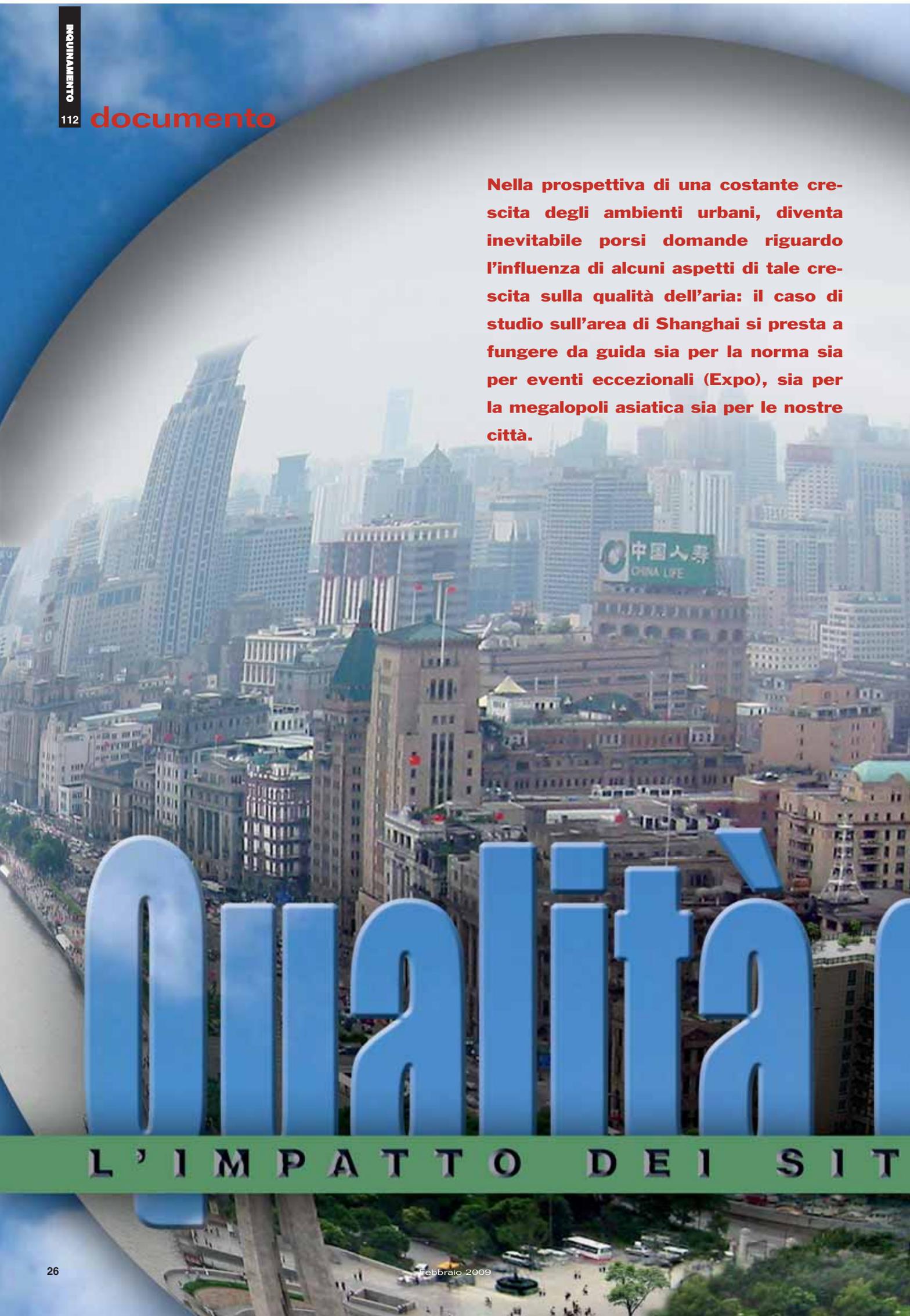


Nella prospettiva di una costante crescita degli ambienti urbani, diventa inevitabile porsi domande riguardo l'influenza di alcuni aspetti di tale crescita sulla qualità dell'aria: il caso di studio sull'area di Shanghai si presta a fungere da guida sia per la norma sia per eventi eccezionali (Expo), sia per la megalopoli asiatica sia per le nostre città.

An aerial photograph of the Shanghai skyline, showing a dense cluster of skyscrapers and older buildings. In the foreground, large, blue, three-dimensional letters spell out the word "Qualità" (Quality). The letters are positioned over a green horizontal band that also contains the text "L'IMPATTO DEI SIT". The background shows a hazy sky and a river on the left side of the frame.

L'IMPATTO DEI SIT

■ Francesco Petracchini, Michela Sinesi, Cinzia Perrino, Ivo Allegrini, Wei Haiping,

documento

*F. Petracchini, M. Sinesi,
C. Perrino, I. Allegrini -
Cnr lia, Istituto Italiano
sull'Inquinamento
Atmosferico,
Monterotondo Staz. (Roma).
W. Haiping -
Semc Shanghai
Environmental
Monitoring Center,
Shanghai (Cina).*

Nell'ambito del programma di cooperazione per la protezione dell'ambiente istituito fra il Ministero dell'Ambiente e del Mare italiano con il Ministero dell'ambiente Cinese il Cnr ha sviluppato numerosi progetti in diverse città cinesi finalizzati alla valutazione di vari aspetti dell'inquinamento atmosferico. Nella città di Shanghai è stato sviluppato un progetto denominato Apem (Air pollution emission monitoring) il cui obiettivo è stato quello di discriminare il contributo alle condizioni di inquinamento atmosferico delle principali fonti di emissione. Questa attività riveste importanza strategica alla luce del fatto che nel 2010 Shanghai ospiterà la prossima edizione dell'Expo che ha visto una notevole accelerazione delle attività di costruzione di nuovi edifici ed infrastrutture che ha richiesto l'analisi delle emissioni dell'inquinamento dai siti in costruzione al fine di discriminare il contributo dei siti stessi alla qualità dell'aria della città.

Appare evidente che, poiché l'Expo 2015 sarà ospitato dalla Città di Milano, lo studio può essere facilmente adattato ad un problema italiano che non man-

cherà di esercitare un ruolo molto positivo sul Paese, ma che non mancherà nello stesso tempo di causare qualche problema ambientale. In questo articolo vengono presentate le metodologie impiegate nello studio ed i principali risultati ottenuti con alcune considerazioni su una possibile estensione dell'iniziativa ad altri siti.

Particolato da siti in costruzione

La città di Shanghai è una delle più popolose città della Cina, (18 milioni di abitanti) ed è situata alla foce del fiume Chang Jiang (Fiume Azzurro). Anni di rapida crescita economica e il rapidissimo sviluppo urbano hanno comportato l'emissione di inquinanti e un peggioramento della qualità dell'aria. La valutazione delle emissioni diffuse di particolato dalle attività di costruzione (perforazione, movimentazione di materiale di scavo ecc.) e di altre fonti di emissioni diffuse è molto importante, specialmente quando si ha il superamento dei limiti normativi, e quindi quando sono necessari piani di controllo. La movimentazione di terreno di scavo e il trasporto pesante genera un

MILANO

I DI COSTRUZIONE

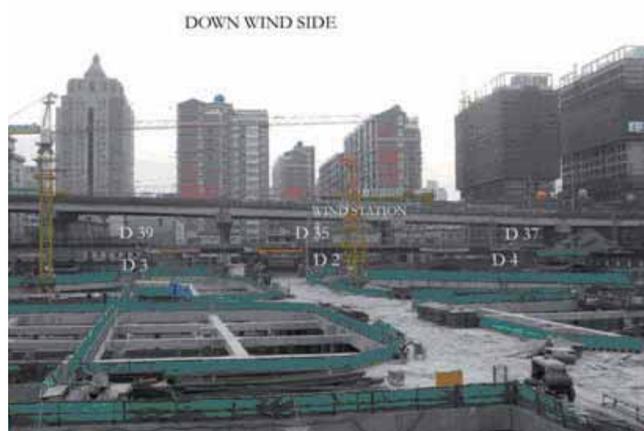


Figura 1 - Sito di costruzione PengXing Mansion (Sottovento) con la localizzazione degli strumenti.

contributo significativo alle emissioni di polveri e particolato fine, inoltre il particolato emesso si deposita sulle strade e subisce il risollevarlo da parte dai veicoli, contribuendo ulteriormente al degrado della qualità dell'aria. La sola stima delle emissioni di particolato attraverso l'utilizzo di modellistica di dispersione può

condurre a risultati poco affidabili, mentre le misurazioni dirette forniscono dati che sono molto difficili da interpretare e quindi da tradurre in termini di emissioni specifiche. Ci si aspetta allora che una combinazione di entrambi possa dare il valore aggiunto necessario per comprendere appieno e valutare quantitativamente il contributo delle diverse fonti di inquinamento atmosferico. Per lo studio in oggetto è stato selezionato il cantiere Peng Xing Mansion, di circa 18 ettari quasi tutti legati alla costruzione di un grande edificio (Figura 1). Quattro settimane di misure sono state condotte nel corso dei mesi di ottobre e novembre 2006. Per la misura delle concentrazioni di PM10 sull'intervallo di 24 ore è stato utilizzato un campionatore PM10 a basso volume (Microdust, Aquaria, Milano) e due torri del vento (Lsi Lastem, Milano) dotate di anemometri, piranometri, radiometri, barometri ecc. Un sistema di registrazione video è stato utilizzato per il controllo delle attività di lavoro. Per la misura delle concentrazioni di PM10, sono stati utilizzati filtri in



Teflon e plastica da 37 millimetri, utilizzando il classico procedimento gravimetrico. Il metodo di analisi del suolo del sito in costruzione è conforme a quello riportato nel documento di AP-42 (Epa AP42, 1995). Come modello di dispersione atmosferica è stato utilizzato il programma gaussiano Aermod.

Metodologia utilizzata

L'attività di costruzione consiste in una sommatoria di differenti operazioni ognuna caratterizzata dalla sua durata e dal suo potenziale di emissione di particolato. L'emissione dal sito di costruzione può essere considerato avere un inizio e variare sostanzialmente attraverso le diverse fasi di costruzione (US Epa 1995). A causa della complessità delle attività di costruzione due tipologie differenti di approccio sono state testate: una ricavata dalla metodologia dell'US Epa AP42 e un'altra da una procedura semplificata per il calcolo di un fattore di emissione areale. Con il primo approccio le attività di un sito di costruzione sono suddivise in varie fonti di emissione di parti-

colato, ognuna descritta attraverso una propria equazione di emissione calcolata dall'Epa attraverso campagne sperimentali. Questo approccio richiede una dettagliata conoscenza delle fasi di costruzione del sito e dei lavori in corso. Il secondo approccio utilizza una metodologia nella quale il fattore di emissione del sito di costruzione è definito come il flusso netto emesso dal lato sottovento; questa metodologia è applicabile quando le condizioni del vento sono simili con le direzioni definite dal lato sottovento e sopravvento scelto. L'obiettivo delle due procedure è quello di ottenere fattori di emissioni utilizzabili come input del modello di dispersione Aermod.

Ipotizzando che le condizioni di fondo urbano della concentrazione di Shanghai sia omogeneamente distribuita nei vari lati del sito di costruzione, la differenza fra il lato A e quello B individuati nel sito di costruzione è dovuta esclusivamente al contributo proveniente dal sito di costruzione. Per verificare l'attendibilità delle due procedure è stata comparata la differenza fra il lato A e B rilevata dalle misure sperimentali con quelle ricavate dal Modello Gaussiano.

Fattore di emissione areale

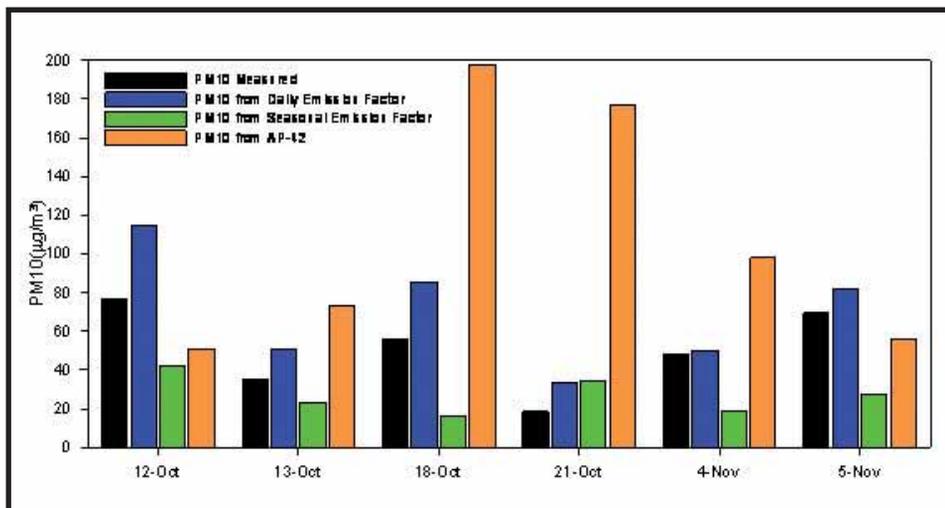
I fattori di emissioni di particolato sono in genere determinati attraverso misurazioni del flusso orizzontale emesso dall'area in esame. Questo viene ottenuto

attraverso l'installazione di strumenti di misura appositi a varie altezze dal suolo, sia nel lato sottovento sia nel lato sopravvento. Sia la velocità del vento sia la concentrazione dell'inquinante in esame variano con l'altezza, per cui il flusso è calcolato attraverso un'area che ha al centro ogni singolo strumento (J. G. Watson *et al.*, 1996, Chuen-Jinn *et al.* 2002) e in cui viene utilizzato il valore misurato. La differenza fra il lato sottovento e quello sopravvento dei singoli strumenti rappresenta il contributo al flusso complessivo emesso dall'area in esame nel punto in cui lo strumento è localizzato; il flusso complessivo si determina attraverso la sommatoria dei singoli flussi determinati; il fattore di emissione può essere espresso come:

$$E = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n (C_i - C_b) u_i(z) (\cos \theta) \Delta h_i L_i$$

- E = Fattore di emissione [$\mu\text{g}/\text{m}^2$].
- C_i = Concentrazione media di PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].
- A = Area del sito in costruzione [m^2].
- C_b = Concentrazione di fondo urbano (upwind concentration) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].
- L_i = Lunghezza della sezione piana considerata [m].
- $U_i(z)(\cos \theta)$ = Componente del vento perpendicolare alla sezione piana considerata [m/sec].
- Δh_i = Altezza della sezione piana considerata [m].

Figura 2 - Valori assoluti riportati per alcuni giorni selezionati delle campagne di monitoraggio. I migliori risultati sono stati determinati attraverso il fattore di emissione areale, valori giornalieri.



Analisi dei risultati ottenuti

Per comparare i dati misurati con quelli delle stazioni di monitoraggio della città di Shanghai sono stati utilizzati i dati forniti dall'Emc da tre stazioni di monitoraggio localizzate nelle vicinanze del sito. I valori ottenuti sono risultati comparabili, a conferma del fatto che la città ha molte attività che possono incrementare la concentrazione di PM10 in atmosfera, quali i siti in costruzione, le attività di produzione di cemento, l'emissioni da traffico, la combustione di carbone, (Li X.

emissione calcolato attraverso i fattori di emissione dell'US Epa come input del modello Aermod, è stato possibile comparare le differenze in termini di concentrazione fra il lato A e il lato B rispetto a quelle realmente misurate. Come riportato nella Figura 2 (dove sono indicate le differenze in termini di concentrazione ottenute attraverso i vari metodi) non sono state ottenute buone correlazioni fra il metodo Epa-AP42 e i dati empirici. La divergenza può essere con buona probabilità imputata a incomplete informazioni riguar-

assoluto rispetto a quanto determinato attraverso le misure sperimentali. Per il mese di Ottobre 2006 i dati ottenuti attraverso il metodo del fattore di emissione areale sono stati di circa il 35% maggiori rispetto a quanto misurato. Nel mese di Novembre i dati ottenuti sono invece stati maggiori di circa il 10%. Di conseguenza, apportando le correzioni necessarie, è stato determinato per il sito Mansion un fattore di Emissione di particolato PM10 stagionale, valido per i mesi in questione di $1,8 \text{ g}/(\text{m}^2 \text{ al secondo})$. Nella

varie elaborazioni con il modello di dispersione adottato (Figura 3) è stato possibile verificare come la presenza di molte attività di costruzione, in dipendenza di particolari condizioni anemometriche, influenzano in modo consistente le condizioni di qualità dell'aria in varie parti della città.

Composizione chimica del particolato a Shanghai

Lo scopo di questo studio condotto nel mese di Luglio del 2007 è stato quello di analizzare la composizione chimica del particolato PM10 nella città di Shanghai e soprattutto di determinare il contributo della componente del suolo al valore di concentrazione al fine di pianificare opportune strategie di contenimento. A questo scopo, sono state selezionate una stazione di traffico (TS) ed un sito di background (BS) a circa 30 Km dal centro della città. Due altre stazioni sono state posizionate all'interno di un sito di costruzione prossimo all'area di lavoro (CY-WA) e un altro vicino al bordo del sito (CY-B), rappresentativo delle condizioni della città nell'intorno del sito di costruzione. Oltre ai campionatori di particolato PM10 all'interno del sito di costruzione è stata installata anche una torre meteo equipaggiata con anemometri ultrasonici, barometri, radiometri e piranometri (Lsi Latem, Milano). Durante le misurazioni all'interno del sito di costruzione le attività sono consistite principalmente in scavo e trasporto.

I filtri sono stati analizzati secondo il seguente schema. Gli elementi (Al, Ca, Cr, Fe, Mg, Mn, Na, K, S, Si, Ti, Zn) sono stati determinati su filtri di Teflon attraverso misurazioni di fluorescenza a raggi X (ED-Xrf, X-Lab 2000, Spectro, Kleve, Ger.). Dopo l'analisi Xrf i filtri di Teflon sono stati estratti in soluzione acquosa e analizzati per la determinazione degli anioni (nitrate, solfato) e cationi (sodio, ammonio, potassio, magnesio, calcio) attraverso cromatografia ionica

et al. 2003; Shu J. et al. 2000). Come atteso gli strumenti localizzati all'interno del sito di costruzione in posizione sottovento in genere hanno riportato valori di concentrazione di PM10 maggiori rispetto ai rispettivi sottovento e alle altre stazioni di monitoraggio urbano. Utilizzando il fattore di

do la tipologia dei lavori in corso nel sito e alla non completa ripetibilità delle equazioni ricavate dall'Epa per la situazione di Shanghai. Il flusso netto di particolato emesso dal sito in costruzione determinato attraverso il metodo del fattore di emissione areale ha dato buone correlazioni in valore

Figura 2, oltre ai fattori calcolati, è riportato anche un fattore medio settimanale e uno medio stagionale. Il fattore stagionale di emissione particolato PM10 è stato utilizzato come unico per tutti i siti in costruzione visualizzabili dalle immagini da satellite per la città di Shanghai. Eseguendo



Figura 3 - Output del modello Aermod per la città di Shanghai nella quale sono stati simulati gli effetti dei diversi siti di costruzione rilevati dalle immagine di satellite; è possibile vedere l'effetto cumulato dei diversi siti.

(ED-Xrf, X-Lab 2000, Spectro, Kleve, Ger.). I filtri di quarzo sono stati analizzati per la determinazione del carbonio elementare e organico attraverso analizzatore termo-ottico (Ocec Carbon Aerosol Analyser, Sunset Laboratory, OR-Usa).

Analisi dei dati

I dati sono stati collezionati durante un periodo di osservazione a partire dal 6 al 26 Luglio del 2007. Dal punto di vista meteorologico il periodo di misura è stato caratterizzato da una tipica circolazione di brezza: durante il giorno, la direzione in cui spirava il vento era dall'Est (dal mare verso la città). Dopo il tramonto, il vento spirava in direzione Ovest (dalla città verso il mare). La concentrazione di PM ai siti CY-WA e CY-B è stata, in generale, maggiore che i valori registrati nei siti di traffico (TS) e di background (BS). La concentrazione media di PM10 è stata di $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ al sito di traffico, $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel sito Background e $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre nel sito CY-WA è stata maggiore ($121 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

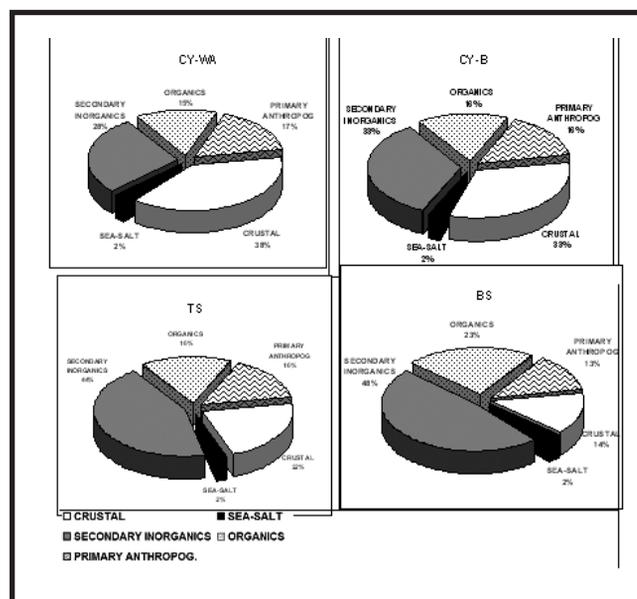
Analisi fattoriale

I modelli recettori hanno sempre ben rappresentato una metodologia teorica e matematica per la quantificazione del contributo delle fonti di emissioni all'inquinamento di una determinata area che si può sostanziare attraverso l'analisi fattoriale. Questa consente di estrapolare la relazione latente nella struttura di una matrice di dati e scoprirne la natura attraverso variabili indipendenti che influenzano le variabili osservate, anche se queste variabili indipendenti non sono direttamente misurate (Bruinen de Bruin *et al.* 2006). Il risultato dell'analisi



fattoriale attraverso la rotazione Varimax applicata ai dati collezionati durante lo studio è rappresentata nella Tabella. Gli elementi tracciati in grassetto sono considerati legati nel medesimo fattore alla stessa fonte di emissione. Nel sito CY-WA, il primo fattore è collegato agli elementi cristallini generati attraverso le attività di movimentazione del terreno e i lavori civili che si sviluppano nel sito in costruzione. Al, Si, Ca, Na, Cl, Cd sono inclusi in questo fattore. Il secondo fattore è collegato all'inquinamento secondario e include NH_4^+ , NO_3^- e S. Il terzo fattore può essere correlato alla risospensione causata dai camion in movimento; in questo fattore possiamo riconoscere elementi che hanno origine cristallina e antropogenica (Fe, Mn, Cr, Ti, K dal suolo dalle attività industriali e dal traffico) e anche markers delle emissioni dei motori (EC, Pb and Zn) (Huang, *et al.* 1994).

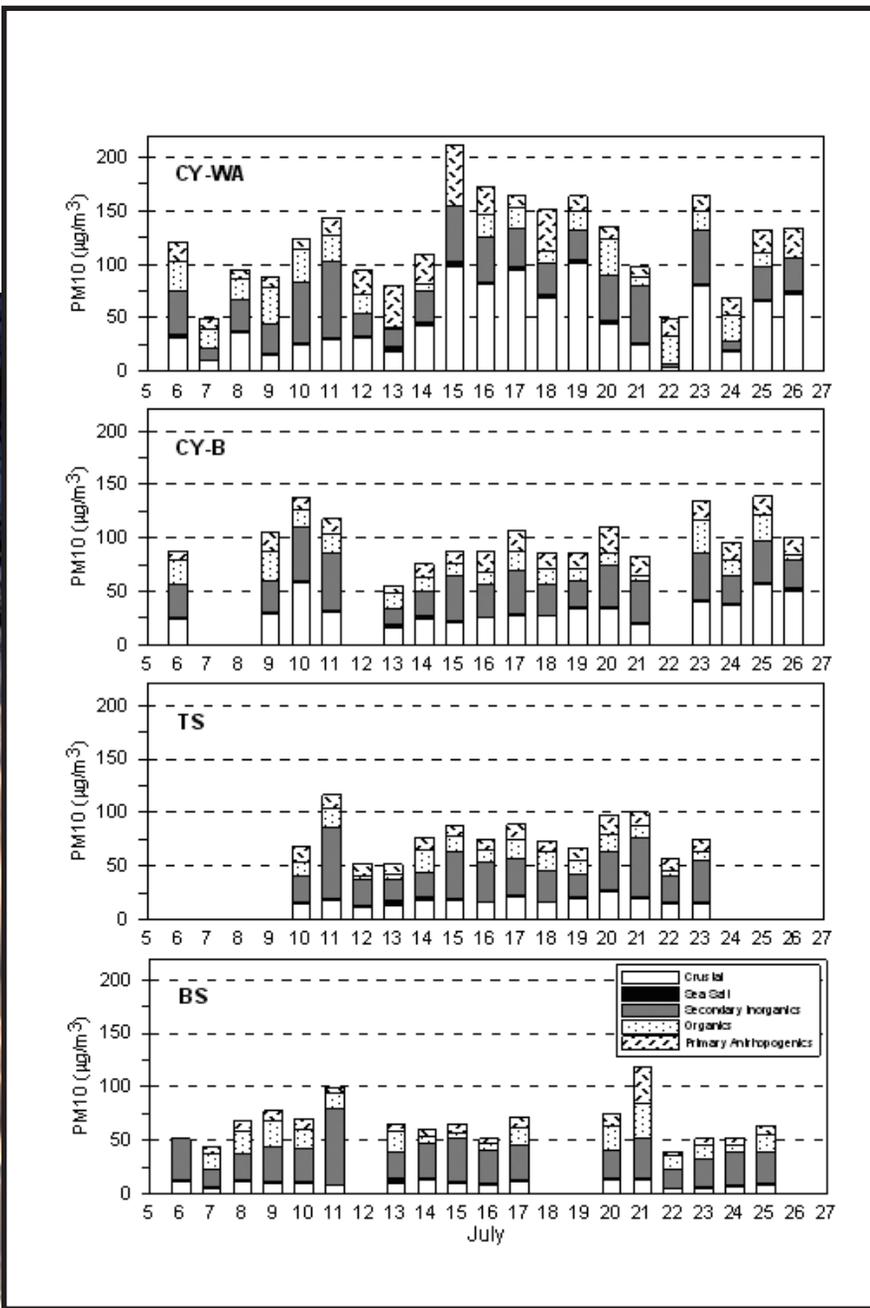
Considerando i risultati dell'analisi fattoriale al sito CY-B, il primo fattore è relativo all'attività di movimentazione del terreno al sito (Na, Al, Si, K, Ca, Ti). Il secondo fattore è correlato alle emissioni dai siti industriali e



dalle grandi fonti di combustione industriale presenti in prossimità del sito di costruzione (Cr, Mn Fe, Zn). Il terzo fattore rappresenta gli inquinanti secondari inorganici (NH_4^+ , S); il quarto è correlato alle emissioni di traffico dalle strade vicino al sito (Cd, Pb). L'ultimo fattore è probabilmente correlato alle emissioni dagli impianti di combustione ad olio combustibile (V). Nell'analisi fattoriale per il sito di

Figura 4 - Grafici dei principali componenti del PM10 nei quattro siti di Shanghai.

Figura 5 - Composizione media giornaliera per le principali componenti di PM10.



traffico il primo fattore che riporta: Al, Si, Ti, Zn, Cd, OM rappresenta le emissioni generati dai motori e l'effetto di risospensione degli elementi cristalli. Il Secondo fattore è correlato allo spray marino (Na, Cl). Il terzo fattore include gli inquinanti secondari inorganici (NH₄⁺, S). Il quarto fattore (V) rappresenta le emissioni dagli impianti di olio combustibile e l'ultimo include le altre attività industriali che influenzano la qualità dell'aria nelle vicinanze del sito di campionamento. Nel sito di background (BS) la discriminazione delle diverse fonti di emissione non appare semplice: il primo fattore può essere correlato alle emissioni industriali (Ca, Fe, OM, EC), il secondo riguarda i composti secondari inorganici (NH₄⁺, NO₃⁻, S) e il quarto è collegato agli elementi di origine crustale (SI) e di emissione da traffico (Zn, Pb). In conclusione entrambi le stazioni di monitoraggio nel sito di costruzione (CY-WA e CY-B) la fonte di emissione degli elementi cristalli proviene dalle attività di scavo, di

movimentazione e di emissione dalle strade non asfaltate.

Bilancio di massa

Il metodo alternativo per la valutazione del peso quantitativo delle possibili fonti di emissione di PM nell'aria in esame può essere effettuato attraverso la stima del contributo dei macro componenti nel peso complessivo della massa. Nello studio in esame 5 differenti fonti di emissione di PM10 sono state considerate: materiale crustale, spray marino, inquinanti primari di origine antropogenica, inquinanti secondari inorganici e organici. Gli elementi cristalli (CM) sono stati calcolati attraverso la seguente equazione che tiene in considerazione i principali elementi (come ossidi) e ioni che costituiscono il suolo (modificato da Chan *et al.* 1997):

$$[CM] = 1.89 [Al] + 2.14 [Si] + 1.42 [Fe] + 1.4 [Ca] + 1.2 [K] + 1.35 [Na] + 1.67 [Mg] + [Ca^{++}]$$

$$+ [Mg^{++}] + [CO_3^{=}]$$

Lo spray marino (Ssa) è stato calcolato attraverso la seguente equazione che tiene in considerazione Sodio e Cloro e stima i minori costituenti (S, Mg, Ca, K):

$$[Ssa] = ([Na^+] + [Cl^-]) * 1.176$$

Gli inquinanti primari di origine antropogenica (PA) sono calcolati come carbonio elementare cui è aggiunto un contributo di materiale organico che è stimato essere equivalente al carbonio elementare:

$$[PA] = [EC] * OC_{primary}$$

Gli inquinanti secondari inorganici (IS) sono stati calcolati come somma di ione ammonio, nitrato e ione solfato:

$$[IS] = [NH_4^+] + [NO_3^-] + 0.922 [SO_4^{=}]$$

I composti organici (OA) sono stati determinati come contenuto di carbonio organico moltiplicato per un fattore che tiene i componenti non carboniosi delle molecole organiche. Questo fattore, che dipende dalla composizione chimica dell'aerosol organico, è nell'intervallo 1.6 (traffic station)

2.1 (background rurale e stazioni remote). Per i dati di Shanghai il coefficiente 1.6 è stato applicato al traffico, al sito di costruzione e al sito prossimo al sito di costruzione; il coefficiente 1.8 è stato applicato al sito di background. I risultati dell'analisi chimica e del bilancio di massa indicano che nella concentrazione di PM10 il contributo della parte crustale è più elevato che negli altri siti (38% nel CY-WA 33% nel CY-B rispetto al 22% nel TS e 14% nel BS). La composizione percentuale di PM10 nei quattro siti è riportata in Figura 4.

I dati indicano che sia nel sito di background urbano sia nel sito di traffico, la composizione del PM10 è dominata dai composti secondari inorganici (48% sito di background 44% sito di traffico) e dagli elementi organici che sono principalmente di origine secondaria.

Maggiori informazioni possono essere ottenute dall'analisi delle composizioni giornaliere nei quattro siti espresse in termine di concentrazione di ogni classe (Figura 5). Considerando i composti secondari inorganici e lo spray marino si vede come fra i vari siti non si hanno importanti differenze. Maggiori differenze in termine di concentrazione di PM10 si registrano fra il sito in costruzione (CY-WA) e le altre postazioni in termini di composti primari antropogenici e soprattutto in termine di elementi crustali. La Figura 6 è interessante per apprezzare l'alto valore di concentrazione di elementi crustali nei siti CY-WA e CY-WB. Le differenze nei siti sono minime durante i giorni di pioggia (12, 13, 20, 21 Luglio).

Conclusioni

I risultati ottenuti dimostrano l'efficacia dell'approccio perseguito e la possibilità di determinare in modo semplice e diretto il contributo delle attività di costruzione all'inquinamento atmosferico.

Oltre a questa ovvia applicazione, la metodologia si presta molto bene per la verifica del contributo delle polveri risollevate le quali, evidentemente, costi-

tuiscono una frazione molto rilevante dalla concentrazione delle polveri PM10 presenti nelle zone nelle quali non si rispettano gli standard di qualità dell'aria. In vista dunque del potenziamento delle attività cantieristiche dovute alla realizzazione di infrastrutture nel Paese, si ritiene che questa metodologia possa essere di utilizzo generale e che quindi essa possa costituire una risposta non solo ai problemi dell'ambiente in Cina, ma anche nel nostro Paese.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato possibile attraverso il contributo del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nell'ambito del Programma di Cooperazione Ambientale fra l'Italia e la Cina.

Bibliografia

www.epa.gov
www.baq2008.org/system/files/stream1_Petracchini+poster2.pdf

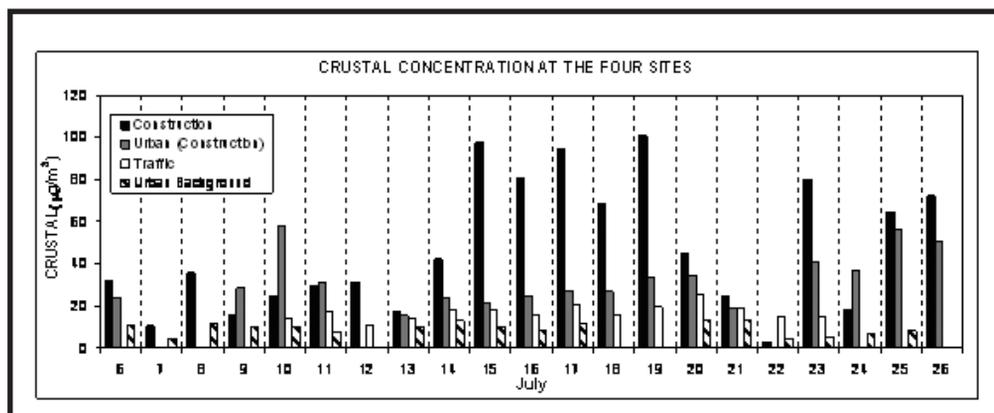


Figura 6
Composizione giornaliera per le cinque classi considerate.

	CY-WA					CY-B				
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
Na	0.82	0.19	0.45	0.19	-	0.81	0.27	-0.20	-0.30	0.10
Al	0.90	0.20	0.31	0.12	-	0.97	0.00	0.06	0.07	0.07
Si	0.88	0.17	0.34	0.09	-	0.97	-0.01	0.13	0.03	0.08
S	0.16	0.90	0.27	0.02	-	0.12	-0.07	0.96	0.12	0.11
K	0.62	0.22	0.74	0.01	-	0.85	0.26	0.29	0.28	-0.17
Ca	0.87	0.24	0.30	0.17	-	0.85	-0.16	-0.01	0.13	0.28
Ti	0.62	0.20	0.74	0.04	-	0.90	0.29	0.19	0.04	0.12
V	0.19	0.67	-0.39	0.12	-	0.22	0.27	0.40	-0.25	0.69
Cr	0.15	0.11	0.97	-0.04	-	0.15	0.95	-0.08	0.16	0.13
Mn	0.14	0.10	0.97	-0.03	-	0.09	0.96	-0.07	0.08	0.15
Fe	0.35	0.17	0.91	-0.01	-	0.42	0.85	0.11	0.05	0.10
Zn	0.23	0.52	0.59	0.29	-	-0.15	0.85	-0.03	0.06	0.08
Cd	0.80	-0.27	-0.16	-0.14	-	-0.01	0.14	0.02	0.86	0.00
Pb	0.17	0.57	0.66	-0.19	-	0.26	0.27	0.27	0.70	-0.41
NO3-	0.21	0.87	0.26	-0.17	-	0.61	0.11	0.63	-0.17	0.17
NH4+	-0.10	0.88	-0.02	-0.05	-	0.08	-0.04	0.95	0.09	0.13
Cl	0.87	0.09	0.15	0.03	-	0.10	0.11	-0.67	-0.57	-0.14
OM	-0.16	0.09	0.02	-0.95	-	0.18	0.24	0.16	0.05	0.60
EC	0.17	-0.26	0.74	0.09	-	0.11	0.12	0.10	0.66	0.61
Exp1.Var	5.38	3.84	6.00	1.19	-	5.60	3.79	3.14	2.34	1.65
Prp.Tot1	0.29	0.20	0.32	0.06	-	0.29	0.20	0.17	0.12	0.09
	TS					BS				
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
Na	0.01	-0.95	-0.11	0.05	0.08	0.03	-0.22	0.76	-0.13	0.49
Al	0.84	0.04	0.21	-0.24	0.27	0.43	0.18	0.17	0.62	0.53
Si	0.80	0.05	0.26	-0.10	0.44	0.41	0.01	0.32	0.76	0.31
S	0.18	0.20	0.95	0.07	0.12	0.24	0.87	-0.12	0.18	0.23
K	0.59	0.20	0.43	-0.37	0.42	0.60	0.13	-0.06	0.60	0.08
Ca	0.38	-0.17	0.15	-0.19	0.82	0.83	0.06	0.15	0.20	0.26
Ti	0.79	0.08	0.20	-0.08	0.53	-	-	-	-	-
V	0.05	0.07	0.17	0.93	0.17	-0.33	0.44	0.65	0.42	0.01
Cr	0.61	-0.33	0.27	0.05	0.59	0.45	0.05	0.60	0.30	0.10
Mn	0.35	-0.28	0.28	0.23	0.76	0.42	0.03	0.63	0.48	0.20
Fe	0.44	-0.26	0.43	0.09	0.60	0.87	0.14	0.33	0.10	0.11
Zn	0.78	0.16	0.11	0.08	0.31	0.13	0.04	-0.04	0.87	0.02
Cd	0.93	0.14	-0.19	0.14	-0.03	-0.05	0.01	0.19	0.11	0.87
Pb	0.60	0.23	0.37	-0.36	0.46	0.18	-0.03	0.19	0.83	-0.05
NO3-	0.03	-0.21	0.38	0.31	0.62	0.00	0.89	0.36	-0.09	-0.10
NH4+	0.12	0.20	0.95	0.06	0.07	0.01	0.99	-0.08	0.00	-0.07
Cl	-0.30	-0.86	-0.28	-0.13	0.15	0.26	0.08	0.62	0.06	0.03
OM	0.83	-0.14	0.16	0.27	0.22	0.80	-0.04	0.29	0.21	-0.35
EC	0.28	0.14	-0.17	0.17	0.90	0.84	0.02	-0.06	0.24	-0.13
Exp1.Var	5.91	2.35	3.20	1.55	4.28	4.17	2.87	2.73	3.68	1.79
Prp.Tot1	0.31	0.12	0.17	0.08	0.23	0.23	0.16	0.15	0.20	0.10

Tabella
Analisi fattoriale per i dati collezionati nei siti di misura di Shanghai.