

Indicatori ambientali nello studio EpiAir2: i dati di qualità dell'aria per la sorveglianza epidemiologica

Environmental indicators in EpiAir2 project: air quality data for epidemiological surveillance

Corrispondenza
Martina Gandini
martina.gandini@
arpa.piemonte.it

Martina Gandini,¹ Giovanna Berti,¹ Giorgio Cattani,² Annunziata Faustini,³ Cecilia Scarinzi,¹ Francesca De' Donato,³ Gabriele Accetta,⁴ Lorenzo Angiuli,⁵ Salvatore Caldara,⁶ Giulia Carreras,⁴ Patrizia Casale,⁷ Katuscia Di Biagio,⁸ Simone Giannini,⁹ Cinzia Iuzzolino,¹⁰ Guido Lanzani,¹¹ Paolo Lauriola,⁹ Paola Leuci,¹² Marika Mariuz,¹³ Stefano Marchesi,⁹ Alessandra Nocioni,⁵ Silvia Pistollato,¹⁴ Lorenzo Pizzi,¹⁵ Andrea Ranzi,⁹ Maria Serinelli,⁵ Emanuele Stagnaro,¹⁶ Luisa Vianello,¹⁴ Mariangela Vigotti,¹⁷ Stefano Zauli-Sajani,⁹ Ennio Cadum;¹ Gruppo collaborativo EpiAir2*

Epidemiol Prev 2013; 37 (4-5): 209-219

Cosa si sapeva già

- Le città italiane mostrano livelli di inquinamento atmosferico elevati se confrontati con il resto d'Europa, in particolare se si considera la Pianura Padana.
- E' necessario un sistema di sorveglianza sanitaria per monitorare gli effetti sulla salute della popolazione.

Cosa si aggiunge di nuovo

- Lo studio evidenzia un decremento generale dei livelli del particolato nelle città italiane nel decennio 2001-2010, e una tendenza al decremento dell'NO₂.
- C'è la necessità di applicare disegni di studio alternativi per la stima dell'esposizione in aree eterogenee (come quelle portuali) per valutare correttamente il rischio per la salute.

OBIETTIVO: costruzione di indicatori ambientali di inquinamento aerodiffuso per finalità di sorveglianza epidemiologica in 25 città italiane per il progetto EpiAir2 (2006-2010) e presentazione dei dati di dieci anni di sorveglianza in 10 città italiane (2001-2010).

DISEGNO: sono stati raccolti dati di particolato (nelle frazioni PM₁₀ e PM_{2.5}), biossido di azoto (NO₂) e ozono (O₃), considerati fattori di rischio per la salute. I dati meteorologici considerati come confondenti nell'analisi dell'effetto degli inquinanti sono stati: temperatura, umidità relativa (e la variabile derivata "temperatura apparente") e pressione barometrica. I criteri per la selezione delle stazioni di monitoraggio e i metodi di calcolo per la costruzione di indicatori ambientali a partire dalle serie giornaliere disponibili sono stati scelti in continuità con la precedente edizione di EpiAir. Per tutte le città, è stata verificata l'omogeneità dei dati selezionati nel rappresentare l'esposizione delle popolazioni.

SETTING E PARTECIPANTI: il progetto EpiAir2 coinvolge per gli anni 2006-2010 le città di Milano, Mestre-Venezia, Torino, Bologna, Firenze, Pisa, Roma, Taranto, Cagliari e Palermo, già presenti nello studio EpiAir. A questo elenco vanno aggiunte le città di Treviso, Trieste, Padova, Rovigo, Piacenza, Parma, Ferrara, Reggio Emilia, Modena, Genova, Rimini, Ancona, Bari, Napoli e Brindisi.

RISULTATI: nel periodo considerato è stato osservato un decremento delle concentrazioni di particolato nella maggior parte delle città in analisi, mentre non si può giungere a conclusioni così nette per NO₂ e ozono. L'analisi dell'andamento temporale degli indicatori ha evidenziato valori medi annuali di PM₁₀ superiori ai 40 µg/m³ in alcune città della Pianura Padana, e valori medi annuali di NO₂ costantemente superiori ai 40 µg/m³ nelle città di Trieste, Milano, Padova, Torino, Modena, Bologna, Roma e Napoli.

CONCLUSIONE: l'ampliamento del progetto EpiAir, con l'inclusione di ulteriori 13 città, ha permesso di evidenziare peculiarità legate alle differenti aree geografiche in studio e numerose situazioni di criticità con superamenti dei valori di concentrazione limite fissati dalla legislazione corrente. I risultati dello studio EpiAir2 confermano la necessità di un sistema di sorveglianza dell'inquinamento aerodiffuso nei centri urbani e industriali al fine di ottenere stime affidabili dell'esposizione della popolazione residente e di monitorarne l'andamento nel tempo.

Parole chiave: inquinamento atmosferico, valutazione dell'esposizione, sorveglianza epidemiologica

AFFILIAZIONI

¹ Dipartimento tematico epidemiologia e salute ambientale, ARPA Piemonte, Torino

² Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale, Roma

³ Dipartimento di epidemiologia del servizio sanitario regionale, Regione Lazio, Roma

⁴ Istituto per lo studio e la prevenzione oncologica, Firenze

⁵ Centro regionale aria e unità ambiente e salute, ARPA Puglia, Bari

⁶ Arpa Sicilia, Palermo

⁷ Osservatorio epidemiologico e di epidemiologia valutativa, Regione Veneto, ULSS 18 Rovigo

⁸ Servizio di epidemiologia ambientale, ARPA Marche, Dipartimento di Ancona

⁹ Direzione tecnica, Centro ambiente e salute ARPA Emilia-Romagna

¹⁰ Servizio sistemi ambientali, ARPA Treviso

¹¹ Settore aria e agenti fisici, UO qualità dell'aria ambientale, ARPA Lombardia

¹² ARPA Emilia-Romagna, Sezione provinciale di Ferrara

¹³ Dipartimento di scienze mediche e biologiche, Università di Udine

¹⁴ ARPA Veneto, Dipartimento provinciale di Venezia

¹⁵ UOC epidemiologia, promozione della salute e comunicazione del rischio, UOS rischio ambientale, Dipartimento di sanità pubblica, Azienda USL di Bologna

¹⁶ Analisi e gestione dati ambientali, SC di epidemiologia, biostatistica e clinical trial, SS di epidemiologia descrittiva, IRCCS San Martino, IST Genova

¹⁷ Istituto di fisiologia clinica, CNR Pisa e CNR Lecce



Sorveglianza epidemiologica
dell'inquinamento atmosferico

*GRUPPO COLLABORATIVO EpiAir2:

Gabriele Accetta, Ester Rita Alessandrini, Paola Angelini, Lorenzo Angiuli, Antonello Antonelli, Pasquale Arena, Giorgio Assennato, Michela Baccini, Flavia Baldacchini, Sandra Baldacci, Marco Baldini, Vincenzo Baldo, Giuseppe Ballarino, Daniela Balzi, Ingrid Barban, Giulia Barbati, Fabio Barbone, Alessandro Barchielli, Simona Baroni, Roberta Barontini, Silvia Bartolacci, Sabina Bellodi, Massimo Berico, Giovanna Berti, Annibale Biggeri, Luigi Bisanti, Marina Bonfanti, Anna Bonomolo, Laura Bonvicini, Matteo Bovenzi, Cecilia Brescianini, Serena Broccoli, Antonella Bruni, Ennio Cadum, Salvatore Caldara, Roberta Calzolari, Enrica Canossa, Cristina Canova, Gianluca Caramia, Giulia Carreras, Giovanna Casale, Patrizia Casale, Claudia Casella, Anica Casetta, Giorgio Cattani, Achille Cernigliaro, Sonia Cerrai, Marco Cervino, Laura Cestari, Elisabetta Chellini, Monica Chiusolo, Giovanni Ciaccia, Fabio Cibella, Silvia Cocchio, Laura Crosetto, Francesco Cuccaro,

Fulvio Daris, Francesca de Donato, Gianfranco De Girolamo, Aldo De Togni, Katiuscia di Biagio, Anna Di Leo, Sara Di Leonardo, M. Patrizia Dessi, Andrea Evangelista, Fabio Faccini, Gaia Fallani, Annunziata Faustini, Francesco Forastiere, Roberto Fruzzetti, Claudia Galassi, Giovanni Gallo, Lorenza Gallo, Martina Gandini, Angela Ganzi, Elsa Garrone, Giulia Gatti, Bianca Gherardi, Emilio AL. Gianicolo, Simone Giannini, Roberto Giua, Carlo Alberto Goldoni, Daniele Grechi, Mauro Grosa, Nicola Guerrini, Maurizio Impallomeni, Claudia Iuzzolino, Teresa La Torretta, Guido Lanzani, Paolo Lauriola, Paola Leuci, Fernando Luberto, Andrea Lupi, Giuseppe Madonia, Sara Maio, Antonella Malaguti, Cristina Mangia, Stefano Marchesi, Mauro Mariottini, Marika Mariuz, Alfredo Marotta, Andrea Martini, Micaela Menegotto, Fabrizio Merlo, Enrica Migliore, Sante Minerba, Fabrizio Minichilli, Mihaela Mircea, Caterina Morassuto, Alessandra Nocioni, Daniela Nuvolone, Roberto Nuzzi,

Giuseppe Onorati, Gabriella Padolecchia, Barbara Palazzi, Paolo Pandolfi, Stefano Parodi, Paolo Pasetti, Alessandro Pensato, Antonio Piersanti, Cinzia Piovesan, Silvia Pistollato, Lorenzo Pizzi, Renato Pizzuti, Sebastiano Pollina Addario, Loredana Porcaro, Mariangela Protti, Antonella Puppo, Mauro Raciti, Giorgia Randi, Andrea Ranzi, Maria Rosa, Giovanna Rubini, Fabrizio Sacco, Michele Santoro, Giuseppe Sarno, Danila Scala, Cecilia Scarinzi, Salvatore Scondotto, Vittorio Selle, Maria Serinelli, Rita Simeoni, Lorenzo Simonato, Marzia Simoni, Giuseppe Spagnolo, Massimo Stafoggia, Emanuele Stagnaro, Gianpiero Starnino, Elisa Stivanello, Riccardo Tominz, Francesco Troiano, Marina Vercelli, Luisa Vianello, Giovanni Viegi, Maria Angela Vigotti, Cristina Volta, Gabriele Zanini, Stefano Zauli-Sajani, Francesco Zero

STAFF AMMINISTRATIVO E AFFILIAZIONI
DISPONIBILI SUL SITO WWW.EPIPREV.IT

ABSTRACT

Environmental indicators in EpiAir2 project: air quality data for epidemiological surveillance

Epidemiol Prev 2013; 37 (4-5): 209-219

OBJECTIVE: construction of environmental indicators of air pollution suitable for epidemiological surveillance in 25 Italian cities for EpiAir2 project (2006-2010) and presentation of the results from a 10 years of surveillance system (2001-2010) in 10 Italian cities.

DESIGN: data on particulate matter (PM₁₀ and its fine fraction PM_{2.5}), nitrogen dioxide (NO₂), and ozone (O₃), measured in the 2006-2010 calendar period, were collected. Meteorological data needed to estimate unbiased measures of the effect of pollutants are: temperature, relative humidity (estimated "apparent temperature"), and barometric pressure. In continuity with the previous EpiAir project, the same criteria for the selection of monitoring stations were applied and standard methods to es-

timate daily environmental indicators were used. Furthermore, it was checked the adequacy of the selected data to represent the population exposure.

SETTING AND PARTICIPANTS: EpiAir2 project, relative to the period 2006-2010, involves the cities of Milano, Mestre-Venezia, Torino, Bologna, Firenze, Pisa, Roma, Taranto, Cagliari, and Palermo, already included in the previous study. The city of Treviso, Trieste, Padova, Rovigo, Piacenza, Parma, Ferrara, Reggio Emilia, Modena, Genova, Rimini, Ancona, Bari, Brindisi, and Napoli are added to the previous group.

RESULTS: particulate matter concentrations have decreased in most cities during the study period, while concentrations of NO₂ and ozone do not show a similar clear trend. The analysis of the trend showed

annual mean values of PM₁₀ higher than 40 µg/m³ in some areas of the Po Valley, and annual mean values of NO₂ higher than 40 µg/m³ in the cities of Trieste, Milano, Padova, Torino, Modena, Bologna, Roma, and Napoli.

CONCLUSION: the enlargement of the EpiAir project to 13 other cities has highlighted critical issues related to the different geographical areas under study. Results of EpiAir2 project point out the need of a monitoring system of air pollution concentrations in both urban and industrial sites, in order to obtain reliable estimates of exposure for resident populations and to evaluate the related time trend.

Keywords: air pollution, exposure assessment, epidemiological surveillance

INTRODUZIONE

Il progetto EpiAir2 (Sorveglianza epidemiologica dell'inquinamento atmosferico: valutazione dei rischi e degli impatti nelle città italiane) prosegue la tradizione italiana degli studi EpiAir e MISA (Metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico), che hanno fornito stime di rischio per l'esposizione a inquinanti dell'aria nella realtà del nostro Paese.¹⁻³ La monografia pubblicata su questa stessa rivista nel 2009 riporta i metodi e i risultati specifici di EpiAir.⁴ Nello stesso contesto era stato condotto anche lo studio SISTI (Studio italiano suscettibilità temperatura e inquinamento), che aveva approfondito il ruolo della temperatura e della suscettibilità.^{5,6} Il progetto EpiAir2 coinvolge, per gli anni 2006-2010, le città di Milano, Mestre-Venezia, Torino, Bologna, Firenze, Pisa, Roma, Taranto, Cagliari e Palermo (già presenti nello studio EpiAir), Treviso, Trieste, Padova, Rovigo, Piacenza, Parma, Ferrara, Reggio Emilia, Modena, Genova, Rimini, Ancona, Bari, Napoli e Brindisi.

Tra gli obiettivi principali di questo progetto, in continuità con il precedente progetto EpiAir, vi è l'elaborazione, per ogni città degli indicatori ambientali più appropriati per finalità di sorveglianza epidemiologica. Già dall'elenco delle città, risulta evidente che lo studio si sia ampliato, solle-

vando nuove questioni: se da un lato si sono aggiunte molte piccole città della Pianura Padana (alcune con una sola centralina di monitoraggio disponibile), dall'altro l'inclusione di aree eterogenee come le città portuali ha portato a una riflessione sulla bontà dell'utilizzo di una media cittadina come indicatore dell'esposizione.

Negli studi degli effetti a breve termine degli inquinanti atmosferici si usano, infatti, come *proxy* di esposizione le misurazioni effettuate attraverso le stazioni fisse di rilevamento della qualità dell'aria, opportunamente rielaborate, in modo da fornire un indicatore cittadino per ogni inquinante. Con tale stima si assume che tutti gli individui in un'area specifica abbiano la stessa esposizione e si ignora la variabilità spaziale all'interno dell'area. Nonostante la forza di tale associazione differisca da soggetto a soggetto, a livello di popolazione questa correlazione è considerata sufficientemente alta da giustificare l'uso delle concentrazioni *out-door* come misura di esposizione.⁷

Il presente lavoro analizza i dati di qualità dell'aria disponibili per le 25 città partecipanti al progetto nel periodo di studio 2006-2010. Nelle 10 città già presenti in EpiAir viene inoltre presentata una valutazione del trend nei 10 anni considerati (dal 2001 al 2010).

Gli indicatori elaborati sono stati utilizzati quali determi-

nanti (fattori di rischio) nelle analisi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico sulla mortalità⁸ e sui ricoveri,⁹ i cui risultati vengono presentati in questo stesso numero di E&P.

MATERIALI E METODI

La tutela e la gestione della qualità dell'aria sono oggetto di una normativa nazionale specifica, frutto del recepimento delle direttive della Comunità europea, finalizzata a impedire il costante riprodursi di situazioni di criticità ambientale. Il Decreto Legislativo 155 del 13.08.2010 stabilisce valori limite per il particolato e il biossido di azoto, e valori obiettivo per l'ozono:

- per il PM_{10} : valore limite di 24 ore pari a $50 \mu g/m^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile; valore limite annuale pari a $40 \mu g/m^3$;
- per il $PM_{2,5}$: valore limite annuale pari a $25 \mu g/m^3$ da raggiungere entro il mese di gennaio 2015;
- per l' NO_2 : valori limite annuali pari a $40 \mu g/m^3$ e a $30 \mu g/m^3$, rispettivamente, per la protezione della salute umana e della vegetazione;
- per l' O_3 : valore obiettivo a lungo termine pari a $120 \mu g/m^3$ come media annuale dei valori di media mobile massima giornalieri, calcolata su 8 ore, e valore obiettivo pari a $120 \mu g/m^3$ come valore di media mobile massima giornaliera, calcolata su 8 ore, da non superare per più di 25 giorni per anno civile, riferito a 3 anni (il raggiungimento di quest'ultimo valore obiettivo è valutabile nel 2013, con riferimento al triennio 2010-2012).

Con una rete già avviata con il progetto EpiAir si è costituito un gruppo di lavoro che si è occupato della predisposizione di serie giornaliere di dati ambientali strutturalmente identiche per ogni centro partecipante. Tale gruppo ha incluso, in ogni centro coinvolto, strutture che si occupano di valutazione di qualità dell'aria a livello locale (rappresentate da strutture di monitoraggio della qualità dell'aria all'interno delle Agenzie regionali di protezione ambientale). Per dettagli sul protocollo di raccolta dei dati ambientali ed elaborazione degli indicatori per finalità di studio epidemiologico si rimanda alla monografia EpiAir.¹⁰

Considerando gli effetti sanitari potenziali e la necessità di confronto con studi epidemiologici pubblicati, si è scelto di studiare l'esposizione alla frazione toracica e respirabile del particolato nella frazione più grossolana e più fine, al biossido di azoto e all'ozono (rispettivamente PM_{10} , $PM_{2,5}$, NO_2 e O_3), utilizzando i dati relativi a monossido di carbonio (CO) e biossido di zolfo (SO_2) quali traccianti del livello di traffico autoveicolare e di situazioni di inquinamento industriale. Una grossa novità rispetto allo studio precedente è data dalla disponibilità dei dati di $PM_{2,5}$, frazione fine di particolato, in grado di penetrare più a fondo nell'apparato respiratorio e di cui recenti studi epidemio-

logici mostrano evidenze circa la sua tossicità.¹¹⁻¹³ In 13 delle 25 città partecipanti (Milano, Mestre-Venezia, Padova, Torino, Ferrara, Parma, Reggio Emilia, Modena, Bologna, Rimini, Ancona, Roma e Napoli) è stato possibile reperire serie di dati di $PM_{2,5}$ per almeno 3 anni consecutivi, che, opportunamente analizzate, possono garantire stime di effetto per la salute sufficientemente robuste. L'elaborazione degli indicatori ha richiesto l'applicazione di criteri per la selezione delle stazioni di monitoraggio, con attenta valutazione della completezza dei dati fruibili e prevedendo una verifica della valutazione dell'omogeneità dell'esposizione tra centri, secondo il protocollo già adottato in EpiAir.¹⁰ Il centro di Roma ha curato in modo centralizzato la raccolta dei dati meteorologici necessari tramite la collaborazione con il Centro nazionale di meteorologia e climatologia aeronautica (CNMCA) dell'Aeronautica militare. In alcune città, per problemi di completezza dei dati o a causa della non rappresentatività del dato meteo aeroportuale, sono stati considerati i dati di altre istituzioni, quali l'ARPA e le università. In continuità con il precedente studio,¹⁰ per il controllo del confondimento sono state elaborate le seguenti variabili: temperatura, umidità relativa, pressione barometrica. Nell'analisi viene considerata, inoltre, la temperatura apparente media giornaliera calcolata come combinazione di temperatura dell'aria e temperatura al punto di rugiada secondo la formula:¹⁴

$$\text{Temperatura apparente} = -2,653 + 0,994 * \text{temperatura} + 0,0153 * (\text{dew point})^2$$

Il valore medio di temperatura apparente viene definito come media dei valori tri-orari o a intervalli disponibili in ogni città.

CRITERI DI SELEZIONE DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

I criteri guida nella scelta delle stazioni sono stati, da un lato, mantenere il più possibile la continuità con il progetto precedente per le città già presenti, dall'altro adottare criteri analoghi per le nuove città. A tale scopo, e per un confronto con la letteratura internazionale, sono state privilegiate centraline che misurassero i livelli "di fondo" urbano (*urban background*), indicativi della concentrazione media della città, in particolare i livelli misurati in stazioni ubicate in zone residenziali. Per l'ozono i criteri di scelta sono stati ancora più stringenti a causa del noto fenomeno della rimozione chimica a opera di altri inquinanti, che può causare un abbassamento dei livelli dell'inquinante in prossimità delle zone a traffico veicolare o inquinamento industriale elevati: per tale motivo sono state utilizzate esclusivamente le misure provenienti da stazioni di fondo (grandi parchi e zone suburbane lontane da fonti di ossidi di azoto).

Stabiliti quindi i dati ambientali di interesse, si sono applicati criteri tali da garantire un grado elevato di omogeneità nella valutazione dei livelli di esposizione.¹⁰ L'esigenza di utilizzare dati di fondo è stata adattata alle situazioni peculiari per città e inquinante. Talvolta alcuni punti di monitoraggio classificati "da traffico" erano in realtà cruciali per lo studio, in quanto eseguivano il monitoraggio in aree a densità di popolazione elevata. Nel caso di aree urbane soggette a ricadute da sorgenti industriali, è stato valutato quali centraline risentissero della ricaduta di tali emissioni; sono state selezionate quelle rappresentative di una grande frazione di popolazione, cioè se pur essendo punti di monitoraggio definiti "industriali" erano poste in un contesto residenziale. Le misurazioni provenienti da centraline da traffico o industriali sono sempre state mediate con dati di *background* (fatta eccezione per il caso di Palermo, ove erano disponibili solo centraline "da traffico").

Come già per il quinquennio 2001-2005, per l'ozono sono state assunte anche stazioni nelle immediate vicinanze del centro abitato anche se formalmente definite "rurali".

E' stato necessario, successivamente, valutare la completezza delle serie, richiedendo almeno il 75% di completezza dei dati per stazione e per stagione e le relazioni esistenti tra dati

provenienti da diversi punti di misura, nel caso di più stazioni disponibili per uno stesso inquinante.

Le serie di dati ambientali sono state quindi elaborate a partire dalle concentrazioni orarie degli inquinanti come media degli indicatori giornalieri calcolati sulle singole stazioni di monitoraggio. Per una verifica dell'assunzione di omogeneità spaziale dei dati entro città, sono stati elaborati il coefficiente di correlazione di Pearson, il coefficiente di concordanza di Lin e il coefficiente di correlazione tra differenza e media, così come documentato nello studio MISA-2. Per una lettura approfondita sull'argomento, si rimanda alla bibliografia.¹⁰

E' necessaria una valutazione accurata delle relazioni tra stazioni allo scopo di includere nelle stime di rischio situazioni analoghe e omogenee circa la stima della variabilità intergiornaliera rispetto all'esposizione della popolazione residente. Poiché gli studi a breve termine necessitano di un'elaborazione accurata di tale variabilità, nelle aree più critiche a eterogeneità elevata si è selezionata una sola centralina, optando per il monitor in grado di rappresentare meglio l'esposizione di fondo sperimentata dalla popolazione residente, come avvenuto a Trieste, Genova, Ancona, Taranto e Brindisi.

	PM ₁₀		PM _{2.5}		NO ₂		O ₃	
	MEDIA (µg/m ³)	DEVIAZIONE STANDARD (µg/m ³)	MEDIA (µg/m ³)	DEVIAZIONE STANDARD (µg/m ³)	MEDIA (µg/m ³)	DEVIAZIONE STANDARD (µg/m ³)	MEDIA (µg/m ³)	DEVIAZIONE STANDARD (µg/m ³)
TREVISIO	38,9	26,2			38,5	14,5	105,2	31,5
TRIESTE	23,3	14,3			64,4	27,4	102,2	22,3
MILANO	46,3	31,0	32,9	27,1	60,0	23,8	94,5	31,7
MESTRE- VENEZIA	46,5	31,2	37,7	29,9	36,5	14,5	93,9	24,7
PADOVA	48,4	30,3	34,8	26,8	50,9	17,2	107,9	30,8
ROVIGO					24,8	14,7	113,8	27,8
TORINO	49,7	35,1	34,4	28,3	59,8	25,2	106,9	30,9
PIACENZA	37,8	22,2			33,8	13,9		
FERRARA	37,5	22,7	25,3	18,9	42,9	15,2	110,5	24,8
PARMA	34,4	19,1	21,0	15,8	38,2	15,4	102,6	28,4
REGGIO EMILIA	36,7	21,0	21,5	14,5	41,5	15,6	110,2	30,6
MODENA	40,0	23,4	21,0	14,3	52,4	18,4	103,2	30,6
BOLOGNA	38,4	21,6	25,8	18,5	50,3	18,3	93,2	31,5
GENOVA	26,2	10,2			21,3	14,6	97,2	20,2
RIMINI	34,0	17,7	20,1	15,5	37,8	15,3	93,4	23,4
FIRENZE	36,4	16,2			41,8	17,6	104,1	23,8
PISA	32,5	13,8			27,3	12,7	95,8	18,4
ANCONA	32,4	14,0	20,3	11,6	20,3	9,6	84,6	20,4
ROMA	34,5	14,1	19,6	10,0	59,2	16,9	96,4	21,7
BARI	31,6	14,0			27,0	10,3	96,8	18,3
NAPOLI	35,8	16,6	19,9	12,4	59,3	26,3	99,5	26,9
BRINDISI	22,8	13,0			15,0	9,1	105,4	16,4
TARANTO	27,1	12,6			24,2	9,6	111,0	20,0
CAGLIARI	27,9	11,6					69,5	13,6
PALERMO	35,7	17,0			43,0	14,3	79,5	14,7

Tabella 1. Valori medi e deviazioni standard dei vari inquinanti, divisi per città. Descrittive sul periodo 2006-2010.

Table 1. Mean values and standard deviations of the pollutants, by city. Descriptive statistics over the period 2006-2010.

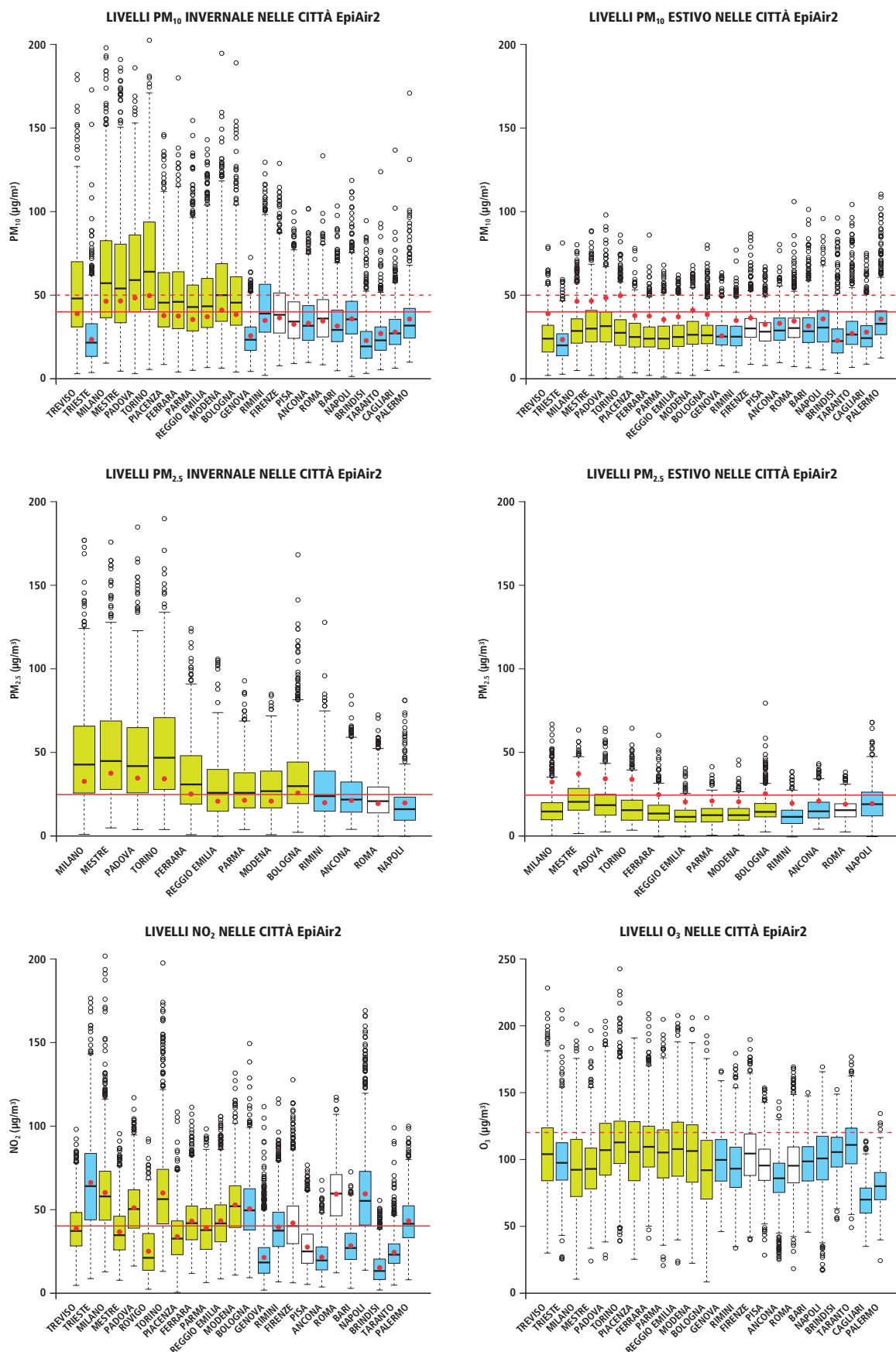
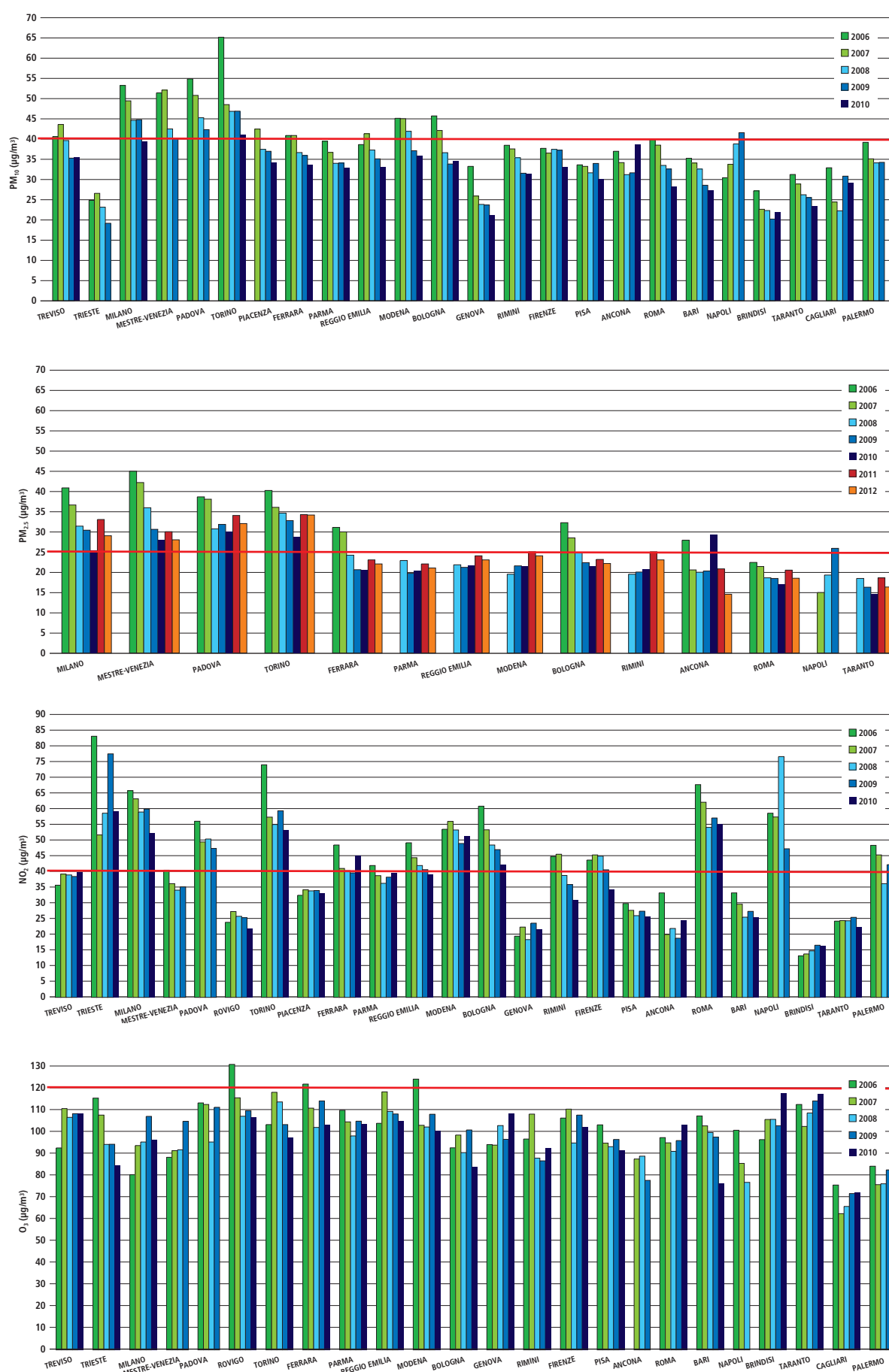


Figura 1. Box plot di PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂ e ozono (per quest'ultimo viene presa in considerazione solo la stagione estiva).

Figure 1. Box plot of PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂ and ozone (this last one is considered only in the summer season).

**Figura 2.**

Concentrazioni di PM₁₀ (a), PM_{2.5} (b) e NO₂ (c) utilizzando come indicatore la media giornaliera: medie annuali per gli anni disponibili nel periodo in studio. Concentrazioni di O₃ (d) utilizzando come indicatore il valore massimo giornaliero delle medie mobili su otto ore: medie annuali per gli anni disponibili nel periodo in studio per i semestri aprile-settembre.

Figure 2. PM₁₀ (a), PM_{2.5} (b), and NO₂ (c) concentrations using daily mean as indicator: available annual means during the study period. O₃ (d) concentrations using maximum 8 hours moving average as indicator: annual means for available years during the study period in the April-September semesters.

Per queste città, aventi aree portuali e con eterogeneità elevata al loro interno, sono state elaborate analisi di sensibilità per valutare eventuali cambiamenti nelle stime di rischio per la salute escludendo/includendo stazioni non di fondo in aree così eterogenee. In molti casi il monitor aggiuntivo incluso nel calcolo dell'indicatore per le analisi di sensibilità era in grado di cogliere i dati di esposizione di grandi frazioni di popolazione. Per necessità di sintesi si è scelto di non riportare le statistiche descrittive dei dati ambientali riguardanti tali indicatori.

RISULTATI

Gli indicatori sono stati elaborati su base giornaliera: le medie e le deviazioni standard calcolate su tutto il periodo in studio sono riportate in tabella 1, mentre le statistiche descrittive complete sono rappresentate nei box plot (figura 1). In tutte le figure sono stati riportati i valori indicati dalla normativa vigente, citati al paragrafo «Materiali e metodi», con la consapevolezza tuttavia che si sta considerando un dato cittadino aggregato relativo a indicatori ottenuti applicando il protocollo di studio specifico, e non i criteri per il calcolo dati dalla legislazione. I dati sono sempre rappresentati secondo la latitudine delle città: in verde sono indicate le città della Pianura Padana, in azzurro le città portuali. Per ogni città, il pallino rosso sovrapposto al box plot rappresenta la media ottenuta sui 5 anni di studio.

I box plot sono riportati divisi per stagione per il particolato, su tutto l'anno per il biossido d'azoto e unicamente per la stagione estiva per l'ozono. Sia per il PM_{10} sia per il $PM_{2.5}$ si nota una variabilità maggiore nella stagione invernale rispetto a quella estiva, differenza ancor più marcata nelle città della Pianura Padana.

L'analisi dei box plot permette di analizzare indici di tendenza centrale e dispersione e la relazione tra le distribuzioni di frequenza e i limiti imposti dalla normativa vigente, fatto salvo quanto già specificato in merito. Possiamo confermare il fatto che alcune città del Nord Italia e la Pianura Padana costituiscono le aree a concentrazioni di particolato più critiche, anche in confronto con dati di altri Paesi europei.¹⁵⁻¹⁷ Per il PM_{10} , fatta eccezione per le città di Trieste, Genova, Bari, Brindisi, Taranto e Cagliari, dalle serie elaborate osserviamo superamenti del valore limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per più di 35 volte all'anno. Il range interquartile, elaborato su tutto l'anno, ha valori che vanno da $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Genova fino a $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Torino. Per il $PM_{2.5}$ il range interquartile varia da $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Roma, a $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Torino. Per l' NO_2 a Trieste, Milano, Torino, Roma e Napoli si sono registrate concentrazioni medie sul periodo di circa $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nelle stesse città oltre il 10% delle medie giornaliere di NO_2 superavano il valore di $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il range interquartile mediano è stato pari a $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con valori varianti da $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Taranto fino ai $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Trieste.

L'ozono è risultato presente in concentrazioni medie superiori a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (calcolato sull'intero periodo, considerando unicamente le stagioni estive) in tutte le città partecipanti, nelle quali peraltro oltre il 10% dei dati elaborati su base giornaliera (ossia per oltre 35 giorni l'anno) superava il valore di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il range interquartile per questo inquinante ha evidenziato valori varianti dai $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Palermo fino ai $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Torino.

I valori medi sui 5 anni sono quindi riportati in tabella 1. In figura 2 sono rappresentati gli andamenti medi annuali delle concentrazioni rispettivamente di PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_2 e ozono. Valutando l'andamento entro città, si è notato un generale decremento sia del PM_{10} sia del $PM_{2.5}$, con il dato di quest'ultimo aggiornato al 2012.

A parità di sorgenti emissive, si nota che l'andamento è legato alle caratteristiche meteorologiche dei diversi anni considerati. Occorre notare che il 2006 e il 2007 erano stati anni particolarmente sfavorevoli da un punto di vista meteo-climatico. Il valore soglia di PM_{10} di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ su base annuale è stato rispettato per l'intero periodo nelle città del Centro-Sud, fatta eccezione per Napoli. Per quest'ultima città occorre però sottolineare che è stato possibile selezionare dati da una sola centralina, a causa di un numero eccessivo di dati mancanti nelle serie. Per la Pianura Padana vi è stata una tendenza al miglioramento, favorita anche dalle condizioni climatiche che hanno contrastato i fenomeni di stagnazione. Sebbene si sia osservato un generale decremento di $PM_{2.5}$, la flessione nelle concentrazioni registrata nel 2009 e 2010, legata soprattutto a condizioni meteorologiche favorevoli, non è stata confermata negli anni 2011 e 2012, pur non tornando ai picchi osservati nel 2006 e 2007.

Il valore limite di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da raggiungere entro il 2015, non è stato rispettato in anni recenti nelle città di Milano, Mestre, Padova, Torino e Napoli. Il $PM_{2.5}$ viene monitorato in più di una centralina nelle sole città di Mestre, Ancona e Roma.

L'analisi dell'andamento medio annuale delle concentrazioni di NO_2 nelle città sembra evidenziare una diminuzione, non confermata però in tutte le città (figura 2). La figura 2 mostra valori di NO_2 sempre superiori ai $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ su base annuale per le città di Trieste, Milano, Padova, Torino, Ferrara, Modena, Bologna, Roma, Napoli e Palermo. Per l'ozono non si evidenzia un trend chiaro.

Per le città già coinvolte in EpiAir si hanno a disposizione 10 anni elaborati per gli indicatori per PM_{10} , NO_2 e ozono. In alcune di queste città (come Torino e Pisa per il PM_{10} , Torino e Bologna per l' NO_2) la distribuzione dei dati mancanti nelle stazioni di traffico e di *background* nelle due edizioni ha di fatto determinato uno spostamento verso esposizioni di *background*. Per Taranto non è stato possibile un confronto diretto tra i due quinquenni, a causa del completo riordino della rete con cambiamento di gestore (da

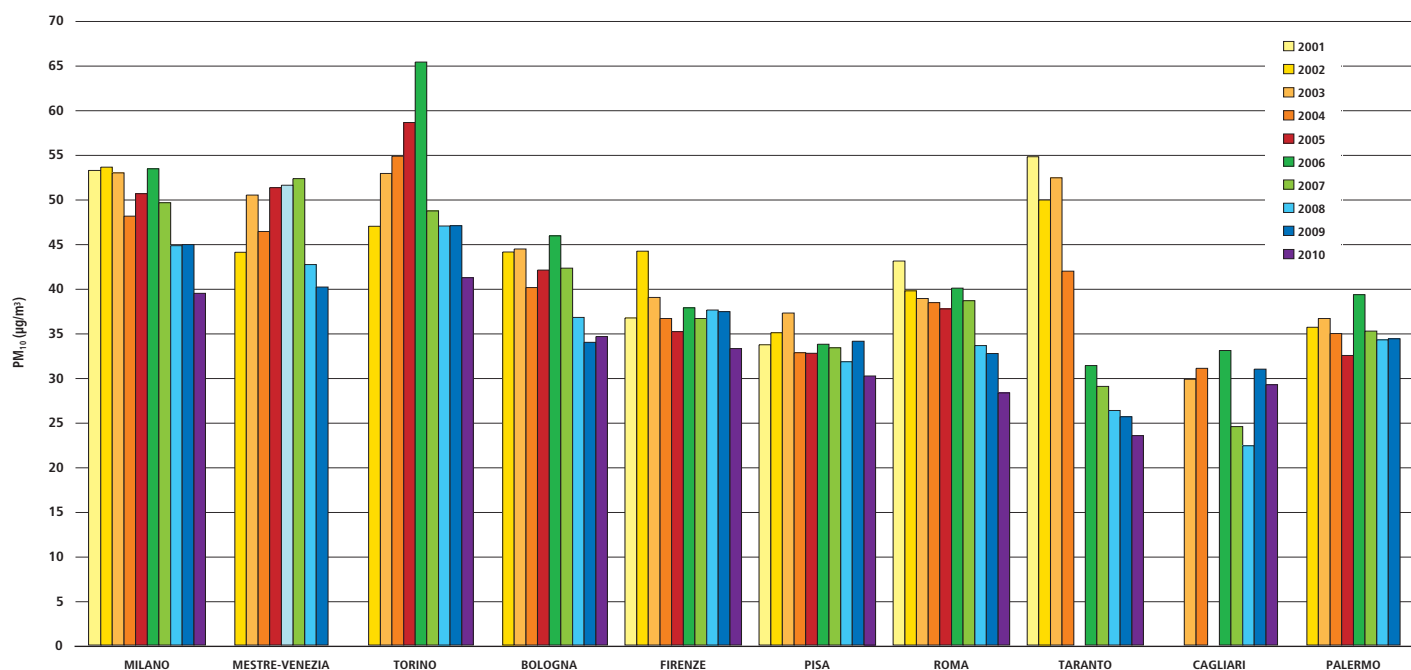


Figura 3. Concentrazioni di PM_{10} nel decennio 2001-2010 utilizzando come indicatore la media giornaliera: medie annuali per gli anni disponibili nel periodo in studio.

Figure 3. PM_{10} concentrations in the years 2001-2010 using daily mean as indicator: available annual means for the study period.

	$PM_{10} - NO_2$	$PM_{2.5} - NO_2$	$PM_{10} - O_3$	$NO_2 - O_3$	PM_{10} / NO_2	$PM_{2.5} / PM_{10}$
TREVISIO	0,70		0,35	-0,12	0,96	
TRIESTE	0,38		0,46	0,22	0,38	
MILANO	0,78	0,76	0,09	-0,21	0,75	0,65
MESTRE-VENEZIA	0,70	0,72	0,21	-0,02	1,25	0,81
PADOVA	0,66	0,63	0,36	-0,19	0,93	0,73
ROVIGO				-0,13		
TORINO	0,76	0,73	0,02	-0,06	0,80	0,66
PIACENZA	0,64				1,14	
PARMA	0,65	0,63	0,22	-0,23	0,86	0,66
FERRARA	0,71	0,70	0,19	0,03	0,94	0,60
REGGIO-EMILIA	0,69	0,66	0,23	-0,01	0,86	0,60
MODENA	0,68	0,62	0,16	-0,03	0,77	0,55
BOLOGNA	0,70	0,67	0,00	-0,28	0,77	0,64
GENOVA	0,13		-0,07	-0,12	3,35	
RIMINI	0,67	0,61	0,31	0,31	0,93	0,55
FIRENZE	0,69		0,28	0,12	0,95	
PISA	0,64		0,26	0,24	1,34	
ANCONA	0,50	0,60	0,18	-0,06	1,79	0,63
ROMA	0,61	0,66	0,16	-0,03	0,60	0,56
BARI	0,49		0,34	0,28	1,30	
NAPOLI	0,42	0,22	-0,24	0,02	0,68	0,48
BRINDISI	0,28		0,07	0,00	2,06	
TARANTO	0,17		0,29	0,23	1,28	
CAGLIARI			0,14			
PALERMO	0,40		-0,17	0,04	0,88	

Tabella 2. Correlazioni (coefficienti di Pearson) tra gli indicatori elaborati per gli anni disponibili nel periodo in studio e rapporti PM_{10} / NO_2 e $PM_{2.5} / PM_{10}$ (per l'ozono le elaborazioni riguardano i semestri aprile-settembre). In evidenza, le correlazioni maggiori di 0,6.

Table 2. Correlations (Pearson coefficients) among indicators for the available years during the study period and ratio PM_{10} / NO_2 and $PM_{2.5} / PM_{10}$ (ozone data refer to April-September semesters). Correlations over 0.6 are highlighted.

GECOM ad ARPA Puglia). I molti dati mancanti registrati nelle serie giornaliere di Cagliari hanno portato alla costruzione di serie "virtuali", considerando nei vari anni insiemi diversi di centraline per cui la comparabilità temporale e nelle due edizioni è risultata bassa.

Le centraline di monitoraggio dell'ozono sono rimaste quasi tutte invariate, eccezion fatta per poche dismissioni. Per un confronto tra i periodi 2001-2005 e 2006-2010 si riporta tuttavia unicamente il PM_{10} , unico inquinante che ha evidenziato un trend (figura 3).

In EpiAir2 l'omogeneità spaziale entro città è stata quindi valutata con tre diversi coefficienti di correlazione (risultati non mostrati).¹⁰

Si sottolinea l'omogeneità nella presenza di PM_{10} nella quasi totalità dei centri, fatta eccezione per Genova e Taranto. In questi centri sono stati impostati e sono in valutazione modelli alternativi di studio a livello microgeografico, per un più accurato *exposure assessment*. Inoltre, come già accennato, si è fatto ricorso ad analisi di sensibilità per le città di Ancona, Padova, Taranto e Trieste, nelle quali una scarsa omogeneità intracittadina emergeva dai dati oppure era nota,^{18,19} oppure l'applicazione del protocollo avrebbe portato a escludere alcune stazioni potenzialmente interessanti.

Per l' NO_2 , nelle città della Pianura Padana si è registrata una buona concordanza tra le serie giornaliere, mentre per i centri di Trieste, Genova, Pisa, Roma, Taranto e Brindisi è emerso un diverso livello medio di concentrazioni rilevate dalle coppie di monitor. Per i motivi sopra elencati, si è fatto ricorso ad analisi di sensibilità a Trieste, Genova, Taranto e Brindisi, che hanno confermato la robustezza delle stime di rischio per la salute ottenute.

Per l'ozono, l'omogeneità entro città è stata buona, seppur nella maggior parte dei casi si è potuto selezionare un solo monitor. In tabella 2 sono riportate le correlazioni tra PM_{10} - NO_2 , $PM_{2.5}$ - NO_2 , PM_{10} - O_3 , NO_2 - O_3 e i rapporti PM_{10}/NO_2 e $PM_{2.5}/PM_{10}$. Sono emerse correlazioni tra PM_{10} ed NO_2 abbastanza elevate con valori più bassi (al di sotto di 0,5) nelle città portuali. Si è potuto individuare un set di città in cui appariva più evidente la correlazione PM_{10} - NO_2 (Milano, Torino, altre realtà del bacino padano) in cui si può ipotizzare che la meteorologia giochi un ruolo più rilevante sulle concentrazioni di questi inquinanti, che peraltro in tali aree condividono il traffico veicolare come fonte principale. Le rimanenti correlazioni sono state valutate nei mesi estivi, in cui i livelli di concentrazione di PM_{10} ed NO_2 sono inferiori, per NO_2 talvolta al limite di rilevabilità, e sono massimi i valori di ozono, tanto che la correlazione con gli altri inquinanti tende a essere molto bassa, come atteso. Si sono registrate correlazioni tra PM_{10} e ozono tutte molto basse e mai superiori a 0,4, fatta eccezione per Trieste. Le correlazioni tra $PM_{2.5}$ e ozono, non presentate, seguivano un pattern del tutto analogo.

DISCUSSIONE

In continuità con il precedente progetto EpiAir, lo studio ha illustrato i dati di rilevazione degli inquinanti nelle città italiane e la comparabilità dei dati tra le diverse città per finalità di sorveglianza epidemiologica.

I dati confermano la tendenza nota negli ultimi anni nella realtà italiana: un generale miglioramento dei livelli di inquinamento da CO ed SO_2 (dati non mostrati). Per il particolato, la situazione tende al miglioramento, pur mantenendo valori particolarmente critici per la protezione della salute umana, soprattutto nei periodi invernali. Per l' NO_2 vi è una tendenza al miglioramento, seppure non così marcata, mentre una situazione relativamente più stabile e critica permane per i livelli di ozono nei periodi estivi (figura 1). Il PM_{10} risulta in concentrazioni medie superiori a $40 \mu g/m^3$ circa nella metà delle città selezionate. Tuttavia, se si considerano gli anni 2009 e 2010, solo le città di Milano, Padova, Torino e Napoli hanno superato tale soglia. Le medie calcolate sull'intero periodo in studio per l' NO_2 sono risultate più elevate nei grandi centri metropolitani, ossia Torino, Roma, Milano e Napoli, dove si sono registrate concentrazioni medie superiori a $50 \mu g/m^3$.

L'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) raccomanda valori guida ancora più stringenti per il PM_{10} ($20 \mu g/m^3$ su base annuale) e per l' O_3 ($100 \mu g/m^3$ come massimo giornaliero delle medie mobili di otto ore).²⁰ Uno dei temi che si vorranno approfondire, a partire dai 10 anni di sorveglianza epidemiologica, sarà la valutazione della linearità della curva dose-risposta relativa agli effetti a breve termine, provando a ipotizzare la presenza o meno di una soglia al di sotto della quale non vi sia un effetto.

Rispetto allo studio precedente, il numero di città analizzate è aumentato, comprendendo molte città della Pianura Padana e portuali. Questo ha permesso, da un lato, di approfondire il tema della differente variabilità estiva e invernale degli inquinanti, aprendo dall'altro una discussione sull'accuratezza degli indici di esposizione, comunemente usati, in realtà eterogenee. Il numero di città appartenenti alla Pianura Padana è passato da 3 (Torino, Milano e Bologna) a 11, comprendenti per lo più città venete e dell'Emilia-Romagna. Ampliando il numero di città, una prima difficoltà correlata è la disponibilità di una sola centralina nelle città piccole: in molti casi, pur rispettando la regola del 75% di completezza dell'indicatore per stagione, la stima degli effetti sulla salute potrebbe risultare più instabile.

Come da dato atteso, le correlazioni testimoniano un contributo differenziale di gas e polveri nelle città pertinenti ad aree portuali. I valori più alti del coefficiente di correlazione per PM_{10} - NO_2 si sono registrati nelle zone in cui si può ipotizzare che la fonte principale fosse rappresentata dal traffico veicolare. E' da tener presente che per taluni inquinanti, in particolare per il PM_{10} , può non essere trascurabile l'apporto

di sorgenti naturali quali il trasporto di sabbia sahariana.²¹ Un argomento da approfondire riguarda la definizione dell'esposizione. Soprattutto nelle città di porto, sono state eseguite analisi di sensibilità, ripetendo le analisi statistiche per la valutazione del rischio per la salute della popolazione includendo anche centraline di tipo industriale, per esempio. I rischi relativi ottenuti attraverso analisi di serie temporali condotte parallelamente sui due diversi indicatori ambientali (come analisi di sensibilità con o senza stazioni critiche) per città sono risultati sovrapponibili (dati non mostrati). La conferma delle stime di rischio relativo si è rivelata costante, nonostante le condizioni di esposizione delle popolazioni nelle città in studio fossero varie, e differenti, come origine, i picchi di esposizione critici (in alcuni casi si è incluso un monitor rappresentativo di picchi di inquinamento industriale, in altri da traffico). Nelle città in cui si è riscontrata eterogeneità elevata si è deciso di ripetere l'analisi identificando delle sottoaree il più possibile omogenee. Si veda il caso di Genova, che è stata divisa in Ge-

nova Est (più il centro) e Genova Ovest per l'analisi degli effetti di NO₂ sulla mortalità.

Dal confronto tra i quinquenni 2001-2005 e 2006-2010 emerge la necessità di garantire la stabilità dei punti di misura, al fine di ottenere un sistema di sorveglianza che fornisca risultati il più possibile accurati. Diventa prioritario per gli studi epidemiologici sugli effetti a breve termine in tali aree considerare disegni di studio alternativi, quali gli studi microgeografici, con un'attribuzione più accurata dell'esposizione, ossia entro quartiere, o metodi alternativi quali i modelli *land use regression*.²²

Conflitti di interesse dichiarati: nessuno

Ringraziamenti: Un sentito ringraziamento al personale delle Agenzie regionali di protezione ambientale (ARPA) per il prezioso supporto fornito nella scelta delle stazioni e nell'applicazione di metodi di elaborazione standardizzati e a Daniele Grechi per aver dato suggerimenti validi e utili.

BIBLIOGRAFIA

1. Biggeri A, Baccini M, Bellini P, Terracini B. Meta-analysis of the Italian studies of short-term effects of air pollution (MISA), 1990-1999. *Int J Occup Environ Health* 2005;11(1):107-22.
2. Biggeri A, Bellini P, Terracini B; Italian MISA Group. Meta-analysis of the Italian studies on short-term effects of air pollution. *Epidemiol Prev* 2001;25(2) Suppl:1-71.
3. Biggeri A, Bellini P, Terracini B. Meta-analysis of the Italian studies on short-term effects of air pollution – MISA 1996-2002. *Epidemiol Prev* 2004;28(4-5) Suppl:4-100.
4. Berti G, Galassi C, Faustini A, Forastiere F. Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione. *Epidemiol Prev* 2009;33(6) Suppl 1:1-144.
5. Stafoggia M, Forastiere F, Agostini D et al. Vulnerability to heat-related mortality: a multicity, population-based, case-crossover analysis. *Epidemiology* 2006;17(3):315-23.
6. Forastiere F, Stafoggia M, Berti G et al; SISTI Group. Particulate matter and daily mortality: a case-crossover analysis of individual effect modifiers. *Epidemiology* 2008;19(4):571-80.
7. Janssen NA, Lanki T, Hoek G et al. Associations between ambient, personal, and indoor exposure to fine particulate matter constituents in Dutch and Finnish panels of cardiovascular patients. *Occup Environ Med* 2005;62(12):868-77.
8. Alessandrini ER, Faustini A, Chiusolo M et al; Gruppo collaborativo EpiAir2. Inquinamento atmosferico e mortalità in venticinque città italiane: risultati del Progetto EpiAir2. *Epidemiol Prev* 2013;37(4-5):220-9.
9. Scarinzi C, Alessandrini ER, Chiusolo M et al; Gruppo collaborativo EpiAir2. Inquinamento atmosferico e ricoveri ospedalieri urgenti in 25 città italiane: risultati del Progetto EpiAir2. *Epidemiol Prev* 2013;37(4-5):230-41.
10. Berti G, Chiusolo M, Grechi D et al; Gruppo collaborativo EpiAir. Indicatori ambientali in dieci città italiane (2001-2005): i dati di qualità dell'aria per la sorveglianza epidemiologica. *Epidemiol Prev* 2009;33(6) Suppl 1:13-26.
11. Zanobetti A, Schwartz J. The effect of fine and coarse particulate air pollution on mortality: a national analysis. *Environ Health Perspect* 2009;117(6):898-903.
12. Ostro B, Broadwin R, Green S, Feng WY, Lipsett M. Fine particulate air pollution and mortality in nine California counties: results from CALFINE. *Environ Health Perspect* 2006;114(1):29-33.
13. Anderson JO, Thundiyil JG, Stolbach A. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health. *J Med Toxicol* 2012;8(2):166-75.
14. O'Neill MS, Zanobetti A, Schwartz J. Modifiers of the temperature and mortality associations in seven US cities. *Am J Epidemiol* 2003;157(12):1074-82.
15. Cyrys J, Eeftens M, Heinrich J et al. Variation of NO₂ and NO_x concentrations between and within 36 European study areas: Results from the ESCAPE study. *Atmos Environ* 2012;62:374-90.
16. Eeftens M, Tsai MY, Ampe C et al. Spatial variation of PM_{2.5}, PM₁₀, PM_{2.5} absorbance and PM coarse concentrations between and within 20 European study areas and the relationship with NO₂ – results of the ESCAPE project. *Atmos Environ* 2012;62:303-17.
17. European Environmental Agency. *Spatial assessment of PM₁₀ and ozone concentrations in Europe (2005)*. EEA Technical report 2009;1:1-52.
18. Mangia C, Gianicolo EA, Bruni A, Vigotti MA, Cervino M. Spatial variability of air pollutants in the city of Taranto, Italy and its potential impact on exposure assessment. *Environ Monit Assess* 2013;185(2):1719-35.
19. Mangia C, Bruni A, Cervino M, Gianicolo EA. Sixteen-year air quality data analysis of a high environmental risk area in Southern Italy. *Environ Monit Assess* 2011;183(1-4):555-70.
20. World Health Organization. *Air quality guidelines. Global update 2005*. Copenhagen, World Health Organization, 2006. Disponibile all'indirizzo: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/en/index.html (Ultimo accesso: 05.07.2013).
21. Pey J, Querol X, Alastuey A, Forastiere F, Stafoggia M. African dust outbreaks over the Mediterranean Basin during 2001-2011: PM₁₀ concentrations, phenomenology and trends, and its relation with synoptic and mesoscale meteorology. *Atmos Chem Phys* 2013;13:1395-410.
22. Eeftens M, Beelen R, de Hoogh K et al. Development of Land Use Regression models for PM_{2.5}, PM_{2.5} absorbance, PM₁₀ and PM-coarse in 20 European study areas; results from the ESCAPE project. *Environ Sci Technol* 2012;46(20):11195-205.