



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

2 marzo 2016 – 6 aprile 2016



**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. 134
<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. 47
<b>Allegato 1 - Dati Orari</b>	pag. 49
<b>Allegato 2 - Dati Giornalieri</b>	pag. 70
<b>Allegato 3 – Legna da ardere?</b>	pag. 72

## Introduzione

La campagna di misura nel comune di Cavernago è stata condotta dal Settore Monitoraggi Ambientali di Arpa Lombardia, in particolare dalla U.O. Qualità dell'aria - Centro Regionale Monitoraggio Qualità dell'Aria (CRMQA), su richiesta del Comune. Poiché nel Comune di Cavernago non è presente alcuna stazione della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA), lo scopo della campagna è stato quello di valutare la qualità dell'aria nel territorio comunale. A tal fine è stato effettuato il confronto dei dati misurati a Cavernago con 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. In questa relazione si riportano i risultati della prima parte, effettuata dal 2 marzo al 6 aprile 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

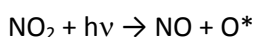
altro, alla produzione di ozono troposferico. Il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) è un gas di colore rosso bruno, dall'odore forte e pungente, altamente tossico e irritante. Essendo più denso dell'aria tende a rimanere a livello del suolo. Per il biossido di azoto sono previsti valori limite, riassunti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

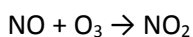


dove  $h\nu$  rappresenta la radiazione solare e  $\text{O}^*$  l'ossigeno monoatomico nello stato eccitato.

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 di un inquinante, ovvero la concentrazione, fissato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso e 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.

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 destra 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, Calcinate, 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.

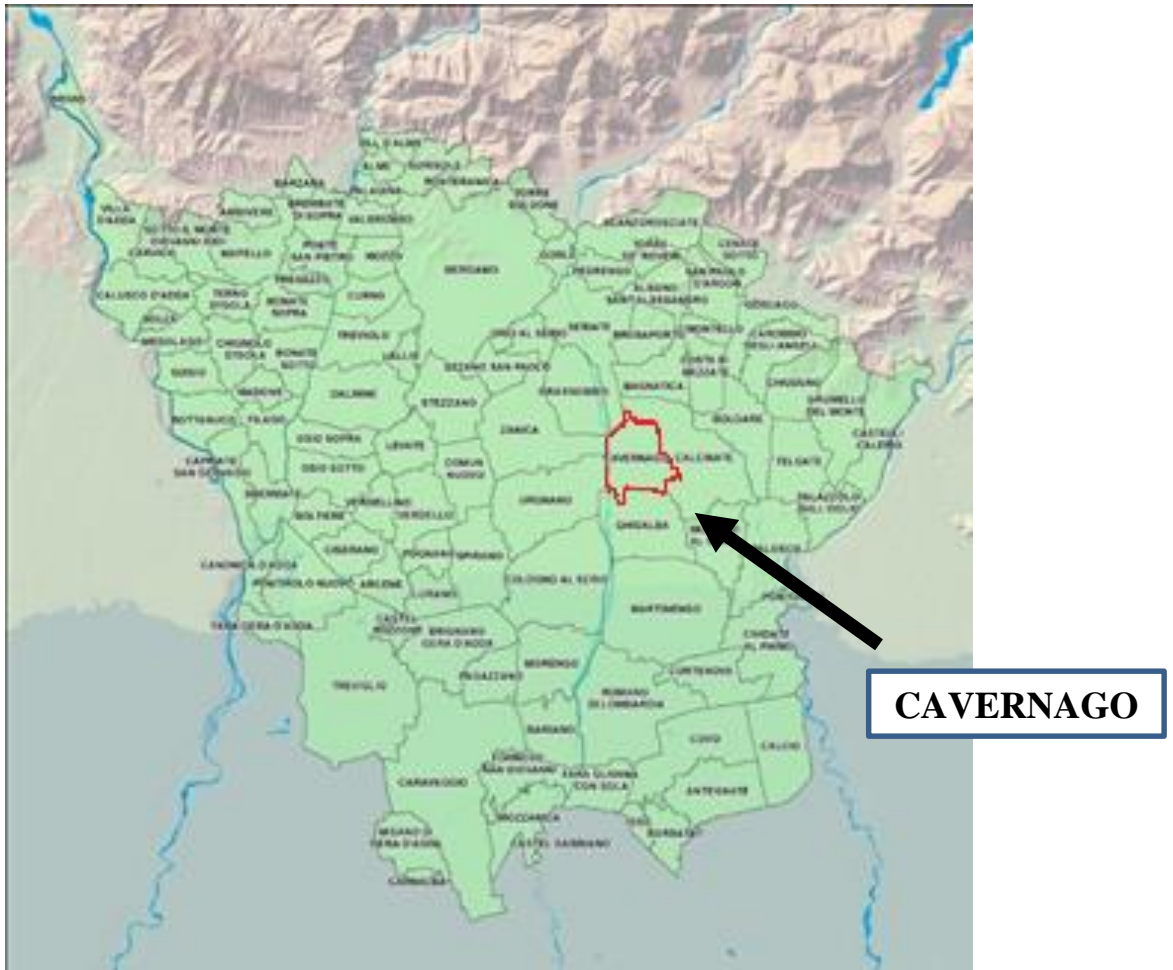


Figura 1: Posizione del comune di Cavernago nella provincia di Bergamo.



Figura 2: Comune di Cavernago.



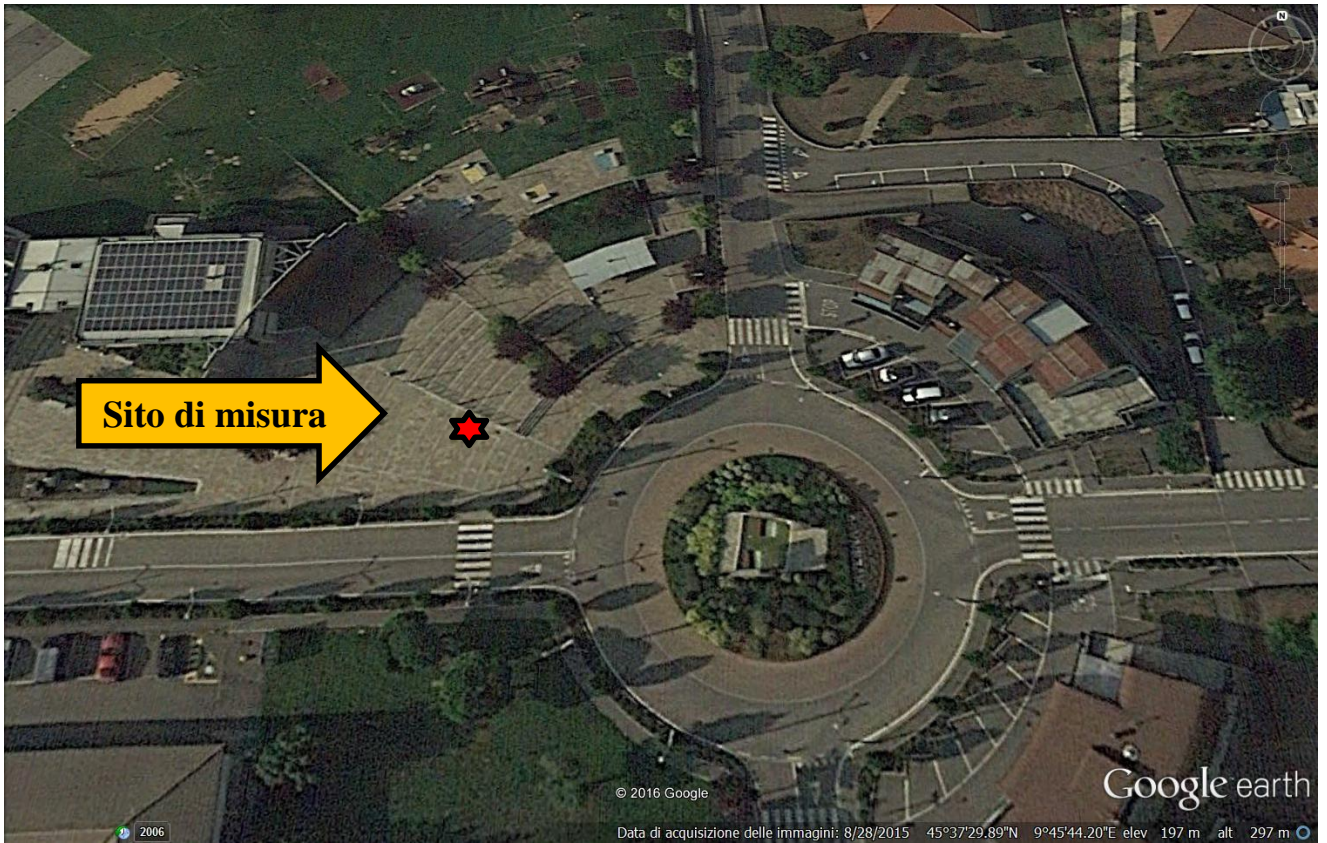


Figura 3: Immagine satellite del sito di misura.



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, Cividate 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, Urganò, 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, Urano d'Oglio.

**Provincia di Cremona:** Castel Gabbiano.

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



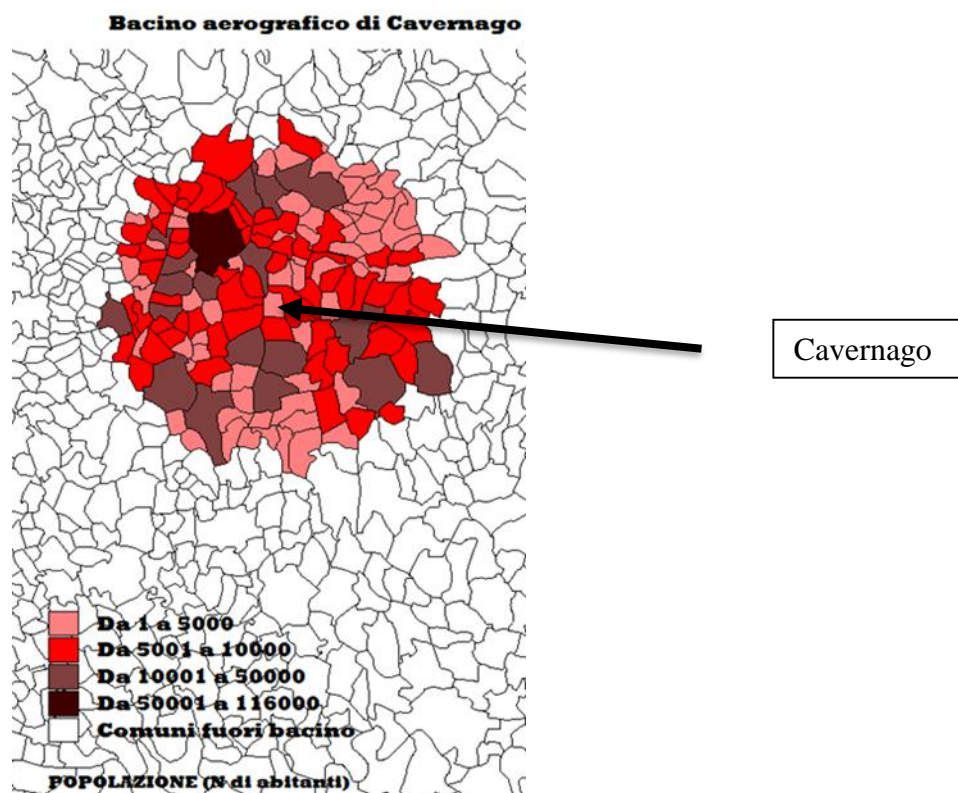


Figura 5. Bacino Aerografico di Cavernago con il relativo il grado di urbanizzazione, così come definito nei dati ISTAT.

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>	NOx	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>	NOx	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>	NOx	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>

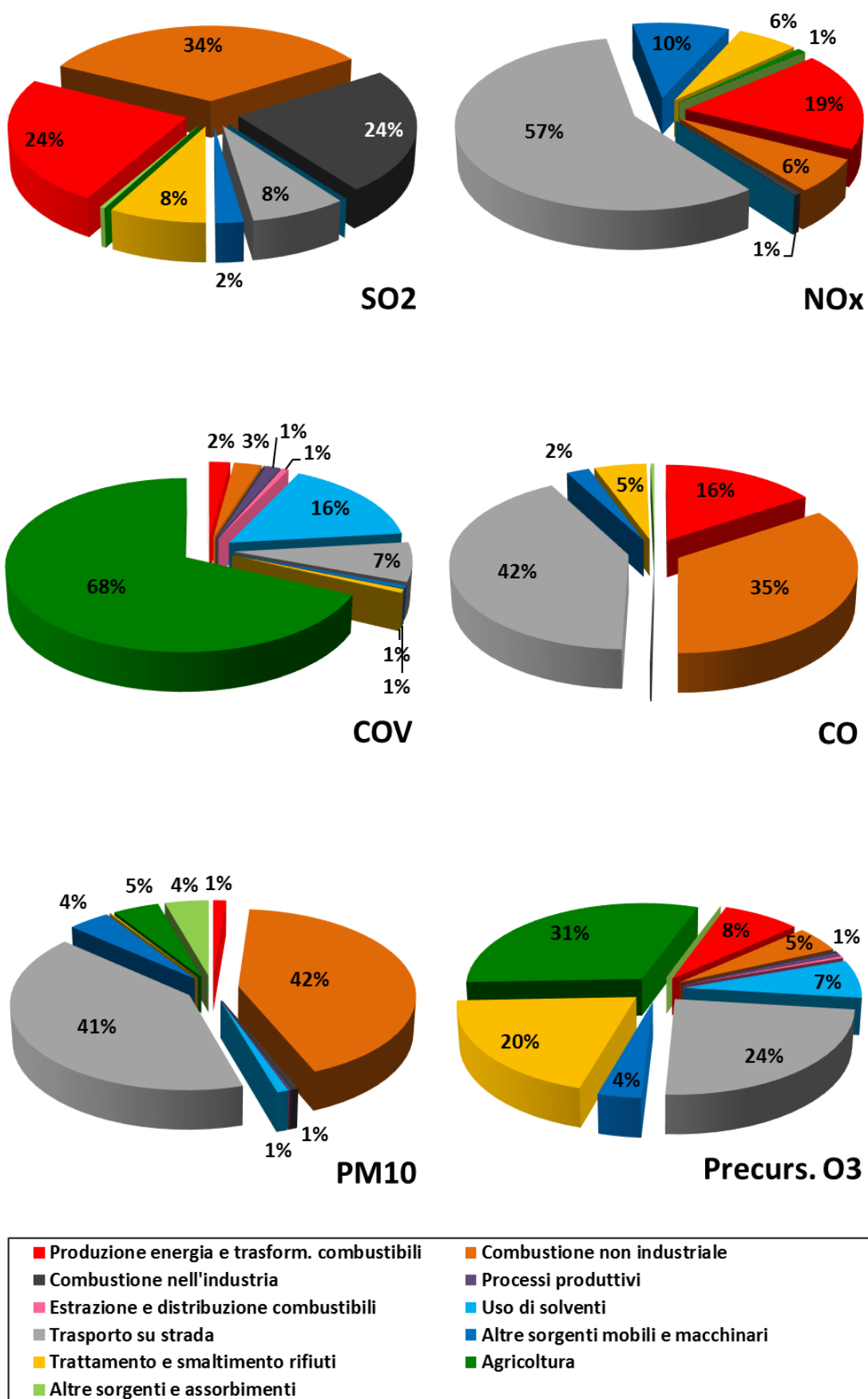


Figura 6: Ripartizione delle emissioni nel territorio di Cavernago.

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

Cavernago (emissioni per km <sup>2</sup> )	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM10	Precurs. O <sub>3</sub>
	[kg/(anno·km <sup>2</sup> )]	[kg/(anno·km <sup>2</sup> )]	[kg/(anno·km <sup>2</sup> )]	[kg/(anno·km <sup>2</sup> )]	[kg/(anno·km <sup>2</sup> )]	[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>	NO <sub>x</sub>	COV	CO	PM10	Precurs. O <sub>3</sub>
	[kg/(anno·km <sup>2</sup> )]	[kg/(anno·km <sup>2</sup> )]	[kg/(anno·km <sup>2</sup> )]	[kg/(anno·km <sup>2</sup> )]	[kg/(anno·km <sup>2</sup> )]	[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>	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	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.

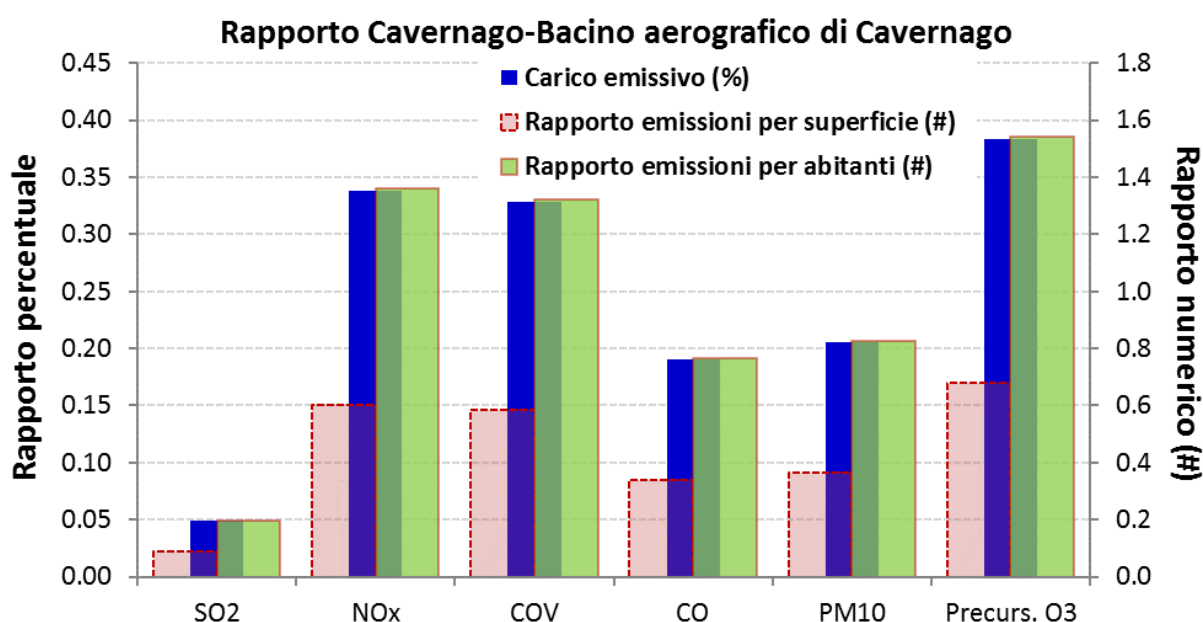


Figura 7: Rapporti emissioni per superficie e per abitanti.

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 superiori significativamente 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. Il carico emissivo specifico di Cavernago risulta essere più critico rispetto al suo bacino aerografico.

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, indicando quindi che anche per questa classe di inquinanti si evidenzia una pressione antropica specifica più critica a Cavernago rispetto al resto del territorio considerato.

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. Il carico emissivo per abitante risulta essere superiore a Cavernago rispetto al 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. Poiché sul laboratorio mobile non erano presenti i sensori di temperatura ed umidità relativa, sono stati utilizzati i parametri rilevati presso la stazione meteo della centralina ARPA di Via Goisis a Bergamo. 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:

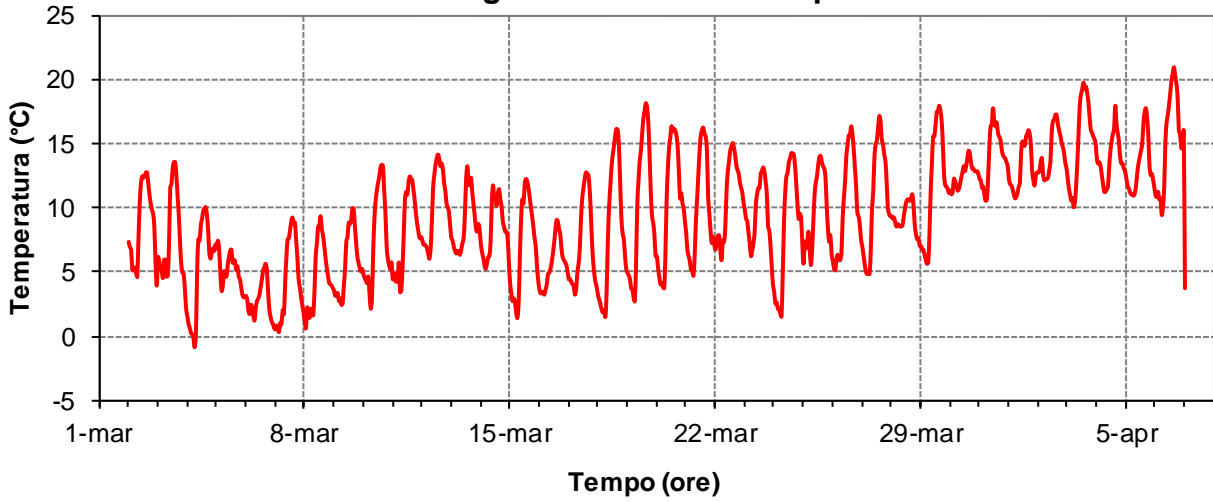
- Temperatura (C°) e precipitazione (mm)
- Pressione (hPa), umidità relativa (%) e umidità assoluta (g/cm<sup>3</sup>)
- Radiazione solare globale (W/m<sup>2</sup>)
- Velocità (m/s) e direzione (settori) del vento

Durante la campagna di monitoraggio, la regione è stata interessata dal transito di perturbazioni associate ad aria fresca e instabile che hanno provocato precipitazioni. Infatti, durante questo periodo sono stati rilevati 27 fenomeni di precipitazione di debole intensità, con un massimo di 14.8 mm di pioggia il 5 marzo. La cumulata totale è stata di 34 mm di pioggia (Figure 11-12-13). L'umidità relativa ha fatto registrare un valore medio pari al 73.5%, con oscillazioni delle medie giornaliere tra 57.4% e 96.6%. Le temperature sono state generalmente nella media per il periodo, con un leggero rialzo verso la fine di marzo. La massima temperatura raggiunta è stata di 21°C il 6 aprile, mentre la minima è stata registrata il 4 marzo con un valore pari a -0.8 °C. Il regime anemologico nei primi giorni della campagna di monitoraggio (3 e 5 marzo) e il 15 marzo è risultato tutt'altro che trascurabile, con venti a tratti forti da nord, con effetti di fohen. Nel resto del periodo i venti sono stati generalmente deboli o moderati, provenienti dai quadranti nord orientali durante le ore notturne e le prime ore del mattino e meridionali durante il resto del giorno.

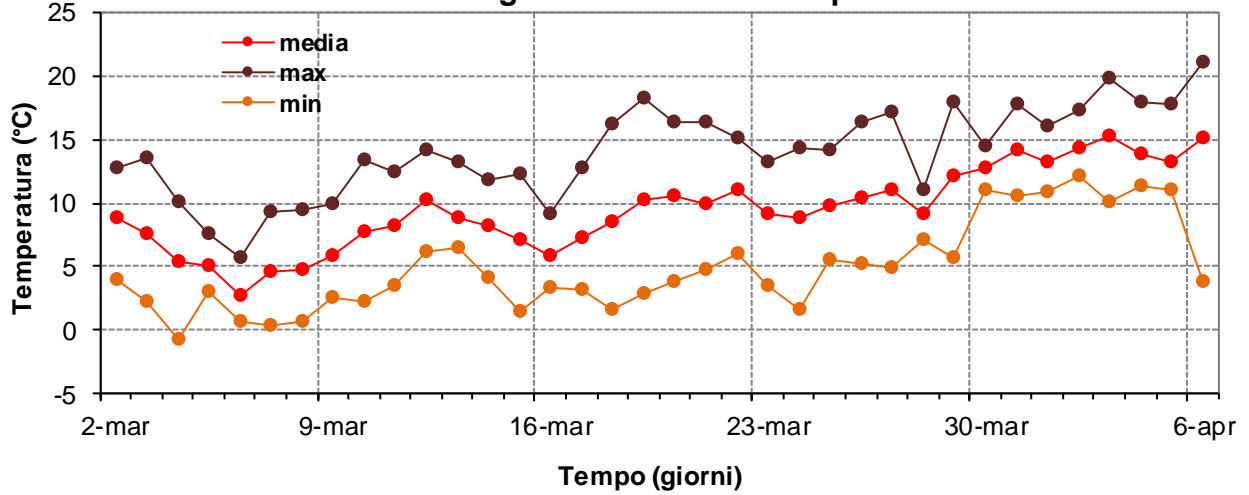
Durante il periodo della campagna possiamo concludere che le condizioni climatiche, nel loro complesso, hanno contribuito ad un rimescolamento dell'atmosfera ed alla dispersione degli inquinanti.

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

**Andamento della temperatura dell'aria  
Cavernago - dal 2 marzo al 6 aprile**



**Andamento della temperatura dell'aria  
Cavernago - dal 2 marzo al 6 aprile**



**Andamento della temperatura dell'aria - giorno tipo  
Cavernago - dal 2 marzo al 6 aprile**

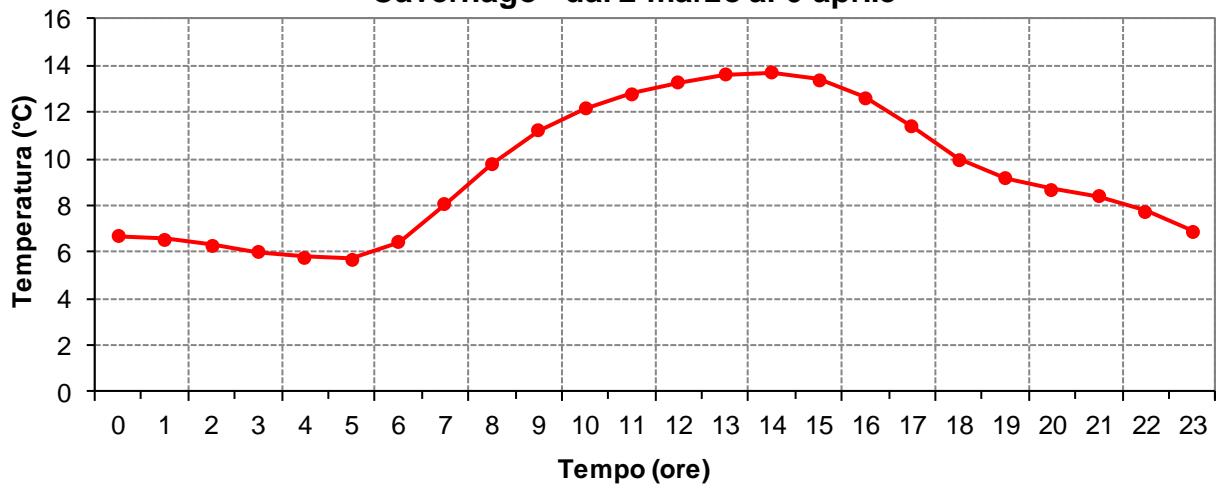
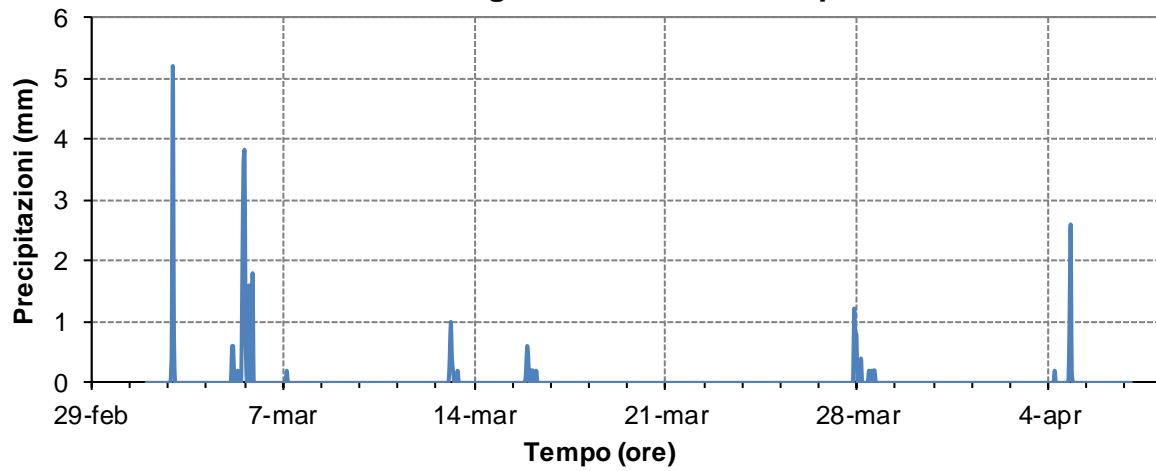


Figure 8-9-10: Temperatura dell'aria.

### Andamento delle precipitazioni Cavernago - dal 2 marzo al 6 aprile



### Andamento delle precipitazioni Cavernago - dal 2 marzo al 6 aprile

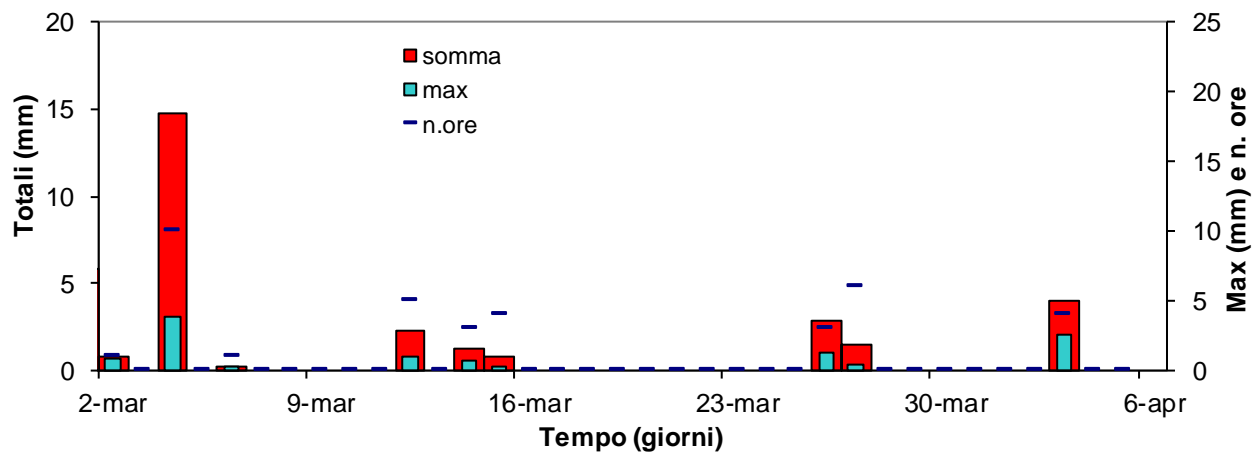


Figure 11-12-13: Precipitazioni.



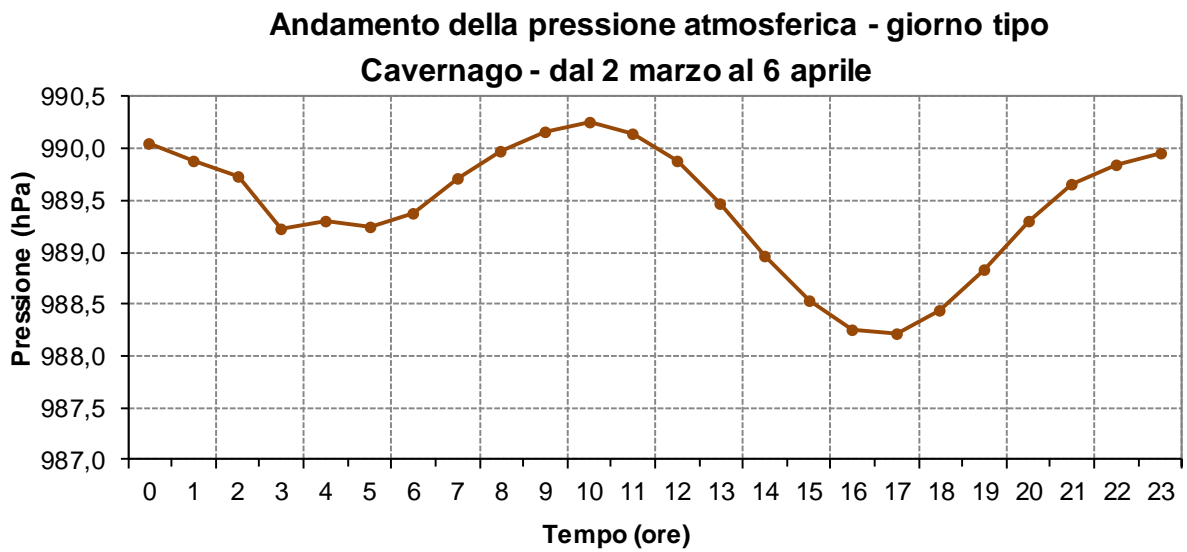
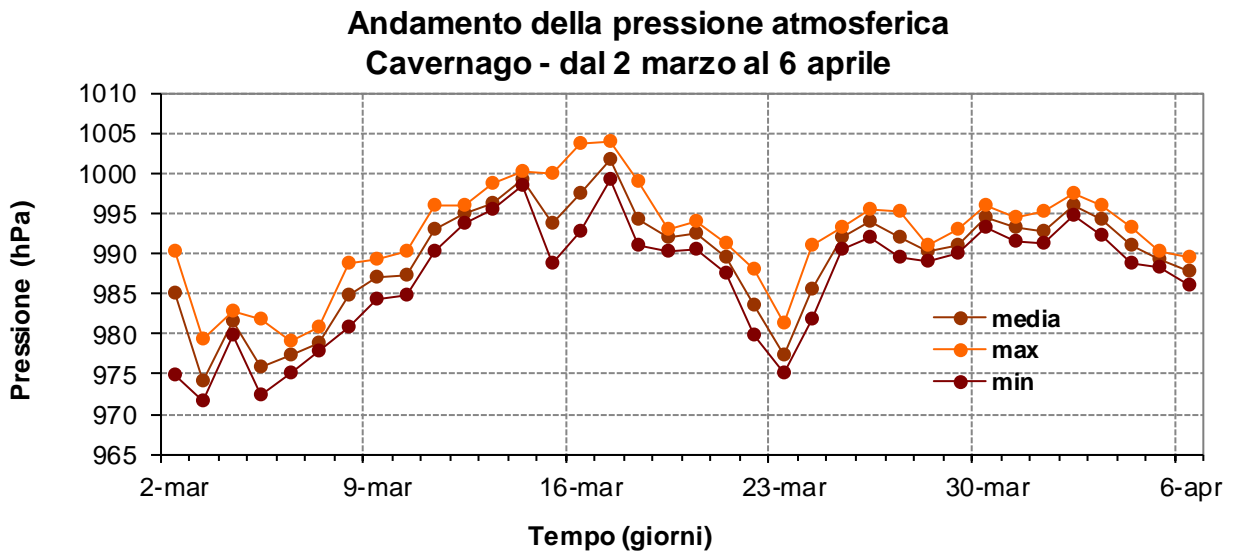
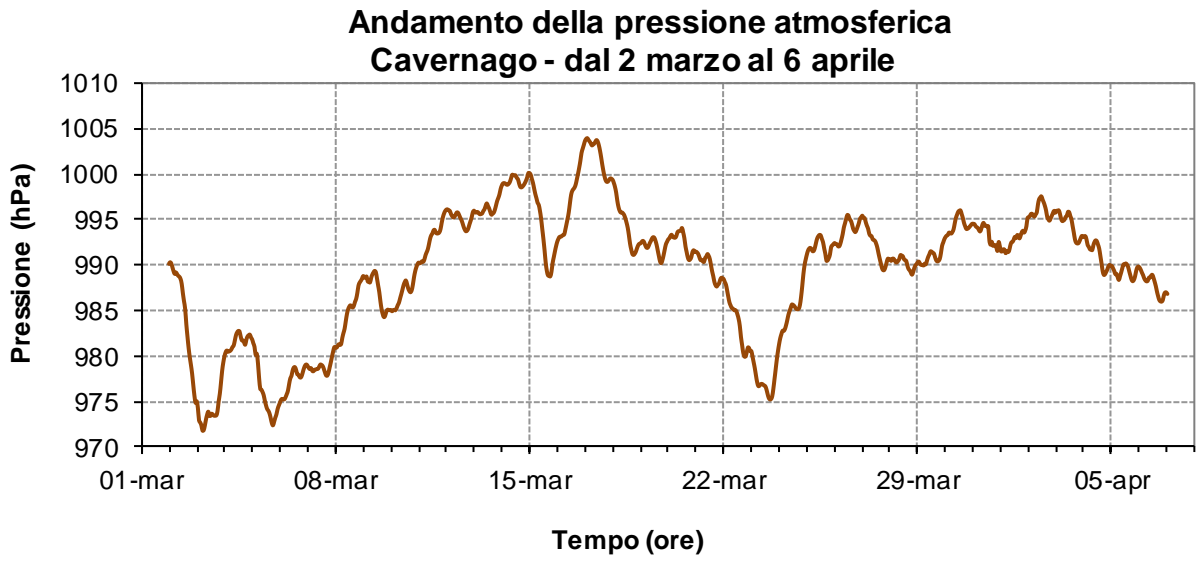
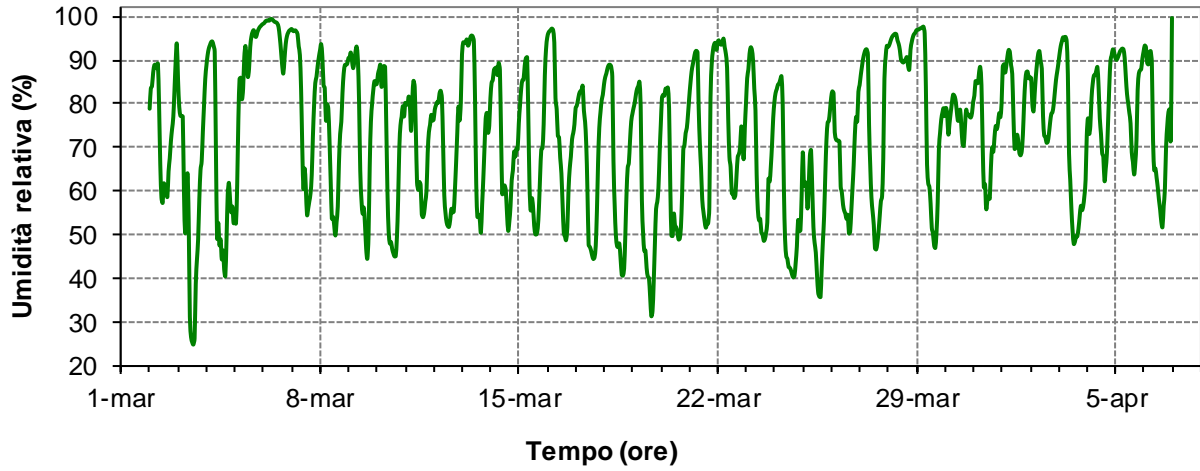
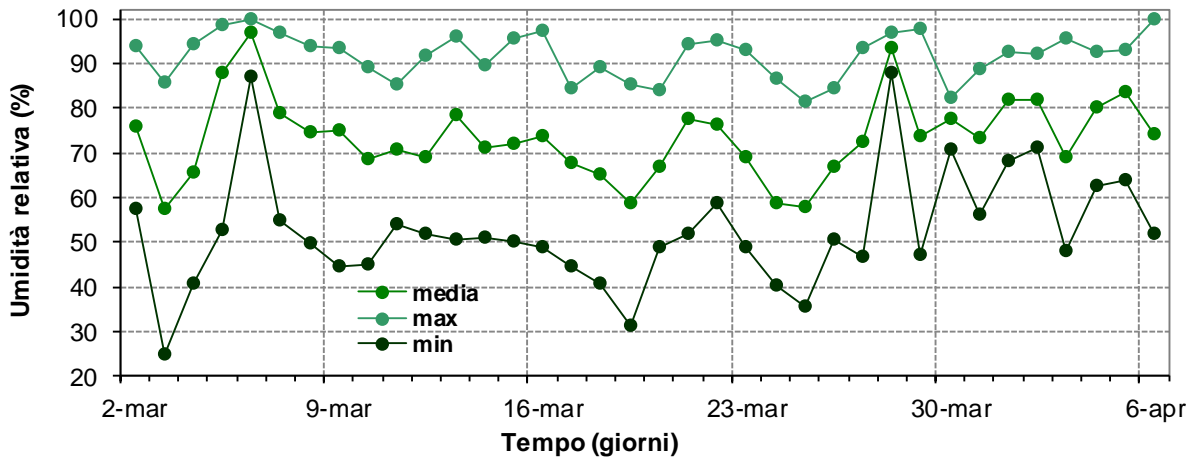


Figure 14-15-16: Pressione atmosferica.

**Andamento dell'umidità relativa dell'aria  
Cavernago - dal 2 marzo al 6 aprile**



**Andamento dell'umidità relativa dell'aria  
Cavernago - dal 2 marzo al 6 aprile**



**Andamento dell'umidità relativa dell'aria - giorno tipo  
Cavernago - dal 2 marzo al 6 aprile**

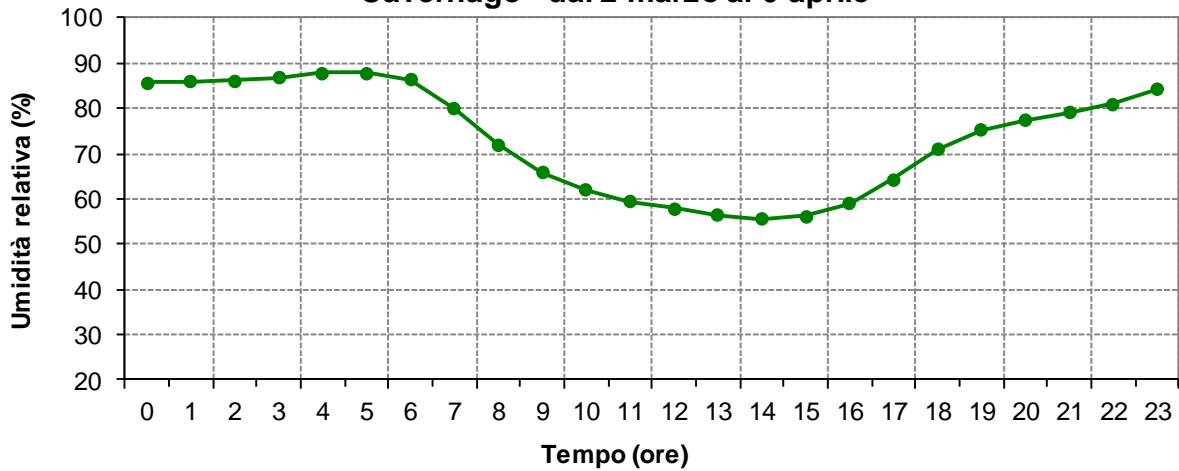


Figure 17-18-19: Umidità relativa.

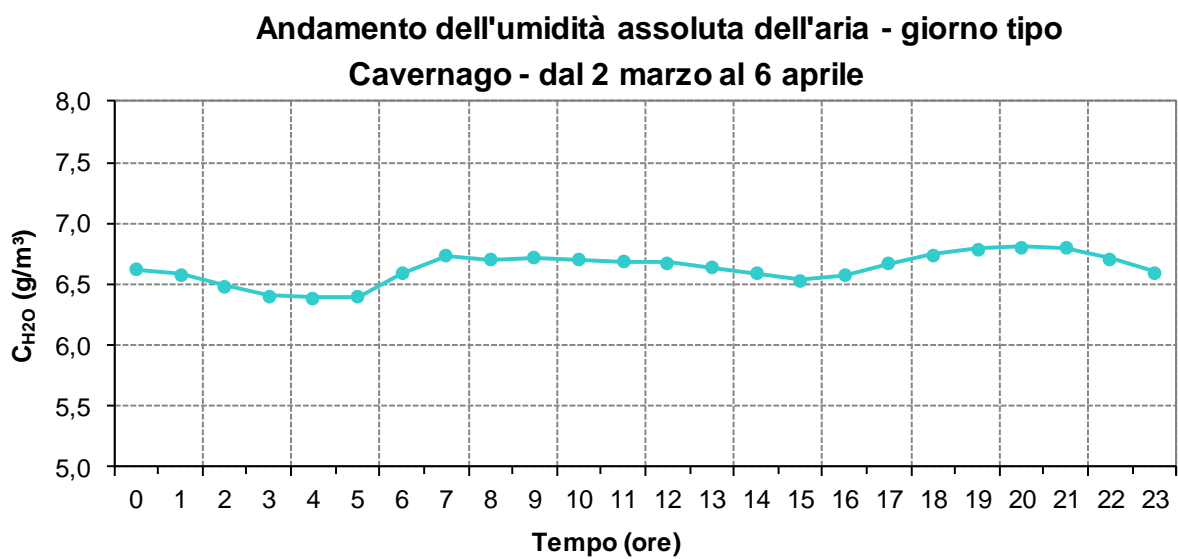
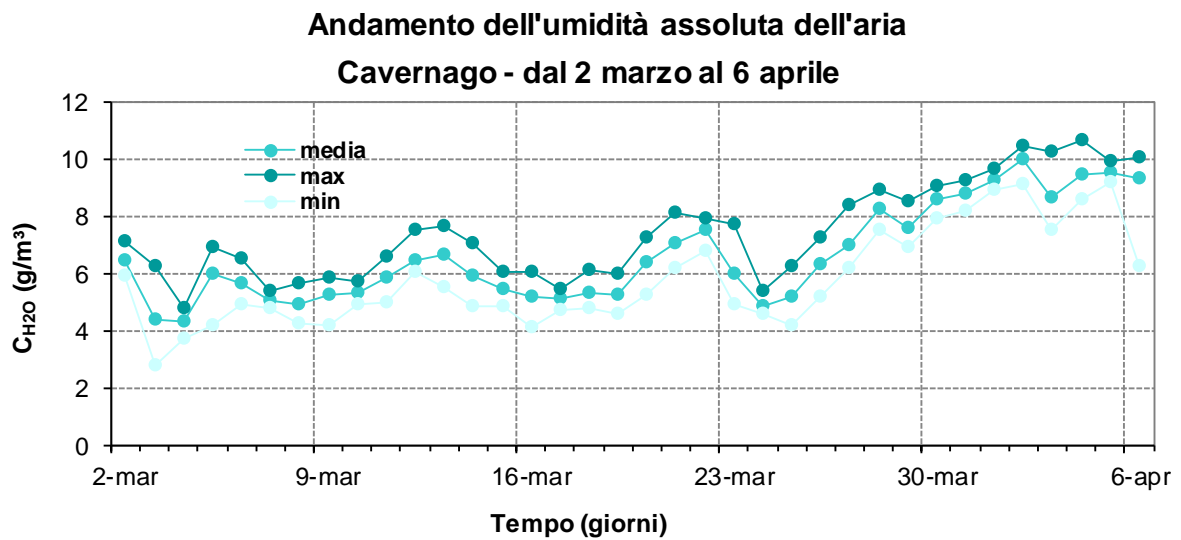
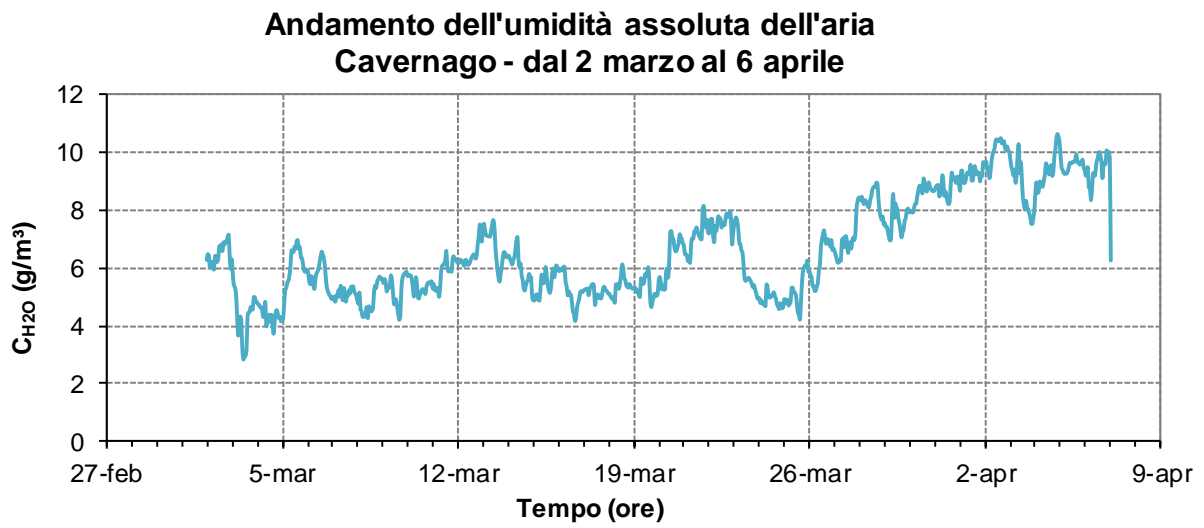
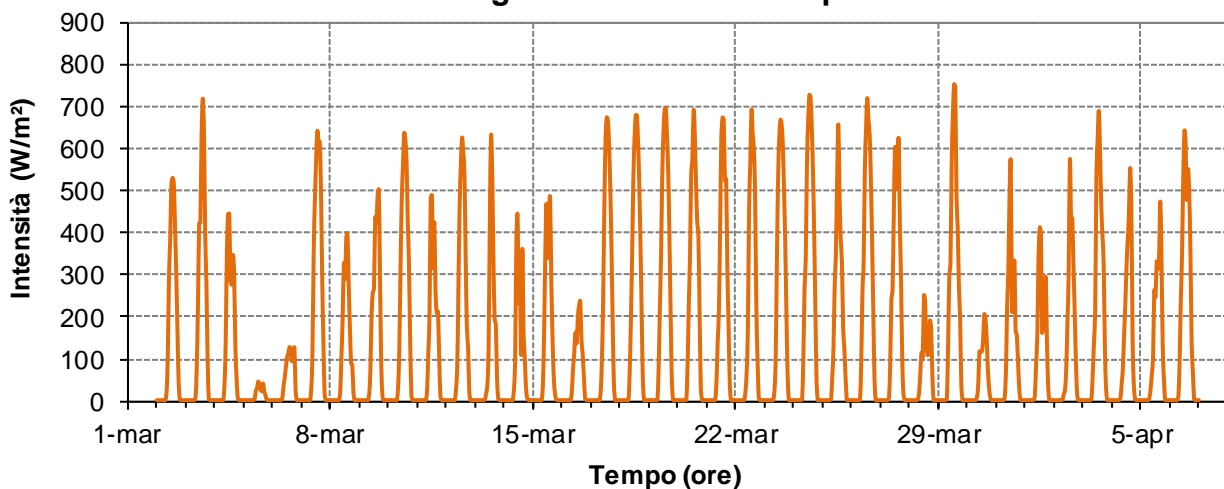
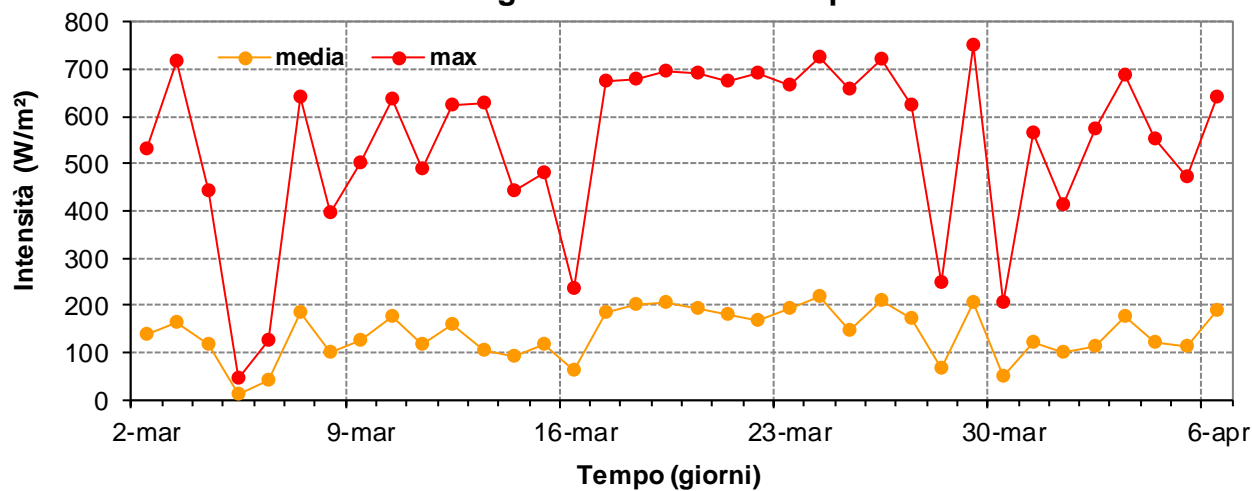


Figure 20-21-22: Umidità assoluta.

### Andamento della Radiazione Solare Globale Cavernago - dal 2 marzo al 6 aprile



### Andamento della Radiazione Solare Globale Cavernago - dal 2 marzo al 6 aprile



### Andamento della Radiazione Solare Globale - giorno tipo Cavernago - dal 2 marzo al 6 aprile

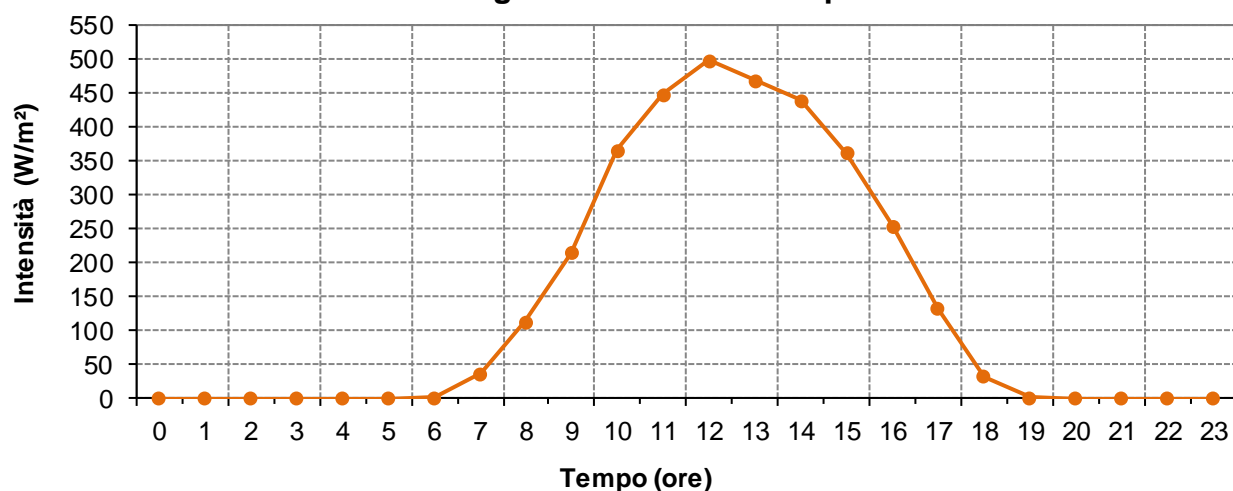
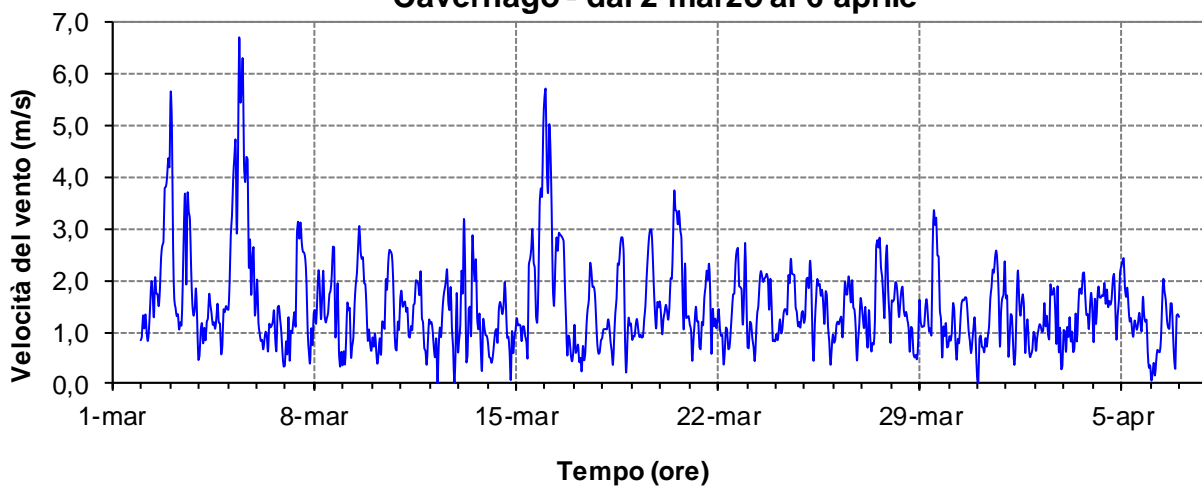
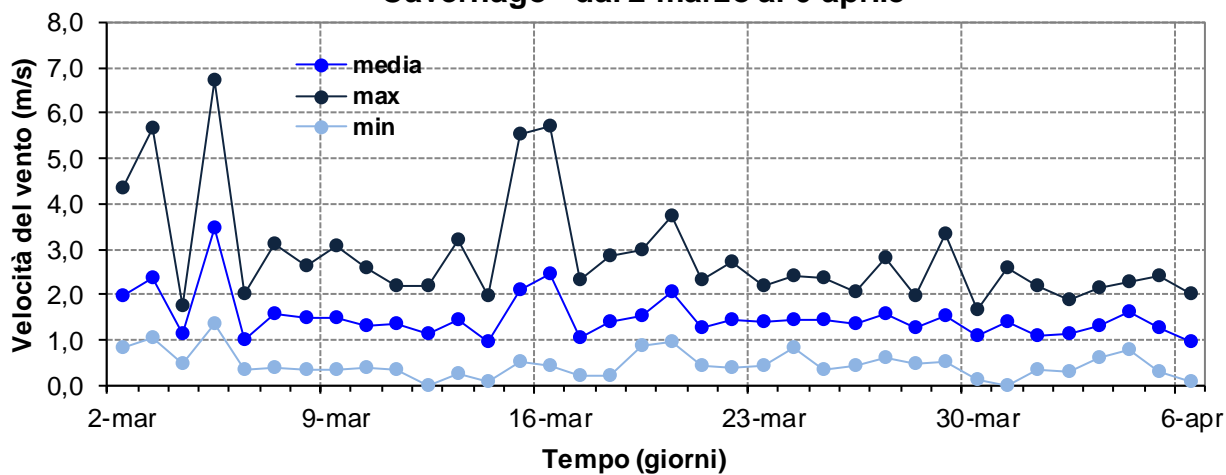


Figure 23-24-25: Radiazione globale.

**Andamento della velocità del vento  
Cavernago - dal 2 marzo al 6 aprile**



**Andamento della velocità del vento  
Cavernago - dal 2 marzo al 6 aprile**



**Andamento della velocità del vento - giorno tipo  
Cavernago - dal 2 marzo al 6 aprile**

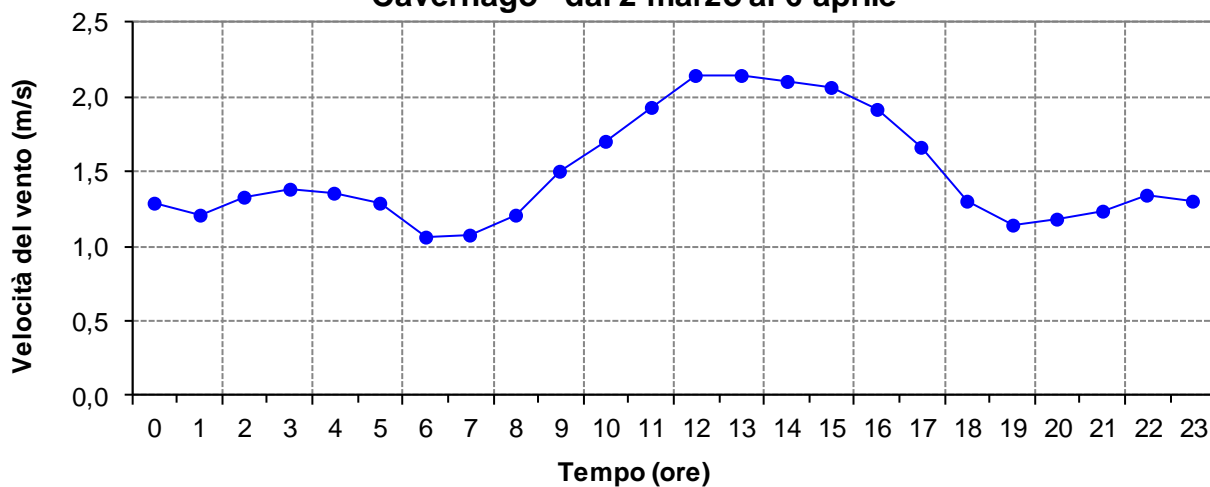


Figure 26-27-28: Velocità del vento.

**Rosa del vento  
Cavernago; dal 2 marzo 2016 al 6 aprile 2016**

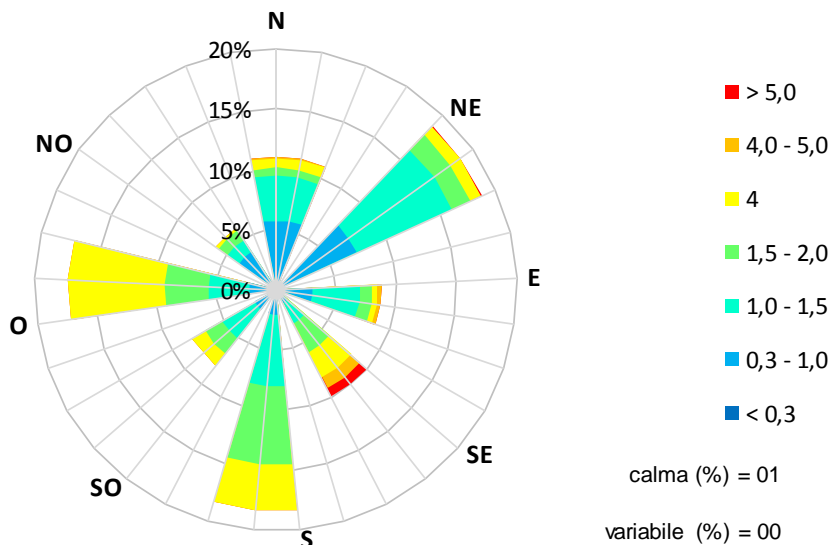


Figura 29: Rosa del vento.

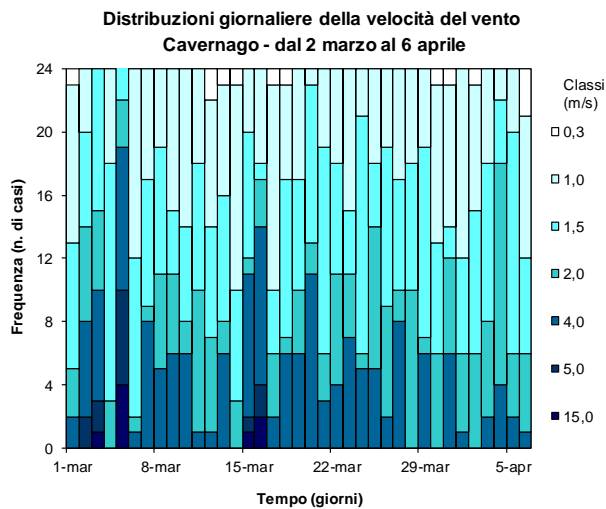
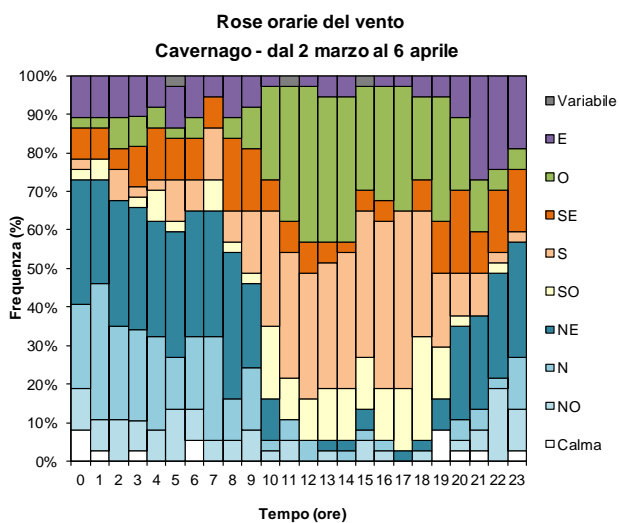
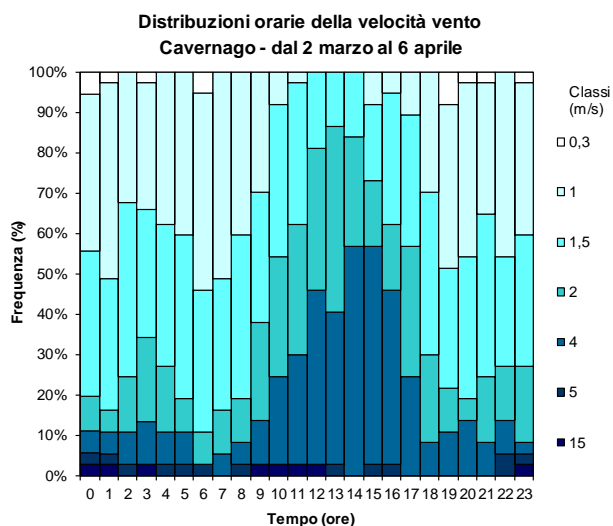
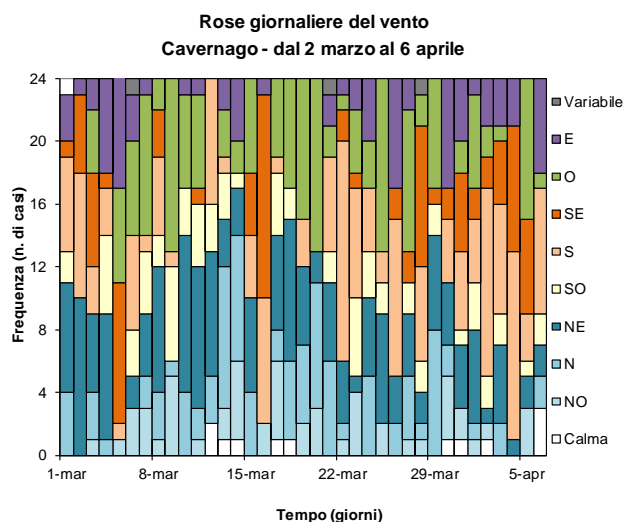


Figure 30-31-32-33: Distribuzione orarie e giornaliere della direzione e velocità del vento.

## 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 emissive 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.

*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

Nel periodo della campagna di misure, l'SO<sub>2</sub> ha registrato una concentrazione media pari a 1.2 µg/m<sup>3</sup> e un massimo valore giornaliero di 2.7 µg/m<sup>3</sup> (6 aprile). Il massimo valore orario è stato di 6.3 µg/m<sup>3</sup> (ore 8:00 del 18 marzo).

Le concentrazioni 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>. Nelle Figure 34-36 sono riportati gli andamenti delle concentrazioni medie orarie e giornaliere di SO<sub>2</sub> misurate a Cavernago e confrontate con quelle rilevate alle postazioni fisse di Treviglio e Bergamo Via Garibaldi e, successivamente, con tutta la RRQA della Lombardia. In particolare, nel grafico della Figura 36, l'area indicata come "25°-75° percentile RRQA" rappresenta per ogni giorno la variabilità delle concentrazioni di SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub> registrate su tutta la rete di rilevamento, prendendo come estremi il massimo e minimo valore di tutta la Lombardia.

Le concentrazioni misurate a Cavernago sono risultate temporalmente in accordo con quelle registrate nelle altre centraline della rete. I valori assoluti sono spesso mantenuti al disotto del 25° percentile, coerentemente con quanto evidenziato dalle emissioni specifiche dell'SO<sub>2</sub>; pertanto non è stata evidenziata nessuna 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 per i giorni feriali ed intorno alla tarda mattinata per i giorni prefestivi e festivi. 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>.

Biossido di zolfo		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	N° superi limite giornaliero
Cavernago	BG	100	1	1	6	3	0	0
Bergamo-Garibaldi	BG	100	1	0	3	2	0	0
Calusco	BG	100	1	1	11	3	0	0
Filago-Centro	BG	100	1	1	6	3	0	0
Filago-Marne	BG	100	1	1	3	2	0	0
Lallio	BG	100	1	1	23	3	0	0
Treviglio	BG	100	2	1	6	3	0	0



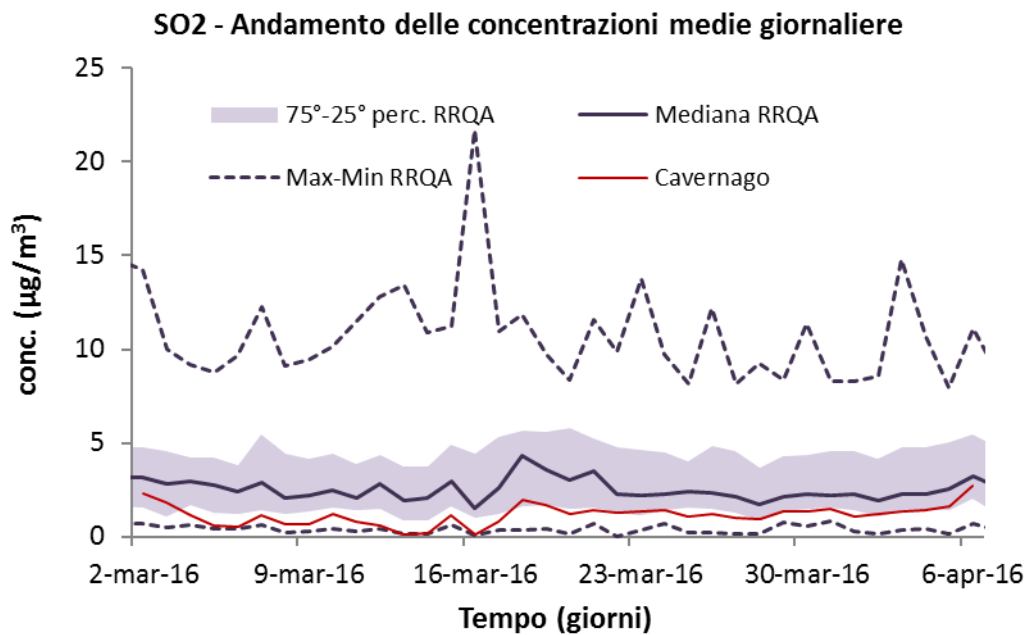
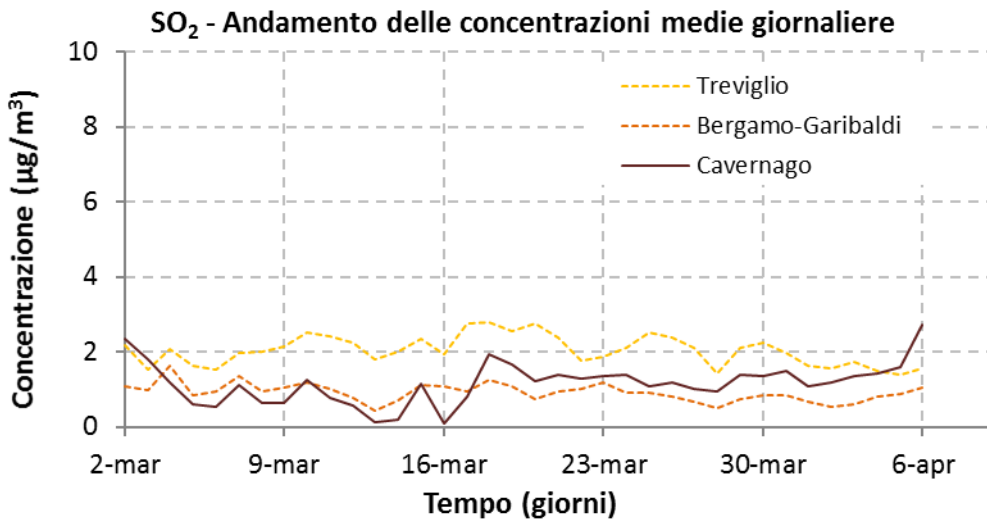
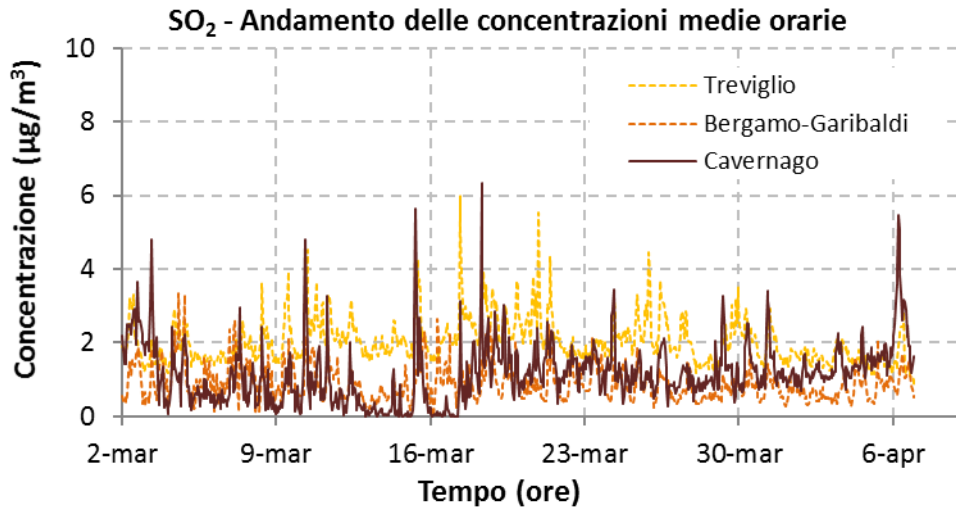


Figure 34-35-36: Concentrazioni orarie e giornaliere per l'SO<sub>2</sub>.

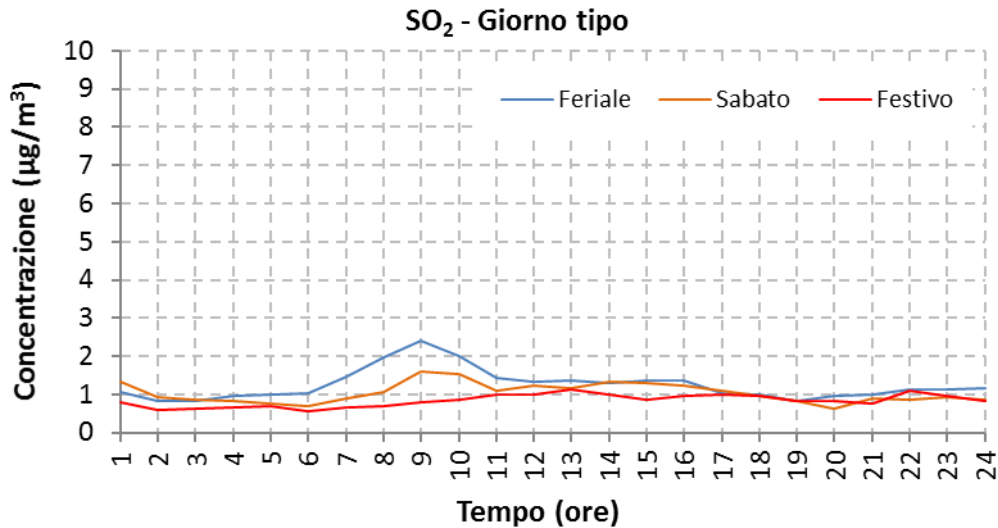


Figura 37: Giorno tipo per l'SO<sub>2</sub>.

### Il biossido di azoto

Nel periodo della campagna di misure, l'NO<sub>2</sub> ha registrato una concentrazione media pari a 28 µg/m<sup>3</sup> e un massimo valore giornaliero di 45 µg/m<sup>3</sup> (18 marzo). Il massimo valore orario è stato di 70 µg/m<sup>3</sup> (ore 21:00 del 10 marzo).

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 pari a 30 µg/m<sup>3</sup> senza alcun superamento del valore limite orario.

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 con il laboratorio mobile a Cavernago sono risultate coerenti, sia negli andamenti che nelle quantità assolute, con quelle registrate nelle altre centraline della rete. In particolare, le medie giornaliere si collocano all'interno dell'intervallo delineato dal 25° e 75° percentile dei valori della rete di rilevamento.

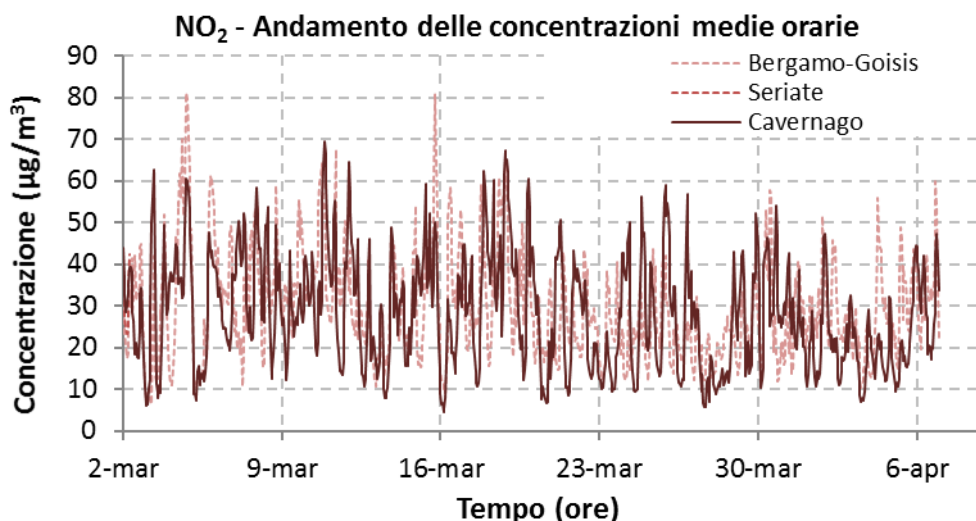


Figure 38: Concentrazioni orarie e giornaliere per l'NO<sub>2</sub>.

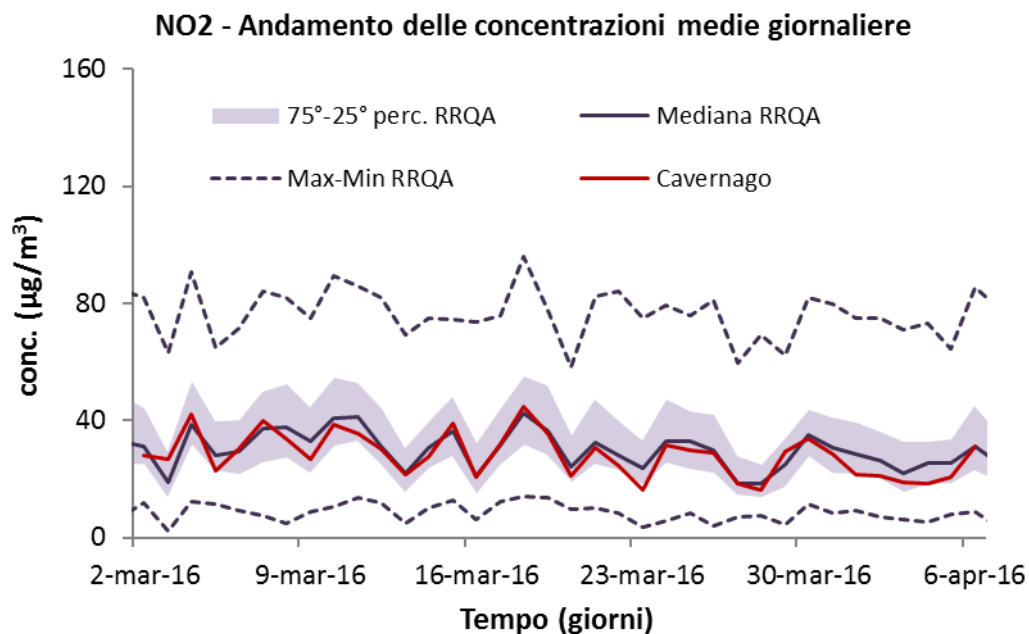
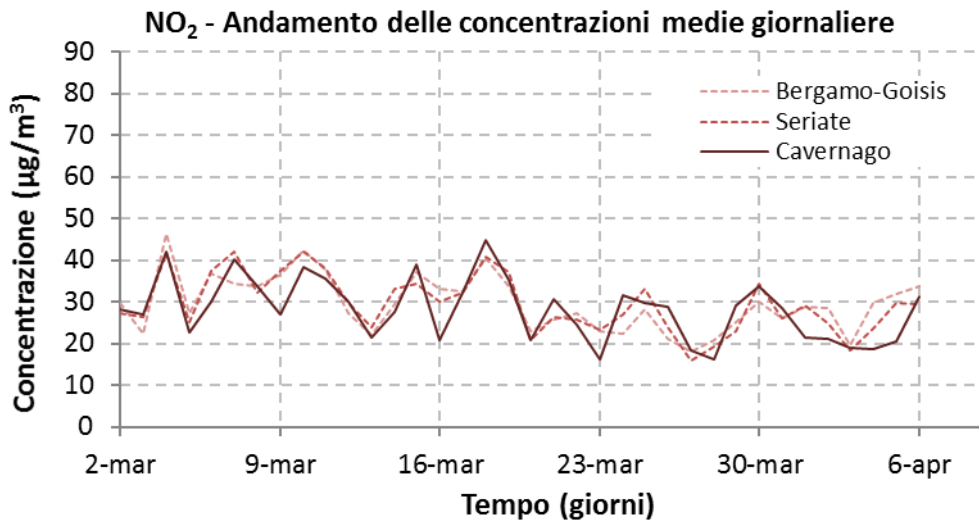


Figure 39-40: Concentrazioni giornaliere per l'NO<sub>2</sub>.

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 appena accennato 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.

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	100	28	14	69	45	0
Bergamo-Garibaldi	BG	100	50	19	114	69	0
Bergamo-Goisis	BG	100	30	13	81	46	0
Bergamo-Meucci	BG	100	39	21	153	67	0
Calusco	BG	100	23	12	70	39	0
Ciserano	BG	100	47	21	112	72	0
Costa Volpino	BG	100	32	13	90	51	0
Dalmine	BG	100	41	17	117	58	0
Filago-Centro	BG	100	20	10	63	32	0
Lallio	BG	100	32	16	87	51	0
Osio Sotto	BG	86	31	14	103	51	0
Seriate	BG	100	30	14	84	42	0
Tavernola	BG	100	33	18	101	55	0
Treviglio	BG	100	31	15	103	52	0
Villa di Serio	BG	100	27	12	70	42	0

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 44 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.

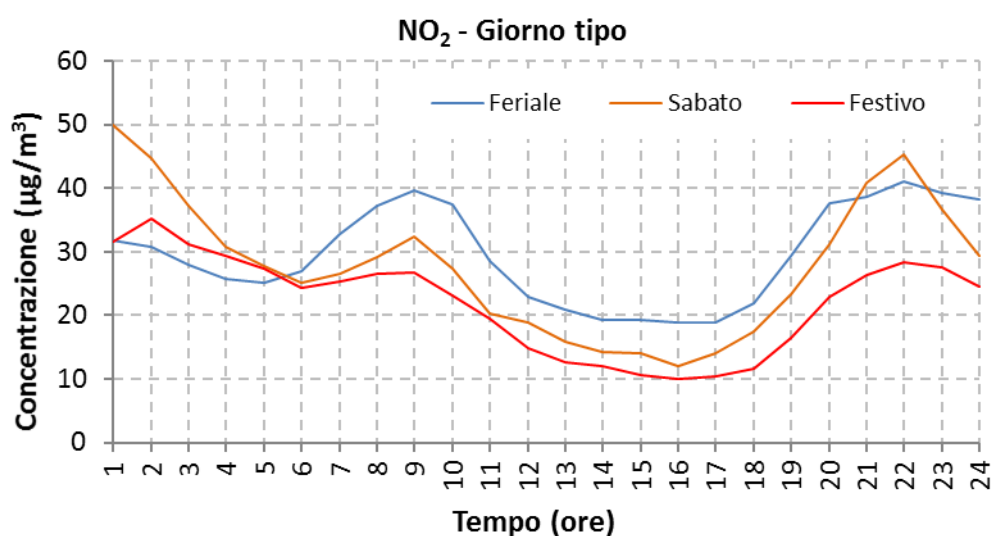


Figura 41: Giorno tipo dell'NO<sub>2</sub>.

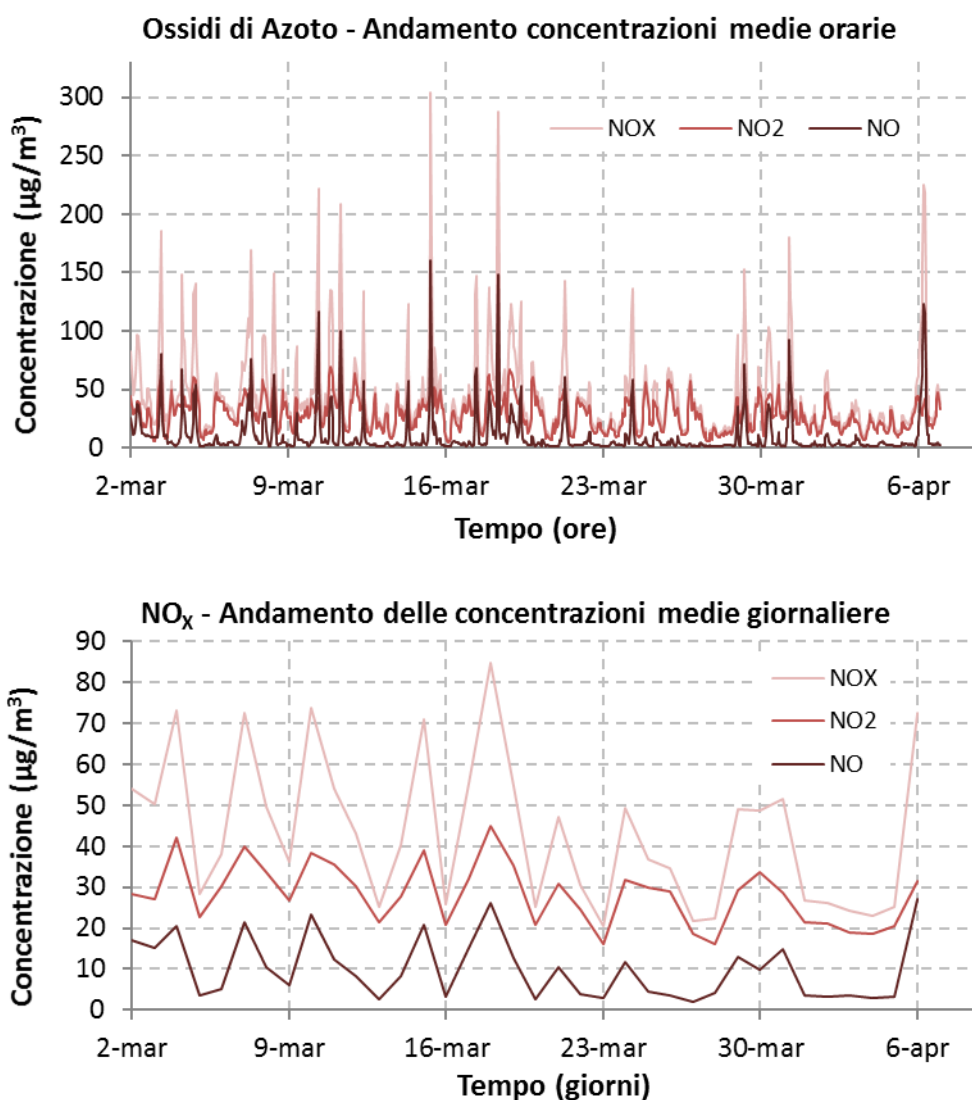


Figure 42-43: Andamento delle concentrazioni orarie e giornaliere degli NO<sub>x</sub>.

### Il monossido di carbonio

Nel periodo della campagna di misure il CO ha registrato una concentrazione media pari a  $0.4 \text{ mg}/\text{m}^3$ , mentre la totalità dei dati giornalieri non è andata oltre il valore di  $0.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Il massimo valore orario è stato di  $0.8 \text{ mg}/\text{m}^3$  (ore 21:00 del 4 marzo).

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  $0.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ , 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  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  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  $0.4 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

Nelle Figure 44-46 sono riportati gli andamenti delle concentrazioni medie orarie e giornaliere di CO, misurate a Cavernago, mediante laboratorio mobile, 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. Occorre sottolineare che i valori ambientali di CO, anche in prossimità delle sorgenti di emissione, sono andati diminuendo da quando è stata introdotta la marmitta catalitica, fino a raggiungere spesso livelli vicini al limite della sensibilità strumentale degli analizzatori, pertanto, le concentrazioni sono ormai ovunque ben al di sotto dei limiti di legge e, di fatto, non costituiscono più un problema di inquinamento atmosferico.

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>. Tuttavia, un lieve aumento delle concentrazioni è mostrato verso le ore 7-8 e le 21-22, così come un piccolo calo nelle ore pomeridiane. 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 rispecchia 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	103	0,4	0,1	0,8	0,7	0
Bergamo-Garibaldi	BG	100	0,8	0,2	3,0	1,3	0
Bergamo-Meucci	BG	100	0,5	0,1	1,2	1,0	0
Calusco	BG	100	0,5	0,2	1,2	1,2	0
Dalmine	BG	100	0,6	0,1	1,1	1,0	0
Treviglio	BG	100	0,6	0,2	1,7	1,1	0

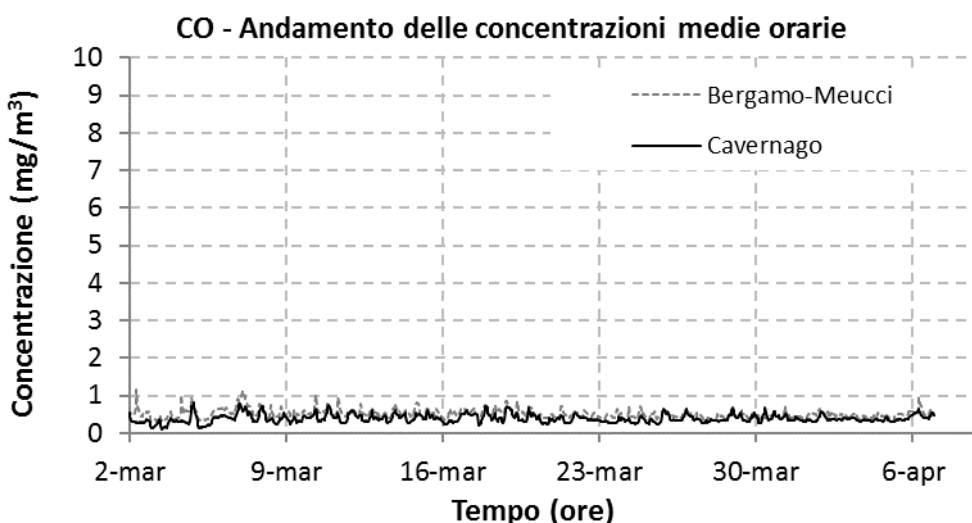


Figure 44: Concentrazioni orarie di CO.

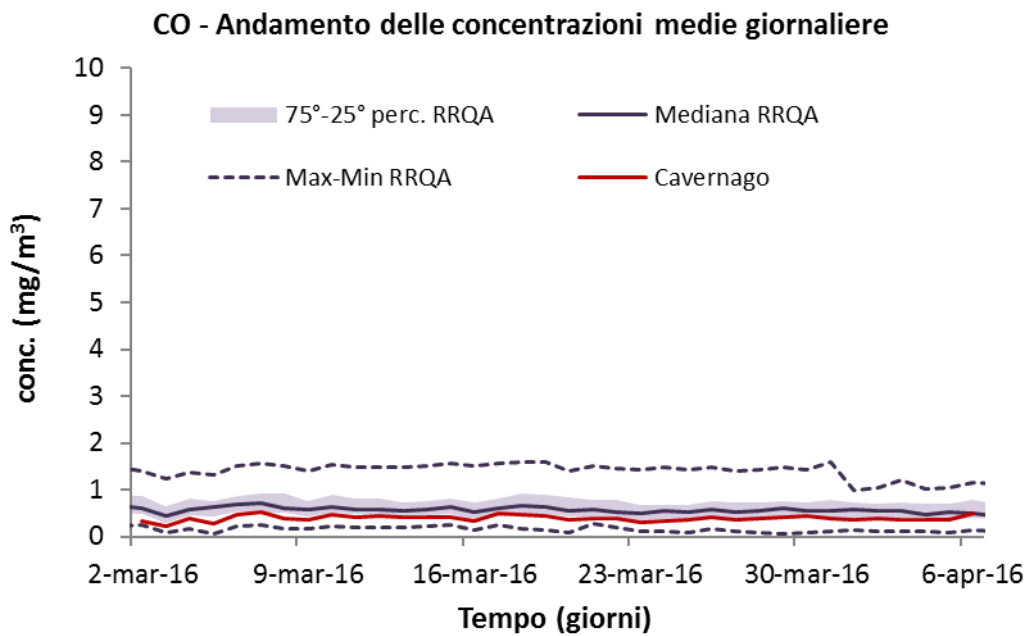
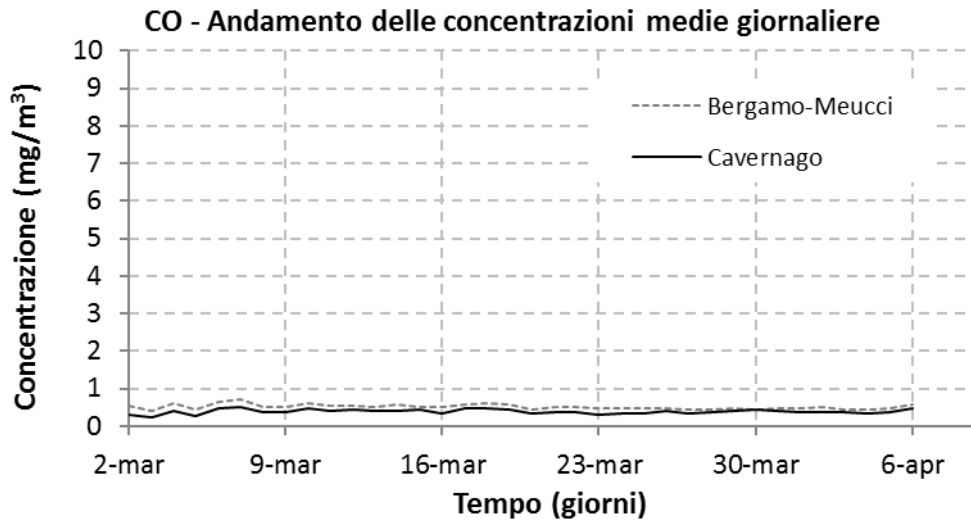


Figure 45-46: Concentrazioni giornaliere di CO.

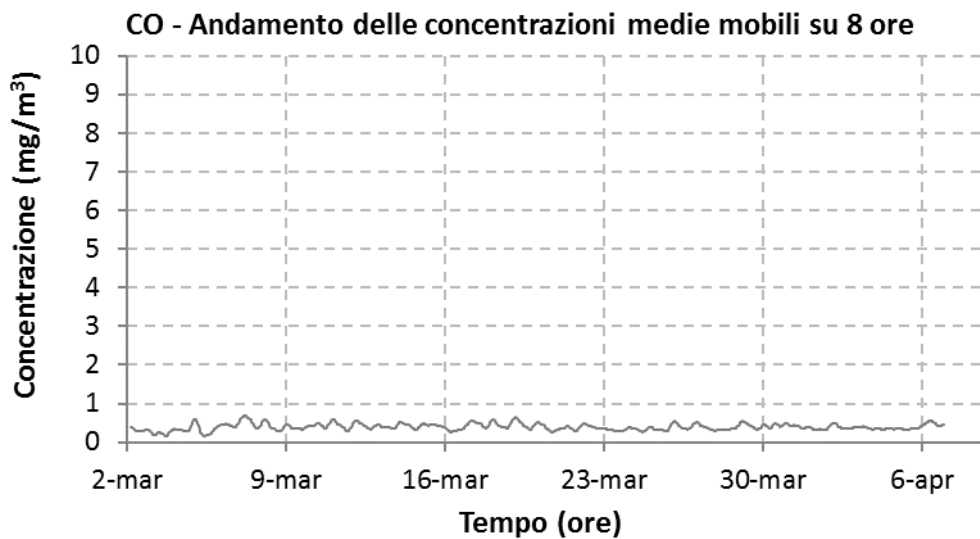


Figura 47: Andamento delle concentrazioni di CO mediate sulle 8 ore (media mobile).

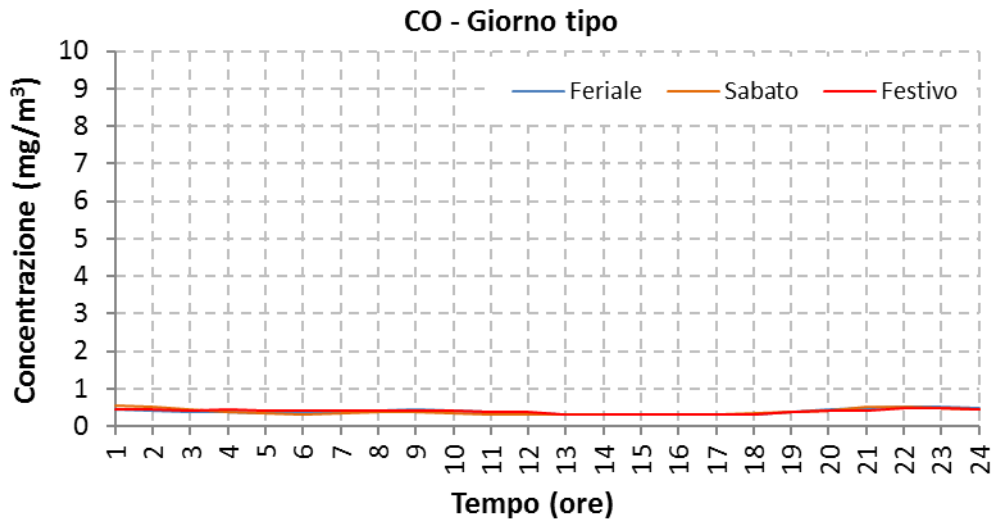


Figura 48: Giorno tipo per il CO.

### 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 ( $\text{NO}_x$ ) 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' $\text{O}_3$  ha registrato una concentrazione media pari a  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e un massimo valore giornaliero di  $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (20 marzo). Il massimo valore orario è stato di  $109 \mu\text{g}/\text{m}^3$  alle ore 16:00 del 19 marzo.

Nelle Figure 49 e 50 sono riportati gli andamenti delle concentrazioni medie orarie e giornaliere dell' $\text{O}_3$  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  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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' $\text{O}_3$  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  $\text{O}_3$  tendono a calare, soprattutto in vicinanza di strade con traffico sostenuto.



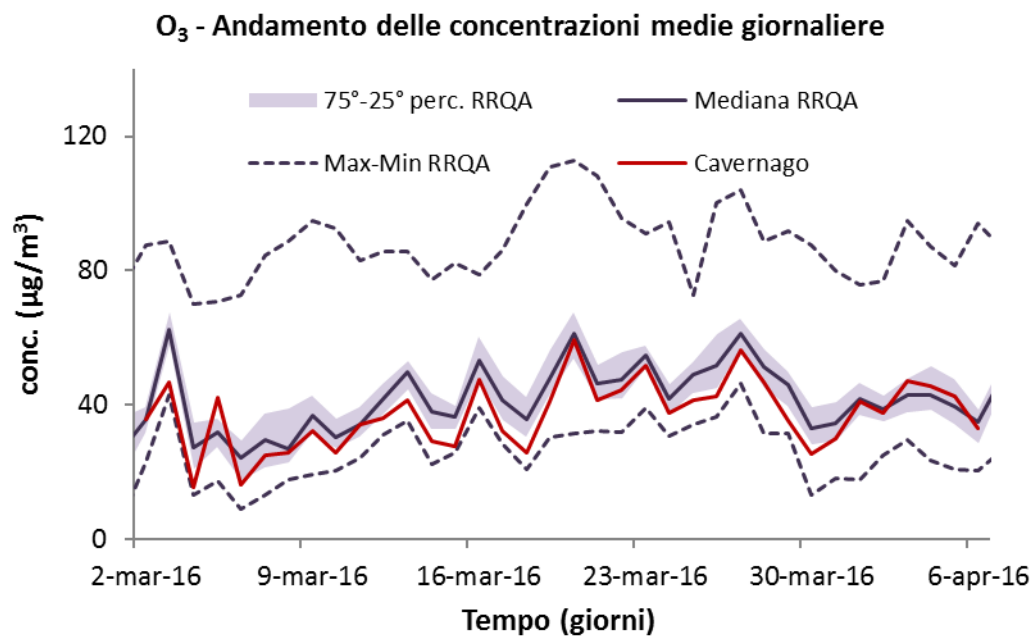
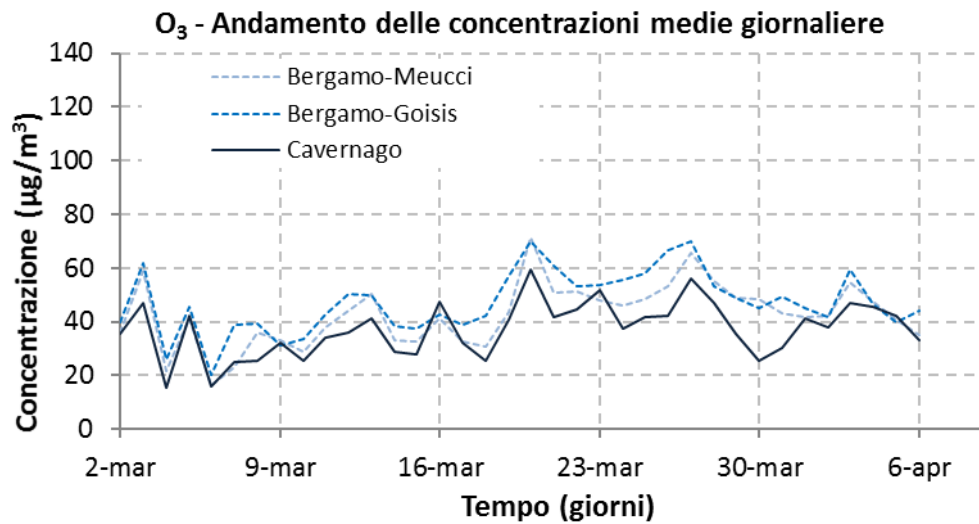
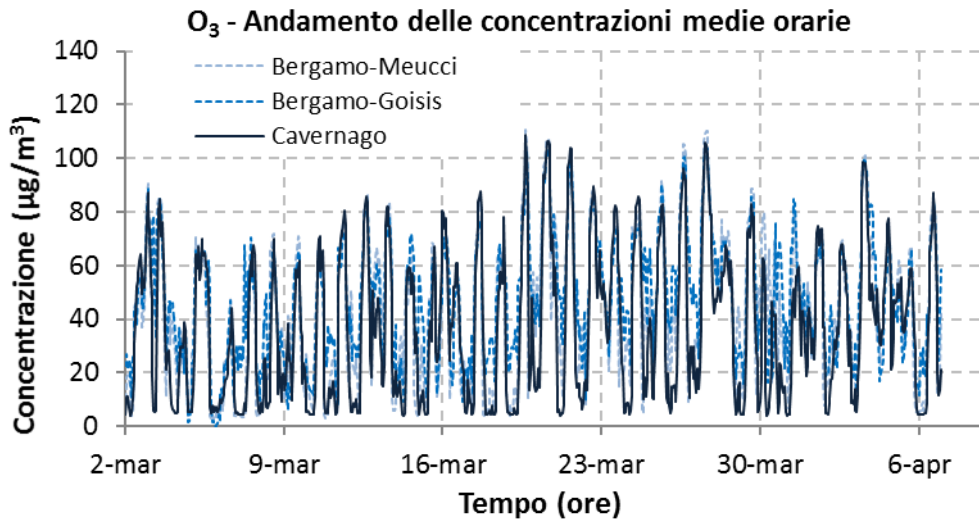


Figure 49-50-51: Concentrazioni orarie e giornaliere per l'O<sub>3</sub>.

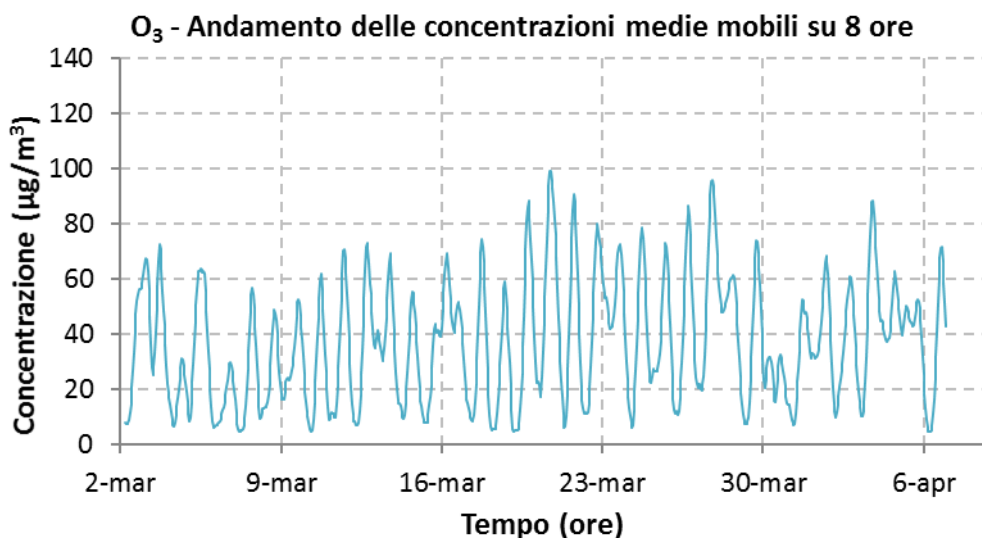


Figura 52: Andamento delle concentrazioni di O<sub>3</sub> mediate sulle 8 ore (media mobile).

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 nei grafici 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.

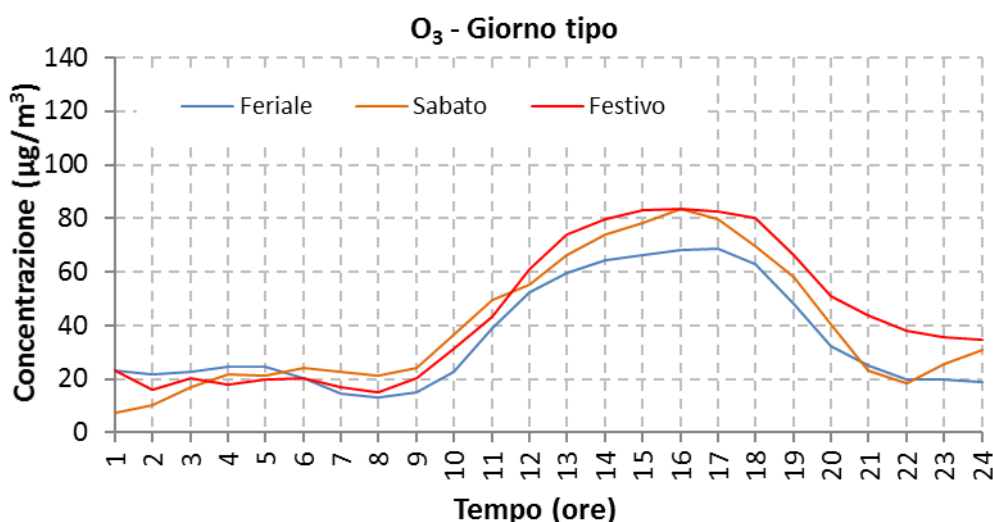


Figura 53: Giorno tipo per l'O<sub>3</sub>.

Nella Tabella 9 sono riportati i dati statistici relativi all'ozono per i 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	103	37	28	109	99	0	0	0
Bergamo-Goisis	BG	100	47	23	104	97	0	0	0
Bergamo-Meucci	BG	100	43	26	111	102	0	0	0
Calusco	BG	100	45	24	104	95	0	0	0
Osio Sotto	BG	100	56	40	150	137	0	0	5

## Il PM10

La concentrazione media del PM10 su tutto il periodo della campagna di misure è risultata essere di 38 µg/m<sup>3</sup> e il massimo valore giornaliero di 65 µg/m<sup>3</sup> registrato il 2 aprile.

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 leggermente superiori in termini quantitativi.

La normativa (D. Lgs. 155/10) prevede un valore limite sulla media giornaliera di 50 µg/m<sup>3</sup> da non superare più di 35 volte all'anno e un valore limite sulla media annuale di 40 µg/m<sup>3</sup>. Per quanto riguarda la campagna di monitoraggio di Cavernago si sono verificati 4 superi del valore limite giornaliero. Volgendo uno sguardo sull'intera provincia di Bergamo, delle 8 centraline presenti sul territorio quattro presentano lo stesso numero di superamenti che si sono verificati a Cavernago.

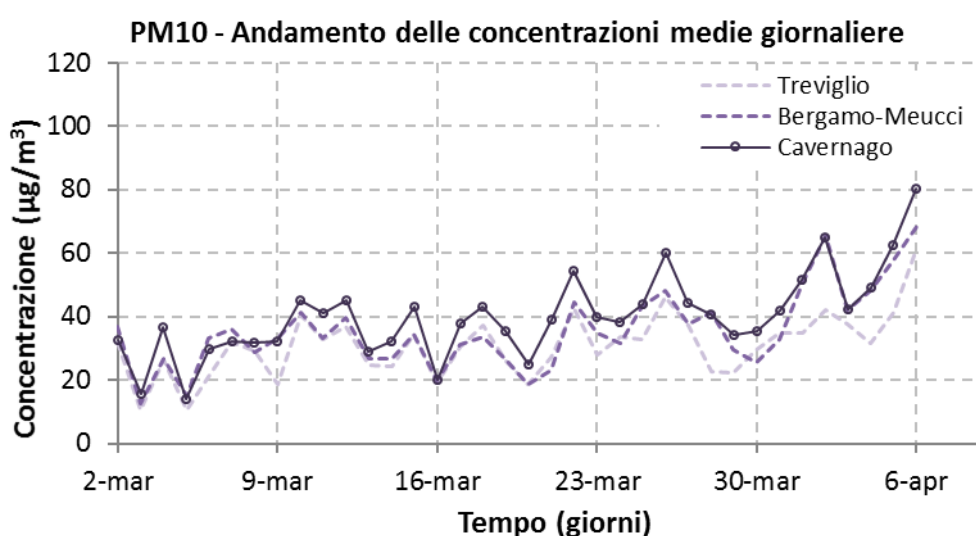


Figura 54: Concentrazioni medie giornaliere per il PM10.

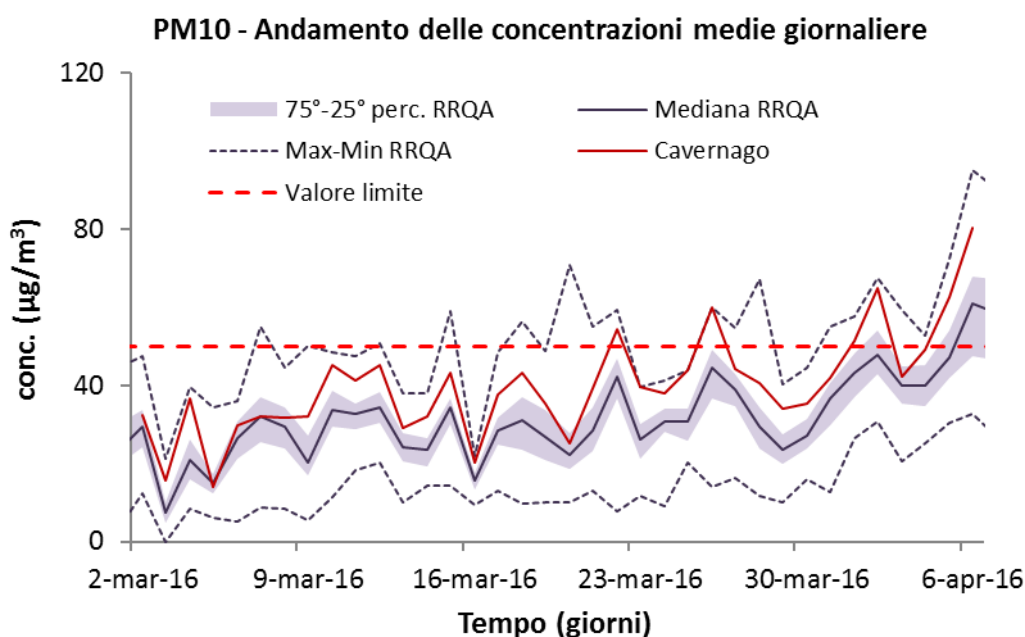


Figura 55: Concentrazioni medie giornaliere per il PM10 della RRQA della Lombardia

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

Tabella 10: Dati statistici relativi al PM10.

PM10		Rendimento (%)	Media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Dev. St ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Max Media 24h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	N° giorni supero valore obiettivo
Cavernago	BG	100	38	11	65	4
Bergamo-Garibaldi	BG	100	33	16	82	4
Calusco	BG	100	31	13	63	4
Dalmine	BG	100	35	14	77	4
Filago-Centro	BG	100	34	13	68	4
Lallio	BG	100	30	11	63	1
Osio Sotto	BG	100	29	10	61	1
Treviglio	BG	100	31	10	61	1
Bergamo-Meucci	BG	100	35	13	68	3

## 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.

I valori rilevati di BTX rilevati a Cavernago sono stati abbastanza bassi (Figura 56). Nel periodo della campagna di misure il  $\text{C}_6\text{H}_6$  ha registrato una concentrazione media pari a  $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e un massimo valore giornaliero di  $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (4 marzo). Il massimo valore orario è stato di  $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  alle ore 21:00 del 2 marzo.

Nelle Figure 56 e 57 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 58).

L'andamento del giorno tipo (Figura 60) 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.

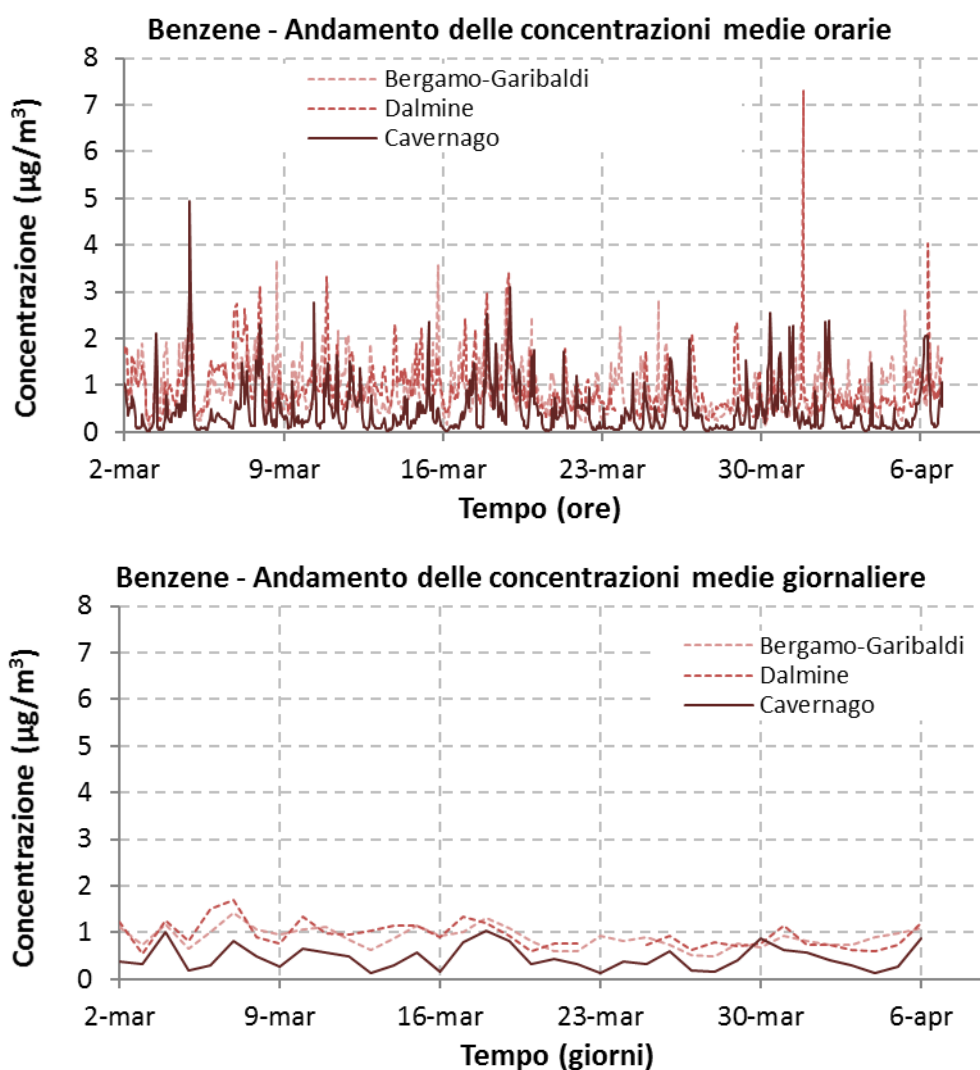


Figure 56-57: Concentrazioni orarie e giornaliere per il benzene.

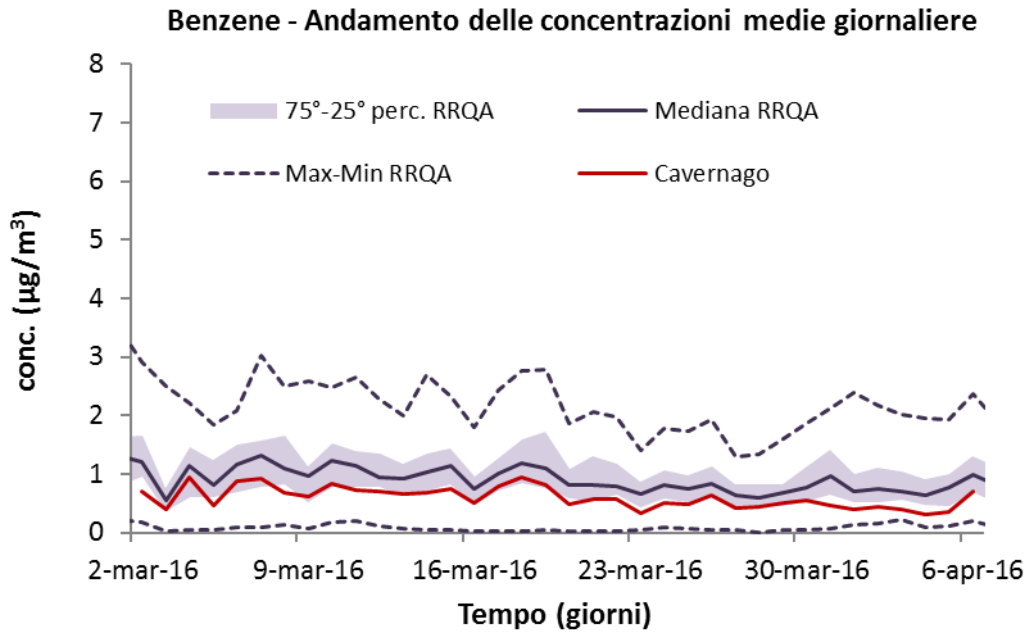


Figura 58: Concentrazioni giornaliere per il benzene.

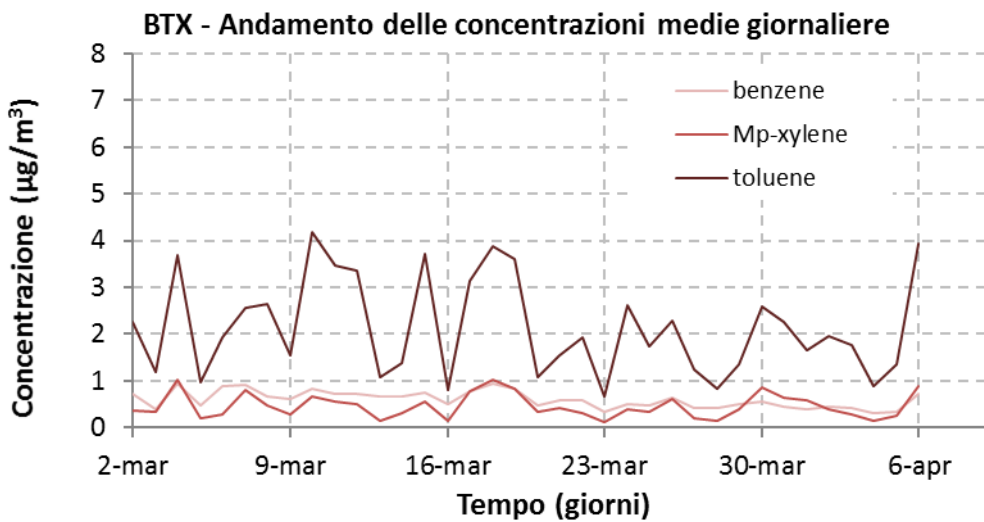


Figura 59: Concentrazioni giornaliere per il BTX.

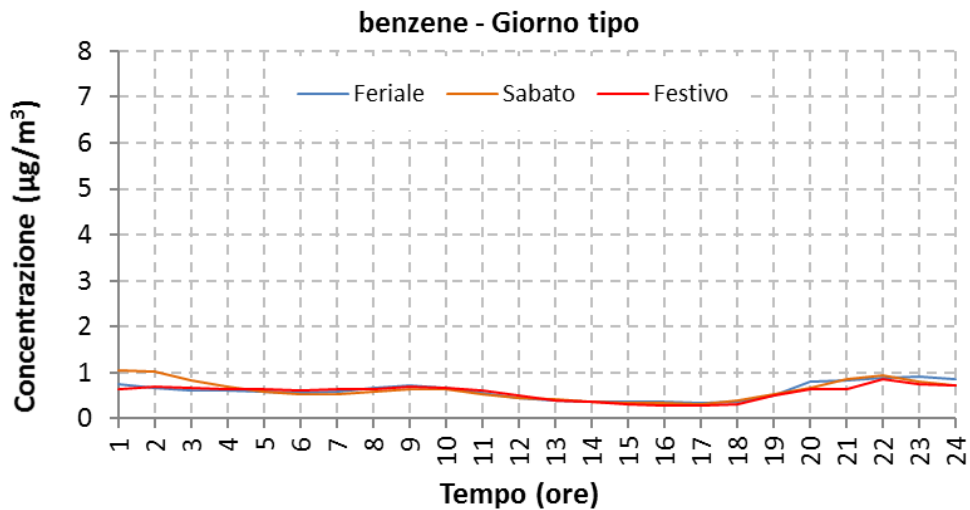


Figura 60: Giorno tipo per il benzene.

Nella Tabella 11 sono riportati i dati statistici relativi al benzene per i siti della RRQA.

Tabella 11: Dati statistici relativi al Benzene.

Benzene		Rendimento (%)	Media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Dev. St ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Max Media 1h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Max Media 24h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	N° superi limite annuale
Cavernago	BG	100	0,6	0,3	2,1	1,0	0
Bergamo-Garibaldi	BG	100	0,9	0,2	3,7	1,4	0
Calusco	BG	100	0,8	0,3	3,3	1,8	0
Dalmine	BG	94	0,9	0,3	7,3	1,7	0

## Conclusioni

L'analisi dei dati della campagna ha mostrato coerenza con le misure effettuate in postazioni differenti, con l'eccezione del PM10: 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, assodato 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.

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. I livelli, prossimi ai limiti di rilevabilità degli strumenti, sono così bassi da non mostrare un particolare andamento durante il periodo della 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  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . 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  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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.

Le concentrazioni di **benzene** sono così basse da non mostrare un particolare andamento durante il periodo della campagna 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. Tuttavia, con una concentrazione media di  $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , esso risulta leggermente superiore al valore medio di tutta la rete lombarda ( $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Sono stati registrati 4

superamenti del valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , come a Bergamo-Garibaldi, Dalmine, Calusco e Filago Centro.

In definitiva, la valutazione congiunta degli di tutti gli inquinanti misurati a Cavernago non ha evidenziato specifiche criticità legate alla zona, se non le concentrazioni di PM10, che per le considerazioni viste nel paragrafo "Emissioni sul territorio", il leggero scostamento dalla media della intera rete potrebbe essere ricondotto agli importanti volumi di traffico della SS 498, che attraversa il territorio comunale o qualche altra specifica sorgente. Si avrà cura di verificare nella prossima campagna di monitoraggio, che si effettuerà nell'autunno 2016, di eventuali conferme di quanto osservato in questa campagna o ad ulteriori considerazioni.

### **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>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
	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>
2/3/16 0.00	2	82	25	44	0.5	4	1.3
2/3/16 1.00	2	66	19	36	0.4	11	1.2
2/3/16 2.00	2	51	12	33	0.4	11	0.9
2/3/16 3.00	1	45	11	29	0.3	11	0.8
2/3/16 4.00	1	49	12	30	0.3	7	0.7
2/3/16 5.00	2	64	20	33	0.3	4	0.8
2/3/16 6.00	2	90	36	35	0.3	4	0.8
2/3/16 7.00	2	96	37	39	0.3	6	0.7
2/3/16 8.00	3	95	36	39	0.3	11	0.7
2/3/16 9.00	2	81	28	38	0.3	18	0.6
2/3/16 10.00	2	57	19	29	0.3	31	0.6
2/3/16 11.00	3	58	20	26	0.3	40	0.6
2/3/16 12.00	3	38	13	18	0.3	52	0.5
2/3/16 13.00	3	38	12	19	0.3	55	0.5
2/3/16 14.00	3	40	12	21	0.3	58	0.5
2/3/16 15.00	2	36	12	18	0.3	62	0.5
2/3/16 16.00	2	33	10	17	0.3	64	0.5
2/3/16 17.00	4	41	11	24	0.3	57	0.6
2/3/16 18.00	3	50	11	33	0.4	50	0.7
2/3/16 19.00	3	50	10	34	0.4	55	1.1
2/3/16 20.00	3	43	10	28	0.3	52	0.7
2/3/16 21.00	2	38	9	24	0.3	53	0.7
2/3/16 22.00	2	31	9	17	0.3	63	0.5
2/3/16 23.00	2	24	9	11	0.2	77	0.4
3/3/16 0.00	2	20	9	6	0.1	87	0.2
3/3/16 1.00	2	20	9	6	0.1	80	0.1
3/3/16 2.00	2	20	9	6	0.1	73	0.1
3/3/16 3.00	2	24	9	10	0.2	56	0.2
3/3/16 4.00	2	26	9	13	0.2	48	0.2
3/3/16 5.00	2	45	10	30	0.2	19	0.3
3/3/16 6.00	2	80	19	50	0.2	6	0.3
3/3/16 7.00	3	125	45	56	0.3	5	0.4
3/3/16 8.00	5	185	80	63	0.4	6	0.6
3/3/16 9.00	5	167	69	62	0.3	13	0.6
3/3/16 10.00	3	72	22	38	0.2	51	0.4
3/3/16 11.00	2	26	10	11	0.1	81	0.2
3/3/16 12.00	2	24	10	9	0.1	85	0.2

3/3/16 13.00	2	23	10	8	0.1	82	0.1
3/3/16 14.00	2	29	12	11	0.2	71	0.2
3/3/16 15.00	1	15	4	9	0.2	75	0.2
3/3/16 16.00	0	18	4	12	0.2	76	0.2
3/3/16 17.00	1	29	5	21	0.2	61	0.2
3/3/16 18.00	1	42	4	36	0.3	35	0.4
3/3/16 19.00	1	58	5	49	0.4	21	0.7
3/3/16 20.00	1	53	5	46	0.4	23	0.9
3/3/16 21.00	1	42	3	37	0.4	26	1.0
3/3/16 22.00	0	31	2	28	0.3	28	0.9
3/3/16 23.00	0	33	2	29	0.3	18	0.8
4/3/16 0.00	0	33	2	30	0.3	16	0.7
4/3/16 1.00	0	40	3	36	0.3	8	0.6
4/3/16 2.00	0	44	4	38	0.3	7	0.8
4/3/16 3.00	0	45	5	37	0.3	6	0.8
4/3/16 4.00	0	46	6	36	0.3	6	0.9
4/3/16 5.00	1	50	9	36	0.3	5	0.8
4/3/16 6.00	1	85	30	39	0.3	5	0.8
4/3/16 7.00	2	149	68	45	0.3	5	0.9
4/3/16 8.00	1	95	34	42	0.3	10	0.8
4/3/16 9.00	2	91	30	44	0.3	20	0.7
4/3/16 10.00	1	61	17	35	0.3	30	0.6
4/3/16 11.00	1	56	14	36	0.3	29	0.6
4/3/16 12.00	1	52	11	36	0.3	30	0.7
4/3/16 13.00	1	51	9	37	0.3	29	0.6
4/3/16 14.00	1	46	9	32	0.3	38	0.5
4/3/16 15.00	1	46	9	32	0.3	39	0.5
4/3/16 16.00	0	40	5	33	0.2	36	0.5
4/3/16 17.00	1	65	10	49	0.3	17	0.6
4/3/16 18.00	1	93	22	59	0.6	8	1.2
4/3/16 19.00	2	132	46	61	0.7	6	1.9
4/3/16 20.00	2	135	49	60	0.7	5	2.0
4/3/16 21.00	2	141	54	58	0.8	5	2.1
4/3/16 22.00	2	95	27	53	0.7	5	1.9
4/3/16 23.00	2	69	14	48	0.6	7	1.4
5/3/16 0.00	1	49	6	40	0.4	13	1.0
5/3/16 1.00	1	35	3	32	0.3	27	0.8
5/3/16 2.00	0	17	1	15	0.2	55	0.4
5/3/16 3.00	1	11	2	9	0.1	64	0.2
5/3/16 4.00	0	11	2	9	0.2	59	0.2
5/3/16 5.00	0	10	2	7	0.1	64	0.2

5/3/16 6.00	1	11	2	8	0.2	67	0.2
5/3/16 7.00	0	18	2	14	0.2	55	0.2
5/3/16 8.00	1	20	3	16	0.2	58	0.3
5/3/16 9.00	1	15	3	11	0.2	70	0.2
5/3/16 10.00	1	17	3	13	0.2	66	0.3
5/3/16 11.00	1	19	3	14	0.2	64	0.4
5/3/16 12.00	1	17	3	13	0.2	65	0.3
5/3/16 13.00	0	18	3	14	0.2	60	0.4
5/3/16 14.00	0	16	2	12	0.2	60	0.3
5/3/16 15.00	1	18	3	14	0.2	59	0.3
5/3/16 16.00	1	23	3	18	0.3	51	0.3
5/3/16 17.00	0	35	4	29	0.3	20	0.5
5/3/16 18.00	1	55	8	43	0.4	7	0.7
5/3/16 19.00	1	64	11	47	0.4	5	0.8
5/3/16 20.00	1	56	8	43	0.4	8	0.9
5/3/16 21.00	0	47	4	41	0.4	7	0.8
5/3/16 22.00	1	50	4	43	0.4	5	0.8
5/3/16 23.00	1	44	3	40	0.4	7	0.7
6/3/16 0.00	1	43	2	39	0.4	7	0.7
6/3/16 1.00	0	44	3	39	0.4	6	0.8
6/3/16 2.00	0	44	3	39	0.5	6	0.9
6/3/16 3.00	1	43	3	38	0.5	7	0.9
6/3/16 4.00	1	36	2	32	0.5	10	0.8
6/3/16 5.00	0	36	2	32	0.5	9	0.8
6/3/16 6.00	0	38	2	34	0.5	9	0.9
6/3/16 7.00	0	36	3	31	0.5	10	0.8
6/3/16 8.00	0	36	5	28	0.5	12	0.8
6/3/16 9.00	1	35	5	27	0.5	14	0.8
6/3/16 10.00	1	32	5	24	0.4	17	0.7
6/3/16 11.00	0	34	6	25	0.4	18	0.7
6/3/16 12.00	1	33	6	24	0.4	20	0.8
6/3/16 13.00	1	31	5	24	0.4	25	0.7
6/3/16 14.00	0	27	3	22	0.4	29	0.7
6/3/16 15.00	0	25	3	20	0.4	32	0.7
6/3/16 16.00	0	26	3	22	0.4	33	0.6
6/3/16 17.00	0	24	3	19	0.4	44	0.6
6/3/16 18.00	0	26	2	23	0.4	34	0.6
6/3/16 19.00	0	33	3	29	0.5	20	0.8
6/3/16 20.00	0	43	3	38	0.6	11	1.0
6/3/16 21.00	1	52	10	38	0.7	5	2.0
6/3/16 22.00	1	63	18	36	0.8	5	1.6

6/3/16 23.00	1	74	23	38	0.8	5	1.6
7/3/16 0.00	1	69	17	43	0.7	5	1.3
7/3/16 1.00	1	66	12	47	0.6	4	1.1
7/3/16 2.00	1	68	12	50	0.6	4	1.1
7/3/16 3.00	1	75	18	47	0.6	5	1.1
7/3/16 4.00	1	94	33	44	0.7	4	1.2
7/3/16 5.00	2	111	47	40	0.7	4	1.3
7/3/16 6.00	2	95	35	42	0.6	9	1.3
7/3/16 7.00	2	100	32	51	0.5	6	0.9
7/3/16 8.00	3	169	76	52	0.6	7	0.9
7/3/16 9.00	2	122	47	50	0.5	17	0.9
7/3/16 10.00	1	77	27	35	0.5	26	1.1
7/3/16 11.00	1	52	14	30	0.4	40	0.8
7/3/16 12.00	1	43	10	27	0.4	55	0.6
7/3/16 13.00	0	34	7	24	0.3	62	0.4
7/3/16 14.00	1	46	10	30	0.4	56	0.5
7/3/16 15.00	0	34	7	24	0.3	65	0.4
7/3/16 16.00	1	29	5	22	0.3	68	0.4
7/3/16 17.00	0	29	4	22	0.3	64	0.4
7/3/16 18.00	0	37	4	31	0.4	45	0.4
7/3/16 19.00	1	47	4	41	0.5	22	0.9
7/3/16 20.00	1	62	8	51	0.6	12	1.0
7/3/16 21.00	1	94	23	58	0.6	6	1.2
7/3/16 22.00	1	97	30	51	0.7	5	1.3
7/3/16 23.00	1	95	30	49	0.7	5	1.4
8/3/16 0.00	1	64	14	44	0.6	9	1.2
8/3/16 1.00	1	67	15	44	0.6	5	1.2
8/3/16 2.00	0	44	6	34	0.5	12	1.0
8/3/16 3.00	0	29	2	27	0.4	25	0.7
8/3/16 4.00	0	29	2	27	0.3	25	0.5
8/3/16 5.00	0	29	2	26	0.3	17	0.5
8/3/16 6.00	1	52	9	38	0.4	7	0.6
8/3/16 7.00	1	85	23	49	0.3	7	0.6
8/3/16 8.00	1	100	33	49	0.4	9	0.6
8/3/16 9.00	2	150	62	54	0.4	9	0.7
8/3/16 10.00	1	79	24	42	0.3	24	0.7
8/3/16 11.00	1	40	7	29	0.3	47	0.9
8/3/16 12.00	0	26	4	20	0.3	57	0.4
8/3/16 13.00	0	17	3	12	0.2	70	0.3
8/3/16 14.00	1	20	3	15	0.2	65	0.3
8/3/16 15.00	1	24	4	18	0.2	56	0.3

8/3/16 16.00	0	29	4	23	0.3	44	0.4
8/3/16 17.00	0	40	5	32	0.4	29	0.5
8/3/16 18.00	1	67	11	49	0.4	12	0.8
8/3/16 19.00	0	41	5	34	0.4	28	0.8
8/3/16 20.00	0	45	5	37	0.4	16	0.7
8/3/16 21.00	1	47	5	40	0.5	9	0.9
8/3/16 22.00	0	40	3	35	0.5	15	1.0
8/3/16 23.00	0	32	2	29	0.5	20	0.7
9/3/16 0.00	0	29	2	25	0.4	16	0.6
9/3/16 1.00	0	31	2	27	0.4	14	0.6
9/3/16 2.00	0	30	2	27	0.4	16	0.6
9/3/16 3.00	0	24	2	21	0.3	26	0.5
9/3/16 4.00	0	16	2	14	0.3	38	0.4
9/3/16 5.00	0	14	1	12	0.2	36	0.3
9/3/16 6.00	0	20	2	16	0.3	25	0.3
9/3/16 7.00	0	31	4	24	0.3	23	0.4
9/3/16 8.00	1	74	20	43	0.4	10	0.5
9/3/16 9.00	1	87	30	41	0.5	13	0.7
9/3/16 10.00	1	51	13	31	0.4	27	0.7
9/3/16 11.00	1	39	7	28	0.3	43	0.4
9/3/16 12.00	1	34	7	24	0.3	54	0.5
9/3/16 13.00	1	32	6	23	0.3	59	0.4
9/3/16 14.00	1	36	7	26	0.3	56	0.5
9/3/16 15.00	2	38	7	27	0.3	59	0.5
9/3/16 16.00	1	33	5	25	0.3	62	0.4
9/3/16 17.00	1	34	4	28	0.3	53	0.4
9/3/16 18.00	1	39	5	32	0.4	36	0.6
9/3/16 19.00	1	38	5	31	0.5	33	1.9
9/3/16 20.00	1	42	4	35	0.5	16	1.1
9/3/16 21.00	0	31	2	28	0.4	23	0.8
9/3/16 22.00	0	29	2	26	0.4	21	0.9
9/3/16 23.00	0	32	2	29	0.4	13	0.7
10/3/16 0.00	1	50	6	41	0.4	5	0.6
10/3/16 1.00	0	50	5	42	0.4	6	0.6
10/3/16 2.00	0	46	5	39	0.4	5	0.5
10/3/16 3.00	0	48	8	35	0.4	4	0.7
10/3/16 4.00	0	51	11	33	0.5	4	0.7
10/3/16 5.00	1	59	19	30	0.5	4	0.8
10/3/16 6.00	2	95	41	32	0.5	4	0.8
10/3/16 7.00	3	159	80	36	0.6	5	1.2
10/3/16 8.00	5	221	116	43	0.6	6	1.5

10/3/16 9.00	3	125	56	40	0.5	11	1.1
10/3/16 10.00	2	57	19	28	0.4	33	0.8
10/3/16 11.00	1	30	6	21	0.3	58	0.5
10/3/16 12.00	1	28	5	20	0.3	62	0.5
10/3/16 13.00	0	25	4	18	0.3	70	0.5
10/3/16 14.00	1	29	5	22	0.3	71	0.4
10/3/16 15.00	1	45	7	34	0.4	58	0.6
10/3/16 16.00	1	47	7	36	0.4	60	0.6
10/3/16 17.00	1	35	4	28	0.3	66	0.5
10/3/16 18.00	1	37	4	31	0.4	49	0.5
10/3/16 19.00	1	69	9	56	0.5	11	1.0
10/3/16 20.00	1	104	27	63	0.6	5	1.0
10/3/16 21.00	1	135	43	69	0.7	5	1.3
10/3/16 22.00	2	134	44	66	0.7	5	1.5
10/3/16 23.00	2	97	25	59	0.7	7	1.5
11/3/16 0.00	1	58	5	50	0.5	15	1.1
11/3/16 1.00	0	49	4	44	0.5	11	0.9
11/3/16 2.00	1	43	3	38	0.5	12	0.8
11/3/16 3.00	1	42	3	38	0.4	14	0.8
11/3/16 4.00	0	38	2	35	0.4	17	0.6
11/3/16 5.00	0	40	3	35	0.4	12	0.7
11/3/16 6.00	1	66	14	45	0.4	5	0.7
11/3/16 7.00	2	140	58	51	0.5	5	0.8
11/3/16 8.00	3	209	100	55	0.5	5	1.0
11/3/16 9.00	2	108	40	47	0.5	11	1.0
11/3/16 10.00	1	45	10	29	0.3	53	0.6
11/3/16 11.00	1	29	5	22	0.3	63	0.4
11/3/16 12.00	0	24	4	19	0.3	70	0.3
11/3/16 13.00	0	19	3	14	0.3	73	0.3
11/3/16 14.00	0	19	3	15	0.3	71	0.3
11/3/16 15.00	0	18	3	14	0.3	77	0.3
11/3/16 16.00	0	18	3	14	0.3	80	0.3
11/3/16 17.00	1	21	3	17	0.3	75	0.3
11/3/16 18.00	0	32	3	27	0.4	57	0.5
11/3/16 19.00	0	48	5	41	0.5	37	1.3
11/3/16 20.00	0	43	3	39	0.5	27	1.3
11/3/16 21.00	1	57	5	50	0.6	11	0.9
11/3/16 22.00	1	56	4	50	0.6	14	1.2
11/3/16 23.00	1	77	8	64	0.6	5	1.1
12/3/16 0.00	1	71	9	57	0.6	6	1.0
12/3/16 1.00	0	62	6	52	0.6	6	1.1

12/3/16 2.00	0	51	4	45	0.5	9	1.0
12/3/16 3.00	0	49	4	43	0.5	7	0.8
12/3/16 4.00	0	42	3	38	0.4	9	0.7
12/3/16 5.00	0	38	3	32	0.4	10	0.7
12/3/16 6.00	1	43	6	33	0.4	5	0.7
12/3/16 7.00	1	66	19	37	0.5	6	0.8
12/3/16 8.00	2	134	57	46	0.5	5	0.8
12/3/16 9.00	2	107	42	42	0.5	13	1.0
12/3/16 10.00	1	40	9	25	0.4	42	0.7
12/3/16 11.00	1	28	5	20	0.3	56	0.5
12/3/16 12.00	1	20	3	15	0.3	68	0.4
12/3/16 13.00	1	19	3	14	0.3	76	0.4
12/3/16 14.00	1	18	3	13	0.3	83	0.4
12/3/16 15.00	0	14	2	11	0.3	86	0.3
12/3/16 16.00	0	16	2	12	0.3	83	0.3
12/3/16 17.00	1	18	3	14	0.3	77	0.4
12/3/16 18.00	1	27	3	22	0.4	56	0.5
12/3/16 19.00	0	37	3	32	0.4	37	0.7
12/3/16 20.00	0	42	3	38	0.6	26	1.0
12/3/16 21.00	0	51	4	46	0.5	18	1.2
12/3/16 22.00	0	19	2	17	0.4	51	0.7
12/3/16 23.00	0	21	2	19	0.4	34	0.7
13/3/16 0.00	0	22	2	19	0.5	35	0.7
13/3/16 1.00	0	25	2	23	0.4	33	0.6
13/3/16 2.00	0	22	1	19	0.4	44	0.6
13/3/16 3.00	0	18	1	16	0.4	44	0.6
13/3/16 4.00	0	20	2	17	0.3	48	0.5
13/3/16 5.00	0	15	1	13	0.4	42	0.5
13/3/16 6.00	0	17	2	14	0.4	31	0.6
13/3/16 7.00	0	20	2	17	0.4	24	0.5
13/3/16 8.00	0	33	3	28	0.4	16	0.6
13/3/16 9.00	0	37	5	30	0.4	15	0.7
13/3/16 10.00	0	35	5	28	0.5	23	1.1
13/3/16 11.00	0	23	4	17	0.4	54	0.8
13/3/16 12.00	0	14	2	10	0.3	75	0.5
13/3/16 13.00	0	11	2	8	0.3	82	0.3
13/3/16 14.00	0	11	2	8	0.3	82	0.3
13/3/16 15.00	0	12	2	9	0.3	75	0.4
13/3/16 16.00	0	13	2	10	0.3	75	0.4
13/3/16 17.00	0	20	3	16	0.4	62	0.5
13/3/16 18.00	0	25	2	21	0.5	49	1.0

13/3/16 19.00	0	38	3	34	0.5	23	1.0
13/3/16 20.00	0	55	4	49	0.5	11	1.0
13/3/16 21.00	0	51	4	46	0.6	12	1.1
13/3/16 22.00	0	40	3	35	0.6	21	1.1
13/3/16 23.00	0	31	2	27	0.5	18	0.8
14/3/16 0.00	0	37	2	33	0.5	11	0.8
14/3/16 1.00	0	35	2	31	0.5	13	0.8
14/3/16 2.00	0	28	2	25	0.4	16	0.7
14/3/16 3.00	0	25	2	23	0.4	17	0.7
14/3/16 4.00	0	31	2	28	0.4	10	0.7
14/3/16 5.00	0	44	8	32	0.5	4	0.7
14/3/16 6.00	0	47	10	31	0.5	4	0.7
14/3/16 7.00	1	89	37	32	0.5	4	0.8
14/3/16 8.00	1	123	57	36	0.6	5	0.9
14/3/16 9.00	0	66	21	34	0.4	24	0.6
14/3/16 10.00	0	33	7	23	0.3	49	0.6
14/3/16 11.00	0	20	3	16	0.3	58	0.6
14/3/16 12.00	0	21	3	16	0.3	59	0.5
14/3/16 13.00	0	19	2	16	0.3	59	0.5
14/3/16 14.00	0	25	4	18	0.3	59	0.5
14/3/16 15.00	1	31	4	25	0.3	49	0.6
14/3/16 16.00	0	22	2	18	0.3	57	0.5
14/3/16 17.00	0	33	5	26	0.4	52	0.6
14/3/16 18.00	0	32	4	27	0.4	45	0.5
14/3/16 19.00	0	41	3	37	0.6	27	0.8
14/3/16 20.00	0	32	3	27	0.4	35	0.8
14/3/16 21.00	0	37	3	32	0.5	19	0.9
14/3/16 22.00	0	37	3	33	0.5	12	0.8
14/3/16 23.00	0	57	10	42	0.5	5	0.8
15/3/16 0.00	0	60	13	41	0.5	8	0.9
15/3/16 1.00	0	42	4	35	0.5	12	0.8
15/3/16 2.00	0	42	3	37	0.5	9	0.8
15/3/16 3.00	0	36	2	33	0.4	14	0.8
15/3/16 4.00	0	38	3	34	0.4	8	0.7
15/3/16 5.00	0	49	7	38	0.4	6	0.7
15/3/16 6.00	1	84	28	42	0.4	4	0.7
15/3/16 7.00	3	191	92	49	0.5	4	0.7
15/3/16 8.00	6	304	160	59	0.6	5	1.0
15/3/16 9.00	3	164	74	50	0.5	12	1.0
15/3/16 10.00	1	60	17	34	0.4	36	0.8
15/3/16 11.00	2	53	11	36	0.4	39	0.7



15/3/16 12.00	3	86	22	52	0.5	32	0.7
15/3/16 13.00	2	76	18	48	0.5	39	1.0
15/3/16 14.00	1	47	6	37	0.4	57	0.6
15/3/16 15.00	2	36	4	30	0.4	67	0.5
15/3/16 16.00	1	45	7	35	0.4	52	0.5
15/3/16 17.00	0	57	7	45	0.4	28	0.7
15/3/16 18.00	1	63	8	50	0.4	24	0.7
15/3/16 19.00	1	53	4	47	0.4	26	0.8
15/3/16 20.00	1	38	2	34	0.4	38	0.7
15/3/16 21.00	0	37	2	34	0.4	35	0.7
15/3/16 22.00	0	25	2	21	0.4	49	0.6
15/3/16 23.00	0	17	2	15	0.3	61	0.5
16/3/16 0.00	0	11	2	9	0.3	80	0.7
16/3/16 1.00	0	9	1	6	0.3	80	0.3
16/3/16 2.00	0	9	1	7	0.3	74	0.3
16/3/16 3.00	0	7	2	5	0.2	78	0.2
16/3/16 4.00	0	8	2	5	0.2	71	0.2
16/3/16 5.00	0	10	2	8	0.2	63	0.2
16/3/16 6.00	0	20	2	17	0.3	42	0.3
16/3/16 7.00	0	37	4	30	0.3	24	0.4
16/3/16 8.00	0	41	6	32	0.4	30	0.5
16/3/16 9.00	0	34	5	26	0.3	38	0.4
16/3/16 10.00	0	36	6	27	0.3	38	0.5
16/3/16 11.00	0	28	4	21	0.3	46	0.3
16/3/16 12.00	0	25	4	19	0.3	52	0.4
16/3/16 13.00	0	26	4	19	0.3	52	0.4
16/3/16 14.00	0	23	4	17	0.3	61	0.4
16/3/16 15.00	0	19	3	14	0.3	61	0.4
16/3/16 16.00	0	22	3	18	0.3	55	0.4
16/3/16 17.00	1	28	4	22	0.3	48	0.5
16/3/16 18.00	0	35	3	31	0.4	31	0.6
16/3/16 19.00	0	44	4	37	0.5	29	1.0
16/3/16 20.00	0	43	4	37	0.5	27	1.0
16/3/16 21.00	0	36	3	31	0.5	22	0.8
16/3/16 22.00	0	33	2	30	0.5	20	1.1
16/3/16 23.00	0	36	2	32	0.5	13	1.0
17/3/16 0.00	0	50	4	44	0.5	6	1.2
17/3/16 1.00	0	54	6	45	0.6	5	1.1
17/3/16 2.00	0	45	4	39	0.6	8	1.1
17/3/16 3.00	0	31	2	28	0.6	18	0.9
17/3/16 4.00	0	31	2	28	0.5	12	0.7

17/3/16 5.00	0	35	3	31	0.5	9	0.7
17/3/16 6.00	0	35	3	31	0.5	8	0.7
17/3/16 7.00	1	85	33	35	0.5	4	0.7
17/3/16 8.00	2	131	62	37	0.5	5	0.9
17/3/16 9.00	3	147	69	42	0.5	9	0.9
17/3/16 10.00	1	70	24	33	0.5	22	0.9
17/3/16 11.00	0	31	6	21	0.5	57	0.6
17/3/16 12.00	1	24	4	18	0.5	65	0.5
17/3/16 13.00	1	19	3	14	0.5	75	0.5
17/3/16 14.00	0	16	3	11	0.5	84	0.4
17/3/16 15.00	1	15	3	11	0.2	85	0.4
17/3/16 16.00	1	16	3	12	0.2	88	0.3
17/3/16 17.00	1	20	3	15	0.3	80	0.3
17/3/16 18.00	1	28	3	23	0.3	62	0.4
17/3/16 19.00	1	38	2	34	0.4	35	0.7
17/3/16 20.00	1	47	4	41	0.5	20	0.8
17/3/16 21.00	1	101	27	60	0.6	5	1.0
17/3/16 22.00	2	137	49	62	0.7	5	1.5
17/3/16 23.00	2	127	44	59	0.7	4	1.5
18/3/16 0.00	2	109	37	53	0.7	5	1.6
18/3/16 1.00	1	76	19	47	0.6	6	1.3
18/3/16 2.00	1	62	12	43	0.5	5	1.0
18/3/16 3.00	1	58	11	41	0.5	5	1.1
18/3/16 4.00	1	61	15	38	0.4	8	1.0
18/3/16 5.00	1	48	9	35	0.3	8	0.7
18/3/16 6.00	1	79	25	40	0.4	4	0.7
18/3/16 7.00	3	172	82	46	0.4	4	0.9
18/3/16 8.00	6	288	148	60	0.5	6	1.0
18/3/16 9.00	3	126	52	46	0.4	17	0.8
18/3/16 10.00	1	55	15	32	0.4	38	0.6
18/3/16 11.00	1	41	8	29	0.3	51	0.6
18/3/16 12.00	2	53	11	36	0.3	52	0.6
18/3/16 13.00	2	55	11	37	0.4	58	0.8
18/3/16 14.00	2	59	12	41	0.4	57	0.6
18/3/16 15.00	3	67	13	47	0.4	53	0.7
18/3/16 16.00	2	39	6	30	0.3	69	0.5
18/3/16 17.00	1	28	3	23	0.3	78	0.4
18/3/16 18.00	1	40	5	32	0.4	56	0.5
18/3/16 19.00	1	82	13	62	0.6	13	1.1
18/3/16 20.00	1	109	27	67	0.6	5	1.3
18/3/16 21.00	2	98	22	64	0.7	6	1.6

18/3/16 22.00	2	123	38	65	0.7	5	1.4
18/3/16 23.00	3	110	32	62	0.7	5	1.6
19/3/16 0.00	2	96	26	56	0.7	4	1.5
19/3/16 1.00	2	87	22	53	0.6	4	1.3
19/3/16 2.00	2	83	23	48	0.6	4	1.2
19/3/16 3.00	1	71	18	44	0.5	5	1.1
19/3/16 4.00	2	56	11	39	0.5	7	0.9
19/3/16 5.00	1	52	9	38	0.4	5	0.8
19/3/16 6.00	2	58	13	37	0.4	5	0.9
19/3/16 7.00	2	104	42	41	0.5	5	1.0
19/3/16 8.00	3	125	53	44	0.5	9	1.1
19/3/16 9.00	3	76	24	39	0.4	22	0.9
19/3/16 10.00	1	41	8	28	0.3	45	0.7
19/3/16 11.00	1	32	6	24	0.3	53	0.6
19/3/16 12.00	1	31	5	22	0.3	66	0.5
19/3/16 13.00	2	28	5	20	0.3	81	0.5
19/3/16 14.00	2	30	5	23	0.4	87	0.4
19/3/16 15.00	1	17	3	13	0.3	109	0.4
19/3/16 16.00	2	16	3	12	0.3	107	0.3
19/3/16 17.00	1	18	2	15	0.3	100	0.3
19/3/16 18.00	1	22	2	19	0.3	86	0.3
19/3/16 19.00	0	30	2	26	0.4	69	0.6
19/3/16 20.00	1	72	10	57	0.7	14	0.9
19/3/16 21.00	2	74	9	60	0.6	20	1.4
19/3/16 22.00	2	56	2	53	0.5	28	1.0
19/3/16 23.00	2	39	2	37	0.5	48	0.8
20/3/16 0.00	1	44	2	41	0.5	30	0.6
20/3/16 1.00	1	48	3	44	0.5	15	0.8
20/3/16 2.00	1	47	5	40	0.5	13	0.9
20/3/16 3.00	1	42	4	36	0.5	13	0.8
20/3/16 4.00	1	40	4	34	0.4	14	0.7
20/3/16 5.00	1	31	2	28	0.4	22	0.6
20/3/16 6.00	1	31	2	28	0.4	19	0.6
20/3/16 7.00	1	43	7	32	0.4	14	0.7
20/3/16 8.00	1	37	7	26	0.5	36	0.9
20/3/16 9.00	1	24	4	18	0.3	67	0.7
20/3/16 10.00	1	14	3	10	0.3	86	0.3
20/3/16 11.00	1	10	2	8	0.2	94	0.2
20/3/16 12.00	1	15	3	11	0.3	92	0.2
20/3/16 13.00	1	12	2	9	0.3	100	0.2
20/3/16 14.00	1	12	2	9	0.3	100	0.2

20/3/16 15.00	1	10	2	8	0.3	106	0.2
20/3/16 16.00	1	9	2	7	0.3	106	0.2
20/3/16 17.00	2	10	2	7	0.3	105	0.2
20/3/16 18.00	2	14	2	11	0.3	88	0.3
20/3/16 19.00	1	25	2	22	0.4	66	0.7
20/3/16 20.00	2	15	2	13	0.3	72	0.4
20/3/16 21.00	2	20	2	18	0.4	59	0.4
20/3/16 22.00	1	27	2	25	0.4	49	0.4
20/3/16 23.00	1	20	2	18	0.3	59	0.5
21/3/16 0.00	1	23	2	21	0.3	45	0.6
21/3/16 1.00	1	49	5	42	0.4	11	0.4
21/3/16 2.00	1	53	7	41	0.4	5	0.6
21/3/16 3.00	1	50	6	41	0.4	6	1.1
21/3/16 4.00	1	69	17	43	0.4	4	1.1
21/3/16 5.00	2	75	20	44	0.4	4	0.8
21/3/16 6.00	2	89	26	49	0.4	5	0.7
21/3/16 7.00	3	143	60	51	0.5	5	1.0
21/3/16 8.00	2	99	38	41	0.4	8	0.8
21/3/16 9.00	2	84	27	42	0.4	13	0.7
21/3/16 10.00	2	58	14	35	0.4	35	0.6
21/3/16 11.00	2	24	3	19	0.3	69	0.4
21/3/16 12.00	2	18	3	13	0.3	83	0.3
21/3/16 13.00	2	14	2	10	0.3	97	0.3
21/3/16 14.00	2	14	2	11	0.3	99	0.2
21/3/16 15.00	1	12	2	9	0.3	104	0.2
21/3/16 16.00	1	13	2	9	0.3	103	0.2
21/3/16 17.00	1	16	3	12	0.3	91	0.2
21/3/16 18.00	0	20	2	17	0.3	80	0.2
21/3/16 19.00	0	36	2	33	0.4	48	0.3
21/3/16 20.00	1	41	2	37	0.4	29	0.6
21/3/16 21.00	1	47	3	43	0.5	21	0.9
21/3/16 22.00	1	43	3	39	0.5	14	0.9
21/3/16 23.00	1	40	2	37	0.5	16	0.8
22/3/16 0.00	1	40	3	36	0.5	16	0.8
22/3/16 1.00	1	43	3	39	0.5	11	0.7
22/3/16 2.00	1	41	2	37	0.4	10	0.8
22/3/16 3.00	1	40	3	35	0.4	8	1.2
22/3/16 4.00	1	41	4	34	0.4	6	0.9
22/3/16 5.00	1	39	4	32	0.4	9	0.9
22/3/16 6.00	2	33	3	28	0.4	16	0.7
22/3/16 7.00	1	38	6	29	0.4	13	0.7

22/3/16 8.00	1	39	6	30	0.4	17	0.7
22/3/16 9.00	1	56	13	36	0.4	13	0.6
22/3/16 10.00	2	51	13	31	0.4	34	0.6
22/3/16 11.00	2	29	5	22	0.4	54	0.5
22/3/16 12.00	1	22	3	17	0.4	71	0.4
22/3/16 13.00	2	20	3	15	0.4	80	0.4
22/3/16 14.00	2	18	3	14	0.3	84	0.3
22/3/16 15.00	2	17	3	12	0.4	89	0.4
22/3/16 16.00	1	17	3	13	0.4	89	0.3
22/3/16 17.00	1	17	2	14	0.3	86	0.3
22/3/16 18.00	1	26	3	21	0.4	77	0.4
22/3/16 19.00	1	22	2	18	0.3	62	0.4
22/3/16 20.00	1	24	2	21	0.4	48	0.4
22/3/16 21.00	1	24	2	21	0.4	53	0.5
22/3/16 22.00	1	19	2	16	0.3	66	0.4
22/3/16 23.00	1	17	2	14	0.3	57	0.3
23/3/16 0.00	1	15	2	12	0.3	50	0.4
23/3/16 1.00	1	14	2	12	0.3	48	0.6
23/3/16 2.00	2	12	2	10	0.3	53	0.4
23/3/16 3.00	2	13	2	11	0.3	50	0.3
23/3/16 4.00	1	13	2	10	0.3	49	0.3
23/3/16 5.00	2	16	2	14	0.3	36	0.3
23/3/16 6.00	1	19	2	16	0.3	31	0.3
23/3/16 7.00	1	21	2	18	0.3	36	0.4
23/3/16 8.00	2	30	4	24	0.3	33	0.3
23/3/16 9.00	1	25	4	18	0.3	49	0.3
23/3/16 10.00	2	24	5	16	0.3	56	0.3
23/3/16 11.00	2	24	5	16	0.3	61	0.3
23/3/16 12.00	2	20	4	13	0.3	69	0.2
23/3/16 13.00	2	16	3	11	0.3	73	0.2
23/3/16 14.00	1	14	3	9	0.3	80	0.2
23/3/16 15.00	2	15	3	10	0.3	82	0.2
23/3/16 16.00	1	14	3	10	0.3	81	0.2
23/3/16 17.00	1	18	3	13	0.3	71	0.2
23/3/16 18.00	1	22	3	18	0.3	62	0.2
23/3/16 19.00	1	23	3	19	0.3	56	0.3
23/3/16 20.00	1	25	3	21	0.3	43	0.3
23/3/16 21.00	1	34	3	29	0.4	25	0.6
23/3/16 22.00	1	30	2	27	0.4	24	0.5
23/3/16 23.00	1	31	2	28	0.4	20	0.4
24/3/16 0.00	1	61	12	43	0.4	5	0.5

24/3/16 1.00	2	60	11	43	0.4	5	0.6
24/3/16 2.00	1	50	7	40	0.4	7	0.6
24/3/16 3.00	1	44	4	37	0.4	9	0.7
24/3/16 4.00	1	41	3	36	0.3	9	0.8
24/3/16 5.00	2	64	15	41	0.3	5	0.6
24/3/16 6.00	3	114	45	45	0.3	5	0.6
24/3/16 7.00	3	137	58	47	0.4	6	0.7
24/3/16 8.00	3	134	55	50	0.4	12	0.8
24/3/16 9.00	2	48	13	29	0.3	48	0.6
24/3/16 10.00	1	25	4	18	0.3	63	0.3
24/3/16 11.00	1	20	4	14	0.3	69	0.2
24/3/16 12.00	1	17	4	11	0.3	79	0.2
24/3/16 13.00	1	15	3	10	0.3	82	0.2
24/3/16 14.00	1	14	3	10	0.3	84	0.2
24/3/16 15.00	1	14	3	10	0.3	86	0.2
24/3/16 16.00	1	14	2	10	0.3	84	0.2
24/3/16 17.00	1	17	3	13	0.3	83	0.2
24/3/16 18.00	0	29	4	23	0.3	60	0.2
24/3/16 19.00	1	41	4	34	0.4	41	0.4
24/3/16 20.00	1	53	5	46	0.5	20	0.7
24/3/16 21.00	2	71	9	56	0.5	10	0.9
24/3/16 22.00	1	52	4	47	0.4	18	0.9
24/3/16 23.00	1	52	3	48	0.4	11	0.8
25/3/16 0.00	1	43	2	39	0.4	18	0.6
25/3/16 1.00	1	33	1	31	0.3	27	0.7
25/3/16 2.00	1	22	2	20	0.3	37	0.5
25/3/16 3.00	1	24	2	22	0.3	36	0.4
25/3/16 4.00	1	22	2	19	0.3	40	0.3
25/3/16 5.00	1	24	2	22	0.3	33	0.3
25/3/16 6.00	1	51	7	40	0.3	11	0.3
25/3/16 7.00	1	57	12	39	0.4	10	0.5
25/3/16 8.00	1	52	11	35	0.4	18	0.6
25/3/16 9.00	1	55	14	34	0.4	27	0.5
25/3/16 10.00	2	38	7	28	0.3	45	0.4
25/3/16 11.00	1	33	7	23	0.3	55	0.3
25/3/16 12.00	2	29	6	20	0.3	65	0.2
25/3/16 13.00	1	22	4	16	0.3	70	0.2
25/3/16 14.00	1	19	3	15	0.2	72	0.2
25/3/16 15.00	1	18	3	13	0.3	82	0.2
25/3/16 16.00	1	16	2	13	0.3	81	0.2
25/3/16 17.00	1	18	2	14	0.3	83	0.3

25/3/16 18.00	1	26	3	22	0.3	74	0.3
25/3/16 19.00	1	43	3	38	0.5	46	0.7
25/3/16 20.00	1	51	3	47	0.5	26	0.8
25/3/16 21.00	1	63	5	56	0.6	10	1.1
25/3/16 22.00	1	69	6	59	0.6	9	1.1
25/3/16 23.00	1	55	2	52	0.5	20	0.9
26/3/16 0.00	1	64	6	55	0.5	8	0.9
26/3/16 1.00	1	65	8	52	0.6	5	1.1
26/3/16 2.00	1	57	7	46	0.5	7	1.0
26/3/16 3.00	0	37	2	33	0.4	15	0.8
26/3/16 4.00	1	33	2	30	0.4	15	0.6
26/3/16 5.00	1	31	2	28	0.3	16	0.5
26/3/16 6.00	1	35	3	31	0.3	12	0.5
26/3/16 7.00	1	46	7	35	0.3	9	0.5
26/3/16 8.00	1	50	10	35	0.4	20	0.6
26/3/16 9.00	2	30	5	23	0.4	44	0.7
26/3/16 10.00	2	22	3	17	0.3	57	0.5
26/3/16 11.00	2	18	3	14	0.3	68	0.4
26/3/16 12.00	2	15	2	12	0.3	81	0.4
26/3/16 13.00	2	15	2	11	0.3	89	0.3
26/3/16 14.00	2	14	2	11	0.3	93	0.3
26/3/16 15.00	2	14	2	11	0.3	96	0.3
26/3/16 16.00	2	16	2	12	0.4	93	0.3
26/3/16 17.00	1	15	2	12	0.4	92	0.3
26/3/16 18.00	1	19	2	16	0.4	78	0.4
26/3/16 19.00	0	37	3	33	0.5	40	0.7
26/3/16 20.00	1	53	4	47	0.5	21	1.1
26/3/16 21.00	1	63	4	57	0.6	11	1.1
26/3/16 22.00	1	47	2	44	0.6	21	1.2
26/3/16 23.00	1	34	2	32	0.5	30	1.0
27/3/16 0.00	1	36	2	33	0.5	25	0.7
27/3/16 1.00	1	42	2	38	0.5	18	0.8
27/3/16 2.00	1	27	1	24	0.4	30	0.7
27/3/16 3.00	1	31	2	28	0.4	18	0.6
27/3/16 4.00	1	34	2	31	0.4	13	0.7
27/3/16 5.00	1	29	2	26	0.4	22	0.7
27/3/16 6.00	1	28	2	25	0.4	21	0.6
27/3/16 7.00	1	35	3	29	0.4	14	0.6
27/3/16 8.00	1	37	5	29	0.4	22	0.7
27/3/16 9.00	1	26	3	22	0.4	37	0.6
27/3/16 10.00	1	24	4	19	0.4	50	0.6

27/3/16 11.00	1	18	3	13	0.4	78	0.4
27/3/16 12.00	1	12	2	9	0.3	96	0.3
27/3/16 13.00	1	17	2	14	0.3	93	0.3
27/3/16 14.00	1	9	2	7	0.3	106	0.1
27/3/16 15.00	1	8	2	6	0.3	105	0.1
27/3/16 16.00	1	8	1	6	0.3	101	0.1
27/3/16 17.00	1	8	2	6	0.3	98	0.1
27/3/16 18.00	1	15	2	12	0.3	88	0.2
27/3/16 19.00	1	16	2	13	0.3	79	0.3
27/3/16 20.00	1	9	2	7	0.3	79	0.1
27/3/16 21.00	1	14	2	12	0.3	66	0.2
27/3/16 22.00	1	21	2	18	0.3	50	0.2
27/3/16 23.00	0	19	2	17	0.4	42	0.3
28/3/16 0.00	1	15	1	13	0.3	46	0.4
28/3/16 1.00	1	14	2	11	0.3	47	0.4
28/3/16 2.00	1	13	2	10	0.3	47	0.4
28/3/16 3.00	1	11	1	9	0.3	52	0.4
28/3/16 4.00	1	11	2	9	0.3	51	0.4
28/3/16 5.00	1	12	2	10	0.3	50	0.4
28/3/16 6.00	1	13	1	11	0.3	47	0.4
28/3/16 7.00	1	14	1	12	0.3	51	0.4
28/3/16 8.00	1	14	2	11	0.3	58	0.3
28/3/16 9.00	1	16	2	13	0.3	56	0.3
28/3/16 10.00	1	19	3	15	0.3	58	0.4
28/3/16 11.00	1	16	2	12	0.3	67	0.4
28/3/16 12.00	1	15	2	11	0.3	67	0.3
28/3/16 13.00	1	15	2	12	0.3	66	0.3
28/3/16 14.00	1	18	3	14	0.4	59	0.3
28/3/16 15.00	1	17	2	14	0.4	53	0.3
28/3/16 16.00	1	17	3	13	0.4	60	0.3
28/3/16 17.00	1	15	2	11	0.4	62	0.4
28/3/16 18.00	1	18	2	15	0.4	50	0.4
28/3/16 19.00	1	25	2	22	0.5	32	0.5
28/3/16 20.00	1	26	2	23	0.5	23	0.8
28/3/16 21.00	1	32	2	29	0.5	12	0.7
28/3/16 22.00	1	73	19	43	0.6	5	0.8
28/3/16 23.00	2	97	35	43	0.7	4	1.0
29/3/16 0.00	1	50	11	33	0.6	6	1.0
29/3/16 1.00	1	29	2	25	0.5	15	0.8
29/3/16 2.00	1	25	2	22	0.4	16	0.5
29/3/16 3.00	1	37	7	27	0.4	6	0.5



29/3/16 4.00	2	64	22	30	0.4	4	0.5
29/3/16 5.00	1	80	30	35	0.4	4	0.5
29/3/16 6.00	2	122	54	40	0.5	4	0.6
29/3/16 7.00	3	153	72	42	0.5	5	0.7
29/3/16 8.00	3	108	42	43	0.5	10	0.7
29/3/16 9.00	2	58	14	36	0.4	28	0.6
29/3/16 10.00	1	26	5	19	0.3	60	0.4
29/3/16 11.00	1	19	4	13	0.3	72	0.3
29/3/16 12.00	1	21	4	15	0.3	74	0.2
29/3/16 13.00	1	29	5	21	0.3	71	0.3
29/3/16 14.00	1	24	4	19	0.3	76	0.2
29/3/16 15.00	1	18	3	14	0.3	83	0.2
29/3/16 16.00	1	19	2	15	0.3	79	0.2
29/3/16 17.00	1	20	3	16	0.3	78	0.2
29/3/16 18.00	1	28	3	23	0.4	56	0.4
29/3/16 19.00	0	43	3	38	0.5	40	0.7
29/3/16 20.00	1	38	2	36	0.4	28	0.5
29/3/16 21.00	1	41	2	38	0.4	24	0.7
29/3/16 22.00	1	69	11	52	0.6	5	0.8
29/3/16 23.00	1	60	7	49	0.5	6	0.8
30/3/16 0.00	1	50	4	44	0.5	9	0.7
30/3/16 1.00	1	36	2	33	0.4	18	0.5
30/3/16 2.00	1	25	2	22	0.4	35	0.4
30/3/16 3.00	1	13	1	10	0.3	63	0.2
30/3/16 4.00	1	14	1	12	0.3	61	0.1
30/3/16 5.00	1	18	2	15	0.3	50	0.1
30/3/16 6.00	1	56	10	40	0.4	13	0.3
30/3/16 7.00	2	90	31	42	0.4	4	0.7
30/3/16 8.00	2	98	36	43	0.5	5	0.9
30/3/16 9.00	3	103	38	45	0.5	7	1.0
30/3/16 10.00	2	97	33	46	0.7	9	0.8
30/3/16 11.00	2	73	18	45	0.5	16	0.7
30/3/16 12.00	2	53	9	39	0.4	23	0.5
30/3/16 13.00	2	30	3	25	0.3	46	0.4
30/3/16 14.00	1	33	4	27	0.3	41	0.4
30/3/16 15.00	1	34	4	28	0.4	41	0.4
30/3/16 16.00	1	32	3	28	0.4	42	0.4
30/3/16 17.00	1	39	3	34	0.4	31	0.4
30/3/16 18.00	1	47	3	43	0.5	19	0.5
30/3/16 19.00	1	74	13	54	0.6	5	1.0
30/3/16 20.00	1	58	8	46	0.6	9	1.0

30/3/16 21.00	1	33	2	30	0.5	24	0.8
30/3/16 22.00	1	29	2	26	0.4	22	0.6
30/3/16 23.00	1	32	3	28	0.5	15	0.6
31/3/16 0.00	1	28	2	25	0.5	12	0.6
31/3/16 1.00	1	30	2	27	0.4	13	0.5
31/3/16 2.00	1	28	2	26	0.4	15	0.4
31/3/16 3.00	1	41	7	30	0.4	5	0.4
31/3/16 4.00	1	56	16	31	0.4	4	0.5
31/3/16 5.00	1	55	17	28	0.4	4	0.5
31/3/16 6.00	2	135	67	33	0.5	4	0.7
31/3/16 7.00	3	180	92	39	0.5	4	0.7
31/3/16 8.00	3	127	58	39	0.5	7	0.7
31/3/16 9.00	3	108	43	43	0.5	15	0.8
31/3/16 10.00	2	39	7	27	0.3	46	0.4
31/3/16 11.00	2	32	6	23	0.4	51	0.3
31/3/16 12.00	2	34	4	27	0.4	51	0.3
31/3/16 13.00	2	41	6	32	0.4	41	0.3
31/3/16 14.00	2	32	5	25	0.3	56	0.3
31/3/16 15.00	1	26	4	20	0.3	57	0.2
31/3/16 16.00	1	27	4	21	0.3	59	0.2
31/3/16 17.00	1	24	3	20	0.3	60	0.3
31/3/16 18.00	1	33	4	27	0.4	41	0.4
31/3/16 19.00	1	45	4	39	0.4	26	0.6
31/3/16 20.00	1	33	2	31	0.4	41	0.5
31/3/16 21.00	1	28	2	25	0.4	43	0.5
31/3/16 22.00	1	25	2	23	0.4	38	0.4
31/3/16 23.00	1	30	2	27	0.4	27	0.4
1/4/16 0.00	1	23	2	20	0.4	31	0.4
1/4/16 1.00	1	23	2	20	0.4	19	0.4
1/4/16 2.00	1	21	2	19	0.3	23	0.4
1/4/16 3.00	1	16	2	13	0.3	40	0.3
1/4/16 4.00	1	13	1	11	0.3	44	0.3
1/4/16 5.00	1	16	2	13	0.3	37	0.3
1/4/16 6.00	1	23	2	20	0.4	27	0.3
1/4/16 7.00	1	27	4	21	0.4	31	0.3
1/4/16 8.00	1	26	3	22	0.3	33	0.3
1/4/16 9.00	1	37	5	29	0.4	25	0.3
1/4/16 10.00	1	30	4	23	0.4	38	0.4
1/4/16 11.00	1	23	3	18	0.3	56	0.3
1/4/16 12.00	1	17	3	13	0.3	72	0.2
1/4/16 13.00	1	13	2	11	0.3	75	0.2

1/4/16 14.00	1	16	2	12	0.3	71	0.2
1/4/16 15.00	1	19	3	14	0.3	68	0.2
1/4/16 16.00	1	16	3	12	0.3	73	0.2
1/4/16 17.00	1	17	2	14	0.3	74	0.2
1/4/16 18.00	1	23	2	20	0.4	59	0.6
1/4/16 19.00	1	31	2	28	0.4	37	0.6
1/4/16 20.00	1	29	2	26	0.4	37	0.6
1/4/16 21.00	1	58	10	44	0.5	9	0.6
1/4/16 22.00	1	63	11	47	0.6	5	0.9
1/4/16 23.00	2	66	12	47	0.6	5	0.9
2/4/16 0.00	2	61	12	42	0.5	4	0.9
2/4/16 1.00	1	43	5	34	0.5	9	0.8
2/4/16 2.00	1	38	4	32	0.5	11	0.7
2/4/16 3.00	1	27	2	24	0.4	17	0.5
2/4/16 4.00	1	26	2	23	0.4	18	0.5
2/4/16 5.00	1	22	2	20	0.4	25	0.4
2/4/16 6.00	1	27	2	23	0.4	25	0.4
2/4/16 7.00	1	23	2	19	0.4	32	0.4
2/4/16 8.00	1	27	3	22	0.4	29	0.4
2/4/16 9.00	1	27	3	22	0.4	34	0.4
2/4/16 10.00	1	24	3	19	0.4	37	0.4
2/4/16 11.00	1	30	5	22	0.4	34	0.4
2/4/16 12.00	1	28	7	17	0.4	51	0.4
2/4/16 13.00	1	17	3	12	0.4	65	0.3
2/4/16 14.00	1	15	3	11	0.4	68	0.3
2/4/16 15.00	1	16	3	12	0.4	68	0.3
2/4/16 16.00	1	18	2	14	0.4	63	0.3
2/4/16 17.00	1	21	2	18	0.4	58	0.3
2/4/16 18.00	1	21	3	17	0.4	62	0.6
2/4/16 19.00	1	20	2	17	0.4	51	0.4
2/4/16 20.00	1	22	2	19	0.3	48	0.3
2/4/16 21.00	1	24	2	21	0.4	35	0.3
2/4/16 22.00	1	29	2	26	0.4	23	0.3
2/4/16 23.00	1	22	2	19	0.4	36	0.4
3/4/16 0.00	1	27	2	25	0.4	20	0.4
3/4/16 1.00	1	36	3	31	0.4	9	0.4
3/4/16 2.00	1	38	4	33	0.4	9	0.4
3/4/16 3.00	1	35	4	29	0.4	8	0.4
3/4/16 4.00	1	29	4	22	0.4	14	0.5
3/4/16 5.00	1	32	6	23	0.4	6	0.5
3/4/16 6.00	1	41	11	25	0.4	6	0.6

3/4/16 7.00	1	32	7	22	0.4	12	0.5
3/4/16 8.00	1	35	8	22	0.4	17	0.6
3/4/16 9.00	1	27	6	18	0.4	25	0.6
3/4/16 10.00	2	23	5	16	0.4	40	0.5
3/4/16 11.00	2	16	3	12	0.4	62	0.4
3/4/16 12.00	2	12	2	9	0.4	86	0.3
3/4/16 13.00	2	10	2	7	0.3	99	0.2
3/4/16 14.00	2	10	2	8	0.3	98	0.2
3/4/16 15.00	2	10	2	7	0.3	98	0.2
3/4/16 16.00	2	10	2	7	0.3	98	0.2
3/4/16 17.00	1	13	2	9	0.3	92	0.2
3/4/16 18.00	1	19	2	15	0.3	71	0.5
3/4/16 19.00	1	20	2	17	0.3	67	0.4
3/4/16 20.00	1	28	2	25	0.4	47	0.7
3/4/16 21.00	1	32	2	29	0.4	47	0.5
3/4/16 22.00	1	25	2	23	0.3	53	0.4
3/4/16 23.00	1	25	2	23	0.3	48	0.4
4/4/16 0.00	1	22	2	20	0.4	45	0.3
4/4/16 1.00	1	20	2	18	0.3	41	0.3
4/4/16 2.00	1	18	1	15	0.3	38	0.3
4/4/16 3.00	1	18	1	15	0.3	38	0.3
4/4/16 4.00	1	15	2	13	0.3	51	0.2
4/4/16 5.00	1	21	2	18	0.3	40	0.3
4/4/16 6.00	1	26	3	21	0.3	35	0.3
4/4/16 7.00	1	30	5	22	0.4	31	0.4
4/4/16 8.00	1	30	4	23	0.4	30	0.3
4/4/16 9.00	1	26	4	20	0.4	36	0.3
4/4/16 10.00	1	30	5	22	0.4	36	0.3
4/4/16 11.00	1	26	5	18	0.3	47	0.4
4/4/16 12.00	1	21	3	15	0.3	54	0.3
4/4/16 13.00	2	19	3	14	0.3	61	0.3
4/4/16 14.00	2	17	3	13	0.3	69	0.3
4/4/16 15.00	2	17	3	12	0.3	76	0.2
4/4/16 16.00	1	16	3	12	0.3	78	0.2
4/4/16 17.00	1	19	3	15	0.3	67	0.2
4/4/16 18.00	1	23	2	20	0.4	50	0.4
4/4/16 19.00	1	36	2	32	0.4	21	0.4
4/4/16 20.00	2	35	2	32	0.4	23	0.5
4/4/16 21.00	2	28	2	25	0.4	33	0.4
4/4/16 22.00	2	20	2	17	0.3	47	0.4
4/4/16 23.00	1	18	2	15	0.3	46	0.3

5/4/16 0.00	2	15	2	13	0.3	46	0.3
5/4/16 1.00	1	13	1	11	0.3	50	0.3
5/4/16 2.00	1	12	2	9	0.3	53	0.2
5/4/16 3.00	2	15	2	12	0.3	48	0.2
5/4/16 4.00	1	13	1	11	0.3	53	0.2
5/4/16 5.00	1	15	2	12	0.3	56	0.2
5/4/16 6.00	2	17	2	14	0.3	51	0.2
5/4/16 7.00	2	28	5	21	0.4	36	0.3
5/4/16 8.00	2	28	4	22	0.4	35	0.3
5/4/16 9.00	1	23	3	19	0.4	37	0.4
5/4/16 10.00	1	23	4	17	0.4	41	0.3
5/4/16 11.00	2	23	3	18	0.4	44	0.4
5/4/16 12.00	2	21	3	16	0.4	47	0.3
5/4/16 13.00	2	20	3	15	0.3	53	0.3
5/4/16 14.00	2	20	3	16	0.3	55	0.3
5/4/16 15.00	2	21	3	16	0.3	59	0.3
5/4/16 16.00	2	25	3	20	0.4	57	0.3
5/4/16 17.00	2	26	3	21	0.4	59	0.3
5/4/16 18.00	1	30	3	25	0.4	48	0.3
5/4/16 19.00	1	33	2	29	0.4	35	0.4
5/4/16 20.00	1	34	2	31	0.4	28	0.5
5/4/16 21.00	2	41	2	38	0.4	16	0.5
5/4/16 22.00	2	52	6	43	0.5	6	0.6
5/4/16 23.00	2	58	9	45	0.5	5	0.8
6/4/16 0.00	2	62	11	44	0.5	4	0.8
6/4/16 1.00	2	70	19	40	0.5	4	0.9
6/4/16 2.00	3	91	35	38	0.5	4	1.0
6/4/16 3.00	3	107	49	31	0.5	5	1.0
6/4/16 4.00	4	125	63	28	0.5	5	1.1
6/4/16 5.00	4	159	83	32	0.6	5	1.1
6/4/16 6.00	5	225	123	36	0.6	5	1.2
6/4/16 7.00	5	218	115	42	0.6	5	1.2
6/4/16 8.00	4	132	62	37	0.5	9	0.9
6/4/16 9.00	3	75	27	34	0.5	22	0.7
6/4/16 10.00	3	45	11	28	0.4	38	0.6
6/4/16 11.00	3	44	11	27	0.4	46	0.5
6/4/16 12.00	3	24	4	18	0.4	65	0.4
6/4/16 13.00	3	26	3	20	0.4	69	0.4
6/4/16 14.00	3	26	3	20	0.4	75	0.4
6/4/16 15.00	2	21	3	17	0.4	87	0.4
6/4/16 16.00	2	24	3	19	0.4	85	0.3

6/4/16 17.00	2	24	3	20	0.4	80	0.4
6/4/16 18.00	2	30	3	26	0.4	64	0.5
6/4/16 19.00	2	32	2	28	0.4	49	0.6
6/4/16 20.00	1	48	4	42	0.5	20	0.8
6/4/16 21.00	1	54	4	47	0.6	11	0.7
6/4/16 22.00	2	46	3	41	0.5	13	0.8
6/4/16 23.00	2	37	2	34	0.5	21	0.6

## Allegato 2 - Dati Giornalieri

Data	PM10
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
2/3/16	32
3/3/16	16
4/3/16	37
5/3/16	14
6/3/16	30
7/3/16	32
8/3/16	32
9/3/16	32
10/3/16	45
11/3/16	41
12/3/16	45
13/3/16	29
14/3/16	32
15/3/16	43
16/3/16	20
17/3/16	38
18/3/16	43
19/3/16	35
20/3/16	25
21/3/16	39
22/3/16	54
23/3/16	40
24/3/16	38
25/3/16	44
26/3/16	60
27/3/16	44

<b>28/3/16</b>	<b>41</b>
<b>29/3/16</b>	<b>34</b>
<b>30/3/16</b>	<b>35</b>
<b>31/3/16</b>	<b>42</b>
<b>1/4/16</b>	<b>51</b>
<b>2/4/16</b>	<b>65</b>
<b>3/4/16</b>	<b>42</b>
<b>4/4/16</b>	<b>49</b>
<b>5/4/16</b>	<b>63</b>
<b>6/4/16</b>	<b>80</b>



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)