

CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

COMUNE DI GAZOLDO DEGLI IPPOLITI

15 novembre 2017 – 3 gennaio 2018



Campagna di Misura della Qualità dell'Aria

COMUNE DI GAZOLDO DEGLI IPPOLITI

Gestione e manutenzione tecnica della strumentazione:

Lorenzo Mari

Testo ed elaborazione dei dati:

Giorgio Siliprandi, Paola Carli

Ha inoltre collaborato:

Umberto dal Santo, Eleonora Cuccia

Visto

Il Responsabile del CRMQA

Vorne Gianelle

Campagna di Misura della Qualità dell’Aria

COMUNE DI GAZOLDO DEGLI IPPOLITI

Sommario

Introduzione	4
I principali inquinanti atmosferici	4
Normativa	6
Misure e strumentazione	7
Sito di misura	7
Emissioni sul territorio	10
Situazione meteorologica nel periodo di misura	14
Andamento del PM10	19
Analisi sul particolato	25
Conclusioni	28
Allegati	29

Introduzione

In seguito alla richiesta del Comune di Gazoldo degli Ippoliti, del 06/02/2017, di effettuare una campagna di monitoraggio della qualità dell'aria nel periodo invernale, per le problematiche connesse all'utilizzo di biomasse come combustibile nel proprio comune, il CRMQA (Centro Regionale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria) di ARPA Lombardia ha eseguito un monitoraggio del PM10 dal 15 novembre 2017 al 3 gennaio 2018. Considerando l'obiettivo della campagna si è proceduto alle analisi di speciazione sui filtri di PM10 relativi al periodo dal 25 novembre 2017 al 3 gennaio 2018.

Il sito di misura, concordato col Comune, è stato individuato nel cortile delle scuole elementari verso piazza Papa Giovanni Paolo II in località Borgo Bilancetto. Per le sue caratteristiche, il sito può essere considerato rappresentativo dell'intero abitato.

I principali inquinanti atmosferici

Gli inquinanti che si trovano dispersi in atmosfera possono essere divisi schematicamente in due gruppi: inquinanti primari e inquinanti 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 siano esse 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 del particolato atmosferico e degli inquinanti ad esso collegati.

Il particolato atmosferico aerodisperso

È costituito da una miscela di particelle allo stato solido o liquido, esclusa l'acqua, presenti in sospensione nell'aria per tempi sufficientemente lunghi da subire fenomeni di diffusione e trasporto. Tali particelle possono avere diverse caratteristiche chimico-fisiche e diverse dimensioni. Esse possono essere di origine primaria, cioè emesse direttamente in atmosfera da processi naturali o antropici, o secondaria, cioè formate in atmosfera a seguito di reazioni chimiche e fisiche. Le principali sorgenti naturali sono l'erosione e il successivo risollevarsi di polvere del suolo, incendi, pollini, spray marino, eruzioni vulcaniche; le sorgenti antropiche si possono ricondurre principalmente a processi di combustione (traffico autoveicolare, uso di combustibili, emissioni industriali); non vanno tuttavia trascurati i fenomeni di risospensione causati dalla circolazione dei veicoli, le attività di cantiere e alcune attività agricole.

La composizione delle particelle aerodisperse può essere molto varia; infatti si ha la presenza di particelle organiche primarie di vario tipo, particelle minerali cristalline, particelle metalliche, particelle biologiche; in atmosfera, a partire da precursori e inquinanti gassosi si ha la formazione di particelle secondarie, sia organiche che inorganiche. 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.

Partendo dalla definizione di particella, ovvero un aggregato di molecole, anche eterogenee, in grado di mantenere le proprie caratteristiche fisiche e chimiche per un tempo sufficientemente lungo da poterle osservare e tale da consentire alle stesse di partecipare a processi fisici e/o chimici come entità a sé stanti, va sottolineato che esse possono avere dimensioni che variano anche di 5 ordini di grandezza (da 10 nm a 100 µm), così come forme diverse 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 maggiore 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 è stato quindi necessario definire un 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.

Fatte le dovute premesse, considerata la normativa tecnica 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% a 10 µm (diametro aerodinamico). In modo del tutto analogo viene definito il PM2.5 (UNI EN12341/2014).

La legislazione europea e nazionale ha definito un valore limite sulle medie annuali per il PM10 e per il PM2.5. Per il solo PM10 è definito anche un valore limite sulla concentrazione giornaliera.

Gli idrocarburi non metanici

Si tratta di una classe di composti organici, ovvero costituiti da carbonio tetravalente e idrogeno, molto ampia; infatti, gli atomi di carbonio possono legarsi tra loro formando lunghe catene dette alcani se il legame tra gli atomi di carbonio è singolo (C-C), alcheni se il legame è doppio (C=C), alchini se il legame è triplo (C≡C). Le catene di carbonio e idrogeno possono anche chiudersi dando origine all'insieme degli idrocarburi ciclici. Al fine della qualità dell'aria, sono da evidenziarsi per il loro impatto sanitario l'insieme degli idrocarburi ciclici e policiclici aromatici (IPA), ovvero idrocarburi aventi la struttura molecolare planare costituita da uno o più anelli di 6 atomi di carbonio e con atomi di idrogeno che saturano i legami rimasti disponibili. I principali idrocarburi considerati nel campo dell'inquinamento atmosferico sono il benzene, il toluene, gli xileni (orto-, para- e meta-xilene) presenti in atmosfera in fase gassosa e i 7 IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) citati dalla normativa (D.L. 155/10): benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, benzo(j)fluorantene, benzo(k)fluorantene, indeno(1,2,3-cd)pirene, dibenzo(a,h)antracene.

Gli idrocarburi, insieme agli ossidi di azoto costituiscono i "precursori" dell'ozono troposferico.

La loro origine è associata in particolare alla diffusione dei veicoli a combustione interna. Derivano sia da fenomeni di evaporazione del combustibile (vani motore e serbatoi, stoccaggio e movimentazione di prodotti petroliferi) che dai processi incompleti di combustione. Una parte di idrocarburi sono associabili a diverse attività industriali (produzione ed utilizzo di vernici e solventi, lavorazione materie plastiche, fonderie, acciaierie, ...). Un'ulteriore importante sorgente di IPA è costituita dalla combustione di biomasse di origine legnosa, segnatamente in impianti domestici.

Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** 1 sono riassunte le principali sorgenti di emissione di ognuno dei principali inquinanti atmosferici.

Tabella 1 – Sorgenti emissive dei principali inquinanti

Inquinanti		Principali sorgenti di emissione
Particolato atmosferico */**	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.
	PM2.5	
Idrocarburi non metanici*/** IPA*, Benzene*		Traffico autoveicolare (processi di combustione incompleta, in particolare di combustibili derivati dal petrolio), evaporazione dei carburanti, processi industriali, combustioni di biomasse.

* = 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 155 del 13/08/2010 ha recepito la Direttiva Europea 2008/50/CE, ha abrogato 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 sua concentrazione, fissato in base alle conoscenze disponibili 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 moderare tali effetti nocivi da conseguire, possibilmente, entro una data stabilita.

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

La soglia di allarme e la soglia di informazione sono le concentrazioni dell'inquinante oltre le quali sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata rispettivamente per la popolazione nel suo complesso e per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione.

La Tabella 2 riassume i limiti previsti dalla normativa per i diversi inquinanti considerati.

Nonostante, per taluni inquinanti, non sia possibile esprimersi formalmente sul rispetto o sul superamento di valori limite/obiettivo con campagne di breve durata, essendo tali limiti riferiti a medie annuali, nondimeno il confronto tra quanto rilevato durante la campagna e quanto misurato con continuità da anni nelle diverse postazioni fisse della RRQA consente di valutare le differenze tra i siti e quindi di stimare la probabilità di superamento anche dei valori limite annuali.

Tabella 2 - Valori limite delle concentrazioni in aria dei principali inquinanti atmosferici

Particolato PM ₁₀	Valore Limite (µg/m ³)		Periodo di media
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 35 volte per anno civile)	50	24 ore
	Valore limite protezione salute umana	40	Anno civile
Idrocarburi non Metanici	Valore Limite		Periodo di media
Benzene	Valore limite	5 µg/m ³	Anno civile
Benzo(a)Pirene	Valore obiettivo	1 ng/m ³	Anno civile

Misure e strumentazione

Le misure sono state effettuate mediante un campionatore sequenziale di particolato atmosferico, dotato di apposita testa di prelievo per la frazione PM₁₀. La concentrazione in massa del particolato atmosferico, raccolto su opportuni filtri, è stata successivamente determinata mediante metodo gravimetrico, descritto nella norma UNI EN 12341:2014 e indicato come riferimento dalla legislazione vigente (D. Lgs. 155/2010).

Sul particolato raccolto sono state eseguite analisi mediante un analizzatore a Fluorescenza a Raggi X (XRF) che permette di valutare quantitativamente la composizione del particolato depositato su filtro per quanto riguarda le concentrazioni dei seguenti elementi: alluminio (Al), silicio (Si), zolfo (S), cloro (Cl), potassio (K), calcio (Ca), titanio (Ti), vanadio (V), cromo (Cr), manganese (Mn), ferro (Fe), nichel (Ni), rame (Cu), zinco (Zn), bromo (Br), rubidio (Rb) e piombo (Pb). Inoltre sono state eseguite analisi mediante cromatografia ionica per la determinazione di cationi e analisi in HPLC per la determinazione di idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Sito di misura

Il comune di Gazoldo degli Ippoliti si estende su una superficie di 12.9 km², è posto a circa 35 m sul livello del mare e ha una popolazione di 2970 abitanti (al 31/12/2017 – ISTAT). È situato al centro della pianura Padana, nel territorio compreso tra gli alvei dei fiumi Oglio e Mincio. L'abitato di Gazoldo è attraversato dalla via Postumia che costituisce una delle due direttrici per il traffico veicolare insieme alla SP1.

La zonizzazione del territorio regionale prevista dal D.Lgs. 155 del 13 agosto 2010, recepita da Regione Lombardia con la DGR 2605/2011, pone il territorio di Gazoldo degli Ippoliti all'interno della zona B, pianura, caratterizzata da densità abitativa intermedia, con elevata presenza di attività agricole e di allevamento, non trascurabile densità di emissioni di particolato e ossidi di azoto, alta densità di emissione di ammoniaca e situazione meteorologica generalmente avversa alla dispersione degli inquinanti, con presenza di lunghi periodi di stabilità atmosferica e frequenti casi di inversione termica.

L'abitato di Gazoldo degli Ippoliti risulta mediamente antropizzato ed ospita, nella sua parte settentrionale, la sede principale della ditta Marcegaglia.

Per la scelta del sito di misura è necessario tenere conto prima di tutto degli obiettivi della campagna insieme ai requisiti di rappresentatività, per gli inquinanti da monitorare, nonché delle necessità logistiche e di sicurezza.

In particolare, in riferimento all'ubicazione su microscala del punto di monitoraggio, nell'Allegato III del D. Lgs. 155/2010 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.

In Figura 1 si riporta la localizzazione di Gazoldo degli Ippoliti all'interno della provincia di Mantova mentre in Figura 3 si riporta il posizionamento del campionatore rispetto all'abitato del Comune (coordinate: 45°11'46.5" Nord e 10°34'37.0" Est).

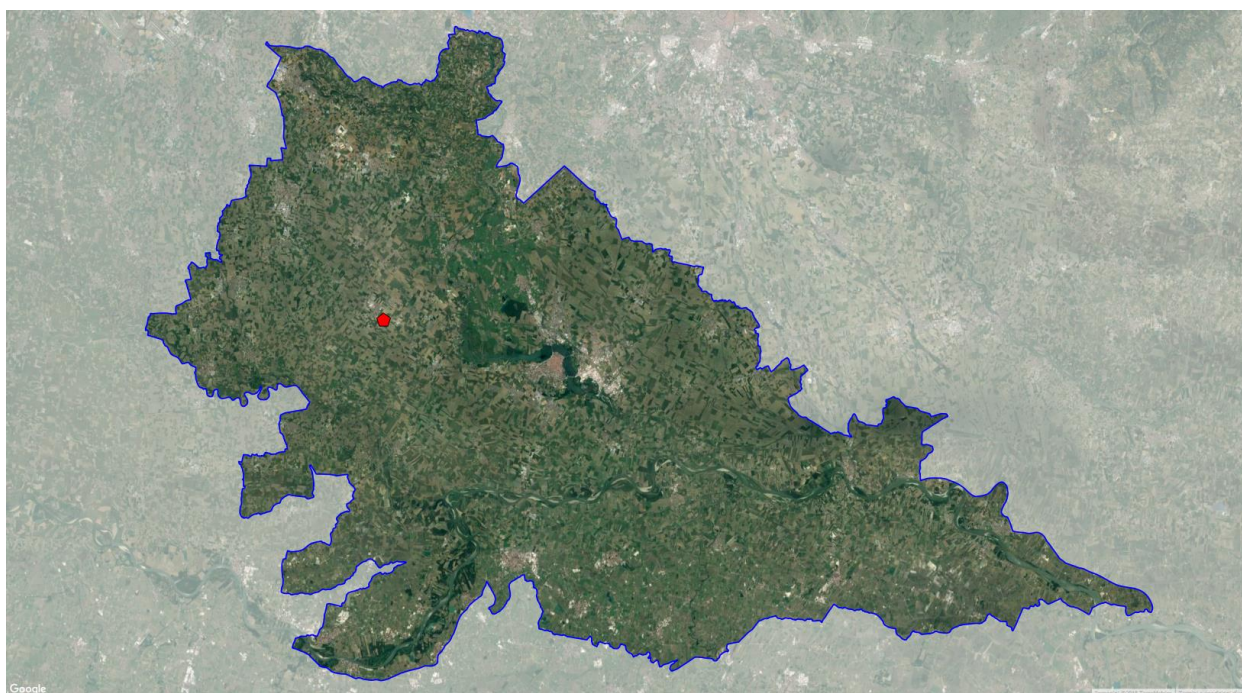


Figura 1 – localizzazione del sito di misura in riferimento alla provincia di Mantova



Figura 2 – localizzazione del sito di misura in riferimento ai comuni limitrofi.



Figura 3 - dettaglio del posizionamento del campionatore rispetto all'abitato del Comune di Gazoldo degli Ippoliti.



Figura 4 – dettaglio localizzazione punto di misura



Figura 5 – sito di campionamento a Gazoldo degli Ippoliti

Emissioni sul territorio

Per la stima delle principali sorgenti emissive sul territorio comunale di Gazoldo degli Ippoliti è stato utilizzato l'inventario regionale delle emissioni, INEMAR (INventario EMissioni ARia) nella sua versione più recente *"Emissioni in Lombardia nel 2014 - dati per revisione pubblica"*.

(<http://inemar.arpalombardia.it/inemar/webdata/main.seam>).

Occorre precisare che l'inventario attribuisce le emissioni al comune corrispondente all'ingresso principale di un impianto produttivo anche nel caso che l'impianto insista per lo più nel comune adiacente.

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 sistema della stima delle emissioni è in continuo miglioramento, potenziamento e correzione.

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

Per ciascun macrosettore sono presi in considerazione diversi inquinanti: sia quelli che fanno riferimento alla salute, sia quelli per i quali è posta particolare attenzione in quanto considerati gas ad effetto serra.

Nel seguito verranno considerati solo gli inquinanti di interesse per la presente campagna:

- Particolato atmosferico (PM10)
- Benzo(a)Pirene
- Ammoniaca

Maggiori informazioni, i dati relativi a tutti gli inquinanti e una descrizione più dettagliata in merito all'inventario regionale possono essere recuperati sullo specifico sito web al seguente indirizzo Internet: <http://inemar.arpalombardia.it/inemar/webdata/main.seam>.

Considerando l'orografia territoriale della pianura padana e le condizioni meteorologiche mediamente presenti su di essa viene definita un'area intorno al punto di monitoraggio, denominata "bacino aerografico", che comprende Gazoldo degli Ippoliti e l'insieme dei comuni che distano dai suoi confini fino a 20 km circa. La stima dei possibili contributi emissivi della porzione di territorio individuata viene confrontata con quanto stimato a livello regionale per valutarne l'incidenza e le eventuali criticità della zona. Il bacino aerografico considerato (Figura 6), interessa complessivamente 43 comuni per una superficie di circa 1279 Km² ed una popolazione di circa 237000 abitanti (fonte ISTAT) ed è evidenziato in giallo in Figura 6 rispetto alla porzione settentrionale della provincia di Mantova. Oltre al comune di Gazoldo degli Ippoliti sono considerati appartenenti al suo bacino aerografico i comuni di Acquafredda, Carpenedolo, Fiesse e Remedello in provincia di Brescia, i comuni di Calvatone, Casteldidone, Drizzona, Piadena, Rivarolo del Re ed Uniti, San Giovanni in Croce, Spineda e Tornata in provincia di Cremona, i comuni di Acquanegra sul Chiese, Asola, Bozzolo, Canneto sull'Oglio, Casalmoro, Casaloldo, Casalromano, Castel Goffredo, Castellucchio, Cavriana, Ceresara, Commessaggio, Curtatone, Gazzuolo, Goito, Guidizzolo, Mantova, Marcaria, Mariana Mantovana, Marmirolo, Medole, Piubega, Porto Mantovano, Redondesco, Rivarolo Mantovano, Rodigo, Roverbella, San Martino dall'Argine, Solferino e Volta Mantovana in provincia di Mantova.

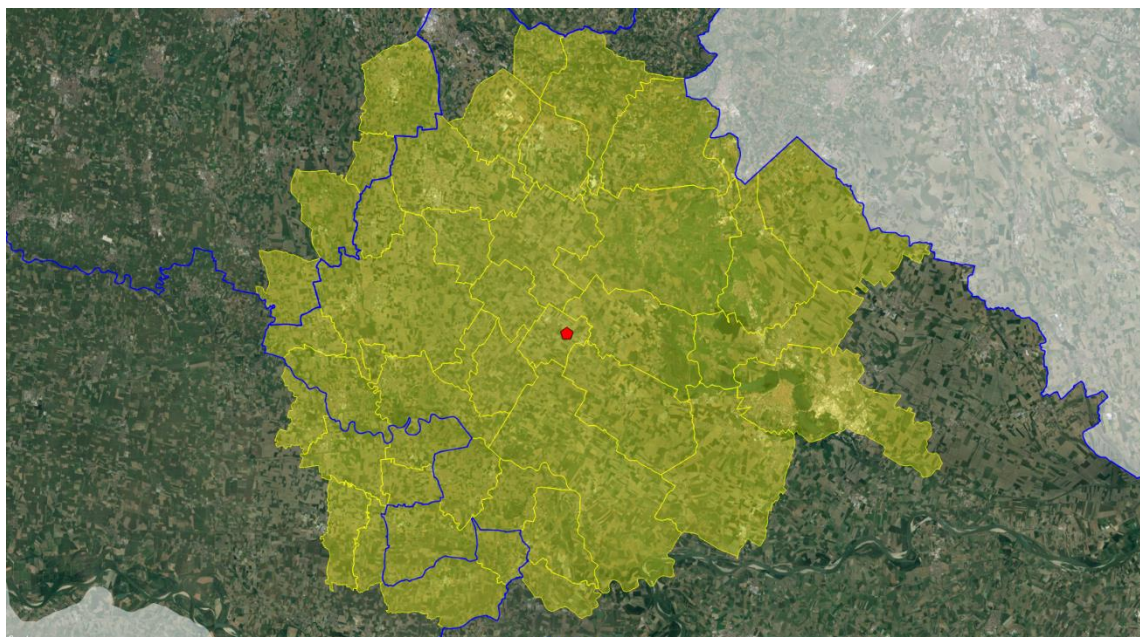


Figura 6 - bacino aerografico stimato per il comune di Gazoldo degli Ippoliti

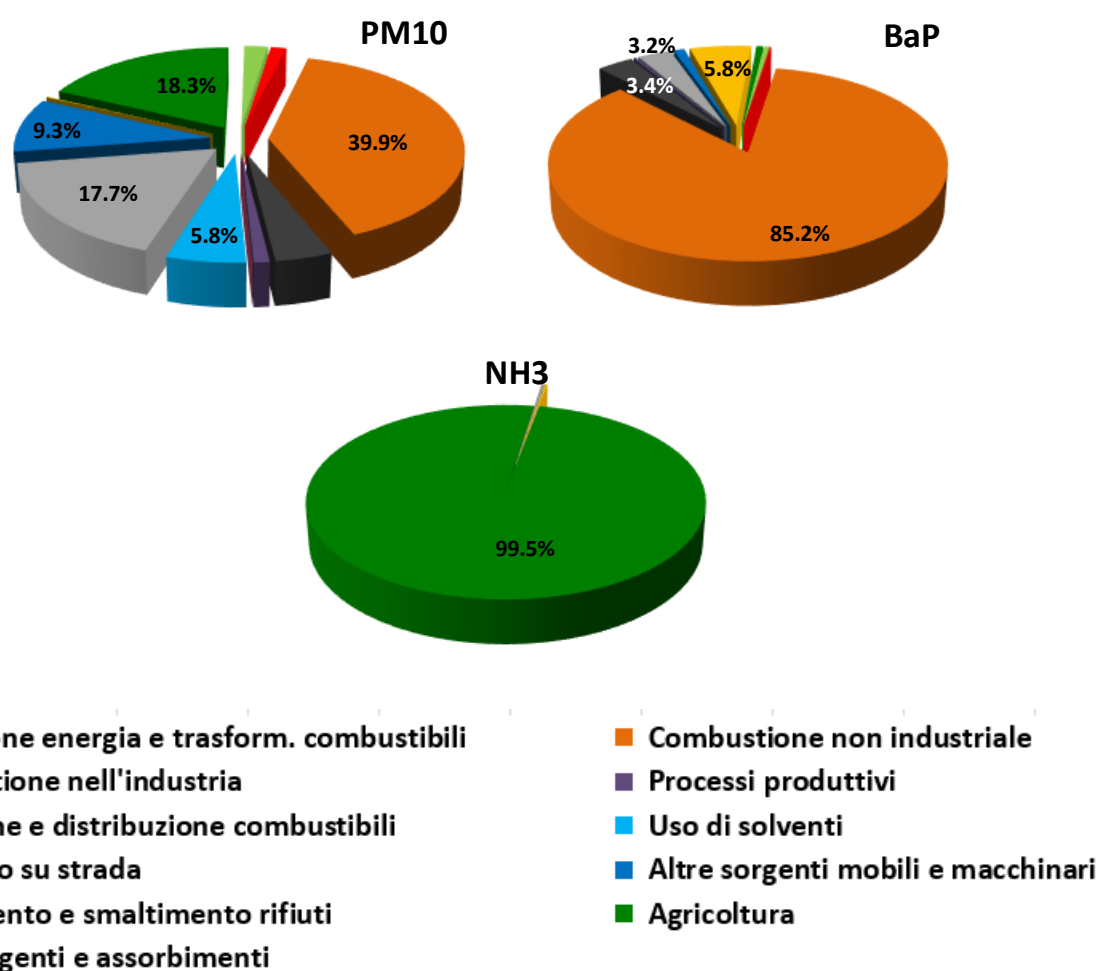


Figura 7 – ripartizione percentuale carico emissivo nel bacino aerografico di Gazoldo degli Ippoliti

Dalla Figura 7 emerge come nel bacino aerografico di Gazoldo degli Ippoliti la combustione non industriale sia la sorgente principale di PM10 e soprattutto del B(a)P. Sorgenti significative per il PM10 primario sono anche agricoltura e trasporto su strada. L'agricoltura risulta essere la principale e praticamente unica sorgente di ammoniaca.

Un confronto tra le emissioni del bacino aerografico e la Lombardia può essere fatto rapportando la quantità di sostanze emesse con la relativa superficie o il corrispettivo numero di abitanti ovvero calcolando le cosiddette emissioni specifiche. Ciò si rende necessario per poter confrontare le pressioni antropiche su territori di dimensione e popolazione differenti. Il risultato di questa normalizzazione può presentare apparenti contraddizioni che derivano essenzialmente dalla diversa densità abitativa dei territori presi in considerazione.

Il carico emissivo specifico del bacino aerografico di Gazoldo degli Ippoliti, valutato sia in relazione all'estensione territoriale che in relazione alla popolazione residente, confrontato con quello dell'intera regione Lombardia, mette in evidenza un territorio ad elevata vocazione agricola, con un carico emissivo specifico (carico emissivo per unità di superficie o per unità di popolazione) per questa sorgente superiore a quelle medio regionale (cfr. Figura 8). Per gli altri inquinanti primari qui considerati la pressione antropica subita dal bacino aerografico di Gazoldo è equivalente a quella media del territorio regionale.

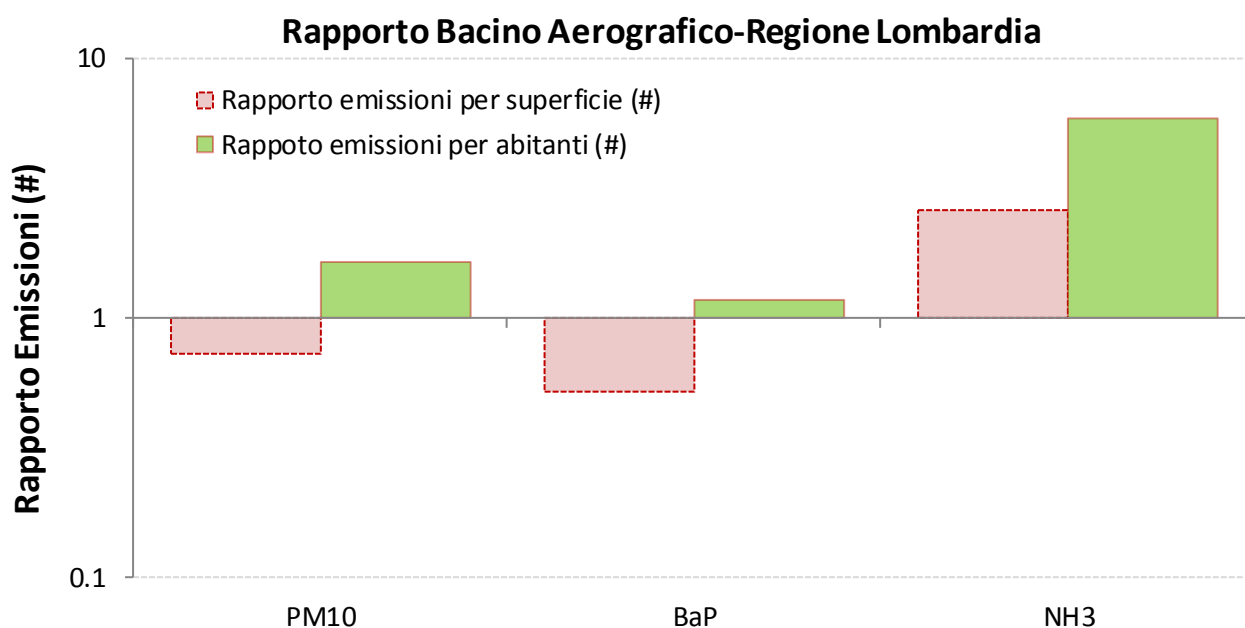


Figura 8 – Confronto tra bacino aerografico e Lombardia relativamente alle emissioni specifiche per abitante e per unità di superficie

È fondamentale sottolineare che le stime attribuite dall'inventario INEMAR non sono sufficienti 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 Gazoldo degli Ippoliti. L'inventario delle emissioni, inoltre, per sua natura non può tener conto degli inquinanti di natura secondaria.

Situazione meteorologica nel periodo di misura

I livelli degli inquinanti atmosferici in un sito dipendono dalla quantità e dalle modalità di emissione degli inquinanti stessi nell'area, ma le condizioni meteorologiche, che influiscono sia sulle condizioni di dispersione e di accumulo degli inquinanti sia sulla formazione di alcune sostanze nell'atmosfera stessa, ne determinano compiutamente le concentrazioni. È pertanto importante che i livelli di concentrazione osservati 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 rilevate a partire dalle stazioni meteorologiche più vicine a Gazoldo degli Ippoliti (Asola, Goito e Mantova):

- Temperatura (°C) e precipitazione (mm)
- Pressione (hPa), umidità relativa (%) e umidità assoluta (g/cm³)
- Radiazione solare globale e netta (W/m²)
- Velocità (m/s) e direzione (gradi) del vento

Dalle Figure da 9 a 18 sono riportati gli andamenti dei parametri meteorologici durante il periodo di misura. I valori giornalieri di temperatura registrati mostrano limitate variazioni durante la campagna di misura. In talune giornate, anche le variazioni giornaliere della temperatura appaiono limitate. L'andamento della radiazione solare, in particolare della massima giornaliera incidente, testimonia il passaggio di numerosi fronti perturbati non sempre accompagnati da precipitazioni. Significative le piogge del giorno 11 dicembre, piogge non particolarmente intense ma proseguite per quasi tutta la giornata. Anche gli altri eventi piovosi sono stati caratterizzati più dalla durata che dall'intensità.

A dispetto del frequente passaggio di fronti perturbati, è possibile notare comunque la presenza di periodi favorevoli al rafforzamento del campo barico. Come si vedrà tali condizioni risultano le più favorevoli all'accumulo e alla mancata dispersione del particolato atmosferico. Le giornate maggiormente favorevoli alla dispersione del particolato sono invece quelle caratterizzate da regime anemologico più vivace.

La direzione dominante del vento risulta essere quella dal quadrante occidentale, tuttavia in occasione degli eventi di rinforzo, venti più intensi risultano provenire dal quadrante orientale.

Complessivamente le caratteristiche meteorologiche complessive del periodo della campagna non sono risultate anomale e pertanto le concentrazioni rilevate possono ritenersi rappresentative di un tipico periodo invernale.

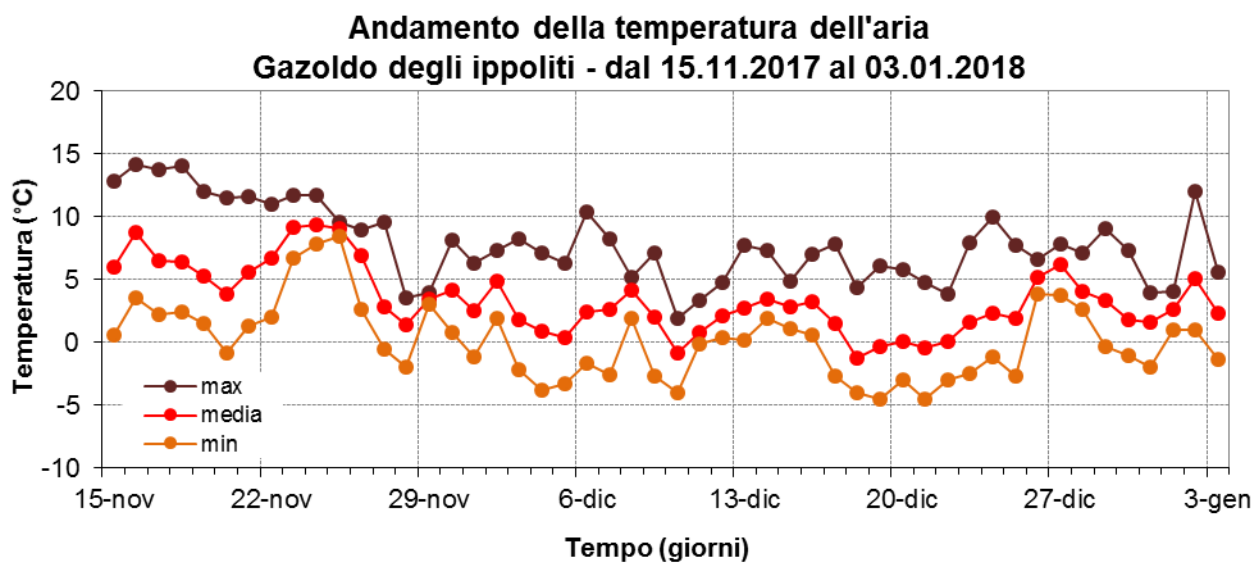


figura 9 – andamento giornaliero della temperatura durante la campagna di misura

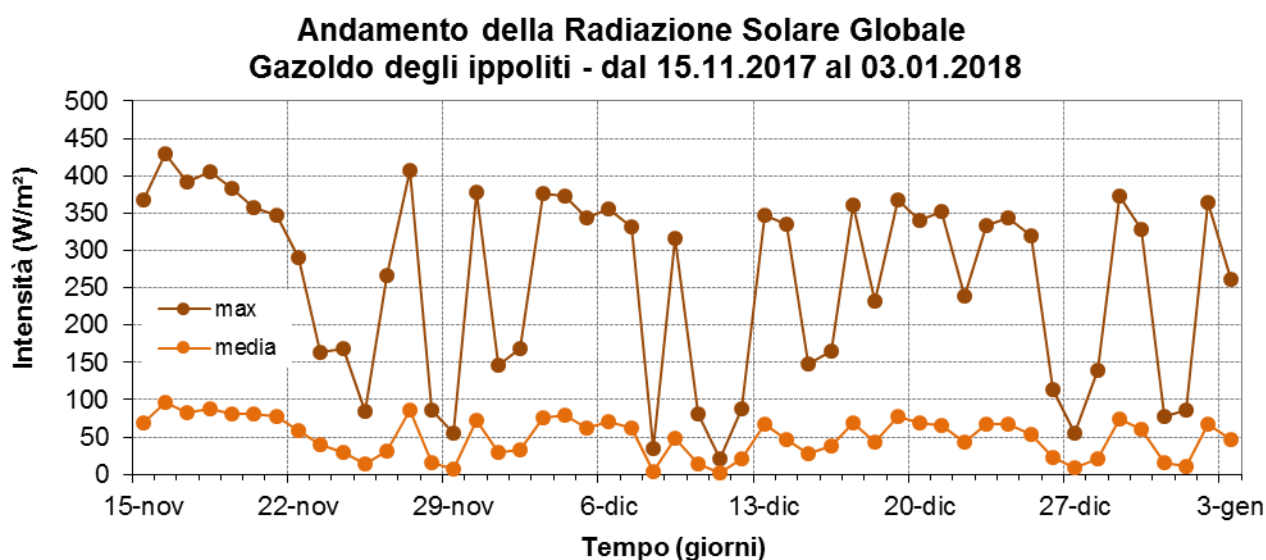


figura 10 – andamento giornaliero della radiazione solare globale durante la campagna di misura

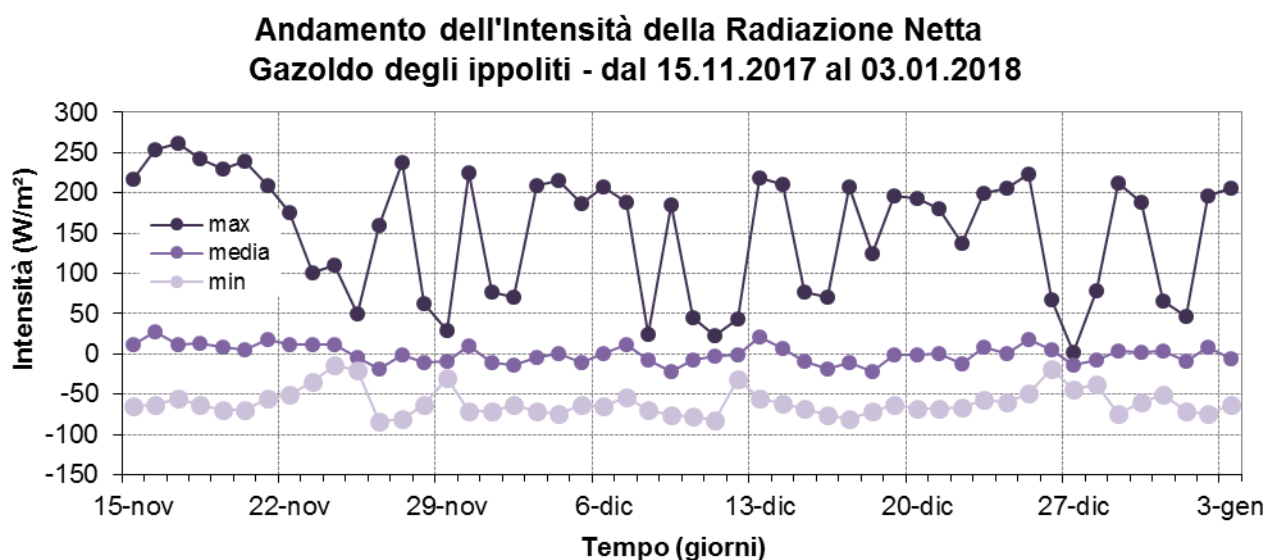


figura 11 – andamento giornaliero della radiazione solare netta durante la campagna di misura

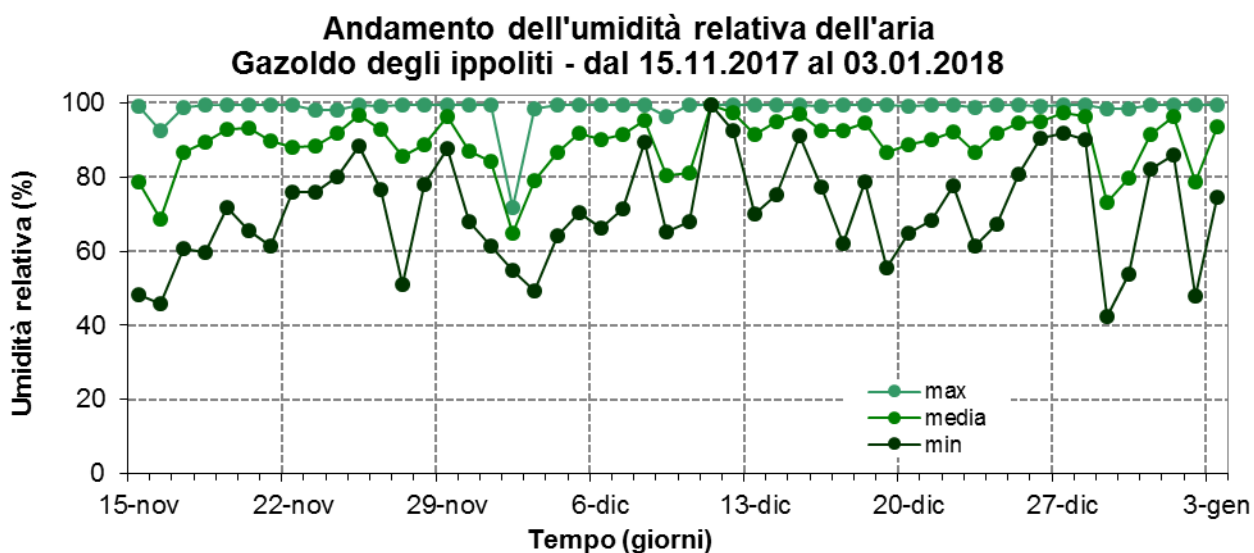


Figura 12 – andamento giornaliero della umidità relativa durante la campagna di misura

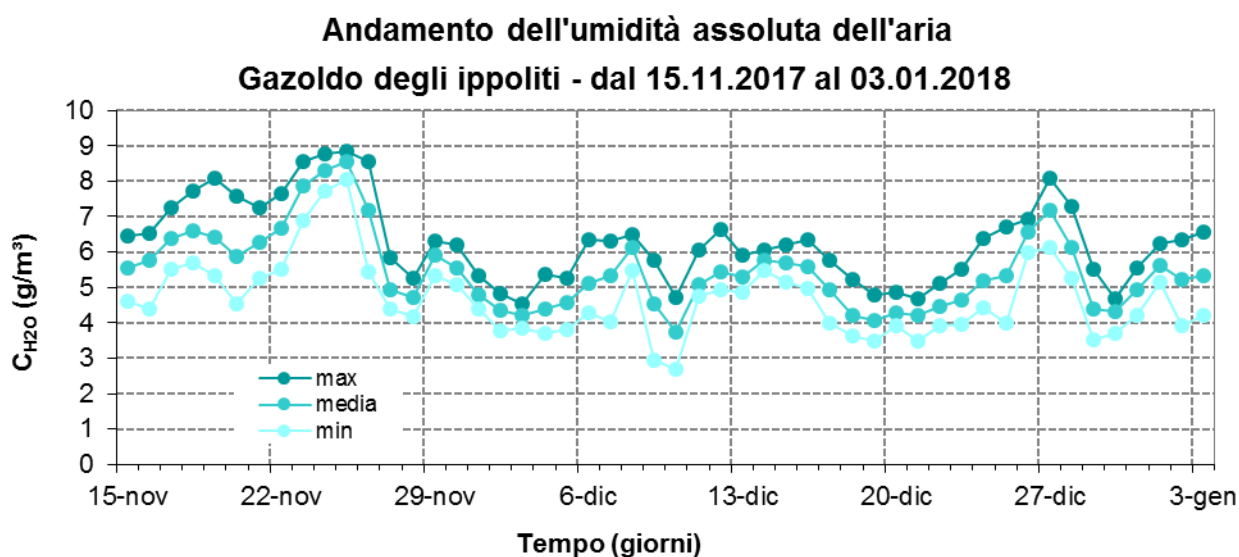


figura 13 – andamento giornaliero della umidità assoluta durante la campagna di misura

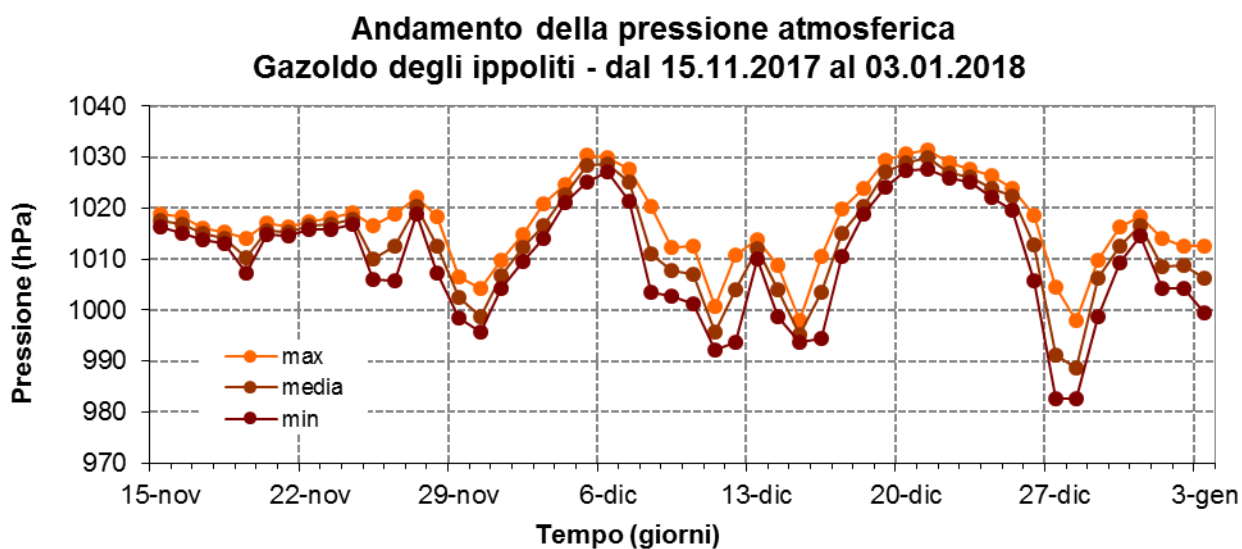


Figura 14 – andamento orario della pressione atmosferica durante la campagna di misura

Andamento delle precipitazioni Gazoldo degli ippoliti - dal 15.11.2017 al 03.01.2018

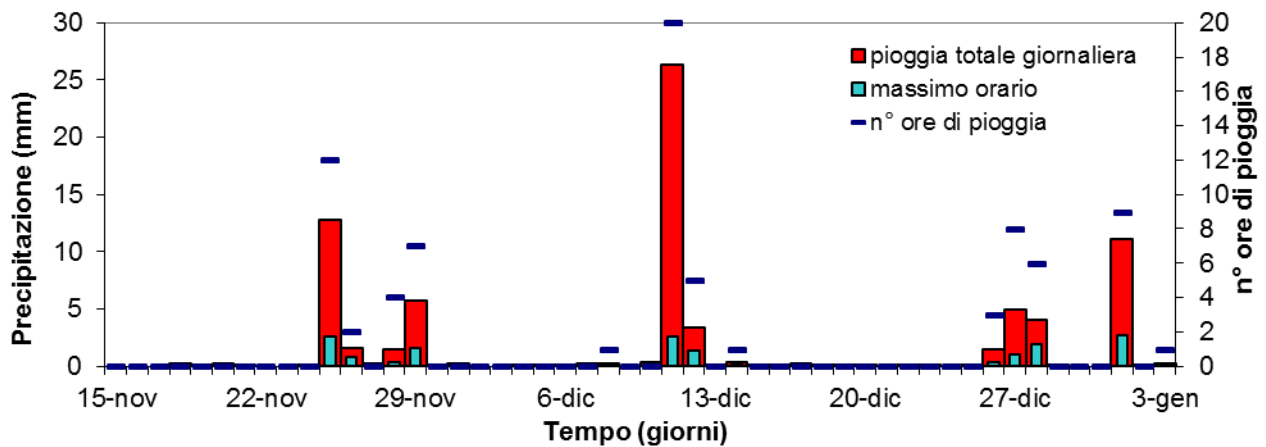


figura 15 – andamento giornaliero delle precipitazioni durante la campagna di misura

Andamento della velocità del vento Gazoldo degli ippoliti - dal 15.11.2017 al 03.01.2018

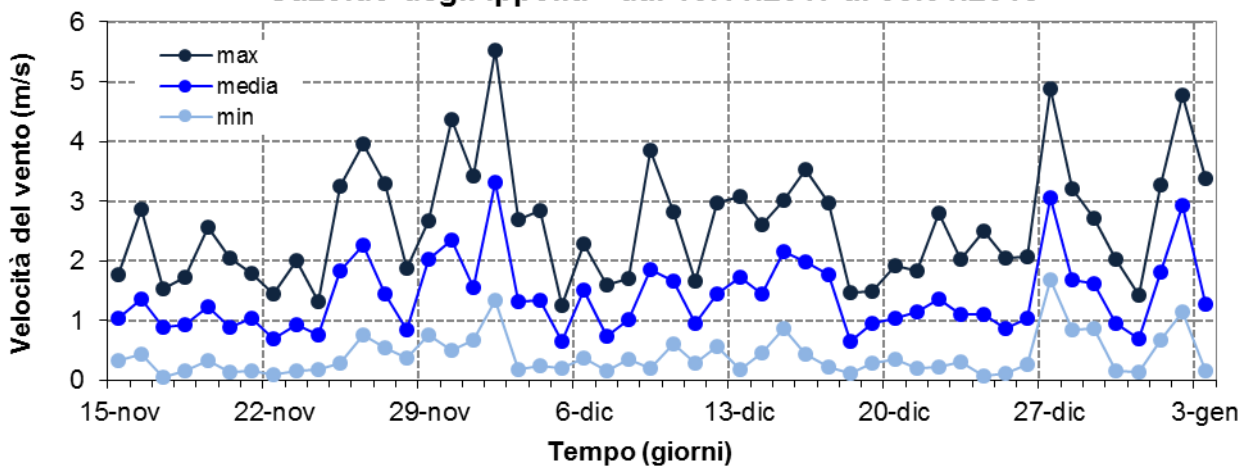


figura 16 – andamento giornaliero della velocità del vento durante la campagna di misura

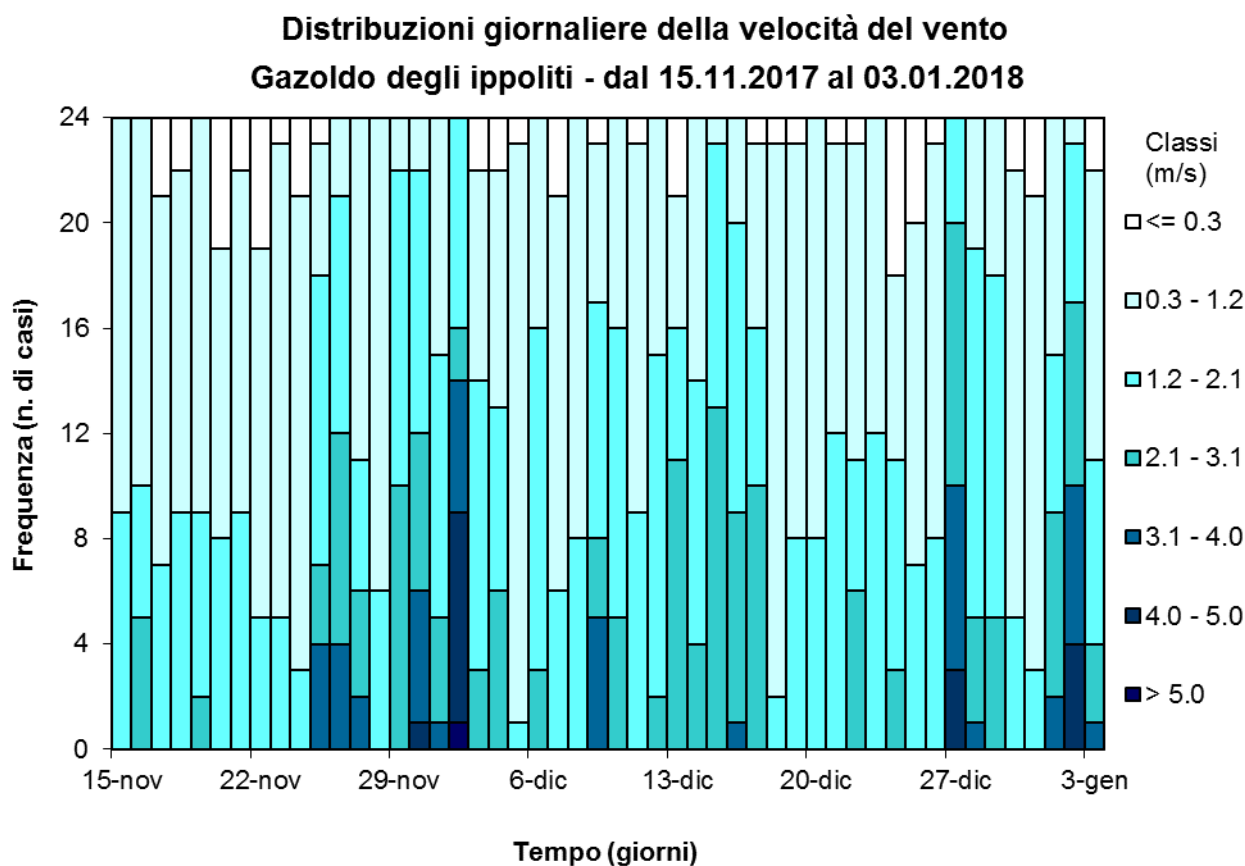


figura 17 – distribuzioni giornaliere velocità del vento durante la campagna di misura

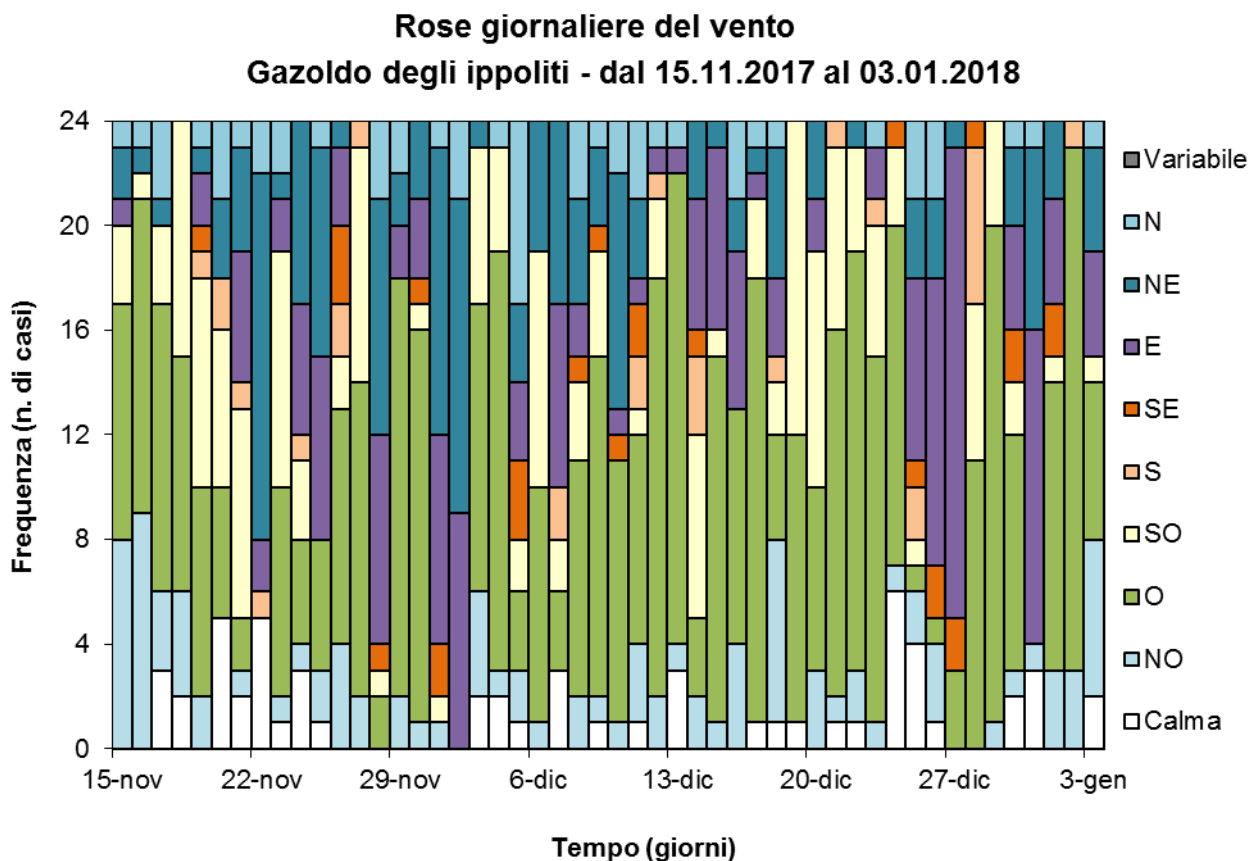


figura 18 – rose giornaliere del vento durante la campagna di misura

Andamento del PM10

Poiché i livelli di concentrazione degli inquinanti aerodispersi dipendono fortemente dalle condizioni meteorologiche osservate durante il periodo di misura e dalle differenti sorgenti emissive, è importante confrontare i dati rilevati nel corso di una campagna limitata nel tempo con quelli misurati, nello stesso periodo, dall'insieme delle stazioni fisse della RRQA regionale.

Alcuni fenomeni chimico-fisici che avvengono in atmosfera influenzano infatti i livelli di concentrazione degli inquinanti nella stessa.

Nei grafici seguenti viene indicato con "min-max RRQA" l'area del grafico compresa tra il minimo e il massimo delle concentrazioni di PM10 misurate in Lombardia; viene invece indicato con "25°-75° RRQA" l'area del grafico compresa tra il 25° percentile e il 75° percentile delle concentrazioni di PM10 registrate dalle centraline fisse di rilevamento della qualità dell'aria lombarde. In altre parole in quest'area ricade la metà delle stazioni presenti in Lombardia.

La normativa fissa per il PM10 due valori limite: il primo è riferito alla concentrazione media giornaliera ed è pari a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per un massimo di 35 giorni all'anno; il secondo limite è riferito alla media calcolata sull'anno solare ed è pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata. Figura 19 è mostrato l'andamento delle concentrazioni giornaliere di PM10, durante la campagna, confrontate con i minimi e massimi della RRQA nonché con il più stretto intervallo definito dal 25° e dal 75° percentile dei valori rilevati ogni giorno presso le postazioni della RRQA lombarda.

Il superamento del limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la media giornaliera presso il sito di Gazoldo degli Ippoliti è frequente ma analogo alla media delle postazioni lombarde.

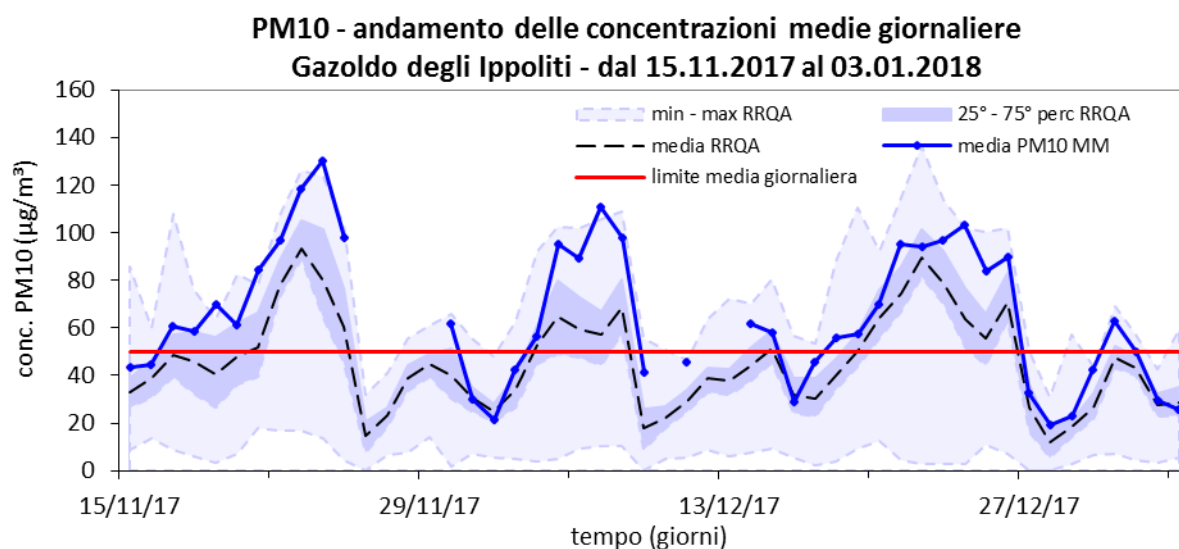


Figura 19 – andamento concentrazioni medie giornaliere di PM10

Elemento fondamentale che determina in alcuni giorni una sensibile riduzione dei livelli di PM10 sono senza dubbio alcune variabili meteorologiche: risulta evidente, infatti, come pioggia e vento, ad esempio, abbiano influenzato il PM10 facendone calare le concentrazioni (Figure 20 e 21). Si fa riferimento ad esempio alle giornate del 26 novembre, e 2, 12, 28 e 29 dicembre. Infatti, mentre sono in corso le precipitazioni si ha un elevato grado di rimescolamento dell'aria anche in senso verticale e quindi si ha una conseguente diluizione

degli inquinanti emessi e/o prodotti al suolo; inoltre, mantenendo bagnate le superfici, il fenomeno della risospensione di polveri è fortemente inibito. In particolare si segnala l'evento del giorno 2 dicembre quando, pur in assenza di precipitazioni, l'afflusso di aria pulita da quote più elevate, testimoniata dalla diminuzione dell'umidità misurata, le concentrazioni di particolato assumono valori piuttosto bassi.

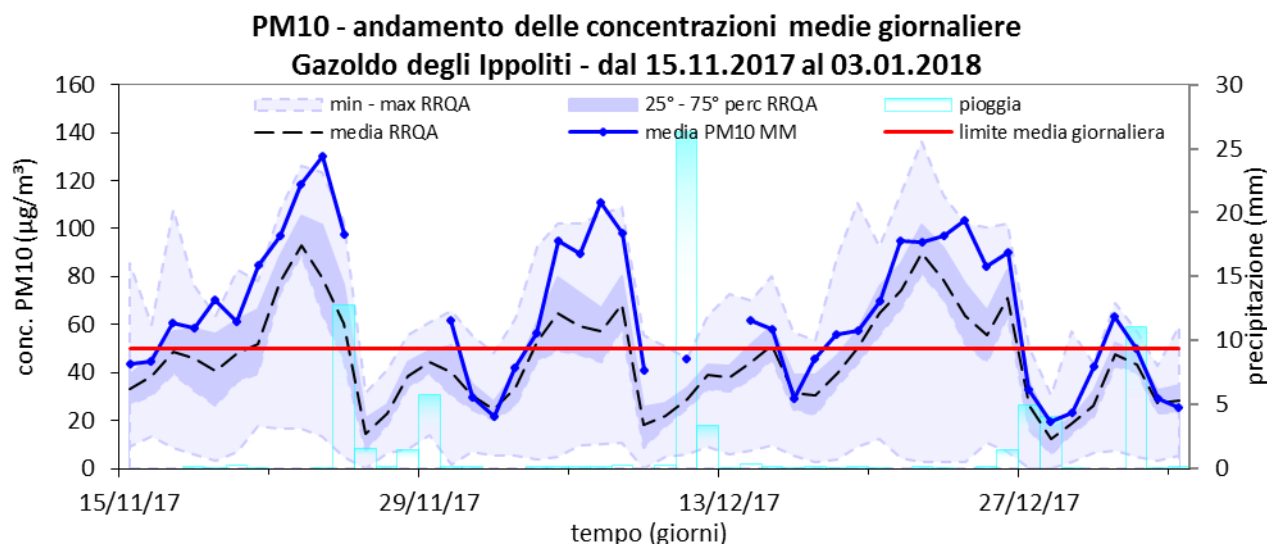


figura 20 – andamento concentrazioni medie giornaliere di PM10 e pioggia

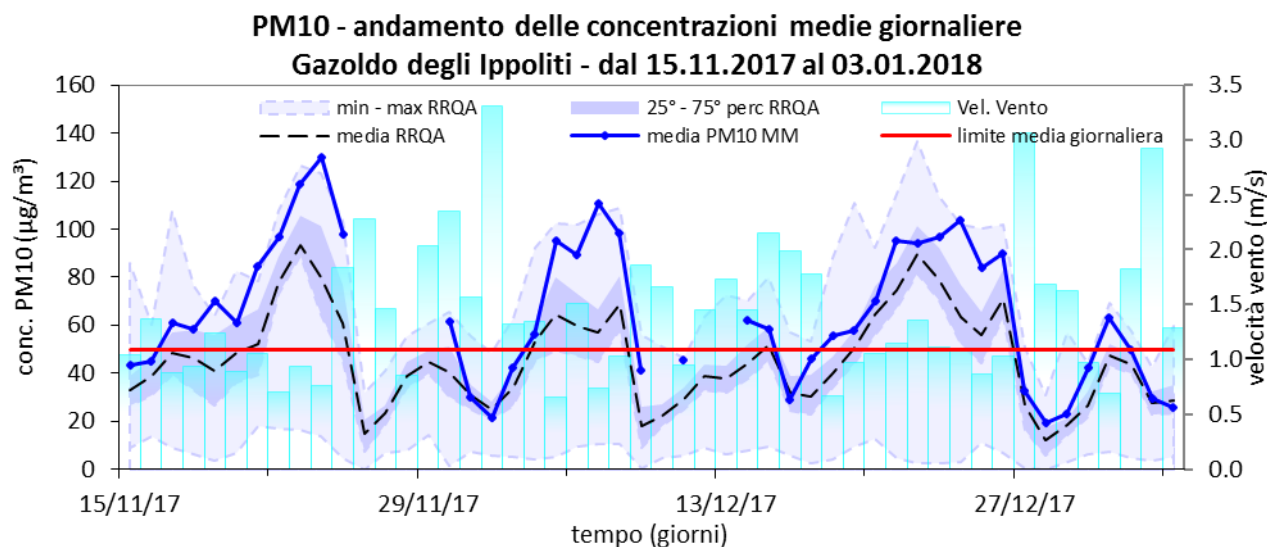


figura 21 – andamento concentrazioni medie giornaliere di PM10 e velocità del vento

In figura alle concentrazioni di PM10 è sovrapposto l'andamento della pressione atmosferica media giornaliera. Si nota come al rafforzamento del campo barico corrisponda l'aumento delle concentrazioni misurate in forza dell'instaurarsi di condizioni sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti.

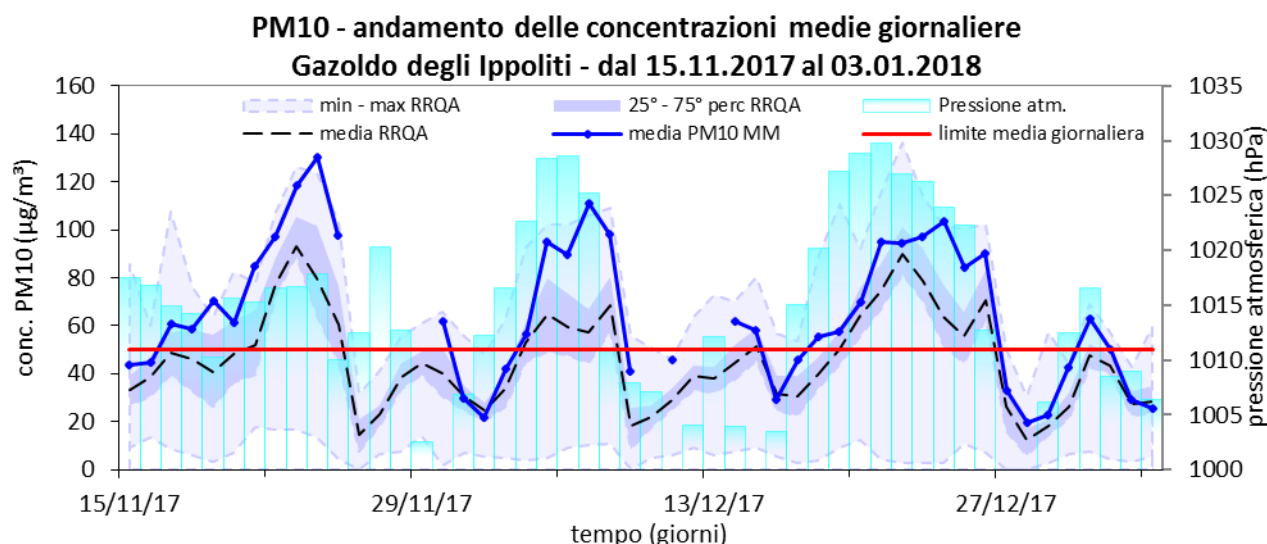


figura 22 – andamento concentrazioni medie giornaliere di PM10 e pressione atmosferica

Dai grafici precedenti si osserva che, rispetto al resto della rete, le concentrazioni rilevate a Gazoldo evidenziano un buon accordo negli andamenti ma spesso oltre la media in valore assoluto. Si confermano, pertanto in Gazoldo concentrazioni elevate come già osservato in passato. Le possibili ragioni di questo fatto sono discusse nel capitolo “Analisi sul particolato”.

Limitando tuttavia il confronto alle postazioni più vicine tale differenza appare minore. In Figura 23 l’andamento delle concentrazioni rilevate a Gazoldo degli Ippoliti è confrontato con gli analoghi andamenti rilevati presso le postazioni di Mantova S.Agnese, Brescia Villaggio Sereno, Rezzato e Soresina, postazioni piuttosto eterogenee relativamente a dislocazione e vicinanza a sorgenti emissive. Nel grafico si nota come le concentrazioni misurate risultino non dissimili tra i siti considerati.

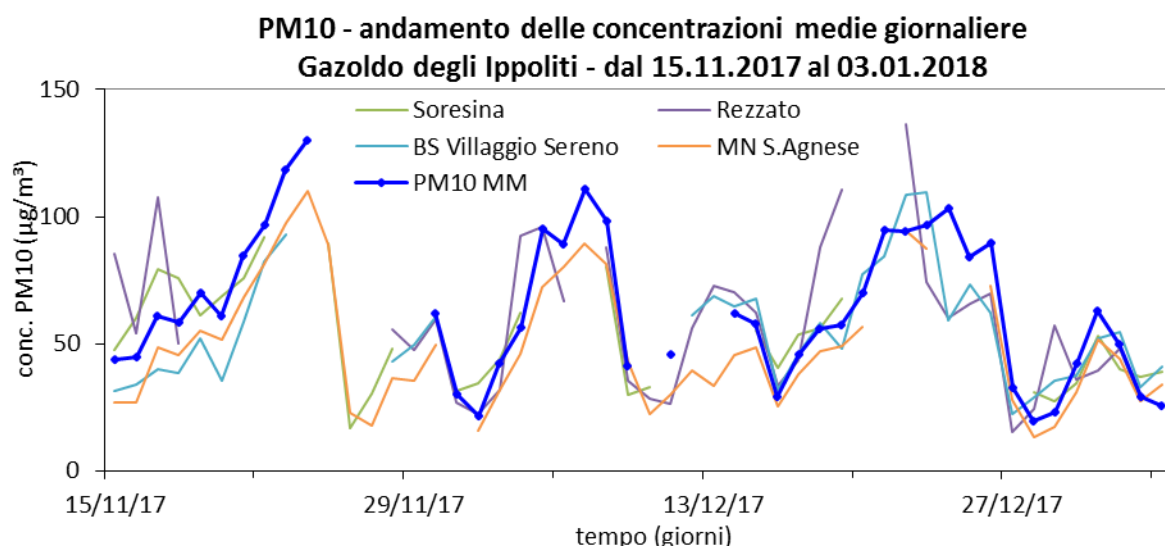


figura 23 – andamento concentrazioni medie giornaliere di PM10 rispetto alle postazioni vicine

La normativa (D. Lgs. 155/10) prevede un valore limite sulla media giornaliera di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 35 volte all’anno e un valore limite sulla media annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Non avendo a disposizione un anno intero di misure, il problema se ci sia o meno il rispetto del limite normativo come media annuale è stato affrontato come di seguito descritto.

Rapportando per i siti della rete lombarda il valore della concentrazione media annuale di PM10, riferita all'anno 2017, alla concentrazione media calcolata sui giorni disponibili per Gazoldo degli Ippoliti, è stata costruita la retta di interpolazione di Figura 24. Il coefficiente di correlazione R^2 dà indicazione se la correlazione trovata è casuale o effettiva: poiché la probabilità che le 63 coppie di dati possano produrre casualmente un valore di R^2 maggiore o uguale al valore ottenuto di 0.86 è praticamente nulla, allora la correlazione lineare trovata è significativa. Ciò ha permesso la previsione quantitativa della concentrazione media annuale del PM10 a Gazoldo: la stima è risultata pari a $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con associato una deviazione standard di $2.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ che garantisce una probabilità del 95% che il limite annuale dei $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sia superato¹.

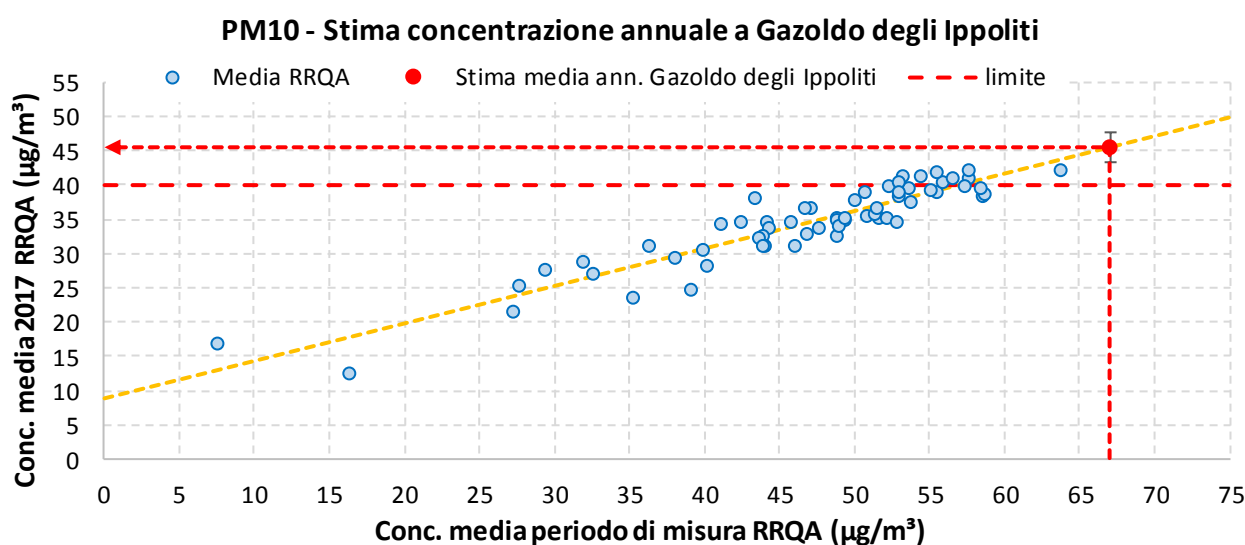


figura 24 – Stima della concentrazione media annuale di PM10 a Gazoldo degli Ippoliti

È inoltre possibile stimare il numero di superamenti in un anno del limite giornaliero. La stima è risultata pari a 100 giorni con associato una deviazione standard di $8.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ che garantisce una probabilità superiore al 99% che il limite annuale dei 35 giorni sia superato come evidenziato in Figura 25.

¹ L'ipotesi di omoschedasticità delle concentrazioni medie annuali è stata verificata ma per semplicità di testo non è qui riportata.

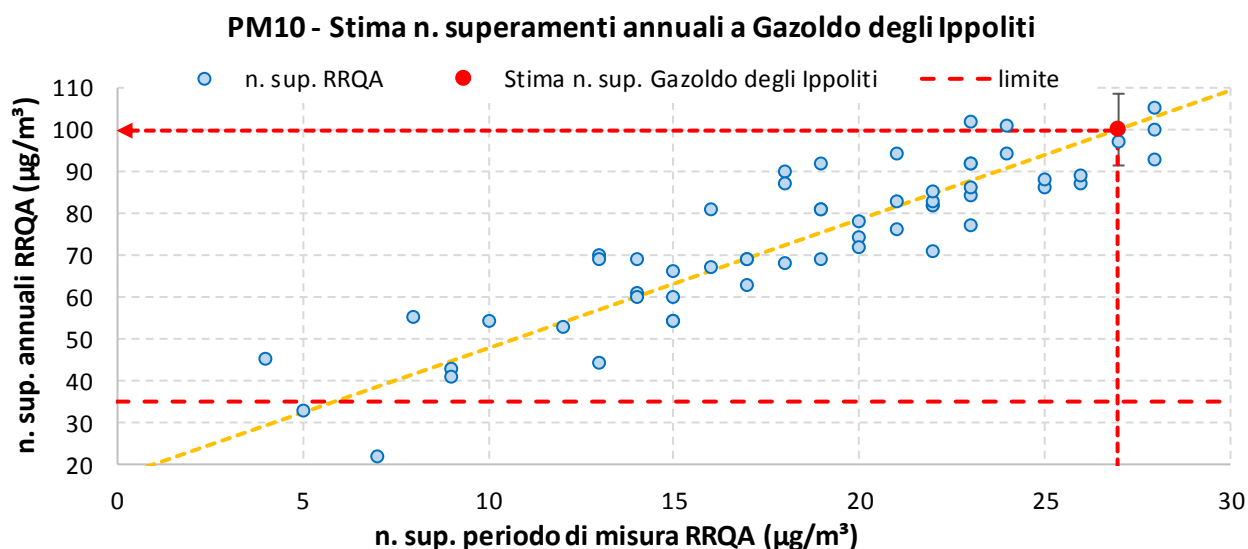


figura 1 – Stima del numero di superamenti giornalieri di PM10 in un anno

Sul sito di ARPA Lombardia vengono pubblicate quotidianamente le mappe di distribuzione degli inquinanti PM10, NO₂ e O₃ a livello comunale (mappe NRT – Near Real Time – Quasi in Tempo Reale).

Per approfondimenti sulle modalità di calcolo si rimanda al link:

<http://www.arpalombardia.it/sites/QAria/layouts/15/QAria/Modellistica.aspx>.

I dati elaborati sono poi archiviati e resi disponibili al pubblico così che, anche in mancanza della classica stazione di monitoraggio è possibile avere ugualmente una informazione, seppur stimata, sulla qualità dell'aria nel proprio comune.

È quindi possibile confrontare quanto misurato con il campionatore con le concentrazioni stimate attraverso le mappe NRT. Il grafico di Figura 26 illustra tale confronto con in grigio la retta identità.

Il confronto mostra come la stima modellistica delle concentrazioni di PM10 risulti essere inferiore rispetto alle misure effettuate. Tale situazione è generalmente riscontrabile presso altri siti della media pianura lombarda occidentale lontani dalle postazioni fisse della RRQA utilizzate come input al modello.

Come espresso in precedenza, le stime modellistiche utilizzano l'inventario delle emissioni che, a sua volta, è il risultato di una lunga serie di calcoli a partire sia da dati reali che da dati di letteratura; risulta quindi difficile una stima del contributo della frazione secondaria del PM10, non compreso in INEMAR e particolarmente importante nell'area in esame.

A seguito dei risultati ottenuti in quest'area, osservati anche in alcuni altri casi, si è avviato un processo di miglioramento delle stime modellistiche.

Correlazione tra conc. di PM10 misurate e stimate dal modello

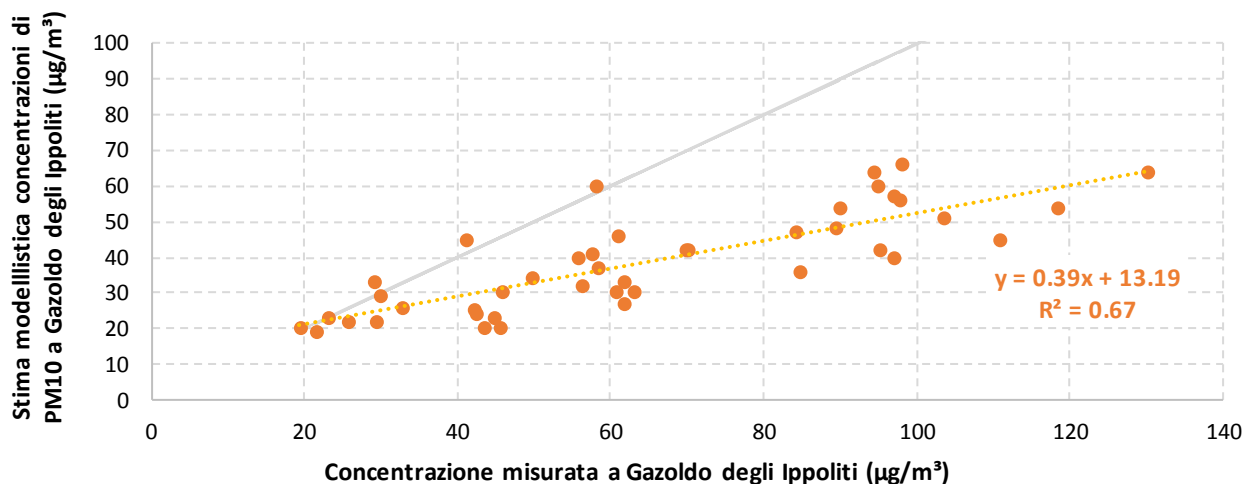


Figura 26 – confronto tra quanto misurato dal laboratorio mobile a Gazoldo degli Ippoliti e quanto stimato dalle mappe NRT per la concentrazione media giornaliera del PM10 a livello comunale

Il confronto tra gli andamenti delle concentrazioni di PM10 rilevate durante la campagna a Gazoldo degli Ippoliti e nel resto della Lombardia è stato effettuato, inoltre, mediante analisi a cluster utilizzando come indice di similarità il coefficiente R^2 di Pearson. Il risultato dell'analisi è mostrato in Figura 27. L'analisi effettuata in questo modo prescinde dai valori assoluti delle concentrazioni misurate focalizzandosi piuttosto sulle variazioni di queste sulla base di comuni condizioni emissive e diffusive.

L'analisi conferma che il sito di Gazoldo degli Ippoliti appartiene al cluster che comprende sostanzialmente le postazioni della provincia di Mantova in virtù soprattutto della comune dipendenza dalle condizioni meteorologiche.

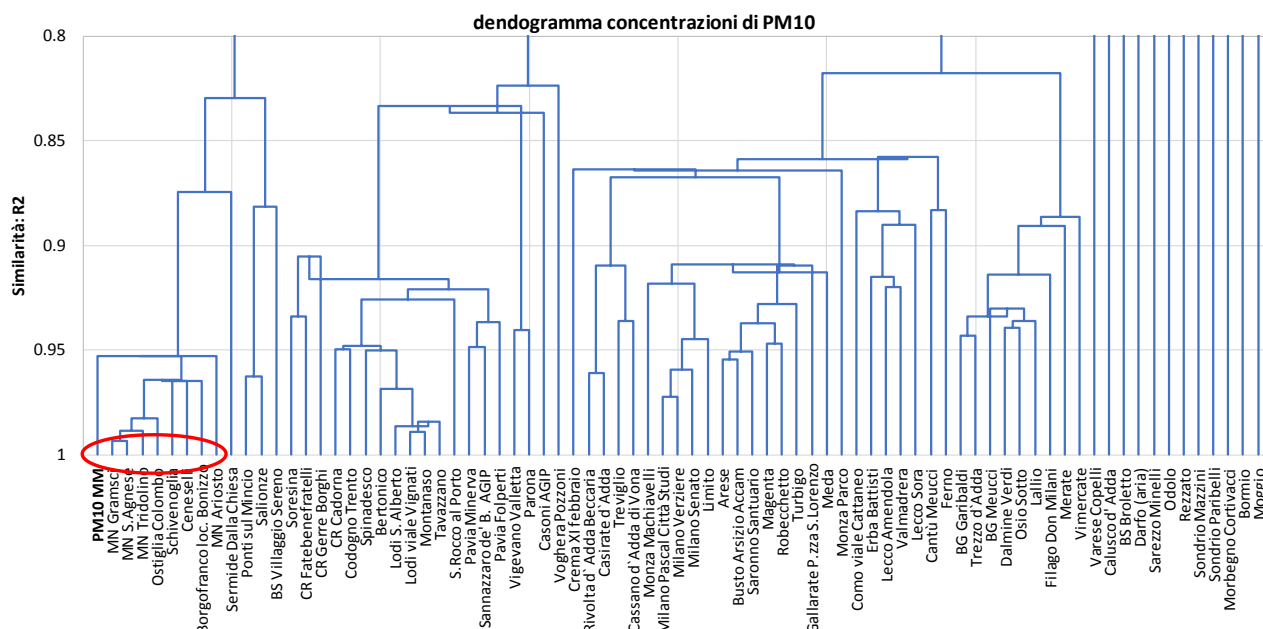


figura 27 – dendrogramma risultante dall'analisi a cluster sugli andamenti temporali del PM10 in Lombardia

Analisi sul particolato

Sui campioni di particolato nella frazione PM₁₀, raccolti dal 25 novembre 2017 al 3 gennaio 2018 a Gazoldo degli Ippoliti, sono state effettuate analisi mediante spettrometria di fluorescenza a raggi X per indagare la composizione elementale del particolato raccolto. Sono inoltre state effettuate analisi mediante cromatografia ionica per la ricerca di cationi e analisi in HPLC per la ricerca di idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Sui dati raccolti, sulle componenti presenti in misura significativamente misurabile, è stata effettuata un'analisi a cluster per evidenziare i gruppi di componenti che presentano comportamenti assimilabili in termini di sorgente piuttosto che del medesimo sistema di trasporto in atmosfera. Tale analisi prescinde dalle concentrazioni in valore assoluto per cui le varie specie sono confrontate indipendentemente dal contributo alla massa del particolato.

Il grafico di Figura 28 mostra il risultato dell'analisi in cui sono rilevati i cluster riconoscibili.

Da sinistra si possono evidenziare:

- il gruppo dei costituenti gli elementi terrigeni (Al, Si, Ca, Ti, Fe, Mn) al quale sono associati anche elementi in genere prevalentemente emessi per usura delle parti meccaniche degli autoveicoli (Zn, Pb, Cr); questo cluster è quindi dovuto al risollevarsi di polvere dal suolo sia per azione del vento che dal traffico autoveicolare;
- un secondo cluster con le specie derivanti dalla combustione di biomasse indicata dall'elevata correlazione tra IPA, B(a)P, Potassio elementale e ionico solubile (K, K⁺) e levoglucosano; quest'ultimo è tracciante univoco della combustione di biomassa; anche K e K⁺ sono traccianti delle combustioni di biomasse, seppure in modo non univoco;
- altri elementi rimangono a se stanti, alcuni come lo ione NH₄⁺ indici di particolato secondario.

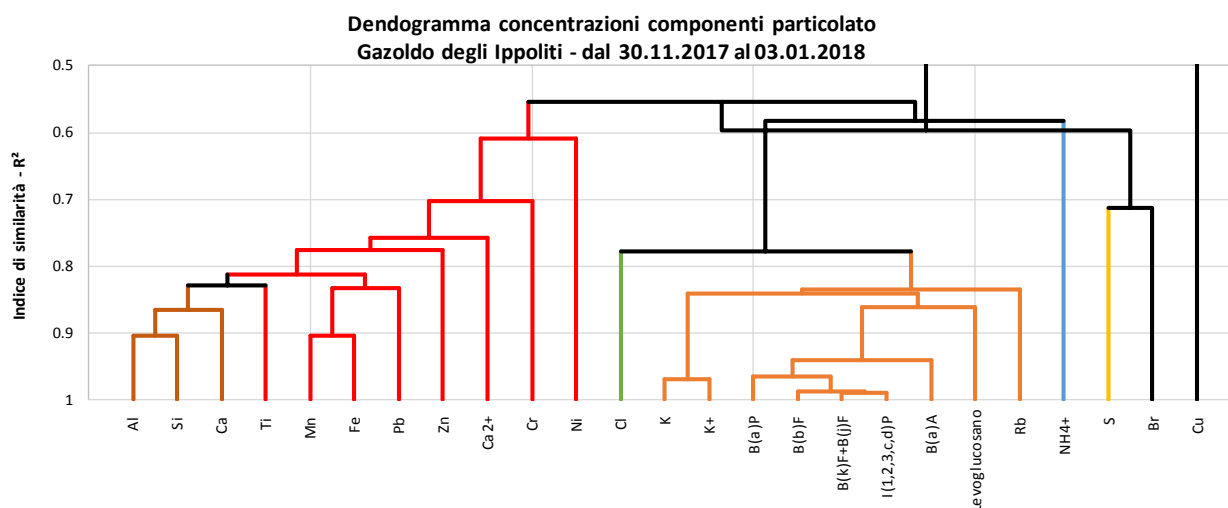


figura 28 - dendrogramma concentrazioni componenti del particolato

Sulla base delle analisi effettuate è possibile stimare il contributo alla massa del particolato delle varie specie analizzate sulla base delle presumibili forme in cui tali specie si presentano nel particolato e della relativa stechiometria.

Il grafico di Figura 29 mostra gli andamenti del PM₁₀ misurato insieme agli andamenti delle sue componenti così stimate. Quantitativamente si ha che circa il 45% del PM₁₀ è determinato (nitrato e solfato 33%, levoglucosano 4%, cloruri 3%, parte crostale 4% e ossidi metallici 2%). Più del 50% del PM₁₀, qui non

determinata, è costituito da materia organica il cui principale contributo viene dalla combustione di biomassa, come già stimato da INEMAR.

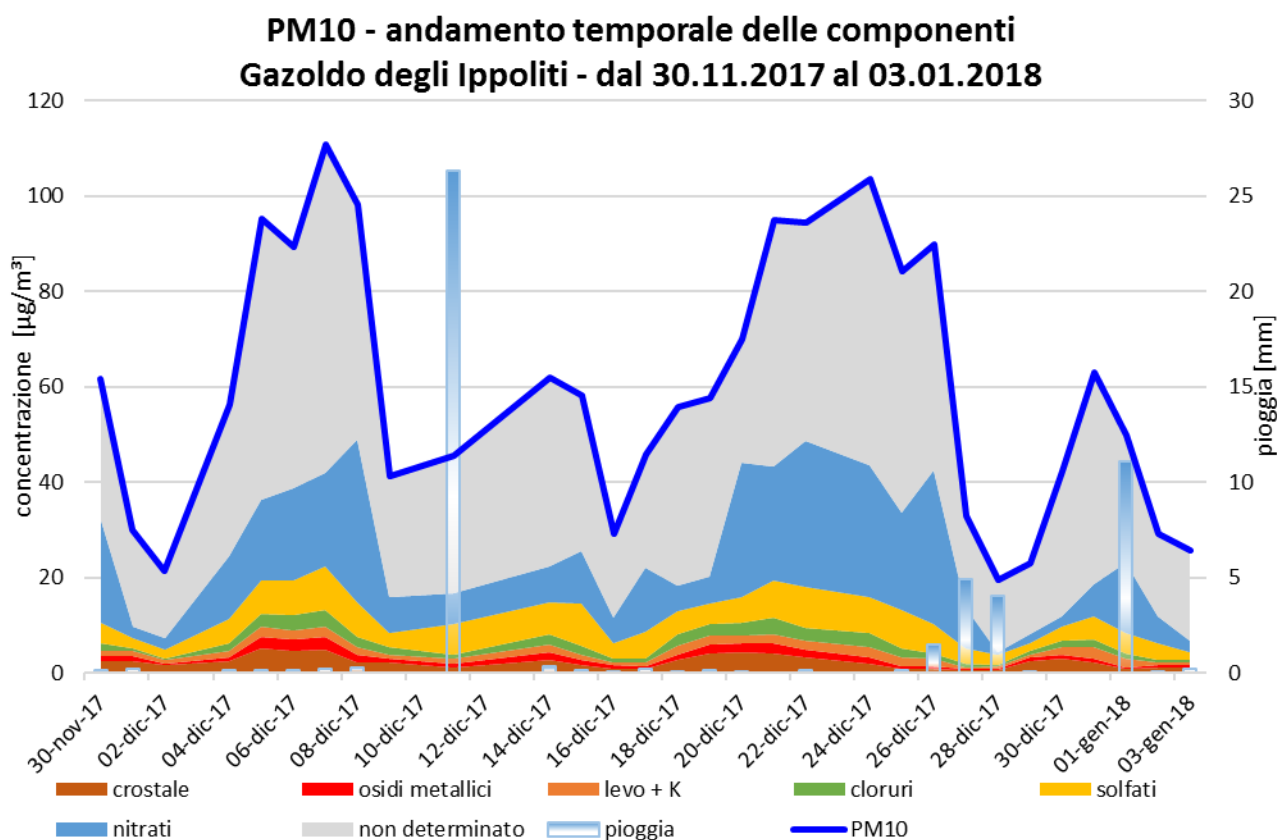
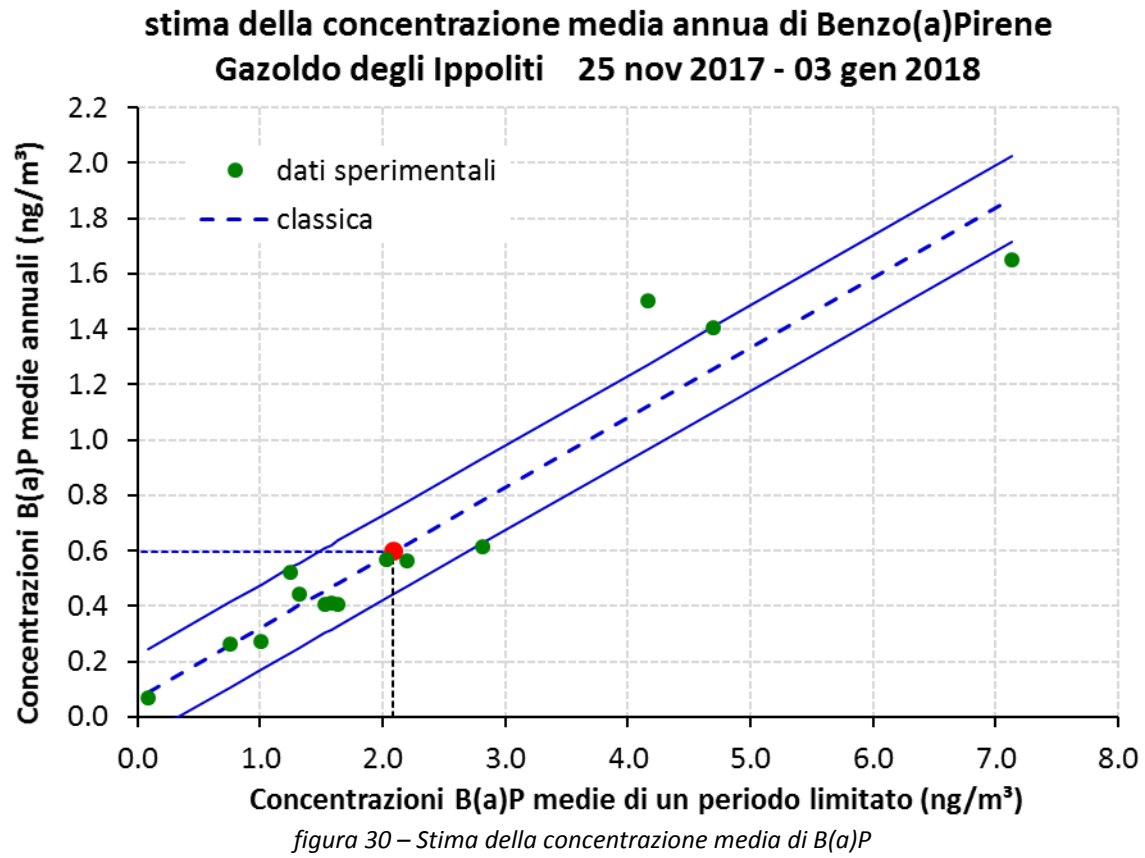


figura 29 – andamento temporale delle componenti del PM10. La parte non determinata è prevalentemente materia organica

Inoltre, sulla base dei risultati delle analisi di Idrocarburi policiclici aromatici è possibile stimare il rispetto del limite per la media annuale di Benzo(a)Pirene, unico IPA per cui è fissato un limite, pari a $1 \text{ ng}/\text{m}^3$. La stima della concentrazione media annua per questo inquinante fornisce un valore di circa $0.6 \text{ ng}/\text{m}^3$ con un'altissima probabilità di rispetto del limite (Figura 30).



Conclusioni

La campagna di monitoraggio del PM10 condotta dal CRMQA (Centro Regionale di Monitoraggio della Qualità dell'Aria) di ARPA Lombardia tra il 15 novembre 2017 e il 3 gennaio 2018 e la sua successiva speciazione, hanno permesso di caratterizzare l'inquinamento da polveri aerodisperse nel comune di Gazoldo degli Ippoliti.

La prima risultanza è la coerenza tra le misure effettuate in postazioni differenti: gli andamenti delle concentrazioni misurate a Gazoldo degli Ippoliti e nel resto della rete lombarda risultano ben correlati. Questo perché il particolato atmosferico, così come molti altri inquinanti, riescono a diffondersi bene in atmosfera, soprattutto in un territorio come quello della pianura padana piuttosto omogeneo e privo di rilevanti barriere orografiche.

I valori medi di concentrazione di PM10 misurati a Gazoldo degli Ippoliti sono risultati spesso oltre la media del resto della rete lombarda ma simili a quelli delle postazioni più vicine.

Sui campioni di PM10 raccolti a Gazoldo degli Ippoliti sono state effettuate diverse tipologie di analisi con lo scopo di approfondire la composizione chimica del particolato sottile: sono stati determinati elementi con numero atomico $Z > 11$, Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e cationi.

Le analisi e le elaborazioni effettuate nell'ambito del presente approfondimento hanno confermato nel sito in esame elevate concentrazioni di PM10 legate principalmente alla combustione di biomassa, come già evidenziato dall'inventario delle emissioni; il quadro emissivo del bacino aerografico di Gazoldo degli Ippoliti, evidenzia infatti l'importanza della combustione di legna in impianti residenziali per le emissioni di PM10 primario.

Si ricorda che la normativa regionale in tema di combustione di biomasse² prevede per la popolazione residente in comuni sotto i 300 m s.l.m., dal 15 ottobre al 15 aprile dell'anno successivo, il divieto di utilizzo di apparecchi per il riscaldamento domestico funzionanti a biomassa legnosa, nel caso siano presenti altri impianti per riscaldamento alimentati con combustibili ammessi, se sono camini aperti o camini chiusi con rendimento energetico inferiore al 63%. I modelli matematici faticano nel tener conto delle emissioni improprie e pertanto le valutazioni di tali emissioni possono essere sottostimate. Tale possibilità appare concreta per il territorio qui studiato, avendo osservato una elevata associazione di molte specie chimiche con il levoglucosano, tracciante specifico di questa sorgente.

Si è evidenziata inoltre un'elevata componente di particolato secondario inorganico che si forma attraverso reazioni chimiche a partire dall'ammoniaca, emessa in particolare dalle attività agricole e zootecniche, molto diffuse nel bacino padano, con gli ossidi di azoto emessi dalle combustioni in genere ed un contributo locale legato al traffico ma non critico.

La criticità del mantovano relativamente alle concentrazioni di PM10 tendenzialmente più elevate rispetto ad altre zone del territorio regionale risultano legate principalmente alle due sorgenti citate.

² DGR 7635 del 11/07/2008 (Allegato 2)

Dati giornalieri PM10

Giorno	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
15-nov-17	43
16-nov-17	45
17-nov-17	61
18-nov-17	58
19-nov-17	70
20-nov-17	61
21-nov-17	85
22-nov-17	97
23-nov-17	118
24-nov-17	130
25-nov-17	98
26-nov-17	n.d.
27-nov-17	n.d.
28-nov-17	n.d.
29-nov-17	n.d.
30-nov-17	62
01-dic-17	30

Giorno	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
02-dic-17	21
03-dic-17	42
04-dic-17	56
05-dic-17	95
06-dic-17	89
07-dic-17	111
08-dic-17	98
09-dic-17	41
10-dic-17	n.d.
11-dic-17	46
12-dic-17	n.d.
13-dic-17	n.d.
14-dic-17	62
15-dic-17	58
16-dic-17	29
17-dic-17	46
18-dic-17	56

Giorno	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
19-dic-17	58
20-dic-17	70
21-dic-17	95
22-dic-17	94
23-dic-17	97
24-dic-17	103
25-dic-17	84
26-dic-17	90
27-dic-17	33
28-dic-17	19
29-dic-17	23
30-dic-17	42
31-dic-17	63
01-gen-18	50
02-gen-18	29
03-gen-18	26

Dati giornalieri analisi XRF

Data campionamento	Al (µg/m³)	Si (µg/m³)	P (µg/m³)	S (µg/m³)	Cl (µg/m³)	K (µg/m³)	Ca (µg/m³)	Ti (µg/m³)	V (µg/m³)	Cr (µg/m³)	Mn (µg/m³)	Fe (µg/m³)	Ni (µg/m³)	Cu (µg/m³)	Zn (µg/m³)	Br (µg/m³)	Rb (µg/m³)	Pb (µg/m³)
15-nov-17	0.183	0.609	0.048	0.548	0.505	0.896	1.630	0.028	<0.0024	0.007	0.031	0.8543	0.003	0.034	0.171	0.004	0.0018	0.016
16-nov-17	0.250	0.717	0.049	0.622	1.379	0.953	1.856	0.037	<0.0024	0.011	0.034	0.9657	0.004	0.039	0.154	0.005	0.0021	0.017
17-nov-17	0.294	0.898	<0.047	0.831	0.824	1.350	2.067	0.042	<0.0024	0.011	0.040	1.3097	0.006	0.046	0.200	0.007	0.0036	0.025
18-nov-17	0.217	0.624	<0.047	1.089	1.140	1.234	1.401	0.033	<0.0024	0.007	0.031	1.0006	0.003	0.036	0.160	0.007	0.0029	0.018
19-nov-17	0.114	0.333	<0.047	1.484	0.759	1.066	0.409	0.015	<0.0024	<0.0023	0.014	0.4801	0.002	0.022	0.094	0.006	0.0025	0.019
20-nov-17	0.122	0.436	<0.047	1.242	0.544	0.969	0.958	0.018	<0.0024	0.005	0.021	0.5728	0.003	0.021	0.186	0.004	0.0033	0.015
21-nov-17	0.249	0.796	<0.047	1.889	0.895	1.316	1.624	0.036	<0.0024	0.014	0.037	1.1400	0.005	0.045	0.220	0.007	0.0034	0.027
22-nov-17	0.278	0.863	<0.047	1.355	0.902	1.224	2.164	0.049	<0.0024	0.013	0.046	1.3769	0.006	0.043	0.163	0.006	0.0031	0.022
23-nov-17	0.353	1.098	<0.047	1.789	1.077	1.216	2.216	0.052	<0.0024	0.017	0.049	1.5827	0.006	0.062	0.180	0.006	0.0028	0.028
24-nov-17	0.403	1.206	<0.047	2.720	1.417	1.336	2.286	0.060	<0.0024	0.021	0.058	1.7768	0.010	0.067	0.245	0.009	0.0040	0.033
25-nov-17	0.151	0.477	<0.047	1.795	0.869	0.900	0.826	0.029	<0.0024	0.013	0.032	0.9500	0.006	0.033	0.124	0.007	0.0018	0.017
30-nov-17	0.150	0.527	<0.047	1.035	0.898	0.762	0.794	0.027	<0.0024	0.005	0.017	0.6122	0.003	0.021	0.076	0.005	0.0012	0.011
01-dic-17	0.105	0.422	<0.047	0.518	0.298	0.702	0.986	0.025	<0.0024	0.010	0.025	0.6759	0.006	0.031	0.058	<0.0028	0.0017	0.010
02-dic-17	0.063	0.261	<0.047	0.434	0.166	0.559	0.584	0.012	<0.0024	0.003	0.011	0.2966	0.003	0.023	0.033	<0.0028	0.0015	0.006
04-dic-17	0.124	0.432	<0.047	1.209	0.812	1.153	0.859	0.018	<0.0024	0.005	0.014	0.5219	0.005	0.035	0.074	0.004	0.0031	0.013
05-dic-17	0.276	0.822	<0.047	1.692	1.350	1.803	1.974	0.050	<0.0024	0.013	0.043	1.3331	0.007	0.045	0.289	0.009	0.0049	0.024
06-dic-17	0.306	0.925	<0.047	1.759	1.683	1.659	1.524	0.043	<0.0024	0.012	0.044	1.2720	0.005	0.050	0.216	0.008	0.0038	0.031
07-dic-17	0.293	0.853	<0.047	2.208	1.833	1.845	1.783	0.048	<0.0024	0.015	0.053	1.5460	0.007	0.052	0.187	0.008	0.0049	0.032
08-dic-17	0.132	0.370	<0.047	1.785	1.140	1.336	0.762	0.032	<0.0024	0.014	0.035	0.8771	0.007	0.030	0.133	0.005	0.0034	0.019
09-dic-17	0.126	0.400	<0.047	0.746	0.782	0.801	0.747	0.018	<0.0024	0.005	0.012	0.4511	0.002	0.015	0.059	0.003	0.0018	0.010
11-dic-17	0.055	0.202	<0.047	1.547	0.427	0.850	0.395	0.014	<0.0024	0.005	0.020	0.3996	0.003	0.021	0.124	0.004	0.0012	0.012
14-dic-17	0.161	0.505	<0.047	1.615	1.142	1.275	0.908	0.031	<0.0024	0.008	0.038	0.8926	0.006	0.040	0.156	0.009	0.0032	0.030
15-dic-17	0.096	0.279	<0.047	2.129	1.073	0.829	0.520	0.021	<0.0024	0.007	0.022	0.6192	0.006	0.038	0.102	0.008	0.0014	0.017
16-dic-17	0.039	0.168	<0.047	0.824	0.378	0.515	0.327	0.030	<0.0024	0.005	0.013	0.3357	0.002	0.015	0.054	<0.0028	0.0010	0.010
17-dic-17	0.041	0.143	<0.047	1.346	0.405	0.791	0.331	0.010	<0.0024	<0.0023	0.008	0.2625	<0.001	0.011	0.051	0.003	0.0012	0.009
18-dic-17	0.137	0.434	<0.047	1.172	1.244	1.466	1.082	0.023	<0.0024	0.007	0.020	0.6206	0.003	0.023	0.144	0.004	0.0041	0.013
19-dic-17	0.230	0.656	<0.047	1.022	1.374	1.479	1.596	0.039	<0.0024	0.009	0.035	1.0295	0.005	0.051	0.157	0.004	0.0033	0.020
20-dic-17	0.235	0.761	<0.047	1.319	1.419	1.391	1.518	0.047	<0.0024	0.008	0.036	1.1188	0.007	0.058	0.146	0.004	0.0039	0.022
21-dic-17	0.262	0.788	<0.047	1.909	1.803	1.568	1.253	0.040	<0.0024	0.009	0.032	1.2585	0.006	0.060	0.186	0.007	0.0050	0.027
22-dic-17	0.237	0.659	<0.047	2.082	1.439	1.530	0.984	0.034	<0.0024	0.006	0.025	0.9798	0.005	0.041	0.134	0.006	0.0035	0.020
24-dic-17	0.144	0.395	<0.047	1.860	1.445	1.934	0.520	0.020	<0.0024	0.004	0.016	0.7700	0.004	0.047	0.088	0.006	0.0050	0.019
25-dic-17	0.069	0.133	<0.047	1.983	0.941	1.532	0.257	0.007	<0.0024	0.003	0.009	0.3107	0.003	0.026	0.066	0.005	0.0028	0.015
26-dic-17	0.046	0.114	<0.048	1.500	0.563	1.271	0.279	0.008	<0.0024	<0.0023	0.010	0.3152	0.004	0.024	0.097	0.003	0.0029	0.010

Data campionamento	Al (µg/m³)	Si (µg/m³)	P (µg/m³)	S (µg/m³)	Cl (µg/m³)	K (µg/m³)	Ca (µg/m³)	Ti (µg/m³)	V (µg/m³)	Cr (µg/m³)	Mn (µg/m³)	Fe (µg/m³)	Ni (µg/m³)	Cu (µg/m³)	Zn (µg/m³)	Br (µg/m³)	Rb (µg/m³)	Pb (µg/m³)
27-dic-17	0.040	0.082	<0.047	0.768	0.345	0.419	0.149	0.005	0.0034	<0.0023	0.004	0.1214	0.002	0.018	0.018	<0.0028	<0.0009	0.006
28-dic-17	0.019	0.106	<0.047	0.519	0.068	0.471	0.171	0.006	<0.0024	<0.0023	0.005	0.1626	0.003	0.020	0.027	<0.0028	0.0011	0.006
29-dic-17	0.139	0.455	<0.047	0.366	0.464	0.520	0.936	0.019	<0.0024	0.005	0.012	0.3663	<0.001	0.009	0.043	<0.0028	0.0013	<0.006
30-dic-17	0.150	0.547	<0.047	0.734	0.649	1.327	1.044	0.025	<0.0024	<0.0023	0.015	0.5626	0.002	0.033	0.061	0.003	0.0043	0.011
31-dic-17	0.123	0.336	<0.047	1.205	0.854	1.876	0.852	0.021	<0.0024	0.002	0.012	0.5215	0.003	0.044	0.066	0.004	0.0038	0.014
01-gen-18	0.146	0.103	<0.047	1.054	0.570	1.564	0.148	0.024	<0.0024	<0.0023	0.006	0.1666	0.002	0.078	0.031	<0.0028	0.0011	0.009
02-gen-18	0.054	0.215	<0.047	0.834	0.252	0.517	0.433	0.013	<0.0024	0.004	0.007	0.2118	0.002	0.023	0.030	<0.0028	0.0017	0.008
03-gen-18	0.050	0.190	<0.047	0.432	0.193	0.546	0.413	0.009	<0.0024	0.004	0.007	0.2444	0.004	0.020	0.068	<0.0028	0.0011	0.007

Dati giornalieri analisi IPA

Data campionamento	B(a)P (ng/m ³)	B(a)A (ng/m ³)	B(b)F (ng/m ³)	B(k)F+B(j)F (ng/m ³)	I(1,2,3,c,d)P (ng/m ³)	dB(a,h)A (ng/m ³)
25-nov-17	1.161	0.211	1.274	0.567	1.143	< 0.208
30-nov-17	1.307	0.404	1.450	0.619	1.070	< 0.208
01-dic-17	1.641	0.453	1.537	0.711	1.202	< 0.208
02-dic-17	0.871	0.218	0.801	0.380	0.699	< 0.208
04-dic-17	1.951	0.660	2.039	0.891	1.460	< 0.208
05-dic-17	3.687	2.096	4.254	1.798	2.783	0.271
06-dic-17	3.190	1.287	3.760	1.546	2.527	0.235
07-dic-17	4.263	2.021	5.084	2.099	3.449	0.315
08-dic-17	2.521	0.862	3.314	1.270	2.172	0.211
09-dic-17	1.473	0.562	1.771	0.706	1.187	< 0.208
11-dic-17	1.685	0.795	2.311	0.911	1.574	< 0.208
14-dic-17	2.759	1.000	3.141	1.369	2.213	< 0.208
15-dic-17	1.634	0.582	2.288	0.874	1.496	< 0.208
16-dic-17	0.744	0.230	1.032	0.409	0.719	< 0.208
17-dic-17	1.254	0.481	1.478	0.642	1.074	< 0.208
18-dic-17	3.418	1.653	3.459	1.559	2.542	0.232
19-dic-17	3.461	1.676	3.834	1.643	2.370	0.229
20-dic-17	2.908	1.420	3.598	1.460	2.322	< 0.208
21-dic-17	2.985	1.703	3.720	1.537	2.448	< 0.208
22-dic-17	2.938	1.223	3.765	1.543	2.561	< 0.208
24-dic-17	3.802	1.920	5.084	2.003	3.165	0.261
25-dic-17	2.753	1.323	4.082	1.628	2.549	0.209
26-dic-17	2.095	0.886	3.032	1.158	1.981	< 0.208
27-dic-17	0.571	< 0.208	0.748	0.299	0.664	< 0.208
28-dic-17	0.768	< 0.208	0.766	0.367	0.700	< 0.208
29-dic-17	0.874	< 0.208	0.849	0.432	0.718	< 0.208
30-dic-17	2.381	0.763	2.253	0.998	1.823	< 0.208
31-dic-17	3.180	1.192	3.030	1.424	2.329	0.215
01-gen-18	1.133	0.364	1.165	0.585	1.048	< 0.208
02-gen-18	0.490	< 0.208	0.530	0.290	0.595	< 0.208
03-gen-18	0.743	0.263	0.817	0.357	0.796	< 0.208

Dati giornalieri analisi IONI

Data campionamento	Na+ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NH4+ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	K+ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mg2+ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ca2+ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Levoglicosano ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
25-nov-17	< 0.08	12.367	0.802	0.116	0.555	0.965
30-nov-17	0.194	6.030	0.697	<0.12	0.441	0.973
01-dic-17	< 0.08	1.143	0.496	<0.12	0.363	0.588
02-dic-17	< 0.08	1.050	0.398	<0.12	0.277	0.413
04-dic-17	< 0.08	4.398	0.960	<0.12	0.620	1.132
05-dic-17	0.078	5.816	1.490	0.171	1.153	1.707
06-dic-17	0.208	6.358	1.436	0.151	1.030	1.880
07-dic-17	0.177	6.920	1.575	0.175	1.178	1.857
08-dic-17	< 0.08	9.743	1.119	0.188	0.507	1.146
09-dic-17	0.113	2.557	0.571	<0.12	0.334	0.722
11-dic-17	< 0.08	3.249	0.615	<0.12	0.251	0.697
14-dic-17	< 0.08	3.575	0.936	<0.12	0.203	1.265
15-dic-17	< 0.08	4.915	0.637	<0.12	0.032	0.710
16-dic-17	< 0.08	2.127	0.385	<0.12	<0.2	0.397
17-dic-17	< 0.08	4.576	0.640	<0.12	<0.2	0.696
18-dic-17	< 0.08	2.590	1.110	<0.12	0.269	1.260
19-dic-17	< 0.08	2.448	1.145	<0.12	0.718	1.324
20-dic-17	0.241	7.853	1.377	<0.12	0.572	1.093
21-dic-17	< 0.08	7.597	1.302	<0.12	0.627	1.589
22-dic-17	< 0.08	9.286	1.304	<0.12	0.420	1.096
24-dic-17	0.737	8.384	1.798	<0.12	0.003	1.812
25-dic-17	< 0.08	6.882	1.330	<0.12	<0.2	1.362
26-dic-17	< 0.08	9.012	0.982	<0.12	<0.2	0.936
27-dic-17	< 0.08	2.866	0.361	<0.12	<0.2	0.301
28-dic-17	0.096	0.738	0.387	<0.12	<0.2	0.265
29-dic-17	< 0.08	0.867	0.337	<0.12	<0.2	0.322
30-dic-17	< 0.08	1.334	0.955	<0.12	0.317	0.897
31-dic-17	< 0.08	2.895	1.633	0.120	0.264	1.502
01-gen-18	< 0.08	4.508	1.283	<0.12	<0.2	0.613
02-gen-18	< 0.08	2.225	0.378	<0.12	<0.2	0.418
03-gen-18	< 0.08	1.010	0.479	<0.12	<0.2	0.419