

Appendice III

(articolo 5, comma 1 e art. 22 commi 5 e 7)

Criteri per l'utilizzo dei metodi di valutazione diversi dalle misurazioni in siti fissi

1. Tecniche di modellizzazione

1.1 Introduzione.

In generale, i modelli sono un utile strumento per:

- ottenere campi di concentrazione anche nelle aree all'interno delle zone ove non esistano stazioni di misurazione o estendere la rappresentatività spaziale delle misure stesse;
- comprendere le relazioni tra emissioni e immissioni, discriminare i contributi delle diverse sorgenti alle concentrazioni in una determinata area (source apportionment), e determinare i contributi transfrontalieri e quelli derivanti da fenomeni di trasporto su larga scala (per esempio, le polveri sahariane);
- integrare e combinare le misurazioni effettuate tramite le stazioni di misurazione in siti fissi, in modo tale da ridurre il numero, nel rispetto dei criteri individuati nel presente decreto;
- valutare la qualità dell'aria nelle zone in cui non sono presenti stazioni di misurazione, nel rispetto dei criteri individuati nel presente decreto;
- prevedere la qualità dell'aria sulla base di scenari ipotetici di emissione o in funzione di variazioni delle condizioni meteorologiche;
- valutare l'efficacia delle misure di contenimento delle emissioni in atmosfera.

Una corretta applicazione modellistica necessita sempre di una procedura rigorosa di confronto con i dati ottenuti dalle misurazioni.

Tale confronto presuppone che la rete di misura sia strutturata in modo conforme al presente decreto e che sia disponibile una buona conoscenza delle emissioni delle sostanze inquinanti che influenzano la qualità dell'aria, sia in termini quantitativi che di distribuzione spaziale e temporale.

Un utilizzo efficace della modellistica ai fini dell'applicazione del presente decreto richiede che gli operatori siano in possesso di una specifica esperienza.

1.2 Selezione del modello

Il risultato della simulazione modellistica è caratterizzato da un certo grado di approssimazione derivante dalle seguenti componenti:

- incertezza nella descrizione della dinamica e della chimica atmosferica,
- qualità dei dati di ingresso, con particolare riferimento alle emissioni e ai parametri meteorologici,

- incertezza inerente al modello dovuta alla natura stocastica di fenomeni atmosferici quali, ad esempio, la turbolenza.

Il processo di valutazione della capacità di un modello di descrivere il problema a cui viene applicato e l'analisi dei vantaggi e degli svantaggi del relativo utilizzo è effettuato utilizzando, a seconda delle circostanze, uno o più dei seguenti metodi:

- l'analisi Monte Carlo, ovvero molteplici simulazioni effettuate con variazioni casuali e simultanee nell'insieme delle variabili di input al modello seguite dall'analisi statistica dei risultati;
- l'analisi di sensibilità, ossia lo studio delle variazioni del risultato in funzione di piccole variazioni dell'input;
- la simulazione d'insieme, ovvero la simulazione di uno stesso fenomeno effettuata con diversi modelli, seguita dall'analisi statistica delle concentrazioni simulate e dal confronto dei valori ottenuti (mediana ed altri percentili della distribuzione dei risultati) con i dati ottenuti dalle stazioni di misurazione;
- il confronto fra modelli o fra insiemi di modelli;
- l'analisi statistica, ovvero il confronto dei risultati della simulazione con i dati ottenuti dalle stazioni di misurazione al fine di ricavare una serie di indicatori (indicatori di qualità) che descrivono la capacità del modello di avvicinarsi alle misure.

Gli indicatori di qualità sono molteplici e possono avere natura quantitativa o qualitativa. Ciascuno di tali indicatori svolge un ruolo particolare nella valutazione del modello.

La selezione dell'indicatore più appropriato dipende dallo scopo dell'applicazione modellistica e dalla disponibilità dei dati ottenuti dalle stazioni di misurazione per il confronto.

Nella selezione degli indicatori per le concentrazioni si deve tener conto del fatto che questi sono specifici per ciascun inquinante e per la scala dei fenomeni sia in termini spaziali sia in termini temporali.

Gli indicatori quantitativi basilari sono:

- coefficiente di correlazione R
- fractional bias (FB)
- Root Mean Square Error (RMSE)
- Normalized mean square error (NMSE).

Gli indicatori qualitativi sono soprattutto di tipo grafico:

- diagrammi di dispersione
- grafici quantile-quantile
- grafico dei residui
- diagramma di Taylor.

La valutazione di un modello mediante gli indicatori è necessaria ma non sufficiente a comprendere le ragioni per le quali i risultati delle simulazioni sono vicini o lontani dai dati ottenuti dalle stazioni di misurazione. Per tale motivo la valutazione deve sempre essere accompagnata dallo studio dei processi descritti nel modello.

1.3 Caratteristiche generali dei modelli.

La scelta del modello o dei modelli da applicare deve essere effettuata in funzione di:

- risoluzione spaziale e temporale della valutazione
- caratteristiche delle sorgenti di emissione
- caratteristiche degli inquinanti da considerare

Il modello deve essere di documentabile qualità scientifica ed esser stato sottoposto ad uno o più tra i metodi di valutazione previsti dal paragrafo 1.2 in condizioni analoghe o confrontabili con i casi in cui si intende applicarlo (in riferimento al tipo di inquinante ed alla risoluzione spaziale e temporale ed al tipo di orografia).

La tabella 1 indica le caratteristiche dei modelli da utilizzare in funzione della scala spaziale della valutazione e del tipo di inquinante.

La tabella 2 indica la scala spaziale e temporale della valutazione da effettuare con il modello in funzione del tipo di inquinante e del periodo di mediazione del valore limite o obiettivo ed in funzione di una serie esemplificativa di tipologie di stazioni e di siti fissi.

Tabella 1

Scala spaziale della valutazione			
Descrizione	Locale/hot spot (1-1000 m)	Urbana/agglomerato (1-300 Km)	Regionale (25- 10.000 Km)
Tipo di modello	Modelli parametrizzati gaussiani e non gaussiani Modelli statistici Modelli fluido dinamici con trattazione degli ostacoli Modelli Lagrangiani	Modelli parametrizzati gaussiani e non gaussiani Modelli chimici di trasporto Euleriano Modelli Lagrangiani	Modelli chimici di trasporto Euleriano Modelli chimici Lagrangiani
Meteorologia	Misure meteorologiche locali Modelli fluido dinamici con trattazione degli ostacoli Modelli meteorologici a mesoscala Modelli diagnostici per i campi di vento	Modelli meteorologici a mesoscala Misure meteorologiche localizzate Modelli diagnostici per i campi di vento	Modelli meteorologici sinottici/mesoscala
Chimica	Limitata o nessuna	Da nessuna a inclusa a seconda dei casi	Inclusa
Inquinanti	Locale/hot spot	Urbana/agglomerato	Regionale

PM10	No processi chimici	Deposizioni Formazione di particolato secondario inorganico	Deposizioni Formazione di particolato secondario inorganico ed organico Polveri sospese Sale marino
PM2,5	No processi chimici	Deposizioni Formazione di particolato secondario inorganico	Deposizioni Formazione di particolato secondario inorganico ed organico
NO₂	Chimica foto-ossidazione di base Relazioni statistiche/empiriche	Chimica foto-ossidazione limitata Schemi foto-stazionari Relazioni statistiche/empiriche	Deposizioni Chimica foto-ossidazione completa
NO_x	No processi chimici	No processi chimici	Chimica foto-ossidazione completa
O₃	Come per NO ₂	Come per NO ₂	Come per NO ₂
SO₂	No processi chimici	Deposizioni Formazione di particolato secondario inorganico	Deposizioni Formazione di particolato secondario inorganico Chimica foto-ossidazione completa
Pb	No processi chimici	Deposizioni No processi chimici	Deposizioni Schemi chimici specialistici
Benzene	No processi chimici		Deposizioni Chimica foto-ossidazione completa
CO	No processi chimici	No processi chimici	Chimica foto-ossidazione completa
Metalli pesanti	No processi chimici	Deposizioni Schemi chimici dedicati	Deposizioni Schemi chimici dedicati

Tabella 2

Inquinante	Scala spaziale e temporale della valutazione modellistica in funzione del tipo di inquinante considerato, del periodo di mediazione del valore e del tipo di stazione e di tipo di sito fisso			
	Periodo di mediazione	Tipo di stazione e di sito fisso	Risoluzione temporale del modello	Risoluzione spaziale del modello
PM10	Media annua Media giornaliera	Traffico Fondo urbano Fondo regionale	oraria	< 1 km 1-5 Km 10-50 km
PM2,5	Media annua	Fondo urbano Fondo regionale	oraria	1-5 Km 10-50 Km
Speciazione PM	-	Rurale	Oraria Giornaliera	- 10-50 Km
NO₂	Media oraria Media annua	Traffico Fondo urbano	oraria	< 1 km 1-5 Km
NO_x	Media annuale		oraria	
O₃	Media 8 ore	Suburbano Rurale	oraria	10-50 Km
SO₂	Media oraria Media giornaliera Media annua Media invernale	Tutti	oraria	Tutti
Pb	Media annua	Traffico Fondo urbano	Annuale	< 1 km 1-5 Km
Benzene	Media annua	Traffico Fondo urbano	Annuale	< 1 km 1-5 Km
CO	Media 8 ore	Traffico	Oraria	< 1 km
Metalli	Media annua	Traffico Fondo urbano	Annuale	< 1 km 1-5 Km

1.4 Misura dell'incertezza delle tecniche di modellizzazione

Gli obiettivi di qualità per i modelli sono descritti all'allegato I del presente decreto e l'incertezza ivi prevista è calcolata come di seguito illustrato.

Per ciascun punto in relazione al quale si confrontino dati ottenuti dalle stazioni di misurazione con quelli ottenuti dalle simulazioni, si definisce l'errore relativo (ER) come

$$ER = \frac{|O_{vl} - M_{vl}|}{VL},$$

dove O_{vl} è la concentrazione misurata più vicina al valore limite (o al valore obiettivo) e M_{vl} è la corrispondente concentrazione fornita dal modello nella distribuzione quantile-quantile (distribuzione in cui valore misurato e valore simulato sono abbinati ordinando tutte le concentrazioni misurate e simulate in ordine crescente).

Il massimo valore di ER trovato utilizzando il 90% delle stazioni di misurazione presenti nel dominio di calcolo del modello è il Massimo Errore Relativo (MER) e corrisponde all'incertezza della tecnica di modellizzazione definita al paragrafo 1, punto 6, dell'allegato I.

La possibilità di escludere, per il calcolo dell'incertezza, il 10% delle stazioni di misurazione presenti nel dominio di calcolo del modello deve essere valutata in funzione del numero complessivo di tali stazioni e della loro rappresentatività spaziale.

Se il dominio di calcolo del modello comprende un numero di stazioni di misurazione inferiore a 10, nessuna di queste può essere esclusa dal calcolo dell'incertezza.

I migliori risultati di confronto tra le concentrazioni simulate e quelle misurate si ottengono quando le stazioni di misurazione sono rappresentative di una porzione di territorio all'incirca pari alla risoluzione del modello. Ad esempio, un modello con risoluzione 5x5 km non è in grado di fornire risultati adeguati a scale inferiori. Ne consegue che la stazione di misurazione con cui confrontare le concentrazioni simulate deve essere rappresentativa di una porzione di territorio di almeno 25 km².

Per determinare l'incertezza del modello è, pertanto, necessario operare, per quanto possibile, il confronto delle concentrazioni simulate con i dati ottenuti da un set di stazioni di misurazione aventi rappresentatività spaziale congruente con la risoluzione spaziale del modello.

Dato che la rappresentatività spaziale dei modelli è nota (risoluzione spaziale del modello), è opportuno che anche l'area di rappresentatività delle stazioni sia individuata. Per tale motivo, è opportuno che, nell'individuare ciascuna stazione, le denominazioni "traffico", "industriale", "fondo urbano" siano accompagnate da una valutazione quantitativa in termini di superficie rappresentata.