

Dati Ambientali: Alcune Considerazioni su Qualità e Tempestività

Alessandro Fassò, Università di Bergamo
In collaborazione con G. Arduino, F. Finazzi e F. Ndongo



World Statistics Day
V Giornata Italiana della Statistica
Roma, 20 ottobre 2015



Focus: Dati di Qualità dell'Aria

- Caratteristiche, "Qualità" latu senso e tempestività dei dati sull'inquinamento atmosferico:

Focus: Dati di Qualità dell'Aria

- Caratteristiche, "Qualità" latu senso e tempestività dei dati sull'inquinamento atmosferico:
 - Concentrazioni di inquinanti in atmosfera e AQI

Focus: Dati di Qualità dell'Aria

- Caratteristiche, "Qualità" latu senso e tempestività dei dati sull'inquinamento atmosferico:
 - Concentrazioni di inquinanti in atmosfera e AQI
 - **Esposizione ambientale**

Focus: Dati di Qualità dell'Aria

- Caratteristiche, "Qualità" latu senso e tempestività dei dati sull'inquinamento atmosferico:
 - Concentrazioni di inquinanti in atmosfera e AQI
 - Esposizione ambientale
 - **Esposizione umana**

Focus: Dati di Qualità dell'Aria

- Caratteristiche, "Qualità" latu senso e tempestività dei dati sull'inquinamento atmosferico:
 - Concentrazioni di inquinanti in atmosfera e AQI
 - Esposizione ambientale
 - Esposizione umana
- **Prospettiva europea:**

Focus: Dati di Qualità dell'Aria

- Caratteristiche, "Qualità" latu senso e tempestività dei dati sull'inquinamento atmosferico:
 - Concentrazioni di inquinanti in atmosfera e AQI
 - Esposizione ambientale
 - Esposizione umana
- Prospettiva europea:
 - **Legislazione su disponibilità e tempestività**

Focus: Dati di Qualità dell'Aria

- Caratteristiche, "Qualità" latu senso e tempestività dei dati sull'inquinamento atmosferico:
 - Concentrazioni di inquinanti in atmosfera e AQI
 - Esposizione ambientale
 - Esposizione umana
- Prospettiva europea:
 - Legislazione su disponibilità e tempestività
 - **Valutazione delle politiche e degli interventi**

Focus: Dati di Qualità dell'Aria

- Caratteristiche, "Qualità" latu senso e tempestività dei dati sull'inquinamento atmosferico:
 - Concentrazioni di inquinanti in atmosfera e AQI
 - Esposizione ambientale
 - Esposizione umana
- Prospettiva europea:
 - Legislazione su disponibilità e tempestività
 - Valutazione delle politiche e degli interventi
 - **Utilità per le persone in EU in generale**



Protect Yourself

You're exposed to pollution any time you breathe polluted air. But when you exercise, do yard work or other strenuous activities that increase your breathing rate, you take more pollution into your lungs.

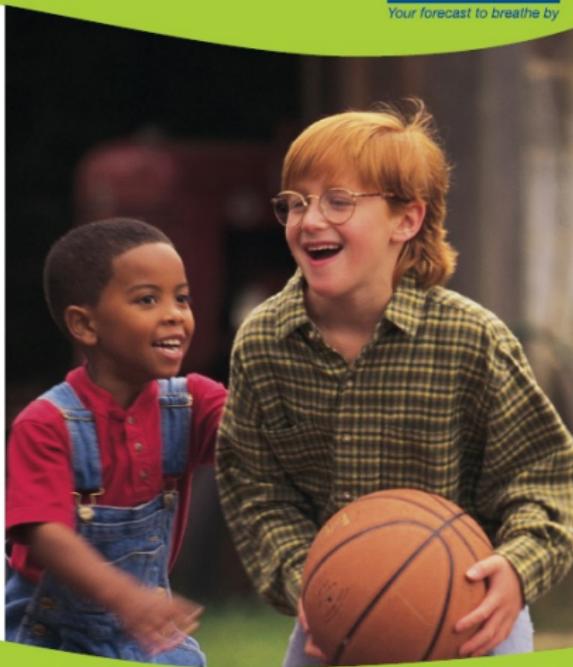
You can reduce your exposure by using AQI forecasts to help you plan your day. When the forecast calls for elevated levels of pollution, protect your health by reducing your exposure – especially if you are in a sensitive group.

How do you reduce your exposure when air quality is poor? Reschedule strenuous activities for times when air quality is expected to be better. Take it a little easier. You can cut back on vigorous activities, such as walking instead of jogging. These small changes can help you protect your lungs and heart.

Get Your Local AQI Forecast

You can find your local forecast by logging on to EPA's AIRNow Web page at www.airnow.gov. Once on this site, you can also sign up for EnviroFlash, an e-mail and pager notification service that alerts you when your local air quality reaches certain levels. EnviroFlash gives instant air quality information that you can customize for your own needs, allowing you to take steps to protect the health of you and your family.

If you have limited Internet access, you'll find that many local television stations, radio stations and newspapers also carry local AQI forecasts.



For more real-time information on air quality visit:
www.airnow.gov



United States
Environmental Protection
Agency

EPA-456/F-07-002
February 2007

AQI Forecasts:

Your Advance Notification About Unhealthy Air

Struttura della relazione

- Motivazione

Struttura della relazione

- Motivazione
- Flusso dati
 - Legislazione europea
 - Dettagli di casa nostra

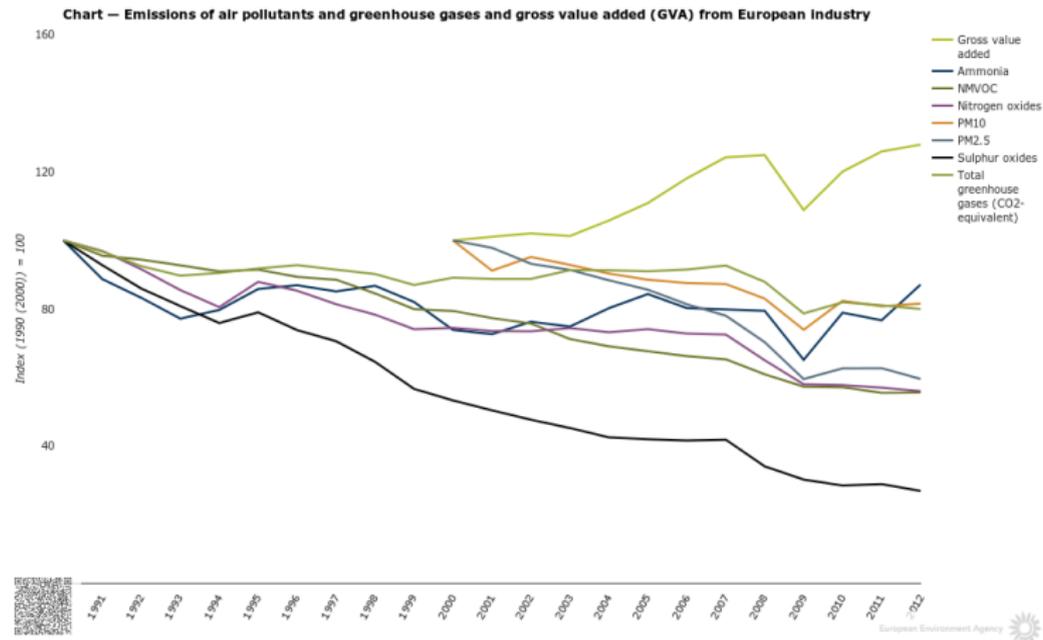
Struttura della relazione

- Motivazione
- Flusso dati
 - Legislazione europea
 - Dettagli di casa nostra
- Uso dei dati in ambito scientifico
 - Case study 1: La distribuzione dell'esposizione umana
 - Case study 2: Impatto della congestion charge a Milano

MOTIVAZIONE

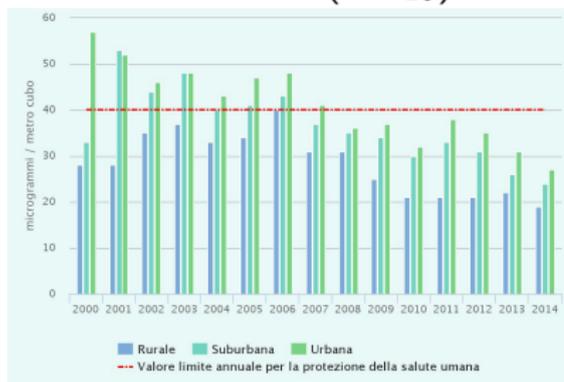
Trend delle Emissioni in Atmosfera

Emissioni industriali in Europa, anni 1991-2012 (fonte EEA)

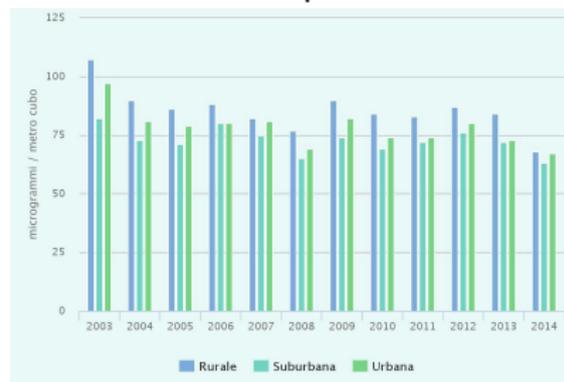


Trend delle Concentrazioni di Inquinanti

Particolato (PM₁₀)



Ozono troposferico

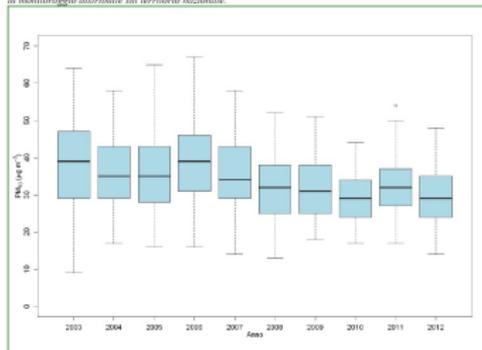


Regione Piemonte, anni 2000-2014 (Fonte ARPAP)

Trend delle Concentrazioni di Inquinanti

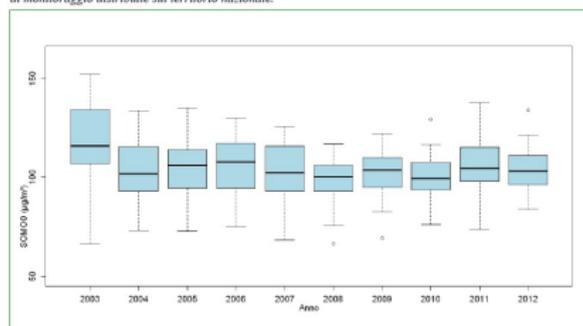
Particolato (PM₁₀)

Figura 2.1.2 - PM₁₀ 2003 - 2012. Media annua - Statistiche descrittive calcolate su una selezione di 57 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale.



Ozono troposferico

Figura 2.5.2 - Ozono (SOMO), 2003 - 2012. - Statistiche descrittive calcolate su una selezione di 46 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale.

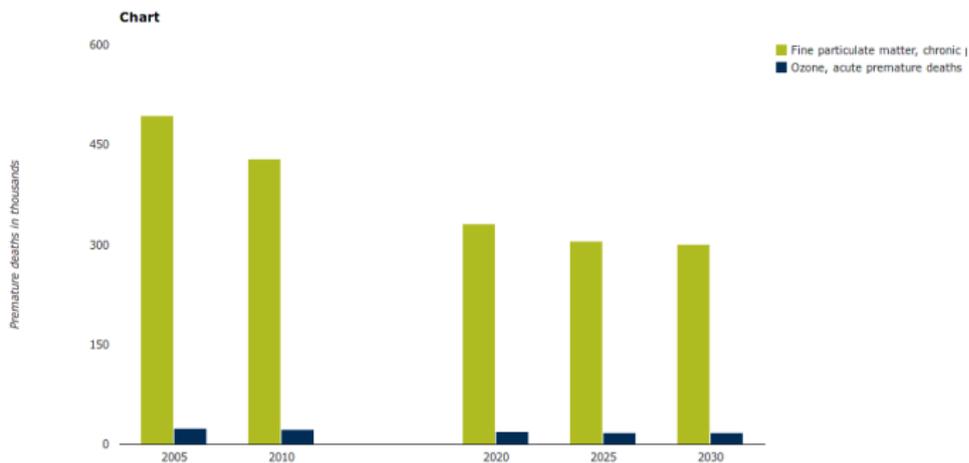


Italia, anni 2003-2012 (Fonte ISPRA)

Trend dell'Impatto sulla salute

400'000 morti premature

Morti premature/anno in Europa, anni 1991-2012 (fonte EEA)



LEGISLAZIONE e FLUSSO dei DATI

La Legislazione Europea - Generalità

- La politica ambientale europea è guidata dal principio di precauzione e dal principio "chi inquina paga".

La Legislazione Europea - Generalità

- La politica ambientale europea è guidata dal principio di precauzione e dal principio "chi inquina paga".
- **Comunicazione 18-12-2013, "A Clean Air Programme for Europe":**
Diciassette stati membri sono attualmente oggetto di procedimenti di infrazione per mancato rispetto dei livelli di PM_{10} .

Flusso dei Dati e Legislazione Europea

1. Direttiva 2008/50 "Cleaner Air for Europe"

Definisce e dispone:

- **gli obiettivi di qualità dell'aria;**

Flusso dei Dati e Legislazione Europea

1. Direttiva 2008/50 "Cleaner Air for Europe"

Definisce e dispone:

- gli obiettivi di qualità dell'aria;
- i criteri per la misura delle concentrazioni e per la valutazione che gli Stati membri devono implementare;

Flusso dei Dati e Legislazione Europea

1. Direttiva 2008/50 "Cleaner Air for Europe"

Definisce e dispone:

- gli obiettivi di qualità dell'aria;
- i criteri per la misura delle concentrazioni e per la valutazione che gli Stati membri devono implementare;
- la raccolta delle informazioni per monitorare le tendenze a lungo termine e i miglioramenti ottenuti;

Flusso dei Dati e Legislazione Europea

1. Direttiva 2008/50 "Cleaner Air for Europe"

Definisce e dispone:

- gli obiettivi di qualità dell'aria;
- i criteri per la misura delle concentrazioni e per la valutazione che gli Stati membri devono implementare;
- la raccolta delle informazioni per monitorare le tendenze a lungo termine e i miglioramenti ottenuti;
- **che gli Stati mettano a disposizione del pubblico le informazioni sulla qualità dell'aria ambiente.**

Flusso dei Dati e Legislazione Europea

2. Decisione IPR 2011/850

- E' operativa dal 01/01/2014 e istituisce un archivio (EIONET-Central Data Repository) per lo scambio di informazioni tra Stati membri, Commissione e la loro diffusione.

¹I dati UTD possono essere una selezione delle stazioni dei dati convalidati

Flusso dei Dati e Legislazione Europea

2. Decisione IPR 2011/850

- E' operativa dal 01/01/2014 e istituisce un archivio (EIONET-Central Data Repository) per lo scambio di informazioni tra Stati membri, Commissione e la loro diffusione.
- Stabilisce che gli Stati forniscano i seguenti tipi di dati:

¹I dati UTD possono essere una selezione delle stazioni dei dati convalidati

Flusso dei Dati e Legislazione Europea

2. Decisione IPR 2011/850

- E' operativa dal 01/01/2014 e istituisce un archivio (EIONET-Central Data Repository) per lo scambio di informazioni tra Stati membri, Commissione e la loro diffusione.
- Stabilisce che gli Stati forniscano i seguenti tipi di dati:
 1. **Dati convalidati di valutazione:** usati per la valutazione dei superamenti di legge e messi a disposizione della Commissione entro 9 mesi dell'anno successivo;

¹I dati UTD possono essere una selezione delle stazioni dei dati convalidati

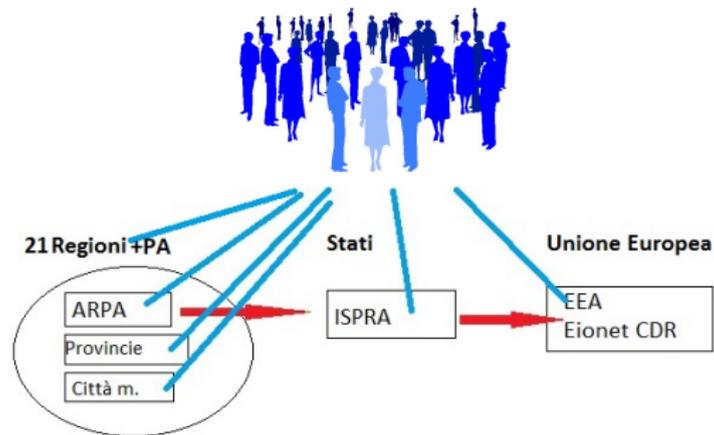
Flusso dei Dati e Legislazione Europea

2. Decisione IPR 2011/850

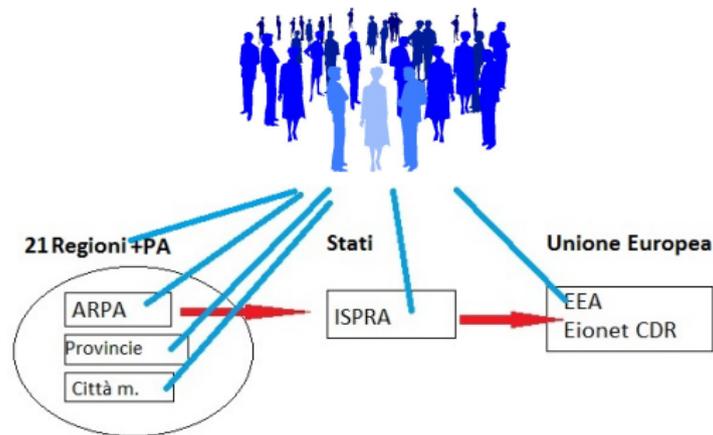
- E' operativa dal 01/01/2014 e istituisce un archivio (EIONET-Central Data Repository) per lo scambio di informazioni tra Stati membri, Commissione e la loro diffusione.
- Stabilisce che gli Stati forniscano i seguenti tipi di dati:
 1. **Dati convalidati di valutazione:** usati per la valutazione dei superamenti di legge e messi a disposizione della Commissione entro 9 mesi dell'anno successivo;
 2. **Dati aggiornati (Up To Date) caricati nell'archivio in tempi "ragionevoli"¹ e accessibili al pubblico .**

¹I dati UTD possono essere una selezione delle stazioni dei dati convalidati

Flusso dei Dati - Sintesi

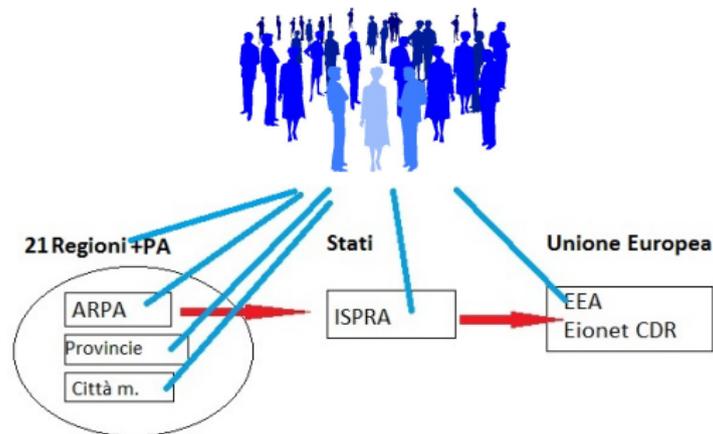


Flusso dei Dati - Sintesi



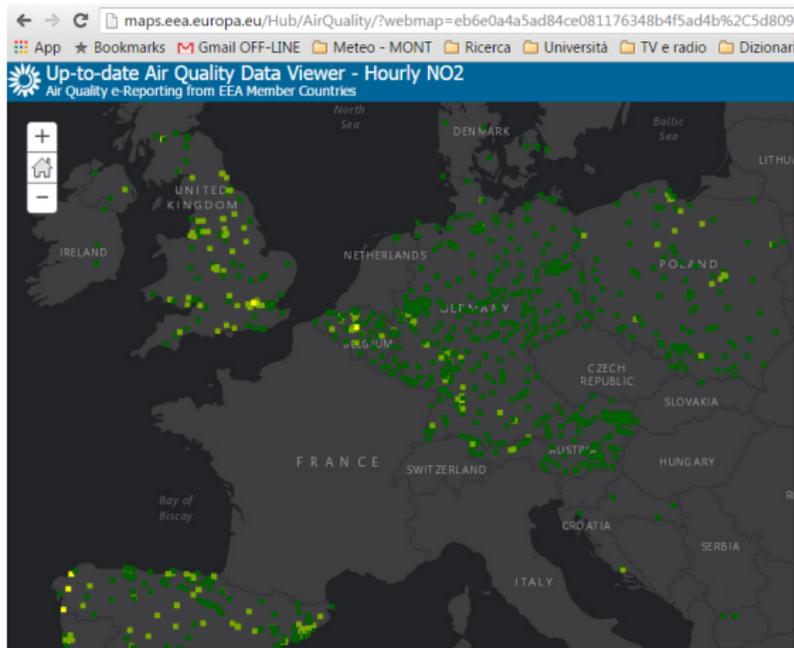
- Il pubblico ha un'informazione frammentata, con 2-3 giorni di ritardo in molte regioni

Flusso dei Dati - Sintesi

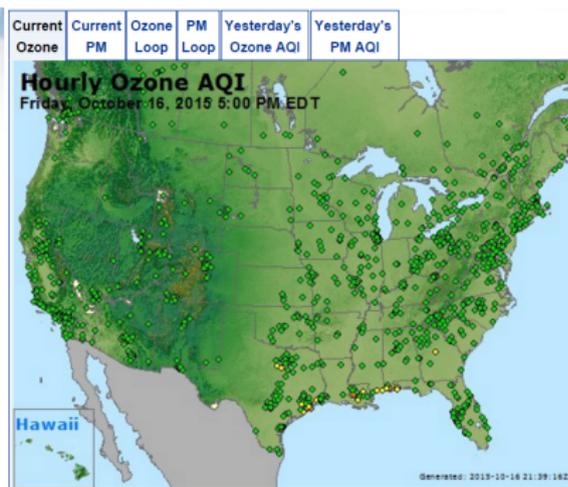
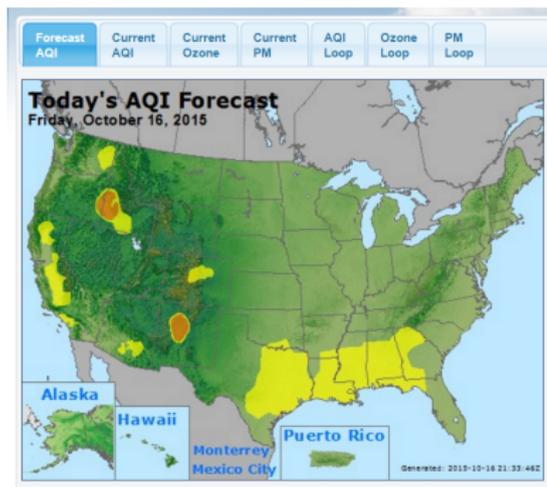


- Il pubblico ha un'informazione frammentata, con 2-3 giorni di ritardo in molte regioni
- **nowcasting e previsione (24-48 ore) in (poche) altre regioni (e.g. Piemonte e Veneto)**

Up To Date Air Quality Viewer



US-EPA AirNow



Modelli gestatistici sono usati per integrare le osservazioni di 2'000 stazioni e gli output da modello numerico (Eta-CMAQ) per il now casting con aggiornamento orario dell'ozono e la previsione a 48 ore. (Pace et al, 2013).

Case Study 1:

L'Esposizione Umana all'Inquinamento Atmosferico Giornaliero in Europa

Premessa

La valutazione dell'inquinamento dovrebbe tenere esplicitamente in conto il numero di persone esposte al rischio o quantomeno la distribuzione della popolazione nel territorio.

Alcuni esempi:

- ISTAT - Monitoraggio della qualità dell'aria per i comuni capoluogo di provincia
- Medie ponderate su dati annui:
 - ETC/ACM ² Technical Paper 2013/13,
 - Beelen et al. (2009,2013) and Cyrys et al (2012),
 - Shaddick et al. (2013)
- AQI su dati giornalieri
 - Finazzi et al. (2013)

²European Topic Center for Air Pollution and Climate Change 

Esposizione giornaliera (NO_2)

High Resolution Dynamic Mapping

Exposure distribution and uncertainty

Approccio statistico: mappe dinamiche basate su modello spazio-tempo multivariato trans-Gaussiano ad effetti misti (D-STEM software).

Comparison of EU countries

| | Particulate Matter 2.5 μm (PM _{2.5}) | | | | | | | | |
|------------------------|---|-------|-------|---|-------|-------|---|-------|-------|
| | 2009 - $\gamma=37.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | 2010 - $\gamma=39.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | 2011 - $\gamma=41.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | | |
| | LCL | H(y) | UCL | LCL | H(y) | UCL | LCL | H(y) | UCL |
| Albania | 0.42% | 0.54% | 0.67% | 0.38% | 0.47% | 0.59% | 0.34% | 0.46% | 0.59% |
| Austria | 1.61% | 1.67% | 1.75% | 1.73% | 1.81% | 1.90% | 1.61% | 1.69% | 1.78% |
| Belarus | 0.31% | 0.34% | 0.38% | 0.27% | 0.31% | 0.34% | 0.25% | 0.29% | 0.32% |
| Belgium | 2.46% | 2.53% | 2.61% | 1.81% | 1.86% | 1.92% | 1.99% | 2.05% | 2.13% |
| Bosnia and Herzegovina | 2.32% | 2.45% | 2.56% | 1.51% | 1.60% | 1.71% | 0.94% | 1.04% | 1.12% |
| Bulgaria | 8.22% | 8.36% | 8.48% | 6.73% | 6.87% | 7.00% | 8.59% | 8.73% | 8.84% |
| Croatia | 0.58% | 0.65% | 0.73% | 0.59% | 0.67% | 0.74% | 0.57% | 0.63% | 0.71% |
| Czech Republic | 3.21% | 3.27% | 3.33% | 4.10% | 4.17% | 4.25% | 3.35% | 3.41% | 3.48% |
| Denmark | 0.30% | 0.33% | 0.37% | 0.29% | 0.33% | 0.36% | 0.44% | 0.48% | 0.52% |
| Estonia | 0.62% | 0.74% | 0.88% | 0.64% | 0.76% | 0.89% | 0.48% | 0.57% | 0.68% |
| France | 1.46% | 1.49% | 1.52% | 0.90% | 0.93% | 0.96% | 1.12% | 1.15% | 1.18% |
| Germany | 1.41% | 1.42% | 1.44% | 1.35% | 1.37% | 1.39% | 1.19% | 1.20% | 1.22% |
| Great Britain | 0.56% | 0.58% | 0.60% | 0.47% | 0.48% | 0.50% | 0.68% | 0.70% | 0.72% |
| Greece | 1.62% | 1.73% | 1.87% | 1.60% | 1.71% | 1.83% | 0.82% | 0.91% | 1.00% |
| Hungary | 1.76% | 1.83% | 1.90% | 2.25% | 2.34% | 2.43% | 2.45% | 2.54% | 2.63% |
| Ireland | 0.42% | 0.46% | 0.51% | 0.48% | 0.53% | 0.58% | 0.46% | 0.50% | 0.57% |
| Italy | 3.41% | 3.46% | 3.50% | 2.61% | 2.65% | 2.69% | 3.47% | 3.51% | 3.54% |
| Kosovo | 0.86% | 0.96% | 1.07% | 0.39% | 0.47% | 0.56% | 0.29% | 0.35% | 0.44% |
| Latvia | 0.52% | 0.62% | 0.72% | 0.49% | 0.57% | 0.67% | 0.37% | 0.46% | 0.55% |
| Lithuania | 0.56% | 0.64% | 0.71% | 0.78% | 0.87% | 0.95% | 0.71% | 0.78% | 0.87% |
| Luxembourg | 0.67% | 0.81% | 0.98% | 0.42% | 0.54% | 0.69% | 0.44% | 0.54% | 0.66% |
| Macedonia | 5.23% | 5.50% | 5.72% | 2.09% | 2.27% | 2.45% | 0.81% | 0.90% | 0.99% |
| Moldavia | 0.31% | 0.37% | 0.43% | 0.27% | 0.32% | 0.37% | 0.28% | 0.33% | 0.39% |
| Montenegro | 0.34% | 0.46% | 0.58% | 0.28% | 0.39% | 0.53% | 0.25% | 0.35% | 0.47% |
| Netherlands | 2.08% | 2.13% | 2.18% | 1.92% | 1.97% | 2.02% | 1.80% | 1.85% | 1.90% |
| Poland | 5.47% | 5.52% | 5.56% | 7.79% | 7.84% | 7.90% | 6.63% | 6.68% | 6.73% |
| Portugal | 0.80% | 0.87% | 0.94% | 0.68% | 0.73% | 0.78% | 0.90% | 0.97% | 1.04% |
| Romania | 1.54% | 1.59% | 1.65% | 1.13% | 1.18% | 1.23% | 1.37% | 1.41% | 1.47% |
| Serbia | 2.01% | 2.12% | 2.22% | 0.93% | 1.00% | 1.08% | 3.96% | 4.09% | 4.23% |
| Slovakia | 2.87% | 2.93% | 3.00% | 3.61% | 3.69% | 3.77% | 3.90% | 3.96% | 4.04% |
| Slovenia | 1.72% | 1.83% | 1.93% | 1.96% | 2.07% | 2.18% | 2.21% | 2.34% | 2.46% |
| Spain | 0.96% | 1.00% | 1.06% | 0.69% | 0.73% | 0.76% | 0.48% | 0.51% | 0.53% |
| Switzerland | 0.78% | 0.83% | 0.91% | 0.84% | 0.90% | 0.95% | 0.76% | 0.81% | 0.88% |

Population above the
98th EU percentile
with 95% CI's.

Comparison of metropolitan areas

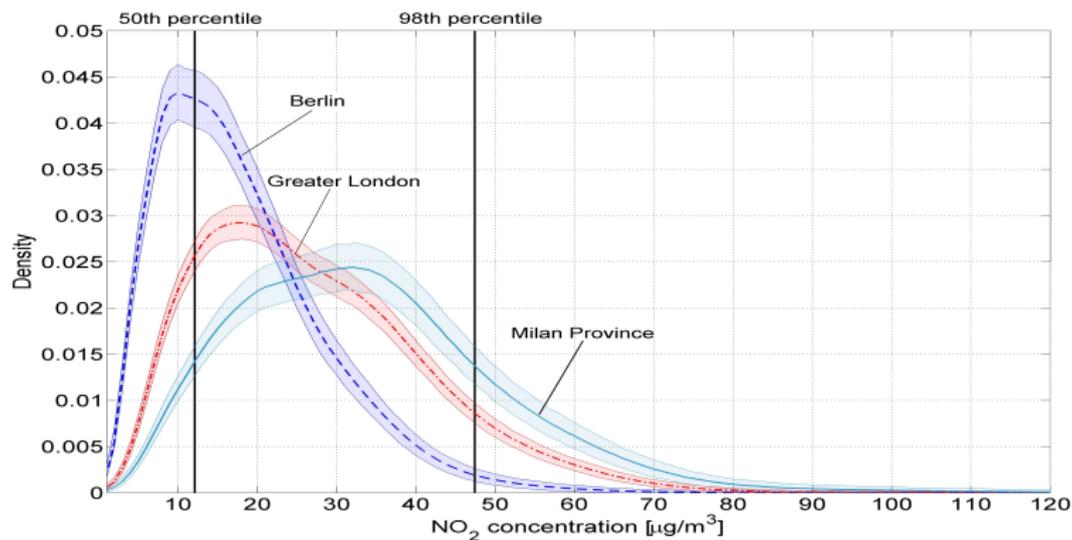


Figure : Exposure distribution for NO₂ in 2009, with 95% confidence bands. Vertical bars: 50th and 98th EU-percentiles.

Comparison of metropolitan areas Multipollutant exposure distribution

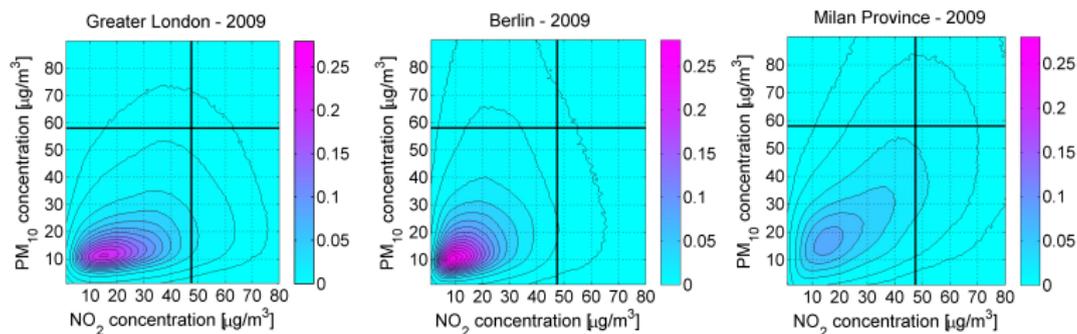


Figure : Bivariate exposure distribution density for NO₂ and PM₁₀ in 2009. With 98th EU percentiles.

Comparison of metropolitan areas Multipollutant exposure distribution

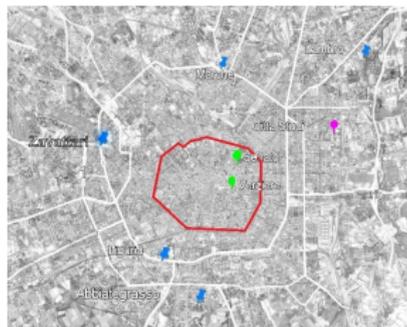
| | NO ₂ | PM ₁₀ | NO ₂ and PM ₁₀ |
|----------------|-----------------|------------------|--------------------------------------|
| Berlin | 1.90% | 3.00% | 0.19% |
| Greater London | 9.37% | 1.39% | 0.48% |
| Milan | 24.4% | 13.7% | 8.50% |

Table : Population exceedances. PM₁₀ and NO₂ in 2009 thresholding the 98th EU percentiles

Case study 2:

Misura statistica di impatto della "Congestion Charge" a Milano

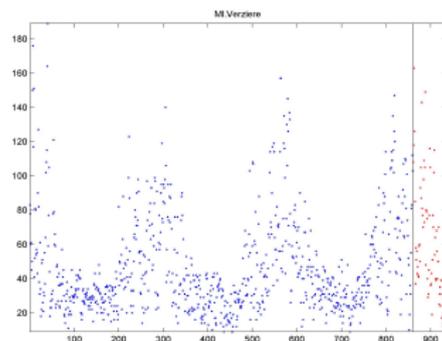
Ingresso a pagamento nell'Area C dal 16 gennaio 2012:



Area C e rete di monitoraggio.

PM₁₀: 3 stazioni

NO_x: 8 stazioni



Inaspettatamente la media dei
PM₁₀ su 10 giorni aumentò da 69
a 104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

I Dati

- Dati dall'1 gennaio 2009 al 20 luglio 2012.

I Dati

- Dati dall'1 gennaio 2009 al 20 luglio 2012.
- **Indicatori**
 - PM₁₀ : tre stazioni.
 - NO_x : otto stazioni.

I Dati

- Dati dall'1 gennaio 2009 al 20 luglio 2012.
- Indicatori
 - PM₁₀ : tre stazioni.
 - NO_x : otto stazioni.
- Condizioni meteo a Milano

I Dati

- Dati dall'1 gennaio 2009 al 20 luglio 2012.
- Indicatori
 - PM₁₀ : tre stazioni.
 - NO_x : otto stazioni.
- Condizioni meteo a Milano
- Control data: PM₁₀ ed NO_x a Bergamo 40km NE

Impatto stimato

| indicatori | α | se |
|-----------------------------|-------------------|-------|
| PM ₁₀ centro | 8.5% | 0.035 |
| NO _x centro | 21.8% | 0.048 |
| NO _x resto città | non significativo | |

Stime di massima verosimiglianza sul modello spazio-temporale a effetti misti:

$$\log y(s, t) = -\alpha(t) + \beta^0(s, t) + \beta(t) x(s, t) + \varepsilon(s, t)$$

Conclusioni

- L'obbligo di informare sollecitamente sulle condizioni di rischio per la salute è soddisfatto a livello locale per la maggioranza delle regioni italiane.

Conclusioni

- L'obbligo di informare sollecitamente sulle condizioni di rischio per la salute è soddisfatto a livello locale per la maggioranza delle regioni italiane.
- Tuttavia, il diritto dei cittadini ad essere informati con semplicità e chiarezza sulla qualità dell'aria "oggi e domani" è ampiamente disatteso.

Conclusioni

- L'obbligo di informare sollecitamente sulle condizioni di rischio per la salute è soddisfatto a livello locale per la maggioranza delle regioni italiane.
- Tuttavia, il diritto dei cittadini ad essere informati con semplicità e chiarezza sulla qualità dell'aria "oggi e domani" è ampiamente disatteso.
- Il coordinamento fra le regioni, ISPRA e la EEA per quanto riguarda i dati Up To Date è in fase di completamento e dovrebbe andare a regime per fine 2015.

Conclusioni

- L'obbligo di informare sollecitamente sulle condizioni di rischio per la salute è soddisfatto a livello locale per la maggioranza delle regioni italiane.
- Tuttavia, il diritto dei cittadini ad essere informati con semplicità e chiarezza sulla qualità dell'aria "oggi e domani" è ampiamente disatteso.
- Il coordinamento fra le regioni, ISPRA e la EEA per quanto riguarda i dati Up To Date è in fase di completamento e dovrebbe andare a regime per fine 2015.
- **Modelli geostatistici dinamici - che integrano dati osservati ed output di modelli numerici - possono essere adottati a livello regionale, nazionale o continentale, migliorando previsioni e mappatura come mostrato da AirNow di US-EPA.**

Grazie per la vostra attenzione

References

1. Beelen R., Hoek G., Pebesma E., Vienneau D., de Hoogh K., and Briggs D. (2009) Mapping of background air pollution at a fine spatial scale across the European Union, *Sci. Total Environ.* 407(6), 1852–1867.
2. Beelen R., G. Hoek, D. Vienneau, M. Eeftens, et al. (2013) Development of NO₂ and NO_x land use regression models for estimating air pollution exposure in 36 study areas in Europe - The ESCAPE project. *Atmospheric Environment.* 72. 10-23.
3. Cyrus J., Marloes Eeftens, Joachim Heinrich, Christophe Ampe, Alexandre Armengaud, et al. (2012) Variation of NO₂ and NO_x concentrations between and within 36 European study areas: Results from the ESCAPE study. *Atmospheric Environment*, 62, 374-390.
4. ETC/ACM Technical Paper 2013/13, European air quality maps of PM and ozone for 2011 and their uncertainty.
5. Fassò A, Finazzi F, (2011) Maximum likelihood estimation of the dynamic coregionalization model with heterotopic data. *Environmetrics.* Vol. 22:6, 735-748.

1. Finazzi F, Fassò A (2014) D-STEM: A Software for the Analysis and Mapping of Environmental Space-Time Variables. *Journal of Statistical Software*. Vol. 62, Issue 6, 1-29.
2. Finazzi F., M.E. Scott, A. Fassò (2013). A model based framework for air quality indices and population risk evaluation. With an application to the analysis of Scottish air quality data. *Journal of the Royal Statistical Society, series C*. Vol.62(2): 287-308.
3. Paci, L., Gelfand, A. E., and Holland, D. M. (2013). Spatio-temporal modeling for real-time ozone forecasting. *Spatial Statistics*, 4:79-93.
4. Rister K and Lahiri SN (2013) Bootstrap based Trans-Gaussian Kriging. *Statistical Modelling*. 13(5&6): 509–539.
5. Shaddick G, Yan H, Salway R, Vienneau D, Kounali D & Briggs D. (2013) Large-scale Bayesian spatial modelling of air pollution for policy support, *Journal of Applied Statistics*, 40:4, 777-794.