

■ Ivo Allegrini, Silvia Canepari

I. Allegrini, S. Canepari Dipartimento di Chimica, Università "La Sapienza", Roma.

Confronto dati di

Viene presentato un nuovo metodo per l'elaborazione di dati di inquinamento atmosferico finalizzato al confronto dello stato della qualità dell'aria nelle diverse città.



inquinamento



Molto spesso nei documenti ufficiali e nei mass media appaiono elenchi di città italiane e non italiane sulle quali viene stilata una classifica in base ai livelli riscontrati di inquinamento atmosferico. Informazioni di questo tipo sono solo apparentemente semplici, in quanto debbono essere fornite con un corredo di informazioni che, nella maggior parte dei casi, sfuggono al lettore o al cittadino più attento con il risultato che, sulla base di dette classifiche, l'opinione pubblica reclama (o non reclama) provvedimenti ed interventi complessi e, per molti aspetti poco risolutivi. Di conseguenza, la necessità di fornire informazioni chiare, accessibili e non ambigue, oltre ad un dovere delle Autorità com-

petenti previsto per legge, costituisce anche un momento di verifica dello stato della qualità dell'ambiente e dei risultati che le pubbliche amministrazioni hanno ottenuto nella lotta contro l'inquinamento ambientale.

La strategia comunitaria, in materia di inquinamento atmosferico, affonda le sue radici nella Direttiva Quadro 96/62/CE (recepita a livello nazionale con il DLgs. 351 del 1999), che rappresenta il primo risultato della modifica della vecchia normativa sugli inquinanti atmosferici decisa nell'ambito del Quinto Programma d'azione in materia ambientale del 1992. Tale Direttiva obbliga gli Stati Membri a monitorare l'inquinamento atmosferico tramite appropriate reti di monito-

raggio con l'obiettivo di tutelare la salute umana e l'ambiente nel suo complesso [1, 2].

Una rete di monitoraggio è un sistema di controllo a distanza che permette di rilevare la presenza di alcune sostanze inquinanti per mezzo di strumenti automatici installati in postazioni di misura fisse o mobili (centraline) rappresentative della zona in cui sono collocate.

Poiché una rete di monitoraggio è composta da un numero limitato di stazioni e poiché il monitoraggio deve verificare la conformità ai limiti di legge e allo stesso tempo l'esposizione media della popolazione, le stazioni devono essere il più possibile rappresentative della zona nella sua totalità. È inoltre necessario che le informazioni ottenute da una stazione di monitoraggio possano essere usate per zone con caratteristiche simili. Questo risulta particolarmente importante per la valutazione di situazioni su microscala, quali strade o piccole industrie, che non possono essere monitorate individualmente.

Proprio per questo motivo le stazioni di misura della qualità dell'aria vengono classificate a seconda della tipologia, della zona e delle caratteristiche della zona in base a quanto stabilito dalla Decisione 2001/752/CE e dal documento "Criteria for Euroairnet" nel quale viene introdotta anche la simbologia riportata tra parentesi [3, 4] (vedi riquadro).

Le stazioni Rurali possono essere ulteriormente classificate in base alla maggiore o minore influenza delle

Stazioni di misura della qualità dell'aria

Classificazione a seconda di tipologia, zona e caratteristiche della zona in base a quanto stabilito dalla Decisione 2001/752/CE e dal documento "Criteria for Euroairnet".

Tipo di stazione [3]: Traffico (T); Background o Fondo (B o F); Industriale (I)

Tipo di area [3]: Urbana (U); Suburbana (S); Rurale (R)

Le stazioni Rurali possono essere ulteriormente classificate in base alla maggiore o minore influenza delle fonti di emissione sul punto di campionamento [4]:

Near-city

Regionali

Remote

Caratteristiche dell'area [4]: Residenziale (R); Commerciale (C); Industriale (I); Agricola (A); Naturale (N)

fonti di emissione sul punto di campionamento [4].

Una combinazione delle caratteristiche

Nella scelta del posizionamento delle stazioni di misurazione, è consigliato privilegiare, sia in ambito urbano, sia in ambito suburbano, i siti di fondo, in quanto maggiormente rappresentativi dell'esposizione media agli inquinanti della popolazione [5].

Date le diverse caratteristiche delle stazioni di monitoraggio, appare problematico riferire e

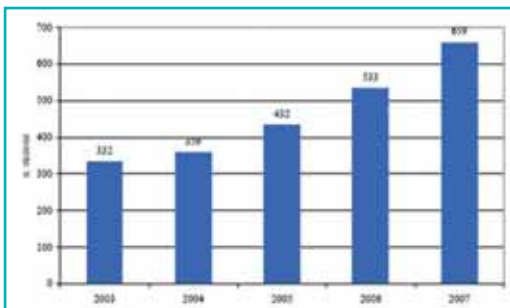


Figura 1 - Stazioni di rilevamento per la qualità dell'aria (2007- elaborazione Ispra su dati Arpa, Appa, regioni, province, comuni).

confrontare dati di inquinamento provenienti da stazioni aventi appunto caratteristiche molto diverse, per cui si rende necessario un ulteriore sforzo elaborativo al fine di proporre metodiche di valutazione che siano applicabili in tutte le situazioni riportate nel riquadro.

Come si può osservare la distribuzione e la tipologia delle stazioni è estremamente variabile, ed estremamente difficile diventa quindi la possibilità di esprimere con un parametro semplificato al situazione della qualità dell'aria in località diverse.

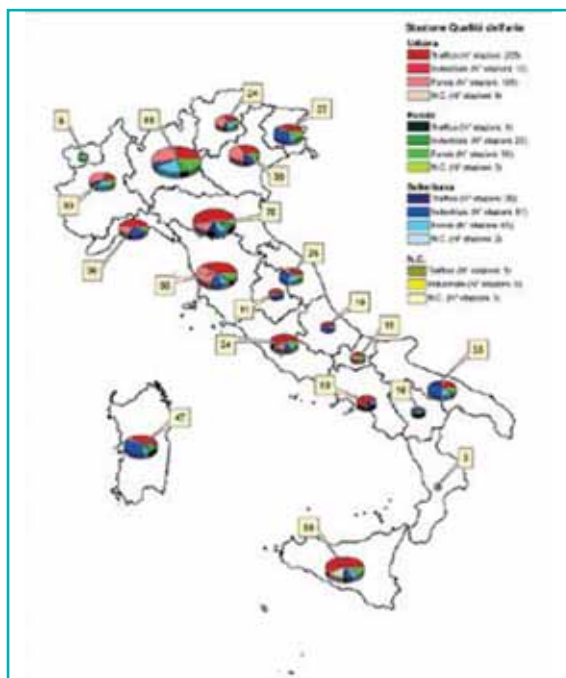


Figura 2 - Stazioni di rilevamento per la qualità dell'aria: disaggregazione per regione, tipo di zona e tipo di stazione (2007- elaborazione Ispra su dati Arpa, Appa, regioni, province, comuni).

La rete nazionale italiana

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria in Italia è costituita da 659 stazioni di monitoraggio, comprendenti le reti regionali gestite dalle Arpa (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente), le reti provinciali gestite dalle Appa (Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente), le reti comunali e le reti private. Le stazioni di monitoraggio sono state classificate secondo i criteri contenuti nelle direttive comunitarie (04/107/CE, 02/3/CE, 00/69/CE, 99/30/CE, 96/62/CE, Technical Report "Criteria for Euroairnet"), recepite a livello nazionale (DLgs. 152/2007, DLgs. 183/2004, DM 261/2002, DM 60/2002, DLgs. 351/1999). Nel caso di stazioni preesistenti all'entrata in vigore di suddette normative,

Confronto tra le città italiane

Il motivo per cui i dati di inquinamento atmosferico in varie città non sono assolutamente confrontabili è legato generalmente alla non rappresentatività dei siti e delle stazioni di campionamento. Infatti i dati di inquinamento atmosferico si riferiscono a siti ed archi temporali differenziati che risentono delle emissioni locali e della situazione meteorologica locale per cui può accadere che un determinato inquinante in una certa area di una determinata città risulti avere una concentrazione più elevata che in un sito di un'altra città a causa di molti parametri normalmente fuori controllo.

Naturalmente queste considerazioni non devono essere portate all'estrema conseguenza di impedire qualsiasi confronto tra i dati provenienti da città diver-

se, ma quando si costruisce una "classifica", in particolare per inquinanti che sono soggetti a profonde variazioni temporali e spaziali, allora il parametro da confrontare deve essere legato alle concentrazioni che però dovrebbero essere corrette attraverso l'uso di coefficienti che tengano conto di questi effetti. Appare evidente che stando così le cose, l'unica possibilità è quella di definire indici di inquinamento che tengano conto della localizzazione specifica del sito in modo da normalizzare i dati disponibili al fine di una loro migliore confrontabilità. Senza ricorrere a modelli matematici o statistici molto complessi, si ritiene che l'uso dell'indice appresso descritto possa costituire una stima affidabile del livello di inquinamento in una data città. Questo indice, che potremmo definire indice di Inquinamento Medio Urbano (Imu), viene calcolato come segue:

$$Imu = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \bar{X}_{n,i}$$

Nella formula il termine $X_{n,i}$ indica il valore medio dell'inquinante considerato all'interno delle stazioni di un determinato tipo i -esimo. α invece rappresenta il fattore correttivo per tipo di stazione (l'indice i varia con la tipologia delle stazioni).

Per semplicità si considerano tre tipi di stazioni:

Stazione di traffico o industriale, $\alpha_1 = 0.3$

Stazione di fondo urbano o residenziale $\alpha_2 = 0.6$

Stazione periferica o rurale $\alpha_3 = 0.1$.

Il coefficiente α in pratica rappresenta il peso delle diverse tipologie di stazione rispetto all'indice complessivo. Quindi, secondo la definizione sopra, i valori di concentrazione delle stazioni di traffico o industriali pesano per il 30%, quelli delle stazioni di fondo per il 60% e quelli delle stazioni rurali per il 10%.

In particolare, questa scelta è dovuta al fatto che, se l'indice deve rappresentare l'esposizione complessiva della popolazione e considerando l'obiettivo

principale del monitoraggio della qualità dell'aria ovvero la tutela della salute umana, allora il peso delle stazioni non può essere lo stesso. Devono essere privilegiati i siti di rilevamento che incidono maggiormente sull'esposizione media della popolazione, ossia i siti di fondo urbano o residenziali. Per contro le stazioni di traffico o industriali, sebbene caratterizzate da inquinamento più elevato, interessano solo una parte della popolazione e il più delle volte per archi temporali brevi e quindi non possono avere un peso elevato. Infine le stazioni periferiche o rurali interessano solo una minima parte di soggetti esposti e quindi il loro contributo è necessariamente limitato.

Tale fattore tiene quindi in considerazione sia il tempo di esposizione (ridotto nel caso delle stazioni da traffico) sia la densità abitativa (ridotta nel caso di stazioni rurali).

Nell'applicazione di tale metodica si è verificato che in alcune città non tutte le tipologie di stazioni sono presenti; in questo caso il metodo è stato adottato apportando delle variazioni ai coefficienti come di seguito indicato:

Caso A: $X_1 = 0$, non vi sono stazioni di traffico: $\alpha_2 = 0.8$, $\alpha_3 = 0.2$

Caso B: $X_2 = 0$, non vi sono stazioni di fondo urbano: $\alpha_1 = 0.8$, $\alpha_3 = 0.2$

Caso C: $X_2 = 0$, non vi sono stazioni periferiche: $\alpha_1 = 0.35$, $\alpha_2 = 0.65$

Caso D: $X_1 = X_3 = 0$, vi sono solo stazioni di fondo urbano: $\alpha_2 = 1.1$

Caso E: $X_2 = X_3 = 0$, vi sono solo stazioni di traffico: $\alpha_1 = 0.8$

Allo stato attuale dello studio la scelta dei coefficienti è stata eseguita attraverso sole ipotesi di lavoro; nel futuro si prevede di utilizzare la grande mole dei dati disponibili e variare tali parametri al fine di valutare quale potrebbe essere la migliore scelta possibile per raggiungere gli obiettivi di cui sopra.

Raccolta dati ed elaborazione

Per l'elaborazione sono state

| Regione | Stazioni | SO ₂ | PM ₁₀ | O ₃ | NO ₂ | NO _x | CO | Pb | C ₆ H ₆ | C ₆ H ₆ -CH ₄ | PM _{2.5} |
|-----------------------|----------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----|----|-------------------------------|--|-------------------|
| n | | | | | | | | | | | |
| Piemonte | 30 | 11 | 23 | 21 | 29 | 28 | 21 | 20 | 12 | | 2 |
| Valle d'Aosta | 6 | 1 | 3 | 3 | 6 | 6 | 1 | | | | |
| Lombardia | 85 | 39 | 57 | 42 | 85 | 84 | 56 | | 18 | 14 | 13 |
| Trentino Alto Adige | 24 | 6 | 19 | 19 | 21 | 7 | 13 | | 3 | 3 | 6 |
| Veneto | 38 | 28 | 17 | 25 | 38 | 38 | 29 | | 3 | | |
| Friuli Venezia Giulia | 37 | 26 | 15 | 20 | 27 | 27 | 19 | | 9 | | |
| Liguria | 36 | 21 | 18 | 8 | 28 | 27 | 10 | | 6 | 6 | |
| Emilia Romagna | 70 | 24 | 33 | 28 | 65 | 65 | 14 | | 1 | 8 | |
| Toscana | 66 | 20 | 46 | 26 | 58 | 58 | 40 | | 8 | 8 | 5 |
| Umbria | 11 | 3 | 11 | 9 | 11 | 11 | 8 | | 1 | 3 | |
| Marche | 25 | 7 | 20 | 15 | 19 | 8 | 16 | | 5 | 2 | 15 |
| Lazio | 34 | 21 | 36 | 13 | 34 | 34 | 17 | | 10 | 10 | 2 |
| Abruzzo | 10 | 2 | 5 | 6 | 8 | 6 | 4 | | 3 | 3 | |
| Campania | 19 | 9 | 6 | 16 | 19 | 11 | | | 7 | | 1 |
| Molise | 11 | 5 | 9 | 7 | 11 | 11 | 4 | | 8 | 8 | |
| Puglia | 35 | 33 | 18 | 9 | 35 | 30 | 15 | | 8 | | |
| Basilicata | 10 | 8 | 10 | 4 | 8 | | 10 | | 6 | | |
| Calabria | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | | 2 | 2 | |
| Sicilia | 59 | 26 | 29 | 17 | 33 | 28 | 39 | | 10 | 6 | |
| Sardegna | 47 | 44 | 41 | 25 | 43 | 43 | 24 | | 9 | 9 | |
| ITALIA | 659 | 325 | 401 | 306 | 581 | 533 | 354 | 20 | 129 | 79 | 47 |

utilizzate le informazioni che Ispra (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) raccoglie annualmente in base alla normativa europea sullo scambio di informazioni in materia di qualità dell'aria (Eol - Exchange of

Figura 3 - Numero di analizzatori per i principali inquinanti (2007- elaborazione Ispra su dati Arpa, Appa, regioni, province, comuni).

| | | ROMA | TARANTO | BARI | FIRENZE | MILANO | GENOVA | PALERMO | TORINO |
|------|--------------|------|---------|------|---------|--------|--------|---------|--------|
| PM10 | 2008 | 11 | 28 | 26 | 25 | 40 | 21 | 33 | 49 |
| | 2007 | 35 | 25 | 27 | 29 | 46 | 27 | 36 | 62 |
| | 2006 | 37 | 30 | 28 | 30 | 47 | 37 | 37 | 73 |
| | MEDIA 3 ANNI | 34 | 29 | 27 | 29 | 45 | 28 | 35 | 61 |
| C6H6 | 2008 | 2 | 0.3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 | 3 |
| | 2007 | 3 | 1 | | | 1 | 2 | 5 | 4 |
| | 2006 | 5 | | | | 1 | 3 | 6 | 4 |
| | MEDIA 3 ANNI | 3 | 0.3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 | 4 |
| NO2 | 2008 | 51 | 15 | 26 | 45 | 54 | 51 | 36 | 65 |
| | 2007 | 59 | 16 | | 43 | 63 | 47 | 44 | 60 |
| | 2006 | 71 | 14 | 33 | 48 | 67 | 47 | 41 | 78 |
| | MEDIA 3 ANNI | 60 | 14 | 33 | 44 | 62 | 49 | 42 | 68 |

Figura 4 - Medie annuali con applicazione dell'indice Imu.

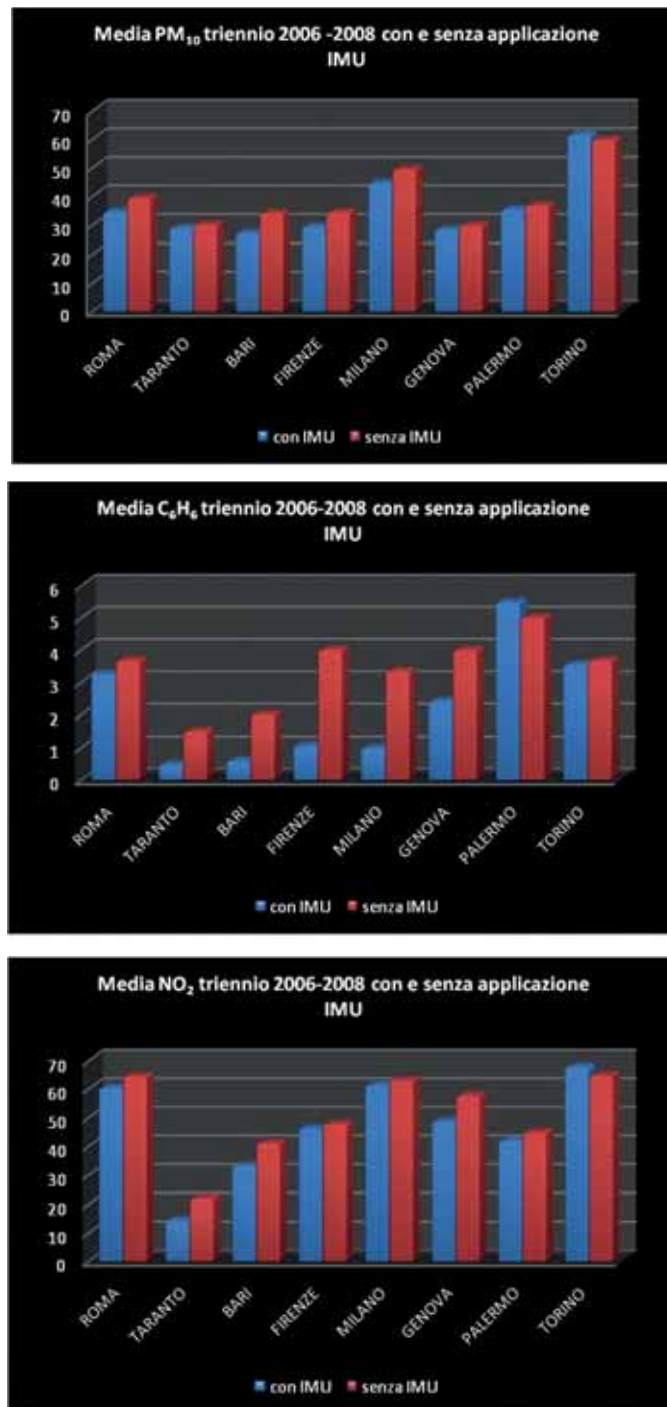
Information] [3, 7] e rende pubbliche attraverso la banca dati Brace, all'indirizzo www.brace.sinanet.apat.it. I dati mancanti sono stati reperiti dai rapporti annuali sulla qualità

| | | ROMA | TARANTO | BARI | FIRENZE | MILANO | GENOVA | PALERMO | TORINO |
|------|--------------|------|---------|------|---------|--------|--------|---------|--------|
| PM10 | 2008 | 35 | 30 | 33 | 33 | 44 | 24 | 34 | 52 |
| | 2007 | 40 | 30 | 34 | 33 | 51 | 30 | 37 | 60 |
| | 2006 | 43 | 30 | 35 | 35 | 53 | 35 | 39 | 67 |
| | MEDIA 3 ANNI | 39 | 30 | 34 | 34 | 49 | 30 | 37 | 60 |
| C6H6 | 2008 | 3 | 1 | 2 | 4 | 2 | 4 | 3 | 3 |
| | 2007 | 3 | 2 | | | 4 | 3 | 5 | 4 |
| | 2006 | 5 | | | | 4 | 5 | 5 | 4 |
| | MEDIA 3 ANNI | 3.7 | 1.3 | 2.0 | 4.0 | 3.3 | 4.0 | 3.0 | 3.7 |
| NO2 | 2008 | 55 | 20 | 34 | 51 | 59 | 60 | 41 | 62 |
| | 2007 | 63 | 25 | | 44 | 63 | 50 | 47 | 60 |
| | 2006 | 75 | 21 | 48 | 48 | 67 | 53 | 44 | 72 |
| | MEDIA 3 ANNI | 64 | 22 | 41 | 48 | 61 | 54 | 43 | 63 |

Figura 5 - Medie annuali senza applicazione dell'indice Imu.

dell'aria redatti dalle singole Arpa regionali o dalle banche dati regionali. Per quanto riguarda la classificazione delle stazioni di monitoraggio, essa è stata dedotta dall'Annuario 2008 sull'atmosfera dell'Apat. Come ci si poteva aspettare, la fase di raccolta dei dati ha evidenziato

Figura 6 - Medie triennio 2006-2008 con e senza applicazione dell'indice Imu.



come le reti regionali siano spesso carenti e come la classificazione delle stazioni di monitoraggio sia alquanto imprecisa. L'arco temporale di riferimento è il triennio 2006-2008. Questa scelta è dovuta al fatto che andando indietro negli anni i dati di concentrazione diventano sempre più incompleti ed imprecisi. Infatti nel periodo 2003-2007 si è passati da 332 a 659 stazioni di monitoraggio. Tale aumento costante del

numero di stazioni ha colmato buona parte delle lacune informative presenti negli anni passati e ha contribuito a migliorare la quantità di dati di concentrazione per i principali inquinanti [6].

Nelle Figure 4 e 5 sono riportati i dati risultanti dall'applicazione dell'indice Imu alle medie annuali di PM10, benzene e biossido di azoto per il triennio 2006-2008 e le medie annuali senza applicazione dell'indice

Imu rispettivamente.

Appare evidente che l'applicazione dell'indice Imu, pur modificando i valori assoluti di concentrazione in modo tale da ottenere un valore di concentrazione pesato per ogni città e quindi permettere il confronto tra diverse città, non altera sostanzialmente le differenze relative di concentrazione tra una città e l'altra (Figura 6).

Dagli istogrammi riportati nella Figura 6 si evince come per alcune città e per alcuni inquinanti le differenze rispetto alle concentrazioni con e senza Imu risultino minime (PM10 Palermo, Torino, Taranto - C₆H₆ Torino - NO₂ Milano, Torino, Firenze). Tale risultato è indicativo del fatto che le reti di monitoraggio di queste città per tali inquinanti sono rappresentative dell'esposizione media della popolazione ovvero le stazioni di monitoraggio sono posizionate in modo adeguato a valutare l'impatto sulla salute umana. In altri casi, nei quali l'applicazione dell'Imu porta ad una sottostima (C₆H₆, Taranto, Firenze, Milano) o sovrastima (C₆H₆, Palermo) della concentrazione questo fatto potrebbe essere dovuto ad una non corretta progettazione della rete di monitoraggio sia su macro sia su microscala.

Il risultato dell'adozione di questo indice risulta abbastanza prevedibile in quanto continua a classificare l'inquinamento atmosferico più elevato a carico delle grandi città, in particolare quelle situate nella Pianura Padana che, come noto, non godono di situazioni meteo-climatiche favorevoli alla dispersione degli inquinanti. Centri minori, specialmente rivieraschi (Genova, Taranto), mostrano livelli di inquinamento molto limitato sebbene, da varie fonti di informazioni, essi tendono ad essere classificate come molto inquinate.

Conclusioni

L'applicazione di un indice sintetico di inquinamento atmosferico che tenga conto dell'esposizione reale media della popolazione e non delle singole misure delle singole stazioni, risulta essere statisticamente più

accettabile rispetto ad altri indici all'uso proposti o proponibili. Infatti tale indice è certamente adatto a descrivere la situazione ambientale in una determinata area urbana e allo stesso tempo ad effettuare confronti tra diverse città italiane. Ovviamente tale sistema si presta a facili critiche in quanto riduce i picchi di concentrazione in particolare nelle stazioni di traffico e industriali. Nella realtà il metodo proposto viene applicato dopo la valutazione dell'inquinamento nelle singole stazioni per cui se in qualcuna di queste si dovesse verificare il superamento dello standard o del limite, l'uso dell'indice Imu non altererebbe la situazione e le conseguenze previste dalla legislazione vigente.

In conclusione, l'indice permette di considerare quanto una particolare stazione di monitoraggio sia indicativa dell'esposizione media e quindi di arrivare, tramite il calcolo di una media pesata, ad un valore medio di concentrazione che rappresenti

il più possibile l'esposizione reale di ogni singolo cittadino ad un particolare inquinante.

Tale indice, pesando il contributo di diverse tipologie di stazioni di monitoraggio, permette un confronto corretto tra i diversi livelli di inquinamento nelle varie città.

L'indice non contrasta con la legislazione vigente in quanto questa si riferisce ai dati delle singole stazioni e non alla loro elaborazione statistica che invece è molto rilevante per l'informazione al pubblico.

L'indice tiene conto della dispersione e della diffusione di inquinanti caratteristici anche delle emissioni civili (traffico, riscaldamento ecc.).

L'indice è tanto più rappresentativo, quanto più numerose sono le stazioni di monitoraggio. Esso, basandosi sulla classificazione delle stazioni, potrebbe dare risultati erronei nel caso in cui le stazioni fossero mal classificate.

L'indice, opportunamente valida-

to, potrebbe essere utilizzato proprio per la corretta classificazione delle zone e quindi per la scelta dei siti in cui installare nuove stazioni di monitoraggio o spostare le esistenti.

BIBLIOGRAFIA

[1] Direttiva 96/62/CE del Consiglio del 27 settembre 1996 in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente.

[2] Decreto Legislativo 351 del 4 agosto 1999. Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria.

[3] Decisione della Commissione 2001/752/CE del 17 ottobre 2001 che modifica gli allegati della decisione 97/101/CE del Consiglio che instaura uno scambio reciproco di informazioni e di dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misurazione dell'inquinamento atmosferico negli Stati membri.

[4] EC Technical Report No. 12. "Criteria for Euroairnet. The Eea Air Quality Monitoring and Information Network", febbraio 1999.

[5] E. de' Munari, I. Allegrini *et al.*, Apat "Linee guida per la predisposizione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria in Italia".

[6] Annuario Apat 2008- Atmosfera.

[7] Decisione del Consiglio 97/101/CE del 27 gennaio 1997 che instaura uno scambio reciproco di informazioni e di dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misurazione dell'inquinamento atmosferico negli Stati membri.

DECANTER PIERALISI

La più ampia gamma per soddisfare tutte le esigenze di portata

Dall'esperienza Pieralisi, una gamma ad elevata tecnologia e affidabilità, in grado di rispondere a qualsiasi esigenza di trattamento dei fanghi. Ricca e versatile per portate e prestazioni, offre soluzioni complete e vantaggiose per l'ispessimento dinamico e la disidratazione dei fanghi provenienti da impianti di depurazione civili e industriali.

GRUPPO
PIERALISI

Via Don Battistoni, 1 - 60035 JESI (AN) - Italy
Tel. +39-0731-231.1
www.pieralisi.com - info@pieralisi.com

