

# PREVEDERE PER PREVENIRE E PER GESTIRE LE EMERGENZE

ABBINARE LA RACCOLTA E L'ELABORAZIONE DATI SULLE CONCENTRAZIONI DI INQUINANTI ALLE PREVISIONI METEOROLOGICHE CONSENTIREBBE DI ATTIVARE TEMPESTIVAMENTE MISURE EMERGENZIALI. IN COLLABORAZIONE CON L'UNIVERSITÀ DI BOLOGNA, ARPAE STA TESTANDO UN NUOVO MODELLO PREVISIONALE CON RISULTATI INTERESSANTI.

Il tema della qualità dell'aria che respiriamo è sicuramente di grande interesse. Da un lato, è evidente che la strategia vincente per salvaguardare la qualità dell'aria debba basarsi su misure strutturali, volte alla riduzione permanente delle emissioni nocive. D'altra parte, l'obiettivo di ridurre in modo consistente e determinante le stesse emissioni è raggiungibile a medio-lungo termine. Si rende quindi necessario operare in via emergenziale nelle situazioni in cui le concentrazioni di inquinanti oltrepassino le soglie consentite, a tutela dei cittadini. Molti sono gli inquinanti potenzialmente presenti in atmosfera che possono avere impatto sulle condizioni di salute delle persone, ma in prevalenza l'attenzione negli ultimi decenni è puntata sul particolato fine, soprattutto  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e  $PM_{10}$ , quest'ultimo assunto quale indicatore per l'attivazione di misure straordinarie per la riduzione delle concentrazioni degli stessi inquinanti. Anche per questo autunno-inverno, dal 1 ottobre 2016 e fino al 31 marzo 2017, è iniziata la sorveglianza sull'eventuale superamento della soglia consentita del  $PM_{10}$ . Il meccanismo emergenziale attivato è stabilito dall'accordo di programma e prevede l'ampliamento delle limitazioni al traffico auto e l'abbassamento del riscaldamento domestico. Gli interventi sono determinati sulla base dei dati giornalieri osservati dalle centraline della rete regionale, composta per il  $PM_{10}$  da oltre 40 stazioni distribuite su tutto il territorio dell'Emilia-Romagna in posizione sia rurale sia urbana. Le concentrazioni rilevate sono archiviate e ogni giorno vengono controllate e validate le osservazioni relative al giorno precedente. In caso di misura della concentrazione media giornaliera di  $PM_{10}$  superiore a  $50 \mu g/m^3$  in almeno una centralina del territorio per più giorni consecutivi, possono essere disposte le misure di emergenza.



Il criterio adottato offre il vantaggio di basarsi su dati osservati certi (a meno ovviamente dell'inevitabile incertezza associata alla misura strumentale) e consente di intervenire in maniera pressoché automatica ogni qualvolta si verificano le condizioni di innesco delle procedure. Tuttavia, il necessario tempo di raccolta e valutazione del dato, unito ai tempi operativi necessari per le ordinanze comunali, porta spesso a ritardare l'attivazione delle misure straordinarie. Può infatti accadere che il loro inizio coincida con lo spontaneo abbassamento delle concentrazioni di inquinanti, dovuto ad esempio a condizioni meteorologiche favorevoli al ricambio degli strati di atmosfera vicini al suolo. Una gestione delle emergenze basata sia su dati osservati, sia su previsioni di qualità dell'aria in connessione alla meteorologia porterebbe indubbiamente grandi benefici.

Da diversi anni Arpae-Simc (Servizio IdroMeteoClima) ha sviluppato e gestisce il modello di analisi e previsione della qualità dell'aria Ninfa (*Network dell'Italia del nord per previsioni di smog fotochimico e aerosol*) che si basa

sulla versione regionale del modello di trasporto chimico Chimere, abbinata al modello meteorologico Cosmo. Il sistema produce ogni giorno mappe di concentrazione dei principali inquinanti, per il giorno precedente (analisi) e i successivi tre giorni. La previsione fornisce un'indicazione su come saranno distribuiti gli inquinanti in regione e su quale sarà la quantità presente. Essendo un modello fortemente integrato col modello meteorologico, Ninfa è in grado di cogliere i cambiamenti dell'atmosfera che determinano l'evoluzione di eventi acuti di inquinamento. Il sistema è un modello deterministico, ovvero fornisce una previsione non provvista di una misura di incertezza. Alla nostra domanda "Domani si avrà superamento della soglia per il  $PM_{10}$  a Bologna?", il modello deterministico risponderà "sì", oppure "no". La valutazione della correttezza della previsione è possibile a posteriori, verificando se l'evento è realmente avvenuto. Una risposta categorica a una domanda molto circoscritta come la nostra può indurre false speranze in chi deve prendere decisioni, speranze poi deluse nel

momento in cui la previsione ritenuta “certa” non si realizza.

Da tempo la meteorologia ha sviluppato modelli previsionali probabilistici che tengono conto della complessità intrinseca del sistema atmosfera. La previsione meteorologica non è mai certa, quello che possiamo fare è quantificare il livello di fiducia che abbiamo in essa. E la previsione di qualità dell'aria? Se la meteorologia è incerta, a maggior ragione la previsione della concentrazione di inquinanti sarà affetta da incertezza. Alla nostra domanda, allora, un sistema di previsione probabilistico potrà rispondere “La probabilità che domani a Bologna si superi la soglia per la concentrazione di PM<sub>10</sub> è del 90%” o “del 10%” o “del 50%”. Che valore può avere una previsione basata su una probabilità? Innanzitutto la previsione probabilistica ci costringe a fare un'attenta analisi delle conseguenze di una decisione sbagliata: l'analisi dei costi e dei benefici ci obbliga a valutare quale sia il danno da affrontare in caso di mancato allarme o nel caso opposto di falso allarme. La valutazione del danno correlato al rischio ci permette di scegliere quale sia la soglia di probabilità che darà avvio ad azioni concrete. I modelli probabilistici meteorologici sono solitamente sistemi definiti di *ensemble*, cioè costituiti da più modelli diversi oppure dallo stesso modello che parte da condizioni iniziali perturbate. Questi sistemi producono un insieme di previsioni che danno origine per ogni variabile di interesse a una distribuzione di valori possibili. Quanto più sono distanti fra loro i valori previsti, tanto maggiore sarà l'incertezza associata alla previsione finale. Tali sistemi richiedono un grosso sforzo computazionale e di gestione delle informazioni ottenute, poiché di fatto per ogni previsione dovranno essere girati più modelli. Presso Arpae-Simc è stato sviluppato in collaborazione con il Dipartimento di Scienze statistiche dell'Università di Bologna un modello statistico di previsione degli inquinanti basato su tecniche di inferenza bayesiana (sistema Ibis) al fine di fornire uno strumento utile per valutare l'opportunità di attivare misure emergenziali. I dati osservati dalle centraline vengono combinati con i dati ottenuti su griglia da Ninfa e viene ricostruita la relazione fra essi per le due settimane precedenti, in modo da “calibrare” Ninfa, avvicinandolo all'osservato. Una volta ricostruiti i parametri di calibrazione, Ibis, usando la previsione a tre giorni di Ninfa, fornisce una distribuzione predittiva di

FIG. 1  
QUALITÀ DELL'ARIA,  
PREVISIONE

Esempio di mappa della concentrazione di PM<sub>10</sub> espressa in µg/m<sup>3</sup> prevista sull'Emilia-Romagna per il giorno di riferimento.

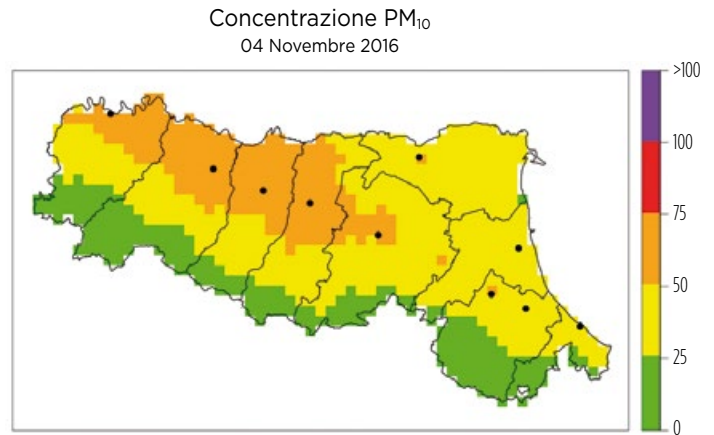


FIG. 2  
QUALITÀ DELL'ARIA,  
PREVISIONE

Esempio di mappa della probabilità di superamento della soglia 50 µg/m<sup>3</sup> per il PM<sub>10</sub>, prevista nell'Emilia-Romagna per il giorno di riferimento.

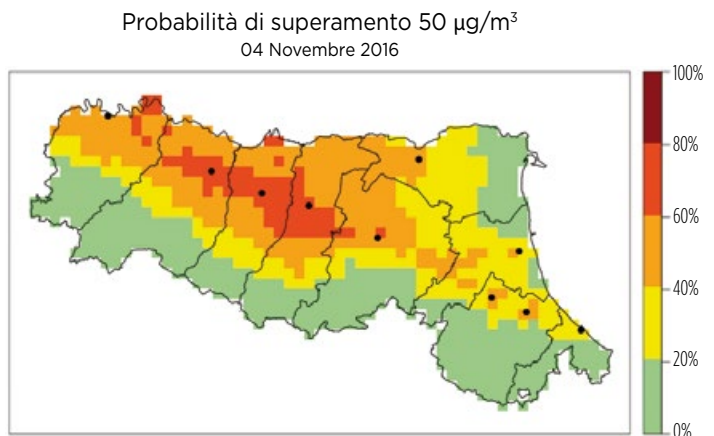
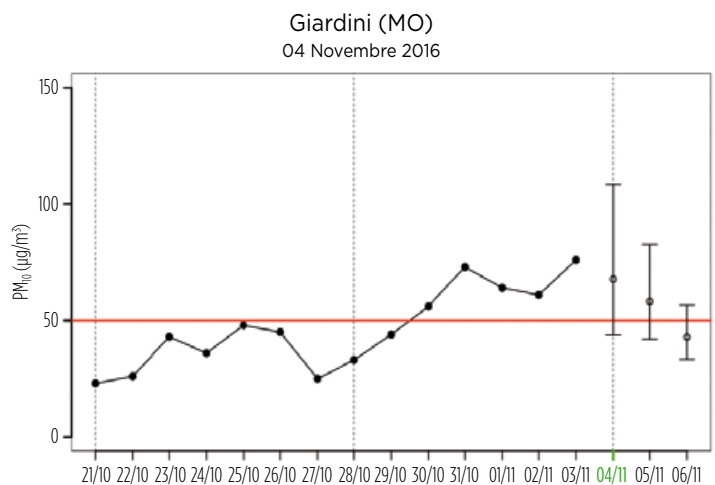


FIG. 3  
QUALITÀ DELL'ARIA,  
PREVISIONE

Andamento della concentrazione di PM<sub>10</sub> misurata nella stazione della rete regionale Giardini (Modena) per le due settimane precedenti il giorno di riferimento (simboli neri pieni), seguito dalle previsioni per i tre giorni successivi. Il simbolo vuoto indica il valore medio della distribuzione predittiva e la barra associata rappresenta il 95% dei valori possibili.



valori possibili. Da tale distribuzione si ottiene la concentrazione, o meglio la probabilità di osservare uno specifico valore di concentrazione oppure di superare una determinata soglia. Il modello è sviluppato in linguaggio R, è computazionalmente leggero e operativamente non richiede l'impegno di risorse importanti. Esso può fornire strumenti, quali mappe di concentrazione sull'Emilia-Romagna, mappe di probabilità di superamento della soglia o stime della probabilità di superamento per ogni punto di interesse nei tre giorni di previsione. Il modello è stato verificato mediante il confronto a posteriori delle

previsioni con le osservazioni di un intero anno. I risultati su lungo periodo sono molto soddisfacenti. Attualmente è in test per verificarne l'utilità in fase decisionale durante gli eventi acuti invernali di superamento della soglia di concentrazione di PM<sub>10</sub>.

**Roberta Amorati<sup>1</sup>, Marco Deserti<sup>1</sup>, Enrico Minguzzi<sup>1</sup>, Michele Stortini<sup>1</sup>, Lucia Paci<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Arpae Emilia-Romagna

<sup>2</sup>Dipartimento di Scienze statistiche, Università di Bologna