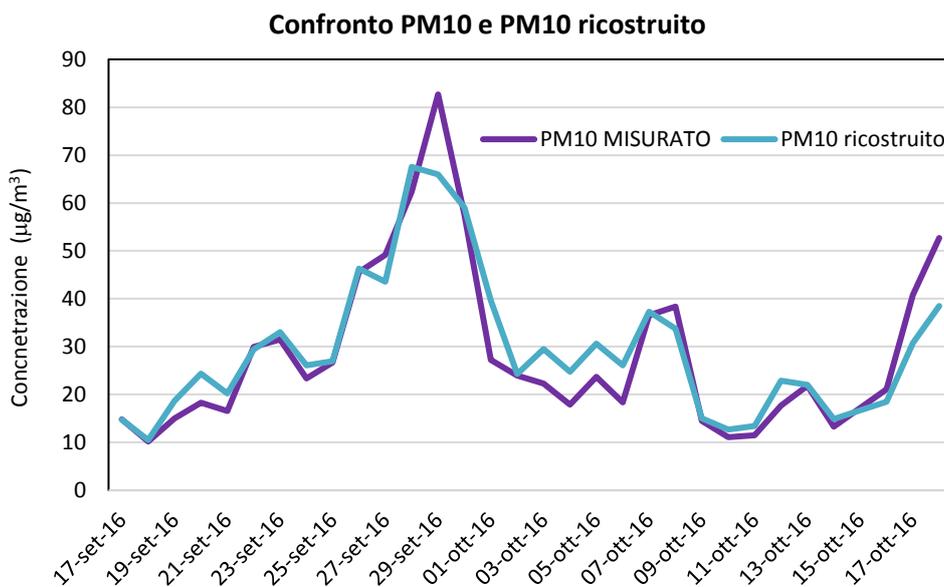


Figura 62: Confronto dell'andamento temporale dei PM10 misurato e ricostruito a Cavernago.

Per verificare se la componente terrigena di Cavernago risulta essere fondamentale per i valori elevati, per esempio del 29 settembre, si è provveduto a sottrarre dalle concentrazioni di PM10 la parte terrigena di Cavernago e sommare quella di Bergamo Meucci, ottenendo il risultato riportato qua sotto (Figura 63).

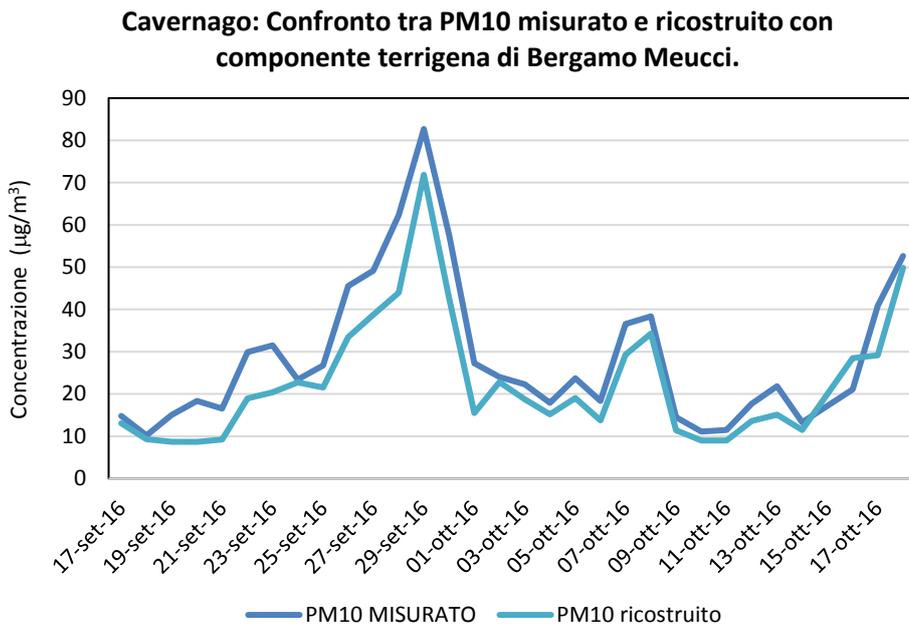


Figura 63: Confronto dell'andamento temporale dei PM10 misurato e quello ricostruito con la componente terrigena di Bergamo Meucci.

Tale elaborazione mette in evidenza che il picco del 29 settembre rimane invariato e quindi non è determinato specificatamente dalla componente terrigena complessiva, legata a sorgenti locali. La situazione meteorologica ha avuto, in questo caso, un ruolo fondamentale. La sorgente risospensione, consistente nel sollevamento di polvere dal suolo per azioni meccaniche (movimenti di mezzi pesanti polverosi, strade polverose, sospensione di polvere da cava per opera del vento, etc.), tracciata dagli elementi terrigeni quali alluminio, silicio e calcio, a Cavernago è più rilevante che a Bergamo Meucci, ma non è risultata determinante nei superamenti registrati.

### Il benzene

La misura di benzene è associata anche ad altri parametri, il toluene e gli xileni (orto-, para- e meta-xilene), il gruppo di tali inquinanti viene anche denominato BTX per brevità. Il toluene è un importante solvente, utilizzato a livello industriale, e sostituisce il benzene per la minore pericolosità; gli xileni sono impiegati principalmente come additivi per la benzina, per il resto vengono usati come solventi.

Nella Tabella 13 sono riportati i dati statistici relativi al benzene misurato a Cavernago e in alcuni siti della RRQA, che risultano essere più bassi delle stazioni di monitoraggio più vicine prese a confronto.

Tabella 13: Dati statistici relativi al benzene.

Benzene	Rendimento (%)	Media (µg/m³)	Dev. St (µg/m³)	Max Media 1h (µg/m³)	Max Media 24h (µg/m³)	N° superi limite annuale
Cavernago BG	95	0.5	0.3	1.8	1.2	0
Bergamo-Garibaldi BG	99	1.3	1.0	6.3	2.5	0
Dalmine BG	100	0.6	0.6	4.6	1.7	0

Nelle Figure 64, 65, 66 e 67 sono riportati gli andamenti delle concentrazioni medie orarie e giornaliere del benzene misurate a Cavernago e confrontate con quelle rilevate alle postazioni fisse di Bergamo via Garibaldi e Dalmine, successivamente, con tutta la RRQA della Lombardia. Le concentrazioni misurate a Cavernago sono risultate in linea, sia negli andamenti che nelle quantità assolute, con quelle registrate nelle altre centraline della rete (Figura 67). L'andamento del giorno tipo (Figura 68) rispecchia il ciclo giornaliero delle attività umane e in particolare del traffico veicolare.

La normativa (D. Lgs. 155/10) prevede per il benzene un valore limite sulla media annuale di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . D'altra parte non avendo un anno di dati, non è possibile fare il confronto con il limite normativo. I dati attualmente rilevati non evidenziano criticità legate a tale inquinante.

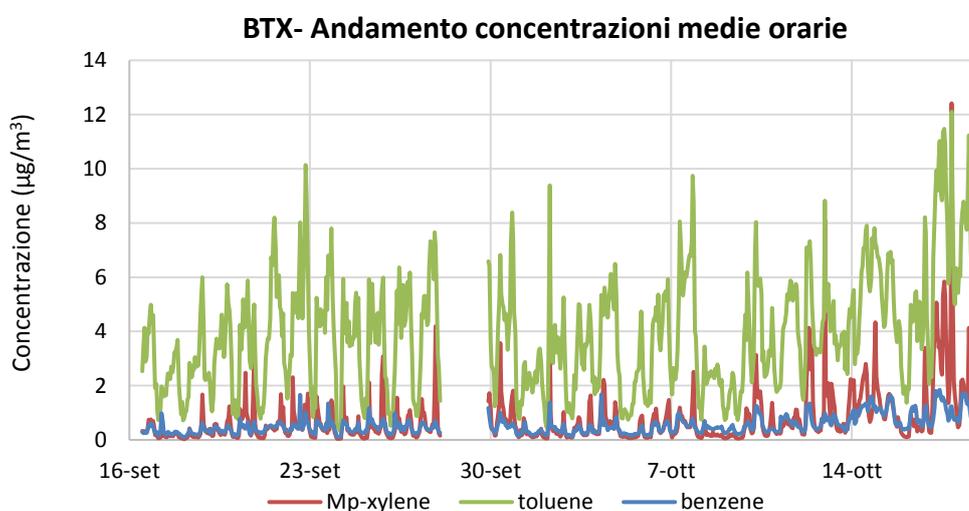


Figura 64: Concentrazioni orarie del btx a Cavernago.

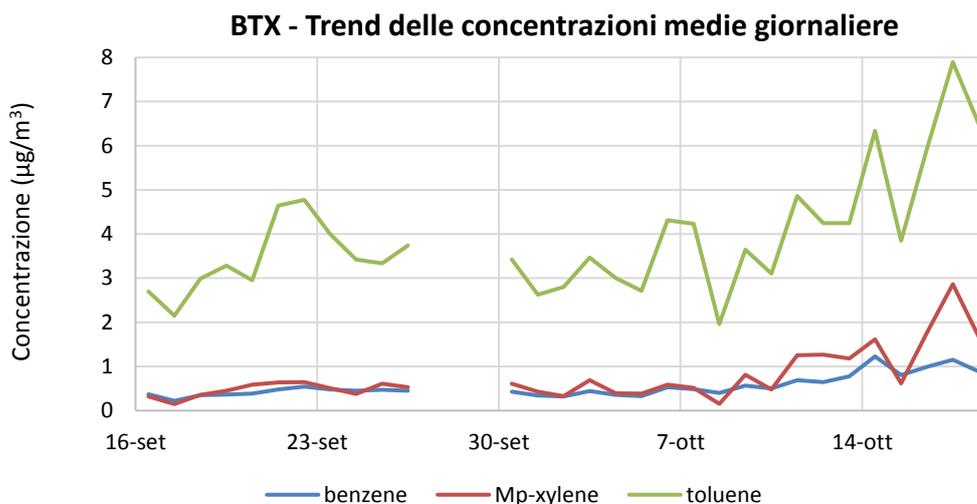


Figura 65: Concentrazioni giornaliere per il btx.

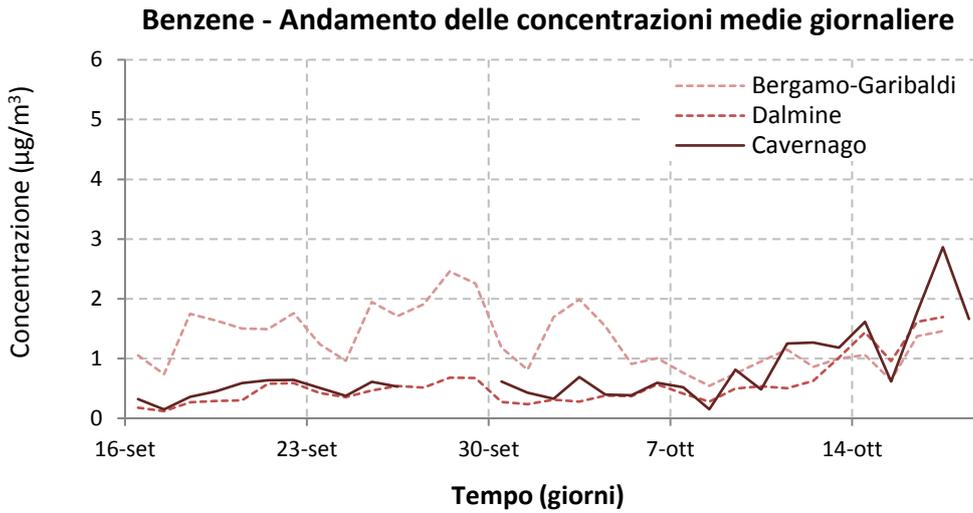


Figura 66: Confronto delle concentrazioni giornaliere per il benzene.

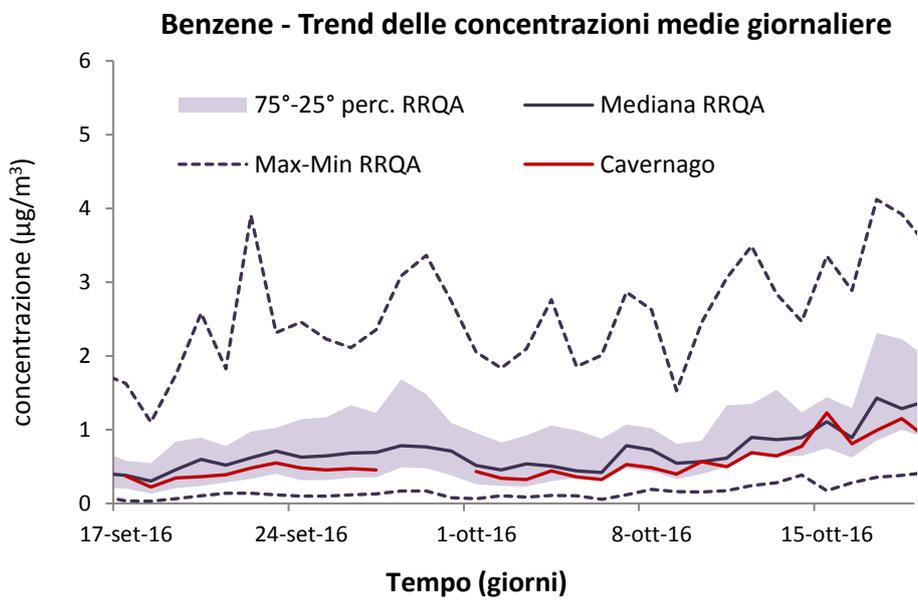


Figura 67: Confronto delle concentrazioni giornaliere di benzene di Cavernago con quelle della rete regionale.

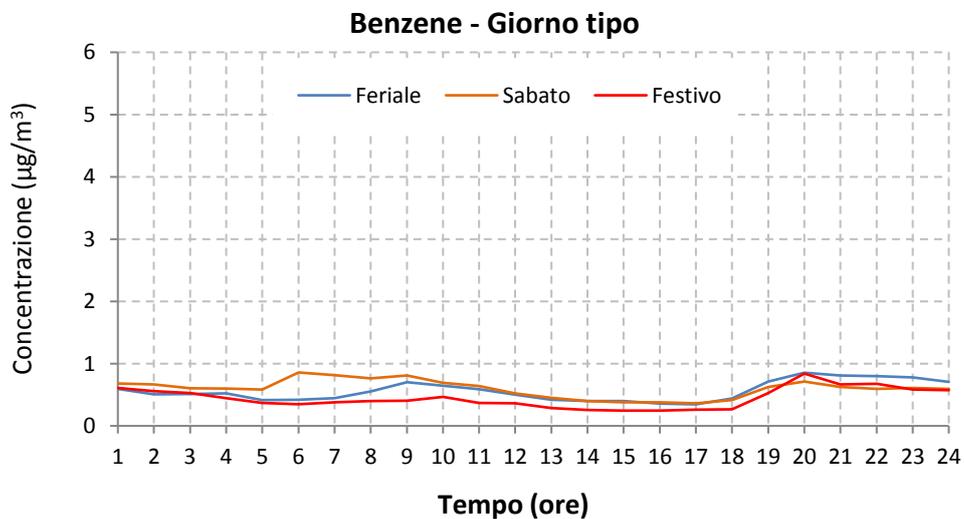


Figura 68: Giorno tipo per il benzene.

## Conclusioni

L'analisi dei dati della campagna di monitoraggio della qualità dell'aria ha mostrato coerenza con le misure effettuate in postazioni differenti: gli andamenti delle concentrazioni risultano ben correlati e gli stessi valori assoluti sono molto vicini. Questo perché molti inquinanti riescono a diffondersi bene in atmosfera, soprattutto in un territorio come quello della Pianura Padana piuttosto omogeneo e privo di rilevanti barriere orografiche. In tal modo, associato l'accordo tra le misure del laboratorio mobile e quelle delle centraline fisse della rete di rilevamento, è possibile ipotizzare con buona approssimazione lo stato della qualità dell'aria a Cavernago anche nei periodi non coperti dalle misure, prendendo come riferimento quelle della città di Bergamo.

Analizzando nello specifico i vari inquinanti si notano subito che le concentrazioni del **biossido di zolfo** e del **monossido di carbonio** sono notevolmente al di sotto dei limiti imposti dalla normativa. Rispetto alla prima campagna non vi sono novità, i livelli, prossimi ai limiti di rilevabilità degli strumenti, sono così bassi da non mostrare un particolare andamento neanche durante il periodo di questa seconda campagna.

Il **biossido di azoto** ha mostrato una marcata coerenza con i valori misurati dalle stazioni fisse della rete di rilevamento con una concentrazione media di  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Analogamente alla prima campagna, anche in questo caso le concentrazioni si sono mantenute sempre al di sotto del limite normativo per la protezione della salute umana.

L'**ozono** ha presentato una concentrazione media pari a  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e nessun superamento del valore obiettivo. Le concentrazioni misurate a Cavernago sono risultate in linea, sia negli andamenti che nelle quantità assolute, con quelle registrate nelle altre centraline della rete; pertanto non è stata evidenziata nessuna criticità prettamente locale legata a tale inquinante anche in questa seconda campagna.

Anche in questa seconda campagna le concentrazioni di **benzene** sono così basse da non mostrare un particolare andamento e nessun superamento del valore limite annuale.

Il **PM10** misurato a Cavernago ha mostrato un ottimo accordo temporale con le misure effettuate nelle centraline fisse di Treviglio e Bergamo Via Meucci. In questa campagna di monitoraggio e in quella precedente, effettuata dal 2 marzo al 6 aprile 2016, si è osservato che in alcuni giorni le concentrazioni di PM10 a Cavernago sono superiori a quelle di Bergamo Meucci. Inoltre, con una concentrazione media di  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , esso risulta spesso leggermente superiore al valore medio di tutta la rete lombarda.

L'analisi degli elementi nel PM10 ha mostrato che in questo sito risulta essere maggiore la componente terrigena minerale, a cui probabilmente contribuisce la cava di Calcinata. D'altra parte, le elaborazioni effettuate, evidenziano che i valori elevati, come il picco del 29 settembre, non è determinato specificatamente dalla componente terrigena complessiva, legata a sorgenti locali, ma la situazione meteorologica, che favorisce l'accumulo di inquinamento, gioca un ruolo fondamentale.

## Ringraziamenti

Si ringrazia l'Amministrazione Comunale per la collaborazione apportata durante la campagna di monitoraggio.

Allegato 1 - Dati Orari

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
17/9/16 0.00	0	35	3	31	0.3	24	0.3
17/9/16 1.00	0	34	2	29	0.2	25	0.3
17/9/16 2.00	0	32	2	27	0.2	22	0.3
17/9/16 3.00	1	32	3	27	0.2	20	0.3
17/9/16 4.00	0	33	3	27	0.2	14	0.3
17/9/16 5.00	0	35	5	27	0.2	10	0.4
17/9/16 6.00	0	36	6	27	0.2	7	0.6
17/9/16 7.00	1	38	7	26	0.2	10	0.5
17/9/16 8.00	0	50	12	30	0.2	17	0.6
17/9/16 9.00	1	49	10	33	0.2	24	0.6
17/9/16 10.00	1	42	6	33	0.2	31	0.5
17/9/16 11.00	1	36	3	31	0.2	45	0.3
17/9/16 12.00	0	33	2	29	0.2	59	0.3
17/9/16 13.00	0	31	1	28	0.2	69	0.3
17/9/16 14.00	0	29	1	26	0.1	81	0.2
17/9/16 15.00	0	28	1	26	0.1	86	0.2
17/9/16 16.00	1	29	1	26	0.1	86	0.2
17/9/16 17.00	1	30	1	28	0.2	76	0.4
17/9/16 18.00	1	33	1	30	0.2	62	1.0
17/9/16 19.00	1	33	1	31	0.2	60	0.7
17/9/16 20.00	0	31	1	29	0.2	44	0.3
17/9/16 21.00	0	29	1	26	0.2	47	0.2
17/9/16 22.00	0	27	1	24	0.1	48	0.2
17/9/16 23.00	0	28	1	25	0.1	36	0.2
18/9/16 0.00	0	34	2	30	0.2	33	0.3
18/9/16 1.00	0	30	1	27	0.2	44	0.3
18/9/16 2.00	0	28	1	25	0.2	36	0.2
18/9/16 3.00	0	28	2	25	0.2	31	0.2
18/9/16 4.00	0	28	2	24	0.2	26	0.2
18/9/16 5.00	0	30	2	25	0.2	22	0.2
18/9/16 6.00	0	30	2	25	0.2	19	0.3
18/9/16 7.00	0	30	3	24	0.2	17	0.3
18/9/16 8.00	0	32	4	25	0.2	23	0.3
18/9/16 9.00	1	32	3	27	0.2	39	0.3
18/9/16 10.00	1	29	1	26	0.2	56	0.2
18/9/16 11.00	1	28	1	25	0.2	71	0.2
18/9/16 12.00	1	26	1	23	0.1	75	0.1
18/9/16 13.00	0	25	1	22	0.1	82	0.1
18/9/16 14.00	0	25	1	22	0.1	89	0.1

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
18/9/16 15.00	1	25	1	22	0.1	90	0.1
18/9/16 16.00	0	24	1	22	0.1	96	0.1
18/9/16 17.00	1	26	1	24	0.2	78	0.1
18/9/16 18.00	0	30	1	27	0.2	60	0.2
18/9/16 19.00	0	34	1	31	0.2	41	0.2
18/9/16 20.00	1	35	1	32	0.2	41	0.4
18/9/16 21.00	0	33	1	30	0.2	32	0.3
18/9/16 22.00	1	34	2	30	0.2	33	0.3
18/9/16 23.00	1	33	2	29	0.2	33	0.2
19/9/16 0.00	1	32	2	28	0.2	27	0.2
19/9/16 1.00	1	32	2	28	0.2	21	0.2
19/9/16 2.00	1	31	2	27	0.1	22	0.2
19/9/16 3.00	1	31	2	26	0.2	20	0.2
19/9/16 4.00	1	34	3	28	0.2	10	0.2
19/9/16 5.00	1	38	4	30	0.2	8	0.2
19/9/16 6.00	1	60	17	32	0.2	3	0.3
19/9/16 7.00	3	112	52	31	0.3	4	0.6
19/9/16 8.00	2	137	67	34	0.3	12	0.6
19/9/16 9.00	2	-	-	-	0.2	25	0.4
19/9/16 10.00	1	-	-	-	0.2	35	0.4
19/9/16 11.00	1	35	8	22	0.2	37	0.3
19/9/16 12.00	1	31	6	21	0.2	49	0.3
19/9/16 13.00	1	30	5	21	0.2	60	0.4
19/9/16 14.00	1	29	5	21	0.2	66	0.4
19/9/16 15.00	1	24	4	17	0.2	75	0.3
19/9/16 16.00	1	22	3	17	0.2	78	0.2
19/9/16 17.00	1	23	3	18	0.2	75	0.3
19/9/16 18.00	1	41	3	35	0.2	47	0.3
19/9/16 19.00	1	47	2	43	0.2	23	0.5
19/9/16 20.00	1	36	1	33	0.2	28	0.5
19/9/16 21.00	1	29	1	27	0.2	35	0.4
19/9/16 22.00	1	30	1	27	0.2	31	0.4
19/9/16 23.00	2	29	1	26	0.2	31	0.4
20/9/16 0.00	1	23	1	20	0.2	36	0.3
20/9/16 1.00	1	23	2	19	0.2	29	0.3
20/9/16 2.00	1	22	2	19	0.2	20	0.3
20/9/16 3.00	1	31	2	27	0.2	12	0.3
20/9/16 4.00	1	32	2	28	0.1	20	0.3
20/9/16 5.00	1	48	6	38	0.2	8	0.3
20/9/16 6.00	2	123	50	45	0.2	4	0.4
20/9/16 7.00	2	109	42	44	0.2	5	0.5
20/9/16 8.00	3	144	61	49	0.2	6	0.5

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
20/9/16 9.00	2	95	34	42	0.2	18	0.5
20/9/16 10.00	1	52	12	32	0.2	36	0.4
20/9/16 11.00	1	25	4	18	0.2	60	0.3
20/9/16 12.00	1	15	3	10	0.1	79	0.2
20/9/16 13.00	1	21	3	15	0.2	78	0.2
20/9/16 14.00	1	18	3	13	0.2	88	0.2
20/9/16 15.00	2	17	3	12	0.2	96	0.2
20/9/16 16.00	2	14	2	10	0.1	102	0.2
20/9/16 17.00	2	22	2	17	0.2	86	0.2
20/9/16 18.00	2	31	3	25	0.2	68	0.4
20/9/16 19.00	1	51	3	46	0.3	31	0.8
20/9/16 20.00	1	39	1	35	0.2	37	0.5
20/9/16 21.00	1	41	1	37	0.3	27	0.5
20/9/16 22.00	1	38	1	35	0.2	28	0.6
20/9/16 23.00	1	33	2	29	0.2	35	0.4
21/9/16 0.00	1	38	2	35	0.2	19	0.4
21/9/16 1.00	1	46	4	40	0.2	12	0.5
21/9/16 2.00	1	44	4	37	0.2	12	0.7
21/9/16 3.00	1	25	2	21	0.2	45	0.4
21/9/16 4.00	0	18	1	15	0.2	58	0.2
21/9/16 5.00	0	28	2	25	0.2	39	0.2
21/9/16 6.00	0	55	3	48	0.2	12	0.3
21/9/16 7.00	1	71	12	53	0.3	7	0.5
21/9/16 8.00	1	76	16	50	0.3	17	0.7
21/9/16 9.00	1	39	6	29	0.3	41	0.4
21/9/16 10.00	1	32	5	24	0.3	44	0.3
21/9/16 11.00	1	23	3	17	0.2	58	0.3
21/9/16 12.00	1	15	2	11	0.2	64	0.3
21/9/16 13.00	0	13	2	9	0.2	67	0.3
21/9/16 14.00	0	12	2	9	0.2	72	0.2
21/9/16 15.00	1	17	2	12	0.2	69	0.3
21/9/16 16.00	0	16	2	12	0.2	70	0.2
21/9/16 17.00	0	19	2	15	0.2	64	0.3
21/9/16 18.00	0	21	2	17	0.2	53	0.4
21/9/16 19.00	1	28	2	24	0.2	42	0.5
21/9/16 20.00	0	28	1	24	0.2	31	0.5
21/9/16 21.00	0	34	2	30	0.2	22	0.4
21/9/16 22.00	0	32	2	28	0.3	17	0.5
21/9/16 23.00	0	44	4	37	0.3	6	0.5
22/9/16 0.00	0	33	3	28	0.3	13	0.5
22/9/16 1.00	1	36	3	31	0.3	11	0.5
22/9/16 2.00	1	38	3	32	0.2	8	0.5

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
22/9/16 3.00	1	37	3	31	0.2	6	0.5
22/9/16 4.00	1	34	3	28	0.2	9	0.5
22/9/16 5.00	1	53	14	31	0.3	3	0.5
22/9/16 6.00	2	98	41	35	0.3	3	0.6
22/9/16 7.00	1	96	37	39	0.3	3	0.7
22/9/16 8.00	1	86	27	43	0.3	8	0.7
22/9/16 9.00	1	46	9	32	0.3	32	0.7
22/9/16 10.00	1	39	5	31	0.3	34	0.5
22/9/16 11.00	1	35	5	27	0.2	39	0.6
22/9/16 12.00	1	29	4	22	0.2	48	0.4
22/9/16 13.00	1	29	4	22	0.2	47	0.3
22/9/16 14.00	1	29	4	22	0.2	49	0.3
22/9/16 15.00	1	23	3	18	0.2	63	0.3
22/9/16 16.00	1	19	2	15	0.2	69	0.3
22/9/16 17.00	0	24	3	19	0.2	65	0.3
22/9/16 18.00	0	32	3	27	0.2	48	0.4
22/9/16 19.00	0	37	3	33	0.2	27	0.4
22/9/16 20.00	0	44	3	39	0.3	15	0.6
22/9/16 21.00	0	36	2	32	0.3	17	0.6
22/9/16 22.00	0	34	2	30	0.3	18	0.5
22/9/16 23.00	0	30	2	26	0.3	22	0.5
23/9/16 0.00	0	28	2	24	0.2	23	0.4
23/9/16 1.00	0	28	2	25	0.2	17	0.4
23/9/16 2.00	0	33	2	29	0.3	12	0.8
23/9/16 3.00	0	26	2	22	0.2	20	1.7
23/9/16 4.00	0	26	2	22	0.2	16	0.4
23/9/16 5.00	0	42	5	34	0.2	7	0.4
23/9/16 6.00	1	85	28	41	0.3	3	0.5
23/9/16 7.00	2	133	56	46	0.3	4	0.7
23/9/16 8.00	2	95	31	46	0.3	7	1.0
23/9/16 9.00	2	89	26	47	0.3	12	0.7
23/9/16 10.00	1	53	12	33	0.3	39	0.7
23/9/16 11.00	1	29	4	23	0.2	60	0.5
23/9/16 12.00	1	28	4	21	0.2	67	0.4
23/9/16 13.00	1	17	2	13	0.2	86	0.3
23/9/16 14.00	0	15	2	11	0.2	95	0.3
23/9/16 15.00	0	16	2	12	0.2	95	0.2
23/9/16 16.00	0	15	2	11	0.2	98	0.2
23/9/16 17.00	0	18	2	13	0.2	92	0.2
23/9/16 18.00	1	33	3	27	0.3	63	0.7
23/9/16 19.00	0	39	2	35	0.3	39	0.6
23/9/16 20.00	0	42	2	38	0.3	30	0.7

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
23/9/16 21.00	0	37	2	34	0.3	29	0.5
23/9/16 22.00	0	33	2	29	0.3	32	0.5
23/9/16 23.00	0	31	1	28	0.2	34	0.4
24/9/16 0.00	0	32	2	29	0.2	28	0.4
24/9/16 1.00	0	30	2	26	0.2	24	0.4
24/9/16 2.00	0	30	2	27	0.2	24	0.4
24/9/16 3.00	0	30	2	27	0.2	26	0.6
24/9/16 4.00	0	30	2	26	0.2	26	0.4
24/9/16 5.00	0	39	2	35	0.2	14	1.3
24/9/16 6.00	1	48	3	42	0.2	10	0.9
24/9/16 7.00	1	76	18	47	0.3	5	0.5
24/9/16 8.00	1	76	20	44	0.3	14	0.7
24/9/16 9.00	1	42	7	31	0.3	44	0.5
24/9/16 10.00	1	27	3	21	0.3	62	0.6
24/9/16 11.00	1	19	2	15	0.2	77	0.4
24/9/16 12.00	0	13	2	9	0.2	97	0.3
24/9/16 13.00	0	11	2	7	0.2	109	0.1
24/9/16 14.00	1	9	2	6	0.2	116	0.1
24/9/16 15.00	1	12	2	8	0.1	116	0.1
24/9/16 16.00	1	10	2	7	0.2	117	0.1
24/9/16 17.00	1	12	2	9	0.2	107	0.1
24/9/16 18.00	0	18	2	14	0.2	83	0.5
24/9/16 19.00	0	36	2	33	0.3	45	0.7
24/9/16 20.00	0	38	2	35	0.3	38	0.6
24/9/16 21.00	1	52	3	46	0.3	20	0.6
24/9/16 22.00	0	36	2	33	0.3	40	0.6
24/9/16 23.00	1	35	3	30	0.2	36	0.4
25/9/16 0.00	1	34	2	30	0.2	36	0.4
25/9/16 1.00	1	25	1	22	0.2	41	0.3
25/9/16 2.00	0	24	1	21	0.2	38	0.3
25/9/16 3.00	1	26	2	22	0.2	30	0.3
25/9/16 4.00	1	26	2	22	0.2	30	0.3
25/9/16 5.00	1	27	1	24	0.2	23	0.3
25/9/16 6.00	0	33	2	29	0.2	18	0.4
25/9/16 7.00	1	37	4	30	0.3	20	0.4
25/9/16 8.00	1	27	3	22	0.2	33	0.4
25/9/16 9.00	0	23	3	17	0.3	48	0.6
25/9/16 10.00	0	21	3	15	0.3	65	0.4
25/9/16 11.00	1	17	2	13	0.2	84	0.3
25/9/16 12.00	1	15	2	11	0.2	98	0.3
25/9/16 13.00	1	13	2	10	0.2	113	0.3
25/9/16 14.00	1	12	2	8	0.2	125	0.3

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
25/9/16 15.00	1	15	2	12	0.2	127	0.3
25/9/16 16.00	1	16	2	12	0.2	129	0.4
25/9/16 17.00	1	20	2	16	0.3	115	0.3
25/9/16 18.00	1	31	2	27	0.4	85	0.8
25/9/16 19.00	1	43	2	39	0.3	52	1.2
25/9/16 20.00	1	37	2	34	0.3	56	0.7
25/9/16 21.00	1	70	2	65	0.4	15	0.8
25/9/16 22.00	1	54	2	50	0.4	33	0.7
25/9/16 23.00	1	30	2	27	0.3	46	0.6
26/9/16 0.00	1	33	1	30	0.3	38	0.6
26/9/16 1.00	1	26	2	23	0.3	47	0.5
26/9/16 2.00	1	29	2	25	0.3	33	0.4
26/9/16 3.00	1	36	3	31	0.3	22	0.5
26/9/16 4.00	1	32	3	26	0.3	29	0.4
26/9/16 5.00	1	79	17	52	0.3	3	0.5
26/9/16 6.00	1	91	22	56	0.3	4	0.5
26/9/16 7.00	3	125	44	57	0.4	5	0.7
26/9/16 8.00	2	117	41	53	0.4	9	0.8
26/9/16 9.00	1	51	12	32	0.3	36	0.5
26/9/16 10.00	1	31	4	25	0.3	67	0.6
26/9/16 11.00	1	28	3	22	0.3	82	0.3
26/9/16 12.00	1	20	2	16	0.2	102	0.3
26/9/16 13.00	1	17	2	13	0.2	119	0.2
26/9/16 14.00	1	16	2	12	0.2	125	0.3
26/9/16 15.00	1	18	2	13	0.2	126	0.2
26/9/16 16.00	1	21	2	16	0.2	120	0.2
26/9/16 17.00	1	27	3	22	0.3	106	0.2
26/9/16 18.00	0	39	2	34	0.3	78	0.3
26/9/16 19.00	0	39	2	35	0.3	53	1.0
26/9/16 20.00	1	51	2	47	0.3	34	0.6
26/9/16 21.00	1	43	2	39	0.3	43	0.6
26/9/16 22.00	1	36	2	33	0.3	47	0.4
26/9/16 23.00	1	40	3	35	0.3	36	0.6
27/9/16 0.00	1	23	2	19	0.3	57	0.6
27/9/16 1.00	1	22	2	18	0.2	39	0.4
27/9/16 2.00	0	31	2	28	0.3	29	0.4
27/9/16 3.00	1	30	2	27	0.2	44	0.5
27/9/16 4.00	2	34	2	30	0.2	43	0.3
27/9/16 5.00	2	45	2	41	0.3	27	0.5
27/9/16 6.00	2	88	18	60	0.3	4	0.5
27/9/16 7.00	2	85	19	55	0.3	8	0.7
27/9/16 8.00	1	84	20	51	0.4	13	0.7

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
27/9/16 9.00	1	62	12	43	0.3	33	0.6
27/9/16 10.00	1	40	5	32	0.3	50	0.4
27/9/16 11.00	1	30	4	23	0.3	66	0.4
27/9/16 12.00	1	23	3	17	0.2	90	0.3
27/9/16 13.00	1	19	3	14	0.2	102	0.2
27/9/16 14.00	1	17	3	13	0.2	110	0.2
27/9/16 15.00	1	21	3	16	0.2	106	0.2
27/9/16 16.00	1	18	2	13	0.3	119	0.2
27/9/16 17.00	1	25	2	21	0.3	101	0.3
27/9/16 18.00	1	44	3	39	0.4	45	0.4
27/9/16 19.00	0	72	4	64	0.4	8	0.5
27/9/16 20.00	1	49	2	44	0.3	35	0.7
27/9/16 21.00	1	48	2	44	0.3	26	0.6
27/9/16 22.00	1	48	2	44	0.3	24	0.6
27/9/16 23.00	1	36	2	33	0.3	32	0.6
28/9/16 0.00	1	33	2	29	0.3	30	0.4
28/9/16 1.00	1	27	2	24	0.3	31	0.4
28/9/16 2.00	0	23	2	19	0.3	26	0.4
28/9/16 3.00	1	28	2	25	0.3	23	0.4
28/9/16 4.00	1	33	2	30	0.3	20	0.4
28/9/16 5.00	1	63	13	42	0.3	4	0.4
28/9/16 6.00	1	85	27	43	0.3	5	0.5
28/9/16 7.00	1	71	19	41	0.3	6	0.5
28/9/16 8.00	3	154	69	47	0.4	5	0.7
28/9/16 9.00	3	148	64	49	0.4	9	0.7
28/9/16 10.00	1	59	16	33	0.3	36	0.5
28/9/16 11.00	1	33	5	24	0.3	57	0.4
28/9/16 12.00	1	21	3	16	0.3	82	0.3
28/9/16 13.00	1	19	3	14	0.3	97	0.3
28/9/16 14.00	-	-	-	-	-	-	-
28/9/16 15.00	-	-	-	-	-	-	-
28/9/16 16.00	-	-	-	-	-	-	-
28/9/16 17.00	-	-	-	-	-	-	-
28/9/16 18.00	-	-	-	-	-	-	-
28/9/16 19.00	-	-	-	-	-	-	-
28/9/16 20.00	-	-	-	-	-	-	-
28/9/16 21.00	-	-	-	-	-	-	-
28/9/16 22.00	-	-	-	-	-	-	-
28/9/16 23.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 0.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 1.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 2.00	-	-	-	-	-	-	-

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
29/9/16 3.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 4.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 5.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 6.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 7.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 8.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 9.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 10.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 11.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 12.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 13.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 14.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 15.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 16.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 17.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 18.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 19.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 20.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 21.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 22.00	-	-	-	-	-	-	-
29/9/16 23.00	-	-	-	-	-	-	-
30/9/16 0.00	-	-	-	-	-	-	-
30/9/16 1.00	-	-	-	-	-	-	-
30/9/16 2.00	-	-	-	-	-	-	-
30/9/16 3.00	-	-	-	-	-	-	-
30/9/16 4.00	-	-	-	-	-	-	-
30/9/16 5.00	-	-	-	-	-	-	-
30/9/16 6.00	-	-	-	-	-	-	-
30/9/16 7.00	-	-	-	-	-	-	-
30/9/16 8.00	-	-	-	-	-	-	-
30/9/16 9.00	-	-	-	-	-	-	-
30/9/16 10.00	2	60	12	41	0.4	21	1.2
30/9/16 11.00	2	59	10	43	0.4	39	0.9
30/9/16 12.00	3	36	4	29	0.3	80	0.5
30/9/16 13.00	2	26	3	21	0.3	95	0.4
30/9/16 14.00	2	30	3	25	0.3	94	0.4
30/9/16 15.00	2	26	2	22	0.3	105	0.4
30/9/16 16.00	1	21	2	17	0.2	110	0.3
30/9/16 17.00	2	22	2	18	0.3	98	0.3
30/9/16 18.00	1	42	2	38	0.3	57	0.4
30/9/16 19.00	1	63	2	59	0.3	27	0.6
30/9/16 20.00	1	70	6	60	0.4	16	0.7

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
30/9/16 21.00	1	75	5	68	0.4	7	1.0
30/9/16 22.00	1	72	7	61	0.4	12	0.8
30/9/16 23.00	1	51	3	46	0.3	24	0.7
1/10/16 0.00	2	65	9	51	0.4	10	0.8
1/10/16 1.00	1	43	4	36	0.3	22	0.7
1/10/16 2.00	1	35	3	30	0.3	21	0.5
1/10/16 3.00	1	43	5	35	0.3	20	0.6
1/10/16 4.00	1	31	2	27	0.3	28	0.4
1/10/16 5.00	1	40	3	35	0.3	16	0.5
1/10/16 6.00	1	37	4	30	0.3	18	0.5
1/10/16 7.00	1	50	7	38	0.3	11	0.5
1/10/16 8.00	1	67	15	42	0.3	14	0.6
1/10/16 9.00	2	57	10	40	0.3	24	0.6
1/10/16 10.00	1	36	5	28	0.3	46	0.5
1/10/16 11.00	1	27	3	21	0.3	60	0.4
1/10/16 12.00	1	21	2	16	0.3	76	0.2
1/10/16 13.00	0	14	2	10	0.2	91	0.2
1/10/16 14.00	1	13	2	9	0.2	93	0.2
1/10/16 15.00	0	16	2	12	0.2	85	0.2
1/10/16 16.00	0	18	2	14	0.2	75	0.3
1/10/16 17.00	1	23	2	19	0.2	66	0.2
1/10/16 18.00	1	30	2	26	0.3	50	0.3
1/10/16 19.00	1	38	2	34	0.3	29	0.5
1/10/16 20.00	1	31	2	27	0.3	34	0.7
1/10/16 21.00	0	21	2	17	0.2	47	0.4
1/10/16 22.00	1	17	2	14	0.2	50	0.3
1/10/16 23.00	0	21	2	17	0.2	38	0.3
2/10/16 0.00	1	19	2	15	0.2	40	0.3
2/10/16 1.00	1	16	2	13	0.2	43	0.2
2/10/16 2.00	0	13	2	10	0.2	43	0.2
2/10/16 3.00	0	13	1	10	0.2	42	0.2
2/10/16 4.00	1	16	2	13	0.2	32	0.2
2/10/16 5.00	0	20	2	16	0.2	25	0.2
2/10/16 6.00	1	21	2	17	0.2	22	0.2
2/10/16 7.00	1	28	3	23	0.2	14	0.2
2/10/16 8.00	1	38	5	29	0.3	9	0.3
2/10/16 9.00	1	35	5	27	0.3	17	0.3
2/10/16 10.00	1	35	5	26	0.3	16	0.3
2/10/16 11.00	1	33	6	23	0.3	33	0.4
2/10/16 12.00	1	18	3	13	0.3	57	0.3
2/10/16 13.00	1	15	2	11	0.2	68	0.2
2/10/16 14.00	1	10	2	7	0.2	85	0.2

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
2/10/16 15.00	0	11	2	8	0.2	89	0.2
2/10/16 16.00	1	11	2	8	0.2	94	0.2
2/10/16 17.00	0	14	2	11	0.2	87	0.2
2/10/16 18.00	1	32	3	27	0.3	41	0.6
2/10/16 19.00	1	36	3	30	0.3	26	1.4
2/10/16 20.00	0	34	2	29	0.3	29	0.6
2/10/16 21.00	1	39	3	33	0.3	21	0.5
2/10/16 22.00	1	30	2	26	0.3	21	0.4
2/10/16 23.00	1	46	5	38	0.3	9	0.5
3/10/16 0.00	1	39	3	33	0.3	16	0.5
3/10/16 1.00	1	28	2	24	0.3	24	0.4
3/10/16 2.00	1	29	2	24	0.3	16	0.4
3/10/16 3.00	1	31	3	26	0.3	12	0.4
3/10/16 4.00	1	29	3	24	0.2	18	0.3
3/10/16 5.00	1	38	3	31	0.2	11	0.2
3/10/16 6.00	1	46	7	35	0.2	6	0.3
3/10/16 7.00	2	115	47	41	0.3	4	0.5
3/10/16 8.00	2	105	43	37	0.3	11	0.6
3/10/16 9.00	1	50	15	26	0.2	24	0.4
3/10/16 10.00	1	27	6	17	0.2	43	0.2
3/10/16 11.00	1	23	4	15	0.2	50	0.2
3/10/16 12.00	1	20	4	13	0.2	59	0.2
3/10/16 13.00	1	17	3	12	0.2	69	0.2
3/10/16 14.00	0	15	3	10	0.2	77	0.2
3/10/16 15.00	0	14	3	9	0.2	84	0.2
3/10/16 16.00	1	16	3	11	0.2	83	0.1
3/10/16 17.00	0	24	4	17	0.2	69	0.2
3/10/16 18.00	0	34	3	28	0.2	45	0.4
3/10/16 19.00	0	43	3	38	0.2	25	0.3
3/10/16 20.00	0	41	2	37	0.2	24	0.4
3/10/16 21.00	0	43	3	37	0.2	17	0.4
3/10/16 22.00	1	57	7	46	0.2	6	0.5
3/10/16 23.00	1	45	5	38	0.2	11	0.5
4/10/16 0.00	1	30	3	25	0.2	25	0.4
4/10/16 1.00	0	23	2	19	0.2	28	0.3
4/10/16 2.00	0	23	2	20	0.2	24	0.2
4/10/16 3.00	1	25	2	21	0.2	20	0.2
4/10/16 4.00	1	37	3	31	0.2	10	0.2
4/10/16 5.00	1	34	4	28	0.2	14	0.2
4/10/16 6.00	1	55	9	40	0.2	5	0.2
4/10/16 7.00	2	86	28	42	0.2	5	0.4
4/10/16 8.00	2	91	33	40	0.3	8	0.6

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
4/10/16 9.00	1	71	22	36	0.3	20	0.5
4/10/16 10.00	1	47	11	29	0.2	36	0.5
4/10/16 11.00	2	35	7	24	0.2	46	0.3
4/10/16 12.00	1	31	5	22	0.2	53	0.3
4/10/16 13.00	1	29	5	20	0.2	64	0.3
4/10/16 14.00	1	29	5	21	0.2	69	0.3
4/10/16 15.00	1	24	4	17	0.2	75	0.3
4/10/16 16.00	1	26	4	19	0.2	71	0.3
4/10/16 17.00	1	37	4	29	0.2	56	0.3
4/10/16 18.00	1	57	6	47	0.3	32	0.6
4/10/16 19.00	1	80	12	61	0.3	8	1.7
4/10/16 20.00	1	56	5	48	0.2	15	0.7
4/10/16 21.00	1	56	7	45	0.2	15	0.5
4/10/16 22.00	1	60	8	47	0.2	11	0.7
4/10/16 23.00	1	49	4	42	0.2	10	0.6
5/10/16 0.00	1	35	3	30	0.2	25	0.5
5/10/16 1.00	1	34	2	30	0.2	18	0.4
5/10/16 2.00	1	33	2	28	0.2	15	0.4
5/10/16 3.00	0	46	6	36	0.2	4	0.4
5/10/16 4.00	1	61	14	39	0.2	3	0.5
5/10/16 5.00	2	86	28	42	0.2	4	0.4
5/10/16 6.00	1	74	19	44	0.2	5	0.4
5/10/16 7.00	2	97	32	47	0.2	4	0.4
5/10/16 8.00	2	113	43	46	0.3	8	0.8
5/10/16 9.00	1	69	20	37	0.3	23	0.8
5/10/16 10.00	1	50	12	31	0.2	31	0.5
5/10/16 11.00	1	42	9	28	0.2	37	0.4
5/10/16 12.00	1	36	7	24	0.2	44	0.3
5/10/16 13.00	1	24	4	17	0.2	67	0.2
5/10/16 14.00	1	18	3	12	0.2	77	0.2
5/10/16 15.00	1	23	4	16	0.2	77	0.2
5/10/16 16.00	1	25	4	18	0.2	61	0.2
5/10/16 17.00	1	23	3	18	0.2	53	0.2
5/10/16 18.00	1	25	3	19	0.2	47	0.2
5/10/16 19.00	1	20	2	15	0.2	52	0.2
5/10/16 20.00	0	15	2	10	0.2	55	0.2
5/10/16 21.00	1	14	2	10	0.2	53	0.2
5/10/16 22.00	0	12	2	8	0.1	57	0.2
5/10/16 23.00	1	15	2	12	0.2	47	0.1
6/10/16 0.00	1	15	2	11	0.2	45	0.2
6/10/16 1.00	0	17	2	13	0.2	38	0.2
6/10/16 2.00	0	20	2	17	0.2	29	0.2

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
6/10/16 3.00	0	20	2	16	0.2	29	0.2
6/10/16 4.00	1	21	2	18	0.2	30	0.2
6/10/16 5.00	0	26	2	22	0.2	19	0.2
6/10/16 6.00	1	38	4	32	0.2	10	0.2
6/10/16 7.00	1	67	17	40	0.2	5	0.4
6/10/16 8.00	2	122	47	49	0.3	6	0.5
6/10/16 9.00	1	65	18	36	0.2	22	0.5
6/10/16 10.00	1	31	5	23	0.2	41	0.3
6/10/16 11.00	1	22	3	15	0.2	52	0.2
6/10/16 12.00	1	18	3	12	0.2	58	0.2
6/10/16 13.00	0	19	3	13	0.2	57	0.2
6/10/16 14.00	0	19	3	14	0.2	55	0.2
6/10/16 15.00	1	23	3	17	0.2	49	0.2
6/10/16 16.00	0	24	3	19	0.2	45	0.2
6/10/16 17.00	0	28	3	22	0.2	40	0.2
6/10/16 18.00	1	45	4	37	0.2	18	0.4
6/10/16 19.00	1	62	9	47	0.3	5	0.5
6/10/16 20.00	1	54	7	43	0.3	8	0.6
6/10/16 21.00	1	54	7	43	0.3	6	0.6
6/10/16 22.00	1	52	6	42	0.3	7	0.7
6/10/16 23.00	1	47	3	41	0.3	9	0.5
7/10/16 0.00	1	37	3	32	0.2	17	0.5
7/10/16 1.00	1	32	2	27	0.2	16	0.3
7/10/16 2.00	1	26	2	21	0.2	18	0.3
7/10/16 3.00	0	29	2	25	0.2	11	0.3
7/10/16 4.00	1	39	4	32	0.2	6	0.3
7/10/16 5.00	1	74	24	37	0.2	3	0.5
7/10/16 6.00	3	116	49	39	0.3	3	0.5
7/10/16 7.00	3	127	56	40	0.3	4	0.6
7/10/16 8.00	4	131	57	42	0.3	5	0.7
7/10/16 9.00	3	98	36	42	0.3	14	0.7
7/10/16 10.00	1	45	10	29	0.2	38	0.6
7/10/16 11.00	1	28	4	20	0.2	47	0.3
7/10/16 12.00	1	21	3	15	0.2	58	0.3
7/10/16 13.00	1	20	3	14	0.2	65	0.2
7/10/16 14.00	1	21	3	16	0.2	72	0.3
7/10/16 15.00	1	22	3	16	0.2	73	0.3
7/10/16 16.00	1	26	3	20	0.2	68	0.3
7/10/16 17.00	1	34	3	28	0.3	54	0.6
7/10/16 18.00	1	53	5	45	0.3	31	0.9
7/10/16 19.00	1	63	6	53	0.4	13	1.0
7/10/16 20.00	1	64	6	54	0.3	10	0.9

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
7/10/16 21.00	1	51	3	45	0.3	13	0.8
7/10/16 22.00	1	48	3	43	0.3	11	0.7
7/10/16 23.00	1	41	3	36	0.3	14	0.7
8/10/16 0.00	1	50	4	43	0.3	7	0.6
8/10/16 1.00	1	43	3	37	0.3	13	0.6
8/10/16 2.00	1	37	3	32	0.3	14	0.5
8/10/16 3.00	1	32	2	28	0.2	16	0.5
8/10/16 4.00	1	37	3	32	0.3	8	0.5
8/10/16 5.00	1	41	4	34	0.2	7	0.5
8/10/16 6.00	1	64	14	41	0.3	3	0.6
8/10/16 7.00	3	109	42	44	0.3	3	0.7
8/10/16 8.00	3	100	37	43	0.3	6	0.8
8/10/16 9.00	2	59	16	34	0.3	20	0.6
8/10/16 10.00	1	33	5	24	0.2	38	0.4
8/10/16 11.00	1	27	3	21	0.2	45	0.4
8/10/16 12.00	1	29	6	19	0.2	55	0.4
8/10/16 13.00	1	20	3	14	0.2	67	0.3
8/10/16 14.00	1	18	3	13	0.2	66	0.2
8/10/16 15.00	1	19	3	14	0.2	64	0.3
8/10/16 16.00	1	20	2	15	0.2	62	0.2
8/10/16 17.00	0	21	3	16	0.2	53	0.3
8/10/16 18.00	1	26	3	21	0.3	37	0.5
8/10/16 19.00	1	31	3	26	0.3	32	0.7
8/10/16 20.00	1	25	2	20	0.3	30	0.5
8/10/16 21.00	1	24	2	20	0.3	25	0.4
8/10/16 22.00	1	24	2	20	0.3	22	0.5
8/10/16 23.00	1	23	2	19	0.2	21	0.5
9/10/16 0.00	1	23	2	19	0.3	19	0.4
9/10/16 1.00	0	22	2	18	0.3	17	0.4
9/10/16 2.00	1	22	2	18	0.2	15	0.4
9/10/16 3.00	1	23	2	19	0.2	14	0.4
9/10/16 4.00	1	22	2	18	0.2	16	0.4
9/10/16 5.00	1	22	2	18	0.2	17	0.4
9/10/16 6.00	0	22	2	18	0.2	17	0.4
9/10/16 7.00	0	24	2	19	0.3	13	0.5
9/10/16 8.00	1	24	3	18	0.3	20	0.5
9/10/16 9.00	1	22	4	15	0.3	25	0.4
9/10/16 10.00	1	24	4	17	0.3	24	0.5
9/10/16 11.00	1	20	4	13	0.3	37	0.5
9/10/16 12.00	0	15	2	10	0.2	52	0.3
9/10/16 13.00	0	13	2	8	0.2	58	0.3
9/10/16 14.00	0	12	2	8	0.2	60	0.2

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
9/10/16 15.00	0	14	3	9	0.2	56	0.3
9/10/16 16.00	1	15	2	11	0.2	52	0.3
9/10/16 17.00	0	18	3	13	0.3	46	0.3
9/10/16 18.00	0	20	2	15	0.3	41	0.4
9/10/16 19.00	1	22	2	17	0.3	36	0.4
9/10/16 20.00	1	25	2	21	0.3	28	0.5
9/10/16 21.00	1	24	2	20	0.3	27	0.6
9/10/16 22.00	0	20	2	17	0.3	28	0.4
9/10/16 23.00	0	21	2	17	0.2	36	0.3
10/10/16 0.00	0	17	2	13	0.2	43	0.2
10/10/16 1.00	0	12	2	9	0.2	46	0.2
10/10/16 2.00	0	11	2	8	0.2	48	0.2
10/10/16 3.00	0	12	2	9	0.2	42	0.2
10/10/16 4.00	0	19	2	16	0.2	32	0.2
10/10/16 5.00	0	26	2	22	0.2	28	0.2
10/10/16 6.00	0	36	3	31	0.3	19	0.3
10/10/16 7.00	0	48	6	38	0.3	13	0.3
10/10/16 8.00	1	61	9	47	0.4	9	0.5
10/10/16 9.00	1	55	7	42	0.3	11	0.5
10/10/16 10.00	1	60	12	41	0.3	11	0.6
10/10/16 11.00	1	60	12	41	0.3	10	0.6
10/10/16 12.00	1	60	13	39	0.3	14	0.7
10/10/16 13.00	1	40	7	29	0.3	30	0.6
10/10/16 14.00	1	23	3	18	0.3	42	0.4
10/10/16 15.00	1	25	4	18	0.3	44	0.4
10/10/16 16.00	1	24	3	18	0.3	46	0.4
10/10/16 17.00	1	31	4	24	0.3	35	0.5
10/10/16 18.00	1	62	11	43	0.4	10	1.1
10/10/16 19.00	1	70	14	48	0.5	5	1.3
10/10/16 20.00	1	75	18	47	0.5	3	1.2
10/10/16 21.00	1	66	16	41	0.5	3	1.1
10/10/16 22.00	1	66	16	41	0.5	3	1.0
10/10/16 23.00	1	58	13	37	0.5	3	1.0
11/10/16 0.00	1	48	8	35	0.4	8	0.9
11/10/16 1.00	0	23	3	19	0.3	32	0.6
11/10/16 2.00	1	21	2	17	0.3	31	0.5
11/10/16 3.00	1	18	2	15	0.3	33	0.3
11/10/16 4.00	1	20	2	16	0.2	33	0.3
11/10/16 5.00	1	26	2	22	0.2	25	0.3
11/10/16 6.00	1	35	2	30	0.2	17	0.3
11/10/16 7.00	1	46	5	38	0.3	11	0.3
11/10/16 8.00	1	46	6	36	0.3	10	0.4

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
11/10/16 9.00	1	47	7	36	0.3	12	0.4
11/10/16 10.00	2	42	7	30	0.3	22	0.4
11/10/16 11.00	1	28	4	21	0.2	36	0.4
11/10/16 12.00	1	25	4	19	0.2	39	0.3
11/10/16 13.00	1	23	4	16	0.2	43	0.3
11/10/16 14.00	1	20	4	13	0.3	50	0.3
11/10/16 15.00	1	18	3	12	0.2	52	0.3
11/10/16 16.00	1	20	3	15	0.2	50	0.3
11/10/16 17.00	1	22	3	16	0.3	46	0.3
11/10/16 18.00	1	36	4	29	0.3	27	0.9
11/10/16 19.00	1	46	4	39	0.4	15	0.7
11/10/16 20.00	1	50	4	43	0.4	8	0.8
11/10/16 21.00	1	59	9	45	0.4	3	0.8
11/10/16 22.00	1	75	22	41	0.5	3	0.9
11/10/16 23.00	2	73	24	36	0.5	3	1.0
12/10/16 0.00	1	56	12	36	0.4	6	0.9
12/10/16 1.00	1	43	6	33	0.4	5	0.7
12/10/16 2.00	0	38	5	29	0.4	5	0.7
12/10/16 3.00	1	33	4	25	0.4	6	0.7
12/10/16 4.00	1	37	5	28	0.3	5	0.6
12/10/16 5.00	1	64	21	30	0.4	3	0.5
12/10/16 6.00	2	118	55	32	0.4	4	0.7
12/10/16 7.00	4	203	106	40	0.4	4	0.7
12/10/16 8.00	5	187	94	42	0.4	5	0.7
12/10/16 9.00	2	91	36	34	0.3	15	0.5
12/10/16 10.00	1	52	14	29	0.3	23	0.5
12/10/16 11.00	1	45	10	28	0.3	28	0.5
12/10/16 12.00	1	37	7	25	0.3	36	0.5
12/10/16 13.00	1	28	4	20	0.3	48	0.4
12/10/16 14.00	1	23	4	17	0.3	55	0.3
12/10/16 15.00	1	23	3	17	0.3	54	0.3
12/10/16 16.00	1	22	3	17	0.3	55	0.3
12/10/16 17.00	1	52	10	37	0.4	29	0.5
12/10/16 18.00	2	99	27	57	0.6	5	1.3
12/10/16 19.00	1	87	19	57	0.5	5	1.2
12/10/16 20.00	1	117	37	59	0.6	4	1.2
12/10/16 21.00	1	84	22	50	0.6	9	1.3
12/10/16 22.00	1	45	6	36	0.4	17	1.0
12/10/16 23.00	0	33	2	29	0.4	18	0.7
13/10/16 0.00	1	29	2	25	0.3	20	0.5
13/10/16 1.00	0	26	2	22	0.3	20	0.5
13/10/16 2.00	1	24	2	20	0.3	22	0.5

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
13/10/16 3.00	1	23	2	19	0.3	23	0.4
13/10/16 4.00	1	25	2	21	0.3	21	0.4
13/10/16 5.00	1	33	3	28	0.3	15	0.4
13/10/16 6.00	1	55	8	41	0.3	5	0.5
13/10/16 7.00	2	63	12	44	0.3	6	0.5
13/10/16 8.00	1	84	27	43	0.4	4	0.8
13/10/16 9.00	2	101	38	41	0.4	4	0.7
13/10/16 10.00	2	96	33	44	0.4	6	0.7
13/10/16 11.00	3	115	42	50	0.5	9	1.0
13/10/16 12.00	1	76	18	47	0.4	14	0.8
13/10/16 13.00	1	55	8	42	0.4	21	0.7
13/10/16 14.00	1	49	5	41	0.4	19	0.8
13/10/16 15.00	1	45	4	37	0.4	23	0.8
13/10/16 16.00	1	42	3	37	0.3	22	0.6
13/10/16 17.00	1	49	4	43	0.4	14	0.5
13/10/16 18.00	1	65	8	52	0.4	5	0.7
13/10/16 19.00	1	73	11	55	0.5	7	1.0
13/10/16 20.00	1	52	5	44	0.4	8	0.8
13/10/16 21.00	1	42	3	36	0.4	12	0.8
13/10/16 22.00	1	30	2	26	0.4	20	0.7
13/10/16 23.00	1	29	2	25	0.4	18	0.5
14/10/16 0.00	1	32	2	28	0.3	13	0.6
14/10/16 1.00	1	24	2	20	0.3	22	0.5
14/10/16 2.00	1	30	2	26	0.3	12	0.5
14/10/16 3.00	1	26	2	22	0.3	14	0.5
14/10/16 4.00	0	24	2	20	0.3	16	0.5
14/10/16 5.00	0	34	3	29	0.3	8	0.4
14/10/16 6.00	0	41	4	33	0.4	6	0.3
14/10/16 7.00	1	50	9	35	0.4	6	0.5
14/10/16 8.00	1	55	11	37	0.4	4	0.4
14/10/16 9.00	1	85	26	44	0.4	3	0.6
14/10/16 10.00	2	100	33	49	0.5	3	0.8
14/10/16 11.00	1	82	23	45	0.5	3	0.9
14/10/16 12.00	1	85	25	46	0.5	5	0.8
14/10/16 13.00	1	86	27	44	0.5	3	1.0
14/10/16 14.00	1	68	18	39	0.5	6	1.1
14/10/16 15.00	1	44	6	34	0.4	11	0.6
14/10/16 16.00	1	55	10	39	0.5	9	0.7
14/10/16 17.00	1	53	8	40	0.5	11	1.1
14/10/16 18.00	1	54	7	42	0.5	6	0.9
14/10/16 19.00	1	64	12	45	0.5	2	1.0
14/10/16 20.00	1	84	24	46	0.6	2	1.1

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
14/10/16 21.00	1	77	22	43	0.6	2	1.2
14/10/16 22.00	1	71	19	42	0.6	2	1.2
14/10/16 23.00	1	65	17	39	0.6	2	1.3
15/10/16 0.00	1	70	21	37	0.6	2	1.3
15/10/16 1.00	1	70	22	36	0.7	2	1.3
15/10/16 2.00	1	63	18	34	0.6	2	1.3
15/10/16 3.00	1	47	10	31	0.5	2	1.1
15/10/16 4.00	1	41	7	30	0.5	2	1.3
15/10/16 5.00	1	40	7	29	0.5	2	1.5
15/10/16 6.00	1	59	18	30	0.5	2	1.6
15/10/16 7.00	1	72	25	33	0.5	2	1.6
15/10/16 8.00	2	87	33	36	0.6	2	1.3
15/10/16 9.00	1	83	28	39	0.5	5	1.2
15/10/16 10.00	1	77	23	41	0.5	7	1.2
15/10/16 11.00	1	66	16	40	0.5	8	1.0
15/10/16 12.00	1	70	23	34	0.6	4	1.1
15/10/16 13.00	1	64	19	33	0.6	5	1.1
15/10/16 14.00	1	58	16	32	0.6	8	1.2
15/10/16 15.00	1	60	16	35	0.5	8	1.2
15/10/16 16.00	1	66	16	41	0.5	7	1.0
15/10/16 17.00	1	53	9	39	0.5	11	1.0
15/10/16 18.00	1	48	6	37	0.6	8	0.9
15/10/16 19.00	1	49	6	40	0.6	4	0.9
15/10/16 20.00	1	57	10	41	0.6	2	1.0
15/10/16 21.00	1	73	21	40	0.7	2	1.3
15/10/16 22.00	2	94	34	41	0.8	2	1.5
15/10/16 23.00	2	91	33	39	0.8	2	1.6
16/10/16 0.00	1	82	29	37	0.8	2	1.6
16/10/16 1.00	1	73	25	34	0.7	2	1.6
16/10/16 2.00	1	65	22	31	0.7	2	1.5
16/10/16 3.00	1	44	12	24	0.5	3	1.1
16/10/16 4.00	1	35	9	21	0.4	4	0.8
16/10/16 5.00	1	32	8	19	0.4	5	0.6
16/10/16 6.00	1	30	8	18	0.4	5	0.5
16/10/16 7.00	1	49	17	22	0.4	5	0.6
16/10/16 8.00	1	62	19	32	0.4	7	0.7
16/10/16 9.00	1	41	13	21	0.4	13	0.6
16/10/16 10.00	0	30	8	17	0.4	22	0.5
16/10/16 11.00	0	24	5	15	0.4	29	0.4
16/10/16 12.00	0	21	4	13	0.4	39	0.4
16/10/16 13.00	0	19	3	13	0.3	47	0.4
16/10/16 14.00	1	18	3	12	0.3	53	0.4

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
16/10/16 15.00	0	18	3	13	0.3	54	0.4
16/10/16 16.00	0	20	2	15	0.3	46	0.4
16/10/16 17.00	0	23	2	19	0.3	39	0.4
16/10/16 18.00	1	40	6	30	0.5	12	0.7
16/10/16 19.00	1	51	8	38	0.6	6	1.0
16/10/16 20.00	1	60	13	39	0.6	4	1.2
16/10/16 21.00	1	65	18	36	0.6	5	1.2
16/10/16 22.00	1	60	16	34	0.6	3	1.1
16/10/16 23.00	1	88	34	34	0.6	2	1.3
17/10/16 0.00	1	49	13	28	0.5	8	1.1
17/10/16 1.00	0	36	7	24	0.4	7	0.7
17/10/16 2.00	0	40	9	25	0.5	4	0.7
17/10/16 3.00	1	57	21	23	0.5	3	0.7
17/10/16 4.00	1	61	23	25	0.4	3	0.6
17/10/16 5.00	1	53	17	26	0.4	3	0.5
17/10/16 6.00	1	69	26	28	0.4	2	0.5
17/10/16 7.00	4	240	133	36	0.6	3	0.7
17/10/16 8.00	6	316	176	44	0.6	1	1.2
17/10/16 9.00	3	151	75	35	0.5	4	1.3
17/10/16 10.00	2	82	33	30	0.4	10	0.9
17/10/16 11.00	2	65	21	31	0.4	15	0.7
17/10/16 12.00	1	43	10	27	0.4	22	0.5
17/10/16 13.00	1	40	7	28	0.4	24	0.5
17/10/16 14.00	1	31	4	24	0.4	30	0.5
17/10/16 15.00	1	51	8	37	0.4	13	0.6
17/10/16 16.00	1	78	24	40	0.5	3	0.8
17/10/16 17.00	2	99	38	39	0.7	3	1.2
17/10/16 18.00	2	127	56	39	0.8	2	1.8
17/10/16 19.00	2	113	48	39	0.8	2	1.6
17/10/16 20.00	2	106	44	38	0.8	2	1.7
17/10/16 21.00	2	130	60	36	0.9	3	1.8
17/10/16 22.00	2	125	60	32	0.8	3	1.8
17/10/16 23.00	1	74	30	27	0.7	2	1.5
18/10/16 0.00	2	93	42	28	0.7	3	1.4
18/10/16 1.00	2	89	41	26	0.7	3	1.6
18/10/16 2.00	1	70	30	22	0.6	3	1.4
18/10/16 3.00	2	72	34	19	0.6	3	1.3
18/10/16 4.00	1	65	27	22	0.5	3	1.1
18/10/16 5.00	1	61	24	23	0.5	3	1.0
18/10/16 6.00	2	97	46	26	0.5	3	0.7
18/10/16 7.00	3	159	80	35	0.6	3	0.8
18/10/16 8.00	4	230	118	47	0.7	4	1.2

Data e Ora	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	C6H6
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
18/10/16 9.00	3	151	67	47	0.6	7	1.2
18/10/16 10.00	2	85	31	36	0.5	16	0.9
18/10/16 11.00	1	60	17	33	0.5	25	0.8
18/10/16 12.00	1	56	14	34	0.5	26	0.7
18/10/16 13.00	1	53	11	36	0.5	33	0.8
18/10/16 14.00	1	43	6	32	0.5	47	0.8
18/10/16 15.00	1	37	4	29	0.5	53	0.7
18/10/16 16.00	1	47	5	38	0.5	39	0.7
18/10/16 17.00	1	64	8	51	0.6	19	1.0
18/10/16 18.00	1	67	10	51	0.6	8	1.4
18/10/16 19.00	1	97	26	56	0.7	3	1.7
18/10/16 20.00	1	79	20	48	0.8	3	1.7
18/10/16 21.00	1	66	16	40	0.8	3	1.6
18/10/16 22.00	1	64	17	37	0.8	3	1.7
18/10/16 23.00	1	60	17	33	0.7	3	1.4

Allegato 2 - Dati Giornalieri

Data	PM10
	µg/m <sup>3</sup>
17-set-16	15
18-set-16	10
19-set-16	15
20-set-16	18
21-set-16	17
22-set-16	30
23-set-16	32
24-set-16	23
25-set-16	27
26-set-16	46
27-set-16	49
28-set-16	62
29-set-16	83
30-set-16	57
1-ott-16	27
2-ott-16	24
3-ott-16	22
4-ott-16	18
5-ott-16	24

Data	PM10
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
6-ott-16	18
7-ott-16	37
8-ott-16	38
9-ott-16	14
10-ott-16	11
11-ott-16	11
12-ott-16	18
13-ott-16	22
14-ott-16	13
15-ott-16	-
16-ott-16	21
17-ott-16	41
18-ott-16	53



Nell'ambito delle azioni volte al **risanamento della qualità dell'aria**, la strategia regionale relativa ai piccoli generatori di calore a legna si propone due obiettivi: da una parte la riduzione delle emissioni di polveri fini e di altri inquinanti dannosi per la salute, dall'altra l'aumento dell'efficienza energetica e dell'uso di fonti energetiche rinnovabili.

Pur essendo utile per contribuire alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti, la combustione della legna in piccoli impianti domestici presenta degli aspetti critici per quanto riguarda l'inquinamento dell'aria, aspetti che devono essere oggetto di particolare attenzione soprattutto nelle aree soggette a episodi acuti di inquinamento.

Per questo la **strategia regionale relativa alla combustione della legna** prevede un approccio integrato che si articolerà nel seguente modo:

- limitare l'uso degli apparecchi più obsoleti e inquinanti;
  - promuove il rinnovo degli apparecchi in favore di quelli più efficienti e meno emissivi;
  - regolamentare l'installazione e la manutenzione degli apparecchi domestici;
  - diffondere l'utilizzo delle "Buone pratiche" per una migliore combustione della legna in apparecchi domestici.
- **Limitazioni stagionali**

**La DGR 7635/08** ha disposto nei **comuni della zona A1** e nei **Comuni siti ad altezza inferiore a 300 m slm** - e laddove sono presenti altri generatori di calore oltre quello a legna - il divieto all'utilizzo di legna da ardere **nei mesi invernali** per il riscaldamento domestico degli edifici in camini aperti, camini chiusi, stufe e qualunque altro tipo di apparecchio che non garantisce un **rendimento energetico adeguato** ( $\geq 63\%$ ) e **basse emissioni di monossido di carbonio** ( $\leq 0,5\% = 5.000$  ppm). **È inoltre vigente il divieto di combustione di legna all'aperto.**

I valori di tali parametri sono normalmente precisati sul **libretto di istruzioni dell'apparecchio**; in mancanza del libretto viene ritenuta valida la certificazione rilasciata dal venditore o dal costruttore. Sono dunque **esclusi dal divieto** gli impianti con buon rendimento energetico e quelli di cottura (pizzerie comprese).

La maggior parte degli impianti realizzati e messi in commercio prima del 1990 non è in grado di rispettare i valori di rendimento energetico indicati nella sopra richiamata DGR.

- **Rinnovo degli apparecchi**

Regione Lombardia intende favorire la diffusione di apparecchi domestici più efficienti e a minori emissioni. Per questa ragione, è necessario uno **sforzo tecnologico da parte dei costruttori** per ridurre le emissioni dai piccoli generatori di calore a legna sia con la massima ottimizzazione delle condizioni di combustione che sviluppando sistemi di depurazione dei fumi. La diffusione di **impianti ad alimentazione automatica** (a pellet

e cippato) rappresenta un'ulteriore possibilità di riduzione delle emissioni in quanto le condizioni più regolari della combustione ed un più ottimale dosaggio dell'aria comburente permettono significative riduzioni delle emissioni medie.

Le condizioni eterogenee della combustione della legna di grossa pezzatura non permettono di ipotizzare - con i soli interventi primari - livelli emissivi compatibili con gli obiettivi di qualità dell'aria in zone di scarsa ventilazione. Occorre sviluppare, quindi, anche **tecnologie di depurazione dei fumi**, che sono già correntemente applicate sulle caldaie a biomasse di potenzialità medio-grossa utilizzate in grandi condomini e reti di teleriscaldamento; questo tipo di utilizzo permette fin da ora di **conciliare i piani di risanamento della qualità dell'aria con gli obiettivi di riduzione dei Gas serra** attraverso l'impiego delle biomasse. Nei **contesti urbani di pianura**, in cui la diffusione del gas naturale negli ultimi decenni ha portato a significativi miglioramenti del quadro emissivo associato ai piccoli impianti di riscaldamento domestico, l'uso delle biomasse - senza sostanziali innovazioni tecnologiche per la depurazione dei fumi - sarà di ostacolo al raggiungimento degli obiettivi di risanamento della qualità dell'aria.

- **Nuove regolamentazioni dell'installazione e dell'utilizzo degli apparecchi**

La nuova disciplina - **in fase di predisposizione** - si propone di regolamentare le operazioni di installazione e di gestione degli impianti domestici alimentati a legna in modo da contenere le emissioni inquinanti, ridurre i rischi di incendio delle canne fumarie e assicurare una corretta gestione delle fuliggini da parte delle imprese preposte alla pulizia delle canne fumarie.

- **Diffusione "buone pratiche"**

L'utilizzo non corretto della legna provoca un aumento dei consumi di combustibile e un notevole peggioramento delle emissioni sia in atmosfera che nell'ambiente domestico (*Indoor*). **Se si utilizza legna** si deve ricordare che **è possibile fare molto per ridurre tali emissioni inquinanti**. Verranno diffusi alcuni **suggerimenti pratici** da seguire per scegliere il tipo di impianto e di legna, per effettuare una corretta installazione e manutenzione e per controllare l'adeguatezza della combustione.

Vedi : [http://ita.arpalombardia.it/ita/legna\\_come\\_combustibile/index.htm](http://ita.arpalombardia.it/ita/legna_come_combustibile/index.htm)