

MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA PRESSO UN SITO INDUSTRIALE

Musa M.*, Croce A., Rinaudo C., Maffiotti A.**, Bianchi D.**, Cirio M.**,
Allegrina M.**, De Maria R.**, Erbetta L.**, Giovenali E.**, Scagliotti E.**, Coffano C.***,

*Università degli Studi del Piemonte Orientale, ** ARPA Piemonte, ***Provincia di Alessandria
Università degli Studi del Piemonte Orientale, Via Michel 11, 15121 Alessandria, maya.musa@mf.unipmn.it

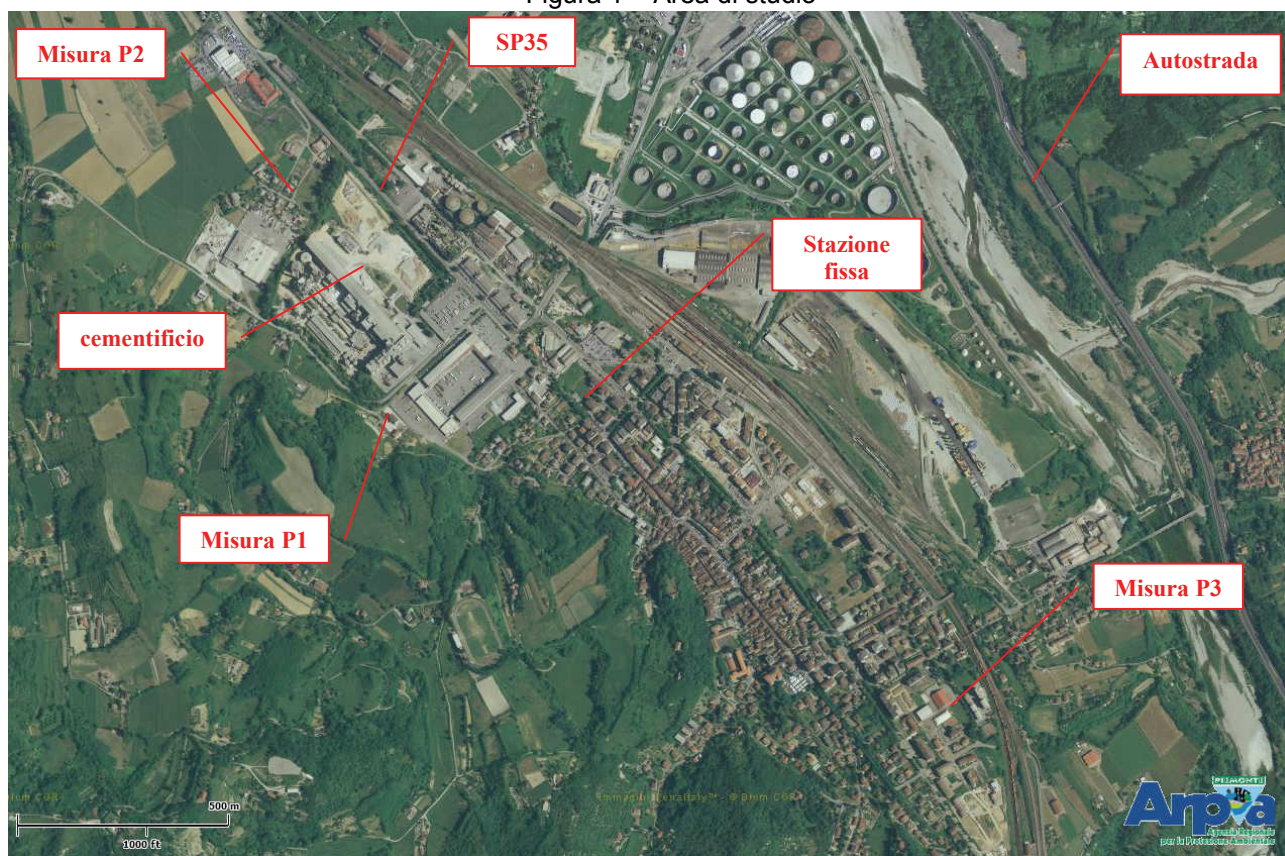
ABSTRACT

Il presente studio ha visto la collaborazione dei Dipartimenti ARPA di Alessandria e Asti unitamente al settore Sistemi Previsionali di A.R.P.A. Piemonte, alla Provincia di Alessandria e al Gruppo di Ricerca di Mineralogia Ambientale dell'Università degli Studi del Piemonte Orientale per fornire un approccio multidisciplinare alle problematiche ambientali correlate alla qualità dell'aria in un'area orograficamente complessa. Infatti l'area considerata vede la presenza di attività produttive e di infrastrutture di trasporto a ridosso di un centro abitato. La finalità del lavoro svolto è stata la caratterizzazione approfondita e completa dell'inquinamento atmosferico nell'area di studio, simulando i contributi delle principali sorgenti emissive presenti e le ricadute sulla popolazione esposta. Si sono quindi analizzate le emissioni industriali, le eventuali presenze di inquinanti nei suoli ed infine si è effettuata una caratterizzazione morfologica, dimensionale e chimica della componente inorganica del PM10, campionato sia sui filtri raccolti dai laboratori mobili di monitoraggio della qualità dell'aria sia su campioni di polveri raccolte ai camini delle aziende.

CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI STUDIO

L'area oggetto di studio presenta alcune complessità sia di carattere morfologico che di fonti emissive: si colloca infatti nella zona appenninica della Provincia di Alessandria, in area di fondovalle alla confluenza di due sbocchi vallivi (Valle Scrivia e Valle Borbera) attorniata da rilievi collinari, all'interno della quale insistono attività produttive (cementificio e lavorazione *sludges*) e significative infrastrutture di trasporto (strada provinciale e autostrada). La presenza inoltre di centri abitati ricompresi tra le infrastrutture e le attività industriali con abitazioni direttamente a ridosso di queste ultime ha portato parte della popolazione residente a segnalare negli anni problematiche ambientali e sanitarie correlate alla qualità dell'aria e ciò ha richiesto uno studio che caratterizzasse in maniera approfondita gli impatti delle varie sorgenti.

Figura 1 – Area di studio



La prima fase di studio ha riguardato l'acquisizione di tutte le informazioni propedeutiche per la modellizzazione ed il successivo monitoraggio:

- ❖ raccolta ed elaborazione dati meteorologici delle stazioni regionali e del confinante territorio ligure;
- ❖ raccolta ed elaborazione dati ambientali provenienti dalle centraline ARPA Piemonte e ARPA Liguria;
- ❖ raccolta ed elaborazione dati relativi agli SME (sistema di monitoraggio delle emissioni) delle ditte con potenziali emissioni in atmosfera ricadenti nell'area oggetto di studio;
- ❖ raccolta ed elaborazione dati relativi ai volumi di traffico sulle principali arterie stradali e autostradali presenti;
- ❖ raccolta delle segnalazioni pervenute agli Enti preposti alla tutela ambientale e sanitaria negli ultimi anni e loro correlazione con dati ambientali delle centraline ARPA e con dati provenienti dagli SME delle ditte;
- ❖ sopralluoghi presso le attività industriali presenti finalizzati ad acquisizione informazioni sui cicli produttivi e prelievo campioni materie prime.

La scelta dei punti di campionamento dell'aria, effettuato tramite l'ausilio di due laboratori mobili, è stata supportata da uno studio modellistico preliminare della ricaduta degli inquinanti emessi dalle principali fonti emissive presenti. Lo studio indica, in particolare, nell'area abitata limitrofa ad un cementificio la zona di massima ricaduta delle emissioni del forno di cottura delle farine minerali dello stabilimento. Per tale motivo sono stati individuati due punti vicini al perimetro della ditta, uno a sud-ovest e uno a nord-est dello stabilimento, come significativi per il monitoraggio delle emissioni della ditta in relazione alle direzioni dei venti dominanti. La terza postazione prescelta, in posizione sud-est sufficientemente distante dallo stabilimento, è stata invece individuata come postazione di confronto non esposta alle emissioni della ditta. Il monitoraggio è stato effettuato tra giugno e luglio 2010. Durante tale periodo si è proceduto ad effettuare un'analisi comparativa dei dati rilevati dalle stazioni mobili, dalla centralina fissa di rilevamento della qualità dell'aria presente sul territorio, dal Sistema di Monitoraggio delle Emissioni (SME) del camino del cementificio, unitamente ai dati anemologici rilevati dalla locale stazione meteo regionale. Contestualmente sono state registrate e catalogate tutte le segnalazioni circa la presenza di odori presso le abitazioni della zona.



Punto 1 – posizione sud-ovest cementificio



Punto 2 – posizione nord-est cementificio



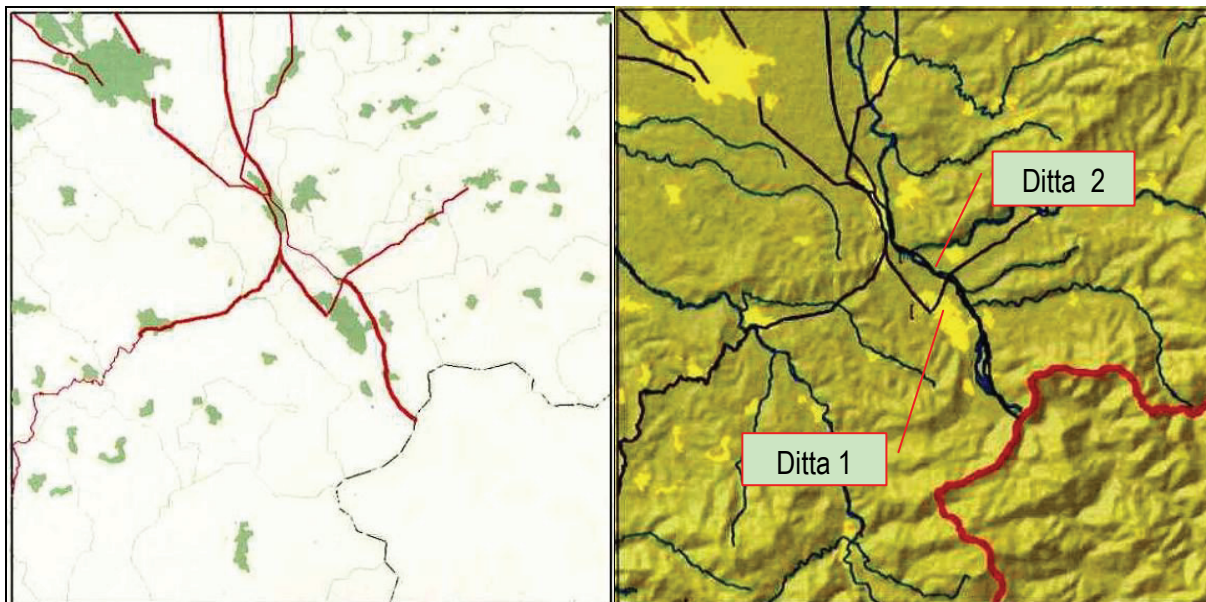
Punto 3 – posizione sud-est cementificio (bianco)

MODELLO PREVISIONALE

Lo studio modellistico, effettuato dal Dipartimento Tematico Sistemi Previsionali di ARPA Piemonte, è stato finalizzato alla valutazione della distribuzione degli inquinanti in atmosfera emessi dalle principali sorgenti lineari e puntiformi presenti al fine di individuare le zone di maggior ricaduta ed il contributo percentuale delle sorgenti considerate. L'area di calcolo è stata definita entro un dominio di $20 \times 20 \text{ Km}^2$ centrato sulla sorgente emissiva del cementificio con una risoluzione orizzontale di 250m.

Tabella 1 - Elenco sorgenti lineari e puntuali

| | |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| SORGENTI LINEARI | Autostrada A7 MI-GE |
| | SP 35 (ex SS dei Giovi) |
| | Strada extraurbana da Serravalle Scrivia verso Gavi |
| | Strada extraurbana (SR35) da Serravalle Scrivia verso Cassano Spinola |
| SORGENTI PUNTUALI | Camino ditta 1 (cementificio - cottura farine minerali) |
| | Camino ditta 2 (lavorazione sludges) |



Grafo stradale con sorgenti emissive lineari

Dominio di calcolo con sorgenti puntuali

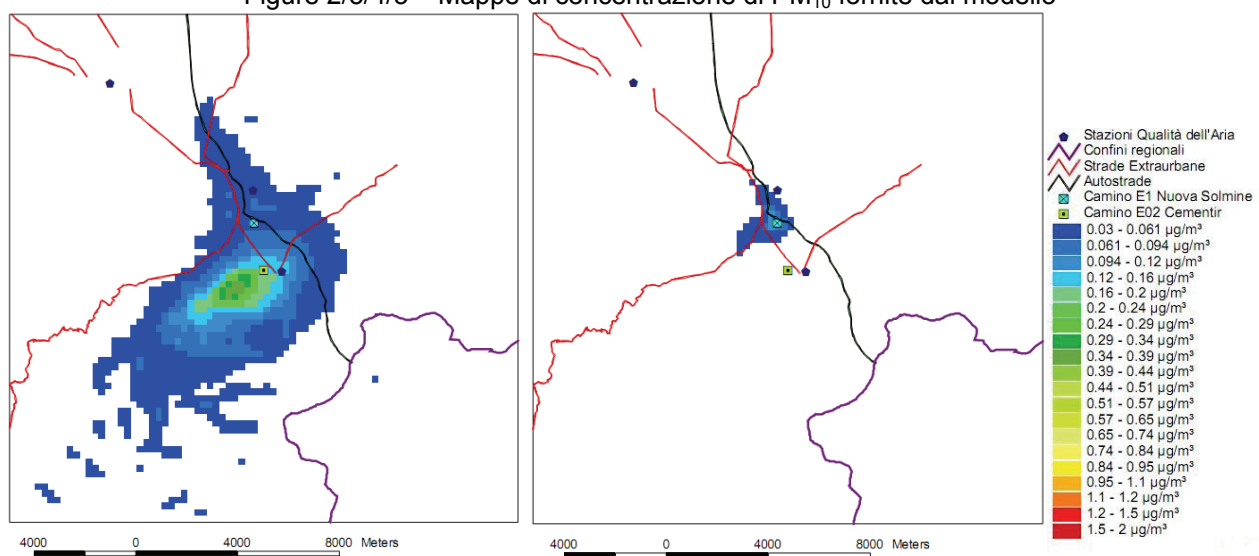
Le simulazioni sono state condotte su base annuale, al fine di valutare le aree di ricaduta più significative sul lungo periodo per i seguenti inquinanti: ossidi di azoto (espressi come biossido), biossido di zolfo, particolato PM₁₀. Lo studio è stato realizzato con un modello lagrangiano tridimensionale che consente di considerare gli apporti sia dell'orografia che di eventuali disomogeneità del terreno, simulando condizioni meteo dispersive, che presentano variazioni nelle 3 dimensioni e nel tempo. Sono stati utilizzati come input del modello tutti i dati utili a disposizione.

Tabella 2 - Dati emissivi di input del modello

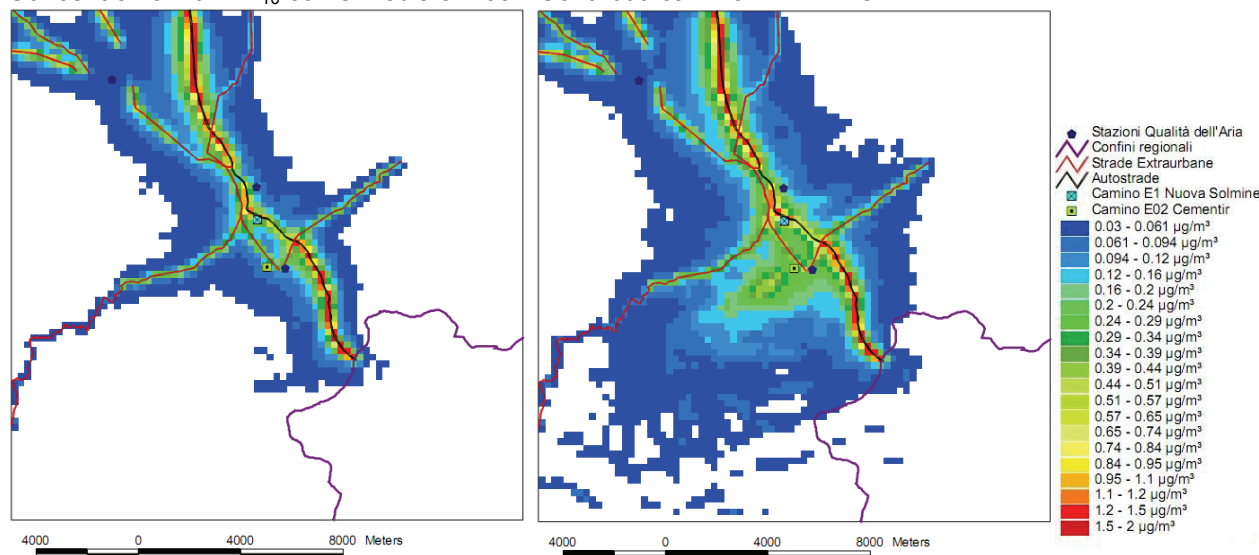
| TIPO DI SORGENTE | DATI DI INPUT CONSIDERATI |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAMINO DITTA 1 (cottura farine minerali) | Dati SME disponibili dal 26/09/08 al 29/11/09 (temperatura fumi, portata, percentuale di O ₂ , concentrazioni di NO _x – PTS – SO ₂) |
| | Risultati analitici dei campioni prelevati al camino per il controllo delle emissioni (temperatura fumi, portata, percentuale di O ₂ , concentrazioni di NO _x – PTS – SO ₂) |
| | Valori di emissioni (temperatura fumi, portata, concentrazioni di NO _x – PTS – SO ₂) indicati nell'autorizzazione integrata ambientale (AIA) rilasciata all'azienda |
| CAMINO DITTA 2 (lavorazione sludges) | Risultati analitici dei campioni prelevati al camino per il controllo delle emissioni (temperatura fumi, portata, percentuale di O ₂ , concentrazioni di NO _x – PTS – SO ₂) |
| | Valori di emissioni (temperatura fumi, portata, concentrazioni di NO _x – PTS – SO ₂) indicati nell'autorizzazione integrata ambientale (AIA) rilasciata all'azienda |
| AUTOSTRADA A7 MI-GE | Volumi di traffico e dati emissivi desunti dall'inventario regionale delle emissioni IREA 2007 e forniti dalla Provincia di Alessandria e dalla Società Milano - Serravalle |
| SP 35 (ex SS dei Giovi) | |
| Strade extraurbane | |

E' stata inoltre effettuata una ricostruzione anemologica mediante apposito modello di calcolo dei campi di vento tridimensionale locali con andamenti orari di velocità e direzione del vento.

Figure 2/3/4/5 – Mappe di concentrazione di PM₁₀ fornite dal modello



Concentrazioni di PM₁₀ come media annua - Contributi camino DITTA 1 e DITTA 2



Concentrazioni di PM₁₀ come media annua - Contributi STRADE e COMPLESSIVO STRADE+DITTE

L'esito dello studio modellistico indica nella ditta 1 (cementificio) il contributo più significativo per gli ossidi di azoto, con massimi di ricaduta in direzione sud-ovest, a cui si aggiungono contributi non trascurabili delle strade. Per le polveri PM₁₀ si ha invece un contributo assoluto maggiore delle sorgenti lineari limitatamente alle zone prospicienti le infrastrutture. Nell'area limitrofa alla ditta 1 i contributi di PM₁₀ dell'azienda e delle strade sono paragonabili, con leggera prevalenza delle ricadute da parte del camino del cementificio. Per quanto riguarda SO₂ il contributo nettamente maggiore risulta essere quello del cementificio, con massimi di ricaduta in direzione sud-ovest. Per tutti e tre i parametri considerati i contributi di ricaduta del camino della ditta 2 (lavorazione *sludges*) presso l'area in esame risultano esigui e non significativi.

ATTIVITA' SVOLTA

Sulla base delle risultanze delle elaborazione dei dati acquisiti, è stata effettuata una campagna di monitoraggio di aria ambiente tramite due laboratori mobili ARPA in contemporanea per un periodo di tempo di circa 1 mese, presso le tre postazioni soggette a diversi gradi di impatto. Parallelamente allo studio sugli inquinanti gassosi, è stata eseguita una caratterizzazione del particolato PM₁₀ campionato all'esterno e delle polveri prelevate al camino del cementificio. La caratterizzazione è stata effettuata mediante analisi al microscopio elettronico a scansione in pressione variabile con annesso spettrometro a dispersione di energia (VP-SEM/EDS) in uso

presso l'Università degli studi del Piemonte Orientale, individuando per ciascuna particella la fase inorganica di appartenenza e la distribuzione percentuale delle varie classi di composti identificati, correlando le sostanze ricadute con quelle emesse dalle sorgenti. Sono stati presi in esame tutti i dati rilevati dalle diverse stazioni fisse e mobili di ARPA collocate sul territorio e quelli della ditta 1 al fine di trovare una possibile correlazione tra i dati di emissione misurati al camino ed i dati ambientali misurati nelle adiacenze dello stesso stabilimento nonché le segnalazioni pervenute dai cittadini (data, ora, posizione, eventuali odori percepiti) in relazione alle direzioni prevalenti dei venti.

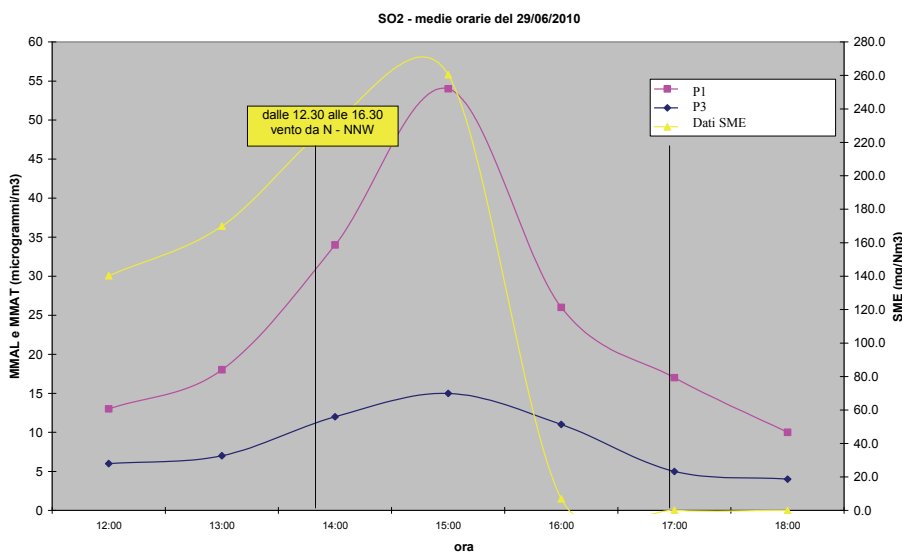
Tabella 3 - Parametri monitorati

| Mezzo mobile P1 posizione sud-ovest cementificio | Mezzo mobile P2 posizione nord-est cementificio | Mezzo mobile P3 posizione Sud-est (bianco) | Centralina fissa di monitoraggio Posizione sud- est cementificio | SME cementificio | Centralina fissa meteo |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| CO (mg/m ³) NO _x (µg/m ³) SO ₂ (µg/m ³) BTX (µg/m ³) PM ₁₀ (µg/m ³) Direz. vento (°N) Vel. vento (m/s) mm pioggia | CO (mg/m ³) NO _x (µg/m ³) SO ₂ (µg/m ³) BTX (µg/m ³) PM ₁₀ (µg/m ³) | CO (mg/m ³) NO _x (µg/m ³) SO ₂ (µg/m ³) BTX (µg/m ³) PM ₁₀ (µg/m ³) | SO ₂ (µg/m ³) PM ₁₀ (µg/m ³) | CO (mg/Nm ³) NO _x (mg/Nm ³) SO ₂ (mg/Nm ³) PTS (mg/Nm ³) T. fumi (°C) Q.fumi (KNm ³ /h) P. fumi (mbar) O ₂ (%V) | Dir. vento (°N) Vel.vento (m/s) mm pioggia |

ANALISI DEGLI INQUINANTI GASSOSI

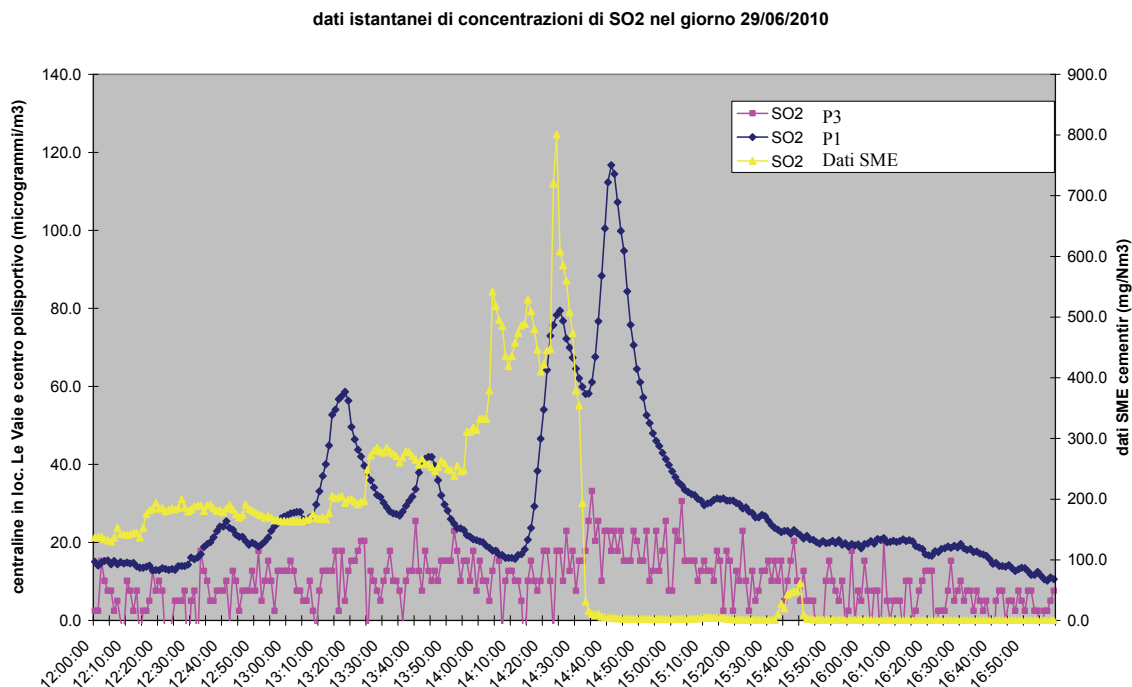
Per quanto riguarda i valori di concentrazioni orarie di ossidi di azoto rilevati presso le postazioni P1 e P2 ed i dati desunti dallo SME della ditta non si evidenziano particolari correlazioni. Si evidenzia invece un contributo significativo del traffico veicolare alle concentrazioni di NO₂ rilevate presso P1 e P3, mentre P2 risente maggiormente delle emissioni del cementificio, così come evidenziato anche dal modello matematico. Non si riscontrano superamenti orari del livello di 200µg/m³ di protezione della salute, anche se il modello matematico indica un possibile rischio di superamento. Per quanto riguarda i valori di concentrazioni orarie di ossidi di zolfo rilevati nelle medesime postazioni non si evidenziano in generale correlazioni tra i dati registrati dai mezzi mobili e quelli dello SME. Si evidenzia però un evento anomalo il giorno 29/06/10 con un picco SME di 260mg/Nm³ come media oraria delle ore 15.00, a cui corrispondono analoghi picchi orari registrati presso la postazione P1 e, in misura minore, presso P3. I venti registrati nelle ore corrispondenti all'evento anomalo spiravano da N/NNW e quindi le due postazioni risultavano sottovento.

Figura 6 – Medie orarie di SO2 allo SME e in postazione P1/P3



Per maggior approfondimento sono stati analizzati anche i dati istantanei minuto per minuto registrati sia allo SME sia alle due postazioni P1 e P3 dalle ore 12 alle ore 17 del 29/06/10.

Figura 7 – Valori istantanei di SO₂ allo SME e in postazione P1/P3



I dati istantanei confermano con maggior evidenza una corrispondenza tra i picchi registrati allo SME e nelle due postazioni di misura con uno shift temporale e di intensità correlabile alle distanze delle due postazioni. Si noti che mentre i dati orari forniti dallo SME evidenziano un picco di 260mg/Nm³ corrispondente ad un picco in P1 di 55µg/m³ alle ore 15.00, quelli istantanei danno un massimo di 801mg/Nm³ alle ore 14.24 allo SME ed un corrispondente picco istantaneo in P1 di 120µg/m³ alle 14:50, ad indicare che le medie orarie registrate sia dai laboratori mobili che dagli SME delle ditte sono talvolta medie temporali non adeguate a caratterizzare fenomeni sporadici e acuti che, in tempi nettamente più brevi, possono dare luogo a disturbi olfattivi e malesseri.

RISULTATI ANALISI DI POLVERI PM₁₀

I valori di concentrazione di polveri fini PM₁₀ sono stati rilevati presso le tre postazioni di misura mobili e dalla stazione fissa di monitoraggio della qualità dell'aria. Contestualmente sono stati esaminati i dati SME inerenti alle concentrazioni di PTS al camino del cementificio. A ciò si aggiungono i dati di direzione e velocità del vento e le segnalazioni della popolazione residente. Sulla base delle informazioni raccolte, sono state individuate alcune giornate caratterizzate da differenti direzioni dei venti nei vari punti di campionamento e correlate con le segnalazioni di disturbo della popolazione residente. I campioni di filtri PM₁₀ di tali giornate sono stati prescelti per la speciazione mediante analisi effettuate presso l'Università degli studi del Piemonte Orientale tramite cui è possibile ottenere la caratterizzazione del particolato atmosferico sia dal punto di vista chimico che morfologico/dimensionale.

Tabella 4 - Giorni di campionamento PM₁₀ per analisi SEM/EDS

| Data | PM10 (microgrammi/m ³) | | | | PTS SME (mg/Nm ³) | | | dati meteo | | Segnalazioni di disturbo |
|------------|------------------------------------|----|----|------------------|-------------------------------|-----|-----|------------|----------------|--------------------------|
| | P1 | P2 | P3 | Centralina fissa | media | min | max | dir vento | V. vento (m/s) | |
| 12/06/2010 | 28 | 43 | | 25 | 0.2 | 0.0 | 0.8 | SSW | 5.5 | SI – presso P2 |
| 13/06/2010 | 12 | 35 | | 17 | 0.2 | 0.0 | 0.8 | SSW | 6.1 | SI – presso P2 |
| 20/06/2010 | 17 | 8 | | 6 | 0.1 | 0.0 | 0.5 | E | 2.8 | NO |
| 05/07/2010 | 40 | | 36 | 38 | 0.2 | 0.0 | 0.8 | variabile | 2.7 | SI – presso P1 |
| 06/07/2010 | 46 | | 34 | 33 | 0.2 | 0.0 | 0.9 | variabile | 2.0 | SI – presso P1 |

Nei filtri esaminati, in base alla composizione chimica, sono state individuate 75 fasi, successivamente raggruppate nei seguenti *clusters* più grandi:

- ❖ particelle organiche naturali (comprendenti pollini e spore);
- ❖ particelle organiche di natura antropica;
- ❖ solfati e solfuri (prodotti industriali e non, presenti in quantità rilevanti in suoli e sedimenti delle aree in studio);
- ❖ particelle metalliche (derivanti per lo più da attività antropiche e/o traffico veicolare);
- ❖ particelle vetrose (derivanti per lo più da attività antropiche);
- ❖ concrete (calcestruzzo);
- ❖ carbonati (che possono derivare dall'attività antropica, ma anche da suoli e sedimenti);
- ❖ silicati (fillosilicati, feldspati, diopside...) di origine per lo più naturale.

Tabella 5 – analisi dimensionale delle particelle

| | 12/06/2010 | | | | | | | | 13/06/2010 | | | | | | | | 20/06/2010 | | | | | | | | 06/07/2010 | | | | | | | |
|---------------------|------------|-------|--------|------|------|-------|--------|------|------------|-------|--------|------|------|-------|--------|------|------------|-------|--------|------|------|-------|--------|------|------------|-------|--------|------|------|-------|--------|------|
| | AL% | | | | AT % | | | | AL% | | | | AT % | | | | AL% | | | | AT % | | | | AL% | | | | AT % | | | |
| Cluster | 0-1 | 1-2.5 | 2.5-10 | > 10 | 0-1 | 1-2.5 | 2.5-10 | > 10 | 0-1 | 1-2.5 | 2.5-10 | > 10 | 0-1 | 1-2.5 | 2.5-10 | > 10 | 0-1 | 1-2.5 | 2.5-10 | > 10 | 0-1 | 1-2.5 | 2.5-10 | > 10 | 0-1 | 1-2.5 | 2.5-10 | > 10 | 0-1 | 1-2.5 | 2.5-10 | > 10 |
| Pollini e spore | / | / | / | / | / | / | 12.7 | 0.2 | 0.2 | / | 4.7 | 0.7 | / | / | 7.7 | 0.3 | / | / | 21.1 | 1.5 | / | 0.2 | 5.2 | 0.2 | / | / | 4.7 | 0.2 | / | / | 1.2 | 2.5 |
| Organic matter | / | / | 4.7 | 2.8 | / | 0.5 | 7.1 | 1.7 | / | / | 6.4 | 0.7 | / | / | 4.4 | 2.0 | / | / | 17.5 | 2.9 | / | 0.2 | 10.7 | 2.0 | / | 0.2 | 29.4 | 2.0 | / | 0.2 | 10.6 | 2.7 |
| Solfati | / | 0.9 | / | / | / | / | 0.7 | / | 1.5 | 0.9 | / | / | 1.0 | 0.3 | / | / | 0.2 | / | / | 0.4 | 1.0 | 0.7 | / | / | 0.7 | 0.2 | / | 7.3 | 5.7 | 2.0 | / | |
| Cloruro Cu | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | 0.2 | / | / | / | / | / |
| Fosfati | / | / | / | / | / | / | / | 0.5 | / | / | 0.3 | 0.3 | / | / | / | / | / | 0.2 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| Metal rich particle | 8.5 | 9.4 | 4.7 | / | 11.7 | 4.4 | 1.0 | / | 8.4 | 3.4 | 2.2 | 0.2 | 13.4 | 9.7 | 5.4 | 0.3 | 11.7 | 11.7 | 7.8 | 0.2 | 13.2 | 5.2 | 2.7 | 0.2 | 9.4 | 10.6 | 4.4 | 0.5 | 11.3 | 10.6 | 4.4 | 0.5 |
| Mulliti | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | 0.3 | / | / | / | / | / | 0.5 | / | / | / | 0.2 | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| Particelle vetrose | / | / | 13.2 | 5.7 | 0.7 | 3.2 | 6.8 | 0.7 | 1.2 | 4.7 | 15.3 | 2.0 | 0.3 | 2.7 | 15.4 | 3.0 | / | 0.5 | 4.9 | 2.7 | 0.2 | 4.2 | 18.9 | 2.2 | 0.2 | 2.2 | 6.7 | 1.7 | 0.2 | 1.7 | 8.9 | 3.4 |
| Concrete | / | 1.9 | 10.4 | 0.9 | / | 0.2 | 0.5 | / | 1.5 | 3.9 | 7.4 | / | / | 1.0 | / | 0.2 | 0.2 | 0.7 | / | 0.7 | 3.2 | 5.0 | 1.0 | / | / | 1.2 | / | 0.2 | 1.0 | 3.2 | 0.7 | |
| Carbonati | / | / | 5.7 | / | 0.2 | 0.5 | 0.2 | / | 0.7 | 3.9 | 4.4 | 0.2 | / | 0.3 | / | / | / | / | / | 2.2 | 2.5 | / | 0.7 | 0.5 | / | / | 0.2 | 0.5 | 0.5 | / | / | |
| Silicati | / | 6.6 | 17.9 | 0.9 | 2.2 | 19.2 | 21.7 | 0.5 | 1.0 | 7.4 | 8.6 | 1.7 | 0.3 | 1.0 | 23.5 | 3.7 | 0.5 | 3.2 | 8.2 | 1.7 | 0.2 | 2.2 | 9.0 | 1.2 | 0.5 | 3.7 | 15.8 | 2.0 | 0.5 | 2.2 | 12.3 | 4.2 |
| ND | / | 0.9 | 3.8 | 0.9 | / | 1.5 | 1.5 | / | 0.2 | 2.5 | 2.7 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 2.3 | / | 0.2 | / | 1.5 | 0.5 | 0.5 | / | 3.2 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 1.5 | / | / | 0.5 | / | 0.5 |

Le misure sono espresse in µm

Le *metal rich particles* non risultano componente determinante nell'indurre alti valori gravimetrici: i valori percentuali più alti si ritrovano, infatti, in giorni caratterizzati da bassi valori gravimetrici. Bisogna considerare il fatto che da un punto di vista dimensionale questo *cluster* è costituito in prevalenza da particelle di dimensioni inferiori o uguali a 2.5 µm;

Tabella 6 – campioni analizzati: dato gravimetrico e percentuali relative ai clusters principali

| campione | Dato gravim. (µg/m ³) | Pollini e spore (%) | Particelle Organiche (%) | Metal rich particles (%) | Silicati (%) | Solfati+ Solfuri (%) | Concrete+ Carbonati (%) | Concrete+ Carbonati+ Part.vetrose (%) |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|----------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 6/07/2010 Punto P1 | 46 | 3,7 | 13,5 | 26,8 | 18,8 | 14,8+0,2 | 6,4 | 20,7 |
| 12/06/2010 Punto P2 | 43 | / | 8,0 | 22,6 | 24,5 | 0,9 | 18,9 | 37,8 |
| 13/06/2010 Punto P2 | 35 | 5,7 | 7,4 | 14,3 | 18,1 | 0,2+2,2 | 22,2 | 45,4 |
| 06/07/2010 Punto P3 | 34 | 4,9 | 31,4 | 25,3 | 21,8 | 0,5+0,4 | 2,4 | 13,2 |
| 12/06/2010 Punto P1 | 28 | 12,9 | 9,2 | 17,0 | 43,5 | 0,7 | 1,7 | 13,1 |
| 20/06/2010 Punto P1 | 17 | 5,7 | 12,9 | 21,4 | 12,6 | 1,9+0,2 | 14,7 | 40,3 |
| 13/06/2010 Punto P1 | 12 | 8,0 | 6,0 | 28,6 | 29,2 | 1,3 | 1,3 | 22,6 |
| 20/06/2010 Punto P2 | 8 | 22,6 | 20,4 | 31,1 | 14,0 | 0,4 | 1,2 | 9,2 |

L'ipotesi di lavoro è stata quella di considerare *concrete* (calcestruzzo) + carbonati + particelle vetrose prodotte dal cementificio e le *metal rich particles* correlate essenzialmente al traffico veicolare. Partendo dalla suddetta ipotesi e confrontando i dati dello stesso giorno di campionamento nei siti considerati si possono proporre le seguenti considerazioni:

- ❖ essendo il punto di campionamento P3 situato a maggior distanza dal cementificio, il filtro campionato il 06/07/2010 – in rosso nella precedente tabella - può essere considerato, rispetto alle emissioni industriali, bianco di riferimento: infatti le percentuali di concrete+carbonati e concrete+carbonati+particelle vetrose risultano basse. Gli alti valori percentuali di metal rich particles e particelle organiche possono essere attribuiti in prevalenza al traffico veicolare;
- ❖ quando il vento spira da est (20/06/2010) il punto di campionamento P1 (sottovento rispetto al cementificio) mostra una percentuale più alta di concrete+carbonati+particelle vetrose rispetto a P2 e parallelamente il dato gravimetrico risulta superiore in P1 rispetto a P2.
- ❖ con vento variabile (06/07/2010), condizione che tipicamente genera la ricaduta del particolato fine ed ultra-fine (PM1 e PM2.5), nel punto P1 si è riscontrato il dato gravimetrico più elevato nei campionamenti considerati ($46\mu\text{g}/\text{m}^3$); a conferma di quanto sopra, la percentuale riscontrata di concrete+carbonati+particelle vetrose è relativamente alta (20,7%). Lo stesso giorno il campionamento in P3 evidenzia il 13,2% di concrete+carbonati+particelle vetrose.
- ❖ Le giornate del 12 e 13/06/10, caratterizzate da vento costante da sud, hanno dato luogo in P2, posto a nord-est del cementificio, concentrazioni di PM₁₀ decisamente più elevate che in P1 e percentuali di concrete+carbonati e concrete+carbonati+particelle vetrose particolarmente elevate e superiori a tutti gli altri giorni di campionamento.

Analizzando i dati dimensionali di cui alla tabella 5, si possono fare inoltre le seguenti considerazioni:

- ❖ particelle organiche, concrete, carbonati e particelle vetrose presentano dimensioni per lo più comprese tra 2.5 e 10 μm , costituendo quindi la frazione più grossolana del PM₁₀;
- ❖ pollini e spore fanno parte della categoria più grossolana del PM₁₀ ;
- ❖ il particolato inorganico naturale (silicati) costituisce prevalentemente la frazione 2.5 -10 μm ;
- ❖ le metal rich particles sono molto presenti nel particolato fine ed ultra-fine;
- ❖ il solfato (soprattutto di Bario) ed i solfuri si concentrano nel particolato fine e ultra-fine.

CONCLUSIONE

Lo studio multidisciplinare ha dimostrato di essere l'approccio corretto per una completa caratterizzazione di un'area complessa dal punto di vista della qualità dell'aria e per individuare i contributi delle varie sorgenti emissive, nonché la correlazione tra queste e gli effetti di disturbo sulla popolazione residente.

BIBLIOGRAFIA

E. Fornero, M. Musa, A. Croce, M. Allegrina, P. Trivero, C. Rinaudo, (2010) *Account of an innovative procedure for the assessment of inorganic particles and mineral phases in the PM₁₀*, Periodico di Mineralogia, 79, 3, 37-48.