

MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA NEI PRESSI DEL SEDIME AEROPORTUALE AEROPORTO CARAVAGGIO DI ORIO AL SERIO

COMUNI DI GRASSOBBIO - ORIO AL SERIO

Campagna estiva: 8 maggio – 8 luglio 2014



Autori:

Anna De Martini, Laura Carroccio

Laboratorio Mobile Campagna di Misura della Qualità dell'Aria

8 maggio - 8 luglio 2014

Gestione e Manutenzione Tecnica della strumentazione

Saverio Bergamelli, Lucio Corrente, Luca Vergani, Laura Carroccio

Testo ed elaborazione dati

Anna De Martini, Laura Carroccio

(versione rivista in data 12/11/2014 per correzioni di meri errori materiali)

Visto

Il Responsabile del C.R.M.Q.A. Vorne Gianelle

Premessa

Nella presente relazione, si discutono i risultati relativi alla campagna di monitoraggio della qualità dell'aria effettuata con laboratorio mobile e campionatori passivi nei Comuni di Grassobbio ed Orio al Serio, per valutare eventuali variazioni dello stato della qualità dell'aria intorno al sedime aeroportuale durante i lavori di manutenzione delle piste ed in particolare durante il periodo di trasferimento dei voli a Malpensa (13 maggio-2 giugno 2014) rispetto ad un periodo di normale attività aeroportuale.

Campagna di Misura della Qualità dell’Aria

COMUNI DI GRASSOBBIO – ORIO AL SERIO

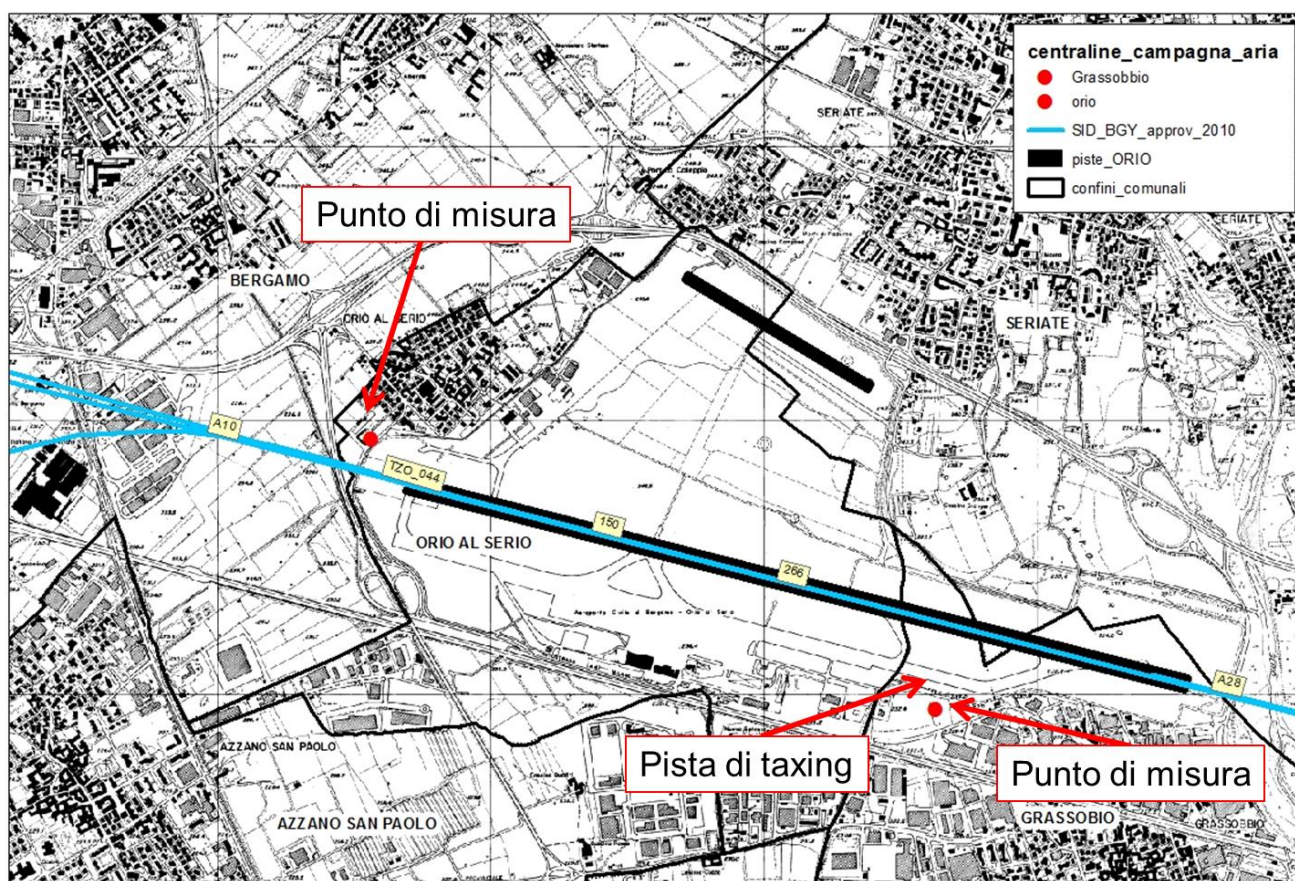
Introduzione	pag. 5
Laboratorio Mobile.....	pag. 8
Campionatori Passivi.....	pag. 8
I principali inquinanti atmosferici.....	pag. 8
Normativa.....	pag. 12
Campagna di Misura	
Sito di Misura.....	pag. 14
Emissioni sul territorio.....	pag. 17
Situazione meteorologica nel periodo di misura.....	pag. 26
Andamento inquinanti nel periodo di misura e confronto con i dati rilevati da postazioni fisse.....	pag. 29
Conclusioni	pag. 74
 Allegato Dati	 pag. 76

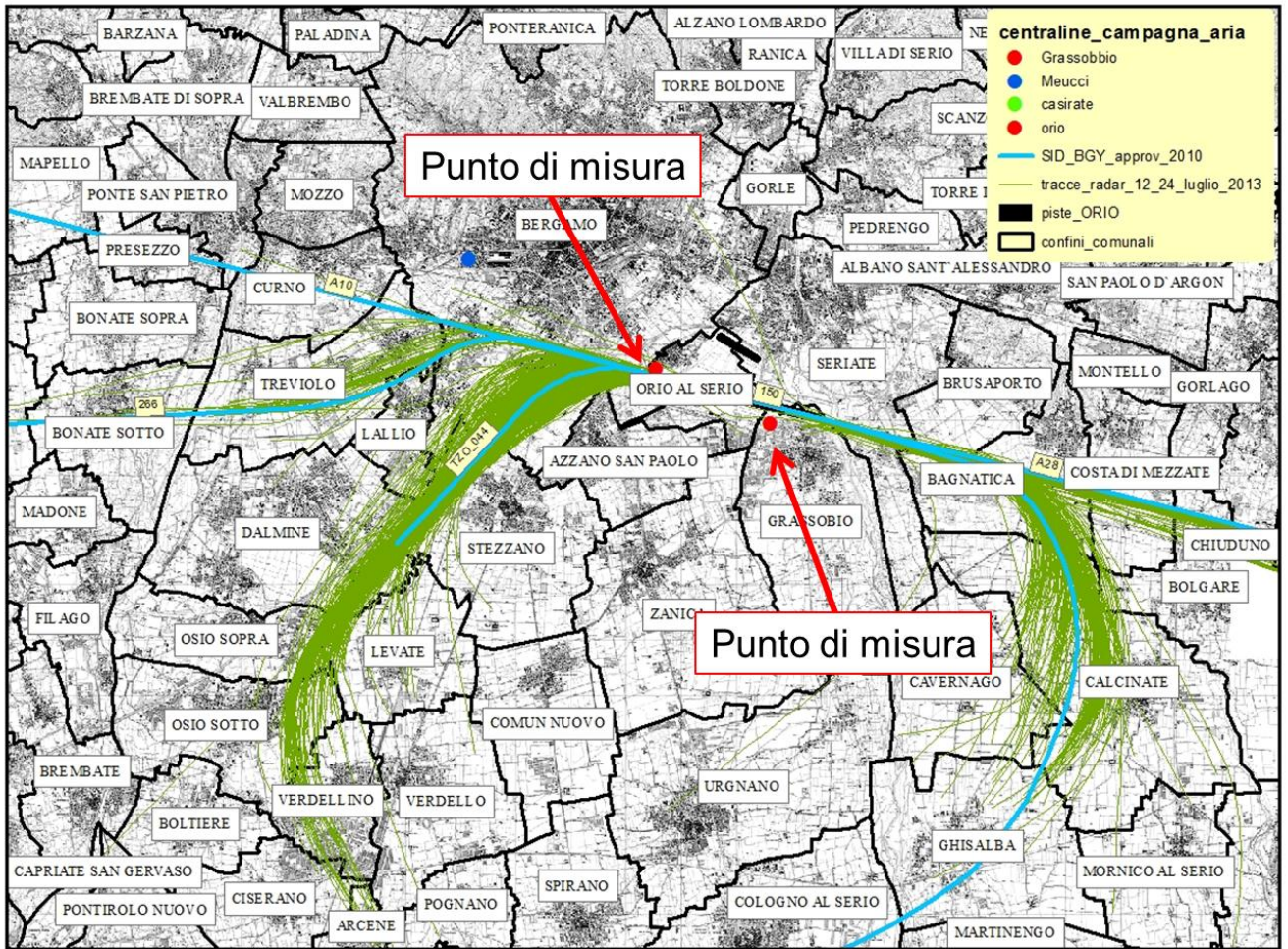
Introduzione

La campagna di misura intorno al sedime dell'aeroporto "Caravaggio" di Orio al Serio è stata condotta dal Settore Monitoraggi Ambientali – U.O. Qualità Aria – CRMQA di ARPA Lombardia, per valutare eventuali variazioni dello stato della qualità dell'aria durante i lavori di manutenzione delle piste ed in particolare durante il periodo di trasferimento dei voli a Malpensa. Il periodo di monitoraggio è iniziato prima della chiusura delle piste ed è terminato un mese dopo la loro riapertura.

I laboratori mobili sono stati installati negli stessi siti di monitoraggio delle campagne precedenti, Orio al Serio-via Aeroporto e Grassobbio-via Orio al Serio, rispettivamente a nord-ovest e a sud dell'aeroporto.

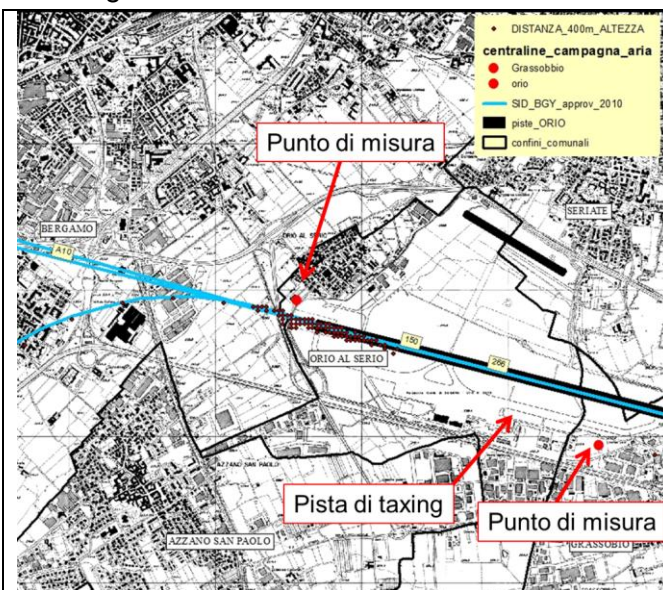
I siti di monitoraggio sono ottimali in quanto posizionati in prossimità degli aerei in fase di decollo per quanto riguarda il punto di Orio al Serio e della pista di taxing ove le emissioni dei motori possono maggiormente influenzare la qualità dell'aria locale.



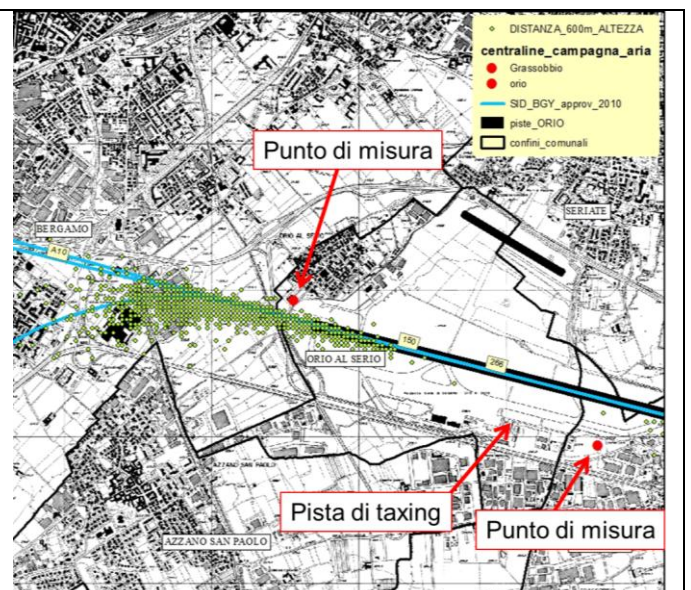


Mappa 1. Tracce aeree e localizzazione dei punti di misura.

Nella mappa sono evidenziate le tracce (teoriche, in azzurro ed effettive in una settimana presa ad esempio, in verde). I punti di campionamento sono stati individuati nelle aree dove le tracce radar convergono.

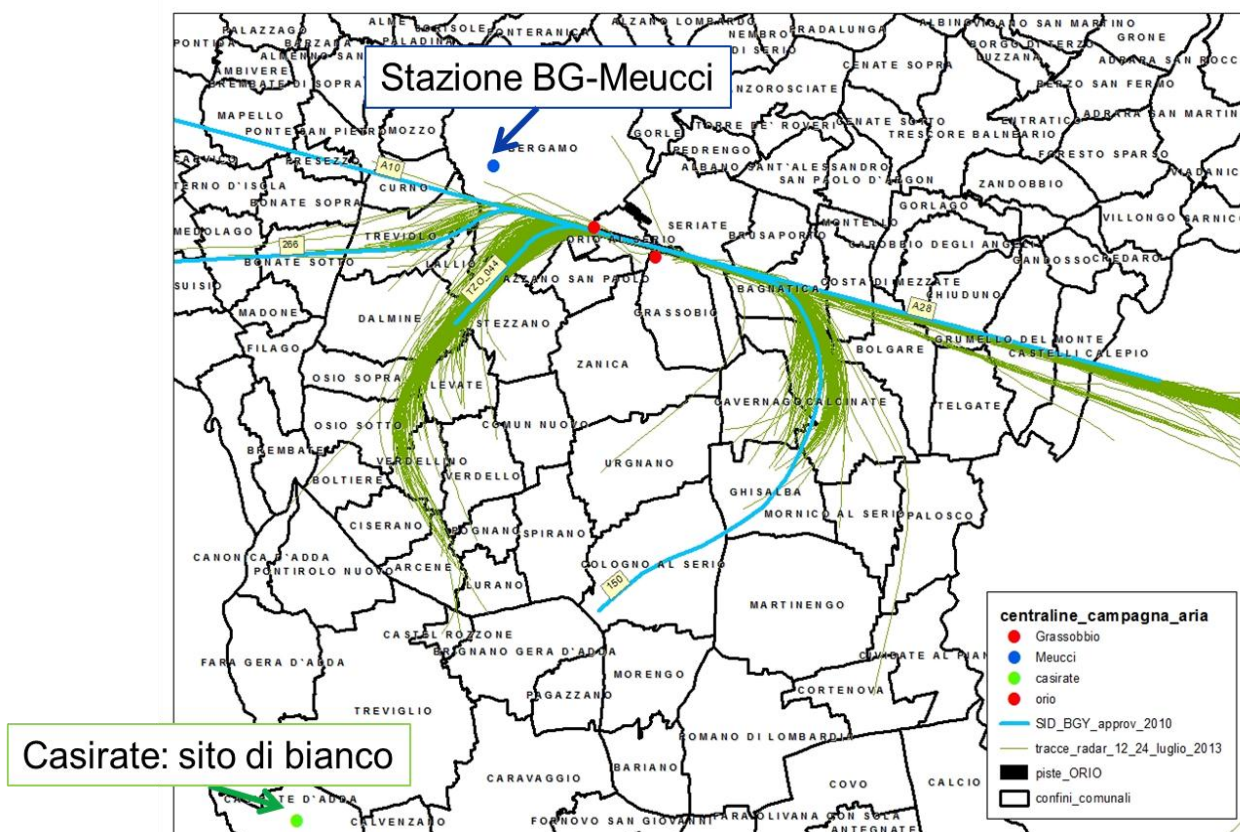


Mappa 2. Punti in rosso: tracce radar fino a 400 m s.l.m.



Mappa 3: Tracce radar fino a 600 m s.l.m.

Va osservato inoltre che più il punto di emissione di una sostanza inquinante è elevato, più l'inquinamento si disperde su ampie aree e più limitata è l'influenza della sorgente considerata sulla qualità dell'aria locale. Nelle mappe 2 e 3 sopra riportate, sono state indicate le tracce radar effettivamente registrate in un periodo campione preso ad esempio degli aeromobili in fase di decollo, considerando solo i punti in cui gli aerei non hanno superato i 400 m slm (in rosso) e i 600 m slm (in verde). Come si può osservare, il punto di Orio è tra quelli più direttamente interessati da emissioni a quote limitate. Il punto di Grassobbio è ancora più adatto in quanto, in fase di taxiing, come detto, i motori accesi sono direttamente in prossimità del punto recettore.



Mappa 4. Rotte aeree con indicati i siti di Bergamo Meucci e di Casirate.

Per l'interpretazione dei dati, le misure sono state confrontate con quelle di altre stazioni della rete fissa della qualità dell'aria della provincia, tra cui quella di Bergamo Meucci, ma anche quella di Casirate d'Adda, non interessate dalle rotte degli aeromobili e, soprattutto la seconda, distante dall'area di indagine. Per questi motivi, sarà considerata come sito di "bianco" per le emissioni legate direttamente all'aeroporto.

Ad Orio al Serio e a Grassobbio, le stazioni mobili sono attrezzate con la strumentazione per il rilevamento di:

- Monossido di Carbonio (CO)
- Biossido di zolfo (SO₂)
- Ossidi di Azoto (NO_x)
- Ozono (O₃)
- PM₁₀

Inoltre, il mezzo dispone della strumentazione necessaria alla misura di alcuni parametri meteo.

Durante la presente campagna sono stati installati anche campionatori passivi per il rilevamento di BTX, ovvero benzene, toluene, xileni (meta e para), e naftalene.

Laboratorio Mobile

La strumentazione utilizzata nel laboratorio mobile è del tutto simile a quella presente nelle stazioni fisse della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA). Gli analizzatori automatici installati rispondono alle caratteristiche previste dalla legislazione (D.lgs. 155 del 13 agosto 2010).

Anche per le altezze dei prelievi i criteri utilizzati sono quelli indicati dalle suddette norme, in particolare:

- il CO deve essere prelevato a 1.6 metri dal suolo (altezza uomo) e a non più di 5 metri dal ciglio della strada;
- le sonde per il prelievo di SO₂, NO_x, O₃ e PM₁₀ sono poste tra 1.5 e 4 m sopra il livello del suolo;
- i sensori meteorologici sono posizionati all'altezza di circa 8 metri (direzione e velocità del vento) e 4.5 metri di quota (temperatura, pioggia, umidità relativa).

I siti di misura prescelti rispettano i criteri di rappresentatività indicati per il posizionamento delle cabine fisse di rilevamento negli Allegati III, IV, VIII del D.lgs. 155 del 13 agosto 2010.

Campionatori Passivi

I campionatori passivi sono dispositivi capaci di raccogliere campioni di gas presenti in atmosfera senza far uso di aspirazione forzata: l'aria penetra per diffusione molecolare, depositandovi uno o più costituenti a secondo del materiale assorbente che si trova all'interno del campionario. I principali vantaggi di questa tecnica sono la semplicità di applicazione ed il basso costo. Utilizzando più campionatori distribuiti in modo regolare in un'area prefissata, si possono costruire mappe di concentrazione di un certo inquinante (COV, SO₂, O₃, NO₂), in modo più esteso ed economico che non con analizzatori convenzionali, sebbene il dettaglio temporale sia dell'ordine della settimana. Non è quindi una tecnica adatta per verificare il rispetto dei limiti di legge, ma una tecnica valida per descrivere la distribuzione media di un certo inquinante su una vasta area. In questa campagna di monitoraggio sono stati usati campionatori passivi per la misura contemporanea in più postazioni di benzene, toluene e m+p xileni.

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.

Biossido di zolfo (SO₂). La presenza in aria di SO₂ 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 un inquinante primario emesso per lo più a quota "camino". Dal 1970 ad 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.

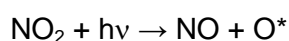
Ossidi di azoto (NO e NO₂). Gli ossidi di azoto (nel complesso indicati anche come NO_x) sono emessi direttamente in atmosfera dai processi di combustione ad alta temperatura (impianti di riscaldamento, motori dei veicoli, combustioni industriali, centrali di potenza, ecc.), per ossidazione dell'azoto atmosferico e, solo in piccola parte, per l'ossidazione dei composti dell'azoto contenuti nei combustibili utilizzati.

All'emissione, gran parte degli NO_x è in forma di monossido di azoto (NO), con un rapporto NO/NO₂ notevolmente a favore del primo. Si stima che il contenuto di biossido di azoto (NO₂) 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 NO₂. L'NO è quindi un inquinante primario mentre l'NO₂ 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 esso, attraverso la sua ossidazione in NO₂ e la sua partecipazione ad altri processi fotochimici, contribuisce, tra altro, alla produzione di ozono troposferico. Per il biossido di azoto sono invece previsti valori limite, riassunti in tabella 2.

Monossido di carbonio (CO). 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 miglioramento della tecnologia dei motori a combustione interna (introduzione di veicoli Euro 4 ed Euro 5).

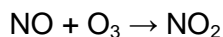
Ozono (O₃). E' un inquinante secondario, che non ha sorgenti emissive dirette di rilievo. La sua formazione avviene in seguito a reazioni chimiche in atmosfera tra i suoi precursori (soprattutto ossidi di azoto e composti organici volatili), reazioni che avvengono in presenza di alte temperature e forte 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 O^* l'ossigeno monoatomico nello stato eccitato. L'ossigeno atomico 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 NO₂:



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 NO₂ senza consumare ozono, di fatto spostando l'equilibrio del ciclo visto sopra e consentendo l'accumulo dell'O₃.

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.

Particolato atmosferico aerodisperso. E' 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 risollevarimento di polvere del suolo, incendi, pollini, spray marino, eruzioni vulcaniche; le sorgenti antropiche si riconducono 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 grandezza, 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 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 EN14907/2005).

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

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. Ai fini 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 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. Questi IPA sono presenti in atmosfera per lo più in fase particolato alle basse temperature invernali, mentre nei periodi più caldi dell'anno può diventare prevalente la fase gassosa.

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

La loro origine è associata 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 industriale (produzione ed utilizzo di vernici e solventi, lavorazione

materie plastiche, fonderie, acciaierie, ...). Per le emissioni di IPA non sono da trascurare le combustioni di biomasse.

Nella Tabella 1 sono riassunte le principali sorgenti di emissione di ognuno dei principali inquinanti atmosferici.

Inquinanti	Principali sorgenti di emissione	
Biossido di Zolfo*	SO ₂	Impianti riscaldamento, centrali di potenza, combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo (gasolio, carbone, oli combustibili)
Biossido di azoto*/*	NO ₂	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 ₃	Non ci sono significative sorgenti di emissione antropiche in atmosfera
Particolato atmosferico */**	PM ₁₀	Insieme di particelle raccolte da un sistema con efficienza di selezione definita dalla UNI-EN12341/2001, pari a 50% per un diametro aerodinamico uguale ai 10 µm, efficienza maggiore per dimensioni inferiori, efficienza nulla per diametro aerodinamico superiore a 16 µm. E' 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, processi industriali, combustioni di biomasse.

Tabella 1. Sorgenti emmissive dei principali inquinanti.

* = 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 recepisce la Direttiva Europea 2008/50/CE, 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. La Tabella 2 riassume i limiti previsti dalla normativa per i diversi inquinanti considerati.

Biossido di Zolfo	Valore Limite (µg/m ³)		Periodo di media
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 24 volte per anno civile)	350	1 ora
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 3 volte per anno civile)	125	24 ore

	Livello critico per la protezione della vegetazione	20	Anno civile e inverno (ott-mar)
	Soglia di allarme	500	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)
Biossido di Azoto	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di media
	Valore limite protezione salute umana (da non superare più di 18 volte per anno civile)	200	1 ora
	Valore limite protezione salute umana	40	Anno civile
	Soglia di allarme	400	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)
Ossidi di Azoto	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di media
	Livello critico protezione vegetazione	30	Anno civile
Monossido di Carbonio	Valore Limite (mg/m^3)		Periodo di media
	Valore limite protezione salute umana	10	8 ore
Ozono	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di media
	Valore obiettivo protezione salute umana (da non superare più di 25 volte per anno civile come media su tre anni)	120	8 ore
	Valore obiettivo protezione della vegetazione	18000	AOT40 ¹ (mag-lug) su 5 anni
	Soglia di informazione	180	1 ora
	Soglia di allarme	240	1 ora
Particolato Fine PM₁₀	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		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
Particolato Fine PM_{2,5}	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di media
	Valore limite protezione salute umana (da raggiungere nel 2015)	25	Anno civile
Idrocarburi non Metanici	Valore Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Periodo di media
Benzene	Valore limite	5	Anno civile

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

¹ 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.

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

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.

Dalla tabella risulta che per alcuni inquinanti con campagne di breve durata non è possibile esprimersi formalmente sul superamento di valori limite. 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.

Siti di Misura

I comuni di Grassobbio e Orio al Serio sorgono a sud-est di Bergamo, in prossimità dell'aeroporto "Caravaggio". Sono centri di pianura, di antica origine, che accanto alle tradizionali attività agricole hanno sviluppato attività industriali e commerciali.

Alcuni dati

Comune di Grassobbio

Latitudine: 45°39'49.63" N **Longitudine:** 9°42'50.73" E

Superficie : 8.74 km²

Altitudine: 225 m s.l.m. (min 196 - max 239)

Abitanti: 6 384 abitanti (01/01/2013 - Istat)

Densità abitativa: 730.32 ab./km²

Alcuni dati

Comune di Orio al Serio

Latitudine: 45°40'19.18" N **Longitudine:** 9°41'12.10" E

Superficie : 3.04 km²

Altitudine: 241 m s.l.m. (min 228 - max 247)

Abitanti: 1 762 abitanti (01/01/2013 - Istat)

Densità abitativa: 579.26 ab./km²



● Posizionamento dei mezzi mobili

I mezzi mobili sono stati posizionati in parcheggi, lungo la via Aeroporto, a Orio al Serio, e lungo la via Orio al Serio, a Grassobbio. Le postazioni sono sufficientemente aperte per il campionamento dell'area circostante.

Grassobbio:

i campionatori passivi sono stati posizionati presso il mezzo mobile, in via Amerigo Vespucci 25 e in via Pietro Mascagni 16.



Orio al Serio:

i campionatori passivi sono stati posizionati presso il mezzo mobile, in via Risorgimento 20 e in via Dante Alighieri 9.



Emissioni sul territorio

Per la stima delle principali sorgenti emissive sui territori comunali di Grassobbio e Orio al Serio, è stato utilizzato l'inventario regionale delle emissioni, INEMAR (Inventario Emissioni Aria), nella sua versione più recente, riferita all'anno 2010 – versione definitiva. 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.

Nell'ambito di tale inventario la suddivisione delle sorgenti avviene per attività emissive: la classificazione utilizzata fa riferimento ai macrosettori relativi all'inventario delle emissioni in atmosfera dell'Agenzia Europea per l'Ambiente CORINAIR (Coordination Information Air):

- Combustione per produzione di energia e trasformazione dei combustibili
- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Processi produttivi
- Estrazione e distribuzione combustibili
- Uso di solventi
- Trasporto su strada
- Altre sorgenti mobili e macchinari
- Agricoltura
- Altre sorgenti e assorbimenti

Per ciascun macrosettore vengono 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:

- Biossido di Zolfo (SO₂)
- Ossidi di Azoto (NO_x)
- Composti Organici Volatili non Metanici (NMCOV)
- Metano (CH₄)
- Monossido di Carbonio (CO)
- Biossido di Carbonio (CO₂)
- Ammoniaca (NH₃)
- Protossido di Azoto (N₂O)
- Polveri Totali Sospese (PTS), polveri con diametro inferiore ai 10 µm (PM₁₀) e ai 2.5 µm (PM_{2.5})
- Totale gas serra (espresso come CO₂ equivalente)
- Totale sostanze acidificanti
- Totale precursori dell'ozono
- Benzo[a]pirene
- Idrocarburi Policiclici Aromatici - (4 convenzione LRTAP)
- Elemental Carbon
- Organic Carbon
- Benzo(b)fluorantene

- Benzo(k)fluorantene
- Indeno(cd)pirene

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

I dati di INEMAR sono stati elaborati al fine di definire i contributi dei singoli macrosettori alle emissioni in atmosfera dei principali inquinanti nei comuni.

A Grassobbio, le emissioni totali annue di **Biossido di Zolfo (SO₂)** derivano, principalmente, dal Macrosettore Altre sorgenti mobili e macchinari, che comprende quelle del traffico aereo, mentre ad Orio al Serio dalla Combustione nell'industria. In entrambi i Comuni le percentuali di influenza superano il 50%.

Il Trasporto su strada contribuisce circa per il 44% delle emissioni del **monossido di Carbonio (CO) a Grassobbio**, mentre la combustione legata al riscaldamento domestico, influisce per circa il 40%, raggiungendo insieme il 84% del totale delle emissioni. Ad Orio al Serio, le emissioni principali sono legate alle Altre sorgenti mobili e macchinari (47%), sempre in connessione al traffico aereo, e al Trasporto su strada (32%), per un totale del 79%.

Le emissioni di **Ossidi di Azoto (NO_x)** sono in gran parte dovute al Trasporto in entrambi i comuni, ma ad Orio, il macrosettore Altre sorgenti mobili e macchinari contribuiscono per il 57%.

La principale sorgente emissiva per i **Composti Organici Volatili** è l'uso di solventi che incide per il 67% (Grassobbio) - 58% (Orio al Serio) delle emissioni totali.

Si evidenzia che nell'inventario delle emissioni INEMAR, le emissioni totali indotte dall'aeroporto sopra riportate sono stimate come somma delle emissioni dei mezzi di supporto a terra e degli aerei impegnati nel ciclo "LTO - Landing and Take Off" dal momento in cui l'aereo in fase di atterraggio è sceso sotto i 1000 m e fino al momento in cui l'aereo in fase di decollo ha superato i 1000 m. Pertanto nell'inventario si considerano tutte le emissioni che possono influenzare la qualità dell'aria sulla scala di bacino. Tali emissioni quindi non necessariamente impattano in toto sulla qualità dell'aria locale.

Si riportano nelle tabelle 3, 4 e 5 i valori assoluti delle stime relative ai principali inquinanti emessi dai diversi tipi di sorgente all'interno dei comuni interessati alla campagna di monitoraggio. Per un confronto si riportano anche le stime riferite all'intera provincia di Bergamo.

**ARPA Lombardia - Regione Lombardia. Inemar 2010.
Stima Emissioni a Grassobbio**

MACROSETTORE	COV	PM2.5	N2O	SOST_A C	SO2	CH4	PTS	BbF	PM10	PREC_ OZ	BaP	EC
	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kg/anno	t/anno	t/anno	kg/anno	t/anno
Produzione energia e trasform. combustibili												
Combustione non industriale	8	10	0.5	0.2	1	7	11	4	10	30	5	1
Combustione nell'industria	4	1	0.2	1	3	0.5	1	0.3	1	32	0.2	0.2
Processi produttivi	3	0.1				0.1	1	0.01	1	3	0.01	
Estrazione e distribuzione combustibili	7					146				9		
Uso di solventi	121	0.2					0.4		0.2	121		
Trasporto su strada	18	7	1	3	0.2	2	11	0.2	9	192	0.2	3
Altre sorgenti mobili e macchinari	5	1	0.02	1	4	0.01	1	0.01	1	67	0.01	0.4
Trattamento e smaltimento rifiuti	0.03	0.01				0.002	0.01	0.0001	0.01	0.03	0.0001	0.002
Agricoltura	13	0.01	2	1		36	0.1		0.04	13		
Altre sorgenti e assorbimenti*	0.1	0.3	0.001	0.001	0.005	0.04	0.3	0.01	0.3	0.2	0.02	0.05
Totale	180.2	18.6	3.4	5.9	7.0	191.8	24.8	4.9	21.4	468.4	5.0	5.0

**ARPA Lombardia - Regione Lombardia. Inemar 2010.
Stima Emissioni a Grassobbio**

MACROSETTORE	BkF	NOx	CO	CO2_eq	OC	lcdP	CO2	NH3	IPA- CLTRP
	kg	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	kt/anno	kg/anno	t/anno	kg/anno
Produzione energia e trasform. combustibili									
Combustione non industriale	3	8	103	10	5	3	10	0.2	15
Combustione nell'industria	0.1	22	6	20	0.2	0.1	20	0.1	1
Processi produttivi	0.01			0.001		0.01			0.03
Estrazione e distribuzione combustibili				3					
Uso di solventi				1					
Trasporto su strada	0.2	132	114	30	1.4	0.2	29	2	1
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.004	48	36	11	0.2	0.004	10.9	0.001	0.02
Trattamento e smaltimento rifiuti	0.0001	0.0004	0.03		0.003	0.0001			0.0004
Agricoltura		0.1		1.4				16	
Altre sorgenti e assorbimenti*	0.1	0.02	0.5	-0.1	0.2	0.05	-0.1		0.1
Totale	3.0	210.7	258.9	76.1	7.2	3.6	70.2	18.3	16.5

* i valori negativi indicano gli assorbimenti forestali

Tabella 3. Emissioni nel comune di Grassobbio relative all'anno 2010.

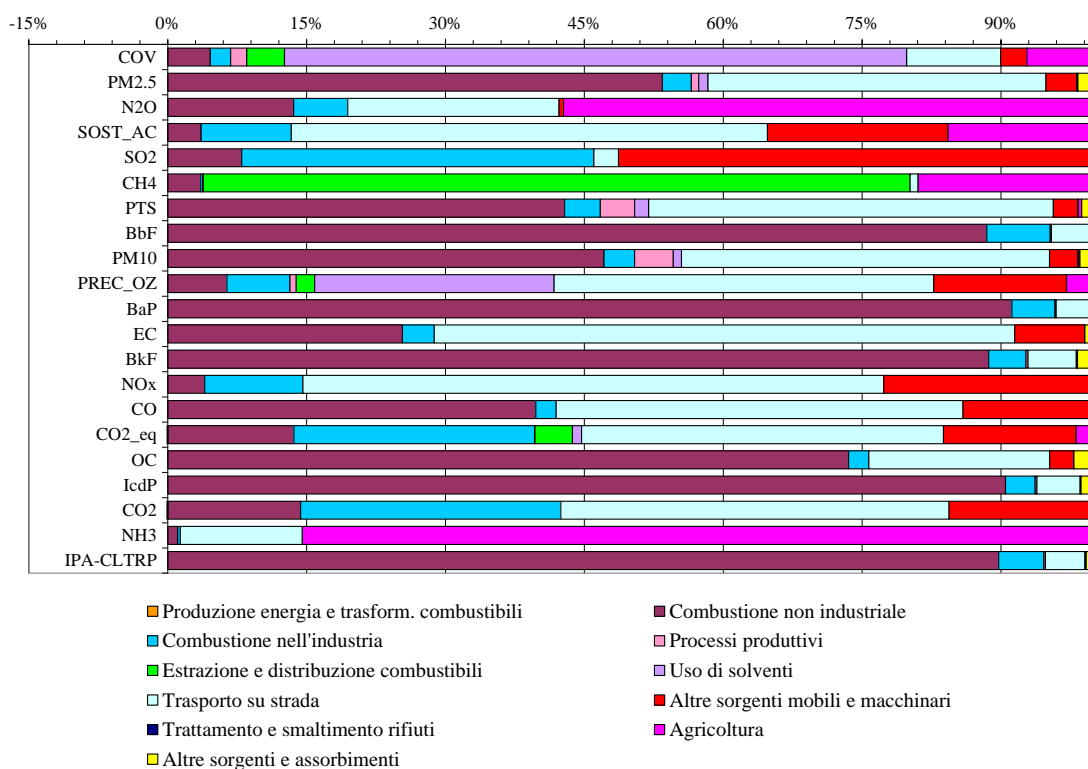


Figura 1. Ripartizione % delle emissioni nel territorio di Grassobbio

ARPA Lombardia - Regione Lombardia. Inemar 2010
Stima Emissioni a Orio al Serio

MACROSETTORE	COV	PM2.5	N2O	SOST_AC	SO2	CH4	PTS	BbF	PM10	PREC_OZ	BaP	EC
	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kg/anno	t/anno	t/anno	kg/anno	t/anno
Produzione energia e trasform. combustibili												
Combustione non industriale	3	3	0.2	0.1	0.3	2	3	1	3	14	1	0.4
Combustione nell'industria	1	0.3	0.1	0.4	9	0.1	1	0.1	0.4	5	0.04	0.05
Processi produttivi	1						0.01		0.01	1		
Estrazione e distribuzione combustibili	1					40				2		
Uso di solventi	37	0.01					0.04		0.03	37		
Trasporto su strada	6	3	0.3	2	0.1	1	5	0.1	4	97	0.1	2
Altre sorgenti mobili e macchinari	11	3	1	2	6	0.1	3	0.001	3	147	0.02	1
Trattamento e smaltimento rifiuti	0.01	0.003				0.0005	0.004		0.003	0.01		0.001
Agricoltura	4		0.4	0.03						4		
Altre sorgenti e assorbimenti	0.01	0.1	0.0003	0.0002	0.001	0.01	0.1	0.004	0.1	0.03	0.005	0.01
Totale	64	10	2	5	16	44	12	1	11	307	2	3

ARPA Lombardia - Regione Lombardia. Inemar 2010
Stima Emissioni a Orio al Serio

MACROSETTORE	BkF	NOx	CO	CO2_eq	OC	IcdP	CO2	NH3	IPA-CLTRP
	kg	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	kt/anno	kg/anno	t/anno	kg/anno
Produzione energia e trasform. combustibili									
Combustione non industriale	1	6	34	9	2	1	9	0.1	5
Combustione nell'industria	0.02	3	1	2	0.03	0.02	2	0.01	0.2
Processi produttivi									
Estrazione e distribuzione combustibili				1					
Uso di solventi				0.2					
Trasporto su strada	0.1	70	53	15	1	0.1	15	1	0.3
Altre sorgenti mobili e macchinari	0.0004	105	77	20	1	0.0004	19	0.004	0.03
Trattamento e smaltimento rifiuti		0.0001	0.01		0.001				
Agricoltura				0.1				1	
Altre sorgenti e assorbimenti*	0.01	0.01	0.1	0.0003	0.04	0.01			0.04
Totale	1	184	164	47	3	1	45	2	5

Tabella 4. Emissioni nel comune di Orio al Serio relative all'anno 2010.

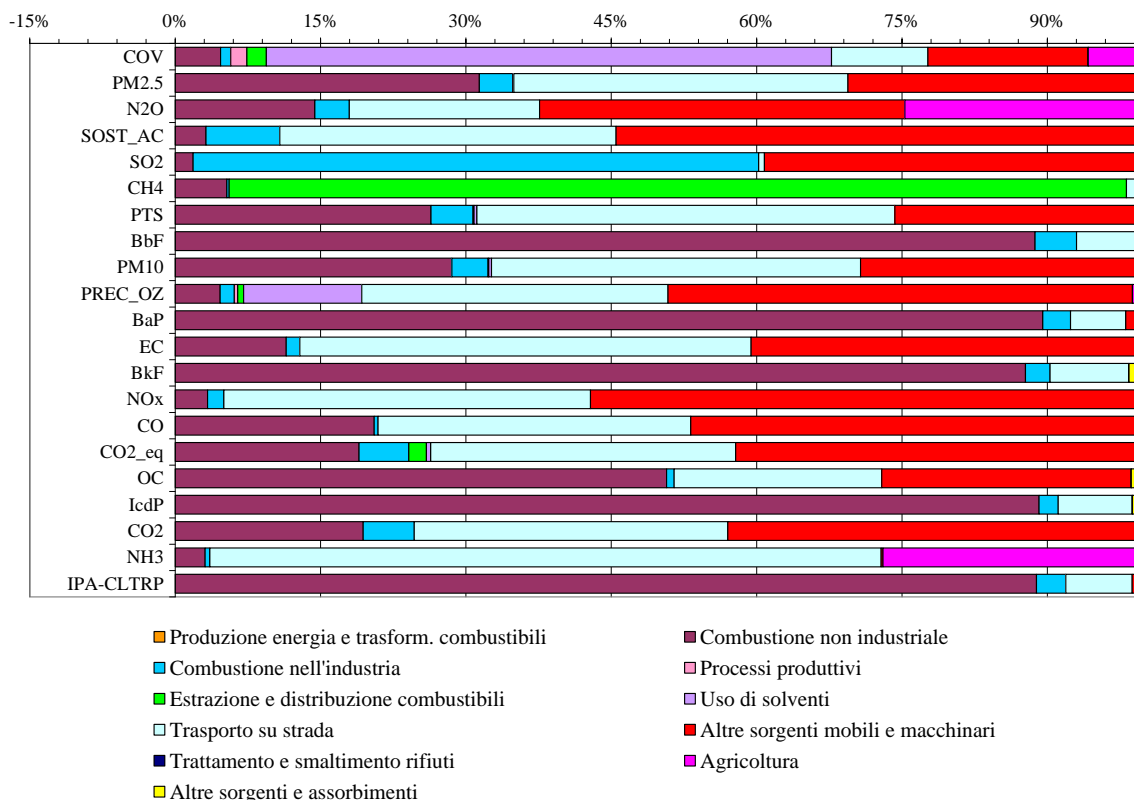


Figura 2. Ripartizione delle emissioni nel territorio di Orio Al Serio

**ARPA Lombardia - Regione Lombardia. Inemar 2010.
Stima Emissioni Provincia Bergamo**

MACROSETTORE	COV	PM2.5	N2O	SOST_A C	SO2	CH4	PTS	BbF	PM10	PREC_OZ	BaP	EC
	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kg/anno	t/anno	t/anno	kg/anno	t/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	8	1	0	5	1	8	1	0	1	304	0	0
Combustione non industriale	1990	1861	86	40	120	1215	1986	616	1887	5820	646	209
Combustione nell'industria	526	116	119	112	1003	107	191	18	141	5200	14	7
Processi produttivi	722	73	5	30	539	16	198	1	162	2180	1	0
Estrazione e distribuzione combustibili	861					9899				1000		
Uso di solventi	9953	3		0	0		6		4	9971		
Trasporto su strada	2226	494	70	190	13	172	790	15	635	13400	12	223
Altre sorgenti mobili e macchinari	180	51	6	28	27	2	51	1	51	1762	1	20
Trattamento e smaltimento rifiuti	18	41	65	17	144	6339	42	13	41	765	13	1
Agricoltura	4201	33	926	490	0	16616	154	0	81	4469	0	0
Altre sorgenti e assorbimenti*	11156	59	0	0	1	219	59	3	59	11177	3	9
Totale	31841	2731	1277	912	1848	34592	3479	667	3064	56047	690	468

**ARPA Lombardia - Regione Lombardia. Inemar 2010.
Stima Emissioni Provincia Bergamo**

MACROSETTORE	BkF	NOx	CO	CO2_eq	OC	IcdP	CO2	NH3	IPA- CLTRP
	kg	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	kt/anno	kg/anno	t/anno	kg/anno
Produzione energia e trasform. combustibili	0	236	68	172	0	0	171		0
Combustione non industriale	361	1590	17021	1998	1020	460	1946	35	2083
Combustione nell'industria	10	3608	2472	2196	13	10	2157	30	52
Processi produttivi	1	505	7652	1127	1	1	1125	30	4
Estrazione e distribuzione combustibili				208					
Uso di solventi		14	3	133				0	
Trasporto su strada	12	8323	9248	2102	106	12	2077	145	51
Altre sorgenti mobili e macchinari	1	1238	646	154	13	1	152	0	4
Trattamento e smaltimento rifiuti	13	527	138	387	1	13	234	23	50
Agricoltura	0	29	0	636	0	0		8318	0
Altre sorgenti e assorbimenti*	10	5	111	-760	28	10	-765	0	26
Totale	408	16076	37360	8353	1183	505	7097	8583	2270

* i valori negativi indicano gli assorbimenti forestali

Tabella 5. Emissioni nella provincia di Bergamo nell'anno 2010.

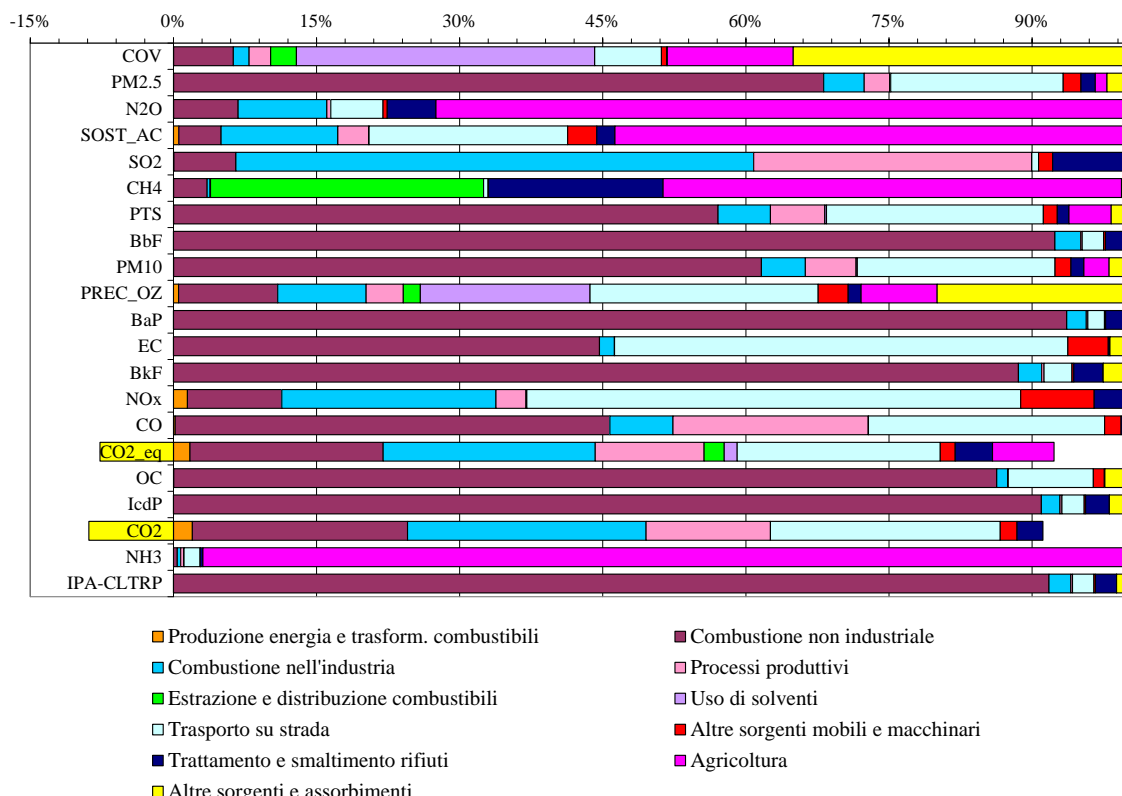


Figura 3. Ripartizione delle emissioni nel territorio nella Provincia di Bergamo.

Per il **Particolato (PM₁₀ e PM_{2,5})** le principali fonti emissive sono ancora **il Trasporto, il riscaldamento domestico**, e ad Orio al Serio, **Altre sorgenti mobili e macchinari**. Gli altri macrosettori influiscono in maniera meno incisiva.

Per un maggior dettaglio, nelle tabelle 6, 7 e 8 sono riportate le quantità di inquinante emesse per macrosetto in relazione al tipo di combustibile utilizzato.

Si evidenzia che:

- nel macrosetto Trasporto su strada, le polveri legate al risollevarlo dovuto al passaggio di mezzi sono confrontabili con quelle legate all'uso dei motori diesel;
- nel macrosetto Combustione non industriale, la quasi totalità delle emissioni è legata alla combustione della legna, nel riscaldamento domestico o all'aperto.
- secondo la convenzione adottata in Inemar, la voce "senza combustibile" nel macrosetto Combustione nell'industria, non indica necessariamente l'assenza di combustione ma che i fattori di emissione adottati dipendono dal materiale trattato o dal processo considerato e non sono riferiti al particolare combustibile utilizzato. Secondo la nomenclatura SNAP, il macrosetto 3 (combustione nell'industria) comprende alcune attività raggruppate nel settore 3.3 (combustione con contatto) per le quali le emissioni sono dipendenti principalmente dal tipo di materiale prodotto anziché dal tipo di combustibile utilizzato.

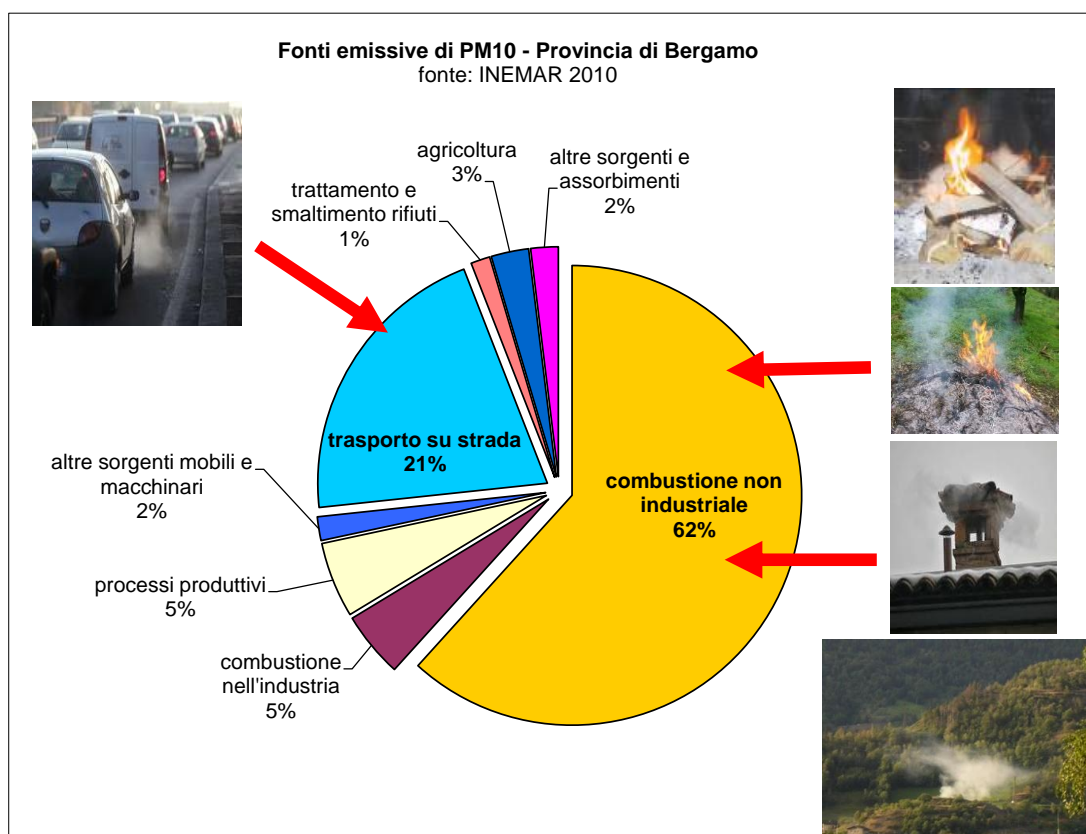


Figura 4. Ripartizione delle emissioni nel territorio nella Provincia di Bergamo.

Fonti emissive - macrosettore	Tipo di Combustibile	PM10 t/anno	totale t/anno	% di influenza
Produzione energia e trasformazione combustibili	gas naturale (metano)	0.6	1	0.02%
	gasolio	0.001		
Combustione non industriale	gas naturale (metano)	6	1887	62%
	gasolio	6		
	gas petrolio liquido (GPL)	0.2		
	biogas da letame	0.03		
	legna e similari	1874		
Combustione nell'industria	gasolio	2	141	5%
	olio combustibile	4		
	carbone da vapore	10		
	gas naturale (metano)	11		
	gas petrolio liquido (GPL)	0.1		
	legna e similari	20		
	senza combustibile	45		
	petcoke	46		
	combustibili da rifiuti	0.3		
	biogas (gas da depositi di rifiuti)	0.001		
	coke da carbone	3		
Processi produttivi	senza combustibile	162	162	5%
Estrazione e distribuzione combustibili	senza combustibile	0	-	-
Uso di solventi	senza combustibile	4	4	0.1%
Trasporto su strada	gas naturale (metano)	0.04	635	21%
	benzina senza piombo	23		
	gasolio per autotrasporto (diesel)	308		
	gas petrolio liquido (GPL)	0.5		
	senza combustibile	303		
Altre sorgenti mobili e macchinari	benzina senza piombo	0.2	51	2%
	gasolio per autotrasporto (diesel)	48		
	kerosene	3		
	marine diesel oil	0.2		
Trattamento e smaltimento rifiuti	residui animali	1	41	1%
	rifiuti industriali	1		
	rifiuti solidi urbani	39		
	senza combustibile	1		
	residui agricoli	0.5		
	biogas (gas da depositi di rifiuti)	0.1		
Agricoltura	senza combustibile	81	81	3%
Altre sorgenti e assorbimenti	senza combustibile	59	59	2%
Totale		3063	3063	100%

Tabella 6. Emissioni di PM10 nella provincia di Bergamo nell'anno 2010 per macrosettore, in relazione al tipo di combustibile utilizzato.

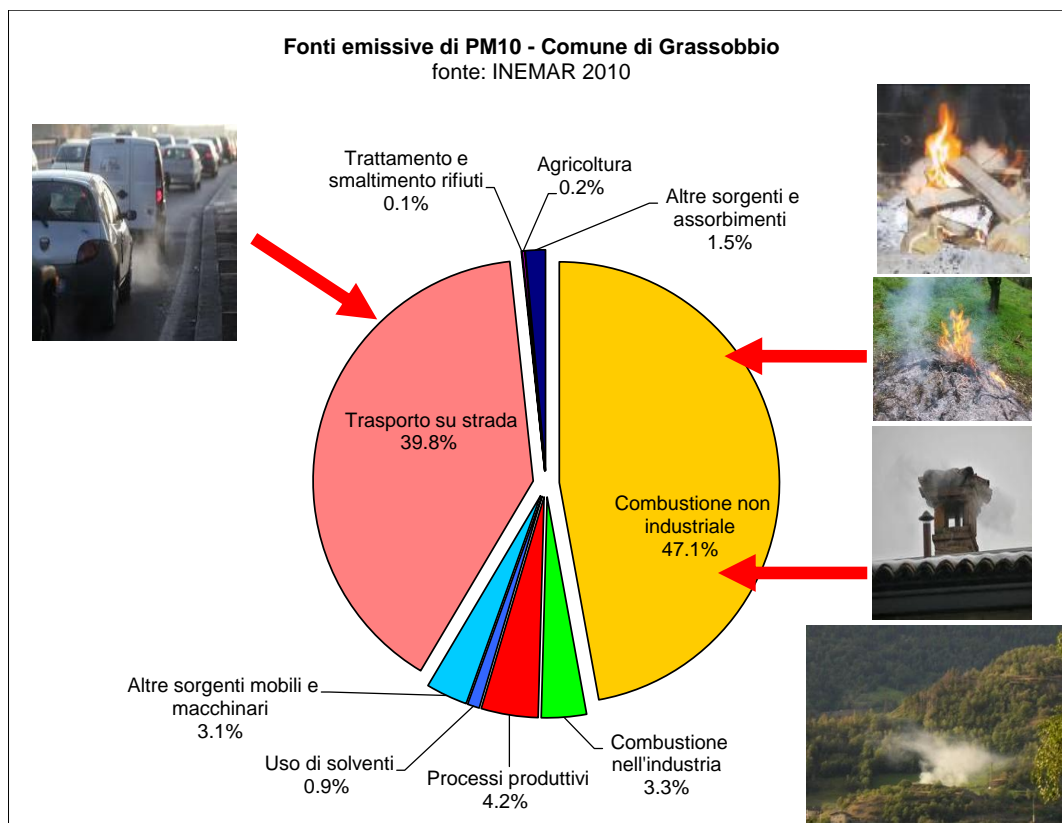


Figura 5. Ripartizione delle emissioni nel territorio del comune di Grassobbio.

Comune di Grassobbio

INEMAR_ Emissioni relative all'anno 2010

Fonti emissive - macrosettore	Tipo di Combustibile	PM10 t/anno	totale t/anno	% di influenza
Combustione non industriale	Legna e similari	10.02679	10.085	47.1%
	Gasolio	0.02333		
	GPL	0.00108		
	Metano	0.03421		
Combustione nell'industria	Gasolio	0.03183	0.707	3.3%
	Olio combustibile	0.06634		
	GPL	0.00112		
	Senza combustibile	0		
	Legna e similari	0.54351		
	Metano	0.06411		
Processi produttivi	senza combustibile	0.89414	0.894	4.2%
Estrazione e distribuzione combustibili	senza combustibile	0	-	-
Uso di solventi	senza combustibile	0.18815	0.188	0.9%
Trasporto su strada	Senza combustibile	3.83762	8.509	39.8%
	Diesel	4.47144		
	Metano	0.0009		
	GPL	0.00719		
	Benzina	0.19181		
Altre sorgenti mobili e macchinari	Benzina	0.00073	0.654	3.1%
	Diesel	0.23536		
	Kerosene	0.41825		
Trattamento e smaltimento rifiuti	Senza combustibile	0.00603	0.012	0.1%
	Altro	0.00609		
Agricoltura	senza combustibile	0.03647	0.036	0.2%
Altre sorgenti e assorbimenti	senza combustibile	0.31503	0.315	1.5%
Totale		21.402	21.402	100%

Tabella 7. Emissioni di PM10 nel comune di Grassobbio nell'anno 2010 per macrosettore, in relazione al tipo di combustibile utilizzato.

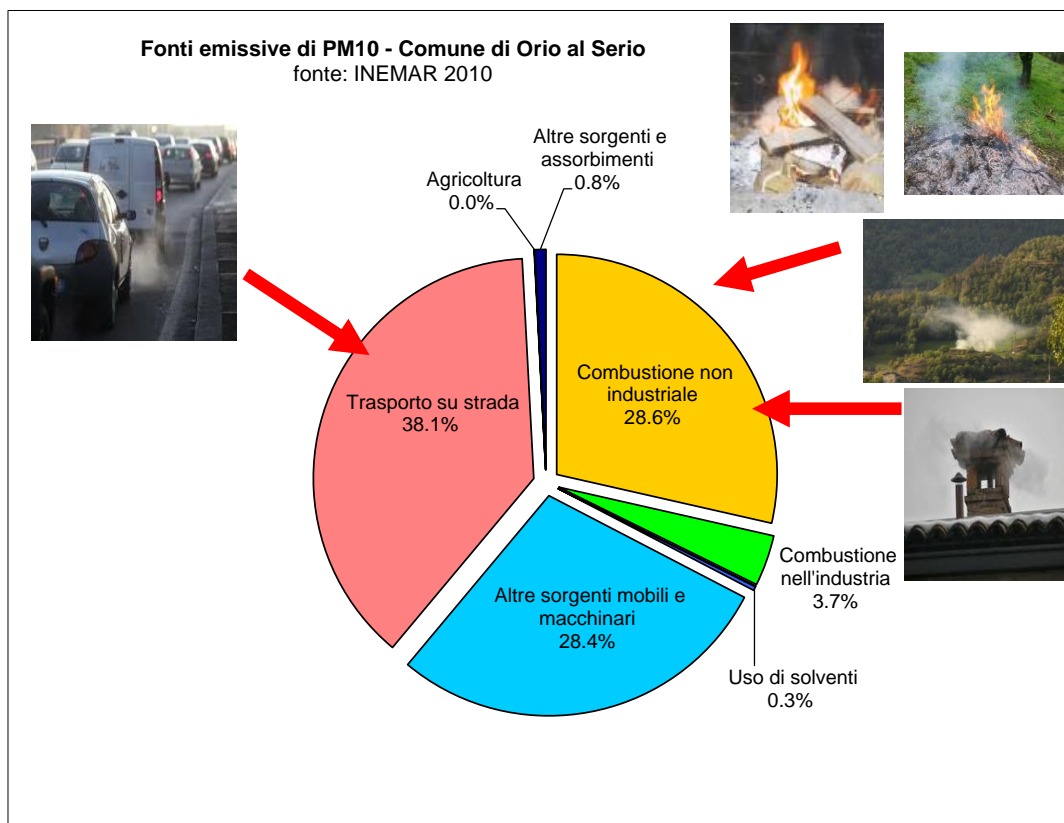


Figura 6. Ripartizione delle emissioni nel territorio del comune di Orio al Serio.

Comune di Orio al Serio

INEMAR_ Emissioni relative all'anno 2010

Fonti emissive - macrosettore	Tipo di Combustibile	PM10 t/anno	totale t/anno	% di influenza
Combustione non industriale	Legna e similari	3.02938	3.07	28.5%
	Gasolio	0.01		
	Metano	0.03		
Combustione nell'industria	Gasolio	0.01	0.40	3.7%
	Olio combustibile	0.2726		
	GPL	0.00		
	Senza combustibile	0.02		
	Legna e similari	0.100		
	Metano	0.00		
Processi produttivi	senza combustibile	0	0	0%
Estrazione e distribuzione combustibili	senza combustibile	0.00	0.03	0.3%
Uso di solventi	senza combustibile	0.03	0.03	0.3%
Trasporto su strada	Senza combustibile	1.77	4.10	38.0%
	Diesel	2.2595		
	Metano	0.000		
	GPL	0.00		
	Benzina	0.0704		
Altre sorgenti mobili e macchinari	Benzina	0.00	3.06	28.4%
	Diesel	2.36		
	Kerosene	0.705		
Trattamento e smaltimento rifiuti	Senza combustibile	0.002	0.003	0.0%
	Altro	0		
Agricoltura	senza combustibile	0.00	0.00	0.0%
Altre sorgenti e assorbimenti	senza combustibile	0.09	0.09	0.8%
Totale		10.767	10.798	100%

Tabella 8. Emissioni di PM10 nel comune di Orio al Serio nell'anno 2010 per macrosettore, in relazione al tipo di combustibile utilizzato.

Situazione meteorologica nel periodo di misura

I livelli di concentrazione degli inquinanti atmosferici in un sito dipendono dalla quantità e dalle modalità di emissione degli inquinanti stessi nell'area, ma anche 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.

La situazione meteorologica nella prima fase della campagna (8-12 maggio) è stata caratterizzata da instabilità, che ha portato a deboli precipitazioni. Un breve periodo di stabilità atmosferica (13-21 maggio) di matrice afromediterranea, è stato poi sostituito da tempo perturbato, dovuto all'avvicinamento da sud-ovest di una depressione, accompagnata da fenomeni significativi sotto forma di temporali o rovesci (22 maggio – 5 giugno). Dal 6 al 12 giugno, la rimonta di un anticiclone caldo dal Nord Africa ha portato tempo stabile e condizioni meteorologiche estive, caratterizzate da elevata temperatura. Dal 13 giugno fino alla fine della campagna di monitoraggio, il tempo è stato caratterizzato da condizioni meteorologiche variabili, con frequenti precipitazioni, temperature più fresche.

Per i motivi sopra esposti, la temperatura media giornaliera ha subito, al netto di alcune escursioni, un progressivo incremento fino a metà giugno, passando da un valore minimo giornaliero di 13.6°C (13 maggio a Orio al Serio) ad uno massimo di 29°C (12 giugno a Grassobbio), abbassandosi poi bruscamente per il resto del periodo. La massima media oraria è stata registrata l'11 giugno alle 16 (35.5°C a Grassobbio), la minima media oraria è stata registrata il 14 maggio alle 4 (8.5°C a Orio al Serio) e la media relativa all'intero periodo, infine, è risultata pari a 21.0°C a Grassobbio e 20.3 °C a Orio al Serio. L'umidità relativa ha fatto registrare un valore medio pari a 57% a Grassobbio e 61% a Orio al Serio, con oscillazioni delle medie giornaliere tra 28% e 90%. Durante il periodo di misura hanno avuto luogo 30 fenomeni di precipitazione, raggiungendo un massimo di 57.6 mm di pioggia il 25 giugno; nell'intero periodo di misura (62 giorni) sono stati registrati 259 mm di pioggia. Il vento rilevato nelle due postazioni è risultato generalmente debole (< 2.5 m/s), con direzione di provenienza, principalmente, da settori meridionali durante il giorno (dalle 9 alle 20) e da settori settentrionali di notte (dalle 21 alle 8).

Si riportano di seguito le tabelle 9 e 10 con le principali indicazioni delle condizioni meteorologiche misurate con la strumentazione dei mezzi mobili, durante lo svolgimento delle campagne di monitoraggio.

Grassobbio:

Periodo:	dal		al	
	unità di misura	8-mag-14	max media giornaliera	8-lug-14
densità di potenza media della radiazione globale	W/m ²	503	704	
pressione	hpa	987	996	981
temperatura	° C	21.0	29.0	14.7
velocità vento	m/s	2.5	3.3	
umidità relativa	%	57	84	28

n.b. La radiazione è quella tra le 8 e le 19

	unità di misura	cumulata sul periodo	max cumulata giornaliera
precipitazione	mm	259	58

Tabella 9. statistica dei principali parametri meteo rilevati a Grassobbio.

Orio al Serio:

Periodo:	dal		al	
	unità di misura	8-mag-14	max media giornaliera	8-lug-14
densità di potenza media della radiazione globale	W/m ²	477	658	
pressione	hpa	985	991	980
temperatura	° C	20.3	28.2	13.6
velocità vento	m/s	1.9	3.0	
umidità relativa	%	61	90	29

n.b. La radiazione è quella tra le 8 e le 19

Tabella 10. statistica dei principali parametri meteo rilevati a Orio al Serio.

Si riportano di seguito gli andamenti relativi ai principali parametri meteorologici rilevati nel periodo di misura con la strumentazione dei mezzi mobili.

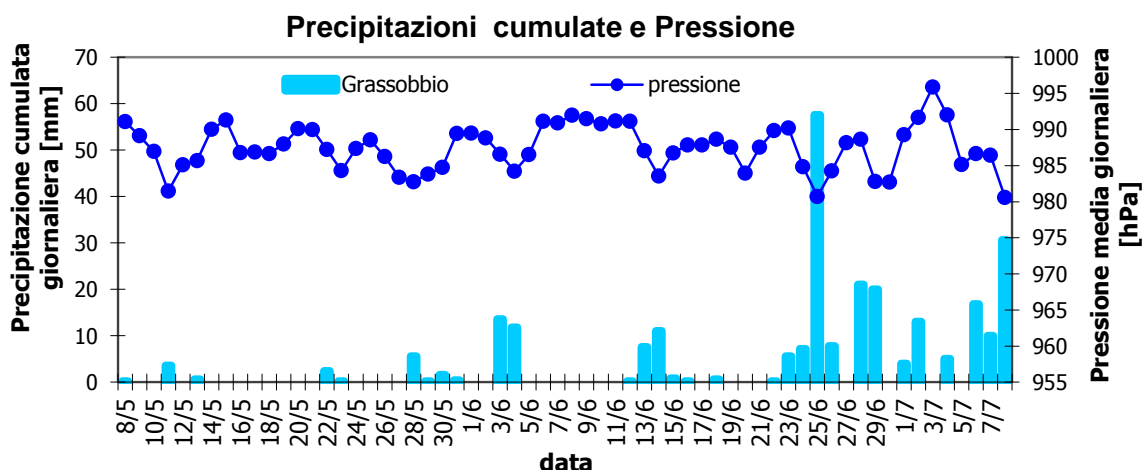
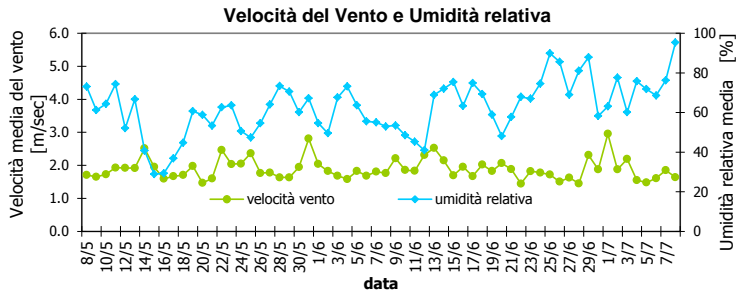


Figura 7. Valori giornalieri di precipitazione e pressione rilevate a Grassobbio.

dati di Orio al Serio



dati di Grassobbio

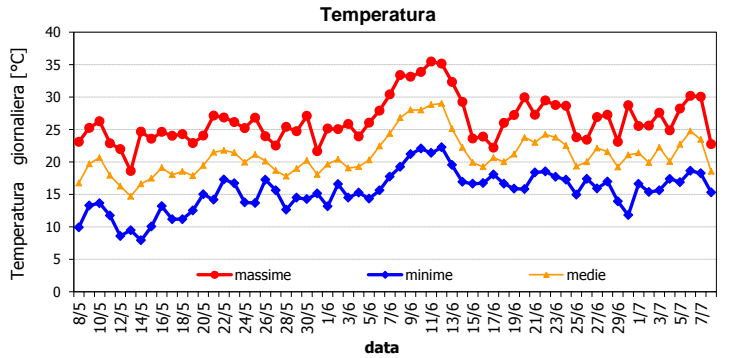
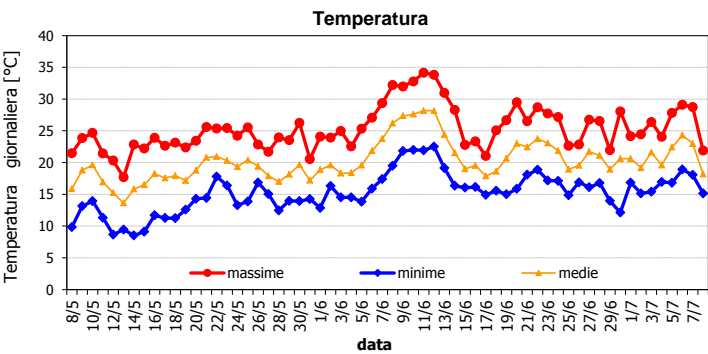
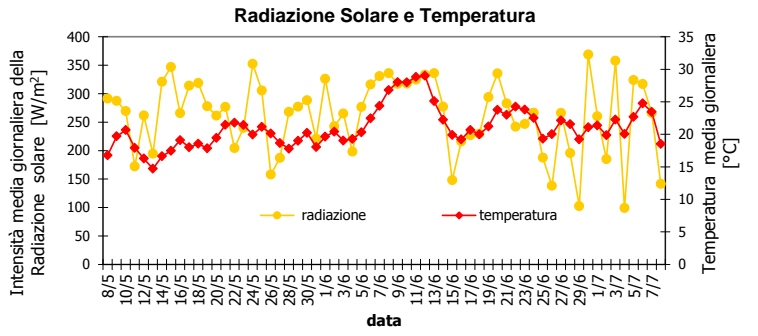
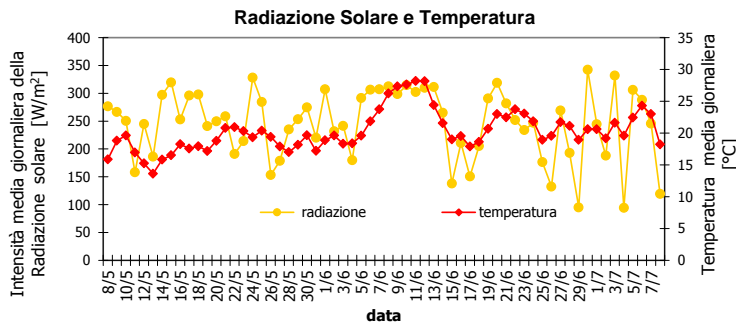
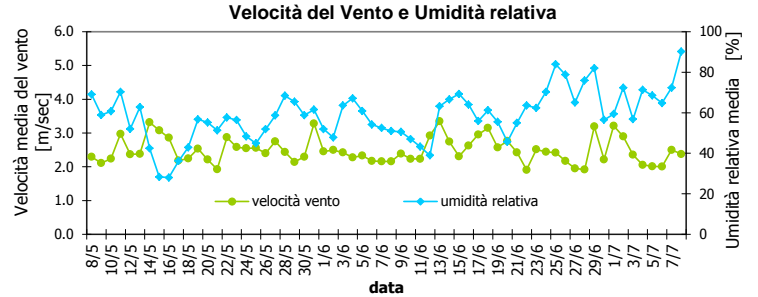
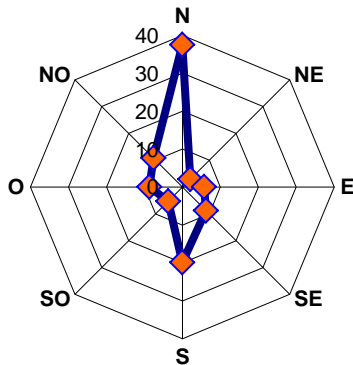


Figura 8. Parametri meteo rilevati a Grassobbio e a Orio al Serio.

dati di Orio al Serio

calme: 0% dei casi
variabile: 0% dei casi

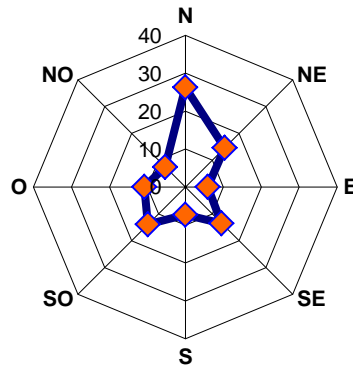


**Rosa dei venti
Orio**

NB: indica la % dei casi in cui si è registrata una determinata DV, rispetto al totale delle ore di campagna

dati di Grassobbio

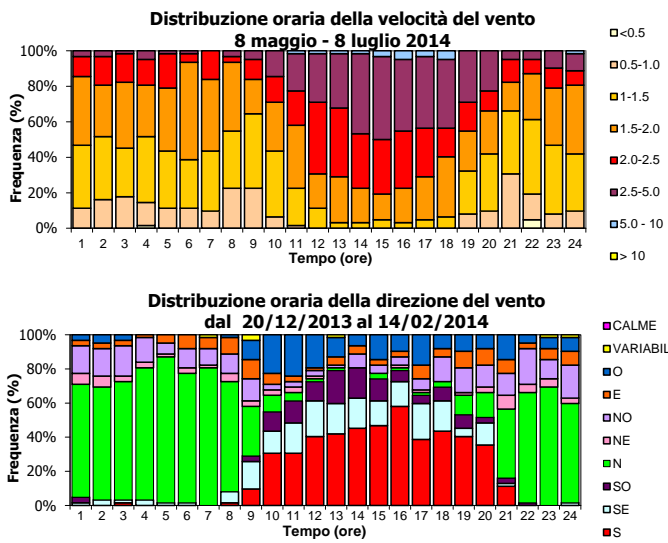
calme: 0% dei casi
variabile: 0% dei casi



**Rosa dei venti
Grassobbio**

NB: indica la % dei casi in cui si è registrata una determinata DV, rispetto al totale delle ore di campagna

dati di Orio al Serio



dati di Grassobbio

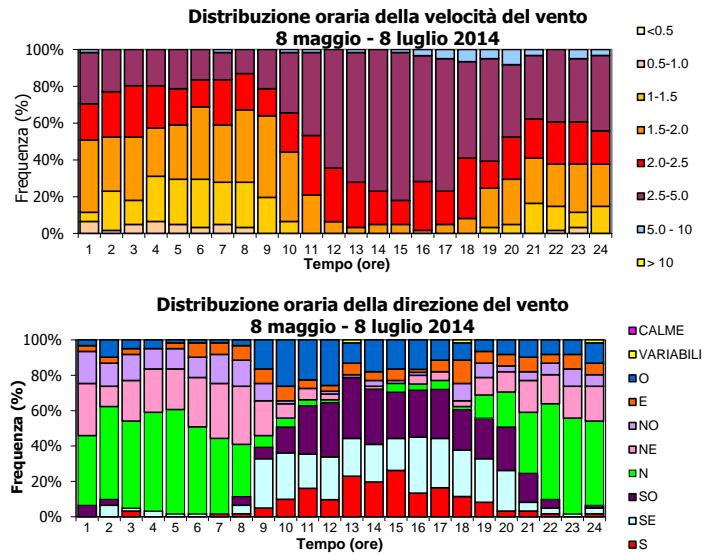


Figura 9. Vento rilevato a Grassobbio e a Orio al Serio.

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

La strumentazione presente sui laboratori mobili ha permesso il monitoraggio a cadenza oraria degli inquinanti gassosi, quali ossidi di azoto (NO ed NO₂), ozono (O₃), monossido di carbonio (CO), biossido di zolfo (SO₂), oltre alla misura giornaliera del particolato fine (PM₁₀). I COV sono stati monitorati con i campionatori passivi.

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, in altre postazioni. I livelli di concentrazione misurati in campagna, sono stati pertanto confrontati con quelli registrati nel medesimo periodo, dalla strumentazione presente in alcune centraline appartenenti alla rete fissa della qualità dell'aria della provincia di Bergamo e con i rispettivi limiti normativi.

Nella tabella seguente è fornita una descrizione delle postazioni della rete in termini di localizzazione e tipologia di destinazione urbana, considerando la proposta più recente di classificazione secondo la nuova normativa italiana definita nel D. Lgs. 155/2010.

	Rete	Tipo zona Dec. 2001/752/CE	Tipo stazione Decisione 2001/752/CE	Quota s.l.m. (m)	Periodo di misura
Grassobbio	PUB	Suburbana	Traffico (area industriale prossima aeroporto)	225	Dal 20/12/13 al 14/2/14
Orio al Serio	PUB	Suburbana	Fondo (vicino aeroporto)	241	Dal 20/12/13 al 14/2/14
Bergamo-Meucci	PUB	Urbana	Fondo	249	Stazione Fissa
Bergamo-Garibaldi	PUB	Urbana	Traffico	249	Stazione Fissa
Bergamo-Goisis	PUB	Suburbana	Fondo	290	Stazione Fissa
Osio Sotto	PRIV	Suburbana	Fondo	182	Stazione Fissa
Dalmine	PUB	Urbana	Traffico	207	Stazione Fissa
Lallio	PRIV	Urbana	Traffico	207	Stazione Fissa
Treviglio	PUB	Urbana	Traffico	125	Stazione Fissa
Casirate d'Adda	PRIV	Rurale	Fondo	100	Stazione Fissa

Tabella 11. Caratteristiche del sito di campionamento e delle centraline fisse di confronto.

TIPI DI ZONA (ai sensi del D. Lgs. 155/2010)

- ✓ Urbana: area edificata in continuo o almeno in modo predominante
- ✓ Suburbana: area largamente edificata in cui sono presenti sia zone edificate, sia zone non urbanizzate
- ✓ Rurale: tutte le aree diverse da quelle urbane e suburbane. Il sito fisso si definisce rurale remoto se è localizzato ad una distanza maggiore di 50 km dalle fonti di emissione

TIPI DI STAZIONE (ai sensi del D. Lgs. 155/2010)

- ✓ Traffico: stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico media alta;
- ✓ Industriale: stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe;
- ✓ Fondo: stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.), ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravvento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito.

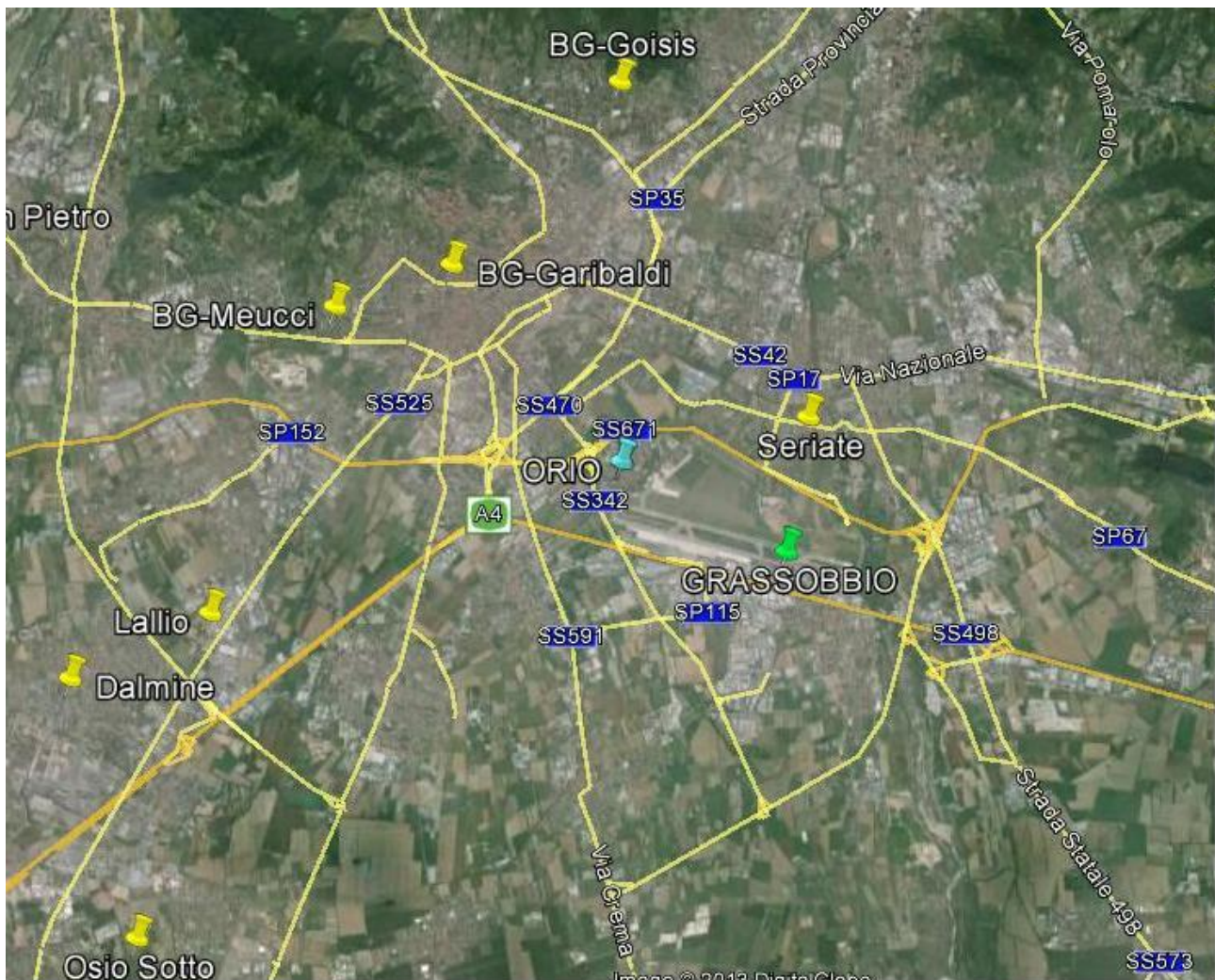


Figura 10. Inquadramento territoriale.

Per consentire un confronto tra i due siti, i dati sono stati analizzati in parallelo.

L'evoluzione temporale dell'inquinante monitorato è rappresentata nelle 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 23.00 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 pre-festivi ovvero festivi) del periodo in questione. I giorni feriali, pre-festivi 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.

Per rendere più leggibile il confronto tra i dati rilevati nelle diverse centraline, nelle tabelle si riportano alcuni dati relativi alle caratteristiche del sito di campionamento e altri dati statistici riferiti all'inquinante monitorato:

- % rendimento dello strumento;
- media su tutto il periodo delle concentrazioni;

- valore massimo orario registrato;
- numero giorni in cui sono stati registrati dei superamenti dei limiti normativi.

CO

I livelli di monossido di carbonio misurati a Grassobbio e ad Orio al Serio non sono stati significativi, con poca variabilità tra le medie orarie. Il limite di 10 mg/m^3 , come media mobile su 8 ore, non è stato mai raggiunto.

Il valore medio sul periodo è stato di 0.2 mg/m^3 a Grassobbio e 0.3 mg/m^3 a Orio al Serio; il valore massimo orario è stato di 0.7 mg/m^3 a Grassobbio e 1.1 mg/m^3 a Orio al Serio, mentre il valore massimo mediato sulle 8 ore è stato pari a di 0.6 mg/m^3 a Grassobbio e 1.1 mg/m^3 a Orio al Serio.

Nella figura 11 si mostra l'andamento, nei due siti, della massima media mobile sulle 8 ore per questo inquinante.

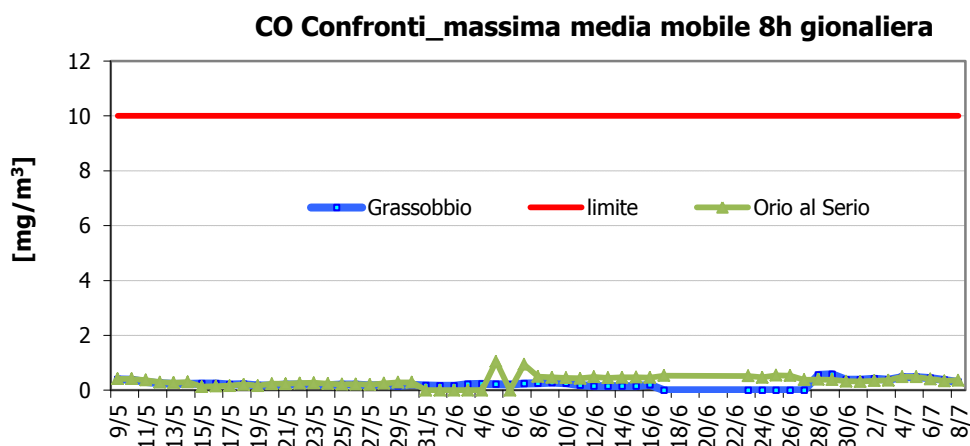


Figura 11. Confronto delle medie mobili sulle 8 h di CO rilevato a Grassobbio e a Orio al Serio.

I grafici del giorno tipo del CO (figura 12) mostrano poca variabilità durante i diversi giorni della settimana e nell'arco delle 24 ore. Si possono osservare dei picchi durante le ore di punta del traffico e valori più elevati nella notte dei giorni festivi.

In generale il trend del CO è collegato al flusso di traffico che impegna la zona del monitoraggio; questo inquinante, in particolare, è emesso dai motori dei veicoli a benzina. Occorre sottolineare che i valori ambientali di CO, anche in prossimità delle sorgenti di emissione, sono andati diminuendo dal momento dell'introduzione della marmitta catalitica, fino a raggiungere livelli spesso quasi al limite della sensibilità strumentale degli analizzatori.

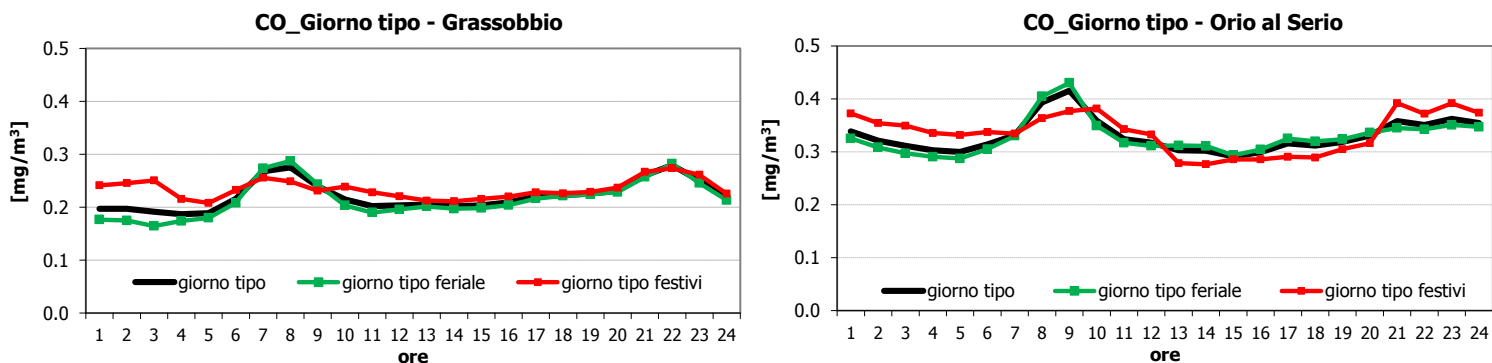


Figura 12. Confronto dei giorni tipo di CO rilevato a Grassobbio e a Orio al Serio.

I grafici 13 e 14 e la tabella 12 mostrano come, considerando i dati statistici su tutto il periodo, i valori di CO misurati a Grassobbio e a Orio al Serio sono confrontabili ai valori rilevati nella vicina stazione di fondo di Bergamo Meucci e nella postazione da traffico di Dalmine.

CO	Grassobbio	Orio al Serio	Bergamo-Meucci	Dalmine	Bergamo-Garibaldi
media periodo [mg/m ³]	0.2	0.3	0.2	0.4	0.7
deviazione standard [mg/m ³]	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
max conc. oraria [mg/m ³]	0.7	1.1	2.6	1.2	1.6
max media. 8h [mg/m ³]	0.6	1.1	0.7	0.9	1.2
n. gg sup. [10mg/m ³] come media 8h	0	0	0	0	0
rendimento (%)	80	88	100	97	99

Tabella 12. Confronto dati statistici di CO misurato ad Orio al Serio e Grassobbio ed in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

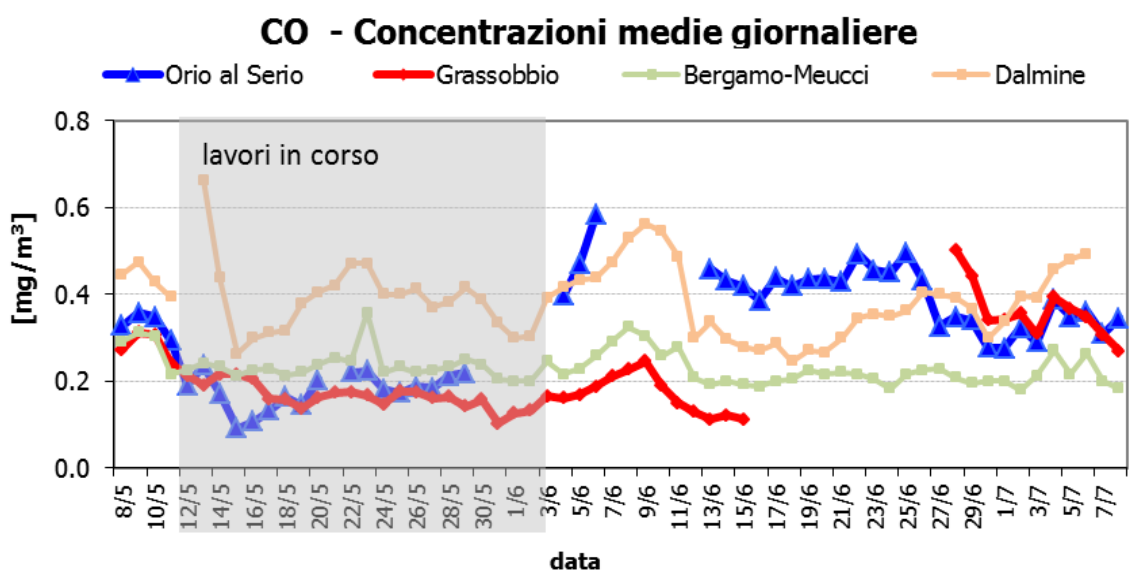


Figura 13. Confronto medie giornaliere di CO di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

CO - Confronto Giorno Tipo

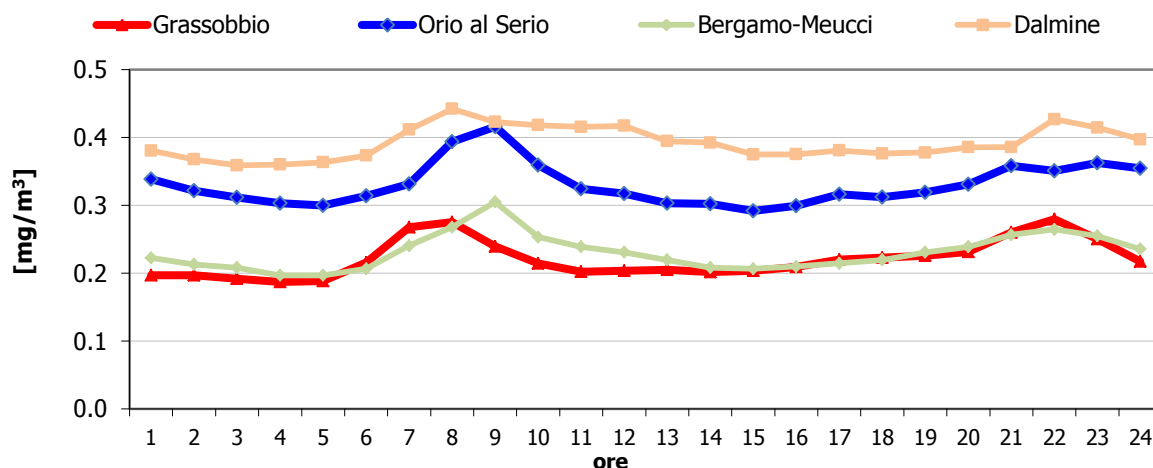


Figura 14. Confronto giorni tipo di CO di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

SO₂

Le concentrazioni di biossido di zolfo misurate a Grassobbio e Orio al Serio non sono state significative. Il valore medio sul periodo e la concentrazione massima giornaliera delle concentrazioni di Biossido di Zolfo registrate sono risultati rispettivamente pari a 2 µg/m³ e 8 µg/m³ a Grassobbio e 3 µg/m³ e 10 µg/m³ a Orio al Serio. I valori si sono dunque mantenuti ben al di sotto del limite normativo, che fissa la soglia su 24 ore a 125 µg/m³.

SO₂ Confronto_ Medie Giornaliere

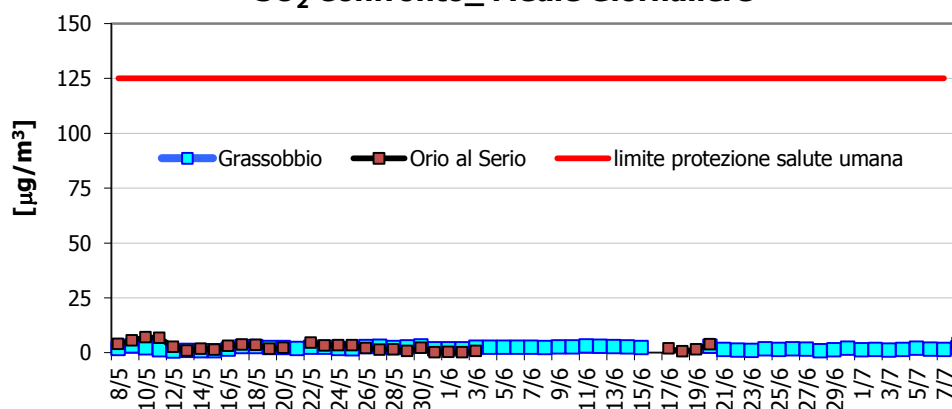


Figura 15. Concentrazioni medie giornaliere di SO₂.

SO₂ Confronto_ Medie e Massime Giornaliere

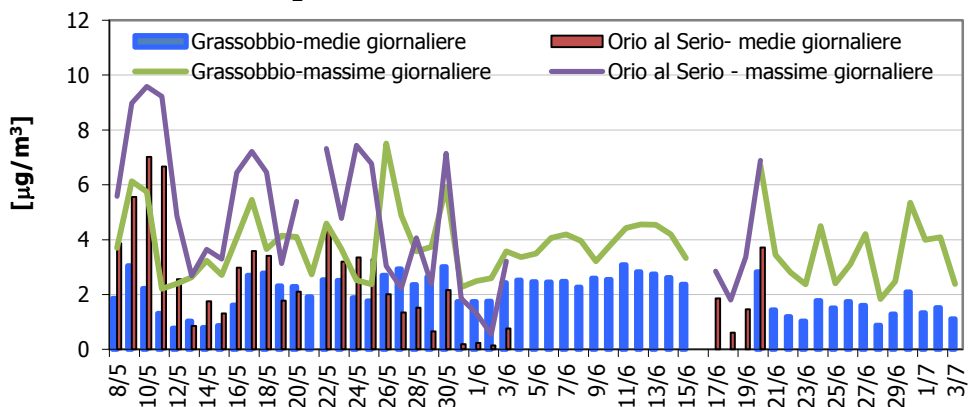
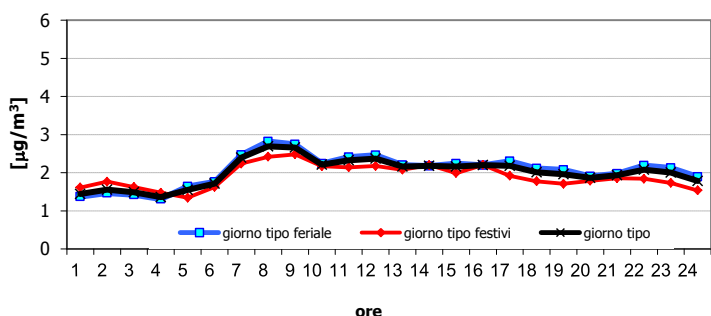


Figura 16. Confronto concentrazioni medie e massime giornaliere di SO₂.

L'andamento delle concentrazioni di SO₂ rilevate a Grassobbio non mostra una grande variabilità né durante la settimana e né nell'arco delle 24 ore. A Orio al Serio, il trend risulta essere modulato nel corso della giornata, con un picco alle ore 15:00, più pronunciato nei giorni festivi.

SO₂ Grassobbio _Giorno Tipo



SO₂ Orio al Serio _Giorno Tipo

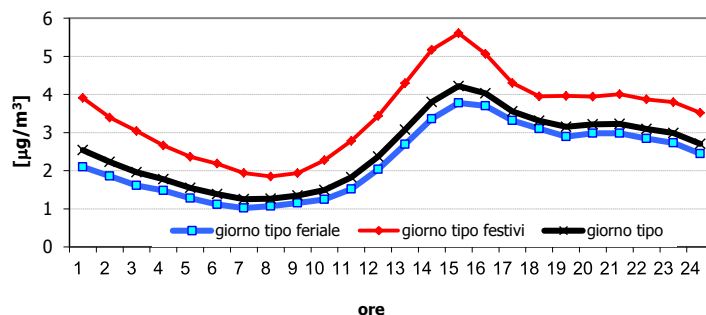
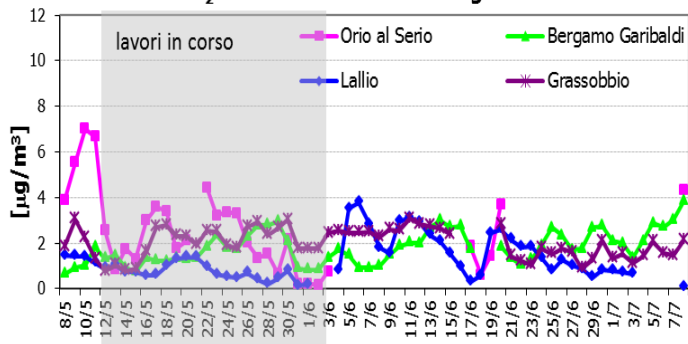


Figura 17. Confronto giorni tipo di SO₂.

Come in altre stazioni della rete fissa, le concentrazioni hanno un andamento medio poco variabile. I picchi, seppur bassi, sono più evidenti a Grassobbio e a Orio al Serio.

SO₂ - Concentrazioni medie giornaliere



SO₂ - Concentrazioni massime orarie giornaliere

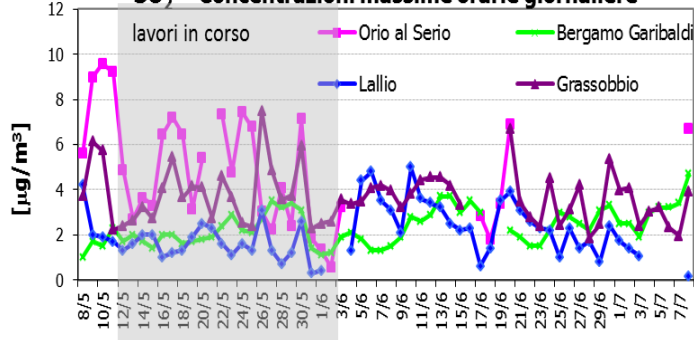


Figura 18. Confronto medie e massime giornaliere di SO₂ di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

SO ₂	Grassobbio	Orio al Serio	Lallio	Bergamo Garibaldi
media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2	3	1	2
max conc. 24h [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	8	10	5	5
n. gg superamento limite	0	0	0	0
rendimento (%)	94	49	92	99

Tabella 13. Confronto dati statistici di SO₂ misurato ad Orio al serio e Grassobbio ed in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

Il grafico del giorno tipo mostra valori e andamenti sostanzialmente confrontabili. A Orio al Serio si osserva un andamento temporale differente presumibilmente legato ad un regime temporale diverso delle sorgenti locali. In ogni caso le concentrazioni sono oltre un ordine di grandezza inferiori ai limiti di legge.

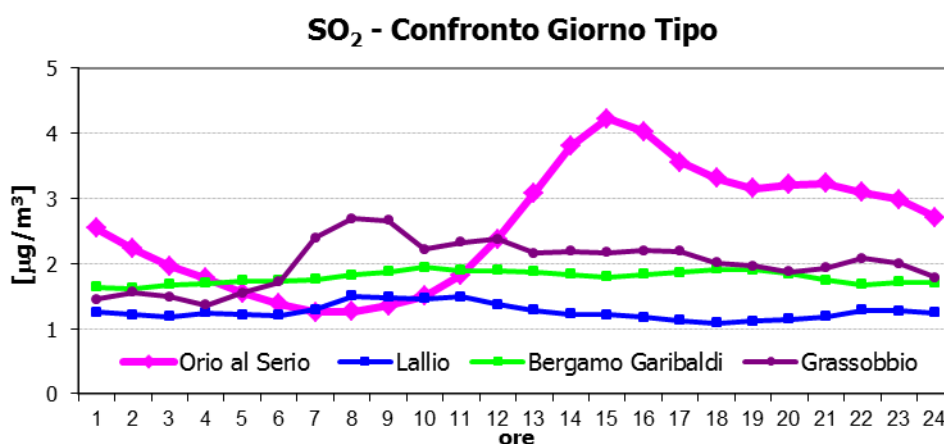


Figura 19. Confronto giorno tipo di SO₂ di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

NO

Durante la campagna, il valore massimo orario di NO è stato di 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, misurato il 14 maggio alle ore 8 a Grassobbio. A Orio al Serio il massimo è stato di 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Le concentrazioni medie sul periodo sono state di 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rispettivamente a Orio al Serio e a Grassobbio. Nel periodo dal 13 al 20 maggio, si osservano valori di NO maggiori a Grassobbio, per le attività lavorative della pista.

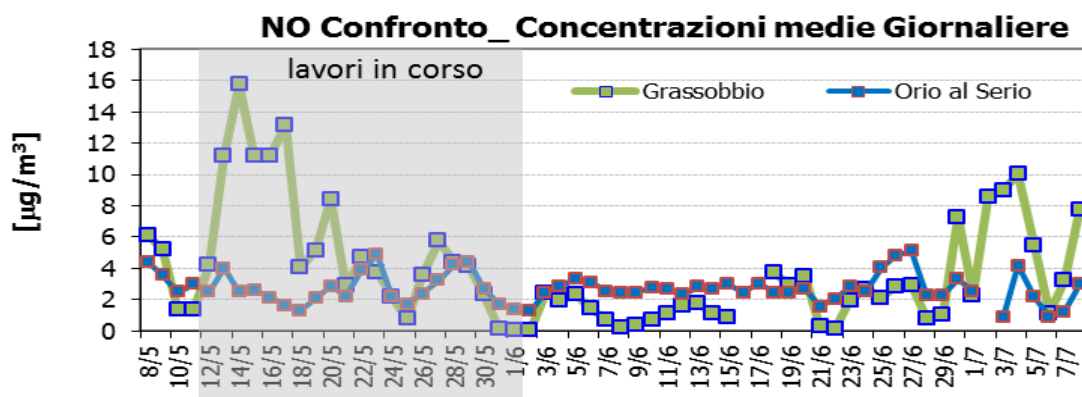


Figura 20. Concentrazioni medie giornaliere di NO.

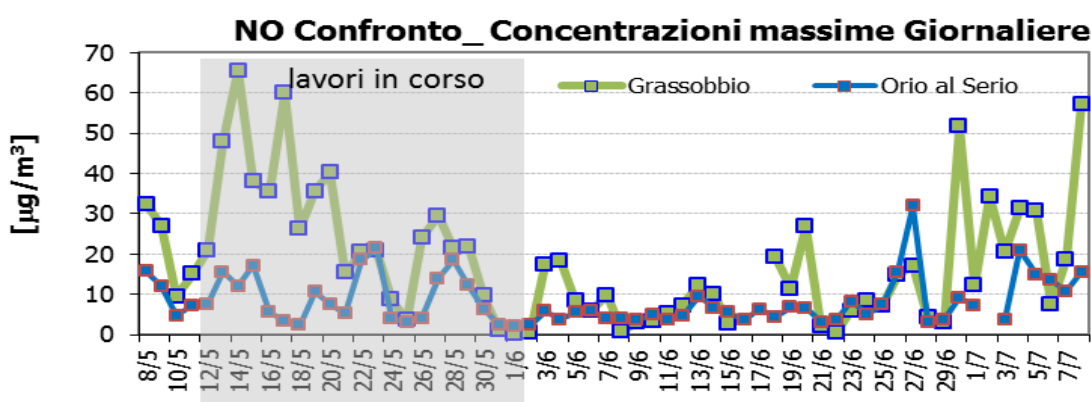


Figura 21. Concentrazioni massime giornaliere di NO.

Il giorno tipo mostra un andamento bimodale in entrambi i siti, anche se più marcato a Grassobbio, dove si osserva un picco alle 7 del mattino e tra le 17 e le 19 della sera, per tutti i giorni della settimana. Le concentrazioni tendono a diminuire nei giorni festivi.

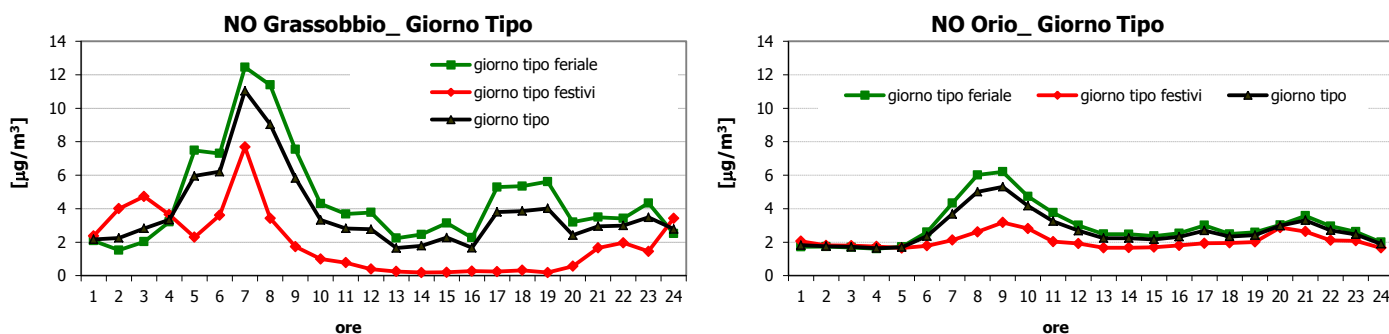


Figura 22. Giorni tipo di NO.

Il monossido di azoto non è soggetto a normativa; viene misurato in quanto partecipa ai processi di produzione dell'ozono e dell'inquinamento fotochimico ed inoltre è un tracciante delle attività caratterizzate da combustione ad alta temperatura, tra cui il traffico veicolare.

Allargando l'area di indagine, si evidenzia che i valori di NO misurati sono confrontabili con quelli rilevati a Lallio, Dalmine, Seriate e Bergamo Meucci, e generalmente inferiori a quelli di Bergamo

Garibaldi. Si osserva che dal 13 al 20 maggio, le concentrazioni di NO misurate a Grassobbio sono confrontabili a quelle della stazione da traffico di Bergamo Garibaldi. Questo significa che le attività lavorative di manutenzione delle piste vanno ad incidere come se fosse un sito da traffico significativo.

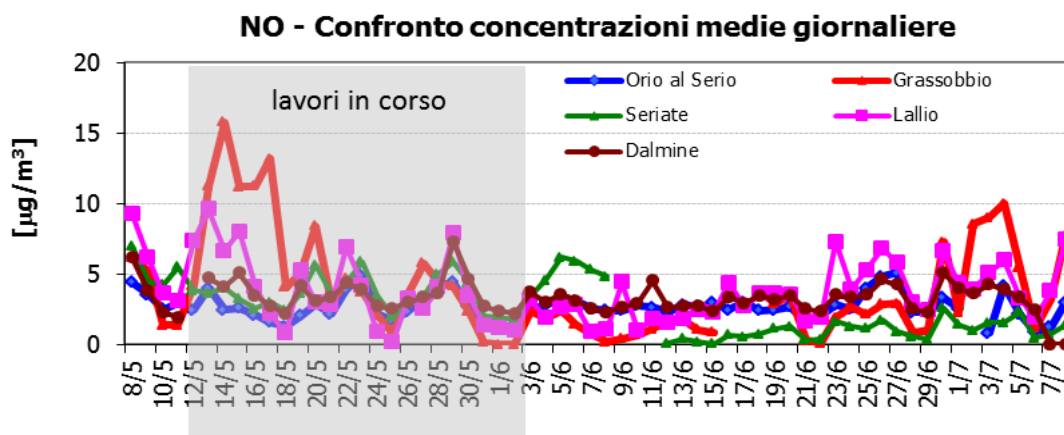


Figura 23. Confronto medie giornaliere di NO di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

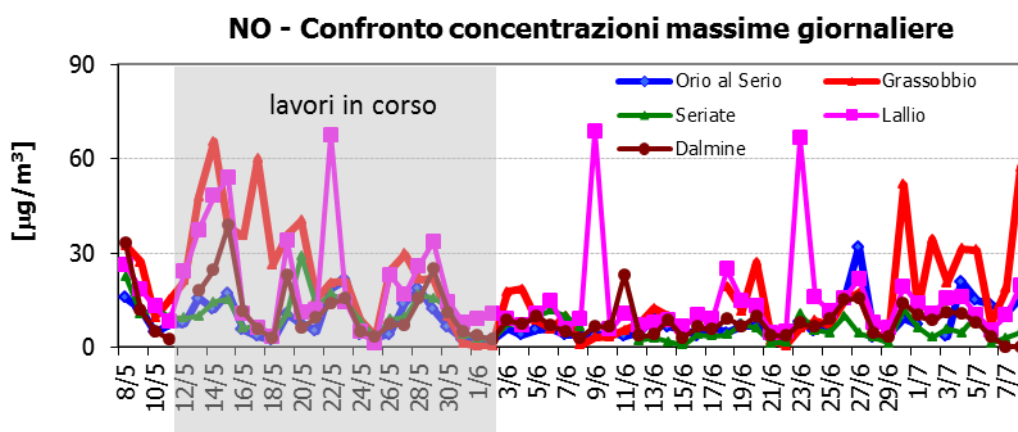


Figura 24. Confronto massime giornaliere di NO di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

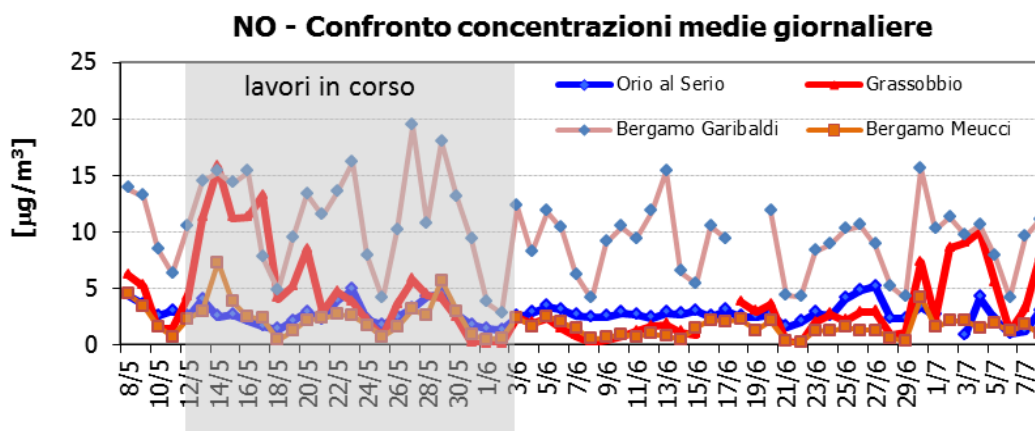


Figura 25. Confronto medie giornaliere di NO di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

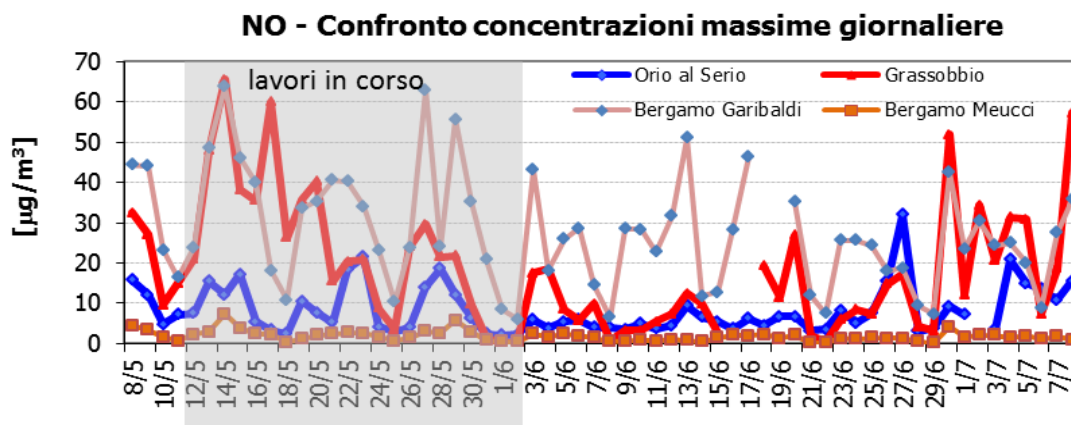


Figura 26. Confronto massime giornaliere di NO di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

NO₂

Durante il periodo di monitoraggio non si sono mai verificati superamenti del valore limite normativo di 200 µg/m³. La massima concentrazione oraria è stata di 115 µg/m³, misurata a Orio al Serio il 9 maggio. Il valore medio sul periodo di misura è stato di 31 µg/m³ a Grassobbio e 26 µg/m³ a Orio al Serio.

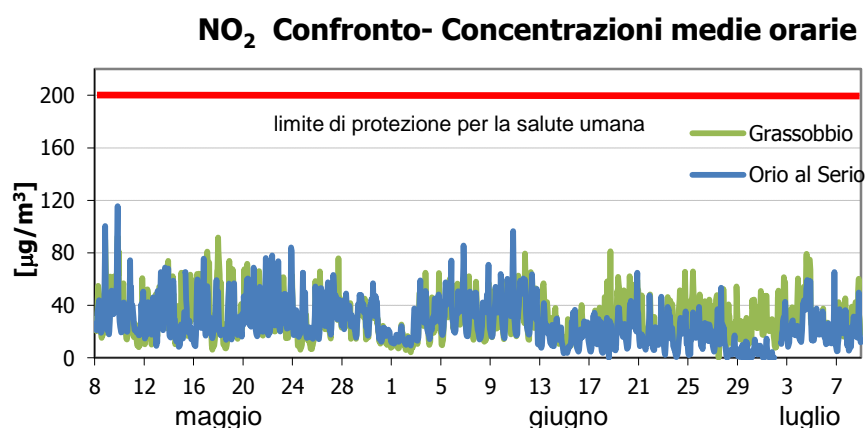


Figura 27. Concentrazioni medie orarie di NO₂.

Gli andamenti dei valori medi delle concentrazioni, risultano confrontabili nei due siti. Non si osserva un effetto significativo delle attività di manutenzione dell'aeroporto, a causa della natura quasi esclusivamente secondaria dell'NO₂, le cui concentrazioni sono regolate prevalentemente dalle condizioni meteorologiche.

Si notano alcune differenze nelle concentrazioni massime giornaliere, che risultano essere maggiori a Grassobbio.

NO₂ Confronto_Conc. Medie Massime Giornaliere

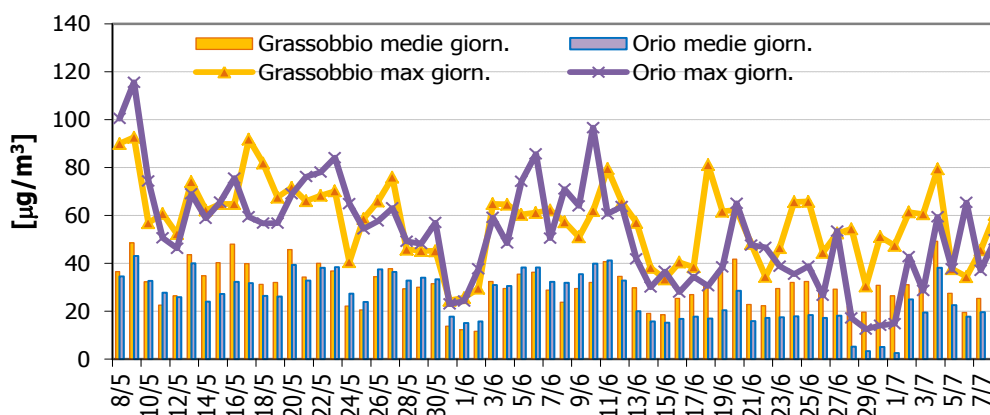


Figura 28. Confronto concentrazioni medie e massime orarie di NO₂.

Il grafico del giorno tipo mostra un trend bimodale delle concentrazioni di NO₂ in entrambi i siti: un picco al mattino, alle 7 a Grassobbio e alle 9 a Orio al Serio, un picco serale alle 21. I valori orari sono maggiori nei giorni feriali rispetto ai festivi.

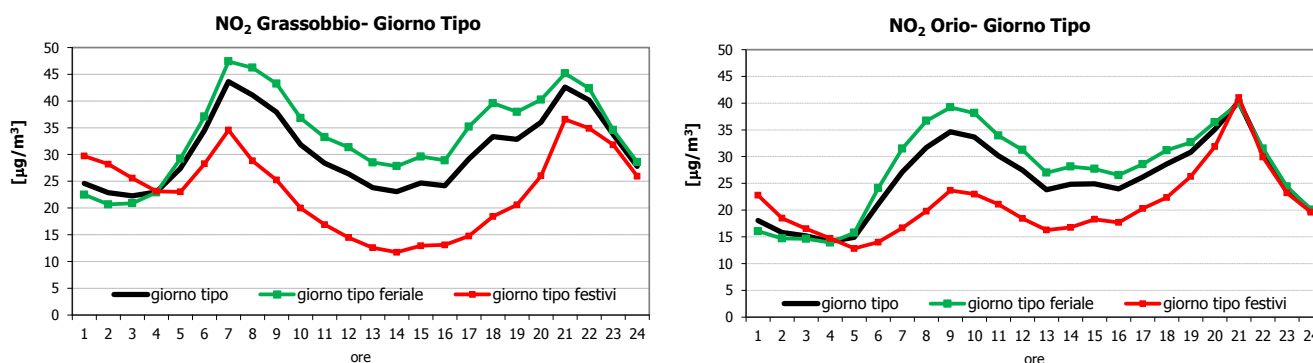


Figura 29. Confronto giorni tipo di NO₂.

Confrontando i dati con quelli rilevati dalle centraline della rete di monitoraggio della qualità dell'aria della provincia di Bergamo, si osserva che i dati di Orio al Serio sono confrontabili a quelli di Lallio e Bergamo Meucci, mentre quelli rilevati a Grassobbio a quelli di Bergamo Garibaldi (tabella 14 e figure 30-31-32-33-34).

NO ₂	Grassobbio	Orio al Serio	Lallio	Seriate	Dalmine	Bergamo Garibaldi	Bergamo Meucci	Bergamo Goisis
media periodo [µg/m ³]	31	26	26	21	19	31	26	15
deviazione standard [µg/m ³]	15	16	16	10	11	18	15	7
max conc. oraria [µg/m ³]	93	115	104	80	83	121	184	78
n. gg superamento limite	0	0	0	0	0	0	0	0
rendimento (%)	98	99	100	97	97	99	100	100

Tabella 14. Confronto dati statistici di NO₂ misurato ad Orio al serio e Grassobbio ed in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

NO₂ - Confronto concentrazioni medie giornaliere

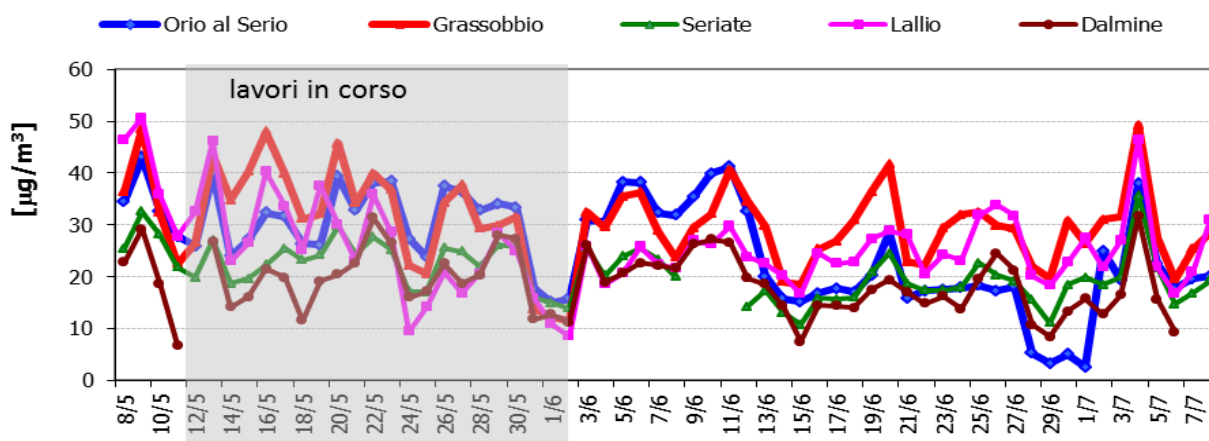


Figura 30. Confronto medie giornaliere di NO₂ di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

NO₂ - Confronto concentrazioni massime giornaliere

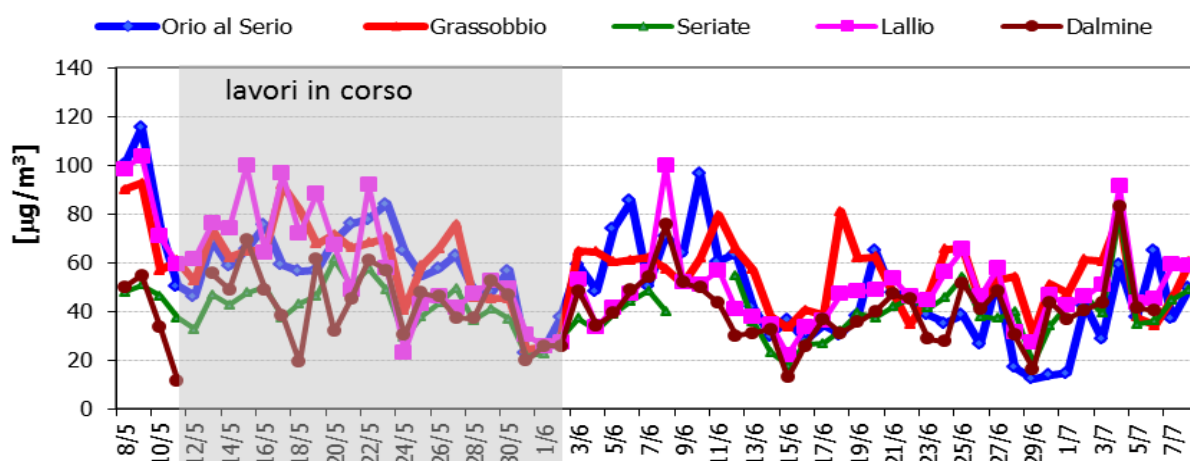


Figura 31. Confronto massime giornaliere di NO₂ di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

NO₂ - Confronto concentrazioni medie giornaliere

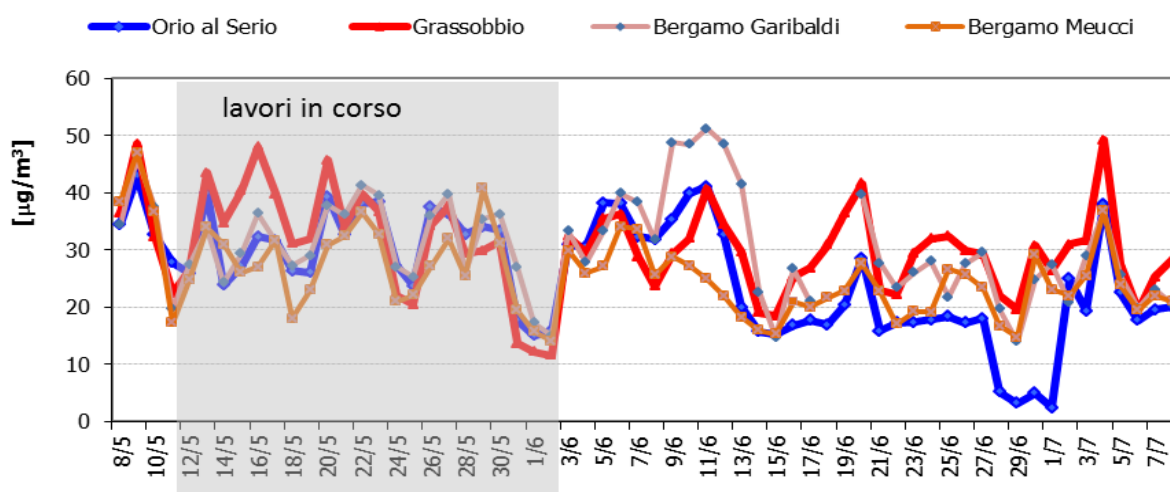


Figura 32. Confronto medie giornaliere di NO₂ di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

NO₂ - Confronto concentrazioni massime giornaliere

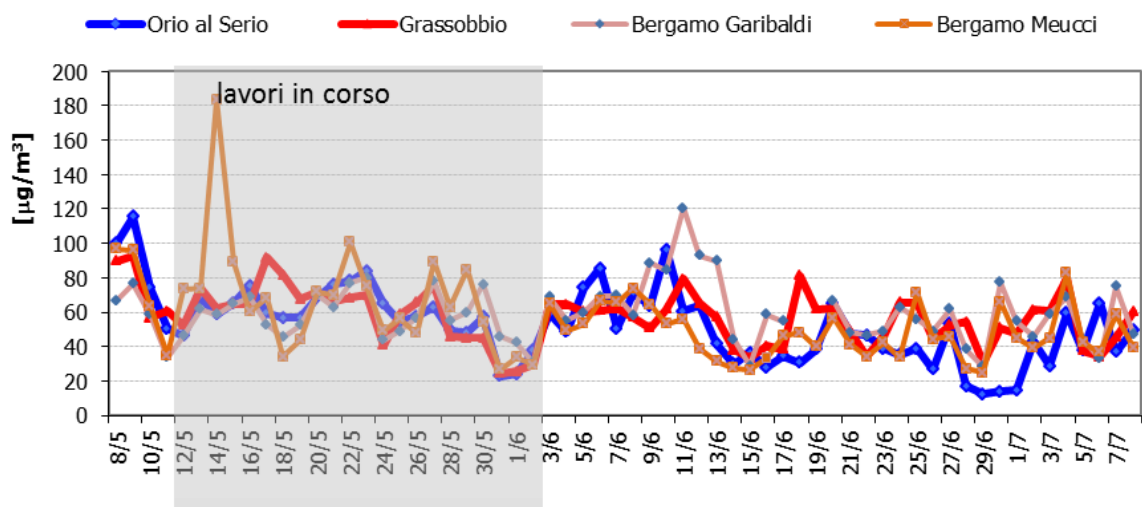


Figura 33. Confronto massime giornaliere di NO₂ di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

NO₂ - Confronto giorno tipo

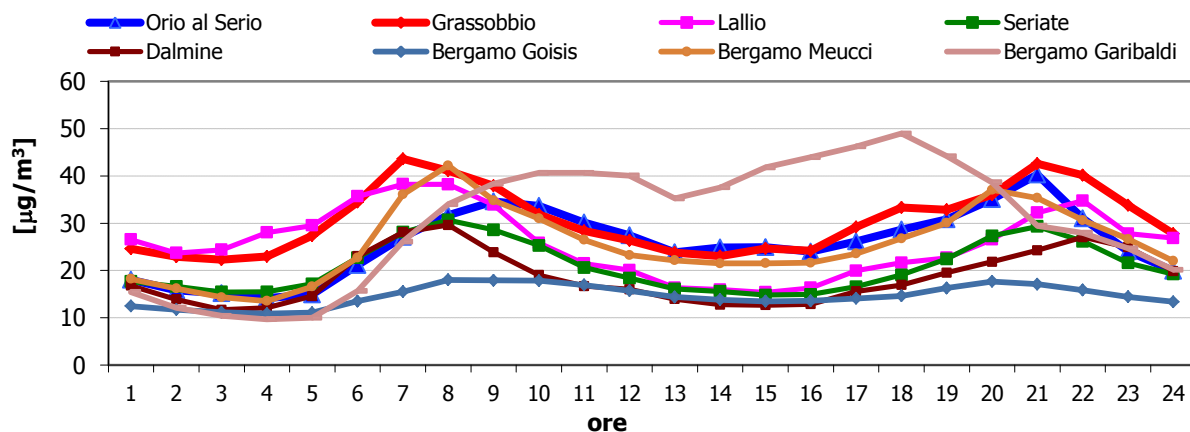


Figura 34. Confronto giorni tipo di NO₂ di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

O₃

Il periodo critico per l'ozono è la stagione estiva, in quanto la radiazione solare e l'alta temperatura favoriscono la formazione di questo inquinante secondario che viene prodotto attraverso reazioni fotochimiche che coinvolgono gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (COV).

Generalmente le concentrazioni di ozono sono più elevate nelle aree rurali rispetto a quelle urbanizzate; valori maggiori si registrano sottovento alle grandi città, anche a decine di Km di distanza.

Nel corso di questa campagna, effettuata in un periodo tra la stagione primaverile ed estiva, le concentrazioni di ozono rilevate sono state elevate: il valore medio è risultato pari a 74 µg/m³ a Grassobbio e 82 µg/m³ a Orio al Serio, il valore massimo orario è risultato uguale a 247 µg/m³ a Grassobbio e 243 µg/m³ a Orio al Serio, il valore massimo sulla media trascinata delle 8 h è stato

di 219 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a Grassobbio e 216 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a Orio al Serio. Si sono registrati superamenti della soglia di informazione (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e di allarme (240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

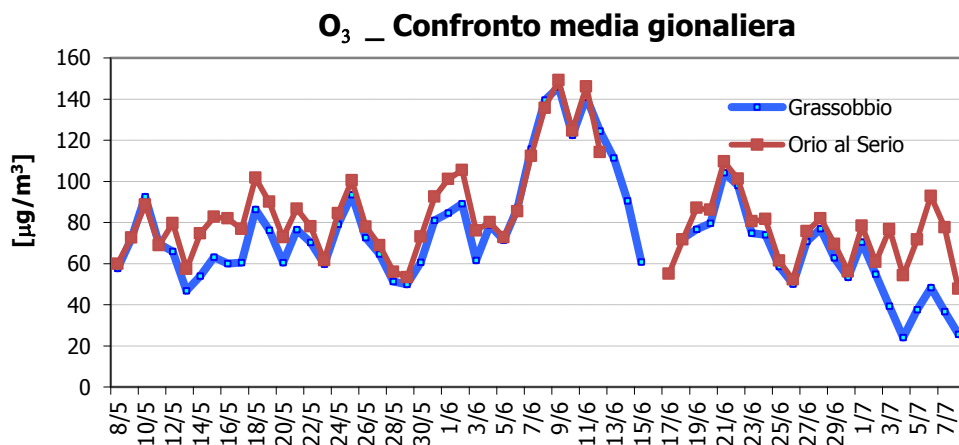


Figura 35. Concentrazioni medie giornaliere di O₃.

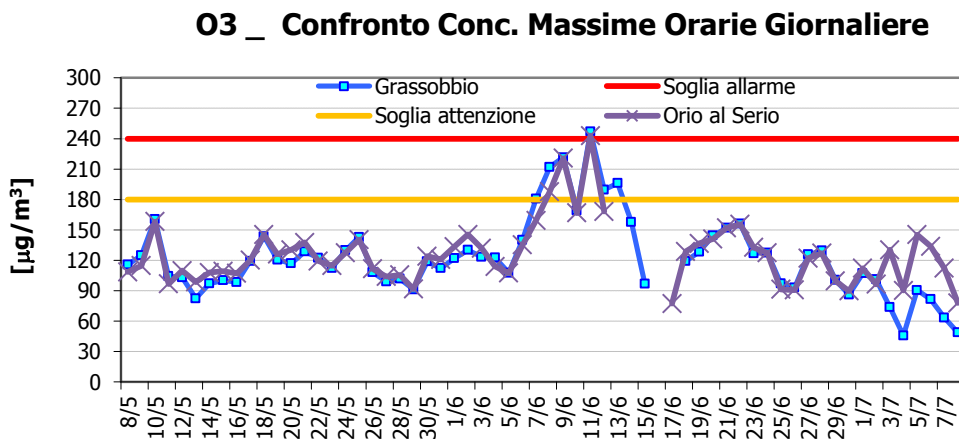


Figura 36. Concentrazioni massime giornaliere di O₃.

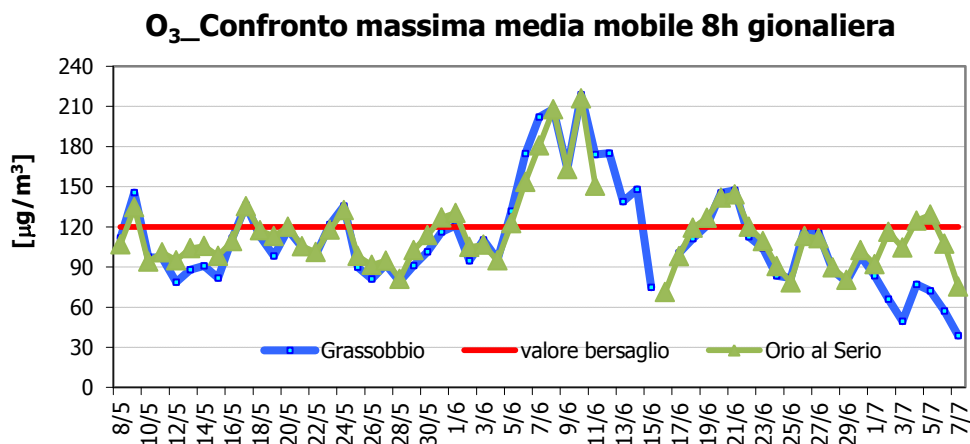


Figura 37. Concentrazioni massime giornaliere della media mobili sulle 8 h di O₃.

L'andamento di questo inquinante risulta differente da quelli primari, infatti l'ozono 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 14.00 e le 16.00); nei momenti di maggior emissione degli ossidi di azoto le concentrazioni di ozono tendono a calare, soprattutto in vicinanza di strade con traffico sostenuto. Come si osserva nei grafici del giorno tipo, i valori diurni più elevati si verificano nei giorni festivi, quando sono minori le emissioni di NO; infatti la presenza di minori quantità di monossido di azoto riduce la reazione tra NO e O₃ che porta alla formazione di NO₂ e alla distruzione di molecole di ozono, evidenziando il fenomeno noto come “effetto week-end”.

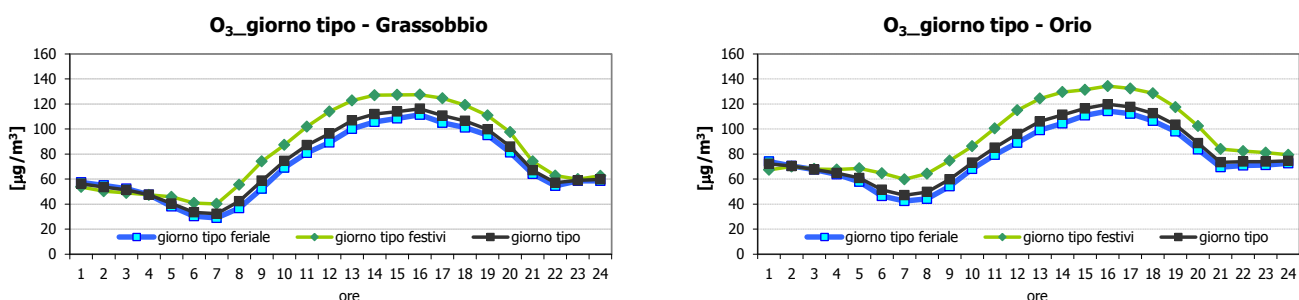


Figura 38. Confronto giorni tipo di O₃.

I dati rilevati mostrano come le concentrazioni di ozono misurate a Orio al Serio e a Grassobbio siano mediamente confrontabili con quelle di altre stazioni della rete fissa di Bergamo. I valori più elevati si sono registrati a Bergamo Goisis, stazione di fondo urbano.

O ₃	Grassobbio	Orio al Serio	Bergamo Goisis	Bergamo Meucci	Osio Sotto
media periodo [µg/m ³]	74	82	94	88	80
max conc. oraria giorn. [µg/m ³]	247	243	282	287	265
n. gg sup. soglia di informazione	6	3	7	7	4
n. gg sup. soglia di allarme	1	1	1	1	1
rendimento (%)	98	94	98	97	95

Tabella 15. Confronto dati statistici di O₃ misurato ad Orio al serio e Grassobbio ed in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell’aria della provincia di Bergamo.

O₃- Confronto concentrazioni medie giornaliere

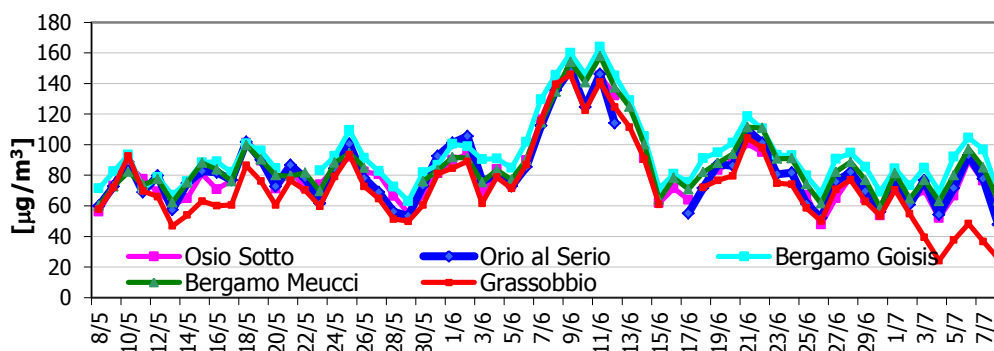


Figura 39. Confronto medie giornaliere di O₃ di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell’aria della provincia di Bergamo.

O₃ - Confronto concentrazioni massime giornaliere

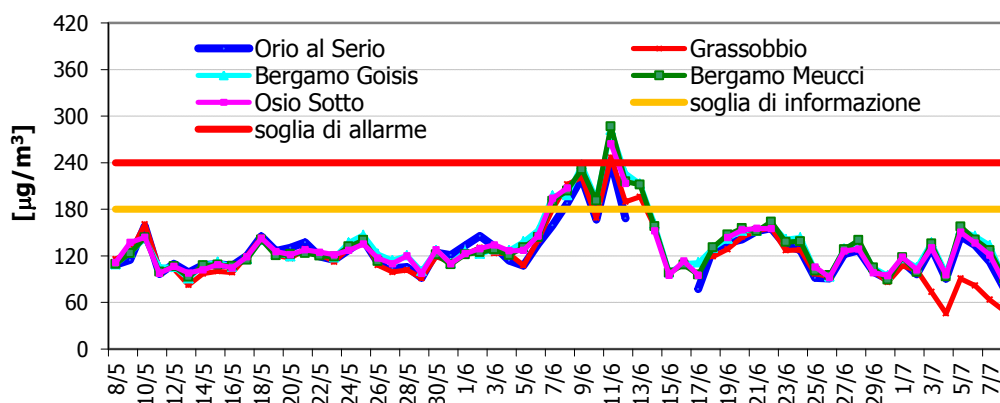


Figura 40. Confronto massime giornaliere di O₃ di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

O₃ - Giorno Tipo

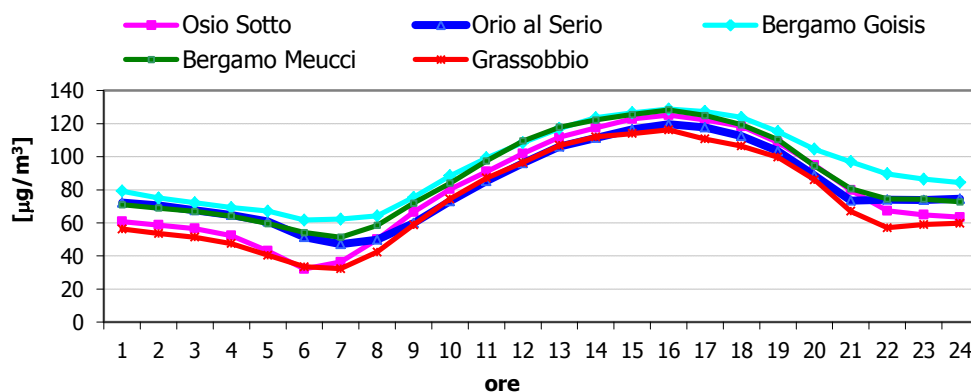


Figura 41. Confronto giorni tipo di O₃ di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

PM10

La misura del **PM10** è stata effettuata con campionatori sequenziali e successiva pesata gravimetrica; questo tipo di strumento è programmato per fornire dati giornalieri. Durante la campagna è stato superato il limite di protezione per la salute umana, pari a 50 µg/m³, per 9 volte a Grassobbio e 1 a Orio al Serio. La media delle concentrazioni di PM10 sul periodo è stata di 31 µg/m³ a Grassobbio e 19 µg/m³ a Orio al Serio. Il valore giornaliero massimo misurato è stato di 147 µg/m³ il 17 maggio.

Il trend delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 mostra che, dal 13 al 28 maggio, durante il periodo di manutenzione delle piste dell'aeroporto e quindi della sospensione dei voli, le concentrazioni di polveri misurate a Grassobbio sono state decisamente elevate, non confrontabili con quelle di Orio al Serio: la media di PM10 in questo periodo è pari a 62 µg/m³ a Grassobbio e 23 µg/m³ a Orio al Serio. In entrambi i siti, in questo periodo, rileviamo superamenti del limite di protezione per la salute umana.

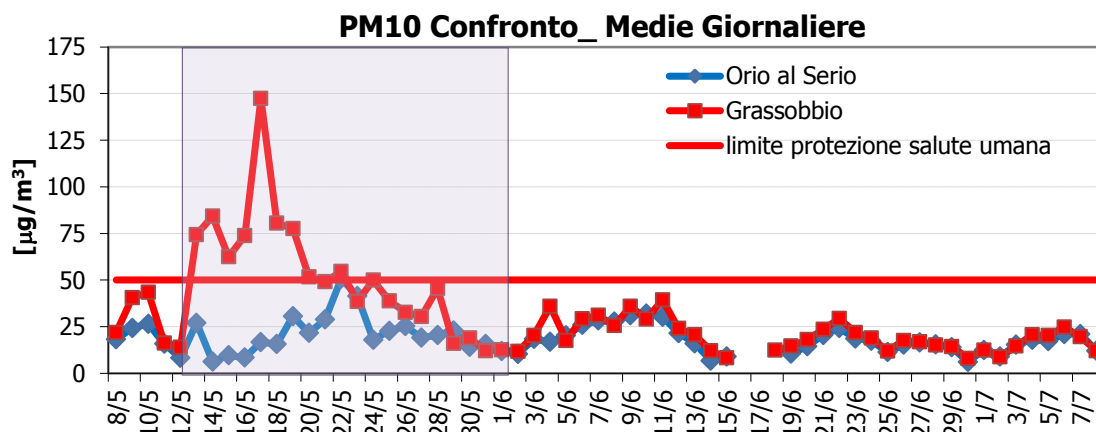


Figura 42. Trend giornaliero di PM10 rilevato a Orio al Serio e a Grassobbio. E' evidenziato il periodo di manutenzione delle piste dell'aeroporto.

	Grassobbio	Orio al Serio	Casirate	Bergamo Garibaldi	Treviglio	Bergamo Meucci	Dalmine	Lallio
PM10								
media periodo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	31	19	20	21	21	17	20	22
deviazione standard [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	25	8	8	8	7	7	8	7
max conc. 24h [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	147	51	37	38	50	33	46	46
n. gg superamento $50\mu\text{g}/\text{m}^3$	9	1	0	0	0	0	0	0
rendimento	97%	95%	92%	97%	92%	100%	82%	98%

Tabella 16. Confronto dati statistici di PM10 misurato ad Orio al Serio e Grassobbio ed in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

I dati di Orio al Serio sono confrontabili con quelli rilevati presso le stazioni fisse della rete di qualità dell'aria della provincia di Bergamo più vicine (Bergamo Meucci, Bergamo Garibaldi, Bergamo Goisis, Casirate, Dalmine, Lallio e Treviglio). Le concentrazioni giornaliere rilevate a Grassobbio risultano essere molto più elevate rispetto a quelle prese a confronto nel periodo 13-28 maggio.

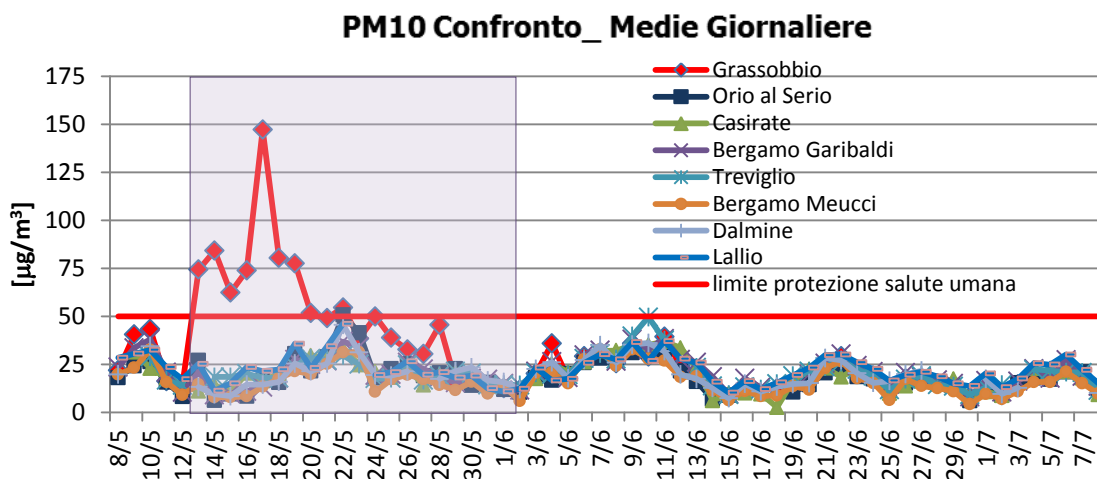


Figura 43. Confronto trend giornaliero di PM10 misurato a Orio al Serio e a Grassobbio con quello rilevato in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

Da un punto di vista meteorologico, fasi perturbate ed aumento della ventosità favoriscono la dispersione delle polveri, come risulta dall'analisi delle figure sottostanti.

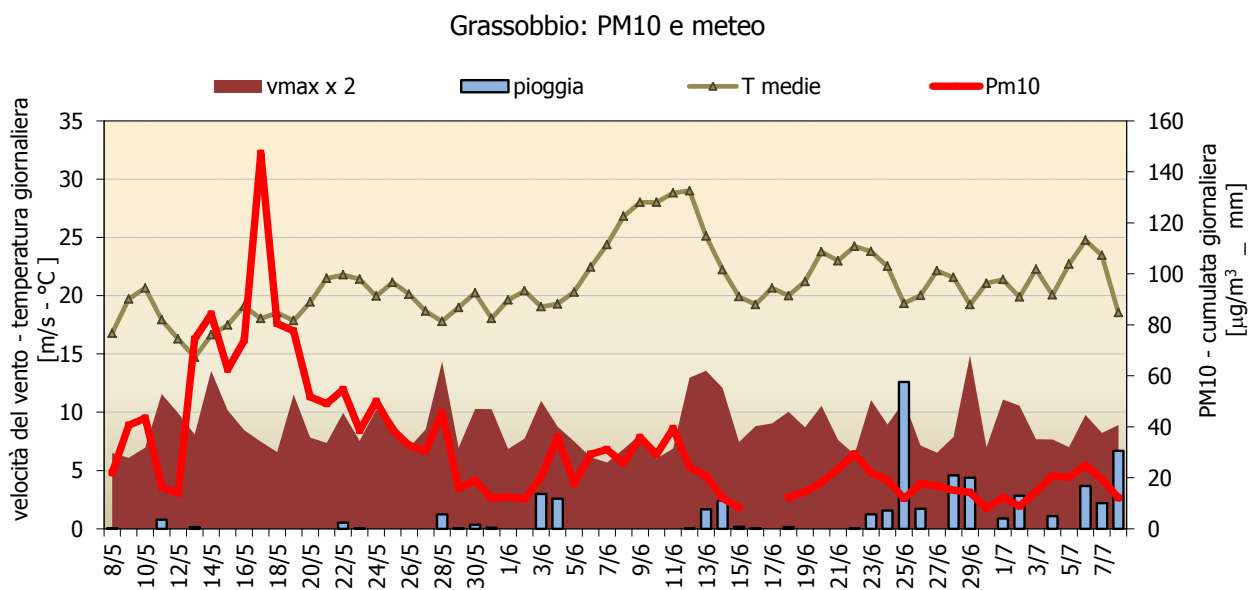


Figura 44. Confronto trend giornaliero di PM10 misurato a Grassobbio con i parametri meteorologici.

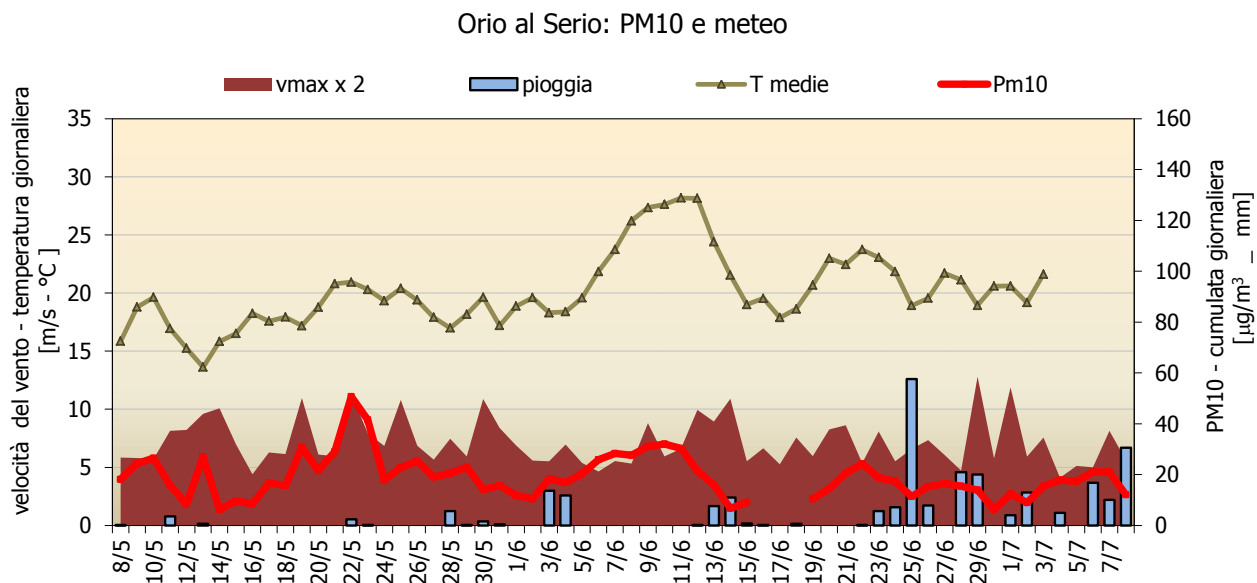


Figura 45. Confronto trend giornaliero di PM10 misurato a Orio al Serio con i parametri meteorologici.

Composizione del Particolato

Sui campioni raccolti di PM10 di Grassobbio e Orio al Serio, sono stati effettuati vari tipi di analisi con lo scopo di determinare la composizione media del particolato fine. In particolare sono stati determinati: gli elementi con numero atomico $Z > 11$, mediante spettrometria a dispersione di energia di raggi X di fluorescenza; gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), tramite gascromatografia e spettrometria di massa, nonché OC (carbonio organico) e EC (carbonio elementare) con metodica termo-ottica basata sul segnale di trasmittanza e riflettanza (TOT/TOR) e utilizzando il protocollo NIOSH-Like definito nella CEN TR 16243/2011. Le analisi effettuate sono state scelte per consentire di individuare l'importanza delle sorgenti locali rispetto alle altre sorgenti diffuse sul territorio. Infatti la determinazione degli elementi ed in particolare la distinzione tra quelli di origine terrigena dagli altri, risulta fondamentale per valutare il contributo della risospensione. Analogamente, la determinazione degli IPA ed in particolare del Benzo(a)Pirene (B(a)P), è fondamentale nella valutazione delle combustioni quali, ad esempio, quella della legna.

I risultati sono stati confrontati con quelli ottenuti a Bergamo Meucci e Casirate. Il primo sito, essendo localizzato in un'area residenziale, è rappresentativo del fondo urbano di Bergamo, mentre il secondo, trattandosi di una postazione lontana dai siti di campagna, è rappresentativo di un fondo rurale non condizionato dalle sorgenti locali proprie dei siti di indagine.



Figura 46. Inquadramento territoriale delle stazioni prese a confronto.

Elementi nel Particolato: analisi mediante Spettrometria X

Sui filtri di PM10 campionati sono state effettuate analisi mediante un analizzatore a Fluorescenza a Raggi X (XRF) che hanno permesso 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), stagno (Sn), Bario (Ba), piombo (Pb) e stronzio (Sr).

Gli unici elementi normati tra quelli rilevati sono il piombo e il nichel, con un limite rispettivamente di $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la concentrazione media annuale (D.Lgs. 155/2010).

Durante la campagna, della durata di 62 giorni, le concentrazioni giornaliere di piombo, in entrambi i siti, sono stati quasi sempre al disotto del limite di rilevabilità.

Per quanto riguarda il nichel, la concentrazione massima a Orio al Serio è stata $0.019 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un valore medio di $0.006 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre a Grassobbio la concentrazione massima è stata $0.011 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un valore medio di $0.007 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Seguono i grafici delle medie delle concentrazioni elementali assolute e relative. Le prime, danno indicazione della qualità dell'aria e sono modulate dalle condizioni meteorologiche; le seconde, invece, sono indice della qualità del particolato, sono svincolate dalle condizioni meteo e più legate alle sorgenti emissive che hanno prodotto la polvere.

Le relative sono ottenute dividendo le concentrazioni assolute per la concentrazione di massa del PM10 espressa nella stessa unità di misura e moltiplicando per 1000 (pertanto u.m. ppk).

Nella figura seguente si riporta il grafico ad istogrammi delle concentrazioni elementali medie sul periodo per i due siti. Alcuni elementi rilevati non sono presenti nel grafico, perché hanno avuto sempre concentrazioni al di sotto del limite di rilevabilità (stagno, bario e stronzio).

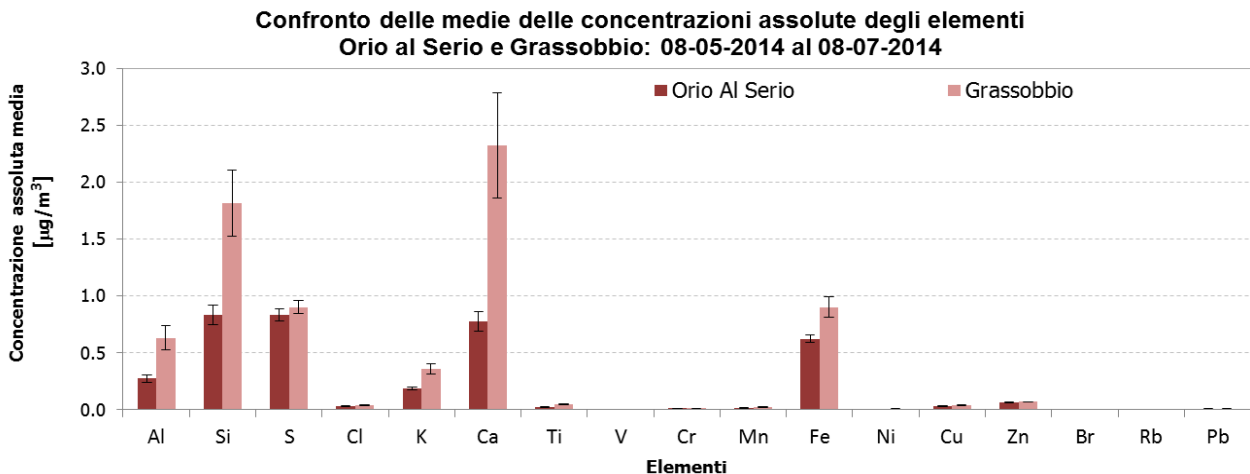


Figura 47. Confronto delle medie delle concentrazioni elementali assolute.

Nel grafico, è rappresentata anche la deviazione standard della media come indice della variabilità della media in relazione alla naturale variabilità giornaliera dei dati rilevati. In questo modo si intende svincolare la deviazione standard dal numero di misure effettuate considerando l'incertezza da associare alla media di N misure. Infatti, mentre la deviazione standard, calcolata su un gruppo di N misure, assolve bene il compito di incertezza da associare alla singola misura della grandezza in esame, per quello che riguarda l'incertezza sulla media si ricorre ad un'altra

grandezza ancor più idonea allo scopo. Tale grandezza è la deviazione standard della media ed è definita come

$$\hat{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

Per riuscire a visualizzare tutti gli elementi senza perdere informazioni, sull'asse delle ordinate è stata rappresentata la concentrazione assoluta degli elementi con scala logaritmica.

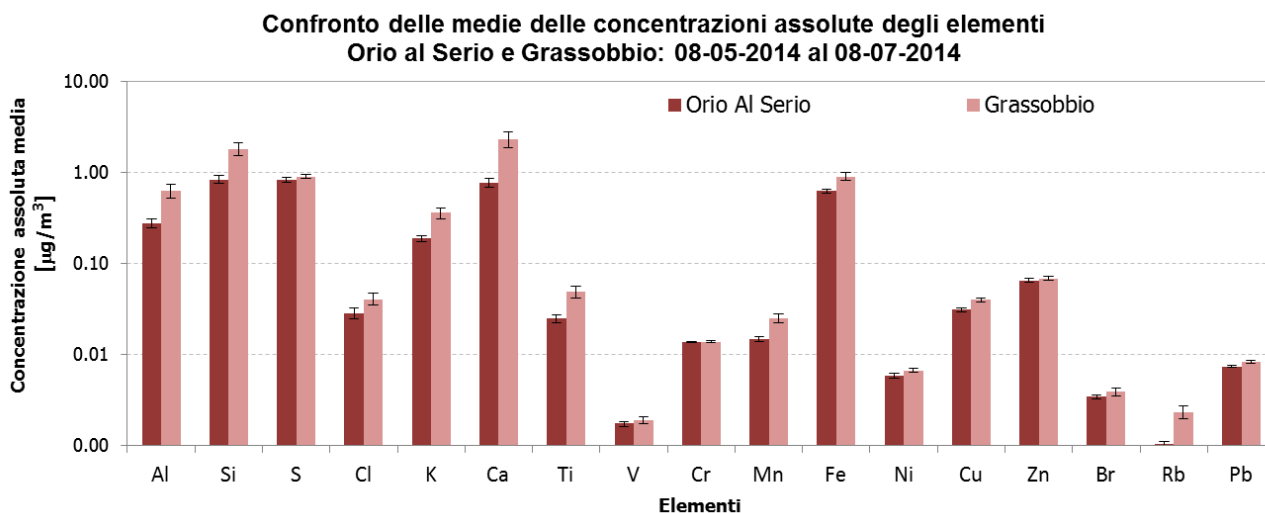


Figura 48. Rappresentazione su scala logaritmica delle medie delle concentrazioni elementali assolute.

Si osservi, che le concentrazioni degli elementi rilevati nei due siti sono confrontabili, anche se generalmente leggermente più elevate a Grassobbio, specialmente Al, Si e Ca. Passando alle concentrazioni relative, si nota che la maggior differenza tra i due siti è legata alla concentrazione di calcio. In generale, il rapporto tra le concentrazioni relative rimane sempre prossimo all'unità; da ciò si deduce che, considerando le medie su tutto il periodo, non vi sono notevoli differenze tra i due siti.

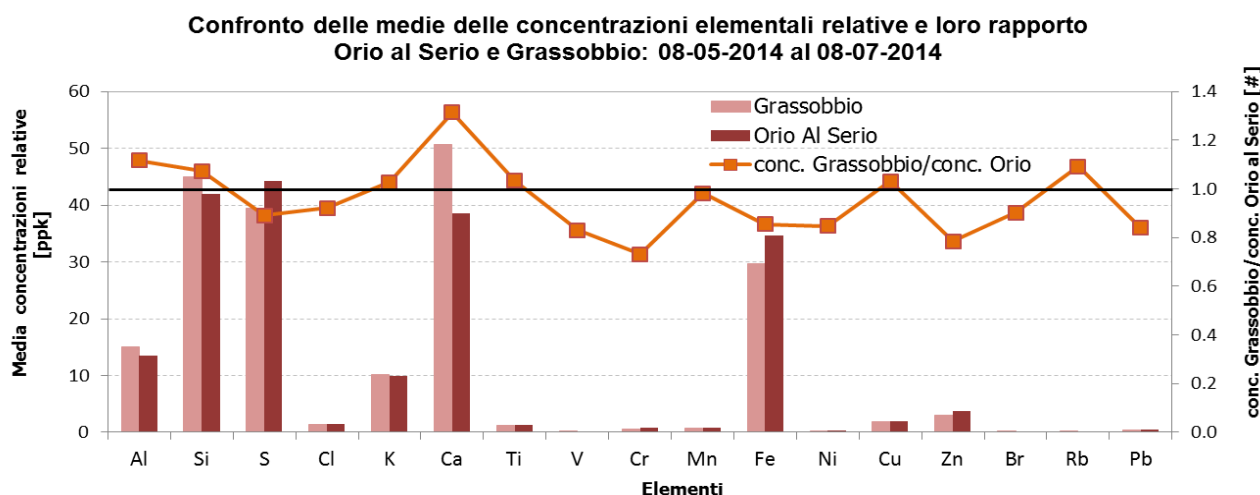


Figura 49. Confronto delle medie delle concentrazioni elementali relative e loro rapporto.

Dato che le concentrazioni di PM10 sono state notevolmente maggiori a Grassobbio durante lo svolgimento dei lavori di rifacimento delle piste dell'aeroporto, anche quelle degli elementi hanno risentito della presenza del cantiere a causa dei movimenti di terra e di mezzi.

I grafici seguenti mostrano, infatti, la notevole differenza tra i due siti, e tra i due periodi con e senza lavori. In assenza di essi, le concentrazioni elementali sono state più basse e pressoché costanti; in presenza dei lavori, invece, si notano le maggiori variazioni.

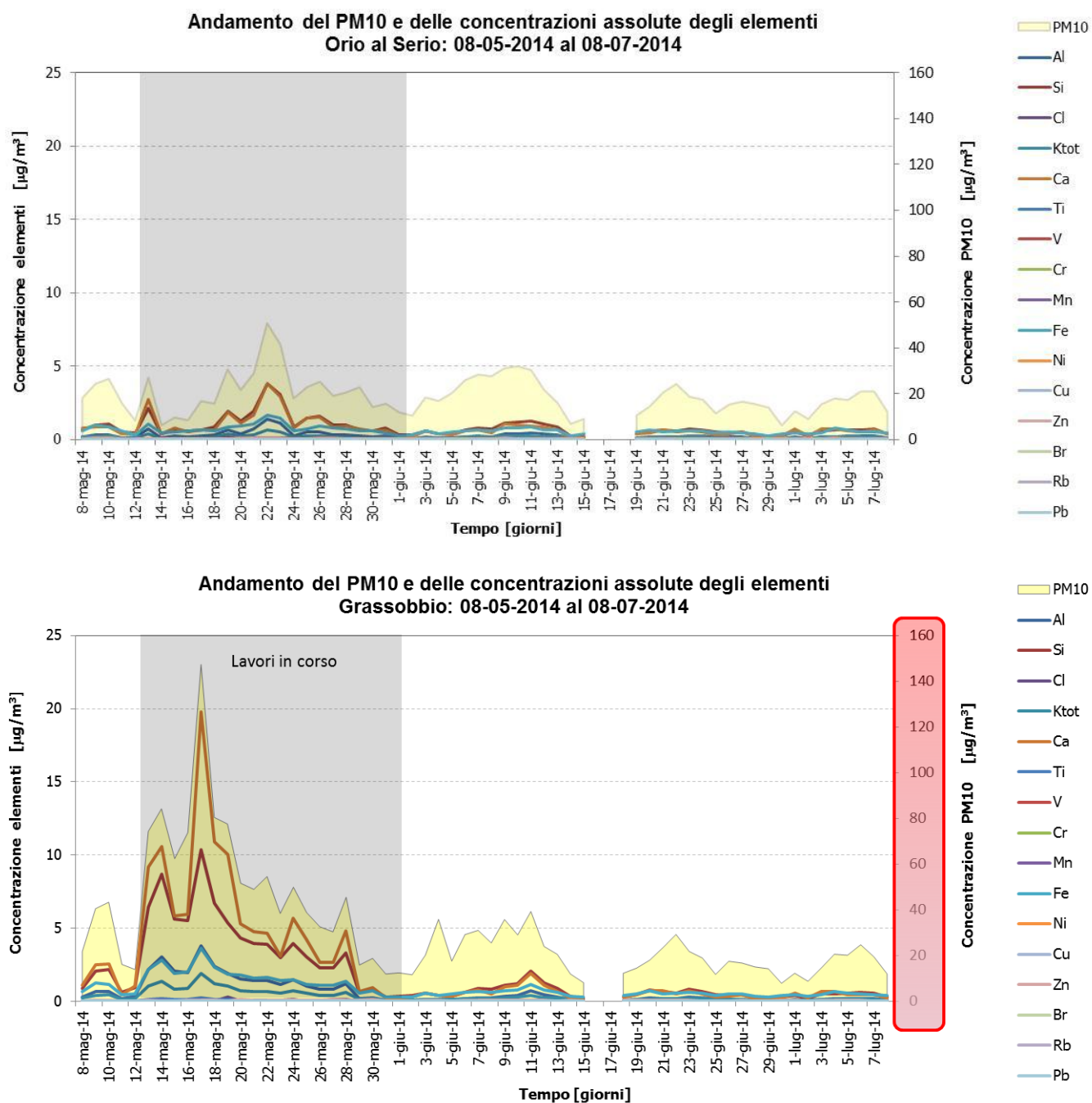


Figura 50. Andamento del PM10 e delle concentrazioni elementali assolute a Orio al Serio e a Grassobbio.

Per valutare se l'aumento delle concentrazioni di PM10 giustifica quello delle concentrazioni elementali, è possibile valutare il contributo della risospensione.

Prendendo come riferimento la composizione elementale media del suolo, è stato effettuato il calcolo della componente terrigena (minerale) nei due siti di indagine, cioè la parte di particolato legata ai terrigeni (Al, Si, Ti, Ca, Fe_{ter}, K_{ter}) tenendo conto del contributo del Na e del Mg con un fattore moltiplicativo (1.15).

$$\text{Risospensione} = \sum [C_i] \times A_i$$

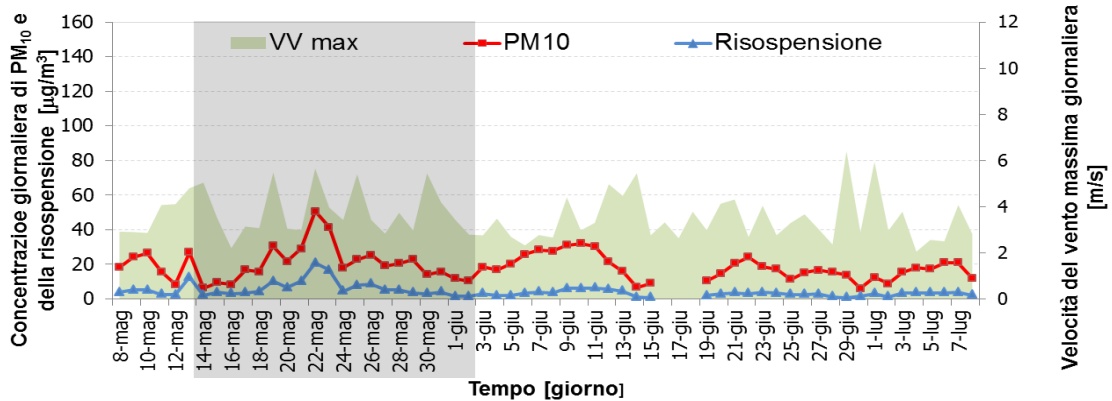
dove C_i = concentrazione assoluta elemento terrigeno i-esimo (per il Fe e il K solo la parte terrigena)

$$K_{\text{terr}} = K_{\text{tot}} / \text{FA}$$

$$\text{Fe}_{\text{terr}} = \text{Fe}_{\text{tot}} / \text{FA}$$

A_i = coefficiente per passare dall'elemento al suo ossido più comune.

**Andamenti PM10 e risospensione
Orio al Serio: 08-05-2014 al 08-07-2014**



**Andamenti PM10 e risospensione
Grassobbio: 08-05-2014 al 08-07-2014**

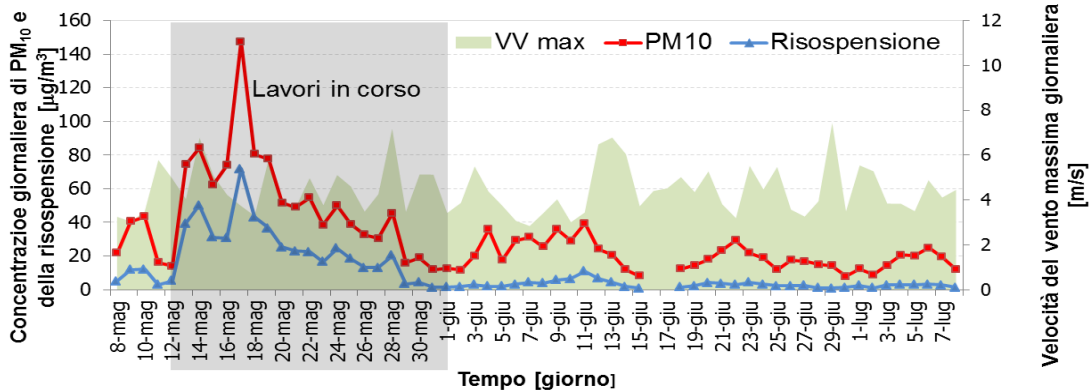


Figura 51. Andamenti del PM10 e della risospensione ad Orio al Serio e a Grassobbio.

Si nota che, a Grassobbio, in corrispondenza dei lavori essa è molto elevata, circa il 41% rispetto alla media del 17% in assenza dei lavori.

**Percentuale della risospensione sul PM10
Grassobbio: 08-05-2014 al 08-07-2014**

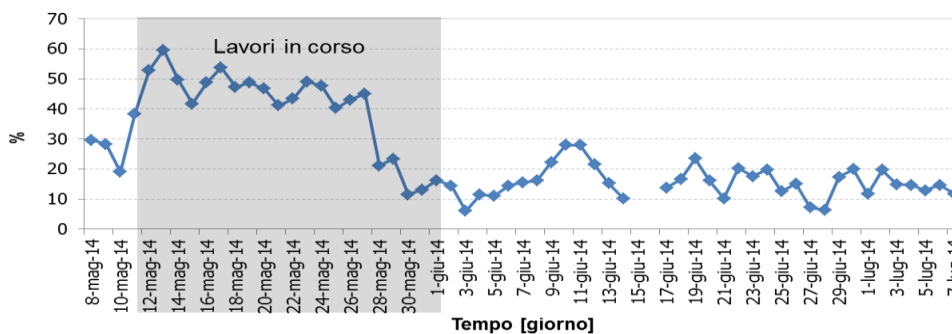


Figura 52. Andamenti del PM10 e della risospensione ad Orio al Serio e a Grassobbio.

La risospensione, in realtà, non è legata solo alla parte minerale (inorganica) del terreno ma anche alla sua parte organica. Se in questo periodo ci fosse un incremento incisivo della risospensione, quindi, dovremmo notare anche un aumento della componente organica carboniosa nel PM10, cioè dell'OC. Ciò è confermato dalle analisi di OC/EC, dalle quali risulta chiaramente che, durante i lavori, c'è stato un incremento significativo della componente OC, ma non di quella elementare EC che ha origine diversa.

Da ciò si deduce che l'aumento del PM10 nei giorni di arresto dei voli, è legato prevalentemente proprio alla risospensione.

Per questo motivo, si è valutata la speciazione separando i giorni in cui erano in atto i lavori, dagli altri. E' risultato che: durante i lavori, le concentrazioni elementali sono notevolmente maggiori a Grassobbio e i rapporti tra i due siti sono diversi soprattutto per tipici terrigeni Al, Si, Ca, Ti, ma anche Rb, sempre a favore di Grassobbio. In assenza dei lavori, invece, le concentrazioni ritornano confrontabili, a livelli decisamente minori, ed il rapporto tra le medie delle concentrazioni elementali relative ritorna prossimo a 1, tranne che per il rame (Cu).

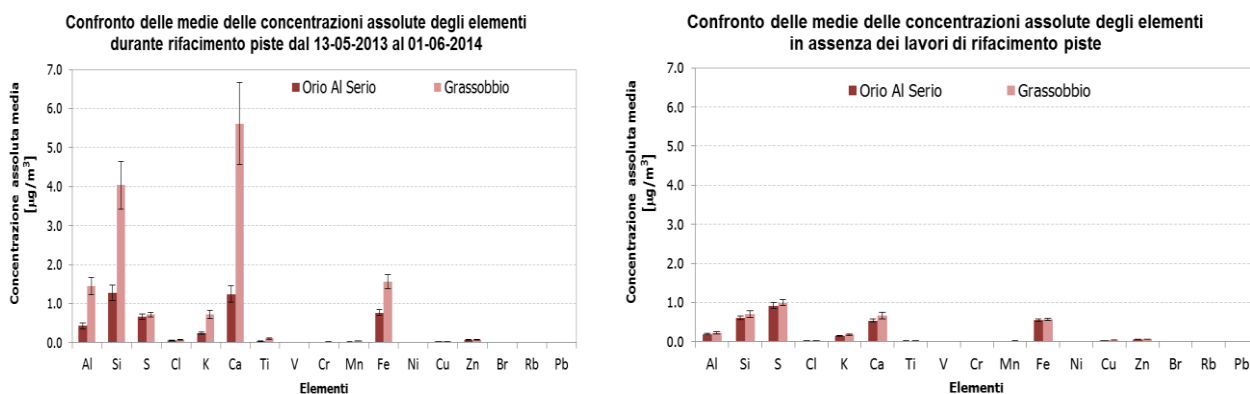


Figura 53. Confronto concentrazioni elementali medie assolute con e senza i lavori aeroportuali.

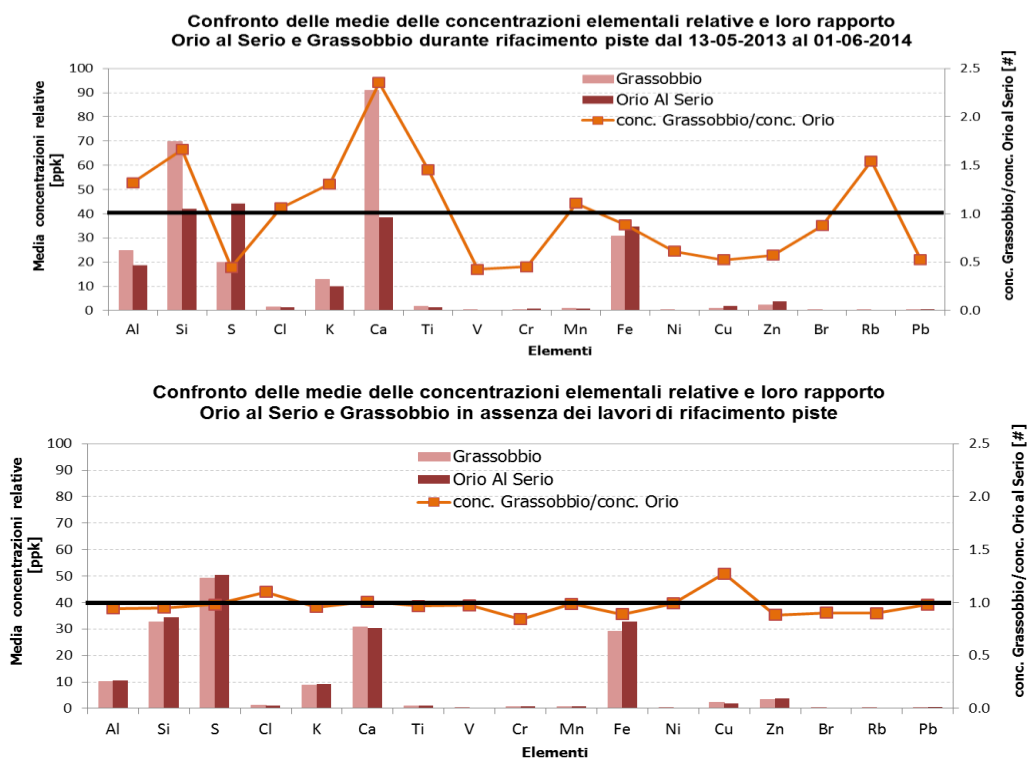


Figura 54. Confronto concentrazioni elementali medie relative con e senza i lavori aeroportuali e loro rapporto.

Per comprendere quanto il livello degli elementi nei siti di indagine, possa essere diverso da quello di altri siti si è ampliata l'area di studio, effettuando confronti con la vicina stazione di fondo/urbano di Bergamo Meucci e quella più distante, di fondo/rurale di Casirate, nelle quali ARPA svolge analisi di speciazione durante tutto il corso dell'anno per adempimento del D.Lgs. 155/2010. In tutte le postazioni, gli andamenti e le concentrazioni di PM10 sono confrontabili, fatta esclusione del periodo di lavori nell'aeroporto a Grassobbio.

8/5-12/5/2014 e 2/6-8/7/2014	Orio Al Serio	Grassobbio	Bergamo via Meucci	Casirate
PM ₁₀ media [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	18	21	17	19
deviazione standard [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	7	9	8	9
PM ₁₀ max conc. giornaliera [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	32	43	33	37
PM ₁₀ num.gg. sup. limite [$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$]	0	0	0	0
rendimento [%]	93	95	98	90

Tabella 17. Dati statistici del PM10 nei siti presi a confronto in assenza dei lavori aeroportuali.

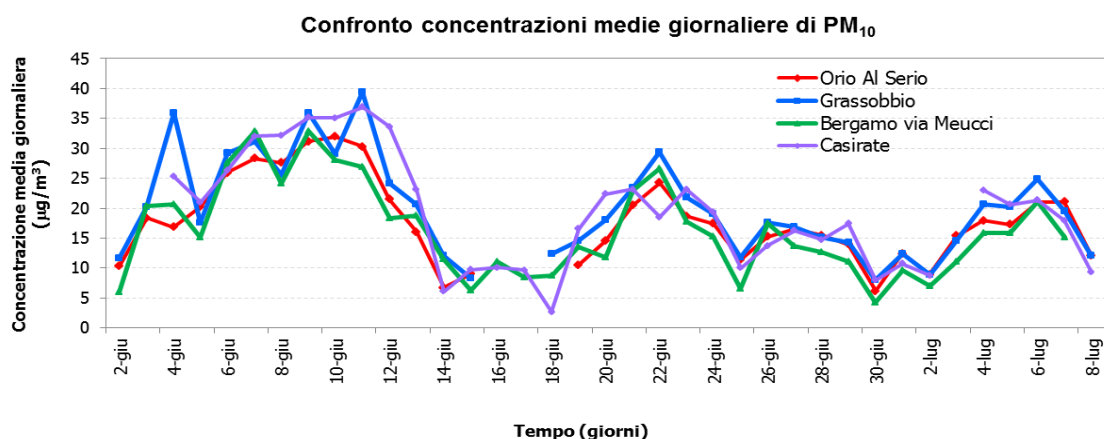


Figura 55. Andamenti delle concentrazioni di PM10 nei siti presi a confronto dopo la fine dei lavori aeroportuali.

08-05-2014 al 08-07-2014	Orio Al Serio	Grassobbio	Bergamo via Meucci	Casirate
PM ₁₀ media [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	19	31	17	20
deviazione standard [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	8	25	7	8
PM ₁₀ max conc. giornaliera [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	51	147	33	37
PM ₁₀ num.gg. sup. limite [$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$]	1	9	0	0
rendimento [%]	95	97	98	90

Tabella 18. Dati statistici del PM10 nei siti presi a confronto durante tutta la campagna.

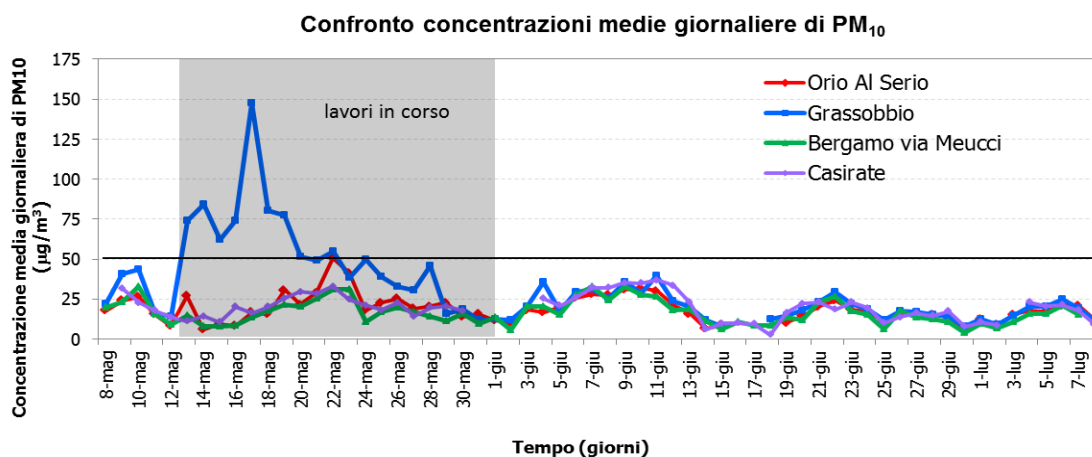


Figura 56. Andamenti delle concentrazioni di PM₁₀ nei siti presi a confronto durante tutta la campagna.

Considerando tutto il periodo della campagna risulta che, a Orio al Serio e a Grassobbio sono maggiori le concentrazioni di Si, Ca, Rb, e soprattutto di Cr (figura 59), rispetto agli altri siti presi a confronto.

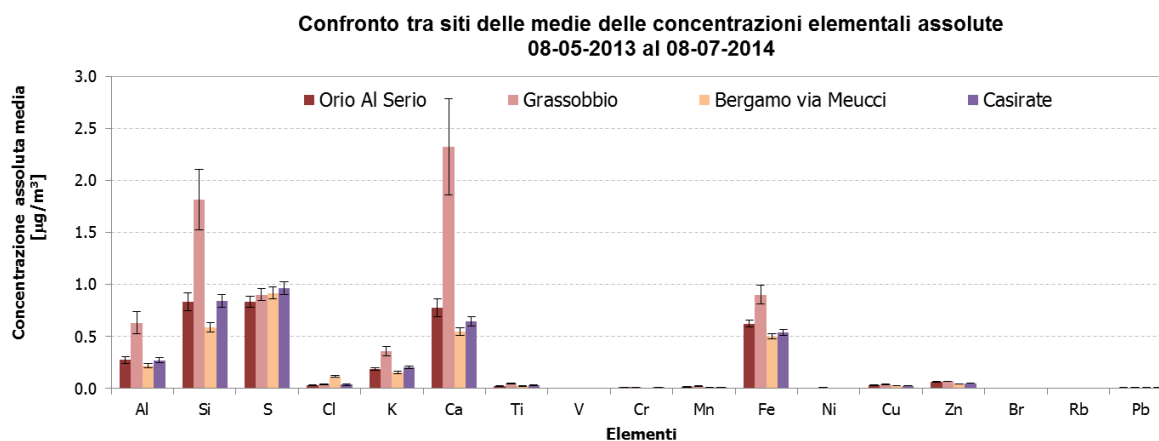


Figura 57. Confronto tra diversi siti delle medie delle concentrazioni elementali assolute.

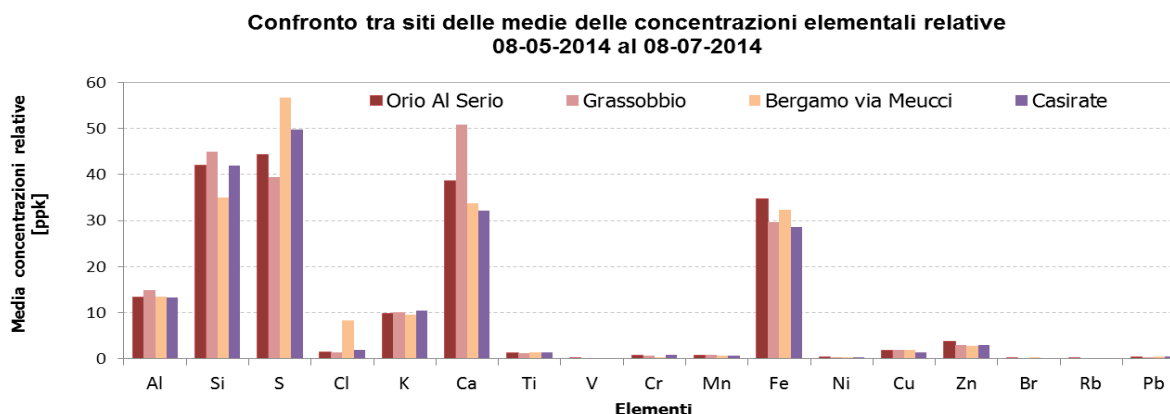


Figura 58. Confronto tra siti delle medie delle concentrazioni elementali relative.

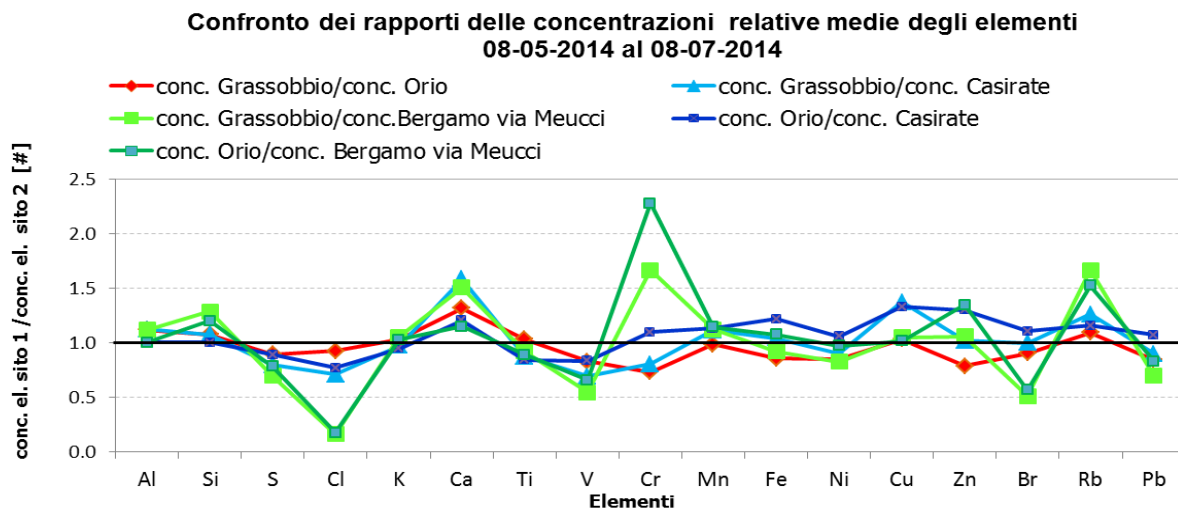


Figura 59. Confronto dei rapporti delle concentrazioni elementari relative medie.

Il grafico dei rapporti elementari mostra come il cromo sia minore a Bergamo Meucci rispetto ai siti di indagine, ma anche come a Bergamo invece risultino maggiori il cloro ed il bromo. Gli stessi elementi, invece, sono confrontabili tra Orio, Grassobbio e Casirate.

Anche in questo caso si nota che, in assenza di cantiere, le concentrazioni assolute tra i quattro siti sono confrontabili, ed i rapporti elementari relativi prossimi all'unità, fatta eccezione per il cromo e per il cloro. Con i lavori in corso, invece, i terrigeni Al, Si, Ca, Ti, Rb sono maggiori a Grassobbio ed i rapporti sono più variabili. Ciò è evidente dai grafici seguenti.

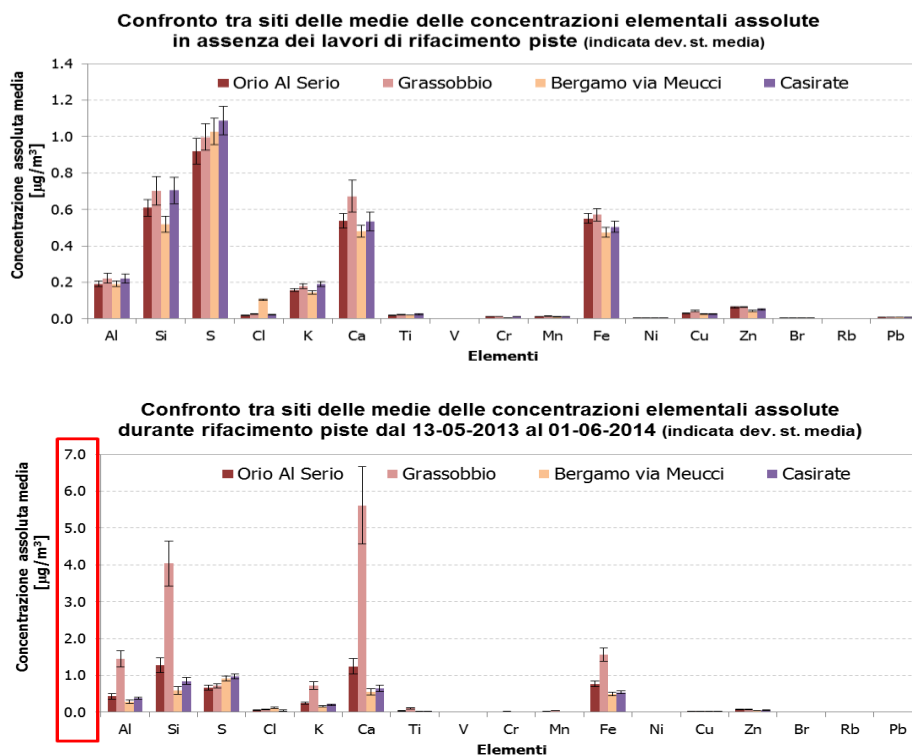


Figura 60. Confronto delle medie delle concentrazioni elementari assolute senza e con i lavori aeroportuali.

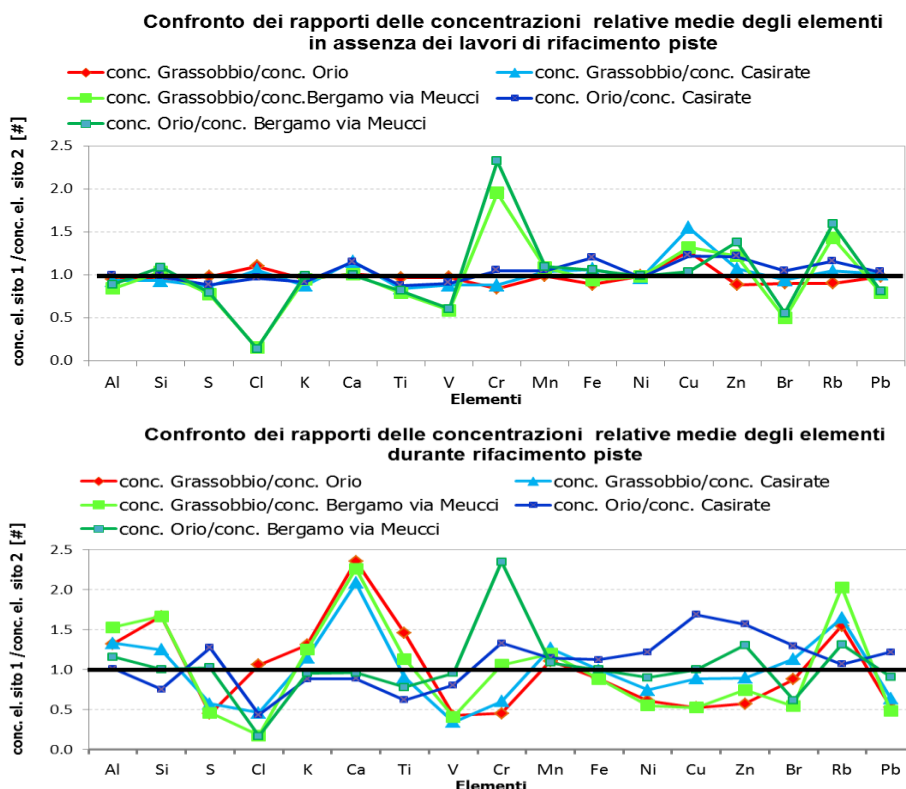


Figura 61. Rapporti delle concentrazioni elementali relative in assenza e durante i lavori aeroportuali.

Si riportano di seguito le tabelle con le medie delle contrazioni elementali assolute e relative nei siti considerati, considerando anche le diverse fasi lavorative del cantiere aeroportuale.

Tutto periodo		concentrazioni assolute																
		Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Pb
8/5/2014 a 8/7/2014		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Orio Al Serio	media:	0.274	0.835	0.831	0.028	0.187	0.776	0.025	0.002	0.014	0.015	0.622	0.006	0.031	0.065	0.003	0.001	0.007
	σ media	0.031	0.085	0.054	0.004	0.014	0.087	0.002	0.000	0.000	0.001	0.034	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000
Grassobbio	media:	0.632	1.815	0.903	0.040	0.358	2.320	0.048	0.002	0.014	0.025	0.902	0.007	0.040	0.068	0.004	0.002	0.008
	σ media	0.106	0.290	0.054	0.006	0.048	0.462	0.007	0.000	0.000	0.003	0.089	0.000	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000
Bergamo via Meucci	media:	0.221	0.586	0.917	0.116	0.154	0.544	0.022	0.002	0.005	0.011	0.499	0.005	0.027	0.043	0.006	0.001	0.008
	σ media	0.018	0.047	0.057	0.007	0.009	0.037	0.002	0.000	0.000	0.001	0.024	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
Casirate	media:	0.272	0.842	0.965	0.037	0.202	0.645	0.029	0.002	0.013	0.013	0.539	0.006	0.025	0.051	0.003	0.001	0.007
	σ media	0.022	0.062	0.061	0.006	0.011	0.048	0.003	0.000	0.000	0.001	0.025	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000

Senza lavori		concentrazioni assolute																
8/5-12/5/2014 e 2/6-8/7/2014		Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Pb
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Orio Al Serio	media:	0.192	0.609	0.920	0.019	0.157	0.538	0.019	0.002	0.014	0.013	0.551	0.005	0.030	0.063	0.003	0.001	0.007
	σ media	0.017	0.045	0.071	0.002	0.008	0.040	0.002	0.000	0.000	0.001	0.027	0.000	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000
Grassobbio	media:	0.223	0.703	0.997	0.026	0.179	0.672	0.022	0.002	0.013	0.015	0.570	0.006	0.043	0.064	0.004	0.001	0.008
	σ media	0.027	0.078	0.072	0.002	0.014	0.087	0.002	0.000	0.000	0.001	0.035	0.000	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000
Bergamo via Meucci	media:	0.192	0.519	1.028	0.105	0.144	0.480	0.020	0.003	0.005	0.010	0.474	0.005	0.026	0.043	0.006	0.000	0.008
	σ media	0.016	0.045	0.074	0.005	0.008	0.033	0.001	0.000	0.000	0.001	0.027	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000
Casirate	media:	0.220	0.704	1.089	0.022	0.189	0.534	0.024	0.002	0.014	0.013	0.505	0.006	0.027	0.052	0.003	0.001	0.007
	σ media	0.025	0.071	0.079	0.002	0.013	0.053	0.003	0.000	0.000	0.001	0.032	0.000	0.002	0.004	0.000	0.000	0.000

Lavori in corso		concentrazioni assolute																
Dal 13/05/2014 al 01/06/2014		Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Pb
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Orio Al Serio	media:	0.433	1.276	0.657	0.046	0.245	1.240	0.036	0.002	0.014	0.019	0.761	0.006	0.032	0.070	0.004	0.001	0.008
	σ media	0.075	0.205	0.067	0.010	0.034	0.211	0.006	0.000	0.000	0.002	0.076	0.000	0.002	0.005	0.000	0.000	0.001
Grassobbio	media:	1.449	4.039	0.714	0.070	0.717	5.615	0.102	0.002	0.015	0.045	1.566	0.008	0.032	0.077	0.005	0.005	0.009
	σ media	0.219	0.607	0.057	0.016	0.102	1.047	0.015	0.000	0.001	0.006	0.184	0.000	0.002	0.006	0.001	0.001	0.001
Bergamo via Meucci	media:	0.280	0.586	0.917	0.116	0.154	0.544	0.022	0.002	0.005	0.011	0.499	0.005	0.027	0.043	0.006	0.001	0.008
	σ media	0.042	0.103	0.065	0.018	0.023	0.085	0.003	0.000	0.000	0.001	0.047	0.000	0.002	0.004	0.001	0.000	0.000
Casirate	media:	0.378	0.842	0.965	0.037	0.202	0.645	0.029	0.002	0.013	0.013	0.539	0.006	0.025	0.051	0.003	0.001	0.007
	σ media	0.035	0.093	0.064	0.017	0.017	0.077	0.004	0.001	0.000	0.001	0.038	0.000	0.002	0.005	0.000	0.000	0.000

Tabella 19. Media delle concentrazioni elementali assolute nelle diverse fai della campagna.

Tutto periodo		concentrazioni relative																
8/5/2014 a 8/7/2014		Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Pb
		(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)
Orio Al Serio	media:	13.42	41.93	44.26	1.46	9.90	38.61	1.23	0.11	0.86	0.79	34.70	0.35	1.88	3.77	0.21	0.06	0.46
	σ media	0.79	2.06	2.05	0.14	0.28	2.33	0.06	0.01	0.05	0.03	1.35	0.03	0.13	0.19	0.01	0.00	0.03
Grassobbio	media:	14.98	45.00	39.47	1.35	10.17	50.75	1.27	0.09	0.63	0.78	29.67	0.29	1.93	2.96	0.19	0.06	0.38
	σ media	1.20	3.03	2.61	0.10	0.38	4.75	0.07	0.01	0.05	0.03	0.82	0.02	0.17	0.19	0.03	0.00	0.03
Bergamo via Meucci	media:	13.41	35.00	56.72	8.40	9.64	33.69	1.39	0.16	0.38	0.69	32.31	0.36	1.85	2.81	0.37	0.04	0.55
	σ media	0.7	1.6	2.6	0.7	0.3	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
Casirate	media:	13.4	41.9	49.7	1.9	10.5	32.1	1.5	0.1	0.8	0.7	28.5	0.3	1.4	2.9	0.2	0.0	0.4
	σ media	0.83	2.24	2.71	0.30	0.44	1.86	0.12	0.01	0.05	0.04	1.11	0.02	0.10	0.24	0.01	0.00	0.03

Senza lavori		concentrazioni relative																
8/5-12/5/2014 e 2/6-8/7/2014		Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Pb
		(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)
Orio Al Serio	media:	10.66	34.31	50.35	1.14	9.21	30.39	1.05	0.11	0.89	0.74	32.82	0.34	1.90	3.81	0.21	0.05	0.46
	σ media	0.66	1.55	2.31	0.09	0.33	1.64	0.06	0.01	0.07	0.04	1.43	0.03	0.14	0.24	0.01	0.00	0.03
Grassobbio	media:	10.07	32.61	49.31	1.25	8.80	30.67	1.02	0.11	0.75	0.73	29.13	0.33	2.41	3.37	0.19	0.05	0.45
	σ media	0.75	1.89	2.45	0.08	0.34	2.28	0.06	0.01	0.05	0.04	1.12	0.02	0.19	0.21	0.01	0.00	0.03
Bergamo via Meucci	media:	11.99	31.54	63.44	8.13	9.28	30.42	1.29	0.19	0.38	0.67	31.03	0.34	1.83	2.76	0.38	0.03	0.57
	σ media	0.8	1.9	3.0	0.9	0.4	1.4	0.1	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.1
Casirate	media:	10.8	35.0	57.0	1.2	10.1	26.5	1.2	0.1	0.8	0.7	27.3	0.3	1.6	3.1	0.2	0.0	0.4
	σ media	0.79	2.12	3.23	0.10	0.61	1.54	0.12	0.01	0.07	0.05	1.38	0.03	0.14	0.33	0.02	0.00	0.04

Lavori in corso		concentrazioni relative																
Dal 13/05/2014 al 01/06		Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Pb
		(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)	(ppk)
Orio Al Serio	media:	18.80	41.93	44.26	1.46	9.90	38.61	1.23	0.11	0.86	0.79	34.70	0.35	1.88	3.77	0.21	0.06	0.46
	σ media	1.28	3.36	2.41	0.35	0.41	4.22	0.09	0.01	0.10	0.05	2.70	0.06	0.27	0.30	0.02	0.01	0.05
Grassobbio	media:	24.80	69.77	19.78	1.55	12.92	90.91	1.79	0.05	0.39	0.87	30.74	0.21	0.98	2.15	0.18	0.09	0.24
	σ media	1.85	4.72	2.90	0.26	0.53	7.83	0.11	0.01	0.05	0.03	0.99	0.04	0.20	0.35	0.09	0.01	0.04
Bergamo via Meucci	media:	16.25	41.93	43.30	8.95	10.37	40.23	1.59	0.11	0.37	0.73	34.87	0.39	1.88	2.89	0.34	0.04	0.50
	σ media	1.12	2.51	3.48	1.12	0.58	2.11	0.08	0.02	0.04	0.04	1.81	0.03	0.15	0.27	0.03	0.01	0.04
Casirate	media:	18.66	55.87	34.74	3.39	11.26	43.62	1.99	0.13	0.65	0.69	30.93	0.28	1.11	2.41	0.16	0.05	0.37
	σ media	1.25	3.49	2.47	0.80	0.47	3.40	0.21	0.03	0.05	0.06	1.75	0.02	0.09	0.25	0.01	0.01	0.03

Tabella 20. Media delle concentrazioni elementali relative nelle diverse fai della campagna.

Per avere una prima indicazione di quanto le concentrazioni dei diversi elementi presenti nel particolato atmosferico risultino alterate per la presenza di emissioni antropiche, sono stati calcolati i fattori di arricchimento che esprimono quanto un elemento in aria risulti arricchito rispetto alla sua naturale concentrazione nel terreno. Il FA, è il rapporto tra la concentrazione in aria di un elemento e quella dell'elemento di riferimento diviso l'analogo rapporto tra le concentrazioni nel suolo dell'elemento considerato e l'elemento di riferimento.

Il FA è stato calcolato partendo dalle concentrazioni assolute, usando come riferimento il Silicio (considerato avente unica sorgente il terreno), utilizzando la composizione elementale del suolo media.

$$FA = \frac{[C_{i,ARIA}]/[C_{ref,ARIA}]}{[C_{i,SUOLO}]/[C_{ref,SUOLO}]}$$

Un FA maggiore di 1 indica che per quell'elemento prevale una sorgente diversa dalla risospensione dal suolo dovuta alle turbolenze dell'aria sia di origine naturale che antropica.

Non avendo utilizzato come terreno di riferimento quello proprio del sito di interesse, ma un terreno considerato simile a quello del luogo campionamento (terreno di Bosco c/o Senna Comasco) si è considerato basso un arricchimento $FA \leq 5$.

Essendo stati V, Pb, e Br quasi sempre al disotto del limite di rilevabilità a Orio al Serio, Grassobbio e Casirate, non sono stati considerati nelle considerazioni successive.

	Al	Si	S	Cl	Ktot	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Rb
Orio al Serio	1	1	891	74	2	29	1	28	5	3	16	114	88	2
Grassobbio	1	1	901	79	3	33	1	24	5	3	17	148	78	2
Casirate	1	1	1012	101	3	25	1	27	5	3	17	92	69	2
Bergamo via Meucci	1	1	1285	557	3	32	1	14	5	4	20	128	75	1

Tabella 21. Fattori di arricchimento per i diversi elementi rilevati.

Dalla tabella dei fattori di arricchimento si evidenzia che:

- in tutti i siti, alcuni elementi oltre al Si, come Al, K, Ti, Mn, Fe e Rb sono di chiara origine terrigena. Per quanto riguarda il calcio, un fattore FA elevato può anche significare un contenuto di Ca nel suolo dell'area di campionamento significativamente diverso da quello del suolo preso come riferimento. Ciò è confermato anche dai grafici delle concentrazioni elementali, soprattutto per Grassobbio che presenta un FA maggiore degli altri siti;
- Ni e Cr sono più arricchiti, quindi hanno anche origine antropica;
- risultano fortemente arricchiti Cl, S, Cu e Zn; indicando chiaramente come in tutti i siti vi siano importanti sorgenti oltre la risospensione di polvere dal suolo:
 - il cloro (Cl) è più arricchito a Bergamo, come si evince anche dai rapporti elementali precedenti; infatti, esso è legato principalmente ad attività industriali;
 - lo zolfo (S) è legato alla combustione di prodotti organici di origine fossile contenenti zolfo, quali carbone, petrolio e derivati. Le principali sorgenti antropiche sono costituite da impianti industriali, dai motori diesel in forma gassosa di SO_2 e, nel periodo invernale, da impianti per il riscaldamento domestico. Lo zolfo, come elemento a sé stante è inoltre coinvolto nei processi chimici e fotochimici in fase eterogenea, infatti si trasforma in atmosfera in solfato SO_4^{--} in fase particolato, mostrando le sue caratteristiche di inquinante secondario;
 - rame (Cu) e zinco (Zn) sono legati all'usura dei motori e delle parti meccaniche in genere delle automobili (freni, frizione, etc...).

Per meglio indagare sull'origine degli elementi, le serie di dati delle concentrazioni elementali sono state sottoposte all'analisi a cluster. Per limitare l'influenza della meteorologia, sono state elaborate le serie delle concentrazioni relative degli elementi, ovvero le quantità di ciascun elemento per unità di massa del PM10.

L'analisi a cluster consiste in un metodo di raggruppamento degli oggetti analizzati (le serie delle concentrazioni elementali) sulla base del loro andamento; si è quindi utilizzato quale indice di similarità il coefficiente R di Pearson e come rappresentante di cluster il centroide delle serie autoscalate appartenenti a ciascun cluster individuato. I risultati sono espressi in forma grafica attraverso i dendrogrammi sottostanti.

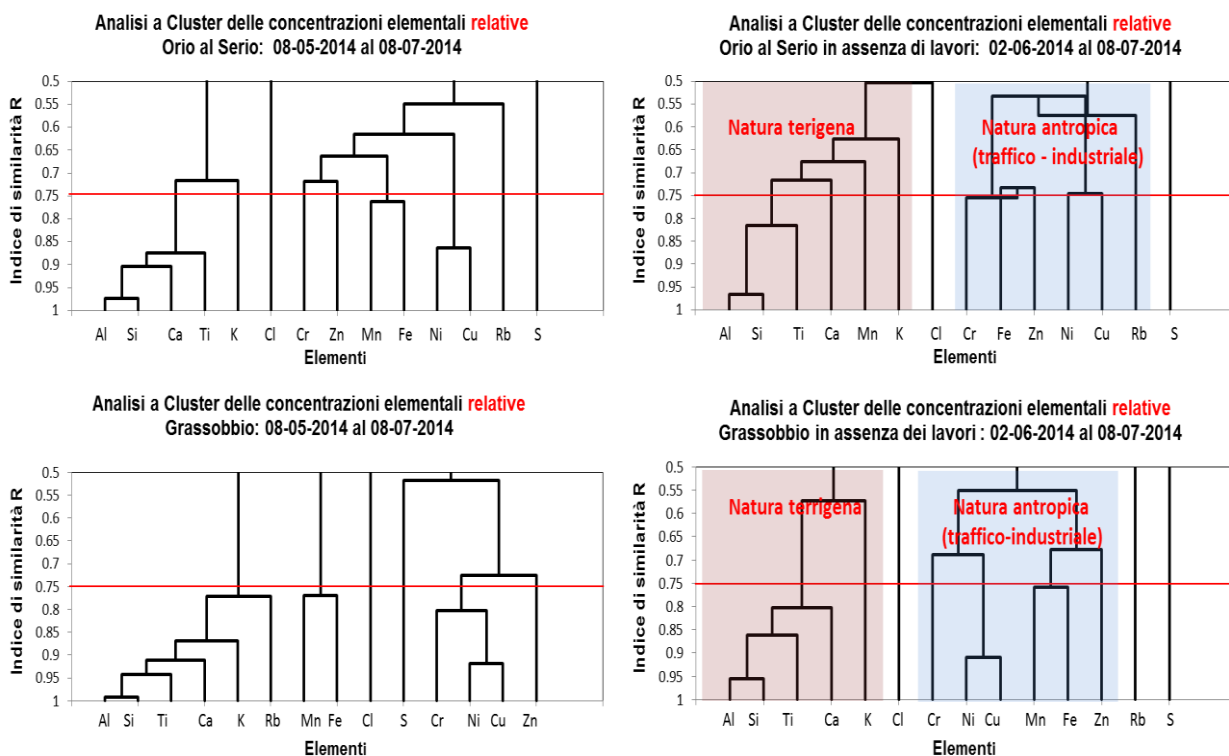


Figura 62. Dendrogrammi delle concentrazioni relative degli elementi nei due siti di campagna durante tutto il periodo ed in assenza dei lavori aeroportuali.

I dendrogrammi mostrano associazioni diverse tra gli elementi. Durante tutta la campagna, ad Orio al Serio, il gruppo dei terrigeni è composto da Al, Si, Ti, Ca, e K; a questi, si aggiunge il rubidio a Grassobbio, così come risultava nei FA. Mentre a Grassobbio, è ben distinto il cluster dei metalli Ni, Cu, Cr, Zn lasciando separato il cluster Mn, Fe, ad Orio tutti gli elementi citati si uniscono in un unico cluster anche se con una bassa correlazione. In entrambi i siti, il cloro e lo zolfo, quest'ultimo di sicura natura secondaria, sono scarsamente correlati con il resto. Considerando il periodo in assenza dei lavori aeroportuali, sostanzialmente i dendrogrammi non cambiano di molto. Si possono individuare elementi di chiara origine terrigena: Al, Si, Ti, Ca, e K a cui si aggiunge Mn ad Orio al Serio; si individua un altro cluster in cui altri elementi, più o meno correlati, si possono ricondurre ad una origine antropica in quanto dovuti a diverse sorgenti (traffico e industriale). Infine, Cl e S, così come risultava anche dai FA, rimangono separati dal resto, a sottolineare una natura diversa.

Il **cloro (Cl)** non è associato a particolari sorgenti, e ha comportamenti che lo differenziano dagli altri elementi. A differenza del potassio, in assenza di emissione da combustione di biomasse, generalmente non è correlato agli elementi terrigeni, cosa che avviene a Grassobbio e Orio al Serio. Esso, infatti, può essere presente in atmosfera in fase particolato sia per le emissioni di particolari attività industriali, sia in forma di sali di spray marino trasportati dal vento anche su lunghe distanze.

Si evidenzia che in entrambi i siti il **potassio (K)** si correla con gli altri elementi di natura crostale.

Infatti, il potassio è un tracciante non specifico delle combustioni di biomasse, ma in assenza di esse deriva essenzialmente dalla risospensione di polvere dal suolo per azione turbolenta dell'aria; le polveri al suolo possono essere risollevate o per cause naturali come il vento o per cause antropiche quali il traffico veicolare o la lavorazione dei campi. Poiché la polvere del suolo è generalmente ricca, tra gli elementi rilevati, di alluminio, silicio e calcio, generalmente si osserva una correlazione tra le concentrazioni in aria dei tre elementi terrigeni e il potassio.

Ciò risulta nei due siti di indagine. Pertanto, anche l'analisi a cluster, oltre ai FA, conferma la natura terrigena del potassio; non è quindi evidenziata, la componente di biomassa, né altri tipi di combustioni libere all'aperto.

Inoltre, attraverso il metodo dei fattori di arricchimento è stata separata la componente crostale del K, da quella di natura antropica, e se ne è tenuto conto nel calcolo del contributo della risospensione sul particolato.

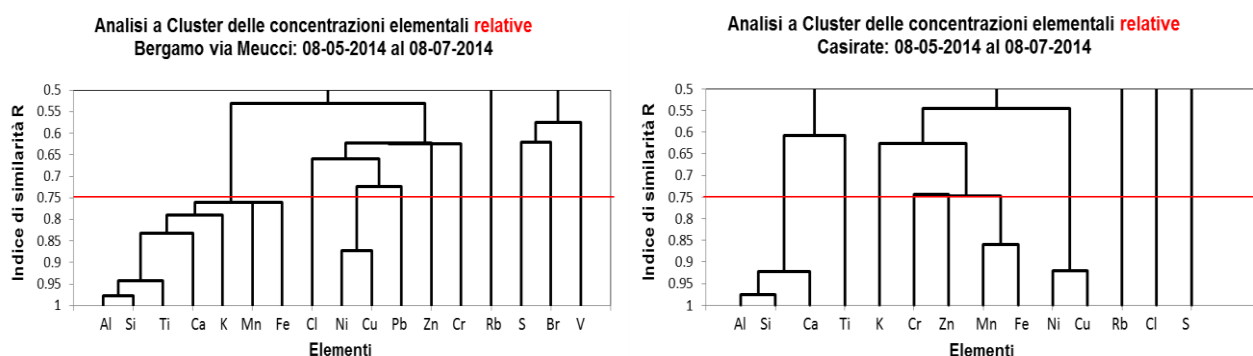


Figura 63. Dendrogrammi delle concentrazioni relative degli elementi a Bergamo Meucci e a Casirate.

Considerando le stazioni prese a confronto, si nota una maggiore e diversificata componente industriale a Bergamo: si distingue sempre il gruppo dei terrigeni da altri cluster di natura antropica; in particolare il cluster S, Br, V potrebbe essere legato all'uso di oli pesanti nelle combustioni industriali.

A Casirate, oltre alla natura crostale degli elementi, è maggiormente evidente il gruppo legato al traffico (Ni e Cu). Anche in questo caso, S e Cl sono separati dal resto.

Idrocarburi policiclici aromatici nel PM10

La determinazione degli IPA è stata effettuata mediante gas-cromatografia con spettrometria di massa (GC-MS). Poiché gli IPA si producono durante i processi di produzione incompleta di combustibili fossili, la loro determinazione è fondamentale nella valutazione delle combustioni quali, ad esempio, l'emissione degli autoveicoli pesanti.

L'unico IPA normato tra quelli rilevati, è il Benzo(a)Pirene, con un limite di 1 ng/m³ come concentrazione media annuale (D.Lgs. 155/2010). A Grassobbio la misura del B(a)P è stata sempre al di sotto del limite di rilevabilità strumentale pari a 0.05 ng/m³. La stessa situazione è stata riscontrata a Orio al Serio, eccetto che per il giorno 6 giugno, quando è stata rilevata una concentrazione di 0.13 ng/m³ comunque ben al di sotto del limite normativo.

Misure di carbonio

Il particolato è costituito da una complessa miscela di sostanze, organiche ed inorganiche, allo stato solido o liquido, in particolare si distinguono gli ioni inorganici (solfati, nitrati ecc.), gli elementi cristallini e la frazione carboniosa.

Il particolato carbonioso presente nell'atmosfera è costituito da una frazione organica, nota come carbonio organico (OC), e da una frazione resistente all'ossidazione ad una temperatura al di sotto dei 400°C. Se le due frazioni vengono distinte secondo le proprietà termiche questa seconda frazione è chiamata carbonio elementare (EC) (rif. CEN TR 16243/2011).

Il carbonio elementare ha una struttura grafitica ed è caratterizzato da un grande potere assorbente a tutte le lunghezze della radiazione visibile (nero). E' essenzialmente un inquinante primario, emesso direttamente durante la combustione incompleta di fossili, carburanti e biomasse. In aree urbane, le emissioni dei veicoli diesel costituiscono una delle sorgenti principali di EC.

Il carbonio organico particolato è una miscela di idrocarburi e di composti ossigenati (alcani, alcheni, alchini, IPA, aldeidi, chetoni, ecc.). Ha origine sia primaria che secondaria. Il particolato organico primario è emesso durante le combustioni, o dalle piante, principalmente come particelle submicrometriche, mentre quello di origine secondaria può aver origine sia dalla conversione gas-particella di composti organici volatili nell'atmosfera, sia come risultato della condensazione di composti volatili a bassa tensione di vapore, sia dall'adsorbimento fisico o chimico di specie gassose sulla superficie di particelle. Non va trascurato come componente del particolato organico il bioaerosol costituito da pollini, batteri, spore e detriti vegetali.

Sono state determinate le concentrazioni di carbonio organico e di carbonio elementare sui filtri di PM10. Si riportano di seguito (figure 63 e 64) gli andamenti temporali di OC e EC rilevati a Orio al Serio e a Grassobbio.

Durante i lavori manutentivi della pista, le concentrazioni di OC sono risultate significativamente più elevate a Grassobbio rispetto a Orio al Serio. D'altra parte, le concentrazioni di EC risultano essere confrontabili. Tenendo conto che l'origine dell'EC non è terrigena, si può concludere, come già detto nei paragrafi precedenti, che l'aumento del PM10 nel periodo dei lavori, è principalmente legato ad un aumento della sua risospensione, sia per quanto riguarda la componente inorganica, ma anche organica.

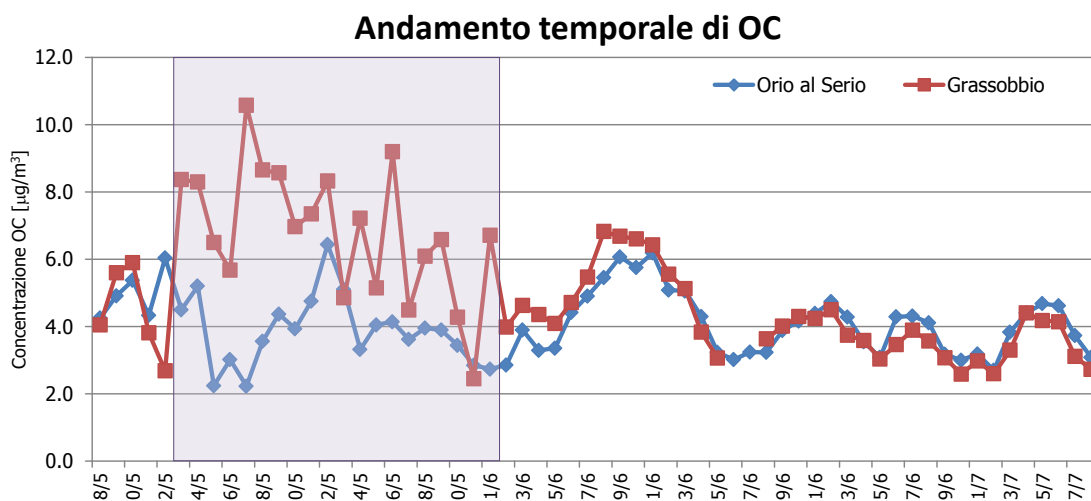


Figura 64. Andamento temporale di OC misurato a Orio al Serio e a Grassobbio.

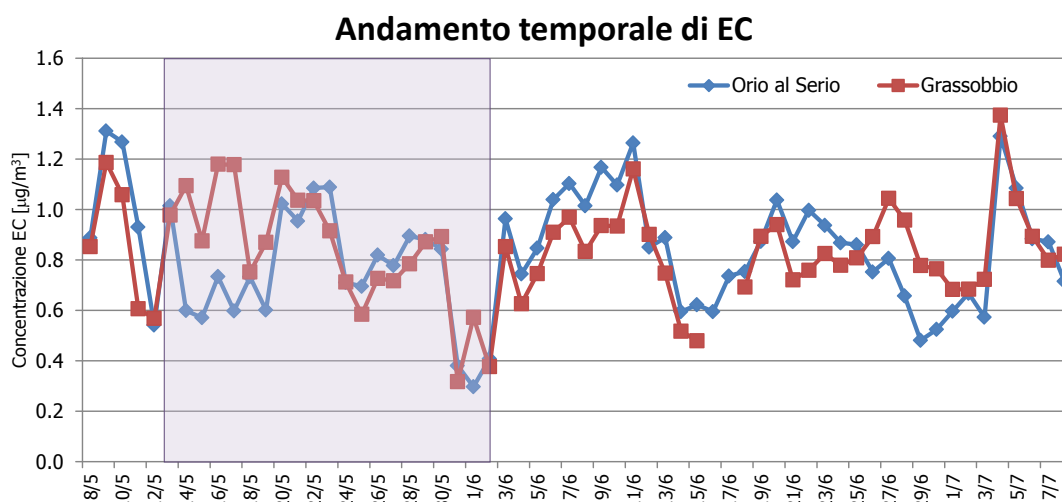


Figura 65. Andamento temporale di EC misurato a Orio al Serio e a Grassobbio.

Le concentrazioni di OC/EC sono state confrontate con quelle di Casirate. Nel periodo dei lavori, la componente OC rilevata a Casirate è confrontabile con quella di Orio al Serio, inferiore a quella di Grassobbio. Nel resto della campagna di monitoraggio i tre andamenti sono simili. Le concentrazioni di EC, per tutta la durata della campagna sono leggermente più bassi a Casirate. D'altra parte questo è un sito rurale e, in questo periodo, non risultano esserci vicino fonti emmissive importanti.

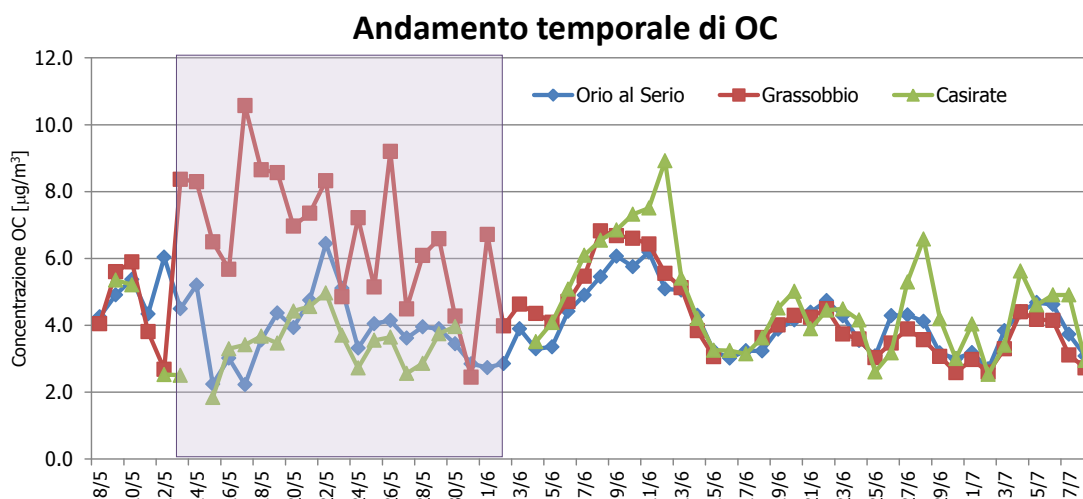


Figura 66. Confronto del trend di OC misurato a Orio al Serio e a Grassobbio con quello di Casirate.

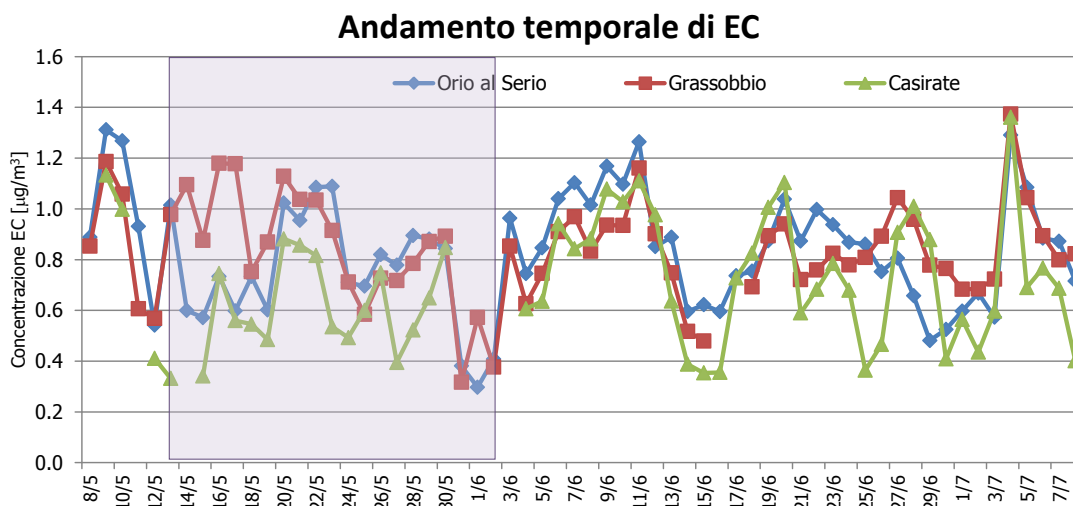


Figura 67. Confronto del trend di EC misurato a Orio al Serio e a Grassobbio con quello di Casirate.

BTX

Il benzene è una sostanza usata come antidetonante nella benzina senza piombo in sostituzione dei composti del piombo; 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.

La misura dei BTX è stata effettuata durante il periodo della campagna mediante un analizzatore in continuo, campionatori di tipo attivo e passivo a simmetria radiale.

Le fiale di tipo passivo sono costituite da carbone attivo che, successivamente eluito con solfuro di carbonio, permette di ottenere una soluzione da analizzare con un gascromatografo con rilevatore a spettrometria di massa. Si determinano in questo modo le concentrazioni di benzene, toluene, meta-para xilene. Questa tecnica permette la determinazione della concentrazione settimanale dei citati composti e ha il vantaggio di consentire la realizzazione di estesi programmi di screening con costi molto ridotti rispetto ai campionamenti di tipo attivo. Considerato che il limite per il benzene è annuale, una campagna di misura condotta per un periodo più breve può essere utile in un'ottica di approccio preliminare alla caratterizzazione dei livelli di immissione nel luogo soggetto all'indagine, in rapporto alle informazioni provenienti da un punto fisso di misura. L'analisi viene condotta mediante desorbimento termico dei campioni e successiva separazione degli inquinanti in gascromatografia capillare. Poiché la velocità di campionamento di questi sistemi è costante durante il periodo di esposizione, ne consegue che, a seguito di opportuni fattori di conversione, alla quantità campionata di analita sia possibile far coincidere una concentrazione ambientale. Le fiale di tipo attivo, invece, sono costituite da un elemento sensibile in forma granulare contenuto in una fiala attraverso cui l'aria è forzata a passare tramite l'aspirazione di una pompa; analogamente alle precedenti, successivamente al campionamento vengono sottoposte ad analisi in laboratorio. Trattandosi di metodiche diverse è comunque necessario un confronto.

I valori giornalieri di benzene, toluene e m+p xileni, misurati dal campionatore attivo presso il laboratorio mobile di Orio al Serio sono stati confrontati con quelli dell'analizzatore in continuo installato sul laboratorio mobile di Grassobbio e successivamente con quelli di Bergamo Garibaldi, Dalmine e Calusco, evidenziando quanto segue:

- Le misure di benzene a Grassobbio e Orio al Serio risultano essere confrontabili, anche se a Grassobbio sono in alcuni giorni leggermente inferiori.
- Le concentrazioni di toluene a Grassobbio sono superiori a tutte le quelle delle altre postazioni considerate, in particolare durante i lavori di manutenzione delle piste.
- Le rilevazioni di m+p xileni risultano essere omogenee sul territorio bergamasco, eccetto che a Dalmine dove le concentrazioni sono maggiori.

Benzene Confronto_Conc. Medie Giornaliere

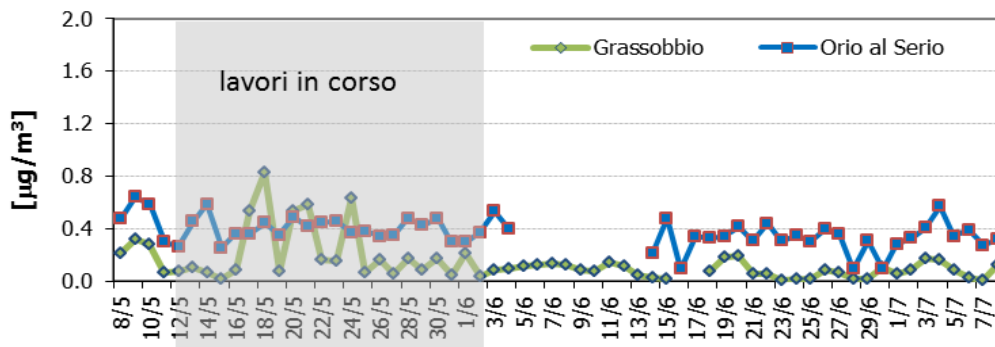


Figura 68. Confronto valori giornalieri di benzene.

Toluene Confronto_Conc. Medie Giornaliere

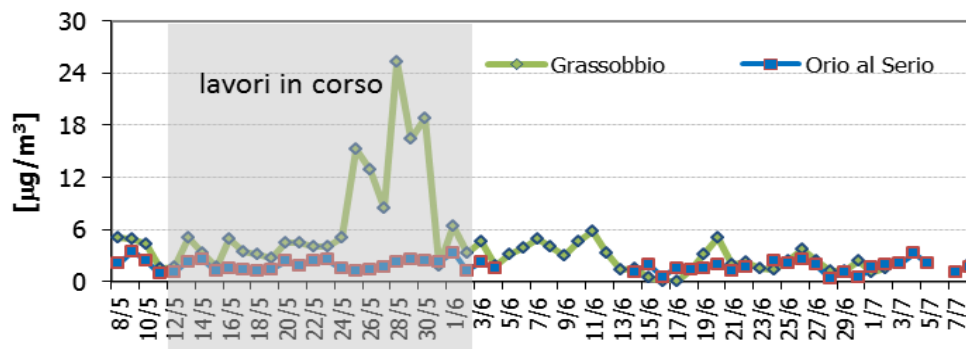


Figura 69. Confronto valori giornalieri di toluene.

Xileni Confronto_Conc. Medie Giornaliere

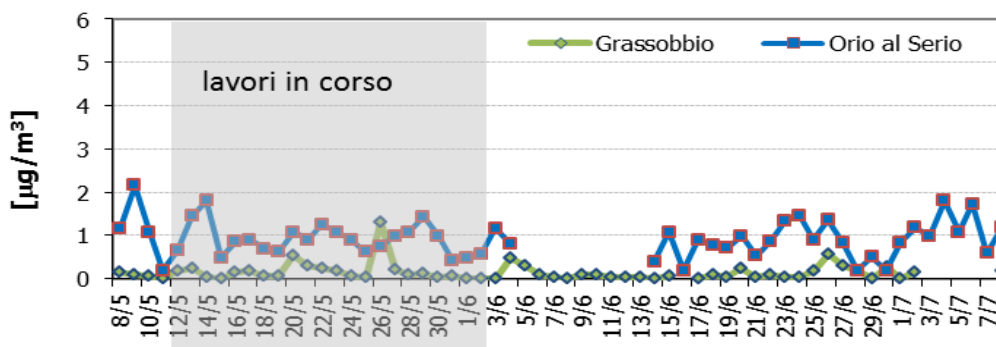


Figura 70. Confronto valori giornalieri di xileni.

BTX	Grassobbio			Orio al Serio			Bergamo Garibaldi			Dalmine			Calusco		
	benzene	toluene	mp-xileni	benzene	toluene	mp-xileni	benzene	toluene	mp-xileni	benzene	toluene	mp-xileni	benzene	toluene	mp-xileni
media periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1	4.3	0.1	0.4	1.8	0.9	0.6	2.6	0.9	0.3	1.9	1.2	0.2	1.0	0.8
max media giornaliera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.8	25.4	1.3	0.6	3.4	2.2	1.0	5.6	1.8	0.7	4.6	3.3	0.4	2.1	1.9
rendimento (%)	98	98	98	85	82	85	98	97	96	94	94	94	99	99	99

Tabella 22. Confronto dati statistici di BTX misurati ad Orio al Serio (campionatore attivo) e Grassobbio (analizzatore in continuo) ed in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

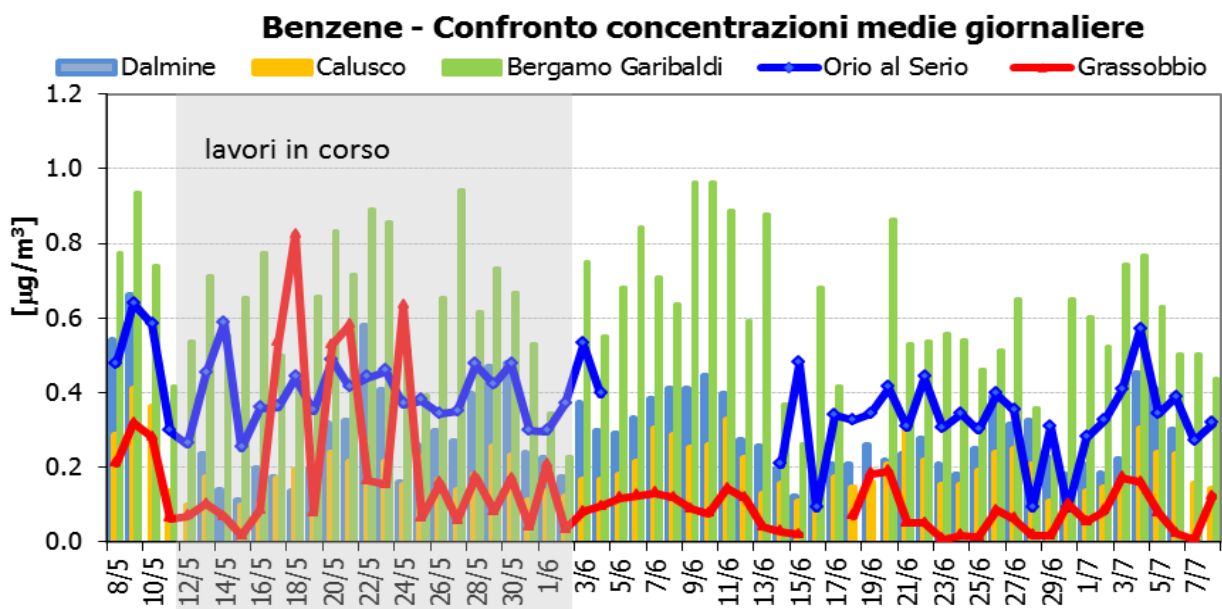


Figura 71. Confronto medie giornaliere di benzene di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

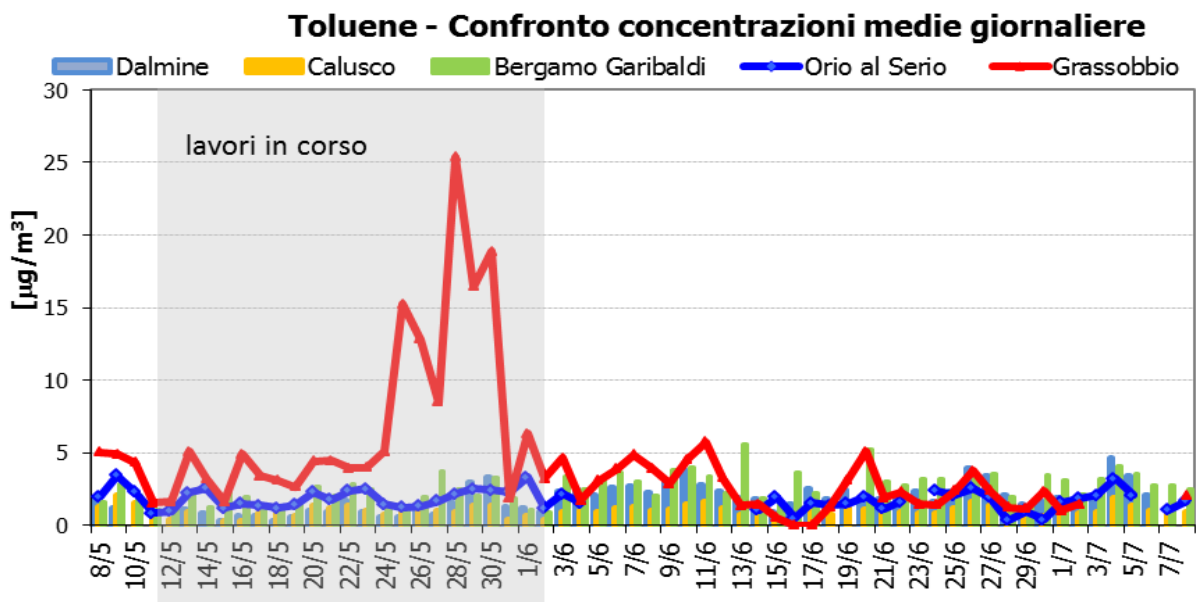


Figura 72. Confronto medie giornaliere di toluene di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

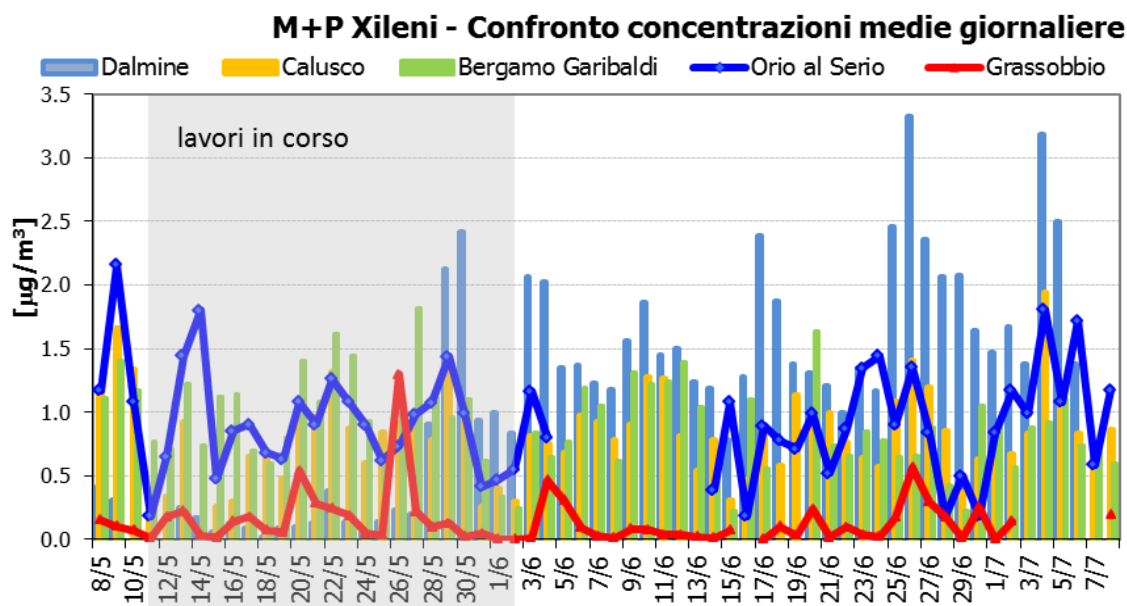


Figura 73. Confronto medie giornaliere di m+p xileni di Orio al Serio e Grassobbio con quelle rilevate in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

Inoltre, sono state effettuate misure settimanali di btx con campionatori passivi in diverse punti di Grassobbio e Orio al Serio.



Figura 74. Siti di misura campionatori passivi.

Dalle misure con i campionatori passivi si evince:

- I valori di benzene sono leggermente più elevati a Grassobbio, comunque ben al di sotto del valore annuale pari a $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (figure 75 e 76);
- Le misure di toluene sono generalmente confrontabili. Nella settimana dall' 8 al 15 maggio, è stato rilevato a Grassobbio, via Vespucci, un picco di toluene pari a $21.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non rilevato altrove. Dal 19 al 26 giugno le postazioni di Orio al Serio hanno misurato concentrazioni di toluene superiori a quelle degli altri siti, raggiungendo in via Dante

Alighieri una media pari a 20.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (figure 77 e 78); nel primo caso, i picchi sono stati registrati in una settimana a cavallo tra la normale operatività e la chiusura dell'aeroporto, mentre, nel secondo caso, la normale attività aeroportuale era ripresa.

- Gli xileni sono confrontabili nelle due postazioni, eccetto quelle dell'analizzatore automatico installato sul laboratorio mobile di Grassobbio, più basse (figure 79 e 80).

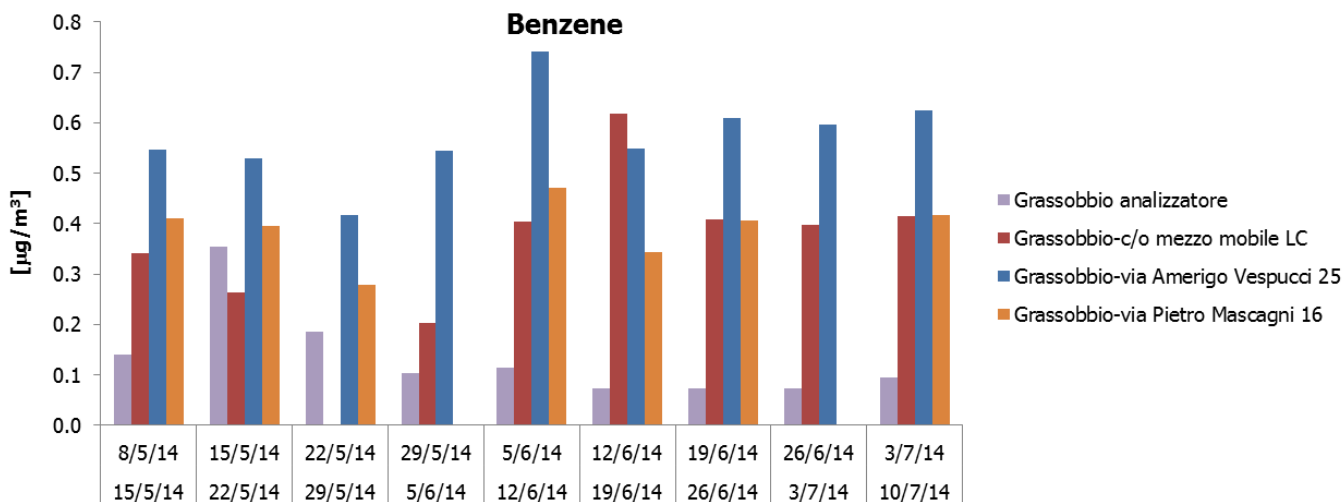


Figura 75. Confronto medie settimanali di benzene rilevate con campionatori passivi a Grassobbio.

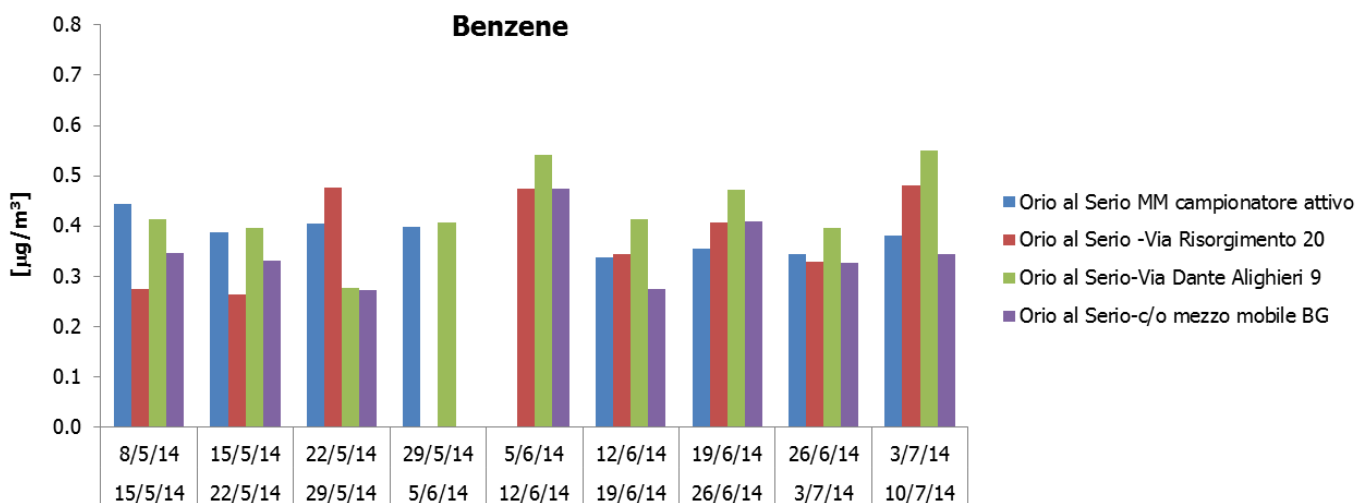


Figura 76. Confronto medie settimanali di benzene rilevate con campionatori passivi a Orio al Serio.

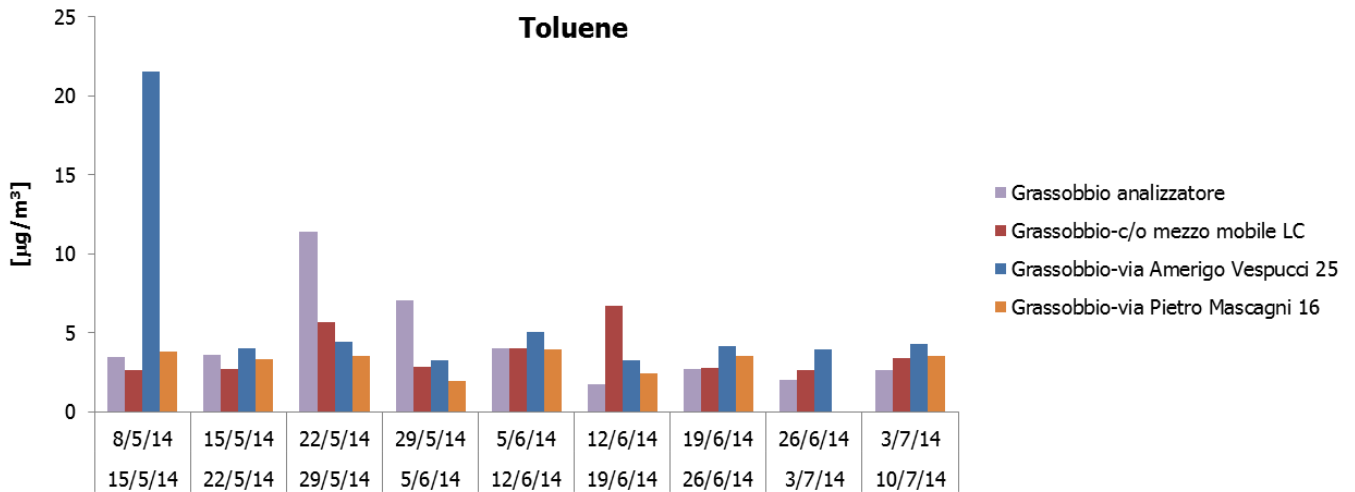


Figura 77. Confronto medie settimanali di toluene rilevate con campionatori passivi a Grassobbio.

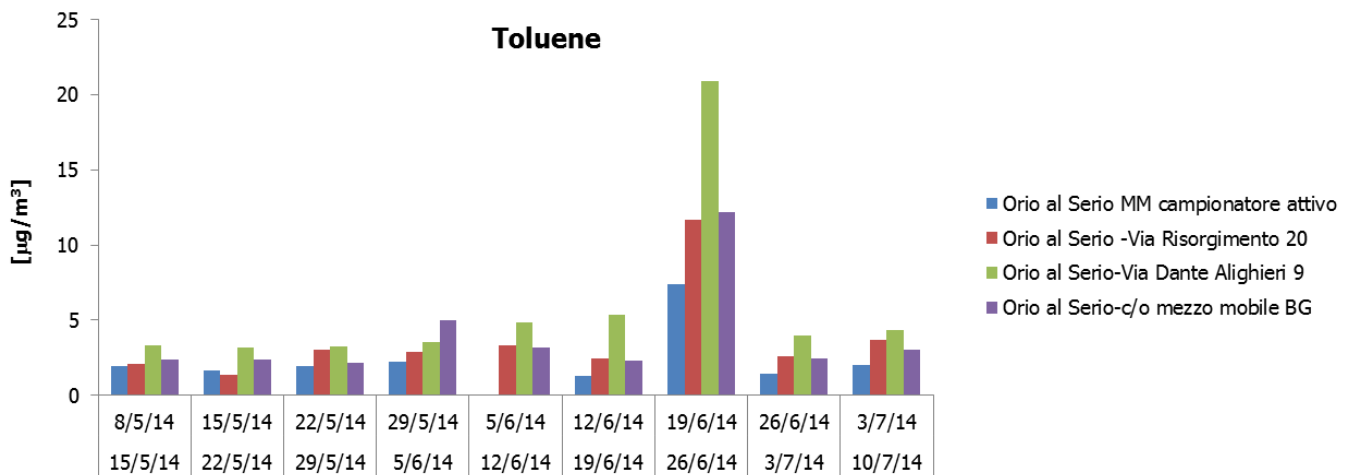


Figura 78. Confronto medie settimanali di toluene rilevate con campionatori passivi a Orio al Serio.

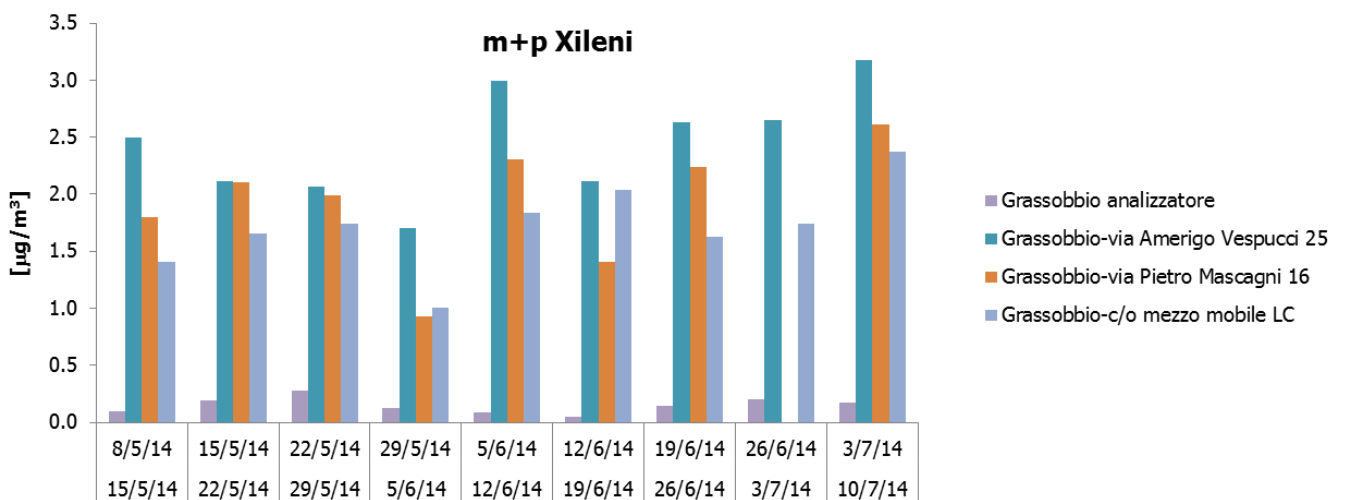


Figura 79. Confronto medie settimanali di m+p xileni rilevate con campionatori passivi a Grassobbio.

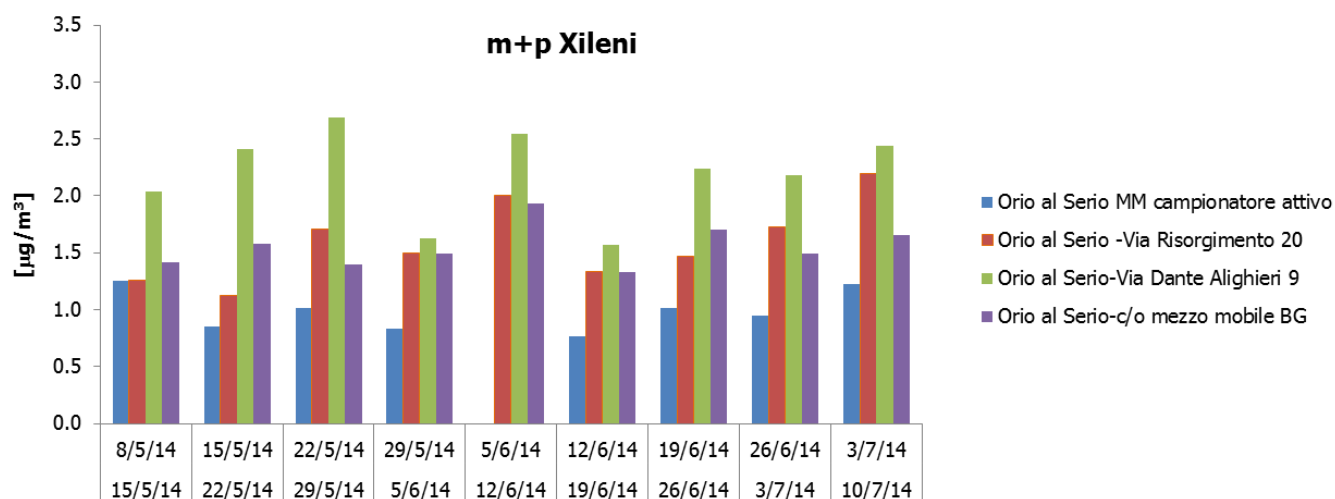


Figura 80. Confronto medie settimanali di m+p xileni rilevate con campionatori passivi a Orio al Serio.

Le misure di benzene, toluene e xileni rilevate dai campionatori passivi sono state confrontate con le concentrazioni medie settimanali delle altre postazioni della RRQA, dell'analizzatore presente a Grassobbio e del campionatore attivo di Orio al Serio.

L'analisi dei dati non evidenzia alcuna particolarità per benzene e per meta e para xilene. I picchi di toluene, possono avere origine diversa.

In generale, si riscontrano valori elevati di toluene laddove si verifici l'uso di coloranti o vernici (anche per asfalto); altre cause possono essere riconducibili alla possibile presenza di toluene nelle benzine, nonché nei carburanti degli aerei. I picchi sono stati registrati in punti e momenti diversi. Potrà essere approfondito questo tema durante la prossima campagna invernale, ma si rileva che i valori assoluti sono in linea con quelli misurati in altre stazioni della rete in diversi momenti dell'anno.

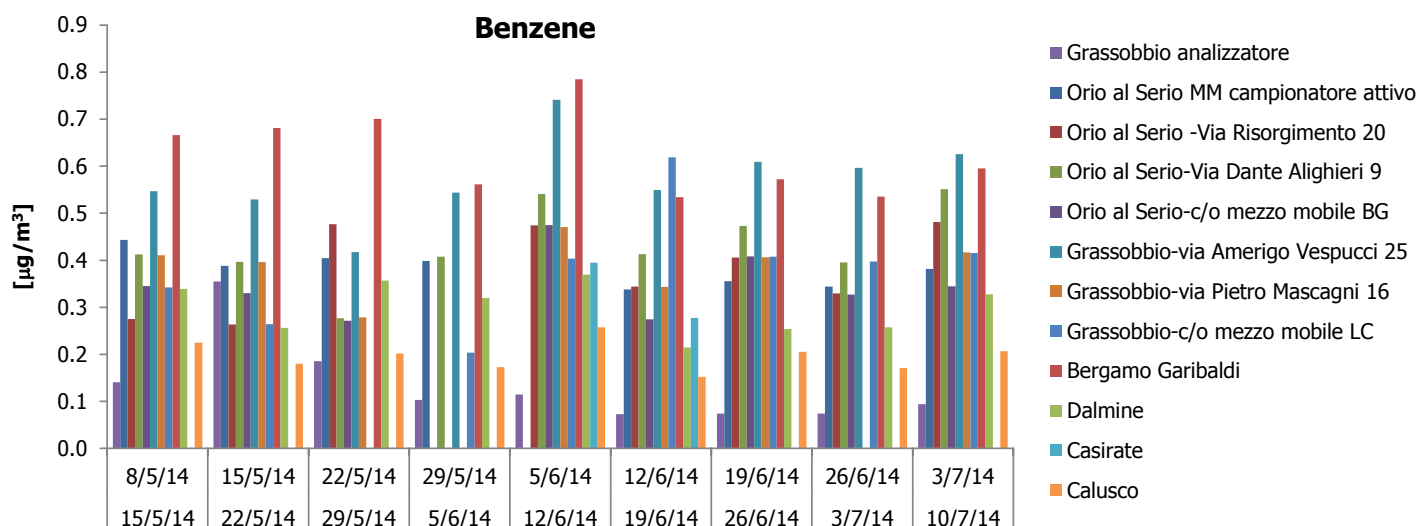


Figura 81. Confronto medie settimanali di benzene rilevate con campionatori passivi a Orio al Serio e a Grassobbio con quelle di alcune stazioni della rete della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

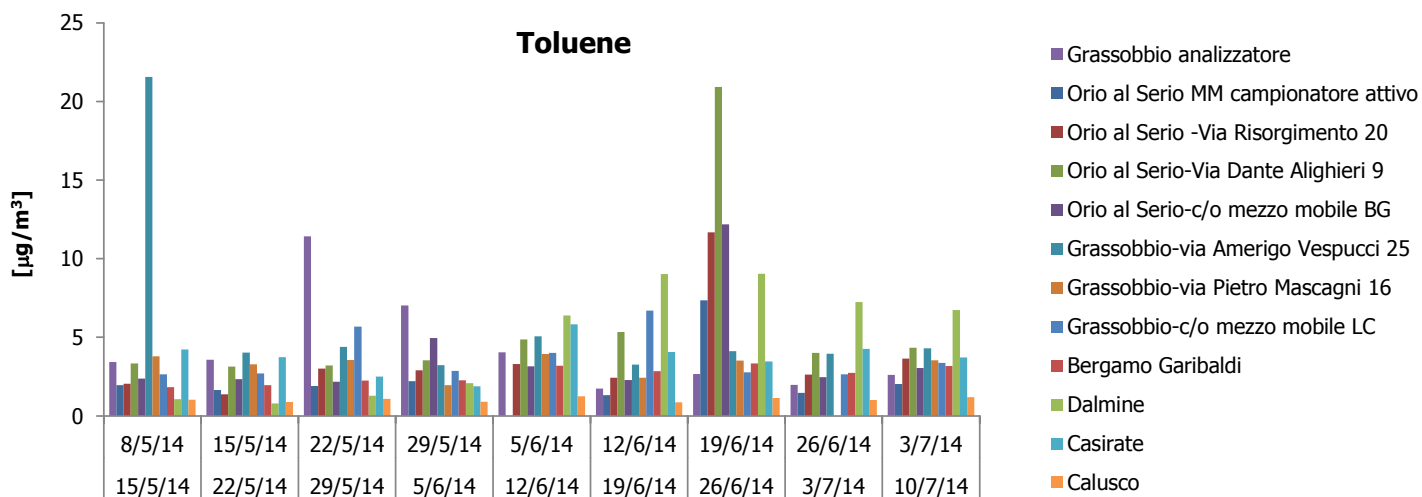


Figura 82. Confronto medie settimanali di toluene rilevate con campionatori passivi a Orio al Serio e a Grassobbio con quelle di alcune stazioni della rete della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

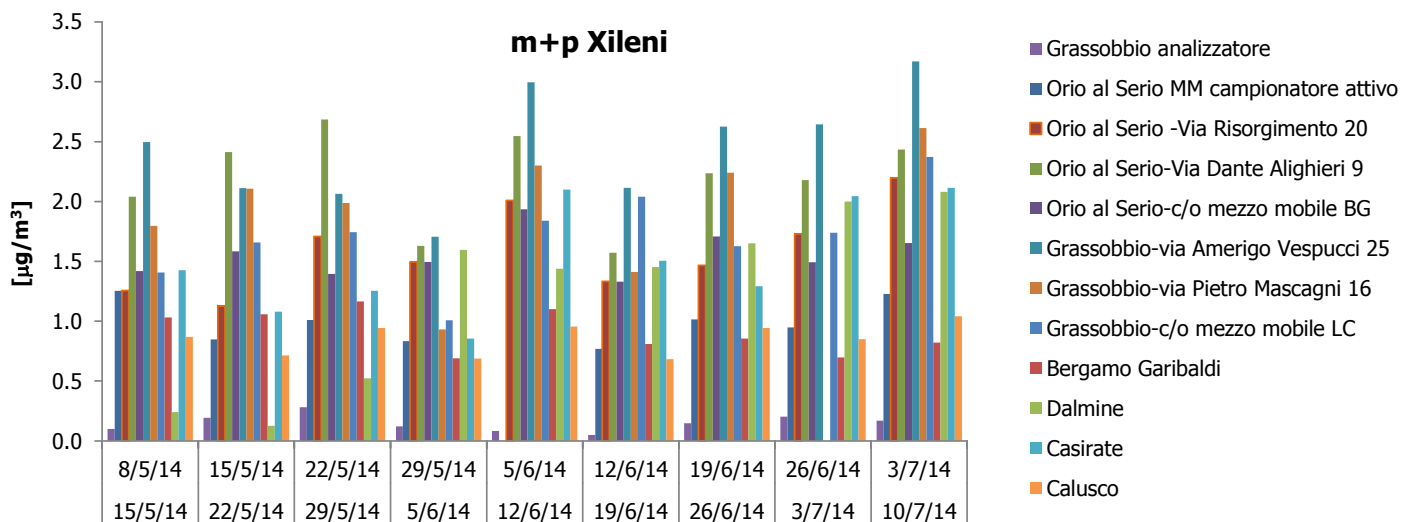


Figura 83. Confronto medie settimanali di m+p xileni rilevate con campionatori passivi a Orio al Serio e a Grassobbio con quelle di alcune stazioni della rete della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

Benzene	Grassobbio analizzatore	mezzo mobile Orio al Serio campionatore attivo	Via Risorgimento 20, Orio al Serio campionatore passivo	Via Alighieri9, Orio al Serio campionatore passivo	mezzo mobile Orio al Serio campionatore passivo	via Amerigo Vespucci 25, Grassobbio campionatore passivo	via Pietro Mascagni 16, Grassobbio campionatore passivo	mezzo mobile Grassobbio campionatore passivo	Bergamo Garibaldi	Dalmine	Casirate campionatore passivo
media periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1	0.4	0.4	0.4	0.3	0.6	0.4	0.4	0.6	0.3	0.3
max periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.4	0.4	0.5	0.6	0.5	0.7	0.5	0.6	0.8	0.4	0.4

Tabella 23. Confronto dati statistici di benzene misurati ad Orio al Serio e Grassobbio ed in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

Toluene	Grassobbio analizzatore	mezzo mobile Orio al Serio campionatore attivo	Via Risorgimento 20, Orio al Serio campionatore passivo	Via Alighieri9, Orio al Serio campionatore passivo	mezzo mobile Orio al Serio campionatore passivo	via Amerigo Vespucci 25, Grassobbio campionatore passivo	via Pietro Mascagni 16, Grassobbio campionatore passivo	mezzo mobile Grassobbio campionatore passivo	Bergamo Garibaldi	Dalmine	Casirate campionatore passivo	Calusco
media periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4.3	2.5	3.7	5.9	3.9	6.0	3.3	3.7	2.6	4.9	3.7	1.0
max periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	11.4	7.4	11.7	20.9	12.2	21.6	3.9	6.7	3.3	9.0	5.8	1.2

Tabella 24. Confronto dati statistici di toluene misurati ad Orio al Serio e Grassobbio ed in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo.

M+p xileni	Grassobbio analizzatore	mezzo mobile Orio al Serio campionatore attivo	Via Risorgimento 20, Orio al Serio campionatore passivo	Via Alighieri9, Orio al Serio campionatore passivo	mezzo mobile Orio al Serio campionatore passivo	via Amerigo Vespucci 25, Grassobbio campionatore passivo	via Pietro Mascagni 16, Grassobbio campionatore passivo	mezzo mobile Grassobbio campionatore passivo	Bergamo Garibaldi	Dalmine	Casirate campionatore passivo	Calusco
media periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.1	1.0	1.6	2.2	1.6	2.4	1.9	1.7	0.9	1.2	1.5	0.9
max periodo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.3	1.3	2.2	2.7	1.9	3.2	2.6	2.4	1.2	2.1	2.1	1.0

Tabella 25. Confronto dati statistici di m+p xileni misurati ad Orio al Serio e Grassobbio ed in alcune stazioni della rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Bergamo

Naftalene

Con i campionatori passivi è stato rilevato il naftalene, IPA a due anelli, esistente in atmosfera solo in fase gassosa, quale marker delle emissioni aeroportuali. Le concentrazioni rilevate nel periodo della campagna, in tutti i siti di misura, sono inferiori al limite di rilevabilità strumentale pari a $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Conclusioni

La campagna di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico effettuata da maggio a luglio 2014, nei comuni di Orio al Serio e Grassobbio ha consentito una caratterizzazione generale della qualità dell'aria dell'area nel periodo prima, durante e dopo le attività di manutenzione delle piste dell'aeroporto "Caravaggio".

Non si osservano particolari criticità per **SO₂**, **CO**, **benzene**, **m+p xileni** e **naftalene** sia a Grassobbio che a Orio al Serio, nel periodo delle attività manutentive (13 maggio – 2 giugno), ma anche nel resto della campagna di monitoraggio. Il confronto con le centraline della qualità dell'aria della provincia di Bergamo ha confermato quanto sopra.

Si approfondiranno nella prossima campagna invernale, le ragioni della presenza di isolati picchi di **toluene** registrati durante la campagna.

Per le concentrazioni di **NO₂** non emerge un effetto significativo delle attività di manutenzione dell'aeroporto, a causa della natura quasi esclusivamente secondaria dell'NO₂, le cui concentrazioni sono regolate prevalentemente dalle condizioni meteorologiche. Nel resto della campagna i valori sono confrontabili con quelli delle centraline della qualità dell'aria. Non sono stati misurati superamenti dei limiti di legge sull'intero periodo di misura.

Avendo effettuato la campagna di monitoraggio in un periodo critico per l'**O₃**, le concentrazioni rilevate di questo inquinante sono state elevate. Il valore massimo sulla media trascinata delle 8 h è stato di $219 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Grassobbio e $216 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Orio al Serio, il valore massimo orario è risultato uguale a $247 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Grassobbio e $243 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Orio al Serio. Si sono registrati superamenti della soglia di informazione (6 giorni a Grassobbio e 3 giorni a Orio al Serio) e della soglia di allarme (1 giorno sia a Grassobbio che a Orio al Serio), in accordo con gli altri siti in provincia di Bergamo.

L'analisi delle concentrazioni giornaliere di **PM₁₀** evidenzia che durante il periodo di manutenzione delle piste dell'aeroporto e quindi della sospensione dei voli, le concentrazioni di polveri misurate a Grassobbio sono state decisamente elevate, non confrontabili con quelle di Orio al Serio e di tutti gli altri siti presi a confronto. La media di PM₁₀ in questo periodo è pari a $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Grassobbio e $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Orio al Serio. In entrambi i siti, in questo periodo, rileviamo superamenti del limite di protezione per la salute umana.

Tra i composti in fase particolato, sono stati rilevati gli IPA: B(a)P è l'unico ad avere un valore limite di concentrazione pari a $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ come media annuale. Nei giorni del monitoraggio, la concentrazione di B(a)P misurata nei due siti è stata sempre al disotto del limite di rilevabilità strumentale pari a $0.05 \text{ ng}/\text{m}^3$, eccetto che ad Orio al Serio il 6 giugno, dove è stata misurata una concentrazione di $0.13 \text{ ng}/\text{m}^3$ comunque ben al disotto del limite normativo.

Lo studio delle componenti di PM10 (elementi, OC ed EC) ha evidenziato che l'aumento delle polveri a Grassobbio è da ricondurre principalmente all'aumento della risospensione del particolato, sia per quanto riguarda la componente inorganica, ma anche organica. Infatti, durante i lavori, le concentrazioni elementali sono notevolmente maggiori a Grassobbio e i rapporti tra i due siti sono diversi soprattutto per tipici terrigeni Al, Si, Ca, Ti, ma anche Rb, sempre a favore di Grassobbio. Inoltre, le concentrazioni di OC sono risultate significativamente più elevate a Grassobbio rispetto a Orio al Serio. D'altra parte, le concentrazioni di EC risultano essere confrontabili. Tenendo conto che l'origine dell'EC non è terrigena, si può concludere, che l'aumento del PM10 è legato anche alla componente organica.

In assenza dei lavori, invece, le concentrazioni ritornano confrontabili in tutti i siti, a livelli decisamente minori. Tutte le elaborazioni effettuate sull'insieme dei dati raccolti non hanno messo in evidenza aumenti significativi delle concentrazioni degli inquinanti considerati direttamente o indirettamente connessi alle emissioni legate alle attività aeroportuali.

Ringraziamenti

Si ringraziano le Amministrazioni Comunali di Orio al Serio e Grassobbio e la SACBO per la collaborazione apportata durante la campagna di monitoraggio.

INQUINANTE : PM₁₀

Data	PM10	
	Grassobbio	Orio al Serio
	Conc. Medie Giornaliere [µg/m ³]	Conc. Medie Giornaliere [µg/m ³]
08/05/2014	22	18
09/05/2014	41	24
10/05/2014	43	26
11/05/2014	16	16
12/05/2014	14	8
13/05/2014	74	27
14/05/2014	84	6
15/05/2014	62	10
16/05/2014	74	8
17/05/2014	147	17
18/05/2014	80	16
19/05/2014	78	31
20/05/2014	52	22
21/05/2014	49	29
22/05/2014	55	51
23/05/2014	39	41
24/05/2014	50	18
25/05/2014	39	23
26/05/2014	33	25
27/05/2014	30	19
28/05/2014	46	21
29/05/2014	16	23
30/05/2014	19	14
31/05/2014	12	16
01/06/2014	13	12
02/06/2014	12	10
03/06/2014	20	18
04/06/2014	36	17
05/06/2014	18	20
06/06/2014	29	26
07/06/2014	31	28
08/06/2014	26	28
09/06/2014	36	31
10/06/2014	29	32
11/06/2014	39	30
12/06/2014	24	22
13/06/2014	21	16
14/06/2014	12	7
15/06/2014	8	9
16/06/2014		
17/06/2014		
18/06/2014	12	
19/06/2014	15	11
20/06/2014	18	14
21/06/2014	23	21
22/06/2014	29	24
23/06/2014	22	19
24/06/2014	19	17
25/06/2014	12	11
26/06/2014	18	15
27/06/2014	17	17
28/06/2014	15	15
29/06/2014	14	14
30/06/2014	8	6
01/07/2014	12	12
02/07/2014	9	9
03/07/2014	15	15
04/07/2014	21	18
05/07/2014	20	17
06/07/2014	25	21
07/07/2014	20	21
08/07/2014	12	12

INQUINANTE : SO₂ UNITA' DI MISURA : µg/m³ Orio al Serio
CONCENTRAZIONI MEDIE ORARIE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
08-mag	4	4	4	3	4	3	3	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	6	5	5	5
09-mag	4	4	4	3	3	3	2	3	3	3	4	4	6	7	8	8	8	8	7	8	8	9	9	8
10-mag	8	7	6	6	5	5	5	5	5	5	5	6	8	9	10	9	8	7	8	9	9	9	9	9
11-mag	9	9	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	6	5	5	5
12-mag	5	5	4	3	2	2	2	2	3	3	3	3	4	3	4	3	1	2	2	2	2	1	1	1
13-mag	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	3	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
14-mag	0	0	0							0	1	2	3	3	3	4	3	3	3	2	1	1	0	0
15-mag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	1
16-mag	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	4	5	6	6	6	5	5	6	6	6	5	4
17-mag	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	3	4	6	7	7	6	4	5	5	5	5	4	4	3
18-mag	3	2	2	2	1	2	1	1	1	2	3	3	5	6	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4
19-mag	3	3	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1
20-mag	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	4	5	5	5	4	3	3	4	4	4	3
21-mag	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	3	4	5	7	8	8	7	6	5	4	5	5	5	5
22-mag	5	5	5	4	4	4	3	3	3	4	4	5	7	7	7	6	4	4	4	4	4	4	4	4
23-mag	4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	4	5	4	3	3	3	3	3	3
24-mag	3	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	4	6	7	7	6	5	4	3	3	4	4	4	4
25-mag	4	3	3	2	2	1	1	1	1	2	3	5	5	6	7	6	4	3	4	4	4	3	4	3
26-mag	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2
27-mag	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
28-mag	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3	4	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1
29-mag	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	1	0	1	1	1	1	1
30-mag	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5	6	7	7	5	3	3	2	2	2	2	2
31-mag	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-giu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
02-giu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
03-giu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1
04-giu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1														
05-giu																								
06-giu																								
07-giu																								
08-giu																								
09-giu																								
10-giu																								
11-giu																								
12-giu																								
13-giu																								
14-giu																								
15-giu																								
16-giu											1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3
17-giu	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	3	2	2	2
18-giu	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0
19-giu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20-giu	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	7	7	5	5	6	6	6	7
21-giu																								
22-giu																								
23-giu																								
24-giu																								
25-giu																								
26-giu																								
27-giu																								
28-giu																								
29-giu																								
30-giu																								
01-lug																								
02-lug																								
03-lug																								
04-lug																								
05-lug																								
06-lug																								
07-lug																								
08-lug	7	6	6	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2

INQUINANTE : BTX – campionatore attivo
CONCENTRAZIONI MEDIE GIORNALIERE

UNITA' DI MISURA : $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	Benzene	Toluene	xileni
	Orio al Serio MM	Orio al Serio MM	Orio al Serio MM
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
08/05/2014	0.5	2.0	1.2
09/05/2014	0.6	3.4	2.2
10/05/2014	0.6	2.3	1.1
11/05/2014	0.3	0.9	< 0.36
12/05/2014	0.3	1.0	0.6
13/05/2014	0.5	2.3	1.4
14/05/2014	0.6	2.6	1.8
15/05/2014	0.3	1.2	0.5
16/05/2014	0.4	1.5	0.9
17/05/2014	0.4	1.4	0.9
18/05/2014	0.4	1.2	0.7
19/05/2014	0.4	1.4	0.6
20/05/2014	0.5	2.3	1.1
21/05/2014	0.4	1.8	0.9
22/05/2014	0.4	2.4	1.3
23/05/2014	0.5	2.5	1.1
24/05/2014	0.4	1.5	0.9
25/05/2014	0.4	1.2	0.6
26/05/2014	0.3	1.3	0.7
27/05/2014	0.3	1.7	1.0
28/05/2014	0.5	2.2	1.1
29/05/2014	0.4	2.5	1.4
30/05/2014	0.5	2.4	1.0
31/05/2014	0.3	2.3	0.4
01/06/2014	0.3	3.3	0.5
02/06/2014	0.4	1.2	0.6
03/06/2014	0.5	2.2	1.2
04/06/2014	0.4	1.5	0.8
05/06/2014			
06/06/2014			
07/06/2014			
08/06/2014			
09/06/2014			
10/06/2014			
11/06/2014			
12/06/2014			
13/06/2014			
14/06/2014	0.2	1.1	0.4
15/06/2014	0.5	1.9	1.1
16/06/2014	< 0.18	0.5	< 0.36
17/06/2014	0.3	1.5	0.9
18/06/2014	0.3	1.4	0.8
19/06/2014	0.3	1.5	0.7
20/06/2014	0.4	2.0	1.0
21/06/2014	0.3	1.1	0.5
22/06/2014	0.4	1.7	0.9
23/06/2014	0.3	45.6	1.3
24/06/2014	0.3	2.4	1.4
25/06/2014	0.3	2.1	0.9
26/06/2014	0.4	2.6	1.4
27/06/2014	0.4	1.9	0.8
28/06/2014	< 0.18	0.3	< 0.36
29/06/2014	0.3	1.0	0.5
30/06/2014	< 0.18	0.4	< 0.36
01/07/2014	0.3	1.6	0.8
02/07/2014	0.3	1.9	1.2
03/07/2014	0.4	2.1	1.0
04/07/2014	0.6	3.2	1.8
05/07/2014	0.3	2.1	1.1
06/07/2014	0.4		1.7
07/07/2014	0.3	1.1	0.6
08/07/2014	0.3	1.7	1.2

INQUINANTE : BTX - campionatori passivi
CONCENTRAZIONI MEDIE GIORNALIERE

UNITA' DI MISURA : $\mu\text{g}/\text{m}^3$

		campionatori passivi		
		Benzene	Toluene	m+p-Xileni
dal	al	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
8/5/14	15/5/14	< 0.278	4.2	1.4
15/5/14	22/5/14	< 0.27	3.7	1.1
22/5/14	29/5/14	< 0.275	2.5	1.3
29/5/14	5/6/14	< 0.272	1.9	0.9
5/6/14	12/6/14	0.4	5.8	2.1
12/6/14	19/6/14	0.3	4.1	1.5
19/6/14	26/6/14	< 0.267	3.5	1.3
26/6/14	3/7/14	< 0.276	4.3	2.0
3/7/14	10/7/14	< 0.275	3.7	2.1

			Grassobbio		
			campionatori passivi		
			Benzene	Toluene	m+p-Xileni
			($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	dal	al	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Grassobbio-via Amerigo Vespucci 25	8/5/14	15/5/14	0.5	21.6	2.5
Grassobbio-via Pietro Mascagni 16	8/5/14	15/5/14	0.4	3.8	1.8
Grassobbio-c/o mezzo mobile LC	8/5/14	15/5/14	0.3	2.7	1.4
Grassobbio-via Amerigo Vespucci 25	15/5/14	22/5/14	0.5	4.0	2.1
Grassobbio-via Pietro Mascagni 16	15/5/14	22/5/14	0.4	3.3	2.1
Grassobbio-c/o mezzo mobile LC	15/5/14	22/5/14	0.3	2.7	1.7
Grassobbio-via Amerigo Vespucci 25	22/5/14	29/5/14	0.4	4.4	2.1
Grassobbio-via Pietro Mascagni 16	22/5/14	29/5/14	0.3	3.5	2.0
Grassobbio-c/o mezzo mobile LC	22/5/14	29/5/14	< 0.278	5.7	1.7
Grassobbio-via Amerigo Vespucci 25	29/5/14	5/6/14	0.5	3.2	1.7
Grassobbio-via Pietro Mascagni 16	29/5/14	5/6/14	< 0.272	2.0	0.9
Grassobbio-c/o mezzo mobile LC	29/5/14	5/6/14	0.2	2.9	1.0
Grassobbio-via Amerigo Vespucci 25	5/6/14	12/6/14	0.7	5.1	3.0
Grassobbio-via Pietro Mascagni 16	5/6/14	12/6/14	0.5	3.9	2.3
Grassobbio-c/o mezzo mobile LC	5/6/14	12/6/14	0.4	4.0	1.8
Grassobbio-via Amerigo Vespucci 25	12/6/14	19/6/14	0.5	3.3	2.1
Grassobbio-via Pietro Mascagni 16	12/6/14	19/6/14	0.3	2.4	1.4
Grassobbio-c/o mezzo mobile LC	12/6/14	19/6/14	0.6	6.7	2.0
Grassobbio-via Amerigo Vespucci 25	19/6/14	26/6/14	0.6	4.1	2.6
Grassobbio-via Pietro Mascagni 16	19/6/14	26/6/14	0.4	3.5	2.2
Grassobbio-c/o mezzo mobile LC	19/6/14	26/6/14	0.4	2.8	1.6
Grassobbio-via Amerigo Vespucci 25	26/6/14	3/7/14	0.6	4.0	2.6
Grassobbio-via Pietro Mascagni 16	26/6/14	3/7/14	0.0	0.0	0.0
Grassobbio-c/o mezzo mobile LC	26/6/14	3/7/14	0.4	2.6	1.7
Grassobbio-via Amerigo Vespucci 25	3/7/14	10/7/14	0.6	4.3	3.2
Grassobbio-via Pietro Mascagni 16	3/7/14	10/7/14	0.4	3.5	2.6
Grassobbio-c/o mezzo mobile LC	3/7/14	10/7/14	0.4	3.4	2.4

			Orio al Serio		
			campionatori passivi		
			Benzene	Toluene	m+p-Xileni
			($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	dal	al			
Orio al Serio -Via Risorgimento 20	8/5/14	15/5/14	0.3	2.1	1.3
Orio al Serio-Via Dante Alighieri 9	8/5/14	15/5/14	0.4	3.3	2.0
Orio al Serio-c/o mezzo mobile BG	8/5/14	15/5/14	0.3	2.4	1.4
Orio al Serio -Via Risorgimento 20	15/5/14	22/5/14	0.3	1.4	1.1
Orio al Serio-Via Dante Alighieri 9	15/5/14	22/5/14	0.4	3.1	2.4
Orio al Serio-c/o mezzo mobile BG	15/5/14	22/5/14	0.3	2.3	1.6
Orio al Serio -Via Risorgimento 20	22/5/14	29/5/14	0.5	3.0	1.7
Orio al Serio-Via Dante Alighieri 9	22/5/14	29/5/14	0.3	3.2	2.7
Orio al Serio-c/o mezzo mobile BG	22/5/14	29/5/14	0.3	2.2	1.4
Orio al Serio -Via Risorgimento 20	29/5/14	5/6/14	< 0.276	2.9	1.5
Orio al Serio-Via Dante Alighieri 9	29/5/14	5/6/14	0.4	3.5	1.6
Orio al Serio-c/o mezzo mobile BG	29/5/14	5/6/14	< 0.276	5.0	1.5
Orio al Serio -Via Risorgimento 20	5/6/14	12/6/14	0.5	3.3	2.0
Orio al Serio-Via Dante Alighieri 9	5/6/14	12/6/14	0.5	4.9	2.5
Orio al Serio-c/o mezzo mobile BG	5/6/14	12/6/14	0.5	3.2	1.9
Orio al Serio -Via Risorgimento 20	12/6/14	19/6/14	0.3	2.4	1.3
Orio al Serio-Via Dante Alighieri 9	12/6/14	19/6/14	0.4	5.3	1.6
Orio al Serio-c/o mezzo mobile BG	12/6/14	19/6/14	0.3	2.3	1.3
Orio al Serio -Via Risorgimento 20	19/6/14	26/6/14	0.4	11.7	1.5
Orio al Serio-Via Dante Alighieri 9	19/6/14	26/6/14	0.5	20.9	2.2
Orio al Serio-c/o mezzo mobile BG	19/6/14	26/6/14	0.4	12.2	1.7
Orio al Serio -Via Risorgimento 20	26/6/14	3/7/14	0.3	2.6	1.7
Orio al Serio-Via Dante Alighieri 9	26/6/14	3/7/14	0.4	4.0	2.2
Orio al Serio-c/o mezzo mobile BG	26/6/14	3/7/14	0.3	2.5	1.5
Orio al Serio -Via Risorgimento 20	3/7/14	10/7/14	0.5	3.7	2.2
Orio al Serio-Via Dante Alighieri 9	3/7/14	10/7/14	0.6	4.3	2.4
Orio al Serio-c/o mezzo mobile BG	3/7/14	10/7/14	0.3	3.1	1.7